

UG

北京市地方标准

DB

编号：DB11/T 1836—2021

城市桥梁工程施工技术规程

Management specification of municipal
urban bridge engineering

2021—04—01 发布

2021—07—01 实施

北京市住房和城乡建设委员会

北京市市场监督管理局

联合发布

北京市地方标准

城市桥梁工程施工技术规程

Management specification of municipal
urban bridge engineering

编 号：DB11/T 1836-2021

主编单位：北京市政建设集团有限责任公司
北京市市政二建设工程有限公司
批准部门：北京市市场监督管理局

施行日期：2021年07月01日

2021 北京

前 言

根据原北京市质量技术监督局《2018年北京市地方标准制修订项目计划》(京质监发[2018]20号)的要求,编制组经过深入调查研究,认真总结实践经验,参考国内相关标准,在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程的主要技术内容是:1总则;2术语;3基本规定;4施工准备及施工测量;5模板、支架和拱架;6钢筋;7混凝土;8预应力;9砌体;10明挖基础;11桩基础;12沉井基础;13墩台;14支座;15钢筋混凝土梁桥浇筑施工;16钢筋混凝土梁桥预制装配化施工;17拱桥;18斜拉桥;19转体桥;20悬索桥;21钢结构桥梁;22顶进桥涵;23桥面系;24附属结构;25季节性施工;附录。

本规程由北京市住房和城乡建设委员会和北京市市场监督管理局共同管理,北京市住房和城乡建设委员会归口并负责组织实施,由北京市政建设集团有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送北京市政建设集团有限责任公司(地址:北京市海淀区昌运宫17号市政大厦;邮政编码:100089)。

本规程主编单位:北京市政建设集团有限责任公司

北京市市政二建设工程有限公司

本规程参编单位:北京市建设工程安全质量监督总站

北京市公联公路联络线有限责任公司

中铁六局集团有限公司

中国建筑一局(集团)有限公司

北京高新市政工程科技有限公司

北京建业通工程检测技术有限公司

北京市市政三建设工程有限公司

北京市市政四建设工程有限公司

北京住总集团有限责任公司

北京市政路桥管理养护集团有限公司

北京市市政六建设工程有限公司

中建一局集团建设发展有限公司

中国新兴建设开发有限责任公司

北京市市政一建设工程有限公司

北京市常青市政工程有限公司

北京易成市政工程有限责任公司

本规程主要起草人员：孔 恒 汪 波 岳爱敏 刘海争 逯 平 张丽丽 李永生
王 渭 赵 昕 乔国刚 武子荐 王 彤 刘 明 李国力
强 兵 卢长炯 魏志松 张智宏 刘小辉 杨卫红 常兴起
郑雪梅 詹必雄 孟兴业 翟 佳 陈 玮 曾新霞 谢伟东
董 洁 韩春梅 陈 帅 付佳明 黄小华 王 雄 林雪冰
张 珣 李海峰 王亚杰

本规程主要审查人员：丁建平 焦永达 李红专 陈英盈 张德华 李海燕 卜志强

地方标准信息服务平台

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	4
4	施工准备和施工测量	5
4.1	施工准备	5
4.2	施工测量	7
5	模板、支架和拱架	17
5.1	一般规定	17
5.2	模板、支架和拱架设计	17
5.3	模板的制作与安装	19
5.4	支架、拱架的制作与安装	22
5.5	模板、支架和拱架的拆除	25
6	钢筋	27
6.1	一般规定	27
6.2	钢筋加工	27
6.3	钢筋接头	29
6.4	钢筋骨架和钢筋网的组成与安装	34
7	混凝土	37
7.1	一般规定	37
7.2	混凝土的运输	37
7.3	混凝土的浇筑	37
7.4	混凝土的养护	39
7.5	大体积混凝土	40
8	预应力	42
8.1	一般规定	42
8.2	预应力材料及器材	42
8.3	预应力筋制作	43
8.4	预应力混凝土浇筑	43
8.5	预应力张拉	44
8.6	先张法	45
8.7	后张法	47
8.8	无粘结预应力	49
8.9	体外预应力	50
8.10	孔道压浆和封锚	50
9	砌体	52
9.1	一般规定	52
9.2	材料	52
9.3	砂浆	53
9.4	浆砌石	54

9.5	砌体勾缝及养护.....	55
9.6	干砌石及铅丝石笼.....	56
10	明挖基础	58
10.1	一般规定.....	58
10.2	基坑开挖及支护.....	58
10.3	围堰.....	59
10.4	基底处理.....	60
10.5	混凝土基础及基坑回填.....	62
11	桩基础	63
11.1	一般规定.....	63
11.2	沉入桩.....	63
11.3	灌注桩.....	69
11.4	挖孔桩.....	73
11.5	桩基承台.....	75
11.6	地下连续墙.....	75
12	沉井基础	78
12.1	一般规定.....	78
12.2	沉井制作.....	78
12.3	沉井入土下沉.....	79
12.4	沉井基底处理和封底、填充.....	81
12.5	主动压沉装配式沉井.....	82
13	墩台	84
13.1	一般规定.....	84
13.2	砌筑墩身、台身.....	84
13.3	现浇混凝土墩身、台身、盖梁.....	84
13.4	预制拼装混凝土墩柱及盖梁.....	88
14	支座	90
14.1	一般规定.....	90
14.2	支座安装.....	90
15	钢筋混凝土梁桥浇筑施工	92
15.1	一般规定.....	92
15.2	混凝土梁桥支架浇筑.....	92
15.3	预应力混凝土梁悬臂浇筑.....	95
15.4	钢-混凝土叠合梁、预制混凝土连续梁及分段架设连梁的浇筑.....	96
16	钢筋混凝土梁桥预制装配化施工	99
16.1	一般规定.....	99
16.2	预制梁安装.....	99
16.3	预制节段逐跨拼装.....	101
17	拱桥	106
17.1	一般规定.....	106
17.2	砌体拱桥.....	107
17.3	拱架上浇筑混凝土拱圈.....	108

17.4	劲性骨架浇筑混凝土拱圈.....	109
17.5	装配式混凝土拱桥.....	110
17.6	钢管混凝土拱桥.....	112
17.7	拱上结构.....	114
18	斜拉桥	115
18.1	一般规定.....	115
18.2	索塔.....	115
18.3	主梁.....	116
18.4	拉索和锚具.....	118
18.5	施工控制与索力调整.....	119
19	转体桥	121
19.1	一般规定.....	121
19.2	连续梁、连续刚构水平转体.....	121
19.3	斜拉桥水平转体.....	123
20	悬索桥	124
20.1	一般规定.....	124
20.2	锚碇.....	124
20.3	索塔.....	124
20.4	施工猫道.....	126
20.5	主缆架设与防护.....	128
20.6	索鞍、索夹与吊索.....	130
20.7	加劲梁.....	130
20.8	自锚式悬索桥.....	133
21	钢结构桥梁	135
21.1	一般规定.....	135
21.2	钢桥制造.....	136
21.3	钢桥现场安装.....	141
22	顶进桥涵	147
22.1	一般规定.....	147
22.2	工作坑.....	147
22.3	框架式桥顶进.....	148
23	桥面系	151
23.1	一般规定.....	151
23.2	排水设施.....	151
23.3	桥面防水层.....	151
23.4	桥面铺装层.....	154
23.5	伸缩装置.....	155
23.6	地袱、缘石、挂板.....	157
23.7	防护设施.....	157
23.8	人行道.....	158
24	附属结构	159
24.1	一般规定.....	159

24.2	隔声和防眩装置.....	159
24.3	梯道	159
24.4	桥头搭板	159
24.5	防冲刷结构（锥坡、护坡、护岸、海墘、导流坝）	160
24.6	照明	160
24.7	抗震设施	160
24.8	结构防雷接地.....	160
25	季节性施工	161
25.1	一般规定.....	161
25.2	冬期施工.....	161
25.3	雨期施工.....	164
25.4	高温期施工.....	165
附录 A	预应力筋张拉力计算.....	167
附录 B	锤击沉桩选锤参考	168
附录 C	振动沉桩选锤参考	169
附录 D	泥浆各种性能指标测定法.....	170
	本规程用词说明	172
	引用标准名录	173
	条文说明	175

地方标准信息服务平台

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terminology.....	2
3	Basic provisions.....	4
4	Construction preparation and construction survey.....	5
4.1	Construction preparation.....	5
4.2	Construction survey.....	7
5	Formwork、falsework and arch falsework.....	17
5.1	General provisions.....	17
5.2	Design of formwork、falsework and arch falsework.....	17
5.3	Production and installation of formwork.....	19
5.4	Pitched of falsework and arch falsework.....	22
5.5	Dismantling of falsework and arch falsework.....	25
6	Reinforcement.....	27
6.1	General provisions.....	27
6.2	Processing of reinforcement.....	27
6.3	Joint of reinforcement.....	29
6.4	Composition and installation of steel skeleton and steel mesh.....	34
7	Concrete.....	37
7.1	General provisions.....	37
7.2	Transportation of concrete.....	37
7.3	Pouring of concrete.....	37
7.4	Curing of concrete.....	39
7.5	Quality inspection of concrete.....	40
8	Prestress.....	42
8.1	General provisions.....	42
8.2	Materials and equipment of prestress.....	42
8.3	Production of prestressed.....	43
8.4	Pouring of prestress concrete.....	43
8.5	General provisions for applying prestress.....	44
8.6	Pretensioning method.....	45
8.7	Post-tensioning method.....	47
8.8	Unbonded prestress.....	49
8.9	External prestress.....	50
8.10	Duct grouting and anchor sealing.....	50
9	Masonry.....	52
9.1	General provisions.....	52
9.2	Material.....	52
9.3	Mortar.....	53
9.4	Stone masonry.....	54
9.5	Masonry jointing and maintenance.....	55
9.6	Dry stone and lead wire masonry.....	56

10	Open cut foundation	58
10.1	General provisions	58
10.2	Foundation pit and foundation pit support	58
10.3	Cofferdam	59
10.4	Foundation pit precipitation	60
10.5	Concrete foundation and backfill of foundation pit.....	62
11	Pile foundation	63
11.1	General provisions	63
11.2	Penetration pile.....	63
11.3	Concrete pile	69
11.4	Digging pile.....	73
11.5	Pile foundation cap	75
11.6	Diaphragm wall	75
12	Caisson foundation.....	78
12.1	General provisions	78
12.2	Caisson production	78
12.3	Sinking of caisson	79
12.4	Treatment and sealing、filling of caisson substrate.....	81
12.5	Initiatively sinking precast-caisson	82
13	Pier.....	84
13.1	General provisions	84
13.2	Masonry pier	84
13.3	Cast-in-place concrete pier and capping beam.....	84
13.4	Prefabricated installation of concrete piers and capping beam.....	88
14	Bearing.....	90
14.1	General provisions	90
14.2	Bearing installation	90
15	Concrete beam bridge of cast-in-place	92
15.1	General provisions	92
15.2	Concrete beam bridge of cast-in-place	92
15.3	Prestressed concrete beam cantilevered	95
15.4	Casting of steel-concrete composite beams, precast concrete continuous beams and sectional erection beams	96
16	Prefabricated beam prefabrication and assembly construction.....	99
16.1	General provisions	99
16.2	Prefabricated beam installation	99
16.3	Prefabricated segments are assembled step by step	101
17	Arch bridge	106
17.1	General provisions	106
17.2	Masonry arch bridge	107
17.3	Pouring concrete arch ring on arch.....	108
17.4	Stiff concrete pouring concrete arch ring.....	109
17.5	Prefabricated concrete arch bridge.....	110
17.6	Concrete-filled steel tube arch.....	112

17.7	Arch structure	114
18	Cable-stayed bridge.....	115
18.1	General provisions	115
18.2	Cable tower	115
18.3	Main girder.....	116
18.4	Stay cable and anchor	118
18.5	Construction control and cable force adjustment	119
19	Swivel bridge	121
19.1	General provisions	121
19.2	Continuous beam、continuous steel structure horizontal swivel	121
19.3	Cable-stayed bridge horizontal swivel.....	123
20	Suspension bridge	124
20.1	General provisions	124
20.2	Anchor.....	124
20.3	Cable tower	124
20.4	Construction catwalk.....	126
20.5	Main cable erection and protection.....	128
20.6	Cable saddle、cable clamp and sling.....	130
20.7	Stiffening beam	130
20.8	Self-anchored suspension bridge	133
21	Steel bridge.....	135
21.1	General provisions	135
21.2	Bridge production	136
21.3	Steel bridge site installation.....	141
22	Jacking culvert	147
22.1	General provisions	147
22.2	Work pit.....	147
22.3	Jacking constructed frame bridge	148
23	Deck system.....	151
23.1	General provisions	151
23.2	Drainage facilities.....	151
23.3	Deck waterproofing.....	151
23.4	Deck pavement	154
23.5	Telescopic device.....	155
23.6	The Earth, the Lintel, the hanging board	157
23.7	Protection Facility	157
23.8	Sidewalk	158
24	Subsidiary structure	159
24.1	General provisions	159
24.2	Acoustic and anti-glare devices.....	159
24.3	Stairway.....	159
24.4	Approach slab	159
24.5	Erosion-resistant structure.....	160
24.6	Lighting facilities.....	160

24.7	Earthquake resistant installation.....	160
24.8	Lightning protection earthing of structure.....	160
25	Seasonal construction	161
26.1	General provisions	161
25.2	Winter Construction	161
25.3	Rainy season construction	164
25.4	Hot season construction	165
Appendix A	Calculation of tensile force of prestressing tendon.....	167
Appendix B	Reference for Hammer selection in pile driving.....	168
Appendix C	Reference for selection of Hammer in vibratory pile driving.....	169
Appendix D	Testing method for various performance indexes of mud	170
	Explanation of wording in this standard.....	172
	List of quoted standards.....	173
	Addition:Explanation of provisions	175

地方标准信息服务平台

1 总 则

1.0.1 为提高北京市城市桥梁工程施工技术管理水平，规范主要施工技术，保证工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于北京市内新建、改建和扩建的城市桥梁工程施工。

1.0.3 城市桥梁工程施工除应符合本规程外，尚应符合国家及北京市现行有关标准的规定。

地方标准信息服务平台

2 术 语

2.0.1 预拱度 camber

为抵消梁、拱、桁架等结构在荷载作用下产生的位移（挠度），在施工或制造时所预留的与位移方向相反的校正量。

2.0.2 施工荷载 construction load

施工阶段施加在结构或构件上的临时荷载，包括施工机具设备、模板和其他材料、人群、风力、拱桥单向推力等。

2.0.3 大体积混凝土 mass concrete

现场浇筑的最小边尺寸大于或等于 1m，且应采取措施以避免水化热引起的内表温差过大而导致裂缝的混凝土。

2.0.4 沉入桩 penetrated pile

钢、钢筋混凝土等材料制作的柱状构件，经锤击、振动、射水、静压等方式沉入或埋入地基而成的桩。

2.0.5 灌注桩 cast in place concrete pile

在地基中以人工或机械成孔，在孔中灌注混凝土而成的桩。

2.0.6 沉井基础 opening caisson foundation

上下敞口、带刃脚的空心井筒状结构物，下沉水中到设计标高处，以井筒作为结构外壳而建筑成的基础。

2.0.7 主动压沉装配式沉井 initiatively sinking precast-caisson

井身采用工厂预制、现场拼装成环，通过事先施工的灌注桩及千斤顶组成的主动加载设备先进行主动加载下沉后开挖土体，重复进行井身拼装及主动加载下沉至设计标高的沉井基础。

2.0.8 悬臂浇筑法 cast-in-place cantilever method

在桥墩两侧设置工作平台，平衡地逐段向跨中悬臂浇筑水泥混凝土梁体，并逐段施加预应力的施工方法。

2.0.9 挂篮 movable suspended scaffolding

用悬臂浇筑法浇筑斜拉、T 构、连续梁等水泥混凝土梁时，用于承受施工荷载及梁体自重，能逐段向前移动经特殊设计的主要工艺设备。主要组成部分有承重系统、提升系统、锚固系统、行走系统、模板与支架系统。

2.0.10 悬臂拼装法 erection by protrusion

在桥墩两侧设置吊架，平衡地逐段向跨中悬臂拼装水泥混凝土梁体预制块件，并逐段施加预

应力的施工方法，这种工法也称为节段（块）拼装法。

2.0.11 托架 corbel

墩顶梁段及附近梁段施工，浇筑悬浇部分时利用墩身预埋件与型钢或万能杆件拼制联结而成的支架。

2.0.12 节段 segment

逐块制作或安装并采用接缝连接形成主梁的单独的块件。

2.0.13 劲性骨架 stiff frame

由各种型钢焊接而成的设置在结构内的承载空间骨架。

2.0.14 转体施工 construction by swingmethod

在同桥轴线夹某一角度（水平角或竖直角）的位置预先拼装或浇筑两个半跨或全跨桥梁上部结构，并形成临时稳定结构后借助转动装置（平面或竖向）转体就位或跨中合龙的施工方法。

2.0.15 称重 structure weighing detection

转体施工时，实地检测梁体两端不平衡力矩，并据此计算所需配载的重量，使实际重心偏移量满足设计偏心要求。

2.0.16 试拼装 test assembling

在安装施工前为检验预制构件安装质量要求而进行的拼装。

地方标准信息服务平台

3 基本规定

3.0.1 城市桥梁工程施工中应按现行国家及北京市标准和设计文件的要求进行施工过程与成品质量控制，并应满足工程结构安全耐久性能及使用功能的需求。

3.0.2 城市桥梁工程应积极采用可靠的新技术、新工艺、新材料和新设备，宜采用机械化、工厂化、专业化和信息化施工。城市桥梁工程施工应采用预拌混凝土及预拌砂浆进行施工，混凝土小型构件及板梁、T梁、小箱梁等大型混凝土构件宜采用工厂化集中生产。

3.0.3 施工前，施工单位应进行现场调查，编制施工组织设计，明确施工作业标准和工艺要求；技术条件复杂、涉及主体结构质量安全的分部、分项工程和工序应编制专项施工方案或作业指导书。

3.0.4 施工中应建立施工组织设计交底、专项施工方案交底、施工作业交底及安全技术交底制度，并形成书面交底记录。

3.0.5 桥梁工程施工人员应经专业培训，合格后方可上岗。

3.0.6 施工前，应划分工程质量控制的单位工程、分部工程、分项工程。

3.0.7 应根据工程进度计划制定材料进场计划及材料试验计划。材料进场后，应按照国家现行有关标准的规定和设计要求进行质量检验和试验。

3.0.8 城市桥梁工程施工资料的收集整理应符合现行地方标准《市政基础设施工程资料管理规程》GB/T 808 的规定，并应系统、真实、准确、齐全、有效。

地方标准信息服务平台

4 施工准备和施工测量

4.1 施工准备

4.1.1 开工前，应进行技术准备工作，技术准备工作应包括下列内容：

- 1 应进行施工图审查、图纸会审、设计交底并形成文件；
- 2 应对现场测量控制桩、水准点进行核对后形成文件，并根据核对后的现场测量控制桩、水准点和实际情况制定施工测量方案，建立测量控制网；
- 3 应将工程划分为单位（子单位）、分部（子分部）、分项工程。

4.1.2 施工前应对施工现场进行调查，施工调查应包括下列内容：

- 1 跨越河流的最高洪水位、最低水位、常年水位及相应水位的流速，河道通航条件及标准，河流洪水期和枯水期，当地降雨、降雪量，冰冻期，风向和水速，全年的天气温度及气候状况；
- 2 桥梁附近地形地貌、河床地质构造、当地最大的冻结深度、地震烈度等；
- 3 对地上地下管线、地上文物、重要建筑等需保护构筑物的平面位置、高程及结构形式；
- 4 交通状况、社会车辆流量、公交车线路数量、公共汽车站位置，行人流量；
- 5 可供利用的平地、需要占用的场地和拆迁的建筑物、施工期内对当地交通设施的影响；
- 6 修建各项临时工程、施工机械运输组装场地、施工防、排水措施的资料；
- 7 通信设施和水陆交通运输、水源和电源等供应能力、砂石料源、可供利用的房屋数量、生活物资等供应情况；

8 预制梁的吊装和运输施工时，应调查下列内容：

- 1) 施工便道、路基、桥梁承载力等运架梁的施工情况及施工资料；
- 2) 对运梁车及吊装设备作业地段的高低压线、通讯线缆、立交桥、渡槽及影响吊装设备工作净空的障碍物进行调查测量，提出解决办法、并在运架梁前完成准备工作。

4.1.3 施工调查时，应根据设计文件、图纸等资料进行现场勘查，并核对。施工调查完成后，应编写施工调查报告。施工调查报告内容应包括：

- 1 工程概况应包括：工程的起点及终点；工程、水文地质情况；工程分布；重点桥梁工程情况；施工的特点和难易程度；工程数量等；
- 2 施工条件应包括：工程场地情况；沿线交通和供水、供电情况；主要材料和地方材料的供应条件和供应方式，料源情况；临时房屋和临时通信的解决条件等；
- 3 施工方案应包括：
 - 1) 施工区段划分，施工队伍驻地、大型临时工程的布置；
 - 2) 施工道路的布局；

- 3) 施工供水、供电网络和工地变配电站的设置;
- 4) 主要材料选定和供应规模、运输方法;
- 5) 预制梁存放等的位置和规模;
- 6) 桥梁工程重要分项工程的施工方法及措施;
- 7) 影响施工的障碍物的拆改移方案;
- 8) 预制梁运输路线和桥梁架设顺序;
- 9) 施工调查过程中发现的主要问题和优化设计的意见;
- 10) 交通导行方案和交通导行保证措施。

4.1.4 施工现场准备工作应符合下列规定:

- 1 应完成施工现场测量控制网的复测和优化加密;
- 2 应完成三通一平,做好交通疏导、围挡搭设、地下管线的迁移及保护工作;
- 3 应修建施工临时设施,并应根据安全、环境保护、绿色施工的规定,结合工程特点、施工部署及计划安排支搭施工围挡、搭建现场临时生产和生活设施,安装调试施工机具,宜建立工地试验室;
- 4 应进行原材料和商品构件的试验检测,做好材料的储存和堆放以及疏通物资供应的渠道工作。

4.1.5 开工前,应编制实施性施工组织设计,规模大、施工工期长的工程可根据施工组织总设计分部位、分单位工程等分阶段进行编制,并应符合下列规定:

- 1 应根据设计文件、施工调查报告和有关的法律法规、标准、规范、规程的要求编制实施性施工组织设计;
- 2 结构复杂工程施工方案的编制宜经过专家论证或方案研讨;
- 3 危险性较大的分部分项工程,应符合国家及北京市现行相关安全管理文件的规定。

4.1.6 城市桥梁工程的分部分项工程应根据工程特点和具体情况编制有针对性的专项施工方案,工艺复杂或技术难度大的分部分项工程以及特殊过程、关键工序,应编制施工作业指导书,并按设计要求和专项施工方案及施工作业指导书组织施工。应通过现场交底和人员培训,作业人员应掌握作业指导书的内容和要求。

4.1.7 施工作业前施工技术人员向作业人员进行的施工技术交底应包括:专项施工方案交底、工序施工技术交底、专业分包工程技术交底,各项交底应有文字记录,交底双方应履行签认手续,并应符合下列规定:

- 1 重点工程、专项施工方案技术交底:技术复杂、推行新技术的重点工程、重点部位、专项方案,应明确关键性施工技术问题、主要项目的施工方法和特殊工程的技术要求、材料试验项目及注意事项等内容;

- 2 各工序技术交底应由技术员、施工员（专业工长）对专业施工班组（操作者）交底；
- 3 专业分包工程技术交底：项目经理部应向分包单位进行全面交底，应包括技术管理、质量要求、工程监理和竣工验收办法。

4.2 施工测量

4.2.1 施工测量应包括下列内容：

- 1 对平面、高程控制网点进行现场勘查并办理交桩手续；
- 2 对平面、高程控制网点进行复测验线，并形成验线报告及观测记录，取得成果确认；
- 3 根据桥梁工程型式、规模及施工精度要求，布设平面控制网点或加密设计网点；
- 4 布设高程控制网、增设施工需要的水准点；
- 5 测定桥梁中线及墩台的平面位置和高程，桥梁基础的施工放线；
- 6 施工过程中完成各部位的施工放线，并跟踪检测各部位的平面位置及高程；
- 7 桥梁工程竣工后完成竣工测量，将成果绘入竣工图；
- 8 需长期观测位移及沉降变形的桥梁结构，应根据设计要求完成永久观测坐标点，并形成初始观测成果，随竣工测量资料一并移交接收部门。

4.2.2 平面控制测量应符合下列规定：

1 平面控制网的布设，应因地制宜，方便适用，精度应满足桥梁施工要求，并应符合下列规定：

- 1) 平面控制网的建立可采用卫星定位测量、导线测量、三角形网测量等方法；
- 2) 平面控制网精度等级的划分，卫星定位测量控制网依次为二、三、四等和一、二级，导线及导线网依次为三、四等和一、二、三级，三角形网依次为二、三、四等和一、二级，应根据工程需要采用；
- 2 平面控制网的坐标，应采用北京地区坐标系统；
- 3 平面控制网应做好桥梁工程与相连接道路工程控制网的衔接；
- 4 三角测量的主要技术要求应符合表 4.2.2-1 的规定。

表 4.2.2-1 三角形网测量的主要技术要求

等级	平均边长 (km)	测角中误差 (")	测边相对中误差	最弱边边长相对中误差	测回数			三角形最大闭合差 (")
					1"级仪器	2"级仪器	6"级仪器	
二等	9	1	$\leq 1/250000$	$\leq 1/120000$	12	—	—	3.5
三等	4.5	1.8	$\leq 1/150000$	$\leq 1/70000$	6	9	—	7
四等	2	2.5	$\leq 1/100000$	$\leq 1/40000$	4	6	—	9
一级	1	5	$\leq 1/40000$	$\leq 1/20000$	—	2	4	15
二级	0.5	10	$\leq 1/10000$	$\leq 1/10000$	—	1	2	30

注：当测区测图的最大比例尺为 1: 1000 时，一、二级网的平均边长可适当放长，但最大长度不得大于表中规定长度的 2 倍。

6 三角测量的网布设应符合下列规定：

1) 各等级的首级控制网，宜布设为近似等边三角形的网。其三角形的内角不得小于 30°；当受地形限制时，个别角可放宽，但不得小于 25°；

2) 控制网的加密方法及一、二级网的布设，应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的规定。

7 导线测量应符合表 4.2.2-2 的规定；

表 4.2.2-2 导线测量的主要技术要求

等级	导线长度 (km)	平均边长 (km)	测角中误差 (")	测距中误差 (mm)	测距相对中误差	测回数			方位角闭合差 (")	相对闭合差
						1"级仪器	2"级仪器	6"级仪器		
三等	14	3	1.8	20	$\leq 1/150000$	6	10	—	$3.6\sqrt{n}$	$\leq 1/35000$
四等	9	1.5	2.5	18	$\leq 1/80000$	4	6	—	$5\sqrt{n}$	$\leq 1/35000$
一级	4	0.5	5	15	$\leq 1/30000$	—	2	4	$10\sqrt{n}$	$\leq 1/15000$
二级	2.4	0.25	8	15	$\leq 1/14000$	—	1	3	$16\sqrt{n}$	$\leq 1/10000$
三级	1.2	0.1	12	15	$\leq 1/7000$	—	1	2	$24\sqrt{n}$	$\leq 1/5000$

注：1 表中 n 为测站数；

2 当测区测图的最大比例尺为 1: 1000 时，一、二、三级导线的平均边长及总长可适当放长，但最大长度不得大于表中规定的 2 倍。

8 当导线平均边长较短时，应控制导线边数，但不得超过表 4.2.2-2 相应等级导线长度和平均边长算得的边数；当导线长度小于表 4.2.2-2 规定长度的 1/3 时，导线全长的绝对闭合差不得大于 130 mm；

9 导线宜布设成直伸形状，相邻边长不宜相差过大。当附和导线长度超过规定时，应布设成结点网形。结点与结点、结点与高级点之间的导线长度，不得大于本规程第 4.2.2-2 中规定长度的 0.7 倍。

4.2.3 水平角观测应符合下列规定：

1 水平角测量的技术要求应符合本规程表 4.2.3-1 的规定；

2 水平角观测所用的光学经纬仪，作业前应进行下列项目的检验：

1) 照准部旋转轴正确，各位置气泡读数较差，DJ₁ 型仪器不得超过二格，DJ₂ 型仪器不得超过一格；

2) 光学测微器行差及隙动差，DJ₁ 型仪器不得大于 1"，DJ₂ 型仪器不得大于 2"；

3) 水平轴不垂直于垂直轴之差，DJ₁ 型仪器不得超过 10"，DJ₂ 型仪器不得超过 15"；

4) 垂直微动螺旋使用时，视准轴在水平方向上不产生偏移；

5) 仪器的底部在照准部旋转时，无明显位移；

6) 光学对点器的对中误差，不得大于 1 mm。

3 水平角观测宜采用方向观测法。当方向数不多于 3 个时，可不归零；

4 水平角方向观测法的技术要求不得超过表 4.2.3-1 的规定；

表 4.2.3-1 水平角方向观测法的技术要求

等级	仪器型号	光学测微器两次重合读数之差 (")	半测回归零差 (")	一测回内 2C 互差 (")	同一方向值各测回较差 (")
四等及以上	1" 级仪器	1	6	9	6
	2" 级仪器	3	8	13	9
一级及以下	2" 级仪器	—	12	18	12
	6" 级仪器	—	18	—	24

注：1 当观测方向的垂直角超过 ±3° 的范围时，该方向 2 倍照准差的变动范围，可按相邻测回同方向进行比较；

2 高山地区二、三等三角网点的水平角观测，当垂线偏差和垂直角较大时，其水平方向观测值应进行

垂线偏差的修正。

5 四等以上导线水平角的观测，应在观测总测回中以奇数测回和偶数测回分别观测导线前进方向的左角和右角。左角平均值与右角平均值之和，应等于 360° ，其误差值不得大于测角中误差的 2 倍；

6 水平角观测结束后，测角中误差，应按下列公式计算：

1) 三角网测角中误差：

$$m_b = \sqrt{\frac{(W W)}{3 N}} \quad (\text{式 4.2.3-1})$$

式中 m_b —测角中误差 (")；

W —三角形闭合差 (")；

n —三角形的个数。

2) 导线 (网) 测角中误差：

$$m_\beta = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_\beta f_\beta}{n} \right]} \quad (\text{式 4.2.3-2})$$

式中 f_β —附和导线或闭合导线环的方位角闭合差 (")；

n —计算 f_β 时的测站数；

N —附和导线或闭合导线环的个数。

4.2.4 距离测量应符合下列规定：

1 当使用中、短程红外测距仪时，电磁波测距短程应为 3km 以下，中程应为 3 km~15 km；

2 电磁波测距仪按标称精度分级，其级别的划分，应符合下列规定：

1) 仪器的标称精度表达应符合 (式 4.2.4-1) 规定：

$$m_D = a + b \times D \quad (\text{式 4.2.4-1})$$

式中： m_D —测距中误差 (mm)；

a —标称精度中的固定误差 (mm)；

b —标称精度中的比例误差系数 (mm/km)；

D —测距长度 (km)。

3 电磁波测距仪及辅助工具的检校，应符合下列规定：

1) 新购、大修的仪器应检校；

2) 用于测距的气象仪表，应检测合格后使用。

4 测距边应符合下列规定：

1) 测距边宜选在地面覆盖物相同的地段，不宜选在烟囱、散热塔、散热池等发热体的上空；

2) 测线上不得有树枝、电线等障碍物，四等及以上的测线，应离开地面或障碍物 1.3 m 以上；

3) 测线应避免高压线等强电磁场的干扰；

4) 测距边的测线倾角不宜过大。

5 测距作业应符合下列规定：

1) 测边时应在成像清晰和气象条件稳定时，雨、雪和大风天气不宜作业，不宜顺光、逆光观测，不得将仪器照准头对准太阳；

2) 当反光镜背景方向有反射物时，应在反光镜后方用测伞遮挡；

3) 应在启动仪器加电 3min 后观测；

4) 测距过程中，当视线被遮挡出现粗差时，应重新启动测量；

5) 应按仪器性能规定的测程，使用规定的棱镜个数，仪器与棱镜应配套检定；

6) 当测四等及以上的边时，应量取两端点的测边始末的气象数据，计算时应取平均值：测量温度时应量取空气温度；通风干湿温度计，应悬挂在离开地面和人体 1.5 m 以外的地方，其读数取值精确至 0.2 ℃；气压表应置平，指针不得滞阻，其读数取值精确至 50 Pa。

6 测距应符合表 4.2.4-1 的规定；

表 4.2.4-1 测距的主要技术要求

平面控制网等级	测距仪精度等级	每边观测次数		一测回读数较差 (mm)	单程各测回较差 (mm)	往返较差
		往	返			
三等	5mm 级仪器	3	3	≤5	≤7	≤ 2(a+b>D)
	10mm 级仪器	4	4	≤10	≤15	
四等	5mm 级仪器	2	2	≤5	≤7	
	10mm 级仪器	3	3	≤10	≤15	
一级	10mm 级仪器	2	—	≤10	≤15	—
二级、三级	10mm 级仪器	1	—	≤10	≤15	—

注：1 测回是照准目标一次，读数 2~4 次的过程；

2 困难条件下，边长测距可采取不同时间段测量代替往返观测。

3 表中 a—标称精度中的固定误差 (mm)；b—标称精度中的比例误差系数 (mm/km)；D—测距长度 (km)。

7 测距边的水平距离计算应符合下列规定：

1) 气象改正，应按所给定的图表或公式进行；

2) 加、乘常数的改正，应根据仪器检测结果进行；

3) 测距仪与反光镜的平均高程面上的水平距离, 应按下列式计算:

$$D_p = \sqrt{s^2 - h^2} \quad (\text{式 4.2.4-2})$$

式中 D_p ——水平距离 (m);

S ——经气象及加、乘常数等改正后的斜距 (m);

h ——仪器与反光镜之间的高差 (m)。

8 测距边的精度评定, 应按下列公式计算:

1) 单位权中误差:

$$\mu = \sqrt{\frac{(Pdd)}{2n}} \quad (\text{式 4.2.4-3})$$

式中 μ ——单位权中误差 (mm);

d ——各边往、返距离的较差 (mm);

n ——测距的边数;

P ——各边距离测量的先验权, 其值为 $\frac{1}{S_D^2}$, σ_D 为测距的先验中误差, 可按测距仪

的标称精度计算。

2) 任一边的实际测距中误差:

$$m_{D_i} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_i}} \quad (\text{式 4.2.4-4})$$

式中 m_{D_i} ——第 i 边的实际测距中误差 (mm);

P_i ——第 i 边距离测量的先验权。

当网中的边长相差不大时, 可按下式计算平均测距中误差:

$$m_D = \sqrt{\frac{(dd)}{2n}} \quad (\text{式 4.2.4-5})$$

式中 m_D ——平均测距中误差 (mm)。

9 当采用钢瓦尺测距时, 应符合表 4.2.4-2 的规定;

表 4.2.4-2 钢瓦尺测距的主要技术要求

相对中误差	作业次数	丈量总次数	定线最大偏差 (mm)	尺段高差较差 (mm)	读定次数	估读值至 (mm)	温度读数值至 (°C)	同尺各次或同段各尺的较差 (mm)	成果取值至 (mm)	经各项修正后, 各次或各尺全长较差 (mm)
1/300000	2~3	4~6	≤20	≤3	3	0.1	0.5	≤0.3	0.1	≤5 \sqrt{S}
1/200000	2	4	≤25	≤3	3	0.1	0.5	≤0.3	0.1	≤8 \sqrt{S}
1/100000	1~2	2~4	≤30	≤5	3	0.1	0.5	≤0.5	1.0	≤10 \sqrt{S}

注: S 为测距长度 (km)。

10 当采用普通钢尺测距时, 应符合表 4.2.4-3 的规定。

表 4.2.4-3 普通钢尺测距的主要技术要求

边长丈量较差相对误差	作业尺数	丈量总次数	定线最大偏差 (mm)	尺段高差较差 (mm)	读定次数	估读值至 (mm)	温度读数值至 (°C)	同尺各次或同段各尺的较差 (mm)
1/30,000	2	4	50	≤5	3	0.5	0.5	≤2
1/20,000	1~2	2	50	≤10	3	0.5	0.5	≤2
1/10,000	1~2	2	70	≤10	2	0.5	0.5	≤3

注: 当检定钢尺时, 其丈量的相对误差不得大于 1/100000。

4.2.5 高程控制测量应符合下列规定:

- 1 高程控制测量应采用北京市高程系统, 在其他已有高程控制网的地区进行测量时, 亦可沿用原高程系统;
- 2 高程控制测量, 可采用水准测量和电磁波测距三角高程测量。高程控制测量等级的划分, 应依次为二、三、四等。各等级视需要, 均可作为测区的首级高程控制;
- 3 首级网应布设成环形网。当加密时, 宜布设成附合路线或结点网;
- 4 水准测量的主要技术要求, 应符合表 4.2.5-1 的规定;

表 4.2.5-1 水准测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差 (mm)	路线长度 (km)	水准仪的型号	水准尺	观测次数		往返较差、附和或环线闭合差	
					与已知点联测	附和或环线	平地 (mm)	山地 (mm)
二等	2	—	DS ₁	钢瓦	往返各一次	往返各一次	4√L	—
三等	6	≤50	DS ₁	钢瓦	往返各一次	往一次	12√L	4√n
			DS ₃	双面		往返各一次		
四等	10	≤16	DS ₃	双面	往返各一次	往一次	20√L	6√n

注：1 L 为往返测段、附和或环线的水准中线长度 (km)。

2 二等水准视线长度小于 20m 时，其视线高度不得低于 0.3m；

3 三、四等水准采用变动仪器高度观测单面水准尺时，所测两次高差较差，应与黑面、红面所测高差之差的要求相同。

5 水准测量的内业计算，应符合下列规定：

1) 高差偶然中误差 (mm)：

$$M_D = \sqrt{\left(\frac{1}{4n}\right) \left(\frac{DD}{L}\right)} \quad (\text{式 4.2.5-1})$$

式中 M_D ——每千米的高差偶然中误差 (mm)；

Δ ——水准路线测段往返高差不符值 (mm)；

L——水准测段长度 (km)；

n——往返测的水准路线测段数。

M_D 的绝对值不得超过本规程表 4.2.5-1 规定的各等级每千米高差全中误差的 1/2。

2) 高差全中误差 (mm)

$$M_W = \sqrt{\left(\frac{1}{N}\right) \left(\frac{WW}{L}\right)} \quad (\text{式 4.2.5-2})$$

W——闭合差 (mm)；

L——计算各闭合差时，相应的路线长度 (km)；

N——附和路线或闭合路线环的个数。

4.2.6 施工测量应符合下列规定：

- 1 施工前有关人员应熟悉设计图纸及相关文件中的设计和施工要求；
- 2 桥梁施工的主要控制标志（及其护桩）均应围护，并应保留至工程结束。大桥、特大桥的主要控制标志应测定坐标，标志总图应绘制编号，并应注明标志坐标、相互间的距离、角度、高程等。自行测定的标志桩，应有测量和核对记录；
- 3 桥梁放样测量应符合下列规定：
 - 1) 采用直接丈量法进行墩台施工定位时，应对尺长、温度、拉力、垂度和倾斜度进行修正计算；
 - 2) 大、中桥的水中墩、台和基础的位置，宜采用校验过的电磁波测距仪测量。桥墩中心线在桥轴线方向上的位置误差不得大于±15 mm；
 - 3) 曲线上的桥梁施工测量，应按设计文件及公路曲线测定方法处理。
- 4 施工过程中应定期测校平面控制点、高程点，经常检查桥梁结构浇筑和安装部分的位置和高程，及路桥、路路衔接的平面位置和高程，并做记录，当超过允许偏差时，应立即通知施工负责人并及时处理。

4.2.7 卫星定位测量应符合下列规定：

- 1 卫星定位测量控制网的主要技术指标，应符合表 4.2.7-1 的规定；

表 4.2.7-1 卫星定位测量控制网的主要技术要求

等级	平均边长 (km)	固定误差 A (mm)	比例误差系数 B (mm/km)	约束点间的边长相 对中误差	约束平差后最弱边 相对中误差
一级	1	≤10	≤20	≤1/40000	≤1/20000
二级	0.5	≤10	≤40	≤1/20000	≤1/10000

- 2 卫星定位测量控制网的布设，应符合下列规定：
 - 1) 应根据测区的实际情况、精度要求、卫星状况、接收机的类型和数量以及测区已有的测量资料进行综合设计；
 - 2) 首级网布设时，宜联测 2 个以上高等级国家控制点或地方坐标系的高等级控制点；对控制网内的长边，宜构成大地四边形或中点多边形；
 - 3) 控制网应由独立观测边构成一个或若干个闭合环或附合路线，各等级控制网中构成闭合环或附合路线的边数不宜多于 6 条；
 - 4) 各等级控制网中独立基线的观测总数，不宜少于必要观测基线数的 1.5 倍；
 - 5) 加密网应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的规定，并根据工程需要布网。
- 3 卫星定位测量控制网的设计、选点与埋石，应符合现行国家标准《工程测量规范》GB

50026 的规定；

4 卫星定位控制测量作业应符合表 4.2.7-2 的规定；

表 4.2.7-2 卫星定位控制测量作业的基本技术要求

等级	接收机类型	仪器标称精度	观测量	卫星高度角 (°)		有效观测卫星数		观测时段长度 (min)		数据采样间隔 (s)		点位几何图形强度因子
				静态	快速静态	静态	快速静态	静态	快速静态	静态	快速静态	
一级	双频或单频	10mm+5ppm	载波相位	≥15	≥15	≥4	≥5	10~30	10~15	10~30	5~15	≤8
二级	双频或单频	10mm+5ppm	载波相位	≥15	≥15	≥4	≥5	10~30	10~15	10~30	5~15	≤8

5 对于规模较大的测区，应编制作业计划；

6 卫星定位控制测量测站作业应符合下列规定：

1) 观测前，应对接收机进行预热和静置，同时应检查电池的容量、接收机的内存和可储存空间；

2) 天线安置的对中误差，不得大于 2 mm；天线高的量取应精确至 1 mm；

3) 观测中，应避免在接收机近旁使用无线电通信工具；

4) 作业同时，应做好测站记录，并应包括控制点点名、接收机序列号、仪器高、开关机时间等相关的测站信息；

7 卫星定位控制测量外业观测的全部数据应经同步环、异步环和复测基线检核，并应符合现行国家标准《工程测量规范》GB50026 的规定；

8 当观测数据不能满足检核要求时，应对成果进行全面分析，并舍弃不合格基线，但应保证舍弃基线后，所构成异步环的边数不得超过表 4.2.7-2 的规定；否则，应重测该基线或有关的同步图形。

5 模板、支架和拱架

5.1 一般规定

5.1.1 模板、支架和拱架施工前应编制专项施工方案，并应在审批及专家论证通过后方可施工。

5.1.2 模板、支架和拱架应根据安装、使用和拆除工况等条件进行施工设计。

5.1.3 除特殊用途外，模板及支架、拱架所用钢材应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的规定，焊接材料应与钢材强度相适应，焊接工艺及焊接质量应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

5.1.4 模板、支架和拱架应符合下列规定：

1 模板、支架与拱架应满足承载力、刚度和整体稳固性要求，并满足工艺性能要求、安全保护要求和环保要求；

2 模板及支架（拱架）工程中结构和构件各部分形状、尺寸和位置应准确；

3 模板、支架和拱架宜优先选用钢材制作；

4 模板宜采用可多次使用的大块钢模板或整体钢模板。模板板面应平整，接缝严密不漏浆，拆装容易，施工操作方便。并应便于施工过程中钢筋绑扎、安装、混凝土的浇筑和养护等要求；

5 支架、拱架宜采用标准化、系列化、通用化的构件，连接件宜选用标准定型产品；

6 应与混凝土结构和构件的特征、施工条件和浇筑程序、浇筑方法相适应。绑扎钢筋和浇筑混凝土前应对模板、支架或拱架进行验收，施工过程中应进行检查及维护，应按照专项方案进行安装及拆除；

7 模板与混凝土接触的表面应涂刷隔离剂，使用后应修整保存。

5.2 模板、支架和拱架设计

5.2.1 模板、支架和拱架设计宜包括下列内容：

1 模板、支架和拱架的设计，应根据工程结构形式、设计跨径、荷载大小、地基土类别、施工设备和材料供应等条件及有关的设计、施工规范进行；

2 绘制模板、拱架和支架总装图、细部构造图；

3 编制模板、拱架和支架结构安装、运输、加载、拆卸保养等有关技术安全措施和注意事项；

4 编制模板、支架和拱架结构的设计说明书和材料数量表。

5.2.2 模板、支架和拱架的荷载组合应符合表5.2.2的规定。

表 5.2.2 计算模板、支架和拱架的荷载组合

模板构件名称	荷载组合	
	计算强度用	验算刚度用
梁、板和拱的底模及支承板、拱架、支架等	①+②+③+④+⑦	①+②+⑦
缘石、人行道、栏杆、柱、梁板、拱等的侧模板	④+⑤	⑤
基础、墩台等厚大结构体的侧模板	⑤+⑥	⑤

注：表中①——模板、拱架和支架自重；

- ②——新浇筑混凝土、钢筋混凝土或圬工、砌体的自重力；
- ③——施工人员及施工材料、机具等行走运输或堆放的荷载；
- ④——振捣混凝土时的荷载；
- ⑤——新浇筑混凝土对侧面模板的压力；
- ⑥——倾倒混凝土（混凝土入模）时产生的水平冲击荷载；
- ⑦——其它可能产生的荷载如风荷载、雪荷载、冬季保温设施等荷载。

5.2.3 钢、木模板、拱架和支架的设计时，承重钢结构及木结构的强度设计值、弹性模量值及计算方法应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《木结构设计标准》GB 50005和《组合钢模板技术规范》GB/T 50214的规定。

5.2.4 在验算模板、拱架和支架强度和稳定性时，其最不利荷载的组合应根据实际情况确定。在大风季节或大风地区施工的模板支架除考虑结构自重等荷载外，还应考虑作用在其上的风荷载。在水中的支架，应考虑水流压力、流冰压力、船只及河流漂流物等冲击力荷载。基本组合的荷载分项系数，应按照表5.2.4选用。

表 5.2.4 荷载分项系数

脚手架种类	验算项目	荷载分项系数			
		永久荷载		可变荷载	
作业脚手架	强度、稳定承载力	1.2		1.4	
	地基承载力	1.2		1.4	
	挠度	1.0		0	
支撑脚手架	强度、稳定承载力	由可变荷载控制的组合		1.2	1.4
		由永久荷载控制的组合		1.35	
	地基承载力	1.2		1.4	
	挠度	1.0		0	
	倾覆	有利		0.9	有利
不利			1.35	不利	1.4

5.2.5 在桥位处就地浇筑的肋拱、组合箱型拱，拱架和支架宜根据拱肋自重及施工操作时的附加荷载进行设计。

5.2.6 支架立柱应保持稳定并用撑拉杆固定。当验算模板及支（拱）架在竖向荷载及水平荷载综合作用下的抗倾覆稳定时，荷载分配系数永久荷载不应小于1.35，可变荷载不应小于1.4。

5.2.7 验算模板、拱架和支架的刚度时，其变形值不应超过下列规定：

- 1 结构表面外露的模板挠度为模板构件跨度的 $1/400$ ；
- 2 结构表面隐蔽的模板挠度为模板构件跨度的 $1/250$ ；
- 3 模板、支架和拱架的弹性压缩或下沉量不宜大于构件跨度的 $1/1000$ ；
- 4 钢模板的面板变形应小于或等于 1.5 mm ；
- 5 钢模板的钢肋、柱箍变形应小于或等于 $L/500$ 或 $B/500$ （ L —计算跨度， B —柱宽度）；
- 6 拱架和支架受载后挠曲的杆件，其弹性挠度为相应结构跨度的 $1/400$ 。

5.2.8 拱架各截面的应力计算，根据拱架结构型式及所承受的荷载，验算拱顶、拱脚及 $1/4$ 跨各截面的应力，钢件及节点的应力，同时应验算分阶段浇筑或砌筑时的强度及稳定性。

5.2.9 预应力混凝土结构应根据施加预应力对构件模板、支架的影响进行模板设计。

5.2.10 模板、支架和拱架的设计应设施工预拱度。施工预拱度应根据下列因素确定：

- 1 设计文件规定的结构预拱度；
- 2 支架和拱架承受全部施工荷载引起的弹性变形；
- 3 受载后由于杆件接头处的挤压和卸落设备压缩产生的非弹性变形；
- 4 支架、拱架基础受载后的沉降。

5.2.11 模板组合设计时，应计算本规程第5.2节规定的荷载及组拼后的吊装、拆模荷载，并注明支点及吊点位置。吊环应经计算确定。钢吊环应采用未经冷拉的热轧光圆钢筋制作并应具有足够的安全储备，不得以其他钢筋替代；焊接式钢吊环其焊接质量、焊接型式应符合设计要求；钢吊环与大模板采用螺栓连接时应采用双螺母锁紧。

5.2.12 模板宜采用标准化的组合钢模板。设计组合模板时，应计算本规程第5.2节规定的荷载，并应验算吊装时刚度。

5.3 模板的制作与安装

5.3.1 模板制作应符合下列规定：

- 1 组合钢模板、定型钢模板和整体大模板应由专业厂家生产，外形复杂的应放大样。模板成品应具有合格证书、经检验合格后方可组装使用；
- 2 模板面板背肋的截面高度宜统一。板面拼缝拼合后应严密不漏浆，模板与混凝土接触面

应平整。制作钢木组合模板时，钢与木之间的接触面应贴紧。面板采用防水胶合板的模板，除应使胶合板与背楞之间密贴外，在制作过程中裁切过的防水胶合板茬口应按产品的要求及时涂刷防水涂料；

3 木模板与混凝土接触的表面应刨光且应保持平整。木模板的接缝可做成平缝、搭接缝或企口缝，当采用平缝时，应有防止漏浆的措施；转角处应加嵌条或做成斜角；

4 组合钢模板的面板和边肋宜采用整块材料制作，加工质量应符合现行行业标准《组合钢模板》JG/T3060 的规定；

5 钢模板在工厂成批投产后都应进行荷载试验，检验模板的强度、刚度和焊接质量等综合性能；

6 模板及其预埋件、预留孔应符合设计和工艺要求；

7 除采用一体化设计的模板和脚手架结构外，模板与脚手架之间不宜相互连接。

8 采用其它材料（高分子合成材料面板、硬塑料或玻璃钢模板）制作模板时，除接缝严密外，边肋及加强肋应连接牢固，并应与面板成一整体，钢框胶合板模板的组配面板宜采用错缝布置。

5.3.2 模板的构造要求应符合下列规定：

1 模板主肋和次肋的布置应根据模板的荷载和刚度要求合理确定。次肋的方向应垂直模板的长度方向，间距应根据模板荷载确定；主肋应能承受次肋传递的荷载，并应提高模板整体刚度，支架或支撑的着力点应设置在主肋上；

2 模板的配板应根据配模面的形状、几何尺寸及支撑形式决定。配板时宜选用大规格的模板为主板，其它规格的模板作为补充；配板后的板缝应规则，不得杂乱；

3 对在墩柱、梁、板的转角处使用的模板及各种模板面的交接部分，应采用连接简便、结构牢固、易于拆除的专用模板。

5.3.3 模板的安装应符合下列规定：

1 安装前，应对模板及其零部件的几何尺寸、平整度、焊缝、接缝等进行检查，并经试拼合格后方可安装使用；

2 模板位置应进行测量放线，经复核无误后，方可安装；模板安装应就位准确；

3 安装模板时，支撑应牢固，应防止模板在浇筑混凝土过程中产生移位；

4 模板在安装过程中，应设置防倾覆的临时固定设施；安装完成后，对模板垂直度等进行检查；

5 安装模板应与钢筋工序配合进行，妨碍绑扎钢筋的模板，宜待钢筋工序结束后再安装；

6 梁、板等结构构件的底模板应按设计或计算值设置预拱度；

7 用作模板的胎模等应平整光洁，不宜产生影响构件质量的下沉、裂缝或起鼓；

8 模板与混凝土接触面应清理干净并涂刷脱模剂，脱模剂不能污染钢筋；

9 模板安装应接缝严密，接缝中应放置橡胶条或泡沫塑料条等弹性密封条；

10 模板安装完成后，应对其平面位置、高程、各部尺寸、节点连系及整体稳定性和固定在模板上的预埋件、预留孔洞进行检查和验收，合格后方可浇筑混凝土。

5.3.4 翻转模板、爬升模板和滑升模板及支撑应具有足够的强度、刚度和稳定性，应进行专项设计，并设置脚手平台、接料平台、挂吊脚手及安全网等辅助设施。

5.3.5 采用翻转模板和爬升模板时，其结构应满足强度、刚度及稳定性要求。液压爬模应由专业厂家设计和制造，并应有检验合格证明及操作说明书。施工应符合下列规定：

1 混凝土的强度应达到规定的数值后方可拆模并进行模板翻转或爬架爬升。作用于爬模上的接料平台、脚手平台和拆模吊栏的荷载应均衡，不宜超载，混凝土吊斗不得碰撞爬模系统；

2 模板沿墩身周边方向应始终保持顺向搭接。施工过程中，应随时检查爬模中线、水平位置和高程等，发现问题应及时纠正。

5.3.6 桥梁滑升模板施工应符合现行国家标准《滑动模板工程技术标准》GB/T50113的规定，并应符合下列规定：

1 模板的高度宜根据结构物的实际情况确定；模板的结构应具有足够的强度、刚度和稳定性；支撑杆及提升设备应能保证模板竖直均衡上升。组装时应使各部尺寸的精度符合设计要求，组装完毕应经全面检查试验合格后，方可正式投入使用；

2 模板的滑升速度宜为 100 mm/h~300 mm/h，滑升时应检测并控制其位置。滑升模板的施工宜连续进行，因故中断时，宜在中断前将混凝土浇筑齐平，中断期间模板仍应继续缓慢的滑升，直至混凝土与模板不致粘住为止；

3 滑升模板不宜在冬期施工。

5.3.7 当采用充气胶囊作空心构件芯模时，模板安装应符合下列规定：

1 胶囊在使用前应经检查确认无漏气；

2 从浇筑混凝土到胶囊放气止，应保持气压稳定；

3 使用胶囊内模时，应采用定位箍筋与模板连接固定，防止上浮和偏移；

4 胶囊放气时间应经试验确定，以混凝土强度达到能保持构件不变形不裂损为度。

5.3.8 模板制作允许偏差应符合表 5.3.8 的规定。

表 5.3.8 模板制作允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
木模板	模板的长度和宽度	±5	每个构筑物或每个构件	4	用钢尺量
	刨光模板和相邻两板表面高低差	1			用钢板尺和塞尺量
	平板模板表面最大的局部不平 (刨光模板)	3			用 2m 直尺和塞尺量
	平板模板表面最大的局部不平 (多层板)	3			
	榫槽嵌接紧密度	2		2	用钢尺量
模板的长度和宽度	0 -1	4			
肋高	±5	2		用水平尺量	
面板端偏斜	0.5	2			
连接配件 (螺栓、卡子等) 的孔眼位置	孔中心与面板的间距	±0.3		4	用钢尺量
	板端孔中心与板端的间距	0 -0.5			
	沿板长宽方向的孔	±0.6			
	板面局部不平	1.0			
板面和板侧挠度	±1.0	1	用水准仪和拉线量		

5.4 支架、拱架的制作与安装

5.4.1 支架、拱架制作应符合下列规定：

- 1 支架、配件和节点的强度、刚度和稳定性应满足施工要求；
- 3 在土层上直接搭设支架或竖向模板，支架立杆下应设垫板，土层应坚实、平整，地基承载力或密实度应符合施工方案的要求，并应有防水、排水措施；
- 4 常备式钢拱架纵、横向应根据实际情况进行合理组合，以保证结构的整体性。钢管拱架排架的纵、横距离应按承受拱圈自重计算，各排架顶部标高应符合拱圈底的轴线；
- 5 支架、拱架应按批准的施工设计图进行制作。钢支架与拱架构件加工制作应符合本规程第 21 章的规定；
- 6 支架与拱架宜在场内进行试拼装，组装的偏差应符合设计要求，验收合格后，方可进行现场安装。
- 7 模板制作允许

5.4.2 支架、拱架安装应符合下列规定：

- 1 支架、拱架应按专项施工方案规定的方法进行安装；
- 2 跨越公路、铁路、城市轨道交通或通航河道的支架、拱架施工前应完成导向、限高、限宽、减速、防撞等附属设施及标识、标示后，方可进行支架、拱架施工。支架通行孔的两边应加设防护桩，夜间应设警示灯。施工中易受漂流物冲撞的河中支架应设牢固的防护设施。支架跨越通航河道和公路、铁路、城市轨道交通等既有设施时应符合下列规定：

- 1) 支架下净空应满足既有设施的安全限界要求；

- 2) 既有设施上方的支架底部应全部封闭，两侧应设置安全网等防护设施；
- 3) 跨电气化铁路和城市轨道交通的支架，应设置静电屏蔽防护和接地防护装置；
- 3 支架立柱应坐落在有足够承载力的基础上，立柱底端应设置垫板。支架基础不能被水浸泡，应有防、排水措施，对冬期施工排架基础应有防冻胀及融沉措施；
- 4 施工用的支架及便桥不宜与结构物的拱架或支架连接；
- 5 支架、拱架安装过程中，应设置临时支撑，保证支架、拱架稳定；
- 6 拱架立柱、拱架支承面和顶部标高应准确，跨度应符合设计要求，各片拱架在同一节点的标高应一致，以便于拼装平联杆件。在风力较大的地区，应设置风缆；
- 7 支架卸架装置应安全可靠，并应符合下列规定：
 - 1) 支架采用千斤顶卸架，千斤顶应与上部结构底顶紧、并有自锁装置；
 - 2) 采用砂箱卸架时，砂箱使用前应进行预压；箱体顶部与上部结构底顶紧；箱体承载力不宜超过规定值；
 - 3) 跨径 10 m 及以上的拱桥或跨径 24 m 及以上的梁体，不宜使用木楔支垫。

5.4.3 支架、拱架预压应符合下列规定：

- 1 支架预压荷载应符合设计要求；且不得小于支架所承受混凝土结构恒载与模板重量之和的 110%；
- 2 支架预压应选用重量稳定和易于计量、装卸的材料；当采用砂（土）作加载材料时应防止雨水影响其重量；
- 3 支架预压加载过程宜分为 3 级进行，依次施加的荷载应为单元内预压荷载值的 60%、80%、100%，预压荷载分布应与支架施工荷载分布基本一致，加载重量偏差应控制在同级荷载的±5%以内。加载过程中如发生异常情况时应停止加载，查明原因并采取措施保证支架安全后方可继续加载；
- 4 支架预压加载和卸载应按对称、分层、分级的原则进行，不宜集中加载和卸载。

5.4.4 支架预压前，应布置支架的位移监测点；预压过程中应对支架的位移进行监测，并应符合下列规定：

- 1 支架预压时应进行竖直和水平位移监测，监测内容应包括：基础沉降变形；支架竖向位移；支架顶面水平位移；梁柱式支架纵（横）梁的挠度；近邻结构物变形；
- 2 满堂式支架监测点布置应符合下列规定：
 - 1) 监测断面应设置在预压区域的两端及间隔 $1/4$ 长度位置；
 - 2) 每个监测断面的基础及支架顶面应对称混凝土梁中心线各布置 5 个以上监测点。
- 3 梁柱式支架监测点布置应符合下列规定：

- 1) 监测断面应设置在预压区域的支墩和纵梁跨中位置;
- 2) 支墩的基础、横梁顶面和纵梁跨中应对称梁体中心线个布置 5 个以上监测点。纵梁上设置有满堂式支架时, 还应在满堂式支架顶面对应设置监测点。
- 4 支架预压监测频率和卸载条件应符合下列规定:
 - 1) 支架加载前, 应监测记录各监测点初始值;
 - 2) 每级加载完成 1 h 后进行支架变形观测, 以后间隔 6 h 监测记录各监测点的位移量, 当相邻两次监测位移平均值之差不大于 2 mm 时, 方可进行后续加载;
 - 3) 全部预压荷载施加完成后, 应间隔 12 h 监测记录各监测点的位移量; 当连续 12 h 监测位移平均值之差不大于 2 mm 时, 方可卸除预压荷载;
 - 4) 支架卸载 6h 后, 应监测记录各监测点位移量。
- 5 支架沉降监测和支架平面位移的测量精度应符合三等水准测量要求;
- 6 支架预压完成后, 应根据监测数据计算分析基础沉降量和支架弹性变形量、非弹性变形量及平面位移量, 评价支架安全性和确定立模标高, 形成支架预压报告。

5.4.5 支架、拱架检查验收应符合下列规定:

- 1 支架或拱架安装完后应对其平面位置、顶部标高、节点联系、各向稳定性进行全面检查, 符合要求后方可进行下一道工序;
- 2 支架在使用过程中, 应设专人监护施工, 对支架及模板进行观察和维护, 当发现异常情况时, 应停止施工, 排除险情、查明原因并妥善处理, 方可继续施工;
- 3 支架结构(或局部)作业层上的施工荷载不应超过设计允许荷载;
- 4 支架结构使用过程中, 不应拆除构配件。
- 5 支架、拱架安装允许偏差应符合表 5.4.5 的规定。

表 5.4.5 支架、拱架安装允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
支架、拱架	纵轴线的平面偏移	L/2000, 且不大于 30	每个构筑物或 每个构件	3	用经纬仪测量
	拱架高程	+ 20 - 10			用水准仪测量

5.4.6 支架附属设施构造应符合下列规定:

- 1 支架顶面四周应设置宽度不应小于 0.9 m 的作业平台, 平台面应满铺脚手板并在四周设置高度不应小于 180 mm 的挡脚板。脚手板、挡脚板和防护栏杆的设置应符合下列规定:
 - 1) 脚手板的长度宜大于 2 m, 并应支承在三根以上水平杆上, 且与水平杆连接固定;
 - 2) 脚手板铺设宜采用搭接方式, 搭接接头应设置在水平杆上, 搭接长度应大于 200 mm, 接

头伸出水平杆的长度不得小于 100 mm;

3) 挡脚板应设置在支架立杆的内侧并固定在立杆上;

4) 作业平台的临空面应设置高度不小于 1.2 m 的防护栏杆, 栏杆外应挂设安全网。栏杆的立柱与支架应连接牢固, 立柱顶部和中部内侧应各设置一道水平杆。

2 支架应设置人字形或梯形斜道, 斜道的构造应符合下列规定:

1) 高度不大于 6.0 m 的脚手架, 宜采用一字形斜道; 高度大于 6.0 m 的脚手架, 宜采用之字形斜道。斜道应与附着外脚手架或建筑物, 宽度不小于 1.0 m;

2) 斜道两侧及转弯平台应按作业平台构造的相关要求设置挡脚板、防护栏杆和安全网, 防护栏杆高度应为 1.0 m, 挡脚板高度不得小于 180 mm;

3) 人行斜道的坡度宜小于 1: 3, 坡面应设置防滑装置。

5.5 模板、支架和拱架的拆除

5.5.1 模板、支架和拱架拆除条件应符合下列规定:

1 模板、支架和拱架拆除的时间应根据结构物的特点、部位和混凝土所达到的强度决定;

2 非承重侧模应在混凝土强度能保证其表面及棱角不致因拆模受损害时方可拆除;

3 芯模和预留孔道内模应在混凝土抗压强度能保证其不发生变形、塌陷或裂缝时, 方可拔出, 拔出时间应通过试验确定, 以混凝土强度达到 0.4 MPa ~0.8MPa 时为宜, 抽拔时不得损伤结构混凝土;

4 钢筋混凝土结构的承重模板、支架和拱架的拆除, 应符合设计要求。当设计无要求时, 应在混凝土强度能承受自重及其他可能的叠加荷载时, 方可拆除, 底模板拆除应符合表 5.5.1 规定。

表 5.5.1 现浇结构拆除底模时的混凝土强度

结构类型	结构跨度 (m)	按设计的混凝土强度标准值的百分率 (%)
板	≤8	75
	>8	100
梁、拱	≤8	75
	>8	100
悬臂构件	≤2	75
	>2	100

注: 构件混凝土强度应通过同条件养护的试件强度确定。

5.5.2 浆砌石、混凝土砌块拱桥拱架的卸落应符合下列规定：

1 浆砌石、混凝土砌块拱桥应在砂浆强度达到设计要求强度后卸落拱架，设计未要求时，砂浆强度须达到设计强度的 80 %以上；

2 跨径小于 10 m 的拱桥宜在拱上建筑全部完成后卸落拱架；中等跨径实腹式拱桥宜在护拱砌完后卸落拱架；大跨径空腹式拱桥宜在主拱上小拱横墙砌好（未砌小拱圈）时卸落拱架；

3 在裸拱状态卸落拱架时，应对主拱进行强度及稳定性验算，并采取必要的稳定措施。

5.5.3 模板、支架和拱架拆除顺序应符合下列规定：

1 模板拆应按设计要求的程序进行；设计无要求时，应按照先支后拆、后支先拆的顺序进行，拆卸时不应抛扔；

2 卸落拱架和支架，应按施工设计要求的程序进行；分几个循环卸完，卸落量宜开始时小、以后逐渐增大，拱架和支架横向应同时卸落、纵向应对称均衡卸落。拟定卸落程序时应符合下列规定：

1) 在卸落前应在卸架装置上划好每次卸落量的标记；

2) 满布式拱架卸落时，可从拱顶向拱脚依次循环卸落，拱式拱架可在支座处同时卸落；

3) 简支梁、连续梁宜从跨中向支座处依次循环卸落，悬臂梁应先卸挂梁及悬臂的支架，再卸无铰跨内的支架；

4) 多孔拱桥卸架时，若桥墩允许承受单向推力，可单孔卸落，否则应多孔同时卸落，或各连续孔分阶段卸落。

5.5.4 预应力混凝土结构构件模板的拆除，应符合本规程第5.5.1条规定，侧模应在预应力张拉前拆除，底模应在结构构件预应力施工及孔道灌浆完成后方可拆除。

5.5.5 拆除模板，卸落支架、拱架时，不得用猛烈敲打和强扭等方法。模板、支架和拱架拆除后，应维护整理，分类妥善存放。

6 钢筋

6.1 一般规定

6.1.1 混凝土结构所用钢筋的品种、规格、性能等均应符合设计要求和国家现行标准《钢筋混凝土用钢第1部分：热轧光圆钢筋》GB/T1499.1、《钢筋混凝土用钢第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T1499.2、《冷轧带肋钢筋》GB/T13788和《环氧树脂涂层钢筋》JG/T502等的规定。

6.1.2 钢筋应按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批验收。钢筋进场时，应查验质量证明书、外观、牌号等，并经试验检测合格后方可使用。

6.1.3 钢筋的检验与验收应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11/1072的规定。

6.1.4 钢筋在加工过程中，当发生脆断、焊接性能不良或力学性能显著不正常等现象时，应根据现行国家标准对该批钢筋进行化学成分检验或其他专项检验，检查合格后方可使用，此批钢筋应单独存放并作明显标志。

6.1.5 钢筋在运输和储存时，不得损坏标志，存放时应按钢筋类型、直径、钢号、批号、厂家等进行分类堆放，设分类标志牌。同时应避免锈蚀和污染。应架空地面 300mm以上，并苫盖防雨。

6.1.6 钢筋的级别、种类和直径应按设计要求采用。钢筋、钢筋接头的质量检查和验收应按批抽样检验，合格后方可使用。

6.1.7 预制构件的吊环应符合设计要求，设计未要求时，宜采用未经冷拉的热轧光圆钢筋制作。

6.1.8 在混凝土浇筑前应对钢筋进行隐蔽工程验收，并应符合设计要求。

6.2 钢筋加工

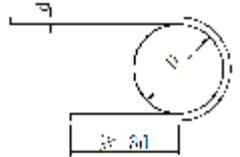
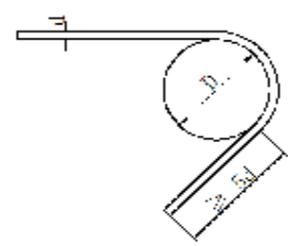
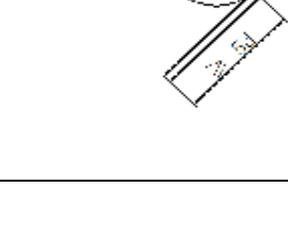
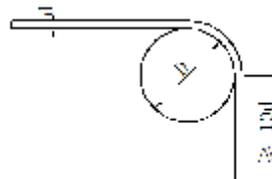
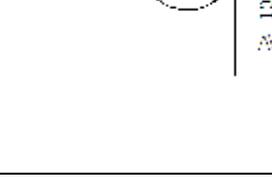
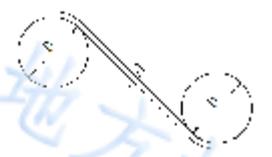
6.2.1 钢筋加工前，应清除钢筋表面油渍、油漆、鳞锈、泥浆等污物；钢筋应平直无局部弯折，弯曲的钢筋应调直后使用。

6.2.2 钢筋切断前，应根据来料的长短和所需长度进行配料，以使钢筋接头最少和节约钢筋。下料前应核对钢筋规格、级别及加工数量，下料后应按种类和使用部位分别挂牌标明，并分别堆放。

6.2.3 钢筋加工前应对钢筋的牌号、规格、尺寸和数量进行核算，并计算钢筋下料长度。钢筋的下料长度应按钢筋弯曲后的中心线长度计算，除设计给出的直线段长度外，尚应考虑钢筋弯钩增加长度和弯起造成的调整值。钢筋需要搭接时，应增加钢筋搭接长度。

6.2.4 钢筋弯制和末端弯钩均应符合设计要求，设计未作具体要求时，应符合表6.2.4的规定。

表 6.2.4 钢筋弯制及末端弯钩形状表

弯曲部位	弯曲角度	形状图	钢筋种类	公称直径 (d) (mm)	弯曲直径 (D)	平直段长度
末端弯钩	180°		HPB300	6~22	$\geq 2.5d$	$\geq 3d$
	135°		HRB400	≤ 25	$\geq 4d$	设计要求 ($\geq 5d$)
			HRBF400	≥ 25	$\geq 5d$	
	135°		HRB500	≤ 25	$\geq 6d$	设计要求 ($\geq 6d$)
HRBF500			≥ 25	$\geq 7d$		
中间弯钩	90°		HRB400	≤ 25	$\geq 4d$	按设计要求 ($\geq 10d$)
			HRBF400	≥ 25	$\geq 5d$	
	90°		HRB500	≤ 25	$\geq 6d$	设计要求 ($\geq 12d$)
			HRBF500	≥ 25	$\geq 7d$	
$\leq 90^\circ$		各种钢筋		$\geq 20d$	/	

6.2.5 箍筋的末端应作弯钩，弯钩的形式应符合设计要求，如设计无具体要求时，弯钩形式应符合表 6.2.5 的规定。弯钩的弯曲直径应大于被箍受力钢筋直径，且HPB 300钢筋应不小于箍筋直径的 2.5 倍，HRB 400钢筋应不小于箍筋直径的 5 倍；弯钩平直部分的长度，对一般结构不宜小于箍筋直径的 5 倍，对有抗震要求的结构应不小于箍筋直径的 10 倍。

表 6.2.5 箍筋末端弯钩表

项次	结构类别	弯曲角度	图示
1	一般结构	90°/180°	
		90°/90°	
2	抗震结构	135°/135°	

6.2.6 钢筋安装允许偏差应符合表 6.2.6 的要求，钢筋加工质量验收应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11/1072 的规定。

表 6.2.6 钢筋安装允许偏差

检查项目		允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法	
			范围	点数		
受力钢筋间距	两排以上间距		每个构筑物 或每个构件	3	用钢尺量，两端和中间各一个断面，每个断面连续量取钢筋间（排）距，取其平均值记 1 点	
	同排	梁板、肋拱				±10
		基础、墩台、柱				±20
		灌注桩				±20
箍筋、横向水平筋、螺旋筋间距		±10	5	连续取 5 个间距，其平均值记 1 点		
钢筋骨架尺寸	长	±10	3	用钢尺量，两端和中间各 1 处		
	宽、高或直径	±5	3			
弯起钢筋位置		±20	30%	用钢尺量		
受力钢筋保护层	墩、台、基础	±10	10	沿模板周边检查，用钢尺量		
	梁、柱、桩	±5				
	板、墙	±3				

6.3 钢筋接头

6.3.1 钢筋接头可采用焊接连接、机械连接和绑扎搭接，钢筋连接方式、接头位置应符合设计要求；当设计无要求时，应符合下列规定：

1 钢筋纵向接头宜优先选用焊接接头，钢筋接头采用搭接或帮条电弧焊时，宜采用双面焊缝；双面焊缝困难时，可采用单面焊缝；

2 钢筋骨架和钢筋网片的交叉点焊接宜采用电阻点焊。钢筋与钢板的 T 型连接，宜采用埋弧压力焊或电弧焊。

6.3.2 钢筋接头型式，焊接工艺和质量验收标准应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》

JGJ18 和《钢筋机械连接技术规程》JGJ107 的规定。

6.3.3 普通混凝土中钢筋直径小于或等于 22 mm 时，在无焊接条件时，可采用绑扎搭接，但对轴心受拉或小偏心受拉构件中的主钢筋均应焊接或机械连接。

6.3.4 对轴心受压和偏心受压柱中的受压钢筋接头，当直径大于 32 mm 时，应采用焊接或机械连接。

6.3.5 钢筋焊接应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ18 的规定，焊接施工前应根据施工条件进行试焊，检验合格后方可正式焊接。

6.3.6 钢筋电弧焊宜采用焊条电弧焊、二氧化碳气体保护电弧焊等方法。电弧焊接应符合下列规定：

1 钢筋焊接应符合下列规定：

- 1) 应根据钢筋级别，直径，接头型式和焊接位置选择焊条，焊接工艺和焊接参数；
- 2) 焊接时，引弧应在垫板、帮条或形成焊缝部位进行，不得烧伤主筋；
- 3) 焊接地线应与钢筋接触紧密；
- 4) 焊接过程中应及时清渣，焊缝表面应光滑，焊缝余高应平缓过渡，弧坑应填满。

2 钢筋接头采用帮条焊或搭接焊时，应符合下列规定：

1) 接头焊缝应优先选用双面焊接，当不能进行双面焊接时，可采用单面焊。其帮条或搭接长度应符合表 6.3.6-1 的规定；

表 6.3.6—1 钢筋帮条长度表

钢筋牌号	焊缝型式	帮条长度 (l)
HPB300	单面焊	$\geq 8d$
	双面焊	$\geq 4d$
HRB400、HRBF400 HRB500、HRBF500	单面焊	$\geq 10d$
	双面焊	$\geq 5d$

注：d 为主筋直径 (mm)。

2) 钢筋焊接应保持两相接触钢筋轴线一致，采用搭接焊时，两搭接钢筋的端部应预先折弯 (图 6.3.6-1) 采用帮条焊时，帮条直径宜与接头钢筋直径相同，与接头钢筋直径不同时，帮条直径可允许小一个规格；

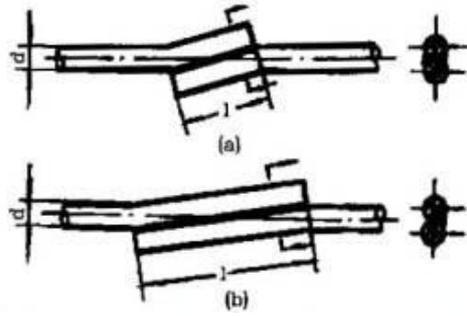


图 6.3.6-1 钢筋搭接焊接头

(a) 双面焊；(b) 单面焊； d —钢筋直径； l —搭接长度

3) 帮条焊或搭接焊接头的焊缝厚度 s 不得小于主筋直径的 0.3 倍，并不得小于 4 mm；焊缝宽度 b 不得小于主筋直径的 0.7 倍，并不得小于 8 mm (图 6.3.6-2)。

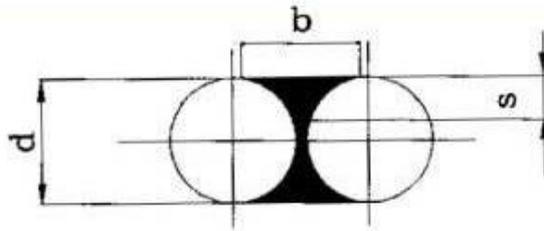


图 6.3.6-2 帮条焊或搭接焊接头的焊缝厚度

b —焊缝宽度； s —焊缝厚度； d —钢筋直径

3 钢筋电弧焊、二氧化碳气体保护电弧焊所用焊条牌号应符合设计要求，其性能应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T5117 或《热强钢焊条》GB/T5118 的规定。二氧化碳气体应符合现行行业标准《焊接用二氧化碳》HG/T 2537 的规定。

6.3.7 电渣压力焊应符合下列规定：

1 对钢筋混凝土结构中的竖向或斜向（倾斜坡度在 4: 1 范围内）钢筋的连接，宜采用电渣压力焊；

2 电渣压力焊可采用交流或直流焊接电源，焊机容量应根据所焊钢筋直径选定；

3 电渣压力焊所用的焊剂应在干燥条件下存放，若受潮时，使用前应在 250℃~300℃ 的温度下烘焙 2 h。使用回收的焊剂应清除熔渣和杂物，并与新焊剂混合均匀后使用；

4 在焊接生产中焊工应进行自检，当发现偏心、弯折、烧伤等焊接缺陷时，应查找原因并采取措施及时消除。

6.3.8 钢筋气压焊接应符合下列规定：

1 气压焊可以用于钢筋在垂直位置，水平位置或倾斜位置时的接头焊接，适用于直径不大于 40 mm 的 HPB300、HRB400 钢筋接头焊接。当被接钢筋直径不同时，其两根钢筋直径差值不得大于 7 mm；

2 被焊接钢筋的端面应切平，并应与钢筋的轴线相垂直，在离端部 2 倍直径的范围内，钢筋表面的水泥浆等附着物应清除干净。钢筋端面边角毛刺、铁锈、油污和氧化膜均应清除干净，并经打磨露出金属光泽，不得有氧化现象；

3 气压焊焊接工艺的选择和工艺要求应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的规定；

4 在焊接中发现偏心、弯折、烧伤等焊接缺陷时，应查找原因并采取措施及时消除。

6.3.9 钢筋机械连接应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定。

6.3.10 各受力钢筋之间的焊接接头位置应相互错开，在构件中的位置应符合下列规定：

1 在任一焊接接头中心至长度为钢筋直径 d 的 35 倍且不小于 500 mm 的区段 1 内，同一根钢筋不得有两个接头。有接头的受力钢筋截面面积与受力钢筋总面积的百分率，应符合表 6.3.10 的规定，区段划分和焊接接头设置见图 6.3.10；

表 6.3.10 搭接长度区段内受力钢筋接头面积允许百分率表

钢筋位置 \ 钢筋种类	受拉区	受压区
非预应力筋	≤50%	不限制
预应力筋	≤25%	不限制

注：①后张法的螺丝端杆不限制，②装配式构件连接处不限制。

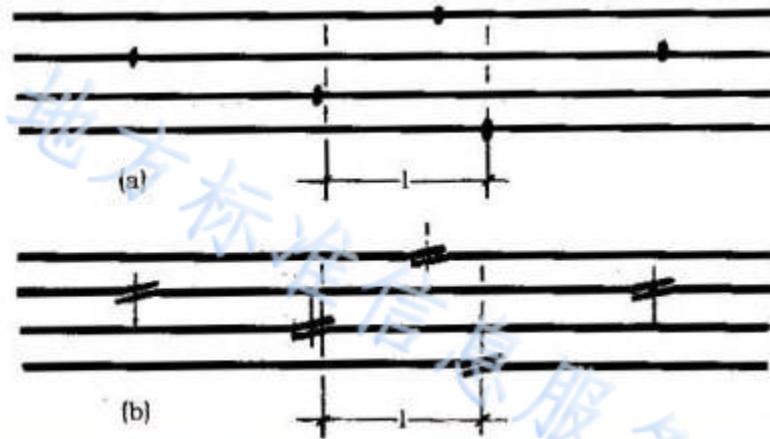


图 6.3.10 焊接接头位置

(a) 对焊接头；(b) 搭接焊接头

注：图中所示 1 区段内有接头的钢筋面积按两根计

2 在同一根钢筋上宜少设接头，接头宜设置在受力较小的部位；接头距钢筋的弯折处，不得小于钢筋直径的 10 倍，且不宜位于构件的最大弯矩处。

6.3.11 钢筋的绑扎接头应符合下列规定：

1 绑扎接头的最小搭接长度应符合设计要求；

2 光圆钢筋绑扎搭接处，应在两端做成彼此相对的 180° 弯钩，钢筋搭接部分中心和两端至少三处用铁丝绑扎牢固、不得滑移；

6.3.12 各相邻受力钢筋之间的绑扎接头应互相错开，其在构件中的位置应符合下列规定：

1 从任一绑扎接头中心至搭接长度 L 的 1.3 倍区段范围内（图 6.3.12），有绑扎接头的受力钢筋截面面积占总面积的百分率应符合下列规定：

1) 受拉区不得超过 25 %；

2) 受压区不得超过 50 %。

2 搭接长度的末端距钢筋弯折处，不得小于钢筋直径的 10 倍，接头不宜位于构件最大弯距处；

3 绑扎接头中的钢筋横向净距 S 不得小于钢筋直径 d 且不得小于 25 mm；

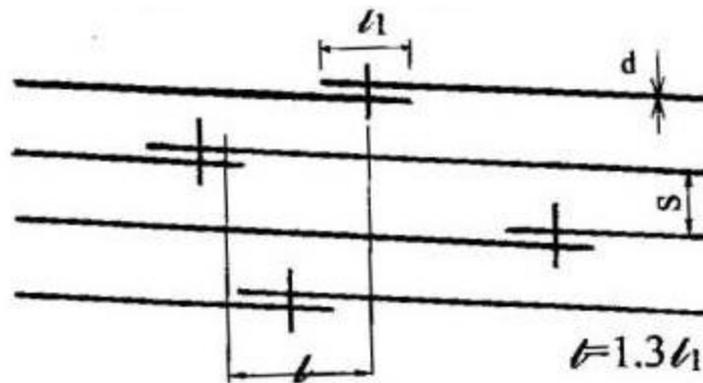


图 6.3.12 受力钢筋绑扎接头

注：图中所示区段内有接头的钢筋面积按两根计

4 对焊接骨架和焊接网在构件宽度内，其接头位置应错开，在绑扎接头区段 1 内（见图 6.3.12），有绑扎接头受力钢筋截面面积不得超过受力钢筋总面积的 50 %。

6.3.13 进行电阻点焊、闪光对焊、电渣压力焊或埋弧压力焊时，应观测电源电压的波动。对电阻点焊、闪光对焊，当电源、电压下降在 5% ~ 8% 之间时，应采取提高焊接变压的级数的措施；当大于等于 8% 时，不得进行焊接，对电渣压力焊或埋弧压力焊，当电源、电压下降大于 5 % 时，不宜进行焊接。

6.3.14 闪光对焊、电弧焊、电渣压力焊及气压焊在负温环境施工时，焊接场地应有防风、雨、雪、严寒的设施，并应采取相应的技术措施，环境温度低于 -20°C 时不得进行施焊。

6.4 钢筋骨架和钢筋网的组成与安装

6.4.1 对适合于预制钢筋骨架和钢筋网的构件，宜根据结构情况和现场运输起重条件，先分部预制成钢筋骨架或钢筋网片，入模就位后再进行焊接或绑扎。工厂集中预制的钢筋骨架在运输及安装过程中不得变形，宜在钢筋的交叉点处加以焊接或添加辅助钢筋加固。6.4.2 焊接钢筋网片宜采用电阻点焊。所有焊点应符合设计要求，当设计无要求时，可按下列规定进行点焊：

1 焊接骨架的所有钢筋交叉点宜采用焊接；

2 当焊接网片的受力钢筋为光圆钢筋时，当焊接网片只有一个方向受力时，受力主筋应与两端边缘的两根锚固横向钢筋的全部相交点接；当焊接网为两个方向受力时，则四周边缘的两根钢筋的全部交点均应焊接，其余的相交点可间隔焊接；

3 当焊接网片的受力钢筋为冷拔低碳钢丝，而另一方向的钢筋间距小于 100 mm 时，除受力主筋与两端的两根横向钢筋的全部交叉点应焊接外，中间部分的焊点距离可增大至 250 mm。

6.4.3 钢筋骨架应在工作台上进行组装焊接，工作台应平整、坚固，骨架制作应符合下列规定：

1 拼装时应按设计图纸放大样，放样时应考虑焊接变形和混凝土灌注时的预留拱度可参考表 6.4.3 的数值；

表 6.4.3 简支梁钢筋骨架预拱度表

构件跨度 (m)	工作台上预拱度 (mm)	骨架拼装时预拱度 (mm)	构件预拱度 (mm)
7.5	30	10	0
10-12.5	30~50	2~30	10
15	40~50	30	20
20	50~70	40~50	30

注：跨度大于 20m 时应按设计要求预留拱度。

2 拼装前应检查有焊接接头的焊缝有无开裂，如有开裂应及时补焊；

3 拼装时可在需要焊接点位置，设置楔形卡卡住，防止焊接时局部变形。待所有焊点卡好后，先在焊缝两端点定位，然后再施焊；

4 施焊次序应由中到边或由边到中，采用分区对称跳焊，不得顺方向一次焊成；

5 骨架接长焊接时，不同直径钢筋的中心线应在同一平面上。

6.4.4 焊接骨架和焊接网片需要绑扎连接时，应符合下列规定：

1 焊接骨架和网片的搭接接头，不宜位于构件的最大弯矩处；

2 焊接网片在非受力方向的搭接长度，宜为 100 mm；

3 受拉焊接骨架和焊接网在受力钢筋方向的搭接长度应符合表 6.4.4 的规定，受压焊接骨架和焊接网在受力钢筋方向的搭接长度，可取受拉焊接骨架和焊接网在受力钢筋方向的长度的 0.7 倍。

表 6.4.4 受拉焊接骨架和焊接网绑扎接头的搭接长度表

钢筋类型		混凝土强度		
		C20	C25	高于 C25
HPB300		30d	25d	30d
螺纹钢	HRB400	40d	35d	30d
	HRB500	45d	40d	35d
冷拔低碳钢丝		250mm		

注：1 搭接长度除符合本表规定外，在受拉区不得小于 250 mm，在受压区不得小于 200 mm；

2 当混凝土强度等级低于 C20 时，光圆钢筋的搭接长度不得小于 40 d，螺纹钢的搭接长度不得小于 50 d；

3 当螺纹钢直径 d 大于 25 mm 时，其搭接长度应按表中数值增加 5 d；

4 当螺纹钢直径 d 不大于 25 mm 时，其搭接长度应按表中数值减少 5 d；

5 当混凝土在凝固过程中受力钢筋易受扰动时，其搭接长度宜适当增加；

6 轻骨料混凝土的焊接骨架和焊接网绑扎接头的搭接长度，应按普通混凝土搭接长度增加 5d，对冷拔低碳钢丝增加 500mm；

7 当有抗震要求时，对一、二级抗震等级应增加 5 d。

6.4.5 现场安装钢筋应符合下列规定：

1 钢筋的交叉点应采用绑丝扎牢，必要时可辅以点焊；

2 板和墙的钢筋网，除靠近外围两行钢筋交叉点全部绑扎牢外，中间部分交叉点可间隔交错绑扎牢，但受力钢筋不得产生偏移；双向受力的钢筋，应全部扎牢；

3 梁和柱的箍筋，除设计有特殊要求外，应与受力钢筋垂直设置；箍筋弯钩叠合处，应沿受力钢筋方向铺开设置；在柱中应沿柱高方向交错布置，对方柱则应位于柱角竖向筋交接点上，但有交叉式箍筋的大截面柱，可在与任何一根中间纵向筋的交接点上。螺旋形箍筋的起点和终点均应绑扎在纵向钢筋上。有抗扭要求的螺旋箍筋，钢筋应伸入核心混凝土中；

4 在墩、台及墩柱中的竖向钢筋搭接时，角部钢筋的弯钩平面与模板面的夹角，对矩形柱应为 45° 角，对多边形柱应为模板面的夹角的平分角；对圆柱形钢筋弯钩平面应与模板的切平面垂直；中间钢筋的弯钩平面应与模板平面垂直；当采用插入式振捣器浇筑小型截面柱时，弯钩平面与模板面的夹角不得小于 15° ；

5 在绑扎骨架中非焊接的搭接接头长度范围内的箍筋间距：当钢筋受拉时应小于 5 d，且不得大于 100 mm；当钢筋受压时应小于 10 d，且不得大于 200 mm（ d 为受力钢筋的最小直径）。

6.4.6 受力钢筋的混凝土保护层厚度，应符合设计要求，当设计无具体要求时，应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11/1072 的规定。为保证钢筋保护层厚度的准确，应制作不同规格的具有与混凝土相同强度的垫块，并应将垫块与钢筋绑扎牢固，垫块应交错放置。

6.4.7 钢筋网及骨架允许偏差、钢筋安装成型应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11/1072 的规定。

地方标准信息服务平台

7 混凝土

7.1 一般规定

7.1.1 混凝土工程所用的原材料及配合比设计应符合设计要求。设计无要求时，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定，并应在正式使用前对其性能和质量进行检验。

7.1.2 混凝土施工应采用预拌混凝土，预拌混凝土原材料质量、制备等应符合现行地方标准《预拌混凝土质量管理规程》DB11/385 的规定。

7.1.3 混凝土工程施工前应对钢筋等隐蔽工程进行验收，钢筋保护层厚度应符合设计要求，验收合格后方可浇筑混凝土。

7.1.4 混凝土结构表面应密实平整、色泽均匀，不得有蜂窝麻面和缺棱掉角等缺陷。

7.1.5 混凝土强度应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的规定进行检验评定。混凝土耐久性应按现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 的规定进行检验评定。

7.2 混凝土的运输

7.2.1 混凝土的运输能力应与混凝土的凝结时间和浇筑速度相适应，浇筑应连续进行、不间断，混凝土的坍落度、工作性能应满足施工要求。

7.2.2 混凝土运至浇筑地点后发生离析、严重泌水或坍落度不符合要求等现象时，应进行第二次搅拌且不得加水；经二次搅拌仍不符合要求，则不得使用。

7.3 混凝土的浇筑

7.3.1 混凝土浇筑应符合下列规定：

1 混凝土浇筑前，应对支架、模板、钢筋、保护层和预埋件等进行检查验收。模板内的杂物、积水和钢筋上的污垢应清理干净；模板缝隙应填塞严密；模板表面脱模剂应涂刷均匀；

2 混凝土自高处向下倾落的自由高度，不宜超过 2 m。当倾落高度超过 2 m 时，应通过串筒、溜管或振动溜管等设施下落；倾落高度超过 10 m 时，应设置减速装置；

3 混凝土应按一定厚度、顺序和方向分层浇筑，并应在下层混凝土初凝或能重塑前浇筑完上层混凝土；上下层同时浇筑时，上层与下层前后浇筑距离应保持 1.5 m 以上。在倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始，逐层扩展升高，保持水平分层；

4 浇筑混凝土时，除少量塑性混凝土可用人工捣实外，应采用振动器捣实，并符合下列规定：

1) 使用插入式振动器时，移动间距不得超过振动器作用半径的 1.5 倍；与侧模应留有 50 mm~100 mm 的距离，插入下层混凝土 50 mm~100 mm；每一处振动完毕后应边振动边徐徐拔出振动棒；振动棒应避免碰撞模板、钢筋、芯管和预埋件，如靠近模板处钢筋密布，在使用插入式振动器之前宜先以人工仔细插捣；

2) 表面振动器的移动间距，应保证振动器的平板能覆盖已振实部分 100 mm 左右为宜；

3) 附着式振动器有效作用半径和振动时间应视结构形状、模板坚固程度及振动器的性能等情况，通过试验确定；

4) 振捣持续时间宜为 20s~30s，混凝土应不再沉落、不出现气泡、表面呈现浮浆。

5) 混凝土的浇筑应连续进行，发生间歇时，其间歇时间宜缩短，并应在下层混凝土凝结之前将上层混凝土浇筑完毕。混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间应符合表 7.3.1 的规定；

表 7.3.1 混凝土的运输、浇筑时间及间歇的全部允许时间

混凝土强度等级	气温≤5℃	气温>25℃
≤30	210	180
>C30	180	150

注：1 当混凝土中掺有促凝或缓凝型外加剂时，其允许时间应根据试验结果确定。

2 混凝土全部时间是指从加水到振捣等全部工艺结束的用时。

6) 施工缝的位置应在混凝土浇筑之前确定，宜留置在结构受剪力较小且便于施工的部位，并按下列规定进行处理：

1) 凿除混凝土表面的水泥浆和松散层，凿除时处理层混凝土应达到下列强度：用水冲洗或钢丝刷处理混凝土表面时应达到 0.5 MPa，用人工凿毛时应达到 2.5 MPa，用机械凿毛时应达到 10 MPa；

2) 经过凿毛处理的混凝土表面，应用水冲洗干净，在浇筑次层混凝土前，对垂直施工缝宜刷一层水泥净浆，对水平缝宜铺一层厚为 10mm~20mm 同配比的水泥砂浆；

3) 重要部位，有防震要求的混凝土结构或钢筋稀疏的结构，应在接缝处补插锚固钢筋或作榫槽；有抗渗要求的施工缝宜做成凹、凸形或设置止水带；

4) 施工缝为斜面时，应浇筑成或凿成台阶状；

5) 施工缝处理下层混凝土强度应达到 2.5 MPa 后且进行凿毛处理后，方可继续浇筑上层混凝土；

7) 混凝土浇筑过程中或浇筑完成时，混凝土表面积水较多时，应及时采取措施，在不扰动已浇筑混凝土的条件下，将泌水排除；应查明原因，并采取措施减少泌水后，方可继续浇筑混凝土；

8) 结构混凝土浇筑完成后，对混凝土的裸露面应及时进行修整、抹平、待定浆后再抹第二

遍并压光或拉毛。当裸露面较大或气候不良时应加棚盖防护，覆盖物不得接触混凝土面；

9 浇筑混凝土时，不得在混凝土中加水改变稠度，可采用加入搅拌站（罐车）自带减水剂或缓凝剂，强制搅拌，调整混凝土和易性；

10 在降雨雪时，不宜露天浇筑混凝土；浇筑时，应采取有效措施确保混凝土质量；

11 浇筑混凝土时应填写混凝土施工记录。

7.3.2 泵送混凝土应符合下列规定：

1 混凝土的供应应保证输送混凝土的泵能连续工作，泵送的间歇时间不宜超过 15min；

2 输送管线宜直顺，转弯宜缓，接头应严密。如管道向下倾斜，应防止混入空气产生阻塞；

3 泵送前应该先用适量的与混凝土成份相同的水泥砂浆润滑内壁；预计泵送间歇时间超过 45 min 时，应用冲洗管内残留的混凝土；

4 在泵送过程中，受料斗内应具有足够的混凝土，以防止吸入空气产生阻塞。

7.3.3 自密实混凝土浇筑应符合下列规定：

1 应根据结构部位、结构形状、结构配筋等确定合适的浇筑方案；

2 自密实混凝土粗骨料最大粒径不宜大于 20 mm；

3 浇筑应能使混凝土充填到钢筋、预埋件、预埋钢构件周边及模板内部位；

4 自密实混凝土浇筑布料点应结合拌合物特性选择适宜的间距，必要时可通过试验确定混凝土布料点下料间距。

7.3.4 高强混凝土施工应符合现行行业标准《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281 的规定。

7.4 混凝土的养护

7.4.1 浇筑完成的混凝土，应加以覆盖和洒水，并应符合下列规定：

1 混凝土应在浇筑后的 12 h 内加以覆盖和洒水；干硬性混凝土、炎热天气浇筑的混凝土及桥面等大面积裸露的混凝土，应在浇筑后加设棚罩，待收浆后再予以覆盖和洒水养护，覆盖时不得损伤或污染混凝土表面；

2 混凝土养护的时间，不得少于 7 d，可根据空气的温度、湿度和水泥品种及掺用的外加剂等情况，酌情延长；对掺用缓凝型外加剂或有抗渗要求的混凝土不得少于 14 d；

3 洒水的次数应能保持混凝土表面经常处于湿润状态；

4 当气温低于 5℃时，应覆盖保温，且不得对混凝土洒水养护。

7.4.2 采用涂刷塑料薄膜方法养护混凝土时，应定期检查薄膜的完整情况和保湿效果。采用塑料布覆盖养护混凝土时，其裸露的全部表面应覆盖严密并保持塑料布内有凝结水。

7.4.3 用蒸汽养护混凝土时应符合下列规定：

1 用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥拌制的混凝土，其配制强度应比正常养护时适当提高；用快硬水泥拌制的混凝土不得使用蒸汽养护；

2 混凝土浇筑后，应在养护棚内静放后再加温，静放时间：塑性混凝土为 2h~4h，干硬性混凝土为 1h，掺有缓凝型外加剂的为 4h~6h；静放环境温度不宜低于 10℃；

3 升温速度及降温速度应符合表 7.4.3 的规定；

表 7.4.3 加热养护混凝土的升降温速度

表面系数	升温速度 (°C/h)	降温速度 (°C/h)
≥6	15	10
<6	10	5

注：1 配筋稠密，连续长度较短（6m~8m）的薄型结构，升温速度为 20℃/h；

2 表面系数指结构的冷却表面（m²）与结构全部体积（m³）的比值。

4 恒温温度：硅酸盐水泥、普通水泥拌制的混凝土不宜超过 60℃，其它类别水泥拌制的混凝土不宜超过 80℃。恒温时间宜通过试验确定；

5 构件出池或撤除保温设施时，表面温度与环境温度之差不宜大于 20℃；

6 用蒸汽养护混凝土外露表面构件时，构件表面应加以覆盖，以防蒸汽凝结水浸洗；

7 冬季混凝土采用蒸汽养护时，除应符合本条规定外，还应符合本规程第 25 章的规定；

8 应及时填写蒸汽养护检查测温记录。

7.5 大体积混凝土

7.5.1 大体积混凝土的浇筑应在室外气温较低时进行，但混凝土的入模温度不应低于 5℃；高温施工时，宜采取措施降低混凝土的入模温度，控制混凝土温度符合下列规定：

1 用改善骨料级配、降低水灰比、掺加混合料、掺加外加剂等方法减小水泥用量；

2 应选用低水化热和凝结时间长的水泥品种。当采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥时应采取措施延缓水化热的释放；

3 减小浇筑层厚度，加快混凝土散热速度；

4 混凝土用料应覆盖避免日光曝晒，以降低温度；

5 降低混凝土拌合用水温度；

6 埋设冷却水管并通水降低混凝土核心温度；

7 在结构外露混凝土表面及模板外侧覆盖保温材料，保证混凝土内外温差，延长养护时间。

7.5.2 大体积混凝土养护应根据气候条件采取温控措施，并按需要测定浇筑后的混凝土表面和内部温度，将温差控制在设计要求的范围内。当设计无具体要求时，混凝土的中心温度与表面温度

之间、混凝土表面温度与室外最低气温之间的温差不宜大于 25℃。

7.5.3 大体积混凝土拆模时，混凝土的中心温度与表面温度之间、混凝土表面温度与室外最低气温之间的温差应小于 20℃。

7.5.4 大体积混凝土湿润养护时间应符合表 7.5.4 的规定

表 7.5.4 大体积混凝土湿润养护时间

水泥品种	养护时间 (d)
硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥	14
火山灰质硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、低热微膨胀水泥、矿渣硅酸盐大坝水泥	21
掺粉煤灰的水泥	

注：高温期湿润养护时间均不得少于 28d。

地方标准信息服务平台

8 预应力

8.1 一般规定

- 8.1.1 预应力工程应由专业施工队伍负责施工，张拉作业人员应经培训考核合格后方可上岗。
- 8.1.2 预应力混凝土工程施工应采取必要的安全防护措施，防止发生事故。
- 8.1.3 预应力筋张拉宜采用智能张拉设备，张拉设备的标定期限不得超过半年，且不得超过 200 次张拉作业。张拉设备应配套标定，配套使用。
- 8.1.4 预应力筋采用应力控制方法张拉时，张拉应力应符合设计要求，并以伸长值进行校核。

8.2 预应力材料及器材

- 8.2.1 预应力混凝土结构中采用的钢丝、钢绞线、无粘结预应力筋、螺纹钢筋等材料的性能和质量，应符合国家现行标准《预应力混凝土用钢丝》GB/T5223、《预应力混凝土用钢绞线》GB/T5224、《无粘结预应力钢绞线》JG/T161 的规定。
- 8.2.2 预应力筋进场时应按进场批次验收，验收时应检验质量证明文件、出厂检验报告和进场试验报告。
- 8.2.3 后张法中预应力筋孔道宜由浇筑在混凝土中的刚性或半刚性管道构成。管道应具有足够的刚度、能传递粘结力，并应符合下列规定：
- 1 胶管的承受压力不得小于 5 kN，极限抗拉力不得小于 7.5 kN，且应具有较好的弹性恢复性能；
 - 2 钢管和高密度聚乙烯管的内壁应光滑，壁厚不得小于 2 mm；
 - 3 金属波纹管宜采用镀锌材料制作，制作金属波纹管的钢带厚度不宜小于 0.3 mm，金属波纹管性能应符合现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》JG/T 225 的规定。
- 8.2.4 管道进场应按批进行检验，检验方法应符合现行国家标准的有关规定。
- 8.2.5 预应力锚具、夹具和连接器应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的适用性，并应符合设计要求及国家现行标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 和《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 的规定。
- 8.2.6 锚具、夹具及连接器进场验收时，应按对其质量证明文件、型号、规格和数量进行检验，在同种材料和同一生产工艺条件下，锚具和夹具应以不超过 1000 套为一个验收批，连接器应以不超过 500 套为一个验收批。进行外观检查、硬度检查以及静载锚固性能试验时抽查办法及合格判断标准应符合国家或行业标准规定。
- 8.2.7 预应力筋、锚具、夹具和连接器在存放、搬运及使用期间均应妥善保护，避免锈蚀、沾污、遭受机械损伤、混淆和散失。存放的仓库应干燥、防潮、通风、无腐蚀气体和介质。存放在室外

时不得直接堆放在地面上，应垫高、覆盖、防腐蚀、防雨露，无保护的预应力筋暴露时间不宜超过 6 个月。

8.3 预应力筋制作

8.3.1 预应力筋的下料长度应经过计算确定，计算时应考虑下列因素：构件孔道或台座的长度、锚夹具长度、千斤顶长度、锚头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等。

8.3.2 预应力筋采用墩头锚具时，墩头应头型圆整，不得有斜歪或破裂现象。钢丝束两端采用墩头锚具时，宜采用等长下料法对钢丝进行下料。

8.3.3 预应力筋的切断，宜使用砂轮锯或切断机，不得采用电弧切割。

8.3.4 对于高强钢丝墩头，宜采用液压冷墩；钢丝墩头的强度不得低于钢丝强度标准值的 98%。

8.3.5 预应力筋由多根钢丝或钢绞线组成时，在同片梁内，同向预应力钢筋，不同钢号、不同批次不得混杂使用。

8.3.6 预应力筋由多根钢丝或钢绞线组成且当采取整束穿入孔道内时应预先编束，编束时应将钢丝或钢绞线逐根理顺，防止缠绕，并应每隔 1 m 捆绑一次，使其绑扎牢固、顺直。

8.4 预应力混凝土浇筑

8.4.1 预应力混凝土应优先采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，不宜使用矿渣硅酸盐水泥，不得使用火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥。粗骨料应采用碎石，其粒径宜为 5 mm~25 mm。

8.4.2 预应力混凝土中的水泥用量应满足设计要求，设计无要求时，不宜大于 550 kg/m³。

8.4.3 浇筑混凝土时，宜采用插入式、附着式或平板式振捣器振捣。锚固端及钢筋密集处应加强振捣，并应符合下列规定：

- 1 对先张构件，钢筋张拉后应浇筑混凝土；若未能浇筑混凝土时，应在混凝土浇筑前应重新进行张拉，达到控制应力后，方可浇筑混凝土；

- 2 对后张构件则应采取措施防止振捣棒碰撞成孔管道和张拉端的预埋件，浇筑中应经常检查管道与预埋件位置，如有错位应及时纠正；

- 3 振捣时应避免振捣棒碰撞预应力筋。

8.4.4 混凝土浇筑完达到初凝后应进行养护。采取蒸养时，应符合下列规定：

- 1 对先张构件应按设计给定的允许控制温差（即低温养护时的温度与张拉钢筋时温度之差）进行养护，采用粗钢筋的构件，当混凝土强度养护至 7.5 MPa 以上时，及采用钢丝、钢绞线的构件，当混凝土强度养护至 10 MPa 以上时，方可按一般构件蒸养规定进行；

- 2 对后张法，养护温度恒温应控制在 60℃ 以下。

8.4.5 预应力筋孔道埋设位置应准确，孔道成形圆滑、通顺洁净。

8.5 预应力张拉

8.5.1 施加预应力所用的机具设备及仪表，应定期维护，使用前应经过校验，并应符合下列规定：

1 张拉设备应配套校验（其中包括千斤顶、油泵等），以确定张拉力和设备读数之间的关系。校验时千斤顶活塞的运行方向，应和实际张拉时的运行方向一致；

2 张拉设备的校准期限不宜超过半年，且不得超过 200 次张拉作业。

8.5.2 安装张拉设备时，对直线预应力筋，应使张拉力的作用线与孔道中心线重合，对曲线预应力筋，应使张拉力的作用线与孔道中心线末端的切线相重合，不得偏移。

8.5.3 预应力筋的张拉方法、顺序和控制应力应符合设计要求。

8.5.4 当预应力筋采用控制应力方法进行张拉时，还应以预应力筋的伸长值进行校核。实际伸长值与理论伸长值之差应在 6% 之内，当超过时应暂停张拉，待查明原因并采取措施进行调整后，方可继续进行张拉。

8.5.5 张拉预应力筋时，应先将预应力筋的应力调整到初应力（宜为控制应力的 10%~15%），然后进行张拉并测量其伸长值。预应力筋的实际伸长值应为实测伸长值与初应力时的推算伸长值之和，可按下式计算：

$$\text{实际伸长值 } \Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 \quad (\text{式 8.5.5})$$

式中： ΔL_1 —从初应力至最大张拉应力时的实测伸长值

ΔL_2 —初应力时的推算伸长值（也可采用相邻级的伸长度推算）

8.5.6 预应力筋张拉时的理论伸长值 ΔL （mm）可按下式计算：

$$\text{理论伸长值 } \Delta L = F_p L / A_p E_s \quad (\text{式 8.5.6})$$

式中： F_p —预应力筋的平均张拉力（kN）直线筋取张拉端的拉力；两端张拉的曲线筋，取张拉端的拉力与跨中扣除孔道摩阻损失后拉力的平均值（计算方法见本规程附录 A）

L —预应力筋的长度（mm）

E_s —预应力筋弹性模量（kN/mm²）

A_p —预应力筋截面面积（mm²）

8.5.7 张拉时，预应力筋的断丝、滑丝的控制应符合表 8.5.7-1（先张法）及表 8.5.7-2（后张法）的规定。

表 8.5.7-1 先张法预应力筋断丝限制

钢材种类	检查项目	控制数
钢丝、钢绞线	同一构件内断丝数不得超过钢丝总数的	1%
钢筋	断筋	不允许

注：在浇筑混凝土前发生断裂或滑脱的预应力筋应予以更换。

表 8.5.7-2 后张预应力筋断丝、滑移限制

钢材种类	检查项目	控制数
钢丝及钢绞线	每束钢丝或滑丝	1 根
	每束钢绞线断丝或滑丝	1 丝
	每个断面断丝之和不超过该断面钢丝总数的	1%
单根钢筋	断筋或滑移	不允许

注：1 钢绞线断丝是指钢绞线内钢丝的断裂。

2 超过表列控制数时，原则上应予以更换，当不能更换时，在许可的条件下，可以采取补救措施，如提高其他钢丝束控制应力值，但应满足设计各阶段极限状态的要求。

8.5.8 预应力筋的锚固应在张拉控制应力达到稳定状态下进行，锚固阶段张拉端预应力筋的内缩量，应符合表 8.5.8 中规定的允许值。

表 8.5.8 锚固阶段张拉端预应力筋的内缩量允许值 (mm)

锚具类别	内缩量允许值
支承式锚具（镦头锚、带有螺丝端杆的锚具等）	1
锥塞式锚具	5
夹片式锚具	5
每块后加的锚具垫板	1

注：1 内缩量值系指预应力筋锚固过程中，由于锚具零件之间和锚具与预应力筋之间的相对移动和局部塑性变形造成的回缩量；

2 当设计对锚具内缩量允许值有专门要求时，应按设计要求。

8.5.9 张拉预应力筋时，两端均应有防护设施，操作人员应站在千斤顶的侧面进行操作，两端正面不得站人。应控制加荷、卸荷速度，且不得超过最大控制应力值。

8.5.10 预应力筋张拉和放张时，均应填写施加预应力记录表，包括张拉控制应力和实测伸长值，允许偏差应符合现行地方标准《城市桥梁工程质量检验标准》DB11/1072 的规定。

8.6 先张法

8.6.1 先张法设计墩式台座结构应符合下列规定：

1 承力台座需具有足够的强度和刚度，其抗倾覆安全系数应大于 1.5，抗滑移安全系数应大于 1.3；

2 张拉横梁需有足够的刚度，受力后的挠度不得大于 2 mm，锚板受力中心应与预应力筋合

力中心一致。

8.6.2 张拉前应对张拉台座、横梁及设备进行详细检查,首次张拉前可作试张拉,张拉至 $100\sigma_{con}$ 时检查各部情况,活动横梁和固定横梁应始终保持平行。

8.6.3 安放预应力筋应防止污染。在不需要施加预应力部分安放隔离套管的位置应准确,套管端头应堵严,防止水泥浆漏进。预应力筋放进后,不得使用电弧焊在钢筋上及模板等部位进行切割或焊接,防止短路火花灼伤预应力筋。

8.6.4 同时张拉多根预应力筋时,应先调整每根筋的初应力值(为 $5\% \sim 10\% \sigma_{con}$),反复调整使其受力一致并保证同步张拉。

8.6.5 先张法张拉预应力筋时,可按表 8.6.5 规定的程序进行:

表 8.6.5 先张法预应力筋张拉顺序表

预应力筋种类	张拉程序
钢筋	$0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.05\sigma_{con}$ (持荷 5min) $\rightarrow 0.9\sigma_{con} \rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)
钢丝、钢绞线	$0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.05\sigma_{con}$ (持荷 5min) $\rightarrow 0 \rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)
	对于有自锚性能的锚具: 普通松弛力筋 $0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.03\sigma_{con}$ (锚固) 低松弛力筋 $0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow \sigma_{con}$ (持荷 5min 锚固)

注: 1 σ_{con} 张拉时的控制应力值,包括预应力损失值。

2 为保证施工安全,安装模板、绑扎钢筋等工作应在低应力状态下完成,预应力筋的应力,一般为 $80\% \sim 90\% \sigma_{con}$ 。

8.6.6 预应力筋张拉完毕后应进行检查,并应符合下列规定:

- 1 预应力筋位置较设计位置的偏差不得大于 5 mm ,同时不得大于构件截面最短边长度的 4% ;
- 2 张拉时断丝的数量不得超过本规程表 8.5.7-1 的规定。

8.6.7 预应力筋的放张应符合下列规定:

- 1 混凝土的强度应符合设计要求,当设计无专门要求时,不得低于设计混凝土强度标准值的 75% ;
- 2 预应力筋的放张顺序,应符合设计要求;当设计无专门要求时,放张前应先拆除全部限制位移的模板,应分阶段、对称、相互交错地放张;
- 3 对于多根整批预应力筋的放张,宜采用砂箱或千斤顶放张。用砂箱放张时,放砂的速度应均匀、一致,预应力筋自然松弛;用千斤顶放张时,施加的顶力不得超过预应力筋的控制应力的总和;可分阶段放张;放张过程中,构件不应出现裂缝;

4 对单根钢筋采用拧松螺母放松时，宜先两侧后中间，分阶段、多次对称循环地进行，不得一次将一根钢筋一下全部松完。每次释放的应力不得超过总应力的四分之一。

8.6.8 钢丝、钢绞线先张法允许偏差应符合表 8.6.8 的规定。

表 8.6.8 钢丝、钢绞线先张法允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检验频率	检验方法
墩头钢丝同束长度相对差	束长 > 20m	L/5000, 且 5	每批抽查 2 束	用钢尺量
	束长 6~20m	L/3000		
	束长 < 6m	2		
张拉应力值		符合设计要求	全数	查张拉记录
张拉伸长率		±6%		
断丝数		不超过总数的 1%		

注：L 为束长 (mm)。

8.7 后张法

8.7.1 预应力管道安装应符合下列规定：

- 1 管道的规格、尺寸应符合设计要求；
- 2 应按设计要求位置安装管道，并采用定位钢筋固定，使在混凝土浇筑时不产生位移；
- 3 金属管道需接长时，宜采用套管连接，连接套管应采用大一号的同类管道。塑料波纹管接头宜采用专用焊机进行热熔焊接。采用真空辅助压浆时，管道所有接头应具有可靠的密封性，满足真空度的要求。管道与锚垫板之间应采用与管道接头同一材料同一规格的连接头连接，连接后用密封胶封口，并加强固定，连接段不得下垂；
- 4 管道顶点应设排气孔，在低点应设排水孔；
- 5 管道应预留压浆孔和溢浆孔；
- 6 管道安装完毕后，端口采取封堵措施，防止杂物进入。

8.7.2 预应力筋的安装应符合下列规定：

- 1 预应力筋可在浇筑混凝土之前或之后穿入孔道，穿束前应检查锚垫板和孔道，锚垫板位置应准确，孔道内畅通，无水或杂物；
- 2 穿束后至孔道压浆时间应按表 8.7.2 进行控制，否则应采取措施防止预应力筋锈蚀；

表 8.7.2 未采取防腐措施的预应力筋在穿束后至压浆时的容许间隔时间

空气湿度	安装后至压浆的容许间隔时间 (d)
大于 70%	7
40% ~70%	15
小于 40%	20

3 当在安装有预应力筋的结构附近进行电焊作业时，应对预应力筋、管道等进行保护，防止溅上焊渣或造成其他损坏。

8.7.3 预应力筋的张拉和锚固应符合下列规定：

1 施加预应力前，应对构件混凝土强度及外观进行检查，外观及尺寸应符合设计要求，达到质量标准，张拉时的构件混凝土强度、弹性模量应符合设计要求，当设计未提出要求时，混凝土强度不应低于设计强度的 80%、弹性模量不应低于混凝土 28 d 弹性模量的 80%，且张拉时应将全部非承重的限制位移的模板拆除后方可进行张拉；

2 预应力筋张拉端的设置，应符合设计要求，当设计无具体要求时，应符合下列规定：

1) 曲线预应力筋或长度大于或等于 25 m 的直线预应力筋，宜在两端张拉；长度小于 25 m 的直线预应力筋，可在一端张拉；

2) 当同一截面中有多束一端张拉的预应力筋时，张拉端宜均匀交错的设置在结构的两端；

3) 当两端同时张拉同一束预应力筋时，宜两端对称张拉，且两端千斤顶顶力差不宜大于 10%，或先在一端张拉锚固，再在另一端补足张拉力后进行锚固。

3 预应力筋的张拉顺序应符合设计要求，当设计无具体要求时，可采取分批、分阶段对称张拉。张拉顺序宜先中间，后上、下或两侧；

4 后张法预应力筋张拉程序应符合表 8.7.3 的规定；

表 8.7.3 后张法预应力筋张拉程序表

预应力筋种类		张拉程序
钢绞线束 钢丝束	对夹片式等具有自锚性能的锚具	普通松弛预应力筋 0→初应力→ $1.03 \sigma_{con}$ (锚固) 低松弛预应力筋 0→初应力→ σ_{con} (持荷 5min 锚固)
	其他锚具	0→初应力→ $1.05 \sigma_{con}$ (持荷 5min) → σ_{con} (锚固) 0→初应力→ $1.05 \sigma_{con}$ (持荷 5min) →0→ σ_{con} (锚固)
精轧螺纹钢	螺母锚固锚具	0→初应力→ σ_{con} (持荷 5min) →0→ σ_{con} (锚固)

注：1 σ_{con} 为张拉时的控制应力值，包括预应力损失值；

2 两端同时张拉时，两端千斤顶升降压、画线、量测伸长值等工作应一致；

3 超张拉数值超过本规程 8.7.3 条规定的最大超张应力极限时，应按该条规定的现值进行张拉。

5 张拉前应根据设计要求对孔道的实际摩擦阻力进行实测，以便确定张拉控制应力，并确定预应力筋的理论伸长值；

6 张拉过程中预应力筋断丝、滑丝的数量应符合本规程表 8.5.7-2 的规定；

7 张拉控制应力达到稳定后方可进行锚固，锚固时张拉端预应力筋的内缩量，不宜大于本

规程表 8.5.8 所列数值。张拉每一束（根）预应力筋后均应填写施工记录。

8.8 无粘结预应力

8.8.1 无粘结预应力筋宜采用钢丝、钢绞线等预应力钢材制作。带有专用防腐油脂涂料和外包层的无粘结预应力筋，其质量要求应符合现行行业标准《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161 及《无粘结预应力筋用防腐润滑脂》JG/T 430 的规定。无粘结筋所用钢绞线和钢丝不得有死弯。其中的每一根钢丝均应是通长的，不得有接头。其外包层材料应用聚乙烯或聚丙烯，不得使用聚氯乙烯，其性能应符合现行国家或行业标准规定。

8.8.2 制作单根无粘结筋时，宜优先选用防腐油脂作涂料层，塑料外包层宜采用塑料注塑成形。防腐油脂应充足饱满，外包层应松紧适度。制作成束无粘结筋可用防腐沥青或防腐油脂作涂料层。当使用防腐沥青时，应用密缠塑料带作外包层，塑料带各圈之间的搭接宽度应不小于带宽的二分之一，缠绕层数不得小于四层。

8.8.3 无粘结预应力筋的包装、运输、保管应符合下列规定：

- 1 对不同规格无粘结预应力筋应用易于区分的标记；
- 2 带有锚头锚具的无粘结预应力筋，应防止磨损及被灰砂沾污，应有塑料带包裹；
- 3 无粘结预应力筋应成盘或顺直运输，成盘的直径不宜小于 2 m，每盘的长度不宜超过 200m。长途运输时应采取有效的包装保护措施；
- 4 装卸吊运时，应保持成盘或顺直状态下起吊、搬运，不得摔砸、踩踏，不得钢丝绳或其他坚硬吊具与无粘结预应力筋的外包层直接接触；
- 5 无粘结预应力筋应按规格、品种成盘或顺直地分开堆放在通风干燥处，露天堆放时，不得与地面直接接触，并应采取覆盖措施。

8.8.4 铺设无粘结预应力筋时应符合下列规定：

- 1 铺设前应检查无粘结预应力筋的规格、数量、质量；
- 2 按照设计给定的位置安装，保证其顺直、牢固，浇筑混凝土时不出现移位；
- 3 当集束配置多根无粘结预应力筋时，应保证其平行走向，防止相互扭绞。

8.8.5 无粘结筋的张拉与防护应符合下列规定：

- 1 张拉过程中，当有个别钢丝发生滑脱或断裂时，经设计同意可相应降低张拉力，但滑脱或断裂的数量不得超过同一截面无粘结预应力筋总量的 2%。对多跨双向连续板，其同一截面应按每跨计算；
- 2 张拉完毕后应及时对锚固区进行保护处理，采用防腐油脂通过灌注孔将张拉形成的空腔灌注密实。对外露的预应力筋应分散弯折后浇注在封端混凝土内。

8.9 体外预应力

8.9.1 体外预应力筋宜选用高强度低松弛预应力钢绞线，其质量应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的规定。

8.9.2 体外束的外套管可选用高密度聚乙烯管或镀锌钢管。外套管的安装应连接平滑且应完全密封，在安装过程中应防止外套管受到机械损伤。

8.9.3 体外预应力束的张拉顺序应按设计要求进行，张拉时应保证结构均匀受力，防止发生侧向弯曲或失稳。

8.9.4 张拉完成后应对锚具设置密封保护罩，并应在密封罩内灌注密封油脂进行防腐。

8.10 孔道压浆和封锚

8.10.1 预应力孔道压浆应符合下列规定：

1 预应力筋张拉后应及时进行孔道压浆，对多跨连续有连接器的预应力孔道，应张拉完一段压注一段；

2 孔道压浆宜采用专用压浆料或专用压浆剂配置的浆液，浆液的强度应符合设计要求，设计无要求时，其 28 d 强度不得低于 50 MPa，且压浆材料中氯离子含量不得超过胶凝材料总量的 0.06%，水泥浆应有足够的流动性。

3 压浆时，对曲线孔道和竖向孔道应从最低点压浆孔进入，对结构或构件以上下层设置的孔道，应先下层后上层的顺序进行压浆。同一管道的压浆应连续进行，一次完成。

4 宜优先选用真空辅助压浆工艺。压浆前首先进行抽真空，管道内真空度宜稳定在 -0.06 MPa--0.08 MPa 之间。

5 压浆后应从检查孔抽查压浆的密实情况，如有不密实，应及时采取对应措施。压浆作业，每一工作班应留取不少于 3 组砂浆试块，标准养护 28 d，以其抗压强度作为水泥浆质量评定依据。

6 压浆过程中及压浆后 48 h 内，结构混凝土的温度不得低于 5℃，否则应采取保温措施。当气温高于 35℃ 时，压浆宜在夜间进行。

8.10.2 用于孔道压浆的设备应符合下列规定：

1 搅拌机的转速应不低于 1000 r/min，浆叶的最低线速度为 10 m/s，最高线速度为 20 m/s。浆叶的形状应与转速相匹配，并能满足在规定的时间内搅拌均匀的要求；压浆机采用连续式浆泵，其压力表的最小分度值应不大于 0.10 MPa，最大量程应使实际工作压力在其 25%~75% 量程范围内；储料罐应带有搅拌功能；过滤网空格不得大于 3 mm×3 mm；如选用真空辅助压浆工艺，真空泵应能达到 0.10 MPa 的负压力；

2 在配置浆体拌和物时，各组分的称量应精确到 ±1.0%（均以质量计）。计量器具均应经

法定计量检定合格，且在有效期内使用。

8.10.3 封锚施工应符合下列规定：

- 1 压浆完成后，应对锚固端按设计要求进行封闭保护或防腐处理；
- 2 埋设在结构内的锚具，压浆后应按照设计要求对封端混凝土处理后浇筑封锚混凝土，封锚端钢筋施工不得损伤锚具；
- 3 封锚混凝土的强度应满足设计要求，封锚混凝土应与结构或构件混凝土强度等级相同；
- 4 长期外露的锚具，应采取防锈措施。

8.10.4 预制构件在孔道内的灌浆料强度达到设计要求后方可进行吊移，设计未要求时，不应低于梁体混凝土设计强度的 75 %。

地方标准信息服务平台

9 砌体

9.1 一般规定

- 9.1.1 桥梁主体结构及其附属工程的砌石及混凝土砌块应符合设计文件要求。
- 9.1.2 天然地基上的基础砌体，砌筑前应对地基进行检验处理，验收合格后方可施工。
- 9.1.3 砌体沉降缝、伸缩缝、泄水孔及防水层的设置，应符合设计文件要求。

9.2 材料

- 9.2.1 石料应符合设计要求的类别和强度，石质应均匀、耐风化、无裂纹，并应符合下列规定。
- 1 石料抗压强度的测定应符合现行行业标准《公路工程岩石试验规程》JTG E41 的规定；
 - 2 对于一月份平均气温低于 -10°C 的地区，除干旱地区的不受冰冻部位外，所用石料和混凝土材料应通过冻融试验，抗冻性指标应符合表 9.2.1 的规定。

表 9.2.1 石料及混凝土材料抗冻性指标

结构物类别	大、中桥	小桥
镶面或表层	50 次	25 次

注：1 抗冻性指标系指材料在含水饱和状态下经 -15°C 的冻结与融化的循环次数。经冻融实验后的材料应无明显损伤（裂链、脱层），其强度不低于试验前的 0.75 倍。

- 2 根据以往实践证明材料确有足够抗冻性能者，可不作抗冻性实验。

9.2.2 砌体所用石料规格应符合下列规定：

- 1 片石：形状不受限制，但卵形及薄片石不得使用，石块的最小边长及中部厚度不得小于 150 mm，每块重量宜在 20 kg~30 kg 左右。用做镶面的片石，应选择表面较平整、尺寸较大者，并应稍加修整；

- 2 块石：形体大致方正，其厚度为 200 mm~300 mm，宽度约为其厚度的 1.0~1.5 倍，长度约为厚度的 1.5 倍~3.0 倍，顶面及底面应平整。用作镶面时，应由外露面四周向内稍加修凿，敲除锋棱凸角，后部可不修凿，但应略小于修凿部分；

- 3 粗料石：形状应为规则的六面体，表面凹陷深度要求不大于 20 mm，厚度为 200 mm~300 mm，宽度约为厚度的 1.0 倍~1.5 倍，长度约为厚度的 2.5 倍~4.0 倍。加工镶面粗料石时，丁石长度应比相邻顺石宽度至少大 150 mm，修凿面每 100 mm 长应有凿路约 4 道~5 道，侧面的修凿面应与外露面垂直，正面凹陷深度不得超过 15 mm；

- 4 板石：形状为规则的六面体，厚度及宽度均应大于 200 mm，长度应超过厚度的 3 倍；

- 5 河卵石：在石料缺乏的地区，河床铺砌等附属工程可使用河卵石砌筑，其规格和石质要求同片石，使用时应优先选择大卵石。

9.2.3 各种料石加工，外露面四边应整齐、棱角方正、拼缝前部要直，尾部略呈斜面，但每边向内收口不得大于 10 mm，并应符合下列规定：

1 制作拱石应立纹破料，岩层面应与拱轴线垂直，各排拱石沿拱圈内弧的厚度应一致。用粗料石砌筑曲线半径较小的拱圈，宜将粗料石加工成楔形，其尺寸可根据设计和施工条件确定，但应符合下列规定：

- 1) 厚度 t_1 不得小 200 mm， t_2 按设计或施工放样确定，加工尺寸见图 9.2.3；
- 2) 高度 h 应为最小厚度 t_1 的 1.2~2.0 倍；
- 3) 长度 L 应力最小厚度 t_1 的 2.5~4.0 倍。

2 制作蘑菇石时，蘑菇高不得大于 20 mm，细蘑菇剁斧边宽应不大于 30 mm~50 mm，头缝应方平；

- 3 剁斧石的纹路应直顺整齐，不得有凹坑。

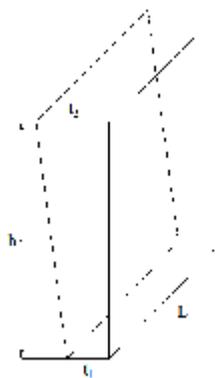


图 9.2.3 拱石加工尺寸图

9.2.4 混凝土砌块的预制应符合本规程第 7 章的规定，规格应与粗料石相同，尺寸应根据砌体形状确定。预制块作拱石时，应比封顶时间提前 2~4 个月预制，减少混凝土的收缩，避免拱圈开裂。

9.3 砂浆

9.3.1 砌筑所用砂浆的强度应符合设计要求。如设计未作要求时，用于承重结构的混凝土小型空心砌块的砂浆强度等级不应低于 M7.5；潮湿环境下，砂浆强度等级不应低于 M10，并应满足设计的抗渗要求。。

9.3.2 应采用预拌砂浆，砂浆性能应符合现行国家标准《预拌砂浆》GB/T 25181 的规定。

9.3.3 砌筑砂浆应具有良好的和易性，保证砌体胶结牢固，进场应提供出厂检测报告及产品合格，并应符合下列规定：

1 应进行预拌砂浆外观检验。湿拌砂浆外观应均匀，无离析、泌水现象；干混砂浆包装应完好，无受潮现象；

2 湿拌砂浆稠度检验应符合设计要求。

9.3.4 搅拌砂浆应使用机械搅拌。采用连续式搅拌器搅拌时，应根据干混砂浆粉料的流量和拌合物实际稠度调整用水量；采用手持式电动搅拌器搅拌时，应先在容器内加入水或配套液体，再加入干混砂浆搅拌，搅拌时间宜为 3 min ~ 5 min。宜在拌和后 4 h 内使用完毕。在运输和贮存中发生离析、泌水时，使用前应重新拌和。已凝结的砂浆不得使用。

9.3.5 当使用小石子混凝土拌合物砌筑片石或块石砌体时，其所用材料质量标准及配合比设计，应符合下列规定：

- 1 小石子混凝土可用卵石或碎石，其最大粒径不宜大于 20 mm；
- 2 小石子混凝土拌合物的坍落度宜为：片石砌体 50 mm~700 mm；块石砌体 70 mm~100 mm。

9.4 浆砌石

9.4.1 浆砌石施工应符合下列规定：

- 1 砌筑前应将石料表面污物清扫干净；
- 2 在地下水位以下或处于潮湿土壤中的石砌体应采用水泥砂浆。当环境具有侵蚀性时，水泥种类应符合设计要求；
- 3 砌翼墙和桥墩时，应按测量外边线立好线杆，按线杆挂线砌筑。砌挡土墙和桥台应两面挂线，即外露面和隐蔽面，外面线应直顺整齐，内面线可大致直顺，砌体断面尺寸应符合设计要求。砌筑中应经常校正线杆减少偏差；
- 4 采用分段砌筑时，相邻段的高差不宜超过 1.2 m，工作段位置宜在伸缩缝或沉降缝处。同一砌体当天连续砌筑高度不宜超过 1.2 m；
- 5 砌体应分层砌筑，各层石块应安放稳固，且石块间的砂浆饱满，粘结牢固，石块不得直接贴靠或留有空隙。砌筑过程中，不得在砌体上用大锤修凿石块；
- 6 在已砌筑的砌体上继续砌筑时，应将已砌筑的砌体表面清扫干净和湿润；
- 7 砌体外露部分需要勾缝时，应将外露砌石的砂浆缝刮深 10 mm~20 mm，以便用砂浆填充勾缝。砌体隐蔽部分可随砌随将挤出的砂浆刮平。

9.4.2 浆砌片石施工应符合下列规定：

- 1 片石尺寸应加以选择，宜优选大块片石，砌筑时砌体下部宜选用较大的石块，转角及外缘处应选用较大方正的石块；
- 2 片石应分层砌筑，宜以 2~3 层石块组成一工作层，每一工作层的水平缝应大致找平。工作层竖缝应相互错开，不得贯通。灰缝宽度宜不大于 20 mm，当灰缝大于 20mm 时应采用小石子混凝土砌筑；

3 第一层片石应砌筑在已处理的基底上，先选择大块平整的石料干砌，缝隙用砂浆和小石块填塞密实，填满空隙后，即可分层向上平砌。以上各层砌筑均应采取坐浆法砌筑，不得采取先干砌后灌浆的方法；

4 砌筑工作均应自最外边开始，砌筑外边时应选择有平面的石块，使砌体表面整齐，不得用小石块镶砌；

5 砌体中的石块应大小搭配、相互锚叠、咬接密实，较大石块应宽面朝下；

6 砌块石墙应设置拉结石，拉结石应均匀分布，相互错开，每 0.7 m^2 墙面至少应设置一块。

9.4.3 浆砌块石施工应符合下列规定：

1 用作镶面的块石，表面四周应加以修整，其修整进深不得小于 70 mm ，尾部可不加修整，但应较修整的断面略小，以易于安砌，镶面丁石的长度不得短于顺石宽度的 1.5 倍；

2 砌筑块石每层块石的高度应尽量一致，并应每砌筑 $0.7 \text{ m} \sim 1.0 \text{ m}$ 时找平一次；

3 砌筑镶面石其错缝应按规定排列方法，同一层用一丁一顺或用一层丁石一层顺石。灰缝宽度宜为 $20 \text{ mm} \sim 30 \text{ mm}$ ，上下层立缝错开的距离应大于 80 mm ；

4 砌筑填心石其灰缝应彼此错开。水平灰缝不得大于 30 mm ，垂直灰缝不得超过 40 mm ，个别空隙较大时，应在砂浆中填塞小块石；

5 其它砌筑方法和要求与浆砌片石相同。

9.4.4 浆砌料石施工应符合下列规定：

1 料石砌体的石料，在同一部位上宜使用同一种类岩石；

2 桥墩分水体镶面石的抗压强度不得低于 40 MPa ，其它部位的料石，其抗压强度不得低于填心石料的强度；

3 料石砌筑每层镶面石均应先按规定灰缝宽度及错缝要求配好石料，采用铺浆法顺序砌筑，应随砌随填塞立缝；

4 砌筑墩台镶面石应从曲线部分开始，并应先安砌角石；

5 芯石砌填宜在镶面石每层砌筑完成后进行，其高度应与镶面石平齐，填芯采用混凝土时，宜在镶面石砌筑 $2 \sim 3$ 层后进行；

6 每层镶面石均应采用一丁一顺砌法，砌缝宽度应均匀，宜为 $10 \text{ mm} \sim 15 \text{ mm}$ 。相邻两层竖缝应错开距离不小于 100 mm ，同时在丁石的上层和下层不得有竖缝，所有竖缝均应垂直。

9.5 砌体勾缝及养护

9.5.1 石砌体勾缝的形状、深度与砂浆标号应符合设计要求。砌石时应留有 20 mm 深的空隙不填砂浆，砌筑完 $1 \sim 2$ 日内应用水泥砂浆勾缝。砌体如规定不勾缝，则应随砌随将灰缝砂浆刮平。

9.5.2 勾缝前应做好下列准备工作：

1 清除砌体表面粘结的砂浆、灰尘和杂物等，并将砌体表面洒水湿润；

2 瞎缝或缝宽尺寸不足者，均应凿开、凿宽；

3 剔脚脚手架眼并用与原砌体相同的材料堵砌严密。砌体表面如有石块缺楞掉角，应用砂浆或小石子混凝土修补齐整。

9.5.3 砌体勾缝应符合设计要求，设计无要求时，应符合下列规定：

1 块石砌体宜采用凸缝或平缝，细料石及粗料石应采用凹缝；

2 砂浆强度等级不得低于 M10。

9.5.4 料石砌体表面勾缝应横平竖直、深浅一致，十字缝搭接平整，不得有瞎缝、丢缝、裂缝和粘接不牢等现象，勾缝深度应较墙面凹进 5 mm。

9.5.5 块石砌体勾缝应保持砌筑的自然缝，勾凸缝时要求灰缝整齐，拐弯圆滑流畅、宽度一致，不出毛刺，不得空鼓脱落。

9.5.6 浆砌砌体在砌筑或勾缝砂浆初凝后，应覆盖洒水，湿润养生 7 d~14 d，冬季应按冬施要求办理。养护期间应避免碰撞、振动或承重。

9.5.7 砌体的砌缝宽度和位置允许偏差应符合表 9.5.7 的规定。

表 9.5.7 砌体砌缝宽度和位置允许偏差

项目		允许值 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
表面砌缝宽度	浆砌片石	≤40	每个构筑物、每个砌筑面或两条伸缩缝之间为一检验批	10	用钢尺量
	浆砌块石	≤30			
	浆砌料石	15~			
三块石料相接处的空隙		≤70			
两层间竖向错缝		≥80			

9.6 干砌石及铅丝石笼

9.6.1 干砌石和石笼所用石料应符合设计要求，宜选择不宜风化的石料，石笼应按设计尺寸要求制作。

9.6.2 干砌片石应大面朝下坐稳，间错咬搭，石块不得松动，石缝不得贯通，小空隙可用碎石填塞，并用铁钎捣实稳固。垫小石块时不可重叠垫置。

9.6.3 干砌护坡时，护坡土基应夯填密实。砌筑时应纵横挂线，纵向冲横线间距宜为 3~5m，横向挂平直线每砌一层移动一次，按线砌筑。垫层砂砾料的粒径不宜大于 50 mm，含泥量不得超过 5%，含砂量不宜超过 40%。干砌护坡应随砌随夯填，填一层砌一层，边口宜选用较大石块砌筑整齐、牢固，受冲刷部位应用水泥砂浆封边。

9.6.4 铅丝石笼应分层砌筑，同一层石笼的石块应间隔错缝，上下压茬。石笼应装满，锁口严密。

9.6.5 卵石护坡应选择长径大扇形石料,长宜为 250 mm~350 mm。栽砌时卵石应垂直于斜坡面,长径立砌,扁面衔接紧密,石缝错开,基脚石可用浆砌。

9.6.6 河床铺砌卵石宜采用横砌、纵砌等方法。栽砌时应自下游向上游进行,同排的石块厚薄大小应一致,每块卵石应相互咬紧,略向下游倾斜。

地方标准信息服务平台

10 明挖基础

10.1 一般规定

10.1.1 基坑施工前应了解基础的设计要求及基坑的工程地质、水文地质情况、基坑及其周边地下管线的埋设情况，附近建筑的情况、交通情况等，据此确定施工方案以及管线加固、拆迁方案。基坑的降水及止水帷幕施工应按现行行业标准《建筑与市政工程地下水控制技术规范》JGJ111的规定执行。

10.1.2 基坑应根据地质条件，基坑深度及周边情况放坡开挖或者采取支护措施。基坑放坡开挖坡度应符合现行地方标准《建筑基坑支护技术规程》DB 11/489的规定。基坑开挖过程中应对支护结构、周围地表及环境进行观察，对于开挖深度较深及周边地质状况及环境较复杂的基坑应进行监测，当发现异常情况，应采取措施妥善处理后方可继续施工。

10.1.3 基坑底面不得处于软硬不均的地层上，开挖完成后应及时进行质量检验，检验标准应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11/ 1072的规定。当发现地质条件与设计不符时，应及时联系勘察、设计等单位进行处理。

10.2 基坑开挖及支护

10.2.1 基坑尺寸的大小，应满足施工要求，并根据排水设计（包括排水沟、集水井等）和模板设计所需的尺寸而定，宜比设计基础平面尺寸各边加宽0.5 m~1.0 m。基坑开挖允许偏差应符合表10.2.1的规定。

表 10.2.1 基坑开挖允许偏差

序号 项目	允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
		范围	点数	
基底高程	土方 0, -20	每座基坑	5	用水准仪测量四角和中心
	石方 +50, -20		5	
轴线偏位	50		4	用经纬仪测量，纵横各2点
基坑尺寸	不小于设计规定		4	用钢尺量每边各1点

10.2.2 喷射及锚杆加固应符合下列规定：

1 当基坑受条件的限制，开挖深度大，不能大坡度开挖，在地基土质较好、渗水量较小的情况时，可用喷射混凝土或锚杆（锚索）挂网喷射混凝土加固基坑坑壁，逐层开挖，逐层加固；

2 当用锚杆挂网喷射混凝土支护时，各层锚杆或锚索要求进入稳定层的长度和间距、钢筋的直径或钢绞线的束数、锚杆的抗拔力以及喷射混凝土的强度、厚度等，应符合设计要求；

3 喷射作业前，应对机械设备、各种管路、电线等进行系统检查并试运转；

4 喷射或锚杆喷射加固基坑坑壁，应按设计要求，逐层开挖、逐层加固；

5 对于浅孔或中孔锚杆，成孔后及时安插锚杆并注浆，注浆至孔口溢浆，并在初凝前补注

两次。

10.2.3 喷射完成后，表面应平顺、钢筋和锚杆不外露。

10.2.4 基坑变形监测应符合下列规定：

- 1 在基坑开挖前，应根据基坑侧壁安全等级以及周边的环境制定基坑监测方案；
- 2 施工过程中通过对基坑周围地层位移、基坑围护结构的变形和附近建筑物的沉降的监测，对比分析支护设计与现场的差异并及时修正，确保施工和周边环境的安全；
- 3 监测点应根据基坑及围护结构的变形特点合理确定，宜设置在坑顶周边、坡脚、坑壁中部围护结构等部位；
- 4 在每层开挖过程，中、大规模的降雨降雪等使基坑环境发生变化的情况下都需进行监测，并及时做好记录；
- 5 监测工作应有专人负责，应根据监测方案及时监测并整理结果，绘制变形曲线，评价基坑及周边环境安全状况，根据评价结果采取相应的技术措施。

10.3 围堰

10.3.1 围堰的设置应符合下列规定：

- 1 围堰顶面应高出施工期间可能出现的最高水位 0.5 m~0.7 m；
- 2 围堰内的面积应满足基坑的施工要求，如集水井、排水沟的宽度等；
- 3 围堰的断面应满足堰身强度和稳定性的要求，防止滑移和倾覆，并考虑河床断面被压缩后流速增大引起水流对围堰河底的集中冲刷及通航、导流等因素；
- 4 围堰应防水严密，减少渗漏；
- 5 围堰的施工、拆除，应防止对河道的淤积、污染。

10.3.2 土围堰应符合下列规定：

- 1 水深在 2m 以内，水流流速 0.3m/s 以内，冲刷作用很小，且河床土质为渗水较小的土层；
- 2 土围堰断面应根据使用的土质、渗水程度及围堰本身在水压力作用下的稳定性确定。一般情况下，围堰顶宽度不小于 1.5 m，外侧坡度不陡于 1: 2，坡度不陡于 1: 1；
- 3 围堰宜采用粘性土填筑，填出水面后应分层压实。填筑围堰引起流速增大时，应在外侧坡面采用片石、土袋、石笼和砌块等进行防护。

10.3.3 土袋围堰应符合下列规定：

- 1 当水深小于 3 m，水流流速在 1.5 m/s 内，河床土质渗水量较小时，可修筑土袋围堰；
- 2 堰顶宽度宜为 1 m~2 m，有粘土堰心时，堰顶宽宜为 2.0 m~2.5 m，堰外边坡宜为 1:

0.5~1: 1, 堰内边坡宜为 1: 0.2~1: 0.5。

3 筑堰前应将河床的树根、石块等杂物清除, 筑堰应自上游起, 至下游合龙。堰顶填出水面后, 应分层夯实;

4 堆码在水中的土袋, 其上下层、内外层应相互搭接, 土袋装土应为土袋容量的 $1/2\sim 1/3$, 袋口应缝合。当流速较大, 可在堰外施打短桩以固定围堰。

10.3.4 钢板桩围堰应符合下列规定:

1 钢板桩围堰适用于土质为砂性土、粘性土、碎石土等河床中的深水基础;

2 钢板桩机械性能和尺寸应符合要求。经过整修和焊接后的钢板桩, 应用同类型钢板桩进行锁口;

3 钢板桩的接长应以等强度焊缝接长。

10.3.5 套箱围堰应符合下列规定:

1 套箱围堰适用于埋置深度不深的水中基础, 或修建桩基的水中承台;

2 无底套箱用木板、钢板或钢丝网水泥制成, 内部设钢木支撑。根据工地的起吊、移运能力和现场的实际情况可制成整体式或装配式套箱, 接缝应严密不渗漏;

3 下沉套箱之前, 应挖除地基土方, 清理河床上障碍物。若套箱设置在岩层上时, 应整平岩面或按岩面倾斜度, 将套箱作成相同的倾角, 以增加套箱的稳定和减少渗漏。

10.3.6 栈桥应符合下列规定:

1 栈桥宜采用钢结构制作, 栈桥形式及位置应根据地形、地质状况、不同工况和施工条件等选择; 栈桥使用材质和结构设计应通过验算, 满足稳定性要求; 栈桥设计轴线宜与主桥轴线平行;

2 栈桥宜采用工厂化集中加工制作, 机械安装, 逐孔推进; 基础宜采用钢管桩, 其施工要求应符合本规程 11.2 节的规定; 除栈桥分联断缝处, 钢管桩与承重梁、分配梁、桥面系应焊接成整体。

3 栈桥使用期间, 应对栈桥墩位坐标、轴线坐标、基础高程和垂直度、钢结构的锈蚀和结构之间的焊缝连接情况进行监测, 并对通行荷载及速度进行限制。

4 栈桥的拆除, 应在主体结构完成后进行, 按照安装的相反顺序逐次拆除。

10.4 基底处理

10.4.1 基底处理应符合下列规定:

1 粘土层基底, 应将低洼处整平。在有水的情况下应将水导至排水沟处, 基底泥泞应垫 30 mm~50 mm 碎石, 并在最短时间内砌筑或浇筑基础;

2 对碎石类、砂类土地基, 应将承重面修理平整。当基坑渗水, 不易排干时, 应导至排水

沟；当基底水稳定性较好时，可在基底铺一层 0.25 m~0.30 m 厚的片石，然后砌筑基础。当地基出现翻砂、管涌等地基扰动现象时，应按设计要求进行地基处理。

3 岩层地基施工应符合下列规定：

1) 在未风化的岩石层上砌筑基础，应将岩面上松碎石块、淤泥、苔藓清除、并冲洗干净。片面倾斜超过 15° 时，应做成台阶，使持力层与重力线垂直；

2) 在风化的岩层上修建基础时，应将已风化的岩石凿除至坚实岩层，将基础外的基坑底填满、封闭；

3) 坚硬的倾斜岩层，应将岩层面凿平。倾斜度较大，无法凿平时，则应凿成多级台阶。台阶的宽度不宜小于 0.3 m。

10.4.2 软土地基处理应符合下列规定：

1 软弱粘性土（简称软土）地基，需进行处理时，宜根据软土层的厚度、施工期限以及施工机具、材料供应情况，采取置换法、预压法及粉体喷射等方法进行处理；

2 用置换法处理软土地基，砂砾垫层材料、厚度应符合设计要求，垫层可采用砂砾石、碎石、灰土和矿渣等材料，应根据不同的换填材料选用适宜的压实机械；

3 软土地基上的桥梁、通道、涵洞宜采用排水固结法或粉体喷射搅拌法。但在桥梁两端（桥头）和锥坡、桥台前护坡等软土的构筑物应采取地基处理措施，桥头处理长度宜为 30 m；

4 应及时埋设观测标志并进行观测。在施工过程中应设专人保护；

5 应对沉降观测资料进行分析、整理。当月沉降值、剩余沉降值小于设计要求时可卸载，并施工桥梁下部结构；

6 在预压期内，应设临时排水通道，利于排水。

10.4.3 用预压法处理埋藏较深的淤泥质土、淤泥和冲填土等饱和粘性土时，加载预压应符合下列规定：

1 应按设计的竖向排水系统及分级逐渐加载的要求进行施工。

2 在加载过程中应按设计要求进行竖向变形、边桩位移及孔隙水压力等项目的观测；

3 预压荷载的大小应根据设计要求确定，宜与基底压力大小相同。超载预压则应根据在预定时间内消除的变形量通过计算确定在加载过程中应每日观测竖向变形和水平位移，以防剪切破坏。根据观测资料整理的变形与时间、孔隙水压力与时间的关系曲线推算最终地基固结变形量，以分析处理效果确定卸载时间；

4 砂垫层厚度不宜小于 400 mm，宜用粗砂、中砂、含泥量应小于 5%，可采用洒水碾压或平板振捣器压实；

5 袋装砂井宜用直径 70 mm 编织袋充填风干中粗砂。施工定位应准确，间距和深度应符合设计要求；

6 塑料排水板由板芯和滤膜组成，宜由宽 100 mm、厚 4 mm 塑料板芯与涤纶衬布组合。塑料排水板可用振动插板机沉入软土层，插板机导管末端安装桩靴，夹带塑料排水板同时沉入软土层，导管拔出后，排水板留在软土层中；

7 袋装砂井、塑料排水板均应埋入砂垫层内 400 mm。

10.4.4 当采用强夯法、振冲法、挤密桩法、深层搅拌法施工时，应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79的规定。

10.5 混凝土基础及基坑回填

10.5.1 应在无水情况下施工，混凝土终凝前不得受水浸泡。

10.5.2 现浇基础模板、钢筋及混凝土施工应符合本规程第 5、6、7 章规定。现浇混凝土基础允许偏差应符合表 10.5.2 的规定。

表 10.5.2 现浇混凝土基础允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
断面尺寸	长、宽	±20	每座基础	4	用钢尺量，长、宽各 2 点
	顶面高程	±10		4	用水准仪测量
基础厚度		+10, 0		4	用钢尺量，长、宽各 2 点
轴线偏位		15		4	用经纬仪测量，纵、横各 2 点

10.5.3 基础完成后应及时回填。回填前，应排除积水、清除基底淤泥、建筑垃圾等，回填时不得破坏基础混凝土。

10.5.4 基坑回填应分层施工，采用碎石或其它填料回填时，回填材料和压实质量应符合设计要求；采用混凝土回填时，应分层振捣密实。

11 桩基础

11.1 一般规定

11.1.1 桥梁工程桩基础施工前，应根据设计文件提供的相关资料，对桥区桩基础施工范围内的现况情况进行详细的施工调查，掌握施工现场的地形、地貌、水文、地质、气象、气候等资料；掌握所施工程的施工特点；掌握施工现场交通状况；掌握施工范围内和毗邻的地上建筑物及地下构筑物的情况；了解和掌握当地江河（河湖）的洪汛、凌汛、河床冲刷、通航及漂流物、山洪、泥石流等情况；了解和熟悉北京市环境保护规定。

11.1.2 基础施工前，应对现况管线加以保护，确保现况管线正常运行；应对影响施工的地下管线采取导改、拆除或建立新的管线系统和变更设计桩位等措施，应编制专项方案并批准后、方可实施。

11.1.3 基础施工应减少对现况交通（航运）的干扰，保证现况交通（航运）运行。

11.1.4 基础施工不得造成环境污染，做到文明施工。市区内施工时，应有减少扰民的防噪音措施。

11.1.5 基础采用混凝土结构时，模板、钢筋及混凝土施工要求应符合本规程第5、6、7章规定。

11.1.6 基础采用石砌结构或混凝土预制砌块结构时应符合本规程第9章的规定。

11.2 沉入桩

11.2.1 沉入桩施工准备应符合下列规定：

- 1 沉入桩施工前应具备下列资料：
 - 1) 桩基施工区域内的地质、水文资料；
 - 2) 地下水的水质分析资料；
 - 3) 桩基周围的地上、地下管线设置情况；
 - 4) 桩基的设计资料；
 - 5) 桩基的施工方案。
- 2 桩基施工前应首先平整场地，挖除多余的土方，拆除地上杆线和地下管线；
- 3 对预制桩的质量进行检查后，对合格的桩用油漆划出标记，便于打桩时显示入土深度及垂直度；
- 4 桩位应根据已经测定的基础纵横轴线，在基础以外测设控制桩并应进行复核；
- 5 沉桩设备和施工方法宜按下列条件选择：
 - 1) 锤击沉桩，适用于砂类土、粘性土。桩锤可选择单动汽锤、柴油机锤，当沉入桩数量少，

入土深度小，在交通不便地区可使用落锤；

2) 振动沉桩适用于砂类土、粘性土，对于密实的粘性土、砾石、风化岩效果较差；

3) 射水沉桩，作为沉桩的辅助手段，在密实的砂土、碎石土、砂砾的土层中用锤击法、振动沉桩法有困难时，可配合射水沉桩进行施工；

4) 静力压桩，在软粘土中（标准贯入度 $N < 20$ ）、淤泥质土中，采用液压设备和卷扬机设备，将桩压入；

5) 钻孔埋桩，适用于粘土、砂土、碎石土。钻孔后将钢筋混凝土预制桩（空心有底的桩）沉入孔中，在桩的周围进行压注水泥浆。该工法亦适用于河床覆土较厚，先钻孔埋入后施打的钢筋混凝土桩。

6) 沉桩方法的选择应根据桩的设计承载力、桩的质量、地质情况以及由于沉桩设备产生的桩应力不超过损坏桩的临界值；

7) 在重要建筑物附近应考虑由于沉桩时的震动力对建筑物的影响，不宜采用射水沉桩。

11.2.2 钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩的制作，应符合下列规定：

1) 钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩在施工现场预制时，场地应平整、坚实，略高于原地面标高并做好排水。采用混凝土底模时，表面应抹平、压光，每根桩的底模高差不应超过 5 mm。预制场地应考虑桩的浇注和吊运的方便；

2) 预制桩的模板应符合本规程的有关要求，空心桩的内模可采用充气胶囊、橡胶管和活动木模。当使用充气胶囊为内模时，应防止在混凝土浇注过程中胶囊上浮及位移。使用橡胶管作为内模时应掌握好拔管时间，防止拔管过程中拉裂混凝土；

3) 钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩的预制，除应符合本规程第 7、8、9 章的技术要求，并应符合下列规定：

1) 混凝土粗骨料的最大粒径不得超过主筋间距的 $\frac{3}{4}$ 。混凝土的坍落度宜为 40 mm~60mm；

2) 钢筋混凝土桩的主筋，宜采用整根钢筋，如需接长可采用闪光对焊。主筋位置应准确，与箍筋或螺旋筋应连接紧密，交叉处应用点焊或铁丝绑扎牢固；

3) 预应力混凝土桩的预应力筋采用冷拉时，应先进行闪光对焊然后冷拉。先张法预应力混凝土桩采用法兰盘连接时，应先将预应力筋焊接在法兰盘上，然后进行张拉。

4) 预制桩的混凝土浇注宜由桩顶向桩尖连续浇注，中间不得中断，不得留工作缝。浇注后应覆盖并洒水养护 1 h~2 h，并注明浇注日期、桩的编号；

5) 预制混凝土桩的吊运、堆放应符合下列规定：

1) 预制桩的起吊运输应按设计要求进行，当设计无要求时，预制桩到达设计强度的 75% 方可起吊运输；

2) 起吊应平稳，不得损坏桩身混凝土，水平运输时桩身应平置，运输过程中无大的振动。

6 桩的堆放应符合下列规定：

- 1) 堆放场地应平整坚实，不得因沉降不均匀造成断桩；
- 2) 垫木与吊点应上下对准，不得移位；
- 3) 堆放层数不宜超过 4 层。

11.2.3 钢桩的制作和拼接应符合下列规定：

1 钢桩其材质应符合设计要求；钢桩的分段长度不宜超过 12 m~15 m；

2 钢桩焊接头应采用等强度连接，使用的焊条、焊丝和焊剂应符合设计要求；

3 钢桩的端部形式应根据所穿越的土层、桩端持力层性质、桩的尺寸、挤土效应等因素按设计进行施工；

4 钢管桩可采用下列形式：

- 1) 敞口：带加强箍或不带加强箍，带内隔板或不带内隔板；
- 2) 闭口：可分平底、锥底。

5 H 型钢桩可采用下列桩端形式：

- 1) 带端板；
- 2) 不带端板；
- 3) 锥底；平底（带扩大翼，不带扩大翼）。

6 钢管桩应采用上下两节桩对焊连接，其构造见图 11.2.3—1；H 型钢桩接头可采用对焊或连接贴角焊，其构造见图 11.2.3—2。

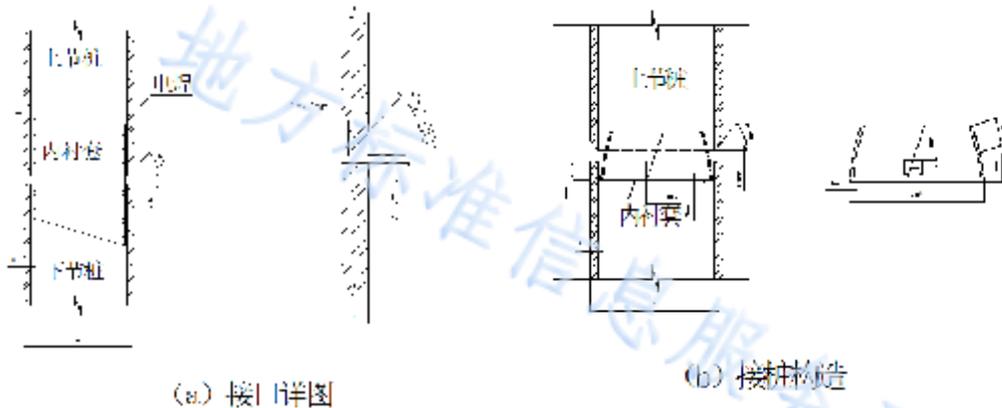


图 11.2.3—1 钢管桩接桩构造图

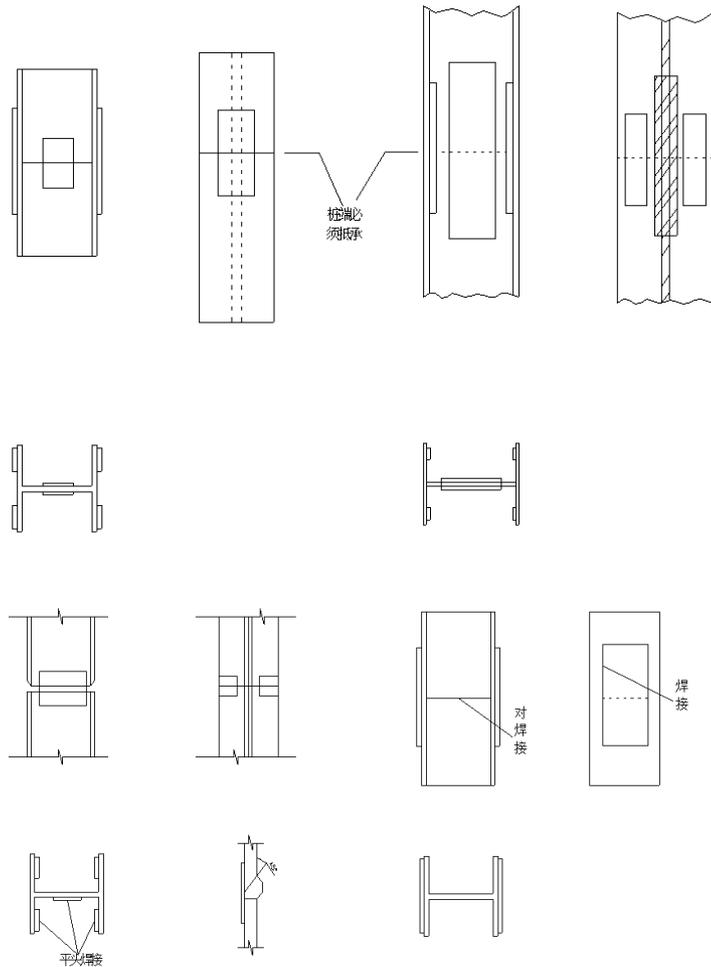


图 11.2.3—2 H 型钢桩接桩构造图

7 钢管桩、H 型桩宜在工厂预制，现场拼接成设计长度，预制的钢管进场前应对外形进行检查验收；

8 钢桩的焊接、拼接应符合钢桥焊接的规定：拼接合格的钢桩应先点焊定位；焊接前接口 300mm 左右处应除锈；钢桩焊接应多层施焊，及时清渣；每层焊接接头应错开；

9 钢桩的运输、堆放应符合下列规定：

- 1) 堆放场地应平整、坚实、排水通畅；
- 2) 桩的两端应有保护措施，运输时不得碰撞；
- 3) 钢桩堆放支点应布置合理，防止变形，钢管应防止滚动，堆放高度不得超过三层。

10 钢管防腐应按设计要求进行，应符合下列规定：

- 1) 防腐前应进行喷砂除锈，并出现金属光泽，表面无锈蚀点；
- 2) 钢桩位于河床局部冲刷线以下 1.5m 至承台底面上 50mm~100mm 部分，应进行防腐处理。钢管桩内腔与外界空气隔绝时可不考虑防腐处理；
- 3) 钢桩拼装接口应在接口焊接后防腐；

4) 运输、起吊沉桩过程中, 防腐被破坏时应及时修补。

11.2.4 试桩应符合下列规定:

1 为检验桩的承载能力和确定沉桩工艺宜进行试桩。一般中小桥梁工程, 沉桩有可靠的数据和实践经验可不进行试桩;

2 承压桩试桩应符合下列规定:

1) 采用承压静载试验, 得到的极限荷载, 除以设计要求的安全系数作为单桩允许承载力。当设计要求限制桩顶沉降值时, 可依静载试验中 **P-S** 曲线, 按设计允许沉降值取其对应荷载作为单桩承载力;

2) 应根据沉入桩的贯入度推算单桩允许承载力;

3) 可采用可靠的动力振动波法估算单桩允许承载力;

4) 可用静力触探的经验公式估算单桩承载力。

3 承拔桩和承推桩, 应采用静拔试验和承推试验, 确定允许承拔力和承载力;

4 地质复杂的大桥, 特大桥宜采用静载试验的方法确定单桩承载力, 其它桥梁可采用可靠的动力公式推算单桩承载力。当对桩基的质量发生疑问时, 应采用无损探伤进行检验;

5 桩基的复打应符合下列规定:

1) 在“假极限”土中的桩、射水下沉的桩, 有上浮的桩均应复打;

2) 复打应达到最终贯入度小于或等于停打贯入度。

11.2.5 沉桩应符合下列规定:

1 沉桩顺序应按下列规定进行:

1) 排架桩及数量不多的基桩应从中间向两侧进行, 或由一端向另一端进行;

2) 对大量的基础桩, 应将桩基分为若干段, 逐段进行。每段沉桩应由中间向两侧进行或由内向外进行;

3) 在粘土质地区内沉入群桩, 在每根桩下沉完毕后, 应测量其桩顶标高; 待全部沉桩完毕后再测量各桩顶标高, 桩顶不应有隆起现象; 若有隆起现象应采取措施;

4) 在软塑粘土质地区或松散的砂土质地区下沉群桩时, 若在相当于桩长的范围内有建筑物, 应防止地面隆起或下沉造成对建筑物的破坏。

2 桩的连接应符合下列规定:

1) 桩的连接接头强度不得低于该截面的总强度, 包括所有主筋的全截面强度, 并不得小于该截面 **1.15** 倍的设计强度。接桩时, 桩的纵向弯曲矢高不得大于每节桩的 **0.2%**;

2) 混凝土预制桩的连接, 一般可采用法兰盘连接、预埋钢圈连接等方法。钢板和螺栓宜用低碳钢, 上下节之间宜用石棉板衬垫。接头螺栓应拧紧, 并用电焊固定后除锈, 防腐应符合设计

要求。钢板焊接连接应按设计进行，预埋件表面应除锈，上下节间应用铁件填实焊牢。在焊接过程中应防止变形；

3) 钢桩的连接应符合设计要求。

11.2.6 锤击沉桩应符合下列规定：

1 锤击沉入各类型桩均应设置桩帽，桩帽与桩四周的间隙应为 5 mm~10 mm；

2 桩锤与桩帽、桩帽与桩顶之间均应设置弹性材料的衬垫，以均匀分布锤击所造成的桩顶应力。衬垫的厚度应根据土层情况、锤型选择，一般锤与桩帽间的垫木厚 200 mm~300mm，桩帽与桩顶间的衬垫厚 100 mm 左右，并加麻袋 4~6 层，当衬垫破坏时应及时更换；

3 沉桩前吊装就位的桩应与桩架的龙口连接，并安装桩帽，落下桩锤；

4 当沉桩的桩顶标高低于落锤的最低标高时，应送桩，送桩长度为上述两标高之差。送桩的强度应不小于桩的设计强度，送桩应与桩锤、桩身在同一轴线上。送桩可用木桩、钢桩制成；

5 锤型的选择应根据地质情况、桩的类型、桩的重力和设计承载力来确定，应符合本规程附录 B 的规定；

6 开始沉桩时应控制桩锤的冲击能，低锤慢打。用落锤，单动气锤时，落距不应大于 0.5m；柴油锤可不提供燃料仅作控制性单次锤击，吊起桩锤脱钩，双动气锤宜少开气门，减少每分钟锤击次数，当桩入土一定深度后，可按要求落距和正常锤击频率进行。当使用落锤时最大落距不超过 2 m，采用单动气锤最大落距不应大于 1 m，采用柴油锤时，应使锤芯冲程正常；

7 锤击过程中应采用重锤低击。

8 锤击沉桩时，桩的最后贯入度不宜过小，柴油锤沉桩的贯入度不宜小于 1 mm/每击~2mm/每击，蒸汽锤不宜小于 2 mm/每击~3 mm/每击，防止损坏桩和锤；

9 沉 H 型钢桩时因桩截面较小，不宜采用大于 4.5 t 级柴油锤，在沉桩过程中防止桩横向失稳；

10 停锤应符合下列控制条件：

1) 桩端（指桩的全断面）位于一般土层时，应以控制桩端设计标高为主，贯入度作参考；

2) 桩端达到坚硬、硬塑的粘土及中密以上的粉土、砂、碎石类土、风化岩时，应以贯入度为主。当硬层土有冲刷时硬以桩尖标高为主；

3) 贯入度已达到要求，而桩尖未达到设计标高，在满足冲刷线下最小嵌固长度后，应继续锤击 3 阵，按每阵 10 锤，贯入度不大于设计要求的数值确认，或与有关单位协商确定。

11 在沉桩过程中发现下列情况时，应暂停施工，研究措施后处理：

1) 贯入度发生巨变；

2) 桩身发生突然倾斜；

3) 桩头或桩身破坏；

- 4) 地面隆起;
- 5) 桩身上浮。

11.2.7 振动沉桩应符合下列规定:

- 1 采用振动沉桩法施工,应考虑振动对周围环境的影响。振动锤的选择可按附录 C 选择,并应验算振动上拔力对桩结构的影响;
- 2 振动沉桩机、机座、桩帽应连接牢固,沉桩机和桩中心应保持在同一轴线上;
- 3 开始沉桩时应以自重下沉或射水下沉,待桩身稳定后再用振动下沉;
- 4 每根桩的沉桩作业,应一次完成,中途不宜停顿过久,防止土的静摩阻恢复,继续下沉困难;
- 5 振动持续时间的长短,应根据不同振动锤和土质经试验决定,不宜超过 5 min~10 min;
- 6 在沉桩过程中发生本章 11.2.6 条 11 款的情况或机械故障应立即暂停,查明原因后再继续施工。

11.2.8 预钻孔沉桩可采取下列两种方法施工:

- 1 钻孔到设计标高后沉入预制桩,并在桩的周围压注水泥浆。其钻孔直径宜略大于桩径的对角线;
- 2 钻孔直径略小于桩径的对角线,钻孔深度应为桩长的 $1/3 \sim 1/2$ 。施工时先钻空随即施打,直至设计标高或贯入度达到标准。桩架应具备钻孔、锤击双重性能。

11.2.9 沉桩质量应符合下列规定:

- 1 沉桩前先对桩身按规定检查;桩沉入后桩身不得有劈裂等现象,可采用水电效应法、机械阻抗法等对沉入桩完整性进行检查;
- 2 接桩应牢固、直顺;
- 3 钢管桩现场接桩焊接的电焊质量应符合有关焊接标准;
- 4 沉入板桩时应接榫整齐,不得脱榫,排列直顺。

11.3 灌注桩

11.3.1 钻孔桩施工准备工作应符合下列规定:

- 1 钻孔场地在旱地上施工前应清除杂物,整平场地;若地表为软弱土层,应采取措施处理。在浅水中,宜用筑岛法施工,筑岛面积应按钻孔方法、钻机大小等要求决定。在深水中,可搭设平台。平台底宜在施工水位以上并应牢固稳定,能支承钻机和完成钻孔作业。如水流平稳,钻机可设在船上钻孔,但应锚固稳定;
- 2 制浆池、沉淀池和泥浆池,可设在桥的下游,也可设在船上或平台上;

3 钻孔前应设坚实不漏水护筒，护筒可用钢制或混凝土制造，筒壁厚度可根据钻孔桩孔径、埋深及护筒埋设方法通过计算选定。钢护筒壁厚宜为 4 mm~8 mm，混凝土护筒壁厚宜为 80 mm~100 mm；

4 护筒内径应大于钻头直径，当使用旋转钻时应大于 200 mm，使用冲击钻机时应大于 400 mm；

5 护筒顶面应高出施工水位或地下水位 2 m，并高出施工地面 0.3 m。其高度应满足孔内泥浆面高度的要求；

6 护筒埋置深度应符合下列规定：

1) 在岸滩上，粘性土、粉土不得小于 1 m，砂性土不得小于 2 m。当表面土层松软时，宜将护筒埋置在较硬密实的土层中至少 0.5 m；

2) 水中筑岛，护筒宜埋入河床面以下 1 m 左右。在水中平台上设置护筒，可根据施工最高水位、流速、冲刷及地质条件等因素确定。必要时打入不透水层。

7 在岸滩上埋设护筒，应在护筒四周回填粘土，并分层夯实。可用锤击、加压、振动等方法下沉护筒。在水中平台上下沉护筒，应有足够高度的导向设备，控制护筒位置；

8 护筒允许偏差：顶面位置为 50 mm。护筒斜度为 1%；

9 在砂类土、碎石土或粘土砂土夹层中钻孔应用泥浆护壁。在粘性土中钻孔，当塑性指数大于 15，浮渣能力能满足施工要求时，可利用孔内原土造浆护壁。冲击钻机钻孔，可将粘土加工后投入孔中，利用钻头冲击造浆；

10 泥浆原料宜采用膨润土造浆。

11.3.2 钻孔施工应符合下列规定：

1 钻机安装及钻孔应符合下列规定：

1) 安装钻机时，底架应垫平，保持稳定，不得产生位移和沉陷。钻头或钻杆中心的偏差不得大于 50 mm；

2) 钻机钻孔时，孔内水位宜高出护筒底脚 0.5 m 以上或地下水位以上 1.5 m~2.0 m；在冲击钻进中取渣时和停钻后，应及时向孔内补水，保持一定的水头高度；

3) 钻进时，起、落钻头速度宜均匀，不得过猛或骤然变速。孔内出土，不得堆积在钻孔周围；

4) 钻孔应一次成孔，不得中途停顿。钻孔达到设计深度后，应对孔位、孔径、孔深和孔形等进行检查。

2 冲击钻机钻孔应符合下列规定：

1) 在碎石类土、岩层中宜用十字形钻头；在粘性土、砂类土层中宜用管形钻具；

2) 吊钻的钢丝绳应选用软性、优质、无死弯和无断丝者，安全系数不得小于 12。钢丝绳与

钻头的联结应牢固。主绳与钻头的钢丝绳搭接时，两根绳径应相同。捻扭方向应一致；

3) 用冲击法钻孔，为防止冲击振动使邻孔孔壁坍塌影响邻孔已浇筑混凝土的凝固，应待邻孔混凝土浇筑完毕，并达到 2.5 MPa 抗压强度后方可开钻；

4) 冲击法造孔时，应采用小冲程开孔，使初成孔坚实、竖直、圆顺、能起导向作用，并防止孔口坍塌。钻进深度超过钻头全高加冲程后，方可进行正常的冲击。坚硬漂石、卵石和岩石应采用中、大冲程，松散地层应采用中、小冲程。钻进过程中，应勤松绳，少量松绳，不得打空锤；勤抽渣，使钻头经常冲击新鲜地层。每次松绳量，应根据地质情况、钻头形式、钻头质量决定；

5) 钻孔时，应经常检查钻头转向装置；

6) 钻孔时，应经常检孔。更换新钻头前应检查到孔底；

7) 钻进时应有备用钻头，轮替使用。钻头直径磨耗超过 15 mm 时，应及时更换、修补。

3 旋转钻机钻孔应符合下列规定：

1) 正、反循环旋转钻机适用于粘性土、砂类土及碎石类土，可根据地质条件、钻孔直径及钻进深度选用钻机和钻头；

2) 旋转钻机的起重滑轮和固定钻杆的卡机，应在同一垂线上，保持钻孔垂直；

3) 开钻时，宜低档慢速钻进，钻至护筒下 1 m 后，再以正常速度钻进。在钻进过程中，应观测土层变化，对不同的土质应采用不同的钻速、钻压、泥浆比重和泥浆量。在砂土、软土等容易坍塌的土层宜采用低档慢速钻进，同时提高孔内水头，加大泥浆比重；

4) 使用反循环旋转钻机钻孔时，应将钻头提高孔底约 200 mm，待泥浆循环畅通，方可开始钻进；

5) 潜水钻机钻进时，可根据土质软硬控制进尺。钻机电流应控制在额定的范围内，如电流突然上升，应提出钻具，找出原因，消除故障。

4 套管钻机钻孔应符合下列规定：

1) 套管钻机适用于砂类土或粘性土层，当地下水位以下有厚于 5 m 的细砂层时，应选用上拔力大的钻机；

2) 套管钻机在开孔下压套管时，钻进速度宜慢，并应反复上提下压校正套管，如有偏斜及时校正；

3) 套管钻机在中密或密实的土层中钻孔，宜随钻进随下套管；在松散的土层中钻孔，应先下套管，然后钻进，刃脚宜伸入抓土面 1.0 m~1.5 m。当土质为细砂或粉砂时，应随时向套管中补水。

5 钻孔异常处理应符合下列规定：

1) 钻孔中发生坍塌后，应查明原因和位置，进行分析处理。坍塌不严重者，可加大泥浆比重继续钻进，严重者回填重钻；

2) 出现流砂现象后, 应增大泥浆比重, 提高孔内压力或用粘土或大泥块或泥砖投下。用冲击法造孔时或投粘土块, 用钻头冲击粘土块挤入流砂层, 加强孔壁, 堵住流砂;

3) 弯孔不严重时, 可重新调整钻机或卡杆孔继续钻进。发生严重弯孔、梅花孔、探头石时, 应回填修孔, 必要时反复几次修孔。冲击法修孔, 应回填硬质带角棱的石块, 并可多填 0.5m;

4) 出现缩孔时, 可提高孔内泥浆量或加大泥浆比重采用上下反复扫孔的方法, 恢复孔径;

5) 发生卡钻时, 不宜强提。应查明原因和钻头位置, 采取晃动大绳或钻头以及其它措施, 使钻头松动后再提起;

6) 发生掉钻时, 应及时摸清情况, 查明原因, 采取措施, 尽快处理。如钻头被埋住, 应首先清除泥砂, 再进行打捞。

11.3.3 清孔及浇筑水下混凝土应符合下列规定:

1 钻孔至设计标高经过检查后, 应即进行清孔。浇筑水下混凝土前允许沉渣厚度应符合设计要求, 设计未要求时, 柱桩不应大于 100 mm, 摩擦桩不应大于 300 mm;

2 清孔可采用下列方法:

1) 冲击钻机或冲抓钻机造孔可采用抽渣法;

2) 冲击钻机造孔可采用吸泥法, 但土质松软孔壁容易坍塌时, 不宜采用;

3) 正、反循环旋转钻机宜使用换浆法清孔。抽渣或吸泥时, 应及时向孔内注入清水或灌新鲜泥浆, 保持孔内水位, 避免坍孔。换浆法的清孔时间, 以排出泥浆的含砂率与换入泥浆的含砂率接近为度。

3 柱桩在浇筑水下混凝土前, 应射水或射风冲射孔底 3 min~5 min, 翻动沉淀物后浇筑水下混凝土。压力应比孔底压力大 0.05 MPa;

4 不得用加深孔底深度的方法代替清孔;

5 钢筋笼主筋与加强箍筋应全部焊接且宜整体吊装入孔。当条件困难时, 可分段入孔, 上下两段应保持顺直。接头应符合本规程 7.4 节的有关规定;

6 钢筋笼入孔后, 应牢固定位;

7 水下混凝土的导管应符合下列规定:

1) 导管内壁应光滑圆顺, 内径一致, 直径可采用 200 mm~300 mm, 中间节长宜为 2m, 底节长 4m;

2) 使用前应试拼、试压、不得漏水, 并编号及自下而上标示尺度。导管轴线偏差依孔深、钢筋笼内径与法兰盘外径值而定, 不宜超过孔深的 0.5 %, 且不宜大于 100 mm; 组装时, 连接螺栓的螺帽宜在上; 试压的压力宜等于孔底静水压力的 1.5 倍;

3) 导管长度可根据孔深、操作平台高度等因素决定, 漏斗底至孔口距离应大于一中节导管长度;

4) 导管接头法兰盘宜加锥形活套，底节导管下端不得有法兰盘；

5) 有条件时可采取螺旋丝扣型接头，但应有防止松脱装置。

8 水下混凝土的坍落度应采用 180 mm~220 mm。细骨料宜采用河砂，粗骨料宜采用卵石，其粒径可采用 20 mm~30 mm；

9 水下混凝土封底，应有隔水栓，隔水栓应有良好的隔水性能并能顺利排出；

10 混凝土的初存量应满足首批混凝土入孔后，导管埋入混凝土中的深度不小于 1.0 m，并不大于 3.0 m；当桩身较长时，导管埋入混凝土中的深度可适当加大。水下混凝土应连续浇筑，不得中途停顿；

11 套管钻机成孔后，在浇筑混凝土过程中，套管宜经常转动。套管刃脚低于混凝土面的距离，应根据混凝土初凝时间确定，一般不宜小于 1.5 m，也不宜大于 5.0 m；

12 水下混凝土浇筑面宜高出桩顶设计高程 1.0 m；

13 在混凝土浇筑过程中，应设专人经常测量导管埋入深度，并做好施工记录；

14 浇筑过程中，当因导管漏水或拔出混凝土面、机械故障、操作失误或其它原因，造成断桩时，应予重钻或会同有关单位研究补救措施。

11.3.4 混凝土灌注桩施工允许偏差应符合表 11.3.4 的规定。

表 11.3.4 混凝土灌注桩允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
桩位	群桩	100	每根桩	1	用全站仪检查
	排架桩	50		1	
沉渣厚度	摩擦桩	符合设计要求		1	沉淀盒或标准测锤，查灌注前纪录
	支承桩	不大于设计要求		1	
垂直度	钻孔桩	$\leq 1\%$ 桩长，且 ≥ 500		1	用测壁仪或钻杆垂线和钢尺量
	挖孔桩	$\leq 0.5\%$ 桩长，且 ≥ 200		1	用垂线和钢尺量

11.4 挖孔桩

11.4.1 挖孔桩基础应符合下列规定：

1 挖孔桩基础适用于无地下水的较密实的土层或风化软质岩层；

2 当无法采用机械成孔或机械成孔非常困难，且水文、地质条件允许的地区，可采用人工挖孔施工；

3 当地下水位高、涌水量大、有流砂、有淤泥及淤泥质土层或松软土层，不得采用人工成孔施工。土层含有毒、有害气体或有毒、有害物质等不得采用人工成孔施工；

4 应根据设计文件、水文地质条件、现场状况，编制专项施工方案及相应的安全技术措施；

其护壁结构应经计算确定；

- 5 施工前应进行安全技术交底；
- 6 施工前应检查确认孔内无有害气体、护壁结构安全可靠；
- 7 施工中应采取防坠落、坍塌、缺氧和有毒、有害气体中毒措施；

11.4.2 挖孔桩基础施工应符合下列规定：

1 同一墩台各桩开挖顺序，可视地层性质、桩位布置及间距而定。桩间距较大、地层紧密时，可对角开挖，反之宜单孔开挖。若桩孔为梅花式布置时，宜先挖中孔，再开挖其它各孔。成孔后应立即浇筑桩身混凝土。相邻两孔不得同时开挖；

2 挖孔过程中，应经常检查桩身净尺寸和平面位置。孔的中轴线偏斜不得大于孔深的 0.5%，截面尺寸应满足设计要求。孔口平面位置与设计桩位偏差不得大于 0.5m；

3 孔内应经常检查有害气体浓度，当二氧化碳浓度过 0.3%，其它有害气体超过允许浓度或孔深超过 10 m 时，均应设置机械强制通风设备；

4 挖孔时应采取孔壁支护。支护方式可采用就地浇筑混凝土或便于拆装的钢木支撑。支护应高出地面，支护结构应经过检算，无法拆除的木框架支撑，不得用于摩擦桩；

5 挖孔至设计标高后，孔底不得积水， 并应进行孔底处理，做到平整，无松渣、泥污等软层。当地质情况与设计不符时，应会同有关单位妥善处理。孔底情况满足设计要求，验收合格后，应立即封底和浇注桩身混凝土；

6 浇筑桩身混凝土，当自由倾落高度超过 2 m 时，混凝土应通过溜槽或串筒，并采用插入式振捣器振实；

7 人工挖孔桩施工现场应设围挡，并派专人看守，非施工人员不得入内。停止施工后每孔上口应用孔盖盖好。

11.4.3 孔壁支护（井圈护壁）应符合下列规定：

- 1 护壁的厚度、拉结钢筋、配筋、混凝土强度均应符合设计要求；
- 2 上下节护壁的搭接长度不得小于 50 mm；
- 3 每节护壁均应在当日连续施工完毕。开挖一节后，应立即进行支护作业；
- 4 护壁混凝土应保证密实，根据土层渗水情况确定速凝剂的掺量；
- 5 护壁模板的拆除宜在 24 h 之后进行；
- 6 发现护壁有蜂窝、漏水现象时，应及时补强以防造成事故；
- 7 同一水平面上的井圈任意直径极差不得大于 50 mm。

11.5 桩基承台

11.5.1 承台应在基坑无水情况下浇筑，垫层应符合设计要求。

11.5.2 基坑有渗水时应有排水措施，基坑不得积水，如设计无要求，基底可铺100 mm厚碎石，并浇筑50mm~100mm厚混凝土垫层。

11.5.3 水中高桩承台采用套箱法施工时，套箱应架设在可靠的支撑上，具有足够的承载能力、强度、刚度和稳定性，并应符合下列规定：

1 套箱顶面设计高程应考虑包括浪高、潮汛变化等因素影响的最高水位。套箱在工作平台上整体拼装下沉，就位后可以固定于工作平台、基桩上，亦可以其他方式连接固定；

2 套箱拼装应拼缝严密，不漏水。套箱底板与基桩接触面应便于下沉后堵缝。套箱下沉就位可浇筑水下混凝土封底。然后排水，截断桩头、绑扎钢筋，浇筑承台混凝土，承台混凝土一般应连续浇筑成型；

3 设计允许时，可分层浇筑。分层浇筑时应利用已浇筑的钢筋混凝土，以改善套箱各部分的受力状况。分层浇筑，接缝应按工作缝处理。

11.5.4 承台基础施工前应对基桩位置进行检查，基桩位置应符合设计要求。

11.5.5 承台钢筋混凝土基础施工应符合本规程第6、7、8章的规定，其允许偏差应符合表11.5.5的规定。

表 11.5.5 混凝土承台允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
断面尺寸	长、宽	±20	每座	4	用钢尺量，长、宽各2点
承台厚度	0	0		4	用钢尺量
	±10	±10		4	用水准仪测量四角
顶面高程	±10	±10		4	用水准仪测量四角
轴线偏位	15	15	4	用经纬仪测量，纵、横各2点	
预埋件位置	10	10	每件	2	经纬仪放线，用钢尺量

11.6 地下连续墙

11.6.1 地下连续墙基础施工准备应符合下列规定：

1 地下连续墙施工应根据地层及基岩底面地质资料、施工区域内现况构筑物情况和必要的试验资料，制定可行的专项方案；

2 在堤防、建（构）筑物附近施工前，应了解原有建（构）筑物构造结构及基础情况，如有影响时，应研究采取有效处理措施，并按设计文件中的防护设计及施工安全措施进行地下连续墙施工，并加强观测；

3 施工前应平整场地，清理成槽范围内的地上、地下障碍物，对需要保留的地下管线应加以保护。

11.6.2 用泥浆护壁挖槽构成的地下连续墙应先构筑导墙。导墙应能满足地下连续墙的施工导向、蓄积泥浆并维持其表面高度，支承挖槽机械设备和其他荷载，维护槽顶表土层的稳定和阻止地面水流入沟槽。

11.6.3 导墙的材料、平面位置、型式、埋置深度、墙体厚度、顶面高程应符合设计要求。当设计无要求时，应符合下列规定：

- 1 导墙宜采用钢筋混凝土材料构筑，混凝土等级不宜低于 C20；
- 2 导墙的平面轴线应与地下连续墙平行，两导墙的内侧间距宜比地下连续墙体厚度大于 40 mm~60 mm；
- 3 导墙型式应根据土质状况选用，墙体强度、厚度应满足施工要求；
- 4 导墙底端埋深度宜为 1.5 m~2.0 m。基底土层应为密实的原状土，遇有软土、空洞等特殊情况须作妥善处理。导墙顶端应高出地下水位 1 m 以上，墙后应填土与墙顶齐平，全部导墙顶面应保持水平，内墙面应保持竖直；
- 5 导墙支撑间距宜为 1 m~1.5 m。

11.6.4 导墙施工应符合下列规定：

- 1 导墙要求分段施工时，段落划分应与地下连续墙划分的节段错开；
- 2 安装预制导墙块时，应按设计施工，保证连接处质量，防止渗漏；
- 3 混凝土导墙在浇筑及养护时，重型机械、车辆不得在附近作业行驶。

11.6.5 地下连续墙的沟槽施工，应根据地质条件和施工条件选用能满足成槽要求的挖槽机械。挖槽时，抓斗中心平面应与导墙中心平面相吻合。

11.6.6 地下连续墙的单元槽段长度应符合设计要求，并采用间隔式开挖，一般地质应间隔一个单元槽段。

11.6.7 挖槽过程中应观察槽壁变形、垂直度、泥浆液面高度，并应控制抓斗上下运行速度。如发现较严重坍塌时，应及时将机械设备提出，分析原因，妥善处理。

11.6.8 槽段挖至设计高程后，应及时检查槽位、槽深、槽宽和垂直度，并按规定做好记录，合格后方可进行清底。

11.6.9 清底应自底部抽吸并及时补浆，清底后的槽底泥浆比重不得大于1.15，沉淀物淤积厚度不得大于100 mm。

11.6.10 施工接头应符合设计要求，当设计无要求时，应符合下列规定：

- 1 对受力和防渗要求较小的施工接头，宜采用接头管式接头。当初期的单元节段开挖完成并清底后，应用吊机将钢制接头管竖直吊放入槽内，紧靠单元节段两端，接着管底端应插入槽底以下 100 mm~150 mm，管长应略大于地下连续墙设计值。接着管可分节于管内用销子连接固定。管外平顺无突出物，管外径宜比墙厚 50 mm。此后可进行吊放钢筋骨架、灌注水下混凝土工序。

灌注水下混凝土时应经常转动及小量提升接头管。待混凝土初凝后将接头管拔出，拔管时不得损坏接头处的混凝土；

2 对受力、防渗和整体性要求较大的接头装置宜采用接头箱式或隔板式接头。接头箱式其吊装的钢筋骨架一端带有堵头板，堵头钢板向外伸出的水平钢筋可插入接头箱管中，灌注混凝土时，由堵头板挡住，使混凝土不流入接头箱管内。混凝土初凝后，逐步吊出接头箱管，先灌节段骨架的外伸钢筋可灌入相邻段混凝土内；

3 当地下连续墙设计与梁、承台或墩柱连接时，应于连接处设置结构接头。结构接头的型式应符合设计要求。施工时应在连接处按照设计文件埋设连接钢筋，待墙体混凝土灌注并凝固后，开挖墙体内侧土体，并凿除混凝土保护层，露出预埋钢筋。将其弯成所需形状，与后浇的梁、承台或墩柱的主钢筋连接。

11.6.11 地下连续墙钢筋骨架的制作与吊放应符合下列规定：

1 钢筋骨架应根据设计图和单元节段的划分进行施工制作，并应符合本标准第 6 章和第 11.3 节的规定；

2 吊放钢筋骨架时，应将钢筋骨架中心对准单元节段的中心，竖直不变形并准确地放入槽内，不得使骨架发生摆动；

3 全部钢筋骨架入槽后，应固定在导墙上，并使顶端高度符合设计要求；

4 当钢筋骨架不能顺利地插入槽内时，应重新吊起，查明原因，解决后，重新放入，不得强行压入槽内；

5 钢筋骨架分段沉放入槽内时，下节钢筋笼的平面位置应正确并临时固定在导墙上，上下节主筋对正连接牢固，并经检查合格后方可继续下沉。

11.6.12 地下连续墙混凝土灌注应符合本规程第 11.3 节规定。地下连续墙施工允许偏差应符合表 11.6.12 的规定。

表 11.6.12 地下连续墙允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
		范围	点数	
轴线偏位	30	每单元或 每槽段	2	用经纬仪测量
外形尺寸	+30 0		1	用钢尺量一个断面
垂直度	0.5%墙高		1	用超声波测槽仪检验
顶面高程	±10		2	用水准仪测量
沉渣厚度	符合设计要求		1	用重锤或沉积物测定仪（沉淀盒）

12 沉井基础

12.1 一般规定

- 12.1.1 沉井施工应根据沉井入土的地层及基岩底面地质水文资料，制定可行的下沉方案。
- 12.1.2 在堤防、建筑物附近，沉井下沉过程中应按设计要求对周边构筑物进行监测。
- 12.1.3 沉井施工前应对洪汛、凌汛、河床冲刷、通航及漂流物、山洪泥石流等情况，做好调查研究，在施工中制定防汛及相应的各项安全措施。

12.2 沉井制作

12.2.1 施工现场制作沉井，地面应经夯实平整。在浅水中或可能被淹没的旱地、浅滩应筑岛制作沉井。

12.2.2 用筑岛的施工方法制作沉井时，应符合下列规定：

- 1 岛标高应高出施工期间河水的最高水位 0.5 m~0.7 m；
- 2 岛的平面尺寸应满足沉井制作及抽垫等施工要求。无围堰筑岛一般在沉井周围设置不小于 2.0 m 的护道。临水面坡度宜为 1: 1.75 至 1: 3.0。有围堰筑岛的护道宽度可按下列公式计算：

$$b \geq H \times \tan(45^\circ - \phi/2) \quad (\text{式 } 12.2.2)$$

式中：b—护道宽度；H—筑岛高度； ϕ —筑岛用土含水饱和时的摩擦角。

- 3 护道宽度不得小于 1.5 m。围堰的修筑应符合按本规程第 10.3 节的规定；
- 4 筑岛材料应以透水性好、易于压实和开挖的无大块颗粒的砂土或碎石土等；
- 5 筑岛应考虑水流冲刷对岛体稳定性的影响，并采取加固措施。

12.2.3 沉井浇筑应符合下列规定：

- 1 垫木应采用方木，并应满足沉井制作过程中不被压坏，垫木间应填以粗砂找平；
- 2 垫木顶面应与沉井钢刃脚紧贴，内隔墙与井壁连接处地基应力较大，垫木应连成整体，使沉井自重均匀分布在各垫木上。

12.2.4 沉井模板应符合本规程第 5 章的规定，并应符合下列规定：

- 1 为减少沉井的下沉阻力，侧模应采用钢模，做到表面光滑、平整。刃脚外模周边尺寸宜略大于沉井上口；
- 2 刃脚模板支撑应放在垫木上；
- 3 沉井应用止水对拉螺栓。当采用套管螺栓时，抽出螺栓后，应填塞水泥石棉灰打实；
- 4 沉井接高模板不宜直接支撑于地面上，以防施工时增加自重而下沉，拉裂混凝土。

12.2.5 沉井分节预制的高度应保证其稳定性。底节沉井的最小高度应在拆除垫木后，满足竖向

挠曲强度的要求，不宜小于 3.0 m。

12.2.6 拆除支垫应符合下列规定：

- 1 混凝土强度应满足设计文件规定的沉井抽垫的受力要求；
- 2 抽垫应分区、依次对称、同步进行，抽出垫木后应用砂性土回填，捣实，抽垫时应防止沉井偏斜；
- 3 定位支垫处的垫木应按设计要求程序最后全部抽出。

12.2.7 沉井混凝土浇筑应按本规程第 7 章的要求施工，并应符合下列规定：

- 1 浇筑井壁混凝土可分节进行，当土质松软时，分节高度应进行核算，防止开裂；
- 2 接高沉井时应停止除土作业，在沉井偏斜的情况下，不得接高沉井；
- 3 混凝土侧模在混凝土强度达到 25%时可拆除，承受混凝土重量的刃角模板应在混凝土强度达 75%时方可拆除；
- 4 沉井接高时应清理界面，并用水湿润。

12.2.8 沉井制作质量应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB 11/1072 的规定。

12.3 沉井入土下沉

12.3.1 沉井下沉可采用排水下沉和不排水下沉两种方法，可根据下沉深度、地质情况选用。

12.3.2 排水下沉适用于渗水量小、土质稳定的地层，用少量的排水设备、人工即可在沉井内挖除土方，并应符合下列规定：

- 1 当土质坚硬，应先分层沿刃脚开挖至刃脚深度，待沉井下沉后再挖除中间土方；
- 2 当土质松软可由沉井中间向刃脚挖除，当接近刃脚时部分土方被挤出，沉井逐渐下沉；
- 3 土方的垂直运弃应与出土同步进行，并有安全防护措施；
- 4 在除土过程中设专人挖集水井以及及时排除地下水。

12.3.3 不排水下沉适用于地下水位高、渗水量大，不稳定的土层，如细砂、粉砂、砂砾石地层，并应符合下列规定：

- 1 不排水下沉可采用吸泥机和抓斗除土，可根据土质、井深等因素选用；
- 2 除土应在井内均匀进行，除土方法根据土质情况同排水除土下沉。除土的最大深度不得超过刃脚 2m。若土质松软不可在刃脚处直接除土；
- 3 通过粉砂、细砂不稳定土层时，应保持井内水头高于井外 1 m~2 m，以防流砂涌入井内，引起沉井倾斜，同时不宜降低井内水位。

12.3.4 沉井下沉应符合下列规定：

1 沉井应连续下沉，尽量减少中途停顿时间使其易于下沉；

2 沉井下沉时应避免内隔墙受到支撑；

3 下沉中应随时观察并调整倾斜和位移，在下沉初期应加强监测。为防止沉井在下沉过程中产生较大的位移和倾斜，应根据土质、沉井大小、入土深度控制各井室除土面高程的均匀；

4 弃土不得靠近沉井。在水中下沉时，应观测因河床冲刷、淤积引起的土面高差，下沉中注意土质变化，并调整施工方法。

12.3.5 在沉井下沉过程中可采取加载、高压射水、泥浆套、空气幕等辅助措施，促使沉井下沉。

12.3.6 采用高压射水下沉应符合下列规定：

1 在较坚硬的土层中利用抓斗吸泥机在水下除土时，一般应辅以高压射水松动及冲散土层。当除土坑深达 2 m 且刃脚周围土层仍不坍塌时，可用射水弯头水平射水冲击刃脚土方；

2 为减少井外壁的摩阻以利下沉，可在井壁内均匀预留射水管，亦可将射水管紧固于井壁外侧，但出水口应高于刃脚的顶部；

3 高压射水的压力一般在 1 MPa~2.5 MPa。

12.3.7 采用泥浆套促使下沉应符合下列规定：

1 在井壁上均匀预留注浆孔，在下沉中压入泥浆减少阻力，以利于下沉；

2 泥浆应有良好的固壁性、触变性和一定的胶体率，以适应不同情况，具体要求应符合本规程附录 D 的规定；

3 泥浆套应设地表围圈防护，围圈可用钢木制作，地表围圈高度 1.5 m~2.0 m，周边尺寸略大于沉井外部尺寸，围圈应在高出地面 0.50 m 上加顶盖，防土石落入；

4 压浆管应通畅且不可直接冲刷土层，泥浆在下沉中应随时补充，不低于围圈底面，同时井内外的水位应一致或略高于井外，以免翻砂涌水破坏泥浆套；

5 防止沉井过大偏斜挤坏泥浆套，弃土不得挤压泥浆套。在除土过程中不可过多挖空刃脚下土方，以防形成通路泥浆流失；

6 对于孔隙大易于流失的地层，不宜采用泥浆套下沉沉井。

12.3.8 纠正倾斜和位移时可按下列办法处理：

1 纠偏前应先摸清情况分析原因，然后采取措施，如有障碍物应先排除再纠偏；

2 纠正倾斜可采取除土、压重和刃脚下支垫等方法纠偏；

3 纠正位移时可先除土，使井底中心向墩位方向倾斜，然后在另一侧除土，使沉井恢复竖直，如此反复进行，使沉井逐步移至设计中心；

4 纠正扭转后，沉井位置应符合设计要求。呈水平角度的扭转，可在一对角线两角除土，在另外两角填土，借助刃脚不相等的土压形成扭转。

12.4 沉井基底处理和封底、填充

12.4.1 采用排水下沉沉井，可直接检查基底情况，应清除浮土，基底大致平整，基底为岩层时，岩面残留物如风化岩石块、卵石、砂均应清除干净，当岩面倾斜时应凿成台阶或榫槽，沉井的 2/3 应嵌搁在岩层上，嵌入深度最小处不宜少于 0.25 m，其余未到岩层的刃脚部位可由工人用袋装混凝土填塞缺口。

12.4.2 清理不排水沉井基底应由潜水工下水检查，必要时可取样鉴定合格后封底。

12.4.3 清理后的基底面距内隔墙底面高度及刃脚斜面外露的高度应符合设计要求。

12.4.4 隔墙底部、刃脚斜面及封底混凝土高度范围内井壁上的泥污应清除。

12.4.5 基底检验合格后，应及时封底，对于排水下沉的沉井如渗水量较小可按普通混凝土浇筑方法进行施工。若渗水过大可辅以排水或按水下混凝土施工。

12.4.6 沉井宜采用导管灌注水下混凝土，水下混凝土施工应符合本规程第 11 章的规定。

12.4.7 灌注封底水下混凝土时，应根据导管作用半径计算导管间隔及根数，导管的作用半径与导管下口超压力的关系应符合表 12.4.7 的规定：

表 12.4.7 导管作用半径与超压力的关系

超压力 (kPa)	75	100	150	200
导管作用半径 (m)	<2.5	3.0	3.5	4.0

12.4.8 用数根导管灌注混凝土的顺序应先低处后高处和先周边后中间的原则使混凝土保持均匀的高度。

12.4.9 开始灌注混凝土时应符合下列规定：

- 1 应控制混凝土下降速度，开始下降时一般可采用系吊的隔水栓下送一段距离；
- 2 导管下口与井底的间距在放隔水栓时应略大于栓塞，放出栓塞后，导管应下沉到距基底 100 mm~200 mm；
- 3 首批混凝土的数量应通过计算确定。导管在灌注过程中应随混凝土面上升徐徐提高，其最小埋深应与混凝土下落深度相适应，不宜小于表 12.4.9-1 的规定；

表 12.4.9-1 不同灌注深度导管的最小埋深

灌注深度 (m)	≤10	10~15	15~20	>20
导管最小埋深 (m)	0.6~0.8	1.1	1.3	1.5

- 4 采用多根导管灌注时，导管埋深不宜小于表 12.4.9-2 的规定。

表 12.4.9-2 不同间距导管的最小埋深

导管间距 (m)	≤5	6	7	8
导管最小埋深 (m)	0.6~0.9	0.9~1.2	1.2~1.4	1.3~1.6

12.4.10 用混凝土泵通过漏斗导管灌注水下混凝土时应符合下列规定：

- 1 导管直径应与混凝土泵的输送能力相适应，其关系见表 12.4.10；

表 12.4.10 导管直径与混凝土泵输送能力的关系

混凝土泵的输送能力 (m ³ /h)	8	10	15	20	30	40
导管直径 (mm)	180	200	240	260	300	350

- 2 正常灌注应快速进行，拆除导管的时间不宜超过 30 min；

- 3 灌注将近结束时，应加大导管的埋深，使混凝土均匀的扩展，形成平坦的表面。

12.4.11 在灌注过程中，应定期测量混凝土的堆高和扩展情况，调整导管埋深和混凝土的坍落度，使混凝土形成适宜的堆高和不陡于 1: 5 的流动坡度。混凝土的最终灌注高度应比设计高出 150 mm，待灌注完成，混凝土达到强度要求后再抽水凿除表面软弱层，但混凝土强度应满足抽水受力要求，方可抽水。

12.4.12 井孔填充应按设计要求处理。

12.4.13 当沉井顶部需要浇注钢筋混凝土顶板时，应在抽水回填后进行。混凝土的浇注应符合本技术规程第 7 章的规定。采用多根导管灌注时，导管埋深不宜小于本规程表 12.4.9-2 的规定。

12.5 主动压沉装配式沉井

12.5.1 主动压沉装配式沉井施工前应编制专项施工方案，根据地质条件对沉井规格和抗拔灌注桩进行验算。所用工程材料的等级、规格、性能应符合设计要求和现行国家标准的有关规定。主动压沉装配式沉井施工工艺流程宜符合图12.5.1的规定。

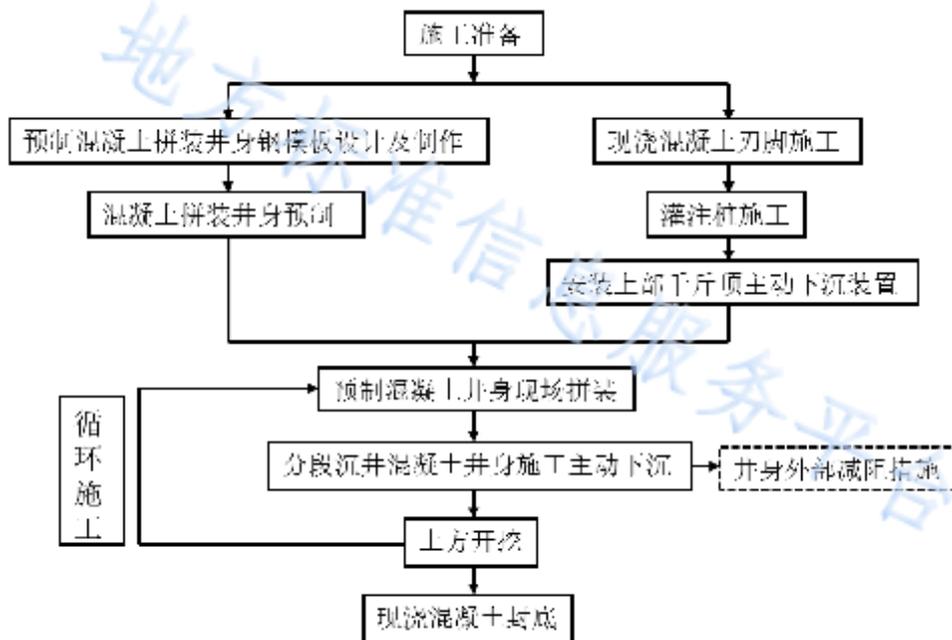


图 12.5.1 主动压沉装配式沉井施工工艺流程图

12.5.2 沉井井身宜由采用工厂预制，现场拼装而成。井身宜根据结构尺寸分节预制，每节宜为 1.0 m 高且由多组可互换的构件拼接成环。相邻环井身应错缝拼装，环片间连接宜采用螺栓、预埋钢板等组合形式。预制井身应编号，出厂前应对井身进行试验检测及试拼装，井身加工质量应符合设计要求及国家现行标准规定，结构外观应平整光滑、无麻面和宽度超过 0.15 mm 的收缩裂缝，检验合格后方可出厂。

12.5.3 沉井抗拔桩的成孔施工宜采用螺旋钻机成孔工艺，宜在距基坑周围 1.5 m ~ 2.0 m 对称布置，钻孔深度应根据竖井的底板设计标高加 5.0 m，灌注桩预留钢筋宜露出地面高程 1.0 m~1.5 m。

12.5.4 现浇混凝土刃脚环梁施工应保证场地平整并夯实，应控制地面高程，刃脚环梁应水平。在刃脚设计深度范围内，挖深为 0.75m，绑扎钢筋时应先把预制好的预埋刃脚钢板插入土中 150 mm 后把预埋刃脚钢板与主筋焊接。上部井身螺栓孔钢筋宜外露 200 mm。现场浇筑时应控制刃脚上面水平，浇筑完成后应养护刃脚环梁 14 d。

12.5.5 井身现场拼装应符合下列规定：

- 1 井身拼装宜从椭圆型一侧中部开始向两侧交替拼装，上下环六块井身应为错缝拼装；
- 2 第一环拼装前，应将下部的混凝土刃脚环梁清扫打磨平整，预留螺栓调直清理干净后，在刃脚上放止水垫，混凝土井身应按编号依次与刃脚上下连接拼装成环；
- 3 成环后，井身与井身之间应填注止水胶，并连接成型；
- 4 每环预制混凝土井身应按相同原则反复拼装直至完成。

12.5.6 主动压沉和土方开挖施工应符合下列规定：

- 1 压沉应使用同一型号千斤顶并应在施工前进行调试；
- 2 千斤顶加力下沉时应均匀下沉，应合理布置千斤顶加力顺序及控制压力。每下沉 100 mm 应分别测量井身高程一次，如发现高程不均的，及时调整千斤顶压力，保证整环井身均匀下沉；
- 3 第一环下沉 300 mm 后，宜采用机械开挖土方开挖 300 mm 且不得超挖，如有需要局部可以人工开挖。反复上述步骤，直至第一环完全沉入地面；
- 4 每环预制井身应现场拼装成环，主动加载设备进行主动加载，后重复进行井身拼装，主动加载下沉。直至预制拼装沉井下沉至设计高程，施工完毕；
- 5 应监测并收集沉井下沉施工数据并纠偏。应根据检测数据，调整多点位千斤顶下压力，下沉垂直度应符合设计要求和现行国家标准的规定；
- 6 下沉后沉井内壁不得渗漏。

12.5.6 沉井下沉至设计标高，应继续观测其沉降量，在 8 h 内下沉量不大于 10 mm 时，方可封底。主动压沉装配式沉井的基底处理和封底、填充应符合本规程第 12.4 节的规定。

13 墩台

13.1 一般规定

- 13.1.1 墩台施工前应复核基础高程并测定基础顶面中线，标出墩台底面位置。
- 13.1.2 墩台顶帽施工前，应复核桥梁跨度及支承垫石高程，施工中确保支承垫石钢筋网及锚栓孔位置正确。垫石顶面应平整，高程应符合设计要求。
- 13.1.3 墩台或盖梁施工完毕，应对全桥中线、高程及跨度贯通测量，并标出各墩台的中心线、支座十字线、梁端线及锚栓孔位置。
- 13.1.4 墩台和盖梁支架、模板、钢筋和混凝土施工应符合设计要求并应符合本规程第5、6、7章规定。
- 13.1.5 天然地基上的基础砌体，砌筑前应对地基进行检验，验收合格后方可施工。

13.2 砌筑墩身、台身

- 13.2.1 砌体沉降缝、伸缩缝、泄水孔及防水层的设置，应符合设计要求。
- 13.2.2 砌体材料应符合本规程第9章的规定。
- 13.2.3 石砌重力式墩台施工应符合下列规定：
- 1 基础砌石时，基底应按本规程第10章的规定处理。墩台砌筑时应按设计图测量放线，依测量标志在边角处设置线杆，显示坡度和层数。砌筑时应挂线施砌，桥台隐蔽面也应挂线施砌；
 - 2 石料墩台砌筑时应分层砌筑；
 - 3 石料墩台砌体均应采取坐浆法砌筑，应先砌外圈面石后砌内圈填心。内外圈砌体竖缝均应错开，不得贯通。片石、块石作外镶面用料时，大面应修整后施砌。料石砌筑应丁顺有序排列，采用丁顺砌法，上下两层竖缝错开不得小于100mm。砌筑的石料应清洗干净，保持湿润。混凝土预制块砌筑应按料石要求处理；
 - 4 砌石时不得在砌好的砌体上加工石料或用重锤敲击石料，搬运石料时不得抛掷撞击砌体；
 - 5 砌石墩台如内圈采用混凝土填心时，宜在外圈砌筑2~3层后浇筑一次混凝土；
 - 6 砌石灰缝宽度应保持均匀，片石、块石灰缝不宜大于20mm；料石缝宽宜为10mm~15mm。外圈镶面石料每层砌完后应及时把灰缝向内剔深10mm~20mm。

13.3 现浇混凝土墩身、台身、盖梁

- 13.3.1 混凝土重力式墩台应符合下列规定：
- 1 混凝土基础浇筑前，应对基底进行处理，应符合本规程第10章的规定；

2 墩台身混凝土浇筑前应对基础混凝土顶面做凿毛处理，凿去浮浆，清洗干净，如留有锚筋则应去污、除锈；

3 墩台模板和支架应有足够的强度、刚度和稳定性。拼缝应严密不漏浆，表面平整不错台。模板的变形应符合模板计算规定及平整度控制；

4 墩台混凝土浇筑脚手架，不得与模板支架联结，应自成体系；

5 墩台混凝土浇筑时应设专人维护模板，检查变形、埋件、保护层等，发现问题及时采取措施；

6 墩台混凝土应在整截面内水平分层，连续一次浇筑，如因故中断，间歇时间超过规定则应按工作缝处理；

7 墩台混凝土分块浇筑时，应符合下列规定：

1) 各分块之间横向接缝应与墩台截面尺寸较小的一边平行，保持接缝最短；

2) 上层混凝土块与下层混凝土块的竖向接缝应错开不得贯通；为加强相邻块之间的连接，竖缝应做成企口；

3) 分块数量应尽量减少，墩台截面积在 200 m^2 内不得超过两块，在 300 m^2 以内不得超过三块，在任何情况下每块面积不得小于 50 m^2 ；

4) 每块高度宜为 $1.5\text{ m}\sim 2.0\text{ m}$ 。

8 大体积混凝土墩台应符合本规程第 7 章的规定。当在混凝土内填放块石时，应符合下列规定：

1) 块石填放数量不得超过混凝土体积的 25%；

2) 块石强度不得低于 30 MPa 和混凝土强度等级，不风化、无裂缝、抗冻性能好；

3) 块石尺寸宜在 $150\text{ mm}\sim 250\text{ mm}$ 之间，片状块石不宜使用；

4) 块石填放：应分层均匀码放，不得无序抛掷。块石应清洗干净，码放时大面朝下；应保持间隔，石料之间，上下层之间净距离不小于 100 mm ，块石与模板或基底之间不小于 150 mm ；

5) 块石周围应震捣密实，不出空隙。

13.3.2 柱式墩台应符合下列规定：

1 墩台柱模板除应满足强度、刚度外，应按建筑区域和柱高考虑风力影响保证稳定性；

2 墩柱钢筋混凝土浇筑除本规程有关规定外，宜采用一次连续浇筑成型并控制浇筑速度。首层混凝土浇筑时，宜铺垫与混凝土同配合比的水泥砂浆一层。墩柱与承台基础接触面可采用平面接缝、凹面接缝，接缝处应凿毛，清洗干净，钢筋应除锈及凿除水泥浮浆；

3 柱身浇筑高度内如有系梁连接，则系梁应与柱同时浇筑。V 型墩柱混凝土应对称浇筑；

4 墩柱混凝土施工缝宜留在结构受剪力较小，且易于施工部位。

13.3.3 盖梁、垫石、抗震墩等混凝土的浇筑应符合下列规定：

1 混凝土浇筑前，应对墩台中线、标高及各部位尺寸进行复核，并准确放样标出预留孔道、预埋件位置，并对基面进行凿毛清理干净；钢板埋件应设排气孔，混凝土应加强振捣防止空鼓，振捣时不得碰撞埋件；

2 盖梁支架在交通繁华路段宜采用大型快装组合支架，盖梁模板宜采用大型整体组装模板；

3 墩柱与盖梁结合部应采取密封措施，不得漏浆；

4 盖梁为悬臂梁时，考虑施工中盖梁模板沉降变形，混凝土浇筑应从悬臂端开始；

5 预应力钢筋混凝土盖梁拆除底模时间应按设计要求办理。如设计无要求，应考虑预应力孔道灌浆后拆除底模板；

6 垫石宜采用二次浇筑，以保证其位置高程准确。垫石浇筑前应对基面凿毛清洗，钢筋除锈；

7 混凝土盖梁上的抗震墩施工时，抗震墩与梁体应保持设计要求的间隙，保证梁伸缩自由。

13.3.4 钢管混凝土墩柱应符合下列规定：

1 钢管的制作、安装与防腐应符合本规程第 21 章规定。钢管混凝土施工应符合本规程第 7 章规定；

2 钢管混凝土还应符合下列规定：

1) 钢管混凝土应采用微膨胀混凝土，膨胀剂的掺加量应符合设计要求并通过试验确定；

2) 钢管混凝土应连续浇筑、一次完成；

3) 高温期间和低温期间浇筑钢管混凝土前，应先在钢管外侧捆绑隔温材料，高温期浇筑钢管混凝土应洒水养护。

13.3.5 墩柱施工质量验收合格后方可进行盖梁施工，盖梁支架、模板、钢筋、混凝土和预应力混凝土施工应符合本规程第 5、6、7、8 章规定。施工允许偏差应符合表 13.3.5-1~13.3.5-4 的规定。

表 13.3.5-1 现浇混凝土墩台允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
墩台尺寸	长	+15 0	每个墩台或每个节段	2	用钢尺量
	厚	+10 -8		4	用钢尺量，每侧上、下各 1 点
顶面高程		±10		4	用水准仪测量
轴线偏位		10		4	用全站仪测量，纵、横各 2 点
墙面垂直度		≤0.25%H，且 > 25		2	用经纬仪测量或垂线和钢尺量
墙面平整度		8		4	用 2m 直尺、塞尺量
节段间错台		5		4	用钢尺和塞尺量
预埋件位置		5		每件	4

注：H 为墩台高度（mm）

表 13.3.5-2 现浇混凝土柱允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
断面尺寸	长、宽 (直径)	±5	每根柱	2	用钢尺量，长、宽各 1 点， 圆柱量 2 点
顶面高程		±10		1	用水准仪测量
垂直度		≤0.2%H，且 > 15		2	用经纬仪测量或垂线和钢尺量
轴线偏位		8		2	用全站仪测量
平整度		5		2	用 2m 直尺，塞尺量
节段间错台		3		4	用钢尺和塞尺量

注：H 为墩台高度（mm）

表 13.3.5-3 现浇混凝土挡墙允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
墙身尺寸	长	±5	每 10cm 墙长度	3	用钢尺量
	厚	±5		3	用钢尺量
顶面高程		±5		3	用水准仪测量
垂直度		0.15%H，且 > 10		3	用经纬仪测量或垂线和钢尺量
轴线偏位		10		1	用经纬仪测量
直顺度		10		1	用 10m 小线、钢尺量
平整度		8		3	用 2m 直尺、钢尺量

注：H 为墩台高度（mm）

表 13.3.5-4 现浇混凝土盖梁允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
盖梁尺寸	长	+20 -10	每个 盖梁	2	用钢尺量，两侧各 1 点
	宽	+10 0		3	用钢尺量，两端及中间各 1 点
	高	±5		3	
盖梁轴线偏位		8		4	用全站仪测量，纵横各 2 点
盖梁顶面高程		0 -5		3	用水准仪测量，两端及中间各 1 点
平整度		5		2	用 2m 直尺、塞尺量
支座垫石预留位置		10	每个	4	用水准仪测量
预埋件位置	高程	±2	每件	1	用水准仪测量
	轴线	5		1	全站仪放线，用钢尺量

注：H 为墩台高度（mm）

13.4 预制拼装混凝土墩柱及盖梁

13.4.1 预制拼装混凝土墩柱及盖梁施工应符合抗震设计及抗震设防烈度的相关要求，并应符合相关国家规范关于质量、安全的相关要求。

13.4.2 预制拼装混凝土墩柱及盖梁宜采用灌浆套筒连接或灌浆波纹管连接。灌浆套筒连接可用于预制墩柱与承台、墩柱与盖梁和墩身节段之间的连接；灌浆金属波纹管连接可用于预制墩柱与承台和墩柱与盖梁之间的连接。

13.4.3 预制拼装桥墩及盖梁所用材料应符合设计要求，当设计无具体要求时，应符合下列规定：

- 1 预制结构混凝土强度等级不宜低于 C40，现浇结构混凝土强度等级不宜低于 C25；
- 2 钢筋宜采用 HRB400 级及以上热轧钢筋；
- 3 灌浆套筒或灌浆金属波纹管中宜使用高强无收缩水泥灌浆料；
- 4 不同构件接缝间的砂浆垫层，宜采用高强无收缩砂浆；
- 5 灌浆套筒宜采用高强球墨铸铁制作；

6 墩柱、盖梁等构件应在专业预制加工场内加工，验收合格后方可出厂，并应在表面进行标识，注明工程名称、施工单位名称、构件编号等信息。

13.4.4 拼装前应在领会设计意图基础上编制专项施工方案，并对涉及新技术、新工艺的各类人员进行交底和培训。

13.4.5 预制拼装墩柱安装应符合下列规定：

- 1 墩柱起吊吊点应符合设计要求；

2 基础杯口应准确测设纵横轴线，并标志在基础上。杯口在安装前应校核长、宽、高三向尺寸，对安装间隙不符合设计要求的应修整合格。杯口与预制件接触面均应凿毛处理，埋件应除锈并应校核位置合格后安装；

3 预制件应在侧面用墨线划出中线，墩柱起吊就位后应两面吊线校正位置，准确就位后应加临时支撑保持柱体稳定。

13.4.6 在基础上以预制混凝土管等作柱墩外模时，预制管节安装时应符合下列规定：

- 1 与基础基面宜采用凹槽接头，凹槽深度不宜小于 50 mm；
- 2 上下管节安装就位后，用四根竖方木对称设置在管柱四周并绑扎牢固防止撞击错位；
- 3 混凝土管柱外模应加斜撑，保证浇筑时的稳定性；
- 4 管口应用水泥砂浆填严抹平。

13.4.7 预制钢筋混凝土盖梁安装应符合下列规定：

1 预制盖梁安装前，应检查轴线和各项尺寸，并对拼接面进行清理，设有预埋件时应除锈，并铺设砂浆垫层；

2 在墩柱上安装预制盖梁应按设计要求对墩柱稳定进行加固，如设计无要求时，墩柱各柱顶处应设置临时支撑设施；

3 应用千斤顶等工具调节空间坐标并满足设计要求后，进行灌浆套筒连接或灌浆金属波纹管连接，并按设计要求卸除临时支撑设施。

地方标准信息服务平台

14 支座

14.1 一般规定

14.1.1 进场支座产品应按设计文件核对支座型号和数量，并应检查产品使用安装说明、装箱单、检验报告和支座产品合格证。

14.1.2 支座安装前，应对支座垫石的混凝土强度、平面位置、顶面高程、预留地脚螺栓孔和预埋钢垫板等进行复核检查，确认符合设计要求后方可进行安装，且不得倾斜、脱空和不均匀受力。

14.1.3 支座滑动面上的聚四氟乙烯滑板和不锈钢板位置应正确，且不得有划痕、碰伤。

14.1.4 支座垫石和挡块宜二次浇注，垫石顶面高程和平面位置应准确，垫石混凝土强度应符合设计要求。先安装后填灌浆料的支座，其垫石的顶面应预留出足够的灌浆料层厚度。

14.2 支座安装

14.2.1 支座安装时，应分别在垫石和支座上标出纵横向中心十字线。安装完成的支座应与梁在顺桥方向的中心线相平行或重合，且支座应保持水平，不得有偏斜、不均匀受力或脱空等现象。

14.2.2 当环境温度与设计要求不符时，支座安装位置应通过计算确定设置预拱偏量。

14.2.3 板式橡胶支座安装应符合下列规定：

1 支座安装前应将垫石顶面清理干净，并应采用干硬性水泥砂浆抹平，使其顶面标高符合设计要求；

2 支座放置在顺桥向和横桥向的方向、位置应准确，避免反置；

3 梁、板吊装时，就位应准确且底面应与支座密贴。

14.2.4 聚四氟乙烯滑板式橡胶支座安装应符合下列规定：

1 墩台上设置的支承垫石，其标高应考虑预埋的支座下钢板厚度，或在支承垫石上预留一定深度的凹槽，将支座下钢板用环氧树脂砂浆粘结于凹槽内；

2 在支座的下钢板上及四氟滑板式橡胶支座上标出支座位置中心线，两者中心线相重合放置，应设置临时固定措施。安装时宜在与年平均气温相差不大时进行；

3 梁底预埋有支座上钢板，与四氟滑板式支座密贴接触的不锈钢板嵌入梁底上钢板内，或用不锈钢沉头螺钉固定在上钢板上，并标出不锈钢板中心线位置。安装支座时，不锈钢板、四氟板表面均应清洁、干净，梁应与支座密贴；

4 支座就位后，应拆除临时固定装置并安装防尘设施。

14.2.5 盆式支座安装应符合下列规定：

1 梁、板底面和垫石顶面的钢垫板应埋置稳固。垫板与支座间应平整密贴，支座四周不得

有 0.3 mm 以上的缝隙，并应保持清洁；

2 盆式支座安装时上、下各座板纵横向应对中，安装温度与设计要求不符时，活动支座上、下座板错开距离应经过计算确定。单向活动支座安装，上下导向挡板应保持平行；

3 支座上下座板与梁底和墩台顶可用螺栓联结，亦可与预埋钢垫板焊接。螺栓联结时，螺栓预留孔尺寸应符合设计，安装前应清理干净，宜采用环氧砂浆灌注，保证结合强度。采用电焊联结时，预埋钢垫板应锚固可靠位置准确。墩顶预埋钢板宜采用二次浇筑混凝土，墩、台顶预留槽两侧应较预埋钢板宽 100 mm，混凝土从一端灌入另一端排气，直至灌满为止。钢垫板防止空鼓，顶面应平整；

4 活动支座安装前应解体清洗，用丙酮或酒精擦洗干净，并在四氟板顶面注满硅脂，重新组装应保持精度。

14.2.6 球型支座安装应符合下列规定：

1 安装球型支座的墩台和梁体混凝土强度应符合设计要求。支座与墩台、梁体联结宜采用螺栓。采用焊接时不使支座钢体过热，保持硅脂和四氟板完好。用于电焊联结的上下钢垫板应与支承面结合牢固、表面平整；

2 球型支座出厂前组装、调平，转角和位移量按设计要求设定并锁定。安装就位前不得松动锁定装置；

3 支座安装时，支座底板底面宜高出墩台顶 20mm~50mm，检查校核墩台顶锚固螺栓孔的位置、大小及深度合格后，吊装支座平稳就位，校核安装中心线及高程。在支座四角用钢楔将支座底板与墩台面支垫找平。沿支座四周支侧模，模板沿桥墩横向轴线方向两侧尺寸应大于支座宽度各 100mm，然后用环氧砂浆或补偿收缩砂浆把螺栓孔和支座底板与墩台面间隙灌满。灌注时从一端灌入从另一端流出并排气，保证无空鼓。无收缩砂浆强度应符合设计要求。砂浆达到设计强度后撤除四角钢楔并用环氧砂浆填缝；

4 支座安装就位后，按设计绑扎主梁顶面钢筋并做好防止水泥浆渗入支座的保护措施，而后浇筑梁体混凝土。预应力张拉前应撤除支座锁定装置，解除支座约束；

5 支座投入运营前应检查支座外观，及时安装防尘罩。

14.2.7 支座安装允许偏差应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11/1072 的规定。

15 钢筋混凝土梁桥浇筑施工

15.1 一般规定

15.1.1 用于现浇钢筋混凝土梁桥的各种材料、模板、支架、混凝土及预应力混凝土等应符合本规程相关章节的规定,所有临时性承重结构应进行设计计算,并应保证其在施工过程中有足够的强度、刚度和稳定性,其变形应在设计允许范围内。

15.1.2 支架及临时墩的地基基础应按现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363 验算施工阶段荷载作用下的强度及沉降应在设计允许范围内。

15.1.3 模板及支架应根据安装、使用和拆除工况进行设计,混凝土模板表面应平整光滑,拼缝应严密不漏浆,并应符合下列规定:

1 模板宜采用钢制定型模板,模板拼缝应安设弹性止浆材料,并应符合下列规定:

1) 木制模板宜采用酚醛覆膜模板或刨光清水模板,拼缝以企口为宜。安装后的模板应洒水湿润,直至混凝土浇筑时;

2) 加贴面材料模板应以钢板、压缩木板为宜,用塑料贴面板应防止浇筑混凝土后其表面挠曲和鼓包。

2 梁桥外露面模板,宜在全桥使用同一种材质、同一种类型的模板,确保混凝土外观色泽均匀一致,并应符合下列规定:

3 梁桥外露面模板应涂刷色泽均匀的脱模剂,并保持全桥一致;

4 模板底部应设排水口,保证杂物冲洗排出。排水口设在最低处,跨度大、钢筋密时宜多设几处。

15.1.4 混凝土浇筑前应对钢筋、模板、成孔管道、锚垫板、预埋件等按设计图纸、施工方案进行检查,并做好记录,合格后方可浇筑混凝土。

15.1.5 混凝土浇筑时应设专人检查维修钢筋、模板、波纹管、锚垫板、预埋件等,出现位移、松动时,及时纠正修复。

15.2 混凝土梁桥支架浇筑

15.2.1 模板、支架施工应符合本规程第 5 章的规定,并应符合下列规定:

1 梁式桥的现浇可采用满布式支架、梁式支架或两者组合形式;

2 满布式支架位于坡道时,宜将地基的坡面挖成台阶;

3 混凝土浇筑时应监测支架、卸落设备的变形以及地基沉降,发现超过允许变形时应及时采取处理措施;

4 支架组装后，宜用预压方法消除拼装间隙及地基沉降等非弹性变形，卸载时测定其弹性变形，便于支模调整高程时预留；

5 梁式桥跨越需要维持正常通行（航）的道路（水域）时，对现浇支架应采取防碰撞的安全措施，并应设置必要的交通导流标志，保证施工安全和交通安全。

15.2.2 现浇梁桥混凝土浇筑应符合下列规定：

1 梁体混凝土浇筑宜水平分层或倾斜分层，浇筑应连续进行，下层混凝土初凝前应进行上层混凝土浇筑；

2 水平分层连续浇筑上下层前后间隔距离宜保持 1.5 m 以上。倾斜分层坡度不宜过陡，浇筑面与水平夹角不得大于 25°。采用插入式振捣器每层厚度不宜大于 0.3 m，其它振捣方式应符合本规程第 7.3 章的规定；

3 简支梁混凝土浇筑应连续一次浇筑完毕，混凝土可从跨中向两端墩台方向浇筑，也可以从一端开始浇筑；

4 悬臂梁混凝土应自跨中向两墩台方向连续浇筑，并同时自悬臂端向墩顶方向浇筑在墩顶处交汇；

5 箱形梁可采用全断面一次浇筑成型，亦可采用横断面两次浇筑成型，即先浇筑底板、腹板混凝土，二次浇筑顶板混凝土；

6 箱形梁全断面一次浇筑施工应符合下列规定：

1) 当箱内净空较大、便于操作、混凝土生产能力较强时可采用一次浇筑成型；

2) 顶板模板应留出足够数量的下料口，保证梁底板混凝土入模需要；

3) 底板混凝土宜采用低流动性混凝土。在保证底板混凝土初凝前浇筑上层混凝土（即腹板混凝土）的条件下，可拉大上下层浇筑距离，避免腹板混凝土浇筑时大量流淌至底板内；

4) 箱梁内模板支撑应简练，少占净空，顶板模板应适度留出混凝土进料口；

5) 为便于拆模和预应力张拉，顶板宜预留人孔，人孔宜设在 1/4 跨附近，平面尺寸宜为 0.7 m×1.0 m。

7 箱形梁二次浇筑成型时应符合下列规定：

1) 两次成型顺序是先浇筑底板和腹板混凝土，腹板内模拆除后，支顶板模板浇筑顶板混凝土。两次成型浇筑时，支点横梁两侧预应力束上弯部位不宜两次成型，应全断面一次浇筑；

2) 两次成型的接缝宜留在腹板加腋处 50 mm 处，接缝按工作缝处理。工作缝凿毛、钢筋除污时混凝土强度不低于 2.5 MPa，应人工凿毛。预应力混凝土梁凿毛时不得损坏预应力孔道；

3) 两次浇筑的混凝土宜使用同品种、同强度等级、同生产厂家、同批生产的水泥。

8 梁式结构采用两次浇筑时，可采取下列措施，防止一期混凝土产生次生变形、裂缝。

1) 合理进行模板、支架设计，最大限度减少二次浇筑混凝土时的变形；

2) 第一次浇筑混凝土量宜为梁体总混凝土量的 60%~70%，支架非弹性变形宜在第一次浇筑混凝土时完成；

3) 控制二期混凝土的浇筑时间，使一期混凝土有较高的强度，能承受次生变形，不致产生裂缝；

4) 采取措施消除非弹性变形。

9 多跨连梁宜整联浇筑，采用分段浇筑时，应自一端跨逐段向另一端跨推进，每段浇筑跨数，可依设计施工需要而定，第一次宜浇筑 1、2 跨；

10 悬臂梁加吊梁结构，吊梁混凝土浇筑、张拉、脱架时，悬臂梁混凝土应达到设计强度，如设计无要求时应达到设计强度 75%以上；

11 在基底刚性不同的支架上浇筑连续梁、悬臂梁混凝土时，为避免所浇筑的混凝土因支架不均匀沉降产生裂缝，应按下列方法之一进行混凝土浇筑：

1) 控制混凝土浇筑速度，初凝前宜浇筑完全部混凝土，减小支架变形影响；

2) 在梁体混凝土浇筑前，先在支架上加载预压，加载预压应符合本规程第 5 章的规定；

3) 将梁分为数段，并拟定能够消除支架不均匀沉降影响的混凝土浇筑顺序，进行分段浇筑。分段方法、分段浇筑顺序应符合设计文件要求。

12 支架上现浇梁桥脱模及卸落支架应符合本规程第 5 章规定，并应符合下列规定：

1) 多跨连梁分段浇筑或逐孔浇筑落架时，除考虑主梁混凝土强度外，同时应考虑临跨未浇筑混凝土对本跨的影响；

2) 多跨连梁整联浇筑时，落架脱模宜各跨同时均匀分次卸落，如采用逐跨落架时，宜由两边跨向中跨对称推进；

3) 在柔性分段墩上浇筑连梁张拉或落架时，应验算桥墩偏心荷载，墩柱抗弯不足时需设临时支撑，待邻跨加载后方可撤除；

4) 独柱多跨连梁或连续弯梁，宜整联连续浇筑，施加预应力后，脱模、落架。如需分段或逐孔浇筑分段张拉、分段落架时，应考虑已浇梁段的稳定性，防止偏载失稳或受扭。

15.2.3 现浇混凝土梁、板允许偏差应符合表 15.2.3 的规定，施工质量应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11/1072 的规定。

表 15.2.3 现浇钢筋混凝土梁、板允许偏差

检查项目		规定值或允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
轴线偏位		10	每跨	3	用经纬仪测量
梁板顶面高程		±10		3~5	用水准仪测量
断面尺寸 (mm)	高	+5, -10		1~3 个断面	
	宽	±30			
	顶、底、腹板厚	+10, 0			

长度	+5, -10		2	用钢尺量
横坡 (%)	±0.15		1~3	用水准仪测量
平整度	8		每侧面每 10m 梁测 1 个点	用 2m 直尺、塞尺量

15.3 预应力混凝土梁悬臂浇筑

15.3.1 梁桥悬臂浇筑可用于 T 型刚构、悬臂梁桥及连续梁桥等大跨径预应力梁式结构。

15.3.2 梁桥悬臂浇筑施工前应完成施工结构设计，并应符合下列规定：

1 墩顶段浇筑托架设计：托架可选用斜撑式、排架式或斜拉式，托架可支承在承台或桥墩预留牛腿上，托架应有足够的强度和刚度；

2 梁墩锚固设计：除 T 构（或其他刚构）外连梁及悬臂梁浇筑时，应按施工阶段不平衡力矩需要将主梁和桥墩临时锚固或增设临时支柱，待合龙和转换体系时解除锚固实现永久支座正常工作；

3 挂篮设计：挂篮由吊架和支承平台组成，悬臂吊架可选用板梁、斜拉组合梁、桁架或撑架形式，安装在已浇梁段顶面上，悬臂部位设吊杆悬吊支撑平台。挂篮应设行走或滑移装置。挂篮应按悬浇最大梁段施工荷载设计，应具有足够的强度、刚度和抗倾覆稳定性。强度、刚度应满足钢结构设计要求，各阶段的抗倾覆稳定系数不得小于 2；

4 梁段模板应安设在支承平台上，底模宜设计成整体升降底模，内外侧模可按浇注方法不同做成滑移或大块模板；

5 应按施工程序计算各阶段的总挠度值，绘制理论挠度曲线及每一浇筑梁段的上拱度值；

6 合龙段设计应符合下列规定：

1) 合龙段长度宜为 2m 左右；

2) 为约束梁体伸缩，合龙前应在合龙温度时将拢口锁定；其锁定力应大于放松侧（或任一侧）各墩支座摩阻力之和。宜为在两悬臂端埋入型钢，在合龙时焊接锁定；或埋入钢管并穿入部分预应力束，在合龙温度时焊接并张拉。

15.3.3 浇筑墩顶段（0#段）混凝土前应对托架、模板进行检验及预压；减小杆件联结缝隙，地基沉降变形及弹性变形预留。为防止墩顶段浇注过程混凝土开裂，可采取提高托架刚度或按梁段混凝土重加载预压；消除弹性变形影响。连续梁及悬臂梁在浇筑梁顶段的同时应完成临时固结，固结方式应符合设计要求。

15.3.4 挂篮在墩顶段梁顶面组装，组拼后应检查安装质量并做荷载试验；测定弹性变形及消除永久变形。

15.3.5 桥墩两侧梁段悬臂施工进度应对称、平衡，其不平衡偏差不得超过设计要求。

15.3.6 挂篮悬浇施工，应在梁段混凝土浇筑前后及预应力钢筋束张拉前、后，测设和检测上拱度值及桥梁中轴线，以控制设计预拱度及中线偏差。

15.3.7 挂篮浇筑梁段时，支承平台后端应锚固于已浇梁段上，使底模后端与已浇梁段密贴固定。

15.3.8 挂篮在浇筑梁段混凝土时可采用逐次调整前吊杆高度方法消除弹性变形；或采用按混凝土重预压加载，随梁段混凝土浇筑逐步卸载措施使梁段浇筑前后挠度变化极小，消除弹性变形防止因挂篮变形造成混凝土开裂。

15.3.9 箱形截面梁段混凝土的浇筑可按设计要求或施工需要采用一次或二次浇筑方法施工，当采用二次浇筑时，施工缝应留在上、下承托以外的腹板部位，且各段施工缝应错开。混凝土浇注顺序可自悬臂端向后分层浇注与已浇梁段连接。

15.3.10 连续梁或刚构合龙前应调整中线和高程，同时将两悬臂端间距离锁定；并将合龙跨一侧各墩临时锚固放松改成活动支座，其方法应按施工结构设计处理。

15.3.11 悬浇连续梁的体系转换工作应在合龙段及全部纵向预应力束张拉、压浆完成后，解除各墩临时固结，将各墩临时支座分次逐渐卸落，支点反力分次逐渐转换到连续梁永久支座上。支座反力调整应以标高控制为主。

15.3.12 T型刚构或悬臂梁挂孔预制梁架设前，应对悬臂梁端预埋件及支座位置、高程进行校核；同时检测两悬臂端间距离及预制梁长度和外形尺寸。预制梁架设移运需经过悬臂端时，应验算悬臂梁段的应力及稳定性。

15.4 钢-混凝土叠合梁、预制混凝土连续梁及分段架设连梁的浇筑

15.4.1 钢-混凝土叠合梁、预制混凝土连续梁及分段架设连梁的浇筑应符合下列规定：

1 钢-混凝土叠合梁、预制混凝土连续梁及分段架设连梁，按设计要求需设置临时支架时，支架的施工荷载可按受力阶段不同，分别按只承担主梁架设荷载，待主梁连结后落架或同时承担主梁及桥面板施工荷载等结合式构造梁桥建成后落架；

2 钢板梁、钢箱梁主梁的安装、联结应符合本规程第 21 章的规定；

3 预制混凝土上主梁的安装应符合规程第 16 章的规定；

4 现浇桥面板及连梁合龙段混凝土的模板，钢筋及预应力筋应符合本规程第 5、6、7、8 章的规定；

5 现浇桥面板混凝土，宜用缓凝、早强、补偿收缩混凝土浇筑；

6 桥面板混凝土表面修整工作应符合纵横坡度要求、表面光滑平整、用原浆抹面成活，不应在桥面板上另作薄层砂浆找平层；

7 钢-混凝土叠合梁、预制混凝土梁及分段架设连梁，在浇筑钢筋混凝土桥面板及合龙接缝混凝土时，应随时监测主梁和施工支架的变形及稳定，如发现异常应立即停止浇筑混凝土施工并

采取措施。

15.4.2 钢-混凝土叠合梁浇筑应符合下列规定：

1 钢-混凝土叠合梁钢结构主梁在桥墩或施工支架上架设，联结后方可浇筑钢筋混凝土桥面板，架梁过程和混凝土桥面板浇筑前，钢梁应设临时支撑固定，防止施工过程中失稳。施工支架除考虑钢梁拼接荷载外，应同时计入混凝土桥面板施荷载；

2 钢-混凝土叠合梁现浇混凝土桥面板浇筑前，应对钢主梁的安装位置、高程、纵横向联接及临时支撑进行检验，各项均应达到设计要求。钢梁顶面传剪器焊接经检验合格后，方可浇筑钢筋混凝土桥面板；

3 钢-混凝土叠合梁现浇混凝土桥面板模板支架系统应将混凝土施工荷载传递到主梁上；

4 现浇桥面板混凝土应全断面连续一次浇筑，其浇筑顺序顺桥方向应自跨中开始在支点（或施工支架临时支座）处交汇，或由一端开始快速浇筑，横向应先浇中梁后浇边梁，由中间向两侧扩展；

5 设施工支架的钢-混凝土叠合梁现浇钢筋混凝土桥面板，应待混凝土达到设计要求后方可解除临时支点、转换体系、卸落施工支架。

15.4.3 预制混凝土连续梁浇筑应符合下列规定：

1 预制混凝土梁用预制钢筋混凝土及预应力混凝土主梁，与现浇桥面板的混凝土龄期差不宜大于三个月；

2 预制主梁吊装前应对梁、板结合面主梁顶预留剪力键进行凿毛、清洗、清除浮浆；对预留传剪钢筋（箍筋）应进行除锈及清除灰浆；

3 预制混凝土主梁架设就位后，应设横向联系或支撑临时固定，防止施工过程中失稳；

4 预制混凝土梁现浇桥面板混凝土模板可用驻留式模板或普通模板，模板应支撑在主梁上，混凝土主梁预制时应预留埋件或螺栓孔，用于固定模板支撑；

5 预制混凝土梁现浇桥面板混凝土浇筑前应对主梁混凝土强度、安装位置、预留传剪钢筋进行检验，检验结果应符合设计要求。

15.4.4 分段架设连梁浇筑应符合下列规定：

1 预制混凝土梁现浇桥面板的混凝土浇筑宜连续全断面一次浇筑，浇筑顺序自一端开始全宽同时浇筑，横桥方向宜先中梁后边梁及悬臂板的浇筑；

2 预制混凝土主梁按设计要求可架设在桥墩临时支座上，也可架设在施工支架临时支点上，施工阶段主梁按简支状态工作，主梁安装位置高程应符合设计要求；

3 主梁在施工阶段按简支状态架设，在桥墩上可用硫磺水泥垫块作临时支座，施工支架上宜用砂箱等落架装置做支点，便于解除临时支座时融化或卸落；

4 预制主梁上现浇钢筋混凝土桥面板施工，应符合本规程第 15.4 节的规定；

5 主梁合龙段混凝土浇筑前，应完成永久支座安装、接头钢筋连接、预应力成孔管道安装、预制主梁端面剪力键的凿毛、清除浮浆等工作；

6 预制主梁的合龙段现浇混凝土应和现浇横梁、桥面板同时浇筑，合龙段最小长度应满足钢筋联结和预应力孔道设置需要。合龙段浇筑用混凝土应选用补偿收缩混凝土，每一联连梁的合龙段混凝土浇筑工作应与横梁、桥面板同时完成，并应加强养护减少收缩；

7 现浇合龙段及横梁、桥面板混凝土强度达到设计要求后，方可穿束张拉施加预应力，待孔道压浆强度达到设计要求后，方可解除临时支座、卸落施工支架、转换体系，由简支状态转换成连续梁工作。

地方标准信息服务平台

16 钢筋混凝土梁桥预制装配化施工

16.1 一般规定

16.1.1 钢筋混凝土预制梁宜进行工厂化生产制作。梁体预制方案制定及资源配备应以标准构件连续生产为主。

16.1.2 预制梁预制与安装，应由持证上岗人员操作。

16.1.3 梁体预制前应根据其设计参数、工程特点、工期、成本等条件做好技术方案、人员、设备工装等准备工作。

16.1.4 预制梁外形尺寸应符合设计要求，对于需控制成桥线性的梁体，应考虑其自重、张拉、混凝土收缩、徐变、温差等因素对成桥线形的影响。

16.1.5 钢筋加工及绑扎应满足设计尺寸及保护层要求。钢筋绑扎应尽量整体绑扎。钢筋的绑扎、安装应按设计图纸施工，钢筋的型号、数量、位置应与图纸符合，绑扎应牢固。钢筋骨架的长、宽、高尺寸偏差应控制在规范允许偏差之内。

16.1.6 模板的使用应考虑连续周转生产的变形及损耗，标准梁体的模型及特殊部位模型宜单独配备及周转生产。

16.1.7 预制梁体内的预埋件应满足安装牢固、位置准确、避免冲突、便于封堵或拆除。和结构有关的预埋件应满足设计相关要求，影响结构受力的预埋件应进行局部防裂加强。

16.1.8 预拌混凝土运出至出料完成持续时间应满足设计要求。梁体预制应采用泵送混凝土连续灌注、一次成型，浇筑过程中应控制混凝土坍落度，浇筑时间应满足设计要求且不得超过混凝土的初凝时间。

16.1.9 梁体养护应根据梁体型号、环境气候、天气气温变化等合理制定养护方案，并应符合本规程相关规定。

16.1.10 梁体安装前的混凝土强度和弹性模量应满足设计要求。

16.2 预制梁安装

16.2.1 预制梁运输应符合下列规定：

- 1 梁体装卸及运输过程中，应采取有效措施防止梁体产生损伤；
- 2 运梁前应检查确认运梁设备通过的路线和结构物能满足运梁车的荷载要求。运梁线路的纵向坡度、横向坡度、最小曲线半径和路面宽度等应满足运梁设备的行走要求；
- 3 预制梁运输应安全通过行车路线沿线的桥涵、隧道、铁路箱涵、人行天桥等限高构筑物；
- 4 应安全通过沿线跨路电气线及施工现场的临时架空电线。应与沿线的高压线保持安全距离；

5 在梁体运输过程中，运输车起步和运行应缓慢，平稳前进，不得突然加速或紧急制动。运梁车行走速度宜控制在 5 km/h 以内，通过曲线或坡道处，行走速度宜控制在 3 km/h 以内；

6 当运梁车在已架设好的梁上通过时，应进行验算复核。

16.2.2 简支梁的安装应符合下列规定：

1 施工场地应稳固、平整，安装前应对墩台的施工质量进行检验，并应对支座或临时支座的平面位置和高程进行复测，合格后方可进行梁的安装；

2 当施工现场风力 6 级（含）以上时，不得进行吊装作业；风力超过 10 级时应应对架桥机进行锚定；气温低于 -20℃ 时，应停止架梁作业；

3 安装方法和安装设备应根据梁体的重量、结构特点及现场条件等综合确定，并应制订专项施工技术方案、安装工艺和安全技术方案，对安装设备的强度、刚度和稳定性进行必要的验算；

4 采用起重机安装梁体时，起重机工作半径和高度的范围内不得有障碍物。不得起重机斜拉斜吊，不得轮胎起重机吊重物行驶。如采用 1 台起重机吊装，应在吊点位置设置吊架或起吊扁担；如采用双机抬吊同一构件时，应统一指挥，协调作业；

5 采用架桥机进行安装作业时，其抗倾覆稳定系数应不小于 1.3；架桥机过孔时，应将起重小车置于对稳定最有利的位罝，且抗倾覆稳定系数应不小于 1.5；风荷载较大时应采取防止横向失稳的措施。架桥机移动过孔时，不得行人、车辆和船舶在作业区域的桥下通过。当架桥机在高压输电线路下作业时，不能达到国家有关规定的施工安全距离的，应编制专项施工方案，并按规定对架桥机和施工人员采取有效防护措施，且架桥机应按规定进行接地；

6 采用跨墩龙门吊进行安装作业时，龙门吊应根据梁的质量、高度及跨度进行选型和设计，且门架应高出桥墩顶面 4 m 以上。龙门吊轨道基础应坚实、平整，轨道应直顺，且两侧轨道应等高。两台龙门吊抬梁升降速度、高度及横向移梁速度应保持一致，不得出现梁体倾斜、偏转和斜拉、斜吊现象；

7 梁体就位后，应及时采取有效措施将梁体临时固定。对于 T 形梁应与先安装的梁体进行可靠的横向连接，防止倾倒。吊装 T 梁时，第一片梁就位后应立即设置保险垛或支撑将梁固定，应有抗倾覆措施，固定好后吊车再摘钩。以后每片梁就位后应立即用钢筋或钢板与前一片梁的横向预埋钢筋或钢板焊接牢固再摘钩，防止 T 梁倾倒；

8 安装在同一孔跨的梁体，其预制施工的龄期差不宜超过 10 d，梁体上有预留孔道的，其中心应在同一轴线上，偏差不得大于 4 mm。梁体之间的横向湿接缝，应在一孔梁全部安装完成后方可进行施工。

16.2.3 先简支后连续梁符合下列规定：

1 先简支安装的梁，除应符合第 16.1.3 条的规定外，尚应设置临时支座。临时支座的形式和位置应符合设计要求，梁底与支座应密贴；同一片梁中的临时支座的顶面相对高差应小于 2 mm；

2 简支变连续的施工程序应按设计要求进行，且应在一联梁全部安装完成后方可浇筑湿接头混凝土；

3 湿接头浇筑混凝土之前处应进行粗糙化处理，混凝土宜在一天中气温相对较低且均匀稳定的时段浇筑，且一联中的全部湿接头应一次浇筑完成。湿接头混凝土的养护时间应不少于 14d；

4 湿接头预应力张拉及孔道压浆应符合设计要求，当浆体达到规定强度后，方可拆除临时支座，按设计要求的顺序完成体系转换。同一榀梁的临时支座应同时拆除。

5 仅桥面连续的梁、板，应按设计要求施工。

16.2.4 预制梁安装的允许偏差应符合表 16.2.4 的规定。

表 16.2.4 梁、板安装允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
平面位置	顺桥纵轴线方向	10	每个构件	1	用经纬仪测量
	垂直桥纵轴线方向	5		1	
焊接横隔梁相对位置		10	每处	1	用钢尺量
湿接横隔梁相对位置		20		1	
伸缩缝宽度		+10 -5	每个构件	1	
支座板	每块位置	5		2	
	每块边缘高差	1	2	用钢尺量，纵、横各 1 点	
焊缝长度		不小于设计要求	每处	1	抽查焊缝的 10%
相邻两构件支点处顶面高差		10	每个构件	2	用钢尺量
块体拼装立缝宽度		+10 -5		1	
垂直度		1.2%	每孔 2 片梁	2	用垂线和钢尺量

16.3 预制节段逐跨拼装

16.3.1 预制节段逐跨拼装应符合下列规定：

- 1 预制节段逐跨拼装预应力混凝土梁桥应符合设计要求；
- 2 当设计未要求时，应符合本规程本节的规定；
- 3 预制节段出厂安装前应验收合格；预制节段的加工尺寸及混凝土强度应符合设计要求。预制节段胶粘剂性能指标应符合设计要求及现行产品标准规定。预制节段应按专项方案规定的吊装顺序编号。

16.3.2 节段预制应符合下列规定：

- 1 节段预制可采用短线法或长线法，节段预制前应根据实际条件综合考虑后确定采用短线法或长线法进行节段的预制。节段预制宜采取短线密贴镶合匹配浇筑法或长线密贴法施工工艺；
- 2 模板都应具备足够的刚度以避免在混凝土浇筑过程中发生变形而使节段在拼装时发生困难。每次安装、调整模板时，应检查模板的几何尺寸和空间坐标位置，以保证预制节段的几何尺

寸与线形都符合设计的要求，在进行曲线段节段预制时应加强检查；

3 预应力管道成型采用抽拔式橡胶硬管，以保证相邻节段接合面上的预应力管道位置一致、顺畅，橡胶硬管应深入前一节段预应力管道内，深入长度不宜小于 0.7 m；

4 按节段拼装施工的要求，在节段上设置的预埋件、预留孔、局部加固构件、节段间临时张拉的预紧结构，均应符合设计要求；

5 预制前，首先应建立精密的水平控制网和高程控制网，采用短线法预制节段时，前一节段产生的偏差应在后续节段预制前予以纠正。

6 长线法预制节段应符合下列规定：

1) 同一连续匹配浇筑的节段应在同一个长线台座上制作；台座应坚实可靠，地基变形应满足节段预制精度要求；

2) 模板宜采用钢模板。模板及支撑应满足刚度、承载能力、稳定性和多次使用的要求。

7 短线法预制节段应符合下列规定：

1) 端模及侧模应采用钢模板，端模应铅直、牢固，匹配节段移出就位时应根据梁体曲线精确定位，待浇节段的侧模及底模应符合节段的线形要求；

2) 匹配节段应有可靠精确的空间调整装置；

3) 模板应与匹配节段连接紧密、无漏浆，并应满足反复使用的质量要求；

4) 内模宜安装在可移动的台车支架上做成可调整的模板系统，应保证其刚度及承载能力满足节段预制的精度要求。

8 节段预制材料的选取应符合设计要求，混凝土性能除应符合现行国家标准有关的规定外，还应符合设计对弹性模量、收缩、徐变等方面的具体要求；

9 节段混凝土的浇筑应按一定厚度、顺序和方向分层浇筑，分层厚度不宜大于 300 mm。混凝土入模温度不宜超过 32℃；混凝土应振捣密实，振捣时应避免碰及管道、钢筋、模板、混凝土剪力键及预埋件；浇筑过程中应控制混凝土坍落度；混凝土的浇筑时间不得超过混凝土的初凝时间；

10 节段脱模时间应符合设计要求。当设计无要求时，在混凝土抗压强度符合设计强度标准值的 75 % 的要求后，方可拆除内外模板。当需进行横向预应力张拉时，内外模板的拆除应在横向预应力张拉后进行。脱模或移动节段时，应防止伤及梁体棱角及剪力键。节段脱模后应及时检查验收；

11 节段应满足设计要求的存放时间。当设计无要求时，不宜少于 14 d；

12 节段变形控制：节段预制时，应保证节段在用作为匹配节段时，其本身的几何尺寸与浇筑之前模板的尺寸相一致，应消除由于模板变形、拆除翼缘部分外模后而产生的混凝土结构变形以及由于横向预应力张拉而引起的变形等一系列因素而对下一节段预制所产生的影响，防止新的

节段原始误差过大；

13 节段吊离台座、移运、堆放时，混凝土的强度不得低于设计要求。移运、吊放节段应匀速、缓慢，应根据运输道路条件、节段质量、节段尺寸等因素选择合适的场外运输设备。

16.3.3 节段拼装施工准备应符合下列规定：

1 节段拼装施工前，应编制专项施工方案，明确各项工序的技术要求、安全措施与应急预案，做好拼装前各项准备工作，并应做好技术、质量、安全与文明施工交底；

2 下部结构施工时应预埋节段拼装施工所需的预埋件与预留孔，并保证埋设精度。应对预埋件或预留孔洞采取有效的保护措施。施工中所采用的临时性工艺以及所设置的预埋件或预留孔，应进行核算并确认；

3 应制定包括节段预制及架设全过程在内的完整的测量控制方案。宜采用线形控制软件技术，用于控制匹配浇筑节段的几何尺寸、轴线位置，以及拼装成桥的线形精度；

4 应对各施工工况下的桥梁上、下部结构在拼装过程中各种工况的安全性进行验算及复核。

16.3.4 架桥拼装设备应符合下列规定：

1 架桥拼装设备：应根据整跨桥梁的设计质量和现场条件选定架桥机。在确定承载主梁的最大承载力时，应考虑施工荷载的作用；

2 用于节段拼装的架桥机或其它起重拼装设备，在完成安装、调试后，应进行起吊试验。起吊试验的荷载分别取 1.25 倍设计荷载的静荷载和 1.1 倍设计荷载的动荷载进行，经检查及起吊试验后方可正式进行节段的起吊拼装作业；

3 架桥机组装前应根据产品使用说明书和供应商提供的拼装方法编制专项方案（或作业指导书），向作业人员进行安全技术交底，应按规定程序组装调试。应根据架桥机性能，按国家有关规定、架桥机设计要求和架桥机使用说明书要求，制订操作工艺细则及安全操作细则，不得超范围使用；

4 应按设备供应商提供的拼装方法，将架桥机在临时基础或桥台上进行整体组拼。拼装完成后，对架桥机进行了整机性能检验，保证架桥机的正常运行；

5 整机性能试验分外观检查、吊装小车起重能力检验、架桥机桁架满载试验三个阶段。外观检查通过目测、尺量等简单方法对架桥机钢结构外观进行了全面的检查，包括桁架高度、轨道直顺度、高强螺栓拧紧情况等方面，应达到设计要求。吊装小车起重能力检验分为起重机空载运行检验、起重机额定荷载动载试验及其他产品说明书规定的试验。架桥机桁架满载试验测试内容是在主桁最不利工况和悬臂过孔工况时，对关键截面、关键杆件的应力及架桥机桁架的挠度进行测试；

6 架桥机主梁（主桁）挠度在满载工况下，不得大于 $L/500$ 。

16.3.5 逐跨拼装应符合下列规定：

- 1 预制节段的提升应匀速、缓慢，提升速度宜控制在 2 m/min 内；
- 2 悬挂状态下的节段之间应设置防止碰撞的垫块；
- 3 当采用下行式架桥机施工时，应采取有效措施抵抗支承面倾斜时节段对支承系统产生的水平分力；
- 4 当采用上行式架桥机施工时，应错层悬挂节段，错层的节段个数及节段纵向间距应满足拼装工艺的要求；
- 5 节段拼装时，应对第一节段的空间位置进行临时定位、固定；
- 6 节段拼装过程中，应逐块控制、复核节段梁的轴线和高程，并按设计线形及时调整；
- 7 临时预应力筋的布置应符合设计要求，并应满足多次张拉的作业要求。当设计对张拉力未进行要求时，节段拼接面的混凝土压应力不得小于 0.3 MPa 。临时预应力筋应在结构永久预应力施工完成后方可拆除。

16.3.6 悬臂拼装应符合下列规定：

- 1 施工前应按施工荷载对起吊设备进行强度、刚度和稳定性验算，其安全系数不应小于 1.5 ；
- 2 悬臂拼装作业时，桥墩两侧的节段应对称提升，且应保证桥墩两侧平衡受力，最大不平衡力应符合设计要求；
- 3 在悬臂拼装施工过程中，应跟踪监测各节段梁体的挠度变化情况，控制其轴线及高程；当实测梁体线形与设计值有偏差时，应及时进行调整。

16.3.7 悬臂拼装的合龙和体系转换施工应符合下列规定：

- 1 合龙顺序应按设计要求进行，合龙前应对两端悬臂梁段的轴线、高程和梁段的偏移值进行观测，并应根据实际观测值进行合龙施工的计算，确定合龙程序和调整参数；
- 2 合龙完成后应尽快拆除墩顶节段临时固结装置以及合龙梁段间的临时固结装置，并按设计要求的程序完成体系转换和支座反力的调整。

16.3.8 节段拼装的预应力施工应符合本规程第8章的规定，并应符合下列规定：

- 1 临时预应力应根据节段的断面形式均匀布置，临时预应力的张拉力应符合设计要求，并应满足反复多次张拉的作业要求。在结构永久预应力施工完成后方可拆除临时预应力钢束；
- 2 对采用湿接缝的节段，应在接缝混凝土强度达到设计强度的 75% 以上时方可对其施加预应力；
- 3 后穿的预应力筋由多根钢丝或钢绞线组成时，宜预先编束并整束穿入孔道内，且应对成品体外预应力筋做好保护，不得在其上堆放物体或抛物撞击；
- 4 节段完成预应力张拉后，方可放松起吊吊钩，并应立即进行压浆和封锚。纵向预应力孔道宜采用真空压浆，抽真空时的负压不应小于 0.06 MPa 。

16.3.9 节段拼装胶接缝应符合下列规定：

1 胶接缝施工前应先试拼，复测并调整节段高程、中线，确保符合设计要求，并应清除拼接面上浮浆、杂质、隔离剂，并保持干燥；

2 环氧树脂胶浆应根据施工环境温度、固化时间和强度要求选定配方，固化时间应根据操作需要确定，不宜少于 10 h，在 36 h 内达到梁体设计强度。环氧树脂胶浆进场后，应对其力学性能及作业性能进行抽检，各项性能应满足结构与节段拼装施工的要求；

3 粘结剂应采用机械拌和，在使用过程中应连续搅拌并保持其均匀性。在冬季低温条件下使用粘结剂时应采取保温措施；

4 粘结剂应涂抹均匀并覆盖整个匹配面，涂抹厚度不宜超过 3 mm。对胶接缝施工临时预应力进行挤压时，应确保粘结剂能够全断面均匀挤出，并及时清理挤出的胶浆，胶接缝的挤压应在 3 h 以内完成；粘结剂在涂抹和挤压时，应采取措施对预应力孔道进行防护，防止粘结剂进入孔道内。

16.3.10 节段拼装湿接缝应符合下列规定：

1 湿接缝的端面应凿毛清洗；

2 波纹管伸入两梁体长度不得小于 50 mm，并进行密封；

3 湿接缝混凝土强度宜高于梁段混凝土一个等级，待接缝混凝土达到设计强度后方可拆模、张拉预应力束。

地方标准信息服务平台

17 拱桥

17.1 一般规定

17.1.1 拱桥施工前应编制施工组织设计，并按施工组织设计和施工方案施工，对施工全过程应进行监测和控制。

17.1.2 混凝土就地浇筑施工的技术要求应符合本规程第7章的规定。钢管混凝土拱桥、劲性骨架拱桥及钢拱桥的钢构件制造应符合本规程第21章的规定。

17.1.3 装配式拱桥构件在脱模、移运、堆放、吊装时，混凝土的强度不得低于设计要求的强度，一般不得低于设计强度的75%。

17.1.4 拱圈（拱肋）放样应符合下列规定：

- 1 样台应平整坚固，不变形；
- 2 放样的比例应为1:1；
- 3 宜采用半跨放样；
- 4 放样时，水平长度偏差及拱轴线偏差，当跨度大于20m时，不得大于计算跨度的1/5000；当跨度等于或小于20m时，不得大于4mm。

17.1.5 拱圈（拱肋）放样时应按设计要求预加拱度。当设计无要求时，可根据跨度大小、拱架类型、拱架刚度、地质情况和恒载大小等因素决定，拱顶宜取计算跨度的1/500~1/1000，并应符合下列规定：

- 1 拱桥的预加拱度在拱顶宜为总量，拱脚为零，其间接二次抛物线计算分配于各节点；对于小跨度拱桥可简化按直线比例分配；

- 2 大跨度拱桥的预加拱度，应符合设计要求。

17.1.6 拱架应按设计制造，并在放样台上放样，制成样板。采用常备构件拼装拱架，应进行刚度和稳定性验算。

17.1.7 拱架支承部分应置于可靠地基上，不得产生不均匀下沉。钢拱架在安装前，应对高程、中线和跨度复测无误后，方可安装。

17.1.8 拱架无支承安装方法可采用悬臂拼装，半跨转体、浮运架设、悬索拼装等，也可综合使用上述方法。钢拱架采用无支承安装方法时，应满足设计要求。

17.1.9 拱架安装固定后，应测出拱架各节点高程，再安装梳形木。梳形木顶部高程允许偏差应满足现行国家标准相关规定。

17.1.10 拱圈（拱肋）施工时，钢拱架不宜发生温度变形（包括因单侧日晒引起的扭曲现象）。

17.1.11 多跨连续拱桥，相邻孔的施工顺序应按设计控制条件确定，减少相邻孔所产生的不平衡水平推力。

17.1.12 拱圈（拱肋）使用千斤顶调整应力时，应按设计要求进行，千斤顶在拱圈截面内位置偏差不得大于 10 mm。全部千斤顶应联成一个或两个系统，并分别控制。千斤顶应具有保险装置，顶具及油压表在使用前应校正。千斤顶应在填塞的混凝土砌体达到设计强度后拆除，拆除顺序应对称由两边向中间进行。

17.1.13 当拱圈（拱肋）混凝土（砂浆）达到设计强度 70% 时，在未砌筑拱上结构前，宜先卸落拱架，使之脱离拱圈（拱肋）。对于中小跨度石拱桥也可在拱上结构全部完成，待拱圈（拱肋）及拱上结构混凝土（砂浆）分别达到设计强度后一次拆除拱架。各片拱架应同时卸落，依次拆除。拆除拱架时，应对称、少量、多次、逐步完成，并应观测、记录拱圈（拱肋）的变形。

17.1.14 当多孔拱桥的桥墩设计允许承受单孔施工荷载时，可单孔拆除拱架。当利用空腹式拱桥的拱圈设置吊点拆除拱架时，应验算拱圈应力。

17.2 砌体拱桥

17.2.1 砌体拱桥材料应符合下列规定：

1 拱石和混凝土预制块强度等级，应符合设计要求，并应符合本规程第 9 章、第 7 章的有关规定；

2 砌体所用水泥砂浆的强度等级应符合设计要求。当设计无要求时，拱圈跨度小于或等于 30 m 的不得低于 M10，大于 30 m 的不得低于 M15；

3 拱石加工前，应按砌缝和预留空缝的位置和宽度，统一规划，并应符合设计要求和本规程第 9 章的规定。

17.2.2 砌筑程序应符合下列规定：

1 砌筑拱圈前，应根据拱圈跨径、矢高、厚度及拱架的情况，设计拱圈砌筑程序，砌筑时，须设置变形观测缝，随时观测拱架的变形情况，必要时对砌筑程序进行调整，控制拱圈的变形；

2 跨径小于等于 10 m 的拱圈，当用满布式拱架砌筑时，可从两端拱脚起顺序向拱顶方向对称、均衡地砌筑，最后砌拱顶石。当用拱式拱架砌筑时，宜分段、对称地先砌拱脚段和拱顶段，后砌 1/4 跨径段（Ⅲ），两半跨应同时对称地进行；

3 跨径 13 m~20 m 的拱圈，每半跨均应分成三段砌筑，先砌筑拱脚段、后砌 1/4 跨径段，两半跨应同时对称进行。隔开砌的拱段，其倾斜角大于砌块与模板间的摩擦角时，应在拱段下侧临时设置支撑；

4 跨径大于等于 25m 的拱圈，砌筑程序应符合设计要求。一般采用分段砌筑或分环分段相结合的方法砌筑，必要时应对拱架预加一定的压力。分环砌筑时，应待下环砌筑合龙、砌缝砂浆强度达到设计强度的 75 % 以上后，再砌筑上环；

5 多孔连续拱桥拱圈的砌筑，应考虑连拱的影响，制定相应的砌筑程序。

17.2.3 空缝的设置和填塞应符合下列规定：

1 砌筑拱圈时，应在拱脚、拱顶石两侧、分段点等部位临时设置空缝；小跨径拱圈不分段砌筑时，应在拱脚附近临时设置空缝；

2 设置和填塞空缝时，应符合下列规定：

1) 空缝的宽度，在拱圈外露面应与相应类别砌块的一般砌缝相同。当拱圈为粗料石时，为便于砂浆的填塞，可将空缝内腔宽度加大至 30 mm~40 mm。为保证空缝的宽度，当拱圈跨径大于等于 16 m 时，拱脚部位附近的空缝宜用铸铁垫隔，其他部位的空缝可用 M2.5 水泥砂浆块垫隔；

2) 用于空缝两侧的拱石，靠空缝一面应加工凿平；

3) 空缝的填塞，应在砌缝砂浆强度达到设计强度的 70 % 后进行，填塞时应分层捣实；

4) 填塞空缝宜使用 M2.5 以上或体积比为 1: 1 的半干硬水泥砂浆；

5) 空缝的填塞顺序视具体情况确定，可由拱脚逐次向拱顶对称填塞，或先填塞拱脚处，次填塞拱顶处，然后自拱顶向两端对称逐条填塞，所有空缝也可同时填塞。

17.2.4 拱圈合龙及拱上结构砌筑应符合下列规定：

1 拱圈封拱合龙时的温度、砂浆强度和封拱方法应符合设计要求，设计无要求时，应符合下列规定：

1) 封拱合龙宜在接近当地年平均温度或 5℃~15℃ 时进行；

2) 分段砌筑的拱圈应在填塞空缝的砂浆强度达到设计强度的 50 % 后进行，采用砂浆封顶的拱圈应待砂浆强度达到设计强度的 70 % 后进行；

3) 封拱合龙前用千斤顶施加压力的方法调整拱圈时，砂浆强度应达到设计强度。

2 拱上结构的砌筑应符合下列规定：

1) 拱上结构在拱架卸架前砌筑时，应待拱圈合龙砂浆强度达到设计强度的 30 % 以上后进行；

2) 当先送架后砌拱上结构时，应待拱圈合龙砂浆强度达到设计强度的 70 % 以上后进行；

3) 采用分环砌筑的拱圈，应待上环合龙砂浆强度达到设计强度的 70 % 以上后进行；

4) 采用施加压力调整拱圈应力时，应待封拱砂浆强度达到设计的规定后砌筑拱上结构；

5) 拱上结构一般应由拱脚至拱顶对称、均衡地砌筑。

17.3 拱架上浇筑混凝土拱圈

17.3.1 跨径小于 16 m 的拱圈或拱肋混凝土，应按拱圈全宽度从两端拱脚向拱顶对称地连续浇筑，并在拱脚混凝土初凝前全部完成。若预计不能在限定时间内完成，应在拱脚预留一个隔缝并最后浇筑隔缝混凝土。

17.3.2 跨径大于或等于 16 m 的拱圈或拱肋，应沿拱跨方向分段浇筑。分段位置应以能使拱架受力对称、均匀和变形小为原则，拱式拱架宜设置在拱架受力反弯点、拱架节点、拱顶及拱脚处；满布式拱架宜设置在拱顶、L/4 部位、拱脚及拱架节点等处。各段的接缝面应与拱轴线垂直，各分段点应预留间隔槽，其宽度宜为 0.5 m~1.0 m。有钢筋接头的分段点接缝面宽度应满足钢筋接头的需要。

17.3.3 分段浇筑程序应符合设计要求，应对称于拱顶进行，使拱架变形保持均匀和最小，并应预先做出设计。分段浇筑时，各分段内的混凝土应一次连续浇筑完毕，因故中断时，应浇筑成垂直于拱轴线的施工缝；如已浇筑成斜面，应凿成垂直于拱轴线的平面或台阶式接合面。

17.3.4 间隔槽混凝土，应待拱圈分段浇筑完成后且其强度达到设计强度的 75%，且接合面按施工缝处理后，由拱脚向拱顶对称进行浇筑。拱顶及两拱脚间隔槽混凝土应在最后封拱时浇筑。封拱合龙温度应符合设计要求，如设计无要求时，宜在接近当地年平均温度或 5℃~15℃ 时进行，封拱合龙前用千斤顶施加压力的方法调整拱圈应力时，拱圈（包括已浇间隔槽）的混凝土强度应达到设计强度。

17.3.5 浇筑大跨径钢筋混凝土拱圈（拱肋）时，纵向钢筋接头应安排在设计要求的最后浇筑的几个间隔槽内，并应在这些间隔槽浇筑时再连接。

17.3.6 浇筑大跨径拱圈（拱肋）混凝土时，宜采用分环（层）分段浇筑，也可沿纵向分成若干条幅，中间条幅先行浇筑合龙，达到设计要求后，再按横向对称、分次浇筑合龙其他条幅。其浇筑顺序和养护时间应根据拱架荷载和各环负荷条件通过计算确定，并应符合设计要求。

17.3.7 大跨径钢筋混凝土箱形拱圈（拱肋）可采取在拱架上组装并现浇的施工方法。先将预制好的腹板、横隔板和底板钢盘在拼架上组装，在焊接腹板、横隔板的接头钢筋形成拱片后，立即浇筑接头和拱箱底板混凝土，组装和现浇混凝土时应从两拱脚向拱顶对称进行，浇底板混凝土时应按拱架变形情况设置少量间隔缝并于底板合龙时填筑，待接头和底板混凝土强度达到设计强度的 75% 以上后，安装预制盖板、铺设钢筋并浇筑顶板混凝土。

17.4 劲性骨架浇筑混凝土拱圈

17.4.1 大跨径劲性骨架混凝土拱圈（拱肋）的浇筑，可采用分环多工作面均衡浇筑法、水箱压载分环浇筑法和斜拉扣挂分环连接浇筑法。浇筑前应进行加载程序设计，准确计算和分析钢骨架以及钢骨架与先期混凝土层联合结构的变形、应力和稳定安全度，并在施工过程中进行监控。

17.4.2 分环多工作面均衡浇筑劲性骨架混凝土拱圈（拱肋）时，各工作面可根据模板长度分成若干工作段，各工作面要求对称均衡浇筑，两对应工作面浇筑进度差不得超过一个工作段。

17.4.3 用水箱压载分环浇筑劲性骨架混凝土（拱肋）时，当混凝土浇筑至 L/4 截面区段，应控制好拱圈的竖向及横向变形，防止钢骨架杆件应力超过极限强度而导致失稳。为使混凝土适应钢骨架变形，避免开裂，浇筑第一环（层）混凝土时，可在 L/4 截面处设变形缝，变形缝宽 200 mm，

待浇完第一环混凝土后用高一级混凝土填实。

17.4.4 用斜拉扣挂分环连接浇筑劲性骨架混凝土拱圈（拱肋）时，应选择可靠和操作方便的扣挂及张拉系统，选好扣点和索力，设计好扣索的张拉与放松程序，以便有效地控制拱圈截面应力和变形，确保混凝土从拱脚向拱顶连续浇筑。

17.4.5 浇筑劲性骨架混凝土拱圈（拱肋）时，应控制钢骨架及先期混凝土层的竖、横向变形，其变形值应符合设计要求，相对高差和横向位移应符合检测标准，否则应采取纠正措施。

17.5 装配式混凝土拱桥

17.5.1 装配式拱桥施工应符合下列规定：

1 大、中跨径装配式箱形拱施工前，应掌握、核对各种构件的预制、吊运堆放、安装、拱肋合龙及施工加载等各个阶段强度和稳定性的设计验算；

2 墩、台帽建成后，应及时复测每根拱肋的拱座起拱线处的实际高程、跨间距离、拱座的横向间隔、拱座斜面的斜度及各几何尺寸，检查每根拱肋的实际跨长、几何尺寸及拱肋接头、吊环情况；当不符合要求时，吊装前应采取相应措施。拱肋上缘弧长宜小于设计弧长 5 mm~10 mm。

17.5.2 少支架安装拱圈应符合下列规定：

1 在条件许可的情况下，可采用少支架施工。支架的构造，应根据支架高度及荷载大小而定，并满足稳定性要求。地基承载力应经试验检测满足专项施工方案要求，水中支架应有针对漂浮物的防护措施；

2 吊装构件时，应结合实际情况和设备条件宜用自行式吊机或缆索吊机进行吊装，河中有水且通航条件满足时可用起重船进行吊装；

3 拱肋分段吊装搁在支架上以后，拱肋接头的连接处理应符合设计要求；

4 支架架设和拆卸的技术要求，除应符合本规程第 5 章的规定外，还应符合下列规定：

1) 当拱肋接头混凝土及拱肋横向联结构件混凝土的强度达到设计强度的 75% 或满足设计要求后，方可开始卸架，为避免一次卸架突然发生较大变形，可在主拱安装完成时，分两次或多次卸架，使拱圈及墩、台逐渐成拱受力；

2) 卸架前应对主拱圈的混凝土质量、拱轴线的坐标尺寸、卸架设备情况、气温引起拱圈变化情况、台后填土情况进行全面检查，符合设计要求后可卸架。卸架时应观测拱圈挠度和墩、台变位情况；

3) 拱上建筑宜在卸架后施工，其施工的技术要求应符合本规程第 17.7 节的规定；

4) 支架基础不得设置在有冻胀影响的土上。在严寒地区，主拱圈不宜在支架上过冬，支架宜在冰冻前拆除。

17.5.3 无支架安装拱圈应符合下列规定：

1 构件拼装应结合桥梁规模、河流、地形及设备条件采用适宜的吊装机具，各项机具设备和辅助结构的规格、型号、数量等均应按有关规定经过设计计算确定。缆索吊机在吊装前应按规定进行试拉和试吊；

2 拱肋吊装时，除拱顶段以外，各段应设一组扣索悬挂；

3 扣架的布置应符合下列规定：

1) 扣架宜设在墩、台顶上，扣架底部应固定，架顶应设置风缆；

2) 各扣索位置应与所吊挂的拱肋在同一竖直面内；

3) 扣架上索鞍顶面的高程应高于拱肋扣环高程；

4) 扣架应进行强度和稳定性验算。

4 各段拱肋由扣索悬挂在扣架上时，应设置风缆，其布置与安装应符合下列规定：

1) 拱肋分 3 段或 5 段拼装时，至少应保持 2 根基肋设置固定风缆，拱肋接头处应横向联结；

2) 固定风缆应待全孔合龙、横向联结构件混凝土强度满足设计要求后方可撤除；

3) 在河流中设置风缆时，应采取可靠的防护措施，防止风缆受到碰撞；

4) 情况复杂时应按有关规定对风缆进行专门设计；

5) 风缆经安装验收后方可投入使用。

5 多孔装配式拱桥吊装应按设计加载程序进行；

6 整根拱肋吊装或每根拱肋分两段预制、吊装、对中小跨径的箱形拱桥，当其拱肋高度大于跨径的 0.009 倍~0.012 倍，拱肋底面宽度为肋高的 0.6 倍~1.0 倍且横向稳定安全系数不小于 4 时，可采取单肋合龙，嵌紧拱脚后，松索成拱；

7 大、中跨径的箱形拱，其单肋合龙横向稳定安全系数小于 4 时，可先悬扣多段拱脚段或次拱脚段拱肋，然后用横夹木临时将相邻两肋联结后，安装拱顶段单根肋合龙，松索成拱。拱肋的合龙温度应符合设计要求，如设计无要求，宜在气温接近年平均温度（一般在 5℃~15℃）时进行；天气炎热时可在夜间洒水降温进行合龙；

8 当拱肋跨径不小于 80 m 或横向稳定安全系数小于 4 时，应采用双基肋合龙松索成拱的方式，即当第一根拱肋合龙并校正拱轴线，楔紧拱肋接头缝后，稍松扣索和起重索，压紧接头缝，但不卸掉扣索和起重索，待第二根拱肋合龙，两根拱肋横向联结固定好并拉好风缆后，再同时松卸两根拱肋的扣索和起重索；

9 当拱肋分 3 段吊装，采用阶梯形搭接接头时，宜先准确扣挂两拱脚段，调整扣索使其上端头较设计值抬高 30 mm~50 mm，再安装拱顶段使之与拱脚合龙。采用对接接头，宜先悬扣拱脚段初步定位，使其上端头高程比设计值抬高 50 mm~100 mm，然后准确悬扣拱顶段，使其两端头比设计值高出 10 mm~20 mm，最后放松两拱脚段扣索使其两端均匀下降与拱顶段合龙；

10 当拱肋分 5 段吊装时,宜先从拱脚段开始,依次向拱顶分段吊装就位,每段的上端头断面不得扭斜。首先使拱脚段的上端头较设计高程抬高 150 mm ~200 mm,次边段定位后,使拱脚段的上端头抬高值下降为 50 mm 左右,应保持次边段的上端头抬高值约为拱脚段的上端头抬高值的 2 倍关系,否则应及时调整,以防拱肋接头处开裂;

11 多段拱肋吊装,受施工条件或地形限制无法采用双肋合龙时,满足拱肋横向稳定安全系数不小于 4 且拱肋接头强度满足该施工阶段设计要求的前提下,对风缆系统进行专门设计并审批后,可采用单肋合龙;

12 在各段拱肋松索过程中,应符合下列规定:

1) 松索前应校正拱轴线位置及各接头高程;

2) 每次松索均应采用仪器观测,控制各接头、拱顶及 $1/4$ 高程,防止拱肋接头发生非对称变形而导致拱肋失稳或开裂;

3) 松索应按拱脚段扣索、次拱脚段扣索、起重索三者的先后顺序,并按比例定长、对称、均匀松卸;

4) 每次松索量宜小,各接头高程变化不宜超过 10 mm,每次松索压紧接头缝后应普遍旋紧接头螺栓一次。当接头高程接近设计值时,宜用钢板嵌塞接头缝隙,再将扣索、起重索放松到不受力,压紧接头缝,拧紧接头螺栓,同时用风缆调整拱肋轴线的横向偏位,并应观测拱肋各接头、 $1/8$ 跨及拱顶的高程,使其在允许偏差之内;

5) 大跨径箱形拱桥分 3 段或 5 段吊装合龙成拱后,根据拱肋接头密合情况及拱肋的稳定度,可保留起重索和扣索部分受力,等拱肋接头的连结工序宜在完成后再全部松索。

13 拱肋接头电焊作业应在调整完轴线偏差、嵌塞并压紧接头缝钢板之后和全部松索成拱之前进行。拱肋接头部件电焊时,应采取分层、间断、交错方法施焊,每层不可一次焊得过厚,以免周围混凝土烧坏。最后应将各接头螺栓拧紧并焊死。

17.6 钢管混凝土拱桥

17.6.1 钢管拱肋(桁架)加工制作应符合下列规定:

1 钢管混凝土拱桥所用钢管直径大于 60 mm 时应采用卷制焊接管,卷制钢管宜在工厂进行,并优先选用符合国家标准系列的成品焊接管;

2 成品管及制管用的钢材和焊接材料等应符合设计要求和现行国家标准的规定,具备完整的产品合格证明;

3 钢管拱肋(桁架)加工的分段长度应根据材料、工艺、运输、吊装等因素确定。在加工制作前,应根据设计图的要求绘制施工详图,包括零件图、单元构件图、节段单元图及组焊、拼装工艺流程图等。加工前应按半跨拱肋进行 1:1 精确放样,应考虑温度和焊接变形的影响,并

精确确定合龙节段的尺寸，直接取样下料和加工；

4 工地弯管宜采用加热顶压方式，加热温度不得超过 800℃。钢管对接端头应校圆，除成品管按相应国家标准外，失圆度不宜大于钢管外径的 0.003 倍。钢管的对接环焊缝可采用有衬管的单面坡口焊和无衬管的双面熔透焊。两条对接环焊缝的间距应符合设计要求，设计无要求时，直缝焊接管不小于管的直径，螺旋焊接管不小于 3 m。对接径向偏差不得超过壁厚的 0.2 倍。为减少运输及安装过程中对口处的失圆变形，应在该处加设内支撑；

5 拱肋（桁架）节段焊接宜与母材等强度焊接。所有焊缝均应按规定进行强度和外观检查，宜要求主拱的焊缝达到二级焊缝标准。对接焊缝应 100 % 进行超声检测，其质量检查标准应符合本规程第 21 章的规定；

6 桁架式钢管拱主管与腹管采用相贯焊接时，为避免和减少焊缝多次相交，宜采用自动或半自动的加工方式来保证相贯线和坡口的制作精度，对焊接材料和工艺的选择在满足焊接接头强度的原则下，应尽量提高接头的韧性指标；

7 在钢管拱肋（桁架）加工过程中，应根据施工工况设置混凝土压注孔、防倒流截止阀、排气孔及扣点、吊点节点板。如拱肋（桁架）节段采用法兰盘连接，并控制螺栓连接的精度，宜采用 3 段啮合制孔工艺。对压注混凝土过程中易产生局部变形的结构部位（如腹箱）应设置内拉杆；

8 钢管拱肋（桁架）节段形成后，钢管外露面应按设计要求做长效防护处理，宜采用热喷涂防护，其喷涂方式、工艺及厚度应符合设计要求。

17.6.2 钢管拱肋（桁架）安装应符合下列规定：

1 钢管拱肋成拱过程中，应同时安装横向联接系，未安装联接系的不得多于一个节段施工，否则应采取临时横向稳定措施；

2 节段间环焊缝的施焊应对称进行，施焊前需保证节段间有可靠的临时连接并用定位板控制焊缝间隙，不得采用堆焊。合龙口的焊接或栓接作业应选择在结构温度相对稳定的时间内尽快完成；

3 采用斜拉扣索悬拼法施工时，扣索与钢管拱肋的连接件应进行设计计算。扣索根据扣力计算采用多根钢绞线或高强钢丝束，安全系数应大于 2。

17.6.3 钢管混凝土浇筑应符合下列规定：

1 管内混凝土应采用泵送顶升压注施工，由两拱脚至拱顶对称均衡地一次压注完成。有腹箱的断面应先管后腹，除拱顶外不宜在其余部位设置横隔；

2 钢管混凝土应具有低泡、大流动性、收缩补偿、延后初凝和早强的工程性能；

3 钢管混凝土压注前应清洗管内污物，润湿管壁，泵入适量水泥浆后再压注混凝土。管内混凝土的压注应连续进行，不得中断，直至钢管顶端排气孔排出合格的混凝土时停止，完成后应关闭设于压注口的倒流截止阀；

4 钢管混凝土的质量检测办法应以超声波检测为主，人工敲击为辅；

5 为保证混凝土泵送工艺的顺利进行，对大跨径钢管混凝土拱桥，需按实际泵送距离和高度进行模拟混凝土压注试验。

17.6.4 桥面系安装应符合下列规定：

1 带有可靠锚头的吊杆宜采用具有良好力学性能和防腐效果的挤包护层扭绞成型拉索。纵、横梁安装完成后，按高程控制的吊杆应按设计要求进行内力调整（内力测定），再进行桥面施工；

2 预应力系杆应有可靠的防腐措施。位于拱肋及横梁上的吊杆锚头应做防水、防腐蚀、防老化的构造措施；

3 预应力系杆的张拉应与加载相对应。施工过程中除了应控制系杆的内力和伸长量外，尚应监测和控制关键结构的变位，不得超过设计允许范围。

17.7 拱上结构

17.7.1 拱上结构的立柱、横墙的基座，在施工前对其位置和高程复测检查，如超过允许偏差应予以调整。基座与主拱的联结应牢固。

17.7.2 大跨径拱桥的拱上结构，应按设计加载程序进行，使施工过程中的拱轴线与设计拱轴线尽量吻合，如有拱架应先卸除。如无设计加载程序，应根据施工验算由拱脚至拱顶均衡、对称加载，并加强施工观测。

17.7.3 在支架上浇筑的上承式拱桥，其拱上结构混凝土浇筑应在拱圈及间隔槽混凝土浇筑完成且封拱间隔槽混凝土强度达到设计要求强度以后进行；如设计无要求，可按达到混凝土设计强度的30%以上控制。如封拱前需在拱顶施加预压力，应达到设计强度的75%以上。在支架上浇筑的下承式或中承式拱桥，其悬吊桥面系混凝土应在拱架松落后进行浇筑，其吊杆混凝土应在桥面系完成后对称地浇筑。

17.7.4 在支架上浇筑的拱桥，其拱上结构混凝土的浇筑除应符合本规程第7章的规定外，还应符合下列规定：

- 1 立柱底座应与拱圈（拱肋）同时浇筑，立柱上端施工缝应设在横梁承托底面上；
- 2 桥面系的梁与板应尽量同时浇筑；
- 3 两相邻伸缩缝间的桥面板应一次浇筑完成。

17.7.5 中、小跨径装配式拱桥的拱上结构施工，应待主拱圈混凝土和砂浆强度达到设计强度的75%以上，少支架施工的应先卸除支架，可由拱脚至拱顶对称进行。

17.7.6 拱上腹拱圈施工时，相邻腹板的施工进度应同步，并监测腹拱圈所产生的推力对立柱或横墙的影响。

17.7.7 采用无支架施工的大、中跨径的拱桥，其拱上结构宜利用缆索吊装施工。

18 斜拉桥

18.1 一般规定

18.1.1 斜拉桥的索塔、主梁、拉索的模板、钢筋、混凝土及预应力应符合本规程第5、6、7、8章的规定。

18.1.2 斜拉桥施工应委托第三方对斜拉桥施工过程进行监测，施工各项参数应符合设计要求。

18.1.3 施工塔吊、工作电梯等设备应由具备相应资质的专业单位进行安装、调试与拆除。

18.2 索塔

18.2.1 应根据索塔的结构特点与设计要求选用适宜的施工方法与施工设备。除应采用塔吊、工作电梯之外，还应设置登高安全通道、安全网、临边护栏等安全防护装置。

18.2.2 索塔施工组织设计中除总体安全技术要求与措施外，还应对防范高空坠物以及对防范雷击、强风、寒暑、暴雨、飞行器等影响索塔施工安全的问题确定具体的防范措施，并应进行核实与检查。索塔施工的环境温度应以浇筑段的高空实测气温为准，冬季施工时应在模板设计方面考虑保温措施。

18.2.3 施工中所采用的支架与爬模、提模等模板结构均应进行专门设计，按施工阶段荷载验算其强度、刚度与稳定性。

18.2.4 索塔施工应选择天顶法或测距法等可靠易行的测量方法，方案设计、仪器选择和精度评价等应经过论证以保证索塔垂直度符合设计所要求的精度，内力与索管位置符合设计要求，并符合下列规定：

1 应在地面设置索塔轴线的控制桩作为索塔施工测量控制的基准点；

2 在主梁0号块施工完成后，应精确确定索塔的设计纵横轴线控制点，并在主梁0号块表面布置固定标志。

18.2.5 倾斜式索塔施工时，应根据各个施工阶段索塔的计算强度与计算变形数据，并依据结构设计要求，及时设置相应的横向支撑系统。

18.2.6 进行索塔横梁模板与支撑结构设计时，应考虑到支撑高度、结构重量、结构变形因素，并应考虑到环境温差、日照、风力等外界不利因素的影响，宜设置支座调节系统解决支撑结构变形问题，并按设计要求设置预拱度，体积过大的横梁可两次浇筑。

18.2.7 索塔施工中宜设置劲性骨架，索管空间定位和钢筋架立的精度应符合设计要求。具体的分段长度应根据索塔混凝土分节浇筑的高度、索管位置及吊装设备的能力综合确定，劲性骨架的接头形式及质量应满足设计要求。

18.2.8 钢索塔施工应符合下列规定：

- 1 钢索塔构件应由具有相应资质的企业制造；
- 2 钢索塔制作完成时应分节进行试拼装，试拼装合格后方可出厂；应根据不同的运输方式采取保护措施。节段构件的吊点、导向件及临时匹配件宜在厂内制作完成；
- 3 钢索塔安装应编制专项施工方案，钢索塔到达现场后应对各节段构件的编号和重量进行核对。对节段构件的起吊稳定性进行验算，并对关键部位进行临时加固后试吊，确认无误后方可正式起吊安装；
- 4 采用高强度螺栓连接或者焊接连接的钢索塔，其现场施工应符合本规程第 21 章的相关规定；
- 5 对异形结构索塔安装，应根据结构特点，选择合理的安装顺序和安装方法，验算索塔内力，控制成塔线形，合理设置临时支撑或拉杆；
- 6 钢索塔现场安装作业，应根据结构特点制订安全施工专项方案，并考虑施工环境和天气情况的影响，保证施工安全。

18.3 主梁

18.3.1 根据所采用的不同材料，斜拉桥主梁可分为混凝土主梁、钢主梁以及钢—混凝土叠合式主梁，应根据梁体类型、地理环境条件、交通运输条件、结构设计特点等综合因素选择适宜的施工方案与施工设备。

18.3.2 当设计采用非梁墩固结形式时，应采取相应措施使梁墩临时固结，并按照经设计确认的解除程序逐步解除临时固结，在解除过程中还应对拉索索力、主梁标高、塔梁内力与索塔位移进行测量与控制。

18.3.3 主梁施工时应缩短双悬臂持续时间，尽快使一侧固定，以减少风振的不利影响，必要时应采取临时抗风措施。

18.3.4 采用支架法现浇施工形成节段时，应消除温差、支架变形等因素对结构变形与施工质量产生的不良影响。支架搭设完成后应进行安全检查验收，必要时可进行压重荷载试验，加载重量和布载方式应等于节段混凝土重量和所有施工荷载之和。

18.3.5 采用挂篮法或悬拼法施工之前，挂篮或悬拼设备等主梁施工设备的所有构件全部制作完成后均应进行检验和试拼，合格后方可于现场进行整体组装，组装完成经过检验后还应根据设计荷载及技术要求进行预压，同时测定设备的整体刚度、检验其抗倾覆、移动与高程调整及其它技术性能，并消除非弹性变形。

18.3.6 挂篮法现浇主梁施工应符合下列规定：

- 1 采用挂篮法悬臂浇筑形成主梁节段时，应符合本规程内梁桥挂篮施工的有关规定；
- 2 挂篮可根据斜拉桥结构设计的特点采用悬臂式或拉索式，如采用拉索式挂篮，则在挂篮

结构设计主梁浇筑时应考虑到风振对挂篮本身及混凝土浇筑质量的影响。

18.3.7 悬拼法主梁施工应符合下列规定：

- 1 采用悬拼法进行主梁施工，应根据设计索距、吊装设备的能力以及预制场地的规模等综合因素确定单个节段的最大长度；
- 2 应根据结构设计竖曲线事先计算确定每个节段的空间位置，并使节段预制模板适应竖曲线的变化影响；
- 3 宜采用长线台座进行预制作业，并在梁体表面准确设置梁体轴线与高程控制点。如采用胶结缝材料作为接缝的粘结剂，还应采用啮合密贴浇筑工艺进行节段预制；
- 4 不得修补节段的拼接面。在节段拼接前应对节段的拼接面进行清扫，去除污垢、油污与混凝土残渣，保证拼接面清洁；
- 5 应事先选用适宜的接缝材料用于节段之间的拼接施工，并应采取有效措施避免接缝材料滴落对梁体下方的构筑物或交通造成影响。接缝材料的强度应大于混凝土结构设计强度，拼接作业时保证拼接面干燥；
- 6 梁体节段拼接过程中出现的累计误差，可通过现浇合龙段予以消除。节段拼接后应及时张拉相关的体内预应力与挂索张拉。

18.3.8 合龙段现浇混凝土施工应符合下列规定：

- 1 在梁体顶板与底板或腹板端部预埋临时连接钢构件，或设置临时纵向连接预应力索，实现梁体结构体系的先期合龙，随后再进行混凝土合龙施工，并按设计要求解除临时连接；
- 2 应不间断地观测合龙前数日的昼夜温度场变化与合龙高程及合龙口长度变化的关系，同时还应考虑风力对合龙精度与质量的影响，综合确定合龙施工时间；
- 3 合龙段现浇混凝土宜选择微膨胀低收缩混凝土；
- 4 合龙段浇筑后至纵向预应力索张拉前应禁止施工荷载的随意变动。

18.3.9 钢主梁、钢-混叠合梁应符合下列规定：

- 1 钢主梁应由具备相关资质的专业单位加工制作，并应在加工场内试拼检验合格后方可运至工地；
- 2 钢梁制作的材料应符合设计要求。焊接材料的选用、焊接要求、加工成品、涂装等项目的验收标准和检验内容均应符合本规程第 21 章的规定；
- 3 应不间断地观测合龙前数日的昼夜环境温度场变化、梁体温度场变化与合龙高程及合龙口长度变化的关系，确定合龙段的精确长度与适宜的合龙温度及实施程序，并应满足钢梁安装就位时高强螺栓定位所需的时间；
- 4 实地丈量计算合龙段长度时，应预估丈量以后再架设节段的弹性压缩值。

18.3.10 主梁施工前，应事先确定需要布置在主梁上的施工机具设备的数量、重量、位置及其在施工过程中的位置变化情况，不得随意增加设备或随意移动。

18.3.11 主梁施工中，应设置安全网、临边围护等防护措施。

18.4 拉索和锚具

18.4.1 拉索和锚具应符合下列规定：

1 拉索及其锚具应委托有资质的厂家制作，应按设计要求进行生产，并进行检测和验收。进场后应逐根核对每根拉索，拉索长度及端头锚固应符合设计要求；

2 斜拉索使用的原材料应符合现行国家有关标准的规定和设计要求；

3 锚具的动、静载性能应与锚具所对应的拉索相匹配，锚杯、锚板、螺母和垫块等主要受力件的半成品在热处理后应进行超声检测，探伤合格的方可进入下一道工序；

4 拉索成品、锚具交货时应提供产品质量证书和出厂检验报告、产品批号、设计索号及型号、生产日期、数量、长度、重量等；

5 拉索的运输和堆放应无破损、无变形、无腐蚀，成圈产品只能水平堆放。

18.4.2 拉索的安装应符合下列规定：

1 拉索安装前应根据索塔高度、拉索类型、拉索布置形式、拉索索距、拉索长度、拉索重量、拉索直径、拉索刚度、安装拉索时的牵引力以及施工现场状况等综合因素选择适宜的拉索安装方法和安装设备；

2 施工中不得损伤索体保护层和索端锚头及螺纹，不得对索体产生集中应力弯折索体；

3 钢绞线拉索安装时，应控制每一根钢绞线安装后的拉力差在 $\pm 5\%$ 内，并应及时设置临时减振器保护索体；

4 施工中，应采取措施将一侧拉索联结以抑制和减少拉索的振动，还应对索管与锚端部位采取防水、防腐和防污染措施。

18.4.3 拉索的张拉应符合下列规定：

1 拉索张拉的设备和方法应根据设计的索型、锚具、索距、布索方式、塔和梁的构造确定，并按规定进行校验；

2 拉索张拉的顺序、批次和量值应符合设计要求，以振动频率计测定的索力或油压表量值为准，以延伸量作校核，并应视拉索减振器及拉索垂度状况对测定的索力与延伸量予以修正；

3 钢绞线斜拉索整体张拉时，千斤顶安装对中误差不应大于 5 mm。在施工过程中，张拉时以主梁线型控制为主，索力控制为辅；

4 对称于索塔布置的拉索（组）应对称同步分级张拉，各点同级索力相对误差控制在 5% 以内，拉索最终索力误差控制在控制索力的 3% 以内。不对称的或设计拉力不同的拉索，应按设

计要求或确认的索力分级同步张拉；

5 当下列工况施工完成后，应采用传感器或振动频率测力计检测各拉索索力值，并根据拉索减振器以及拉索垂度状况对测定的索力进行修正，宜从超过设计要求最大或最小的拉索开始。

- 1) 每组拉索张拉完成后；
 - 2) 悬臂施工跨中合龙前后；
 - 3) 全桥拉索全部张拉完成后；
 - 4) 主梁体内预应力钢筋全部张拉完成且桥面及附属设施安装完成。
- 6 在施工中，应在拉索锚端及索管部位设置安全网、临边围护、操作平台等安全防护设施。

18.5 施工控制与索力调整

18.5.1 应采取适宜的方法进行施工控制，即对主梁各个施工阶段的拉索索力、主梁标高、塔梁内力以及索塔位移量等技术指标进行详细的监测，并及时将有关数据反馈，分析确定下一施工阶段的拉索张拉量值和主梁线形、高程及索塔位移控制量值等施工测量与控制要求，周而复始直至合龙。该项工作也可委托专业机构进行数据分析与控制。

18.5.2 施工控制的应符合下列规定：

- 1 在主梁悬臂施工阶段，应以标高控制为主，以确保主梁线形和顺、正确；
- 2 在主梁施工完成后，应以索力控制为主，以确保结构的整体内力和变形处于理想状态；
- 3 施工控制过程中所涉及的主要参数宜按下列内容控制：
 - 1) 变形：主梁线形、高程、轴线偏差、索塔的水平位移；
 - 2) 应力：拉索索力、支座力以及梁塔应力在施工过程中的变化；
 - 3) 节段自重、主梁材料的弹性模量及徐变系数、拉索弹性模量的理论值与实际值之间的差异与修正；
 - 4) 施工节段温度场分布。

18.5.3 主梁施工初期，宜采用经验参数或设计参数设置混凝土弹性模量、拉索弹性模量、混凝土徐变系数、节段混凝土及施工荷载重量、挂篮刚度等控制参数，并通过施工初期阶段若干节段的施工结果对上述参数进行验证与修正。

18.5.4 拉索的拉力误差超过10%（设计有要求时应按设计要求办理）时应进行调整。调索时应应对拉索索力、拉索延伸量、索塔位移与梁体标高进行监测并做好记录。

18.5.5 采用拉索式挂篮时，应将挂篮、索塔、主梁与拉索视为整体共同受力。

18.5.6 为避免日照与温差影响测量精度，宜选择在日出之前或日落之后进行测量工作，并在记录中注明当时当地的温度与天气状况。

18.5.7 测量与检测精度应符合设计要求，宜采用光电跟踪测量技术与计算机跟踪索力检测技术。

地方标准信息服务平台

19 转体桥

19.1 一般规定

19.1.1 转体桥施工主要适用于城市桥梁工程预应力混凝土连续梁、预应力混凝土连续刚构和斜拉桥水平转体（平转）工艺施工。

19.1.2 转体桥有墩顶转体或墩底转体两种型式。新建桥的转体形式、转体构造、转体工艺应符合设计要求。

19.1.3 不得在雷电、暴雨、大雪等极端天气和 6 级（含）以上大风天气状况下进行转体施工。

19.1.4 转体施工应编制监控方案，对转体施工进行施工监控。

19.1.5 转体桥施工涉及的模板与支架、钢筋、混凝土、预应力、砌体、钢制构件等均应符合本规程第 5、6、7、8、9、21 章的规定，并应符合本章规定。

19.2 连续梁、连续刚构水平转体

19.2.1 连续梁、连续刚构转体施工，其施工工艺宜按下列内容实施：

1 连续梁、连续刚构采用平转法墩底转体施工工艺流程：施工准备→设备安装与调试→试转→监控测量→转体→封固转盘→拆除索引设备→合龙段施作；

2 连续梁、连续刚构采用平转法墩顶转体施工工艺流程：施工准备→设备安装与调试→试转→监控测量→转体→拆除转体撑脚，墩顶垫石→顶梁，上下球铰脱离→永久支座安装，取出转体定位轴→梁段合龙。

19.2.2 转体前梁体采用悬臂浇筑时，应采取临时固定措施，保证施工期间梁体稳定。

19.2.3 连续梁、连续刚构施工涉及的模板与支架、钢筋、混凝土、预应力、钢制构件等均应符合本规程第 5、6、7、8、21 章的规定。梁体施工时应控制节段尺寸，防止不平衡力矩超限和梁体整体超重。

19.2.4 转体施工应进行转体结构稳定、偏心及牵引力计算。牵引设备宜按计算牵引力的 2 倍配置。

19.2.5 转体系统制作安装时应符合下列规定：

1 上、下转盘和转轴的制作安装精度及表面摩擦系数应满足设计要求；

2 浇筑于上转盘周边的辅助支腿应对称均匀布置，与下环道保持不大于 20 mm 的间距；

3 环形滑道基座应保持水平，滑道的平整度及辅助支腿与滑道的间距误差应符合设计要求。设计无要求时，滑道 3 m 长度内平整度不大于 ± 1 mm，径向对称点高差不大于环形滑道直径的 1/5000；

4 上、下转盘（球铰）安装就位后，应将上、下转盘（球铰）边缘的缝隙密封，不得有泥砂、杂物进入；

5 转盘（球铰）范围内的混凝土振捣密实。

19.2.6 转体系统应设置防超转限位装置。

19.2.7 转体牵引索预埋时应符合下列规定：

1 埋于上转盘的转体牵引索应牢固、圆顺，不得有弯折；

2 预埋于上转盘的转体牵引索固定端应与上转盘外圆相切，并处于同一水平面内；

3 预埋时应清除每根钢绞线表面的锈迹、油污后，逐根顺次沿着既定索道排列缠绕后，穿过顶推千斤顶；

4 预埋后外露钢绞线应采取措施、有效防护。

19.2.8 千斤顶应分别水平、对称地布置于转盘两侧的同一直线内，千斤顶的中心线应与上转盘外圆相切，中心线高度应与上转盘预埋钢绞线的中心线水平，千斤顶到上转盘的距离应相等。

19.2.9 转体施工应符合下列规定：

1 主梁梁体施工完成后，应拆除转盘上各临时支撑点，完成从主梁施工到梁体待转的体系转换；

2 清除转体范围内各种障碍物。转体前应对梁端与接应墩顶、边跨现浇段、对侧梁端（两连续梁对转时）进行空间碰撞检查，必要时对梁端伸出钢筋进行预弯；

3 环形滑道应清理干净、检查滑道与撑脚间隙，在滑道上、撑脚下应涂润滑剂；

4 应根据实测不平衡力距推算出所需配载重量，实际重心偏移量应满足设计偏心要求；

5 应对全桥各部位包括转盘、转轴、滑道、辅助支腿、牵引系统等进行测量、检查后，进行试转。试转过程中，应检查转体结构平衡情况和关键部位受力状态，并获取不同时长点动的转体数据；

6 主梁试转后，应根据量测监控所提供的数据情况，判断是否进行二次配重；

7 转动时应控制转速均匀，角速度不宜大于 0.02 rad/min 且桥体悬臂端线速度不宜大于 1.5 m/min ；

8 平转接近设计位置 1 m 时降低平转速度，结构旋转到距设计位置 0.5 m 时应放慢转速，宜改用点动牵引法就位。

19.2.10 转盘封固、转体合龙时应符合下列规定：

1 转体到位后，应精确测量、调整中线位置，并利用千斤顶调整梁体端部高程。调整就位后应将转盘固定，并及时浇筑转盘封固混凝土；

2 对墩底转体在上转盘制作时，宜在其上预留混凝土振捣孔、排气孔和用于处理转盘封固

混凝土的注浆孔；

- 3 合龙段施工应符合设计要求和本规程第 15 章的有关规定。

19.2.11 连续梁墩顶平转应符合下列规定：

1 应在转体桥墩顶设置转体工作平台，工作平台结构形式、使用性能和结构承载能力均应满足施工需要；

- 2 应根据设计设立临时支墩；

3 安装永久支座前的顶梁作业，其顶起高度不得超过设计要求值；当设计未要求时，一次最大顶升高度不得超过 5 mm。顶落梁时应以支反力控制施工，可在不大于设计计算支点反力值 ±10% 范围内调整梁底高程；

- 4 永久支座安装就位、体系转换完成后，取出球铰定位销并对球铰进行密封。

19.3 斜拉桥水平转体

19.3.1 斜拉桥转体施工应符合下列规定：

1 斜拉转体桥索塔、主梁的施工顺序应按设计要求施作；斜拉转体桥索塔、主梁预应力钢束施工工艺应符合设计要求；斜拉转体桥主梁纵向、横向、竖向预应力钢束张拉顺序、张拉工艺应符合设计要求；斜拉转体桥斜拉索施工工艺应符合设计要求；

2 转体系统零部件外加工工艺流程：转体系统另部件外加工→转体系统配合件、零部件试装→转体系统零部件验收；

3 斜拉桥转体工程工艺流程：索塔下转盘基础施作（预埋劲性骨架）→转体系统下转盘零部件安装→转体系统上转盘零部件安装→上转盘（牵引转盘）混凝土浇筑→塔梁固结段施作→支架法主梁施作→索塔施作→监控量测设备安装调试→斜拉索挂索及张拉→既有防护及转体安全防护设施安装架设→支架拆除→体系转换→转动体称重→转体设备安装调试→清除平转障碍物、拆除称重支架、拆除上、下转盘间的固定装置→复查转动体各部位→试转测试→匀速平转→实时监控→精定位→拆除索引设备→上下转盘固结→合龙段施作。

19.3.2 斜拉桥转体施工控制应符合本规程第 19.2 节转体施工控制的规定。

20 悬索桥

20.1 一般规定

20.1.1 施工前应根据悬索桥的构造和施工特点,制订有针对性的施工技术方案的和安全技术方案,同时应有计划地做好构件的加工、特殊机械设备的设计制作和必要的试验等施工准备工作,并按现行国家标准或行业标准对预加工的索股、索鞍、索夹等构件制作质量进行检测和验收。

20.1.2 施工过程中,应及时对成桥结构线形及内力进行监控,确保符合设计要求。

20.2 锚碇

20.2.1 重力式锚碇基坑开挖应符合下列规定:

- 1 基坑宜安排在枯水或少雨季节开挖;
- 2 基底应避免超挖,不得受水浸泡和受冻;
- 3 基坑及其周围有地下管线时,应在开挖前探明现况;
- 4 槽边堆土时,堆土坡脚距基坑顶边线的距离不得小于 1 m,堆土高度不得大于 1.5 m;
- 5 基坑挖至标高后应及时进行基础施工,坑壁应稳定。

20.2.2 重力式锚碇锚固体体系施工应符合下列规定:

- 1 型钢锚固体体系的钢构件应由工厂制作,现场应进行成品检验,确认符合设计要求;
- 2 预应力锚固体体系中,预应力张拉与压浆工艺,应符合设计和本规程第 6 章的要求。锚头应安装防护套,并注入保护性油脂。

20.2.3 隧道式锚碇在隧道开挖时应采用小药量爆破。开挖中应采取排水和防水措施,对于岩洞周围裂缝较多的岩石应加以处理。岩洞开挖到设计截面后,应及时支护并进行锚体混凝土灌筑。

20.2.4 锚碇混凝土的施工除满足第 5 章的有关规定外,尚应符合下列规定:

- 1 锚碇的基础和锚体应按大体积混凝土的要求施工,施工前应根据结构特点和施工条件编制专项施工技术方案;
- 2 隧道式锚碇的混凝土施工时,锚体混凝土应与岩体结合良好,宜采用自密实型微膨胀混凝土,保证混凝土与拱顶基岩紧密粘结;浇筑混凝土时洞内应具备排水和通风条件;
- 3 锚碇混凝土施工时应保证上部构造施工预埋件的安装质量。

20.3 索塔

20.3.1 索塔的施工方法宜根据结构特点、施工环境和设备能力等综合确定。索塔施工期间,应具有必要的起重设备和安全通道。索塔在施工过程中应对其施工状况进行监测和控制。施工完成

后，应测定裸塔的倾斜度、跨距和塔顶标高，并做好沉降、变位观测点标记。

20.3.2 混凝土索塔的施工应符合下列规定：

1 塔柱节段施工长度的划分，宜根据索塔结构形式、钢筋定尺长度和施工条件等因素确定；塔柱模板应具有足够的强度、刚度和稳定性，用于高塔且风力较大地区的模板应进行抗风稳定性验算；

2 塔座及塔柱实心段施工时，除应控制好模板的平面位置和倾斜度外，尚应对混凝土采取降低水化热和温度控制的措施；同时宜采取措施缩短塔座与承台、塔柱与塔座之间浇筑混凝土的间隔时间，间歇期不宜大于 10 d；

3 索塔施工时宜设置劲性骨架，所设置的劲性骨架应能起到保证钢筋架立、模板安装和拉索预埋导管空间定位精度的作用；劲性骨架宜采用型钢制作；

4 横梁施工时，应设置可靠的支架系统。支架系统应进行专门设计，其强度、刚度和稳定性应满足使用要求，同时应考虑变形和日照温差等因素对支架系统的不利影响。体积过大的横梁可沿高度方向分次浇筑，但分次浇筑的时间间隔不宜超过 10 d，并应采取措施防止施工接缝处产生收缩裂缝；分次浇筑时支架系统的设计宜考虑横梁的全部自重；

5 塔柱和横梁可同步施工或异步施工。但异步施工时塔柱与横梁之间浇筑混凝土的间隔时间不应超过 30d，并应采取措施使塔梁之间的接缝可靠连接，不得产生收缩裂缝。倾斜塔柱施工时，应对各施工阶段塔柱的强度和变形进行验算，分高度设置主动横撑或拉杆，使其线形、内力和倾斜度满足设计要求并保证施工期结构的安全；

6 浇筑混凝土时，布料应均匀，应控制其倾落高度不超过 2 m，保证混凝土不产生离析，并应采取措施避免上部塔体施工时对下部塔体的表面造成污染。混凝土浇筑完成后，应及时养护。养护的方法和措施应根据结构特点、气温、环境条件等因素综合确定，每一节段现浇混凝土的养护时间不得少于 7d；

7 索塔横梁和拉索锚固区的预应力施工，应符合本规程第 8 章的有关规定。对拉索锚固区曲率半径较小的环向预应力钢束，宜按设计要求进行模型试验，取得经验数据后方可正式施工；

8 拉索预埋导管的安装施工前，应复核拉索的垂度修正符合设计要求；定位安装时宜利用劲性骨架控制导管进出口处的中心坐标，并应采取其他辅助措施进行调整和固定；预埋导管不宜有接头。在上塔柱安装钢锚箱或钢锚梁时，根据构件的结构特点，提前确定吊装的方法和施工工艺，并验算吊装的安全性；吊装宜在风速 10 m/s 以下的时段进行，安装的允许误差应符合设计要求。

20.3.3 钢索塔的施工应符合下列规定：

1 钢索塔的构件在工厂制作时应进行试拼装，试拼装合格后方可启运，并应根据不同的运输方式对构件进行临时加固和保护。节段构件安装的吊点、导向件及临时匹配件宜在厂内制作时设置；

2 安装施工前应编制详细的节段构件吊装施工工艺，并应核对各节段构件的编号和起吊重量。在吊装前应对节段构件起吊的稳定性进行验算，并应对各关键部位进行临时加固后试吊，确认无误方可正式起吊安装；

3 钢索塔与基础的连接采用螺栓锚固时，混凝土表面应抛光磨平并对承压板进行机械加工切削；采用埋入式锚固时，应保证底座的安装精度符合设计要求；

4 采用高强度螺栓连接的钢索塔，其工地现场连接施工应符合本规程第 21 章的规定；

5 倾斜索塔架设时，应验算索塔内力，控制成塔线形，分高度设置水平横撑或拉杆。在架设安装过程中，应分阶段对已完成的索塔采取抑振措施，保证后续施工中永久结构和临时结构的安全性，以及施工操作人员的舒适性；

6 钢索塔架设安装时，应根据高空作业的特点制订安全施工专项方案，保证施工安全，并应考虑天气对施工的影响。

20.3.4 塔顶钢框架的安装应在索塔上横系梁施工完毕，且达到设计强度后方能进行。

20.3.5 索塔施工的环境温度应以施工段高空实测温度为准。索塔冬季施工时，模板应采取保温措施。

20.3.6 当设计要求安装避雷设施时，电缆线宜敷设于预留孔道中，地下设施部分宜在基础等施工时配合完成。

20.4 施工猫道

20.4.1 猫道应根据悬索桥的跨径、主缆线型、施工环境条件等因素进行专门设计，其结构形式及各部尺寸应满足主缆工程施工的需要。猫道设计应符合下列规定：

1 猫道的线形宜与主缆空载时的线形平行。猫道面层宜由阻风面积小的两层大、小方格钢丝网组成，面层顶部与主缆下沿的净距宜为 1.3 m~1.5 m；猫道的净宽宜为 3 m~4 m，扶手高宜为 1.2 m~1.5 m。猫道在桥纵向应左右对称于主缆中心线布置，猫道间宜设置若干条横向人行通道；

2 承重索设计时应考虑猫道的恒载及可能作用于其上的其他荷载。对承重索进行强度计算时，其荷载组合与安全系数应符合表 20.4.1 的规定。承重索的锚固系统应有足够的调整范围，每端宜设±2 m 以上的调节长度；

表 20.4.1 猫道承重索强度计算荷载组合与安全系数

荷载组合		安全系数	备注
静力结构强度验算	恒载	≥ 3.5	
	恒载+活载	≥ 3.0	
	恒载+活载+温度荷载	≥ 3.0	温度荷载按温降 15℃考虑
风荷载组合结构强度验算	恒载+活载+施工阶段风荷载组合	≥ 3.0	按 6 级风考虑
	恒载+最大阵风荷载组合	≥ 2.5	

3 设计时宜根据桥位处的施工环境条件和当地的气象条件对猫道进行抗风稳定验算。对特大跨径悬索桥，可通过猫道断面节段模型三分力测力风洞试验，获得试验参数后对猫道进行结构动力分析及抗风稳定性验算。可采取增加猫道间横向联结的措施增强其抗风稳定性。

20.4.2 承重索和抗风缆采用钢丝绳时，架设前应对钢丝绳进行预张拉处理消除其非弹性变形，预张拉的荷载不应小于其破断荷载的 0.5 倍，且应维持荷载 60 min，并进行两次；预张拉时的测长和标记宜在温度较稳定的夜间进行。承重索端部的锚头应垂直于承重索，并应对锚头部位进行静载检验，符合受力要求后方可使用。

20.4.3 猫道的架设应按照横桥向对称、顺桥向边跨和中跨平衡的原则进行，且应将裸塔塔顶的变位及扭转控制在设计允许的范围内。猫道架设施工应符合下列规定：

1 先导索的架设方法宜根据桥跨跨径、地形等条件综合确定，且应减少对通航的影响；

2 承重索架设时，在横桥向，两侧应保持同步，数量差不宜超过 1 根；在顺桥向，边跨与中跨应连续架设，且中跨的承重索宜采用托架法架设。架设后，应对其线形进行调整，各根索在跨中的高程相对误差宜控制在 $\pm 30 \text{ mm}$ 以内；

3 面层及横向通道宜从索塔塔顶开始，同时向跨中和锚碇方向对称、平衡地进行架设安装，并应设置牵引及反拉系统，控制面层铺设时可能产生的下滑等现象，保证施工安全；中跨、边跨猫道面层的架设进度，应以索塔两侧的水平力差异不超过设计要求为准进行控制。猫道面层在架设过程中应对索塔塔顶的偏移和承重索的垂度进行监测。

20.4.4 在主缆架设完成、加劲梁安装之前，应将猫道改挂于主缆上，改挂前应拆除横向通道。改挂宜分段进行，并应分次逐步放松承重索的锚固系统，最终解除承重索与索塔和锚碇的连接。改挂后的悬挂点应设在猫道的底梁处，在桥纵向的间距不宜超过 24m。

20.4.5 主缆的防护工程及检修道安装施工完成后，可进行猫道的拆除工作。拆除前应利用锚固调节系统收紧承重索，使其恢复悬链线受力状态。猫道拆除时宜分节段拆除其面层和底梁，拆除宜按中跨从塔顶向跨中方向、边跨从塔顶向锚碇方向的顺序进行。在拆除过程中，应采取措施保

护主缆、吊索和桥面附属设施等已施工完成的结构。

20.5 主缆架设与防护

20.5.1 预制平行钢丝索股的架设施工应符合下列规定：

1 索股的牵引系统宜结合工程特点、施工安全、工艺水平及环境条件等因素综合确定。索股滚筒的间距宜为 8 m 左右，在索鞍或坡度变化较大的位置应加密；

2 索股的放索工艺应与索股的包装工艺相匹配，并应采取措施防止索股在索盘上突然释放。放索牵引过程中应有专人跟踪牵引锚头，且宜在沿线设观测点监测索股的运行状况，发现问题应及时采取措施加以纠正；

3 架设时对前 3 根索股宜低速牵引，对牵引系统进行试运转，在保证运转正常后方可进行正式的索股架设工作。索股在牵引架设时应在其后端施加反拉力；牵引过程中如绑扎带有连续两处绷断时，应停机进行修补。索股锚头牵引到位后，在卸下锚头前应将索股临时固定，防止滑移。索股在架设过程中如出现鼓丝现象，在入锚前应进行梳理，不得将其留在锚跨内；

4 索股整形入鞍时，应在该段索股处于无应力状态下采用整形器完成，整形时应保持钢丝平顺，不得交叉、扭转或损伤钢丝。索股横移时，应将索股从猫道滚筒上提起，确认全跨径的索股已脱离滚筒后，方可移至索鞍的正上方；横移时的拽拉量不宜过大，且操作人员不得处于索股下方；

5 索股锚头入锚后应进行临时锚固。在跨中位置应对索股设定 200 mm~300 mm 的抬高量，并做好编号标志。

20.5.2 采用空中纺线法架设主缆时，应符合下列规定：

1 钢丝接头的性能应通过试验确定。在梨形蹄铁处或索鞍座附近不得存在工厂钢丝接头；

2 编缆前应先挂一根基准钢丝作为参照，并以此为准确定第一条编织索股的正确高程；

3 完成一条索股的纺线后应对丝股进行梳理，对不符合线形要求的钢丝应进行接长或截短处理；

4 一条丝股抖开、梳理、裁切完成后，应采用手动液压千斤顶将其挤压成圆形，并采用纤维强力带每 3 m 一道包扎定型；

5 空中纺线完成一条索股后，其后续工序可按照预制平行钢丝索股的要求进行施工。

20.5.3 索股的线形调整应符合下列规定：

1 垂度调整应在夜间温度稳定时进行。温度稳定的条件为：长度方向索股的温差不大于 2 °C；横截面索股的温差不大于 1°C；

2 绝对垂度调整，应测定基准索股下缘的标高及跨长、塔顶标高及变位、主索鞍预偏量、散索鞍预偏量。主缆垂度和标高的调整量，应在气温与索股温度等值后经计算确定。基准索股标

高应连续 3 d 在夜间温度稳定时进行测量，3 次测出结果误差在容许范围内时，应取 3 次的平均值作为该基准索股的标高；

3 其他索股的线形应以基准索股为准，进行相对垂度调整；

4 垂度调整允许误差应符合下列规定：

1) 基准索股中跨跨中应为 $\pm 1/20000$ 跨径；

2) 边跨跨中应为中跨跨中的 2 倍；

3) 上下游基准索股高差应为 10 mm；

4) 非基准索股应为 -5mm、+10mm。

5 调整合格的索股不得在鞍槽内滑移。

20.5.4 索力的调整应以设计提供的数据为依据，其调整量应根据调整装置中测力计的读数和锚头移动量双控确定。实际拉力与设计值之间的允许误差应为设计锚固力的 3%。

20.5.5 紧缆工作应分两步进行，并应符合下列规定：

1 预紧缆应在温度稳定的夜间进行。预紧缆时宜把主缆全长分为若干区段分别进行。索股上的绑扎带采用边紧缆边拆除的方法，不宜一次全部拆除。预紧缆完成处应用不锈钢带捆紧，不锈钢带的距离可为 5 m ~ 6 m，预紧缆目标空隙率宜为 26%~28%；

2 正式紧缆宜采用专用的紧缆机把主缆整成圆形。正式紧缆的方向宜从跨中向两侧方向进行，紧缆挤压点的间距宜为 1 m；紧缆的空隙率应符合设计要求，其允许误差应为 0、+3%，圆度偏差宜不超过主缆设计直径的 5%。紧缆点空隙率达到设计要求后，应在紧缆机附近设两道钢带，其间距可取 100 mm，带扣应放在主缆的侧下方。紧缆点间的距离宜为 1 m。

20.5.6 主缆防护应符合下列规定：

1 主缆防护应在桥面铺装完成后进行；

2 防护前应清除主缆表面灰尘、油污和水分等，并临时覆盖，待涂装及缠丝时再揭开临时覆盖；

3 主缆涂装应均匀，不得遗漏。涂装材料应具有良好的防水密封性和防腐性，并应保持柔软状态，不硬化、不脆裂、不霉变；

4 缠丝作业宜在二期恒载作用于主缆之后进行，缠丝材料以选用软质镀锌钢丝为宜。缠丝作业应由电动缠丝机完成，并应符合下列规定：

1) 缠丝总体方向宜由高处向低处进行，在两个索夹之间应从低到高；

2) 缠丝始端嵌入索夹内圈数应符合设计要求并不得少于 3 圈，并施以固结焊；

3) 钢丝缠绕应紧密均匀，缠丝张力应符合设计要求，设计未要求时宜为 2 kN；

4) 节间缠丝每间隔 1 m~1.5 m 宜进行一次并焊接，焊接部位应在主缆上表面 30° 圆心角所

对应的圆弧范围内；

5) 缠丝终端嵌入索夹端部槽内不得少于 3 圈，并施以固结焊；

6) 一个节间内缠好的钢丝宜采用固结焊固结。对接钢丝除施加对接焊外尚需采用固结焊固结。

20.6 索鞍、索夹与吊索

20.6.1 索鞍在安装前，应根据鞍体的形状和重量、施工环境条件、起吊高度等因素选用吊装设备；对设置在塔顶的起重支架及附属的起重装置等应进行专门设计，其强度、刚度和稳定性应满足专项方案的施工要求，并应有足够的安全系数。

20.6.2 起重安装的所有准备工作完成后，应对起重设施进行全面检查。索鞍在正式起吊前，应先将鞍体吊离地面 0.1 m~0.2 m 并持荷 10 min 以上，检验起重设施各部位的受力和变形状况；并应在离地面 1 m~3 m 范围内将鞍体提升起降两次检验卷扬机电机的性能。经上述检验并确认起重设施的各部位均正常后方可进行正式起吊作业。

20.6.3 主索鞍底座钢格栅和散索鞍底座安装调整完成后，应进行全桥联测检查，确认无误后方可灌注底座下的混凝土。

20.6.4 索鞍安装应选择在白天连续完成。安装时应根据设计提供的预偏量就位，在加劲梁架设、桥面铺装过程中应按设计提供的数据逐渐顶推到永久位置。顶推前应确认滑动面的摩阻系数，控制顶推量，确保施工安全。

20.6.5 索夹安装应符合下列规定：

1 索夹安装前，应测定主缆的空缆线形，确认索夹位置后，方可对索夹进行放样、定位、编号。放样、定位应在环境温度稳定时进行。索夹位置处主缆表面的油污及灰尘应清除并涂防锈漆；

2 索夹在运输和安装过程中应采取保护措施，防止碰伤及损坏；

3 索夹安装位置纵向误差不得大于 10 mm。当索夹在主缆上精确定位后，应立即紧固索夹螺栓；

4 紧固同一索夹螺栓时，各螺栓受力应均匀，并按三个荷载阶段（即索夹安装时、加劲梁吊装后、全部二期恒载完成后）对索夹螺栓进行紧固，对每次紧固的数据应进行记录并存档。

20.6.6 吊索运输、安装过程中不得受损坏。吊索安装应与加劲梁安装配合进行，并对号入座，安装时应采取防止扭转措施。

20.7 加劲梁

20.7.1 钢加劲梁应由具有相应资质的企业制造，制造完成后应在厂内进行试拼装和防腐涂装，并应符合本规程第 21 章的规定。

20.7.2 钢箱加劲梁安装应符合下列规定：

1 索夹、吊索安装完毕，并完成各项吊装设备安装及检查工作，加劲梁方可进行运输与吊装；

2 钢箱加劲梁的非定型吊机应进行专门设计，在安装前应进行试吊；

3 加劲梁安装应符合下列规定：

1) 吊装应符合高空作业及水上作业的安全规定；

2) 加劲梁安装宜从中跨跨中对称地向索塔方向进行；

3) 吊装过程中应观察索塔变位情况，宜根据设计要求和实测塔顶位移量分阶段调整索鞍偏移量；

4) 安装的顺序应符合设计要求。从吊装第二节段开始，应与相邻节段间预偏 0.5 m~0.8m 的工作间隙，吊至设计高程后再牵拉连接，并应避免吊装过程中与相邻节段发生碰撞；

5) 钢箱加劲梁现场接头的焊接连接和高强度螺栓连接施工应符合本规程第 17 章的规定。采用焊接连接时，应先将待连接钢箱加劲梁的节段与已安装节段临时刚性连接，接头焊缝的施焊宜从桥面中轴线向两侧对称进行；应待接头焊缝形成并具有足够的强度和刚度后，方可解除临时刚性连接；

6) 安装合龙段前，应根据实际的合龙长度，对合龙段长度进行修正。

4 现场焊接应符合下列规定：

1) 首次焊接之前应进行焊接工艺评定试验；

2) 焊工和无损检测员应持证上岗并考核合格；

3) 焊接环境温度，低合金钢不得低于 5℃，普通碳素结构钢不得低于 0℃，焊接环境湿度不宜高于 80%；

4) 焊接前应进行焊缝除锈，并应在除锈后 24 h 内进行焊接；

5) 焊接前，对厚度 25 mm 以上的低合金钢预热温度宜为 80℃~120℃，预热范围宜为焊缝两侧 50 mm~80 mm；

6) 多层焊接宜连续施焊，并应控制层间温度。每一层焊缝焊完后应及时清除药皮、熔渣、溢流和其他缺陷后，再焊下一层；

7) 钢梁杆件现场焊缝连接应按设计要求的顺序进行。设计无要求时，纵向应从跨中向两端进行，横向应从中线向两侧对称进行；

8) 现场焊接应设防风设施，遮盖全部焊接处。雨天不得焊接，箱形梁内进行 CO₂ 气体保护焊时，应使用通风防护设施；

9) 安装时应有足够数量和强度的固定点。当焊缝形成并具有足够的刚度和强度时，方能解除安装固定点；

10) 焊接接头应进行 100 %的超声检测, 并应抽取 30 %进行射线检查, 当有一片不合格时, 应对该接头进行 100 %的射线检查;

11) 加劲肋的纵向对接接缝可只做超声检测。

20.7.3 钢桁架梁的安装应符合下列规定:

1 钢桁架梁的架设安装方法宜根据钢桁架的结构特点、施工安全、设备和现场环境条件等因素综合确定;

2 采取单构件方式安装时, 宜根据钢桁架和吊索的受力情况及桥位的气候条件, 选择全铰接法或逐次固结法。架设的顺序可从索塔处开始, 向中跨跨中及边跨的端部方向进行;

3 采用全铰接法架设时, 在桁架梁逐渐接近设计线形后, 可对部分铰接点逐次固结; 采用逐次固结法架设时, 宜采用接长杆牵引吊索与桁架梁连接, 且宜在不同架设阶段采用千斤顶调整吊索张力, 直至最后拆除接长杆入锚。架设过程中应逐一对桁架梁及吊索的内力及变形进行分析, 并应将桁架梁斜杆及吊索的最大应力控制在允许范围内;

4 应对桥面吊机、铰接设备、吊索牵引机具、片架运输台车、行走轨道铰点过渡梁和移动操作平台等设备作专项的设计、加工及试验。桥面吊机应满足拼装过程中顺桥向坡度变化的要求, 底盘应设止滑保险装置;

5 在短吊索区, 单片主桁不宜直接架设, 宜采用临时吊索并对吊具进行改装后进行架设。合龙段宜采用单根杆件架设安装;

6 预拼节段安装, 应符合本规程第 21 章及本章第 20.7.2 条的规定。

20.7.4 预应力混凝土加劲梁的安装应符合本规程第 15.4 节的规定。

20.7.5 现场涂装应符合下列规定:

1 防腐涂料应有良好的附着性、耐蚀性, 其底漆应具有良好的封孔性能。钢梁表面处理的最低等级应为 Sa2.5;

2 上翼缘板顶面和剪力连接器均不得涂装, 在安装前应进行除锈、防腐蚀处理;

3 涂装前应先进行除锈处理。首层底漆于除锈后 4 h 内开始, 8 h 内完成。涂装时的环境温度和相对湿度应符合涂料说明书的规定, 当产品说明书无规定时, 环境温度宜在 5℃~38℃, 相对湿度不得大于 85 %; 当相对湿度大于 75 %时应在 4 h 内涂完;

4 涂料、涂装层数和涂层厚度应符合设计要求; 涂层干漆膜总厚度应符合设计要求。当规定层数达不到最小干漆膜总厚度时, 应增加涂层层数;

5 涂装应在天气晴朗、4 级(不含)以下风力时进行, 夏季应避免阳光直射。涂装时构件表面不应有结露, 涂装后 4 h 内应采取防护措施。

20.8 自锚式悬索桥

20.8.1 自锚式悬索桥各部位的施工应符合本规程的相关规定，并应根据其结构特点和受力特性，制订针对特殊部位的施工方案、施工工艺和控制方法。

20.8.2 加劲梁为钢箱且采用大节段现场起吊安装时，应对起吊安装的施工工艺进行专项设计。

20.8.3 加劲梁为钢箱且采用顶推工艺安装时，应符合下列规定：

1 拼装平台的长度不宜小于 3 节钢箱的节段长度，两侧滑道应对应设置在钢箱纵隔板位置。顶推导梁应具有足够的强度和刚度，其长度宜为最大顶推跨径的 0.75 倍；

2 施工前应制定钢箱节段在拼装平台上进行接口拼装、焊接的施工工艺细则。接口处的中线和高程误差应不大于 2 mm；接口的焊接均应符合 I 级焊缝的要求，并进行无损检测。

20.8.4 加劲梁为预应力混凝土箱梁时，宜采取分段现浇的方式施工，其施工技术要求应符合本规程第 15 章的规定。

20.8.5 不论采用何种方法安装不同类型的加劲梁，对其支架的结构均应进行专项设计。支架的设计荷载应符合本规程 5.2 节的规定，并应考虑主缆架设、索夹和吊索安装施工时的临时荷载。支架顶部应预留高程调整的操作空间和位置，且应使支承点与加劲梁的加劲位置相对应。

20.8.6 加劲梁的线形控制应考虑支架的沉降和变形、体系转换及二期恒载等因素的影响，预拱度的设置应满足施工过程中的荷载变化及受力体系转换顺序的要求。支架的顶面高程应按“设计高程+预拱度”设置，当加劲梁为钢箱时，宜略低于该高程；当加劲梁为预应力混凝土箱梁时，宜等于该高程。

20.8.7 主缆锚固系统的施工应符合下列规定：

1 钢锚导管应与锚垫板先组焊后再安装、组焊时导管的轴线应与钢垫板平面成正交，误差不得大于 0.5，且管的内壁应进行防腐处理。钢锚导管的安装位置应符合设计三维坐标的要求，其误差不得大于 3 mm；

2 对索股锚固体导管密集区的混凝土应进行专门的配合比设计，浇筑时应保证其密实性。钢锚导管的支架应稳固，应保证在绑扎钢筋和浇筑混凝土时不移位；

3 散索套宜根据其构造特点进行安装，宜先安装临时套，待主缆索股架设完成后，拆除临时套，再正式安装散索套和施拧高强螺栓。

20.8.8 主缆的架设安装方法宜根据结构特点和施工环境条件等因素综合确定。在安装过程中为铅垂线形的空间线形主缆，其安装要求应与铅垂线形主缆相同；在安装过程中及成桥状态均为空间线形的主缆，其猫道的宽度应满足索股牵引及入锚的要求，索股应先入鞍后入锚。

20.8.9 索夹的安装应符合本章第 20.6.5 条的规定，并应符合下列规定：

1 索夹应经过厂内工艺试验确定其与主缆间的摩阻力、握裹力满足设计要求。索夹的紧固力宜通过滑移试验确定；

2 索夹的安装顺序在中跨宜从跨中向塔顶进行，边跨宜从锚固点向塔顶进行。对空间线形主缆，索夹在安装时应监测偏角的变化。

20.8.10 吊索的张拉及体系转换应符合下列规定：

1 吊索张拉前应确定张拉施工方案，明确张拉的顺序、步骤和方法；制订鞍座顶推步骤，确定分次顶推的时机和顶推量；同时应配备接长杆、千斤顶、作业台架等施工机具。

2 吊索宜分 2~3 次进行张拉，逐步到位。张拉顺序宜从索塔向跨中进行，张拉时应同步、分级、均匀施力，且应以拉力和拉伸长度进行双控，并以拉力为主；同时在张拉过程中应根据吊索张拉实施步骤，适时顶推鞍座，并应对索塔的倾斜度、主缆和加劲梁的线形进行严密的监测和控制；

3 张拉吊索使加劲梁脱离临时支墩后，主梁、主缆的线形应符合设计要求。体系转换后吊索的拉力误差应控制在±2%以内。

20.8.11 桥面铺装等二期恒载施工时，应对其施工顺序进行重点控制，控制时应遵循均衡加载保证吊索受力平衡的原则；对预应力混凝土箱梁，应控制其结构变形，防止开裂。

地方标准信息服务平台

21 钢结构桥梁

21.1 一般规定

21.1.1 钢桥应按设计施工图制造，并应符合本规程的有关规定。如设计须修改时，应签署变更设计文件。

21.1.2 钢桥施工图由工厂绘制，并对设计图进行下列检查：

- 1 结构的外形尺寸、构造和运输条件；
- 2 所选用的钢材品种、规格与供应的可能性；
- 3 制造数量和质量要求、发送顺序和方法；
- 4 杆件和零部件的标准化程度及工厂现有设备和技术条件的适应情况；
- 5 现场接口位置、螺栓排列、焊缝布置和质量标准的合理性。

21.1.3 钢桥施工图应包括下列内容：

- 1 按杆件编号绘制的施工图；
- 2 厂内试装简图焊缝排版图；
- 3 发送杆件表；
- 4 工地拼装简图。

21.1.4 钢桥制造使用的钢材、焊接材料、涂装材料和紧固件应符合设计要求和现行国家标准的规定。

21.1.5 进厂的原材料除应提供产厂家的出厂质量证明书外，还应进行抽样检验，合格后方可使用，材料根据规范应进行相应复试，合格后方可使用，并应符合下列规定：

1 钢材进场抽样检验应同一厂家、同一材质、同一板厚、同一出厂状态每 10 个炉（批）号抽验一组试件；

2 焊接材料的选用应与设计选用的钢材匹配，且制造厂首次使用的焊接材料应进行化学成分和熔敷金属力学性能检验；连续使用的同一厂家、同一型号的焊接材料每一年进行一次化学成分和熔敷金属力学性能检验；

- 3 高强度螺栓连接质量标准及检验应符合现行国家标准规定；
- 4 圆柱头焊钉、焊接磁环质量标准及检验应符合现行国家标准规定；
- 5 涂装材料的选用及检验应符合设计文件和现行国家标准规定；
- 6 制造厂应制定材料的管理制度，做到存放、使用规范化，保证材料使用的可靠性。

21.1.6 钢桥制造和检验所使用的量具、仪器、仪表等应定期检定合格方可使用。

21.1.7 焊接工艺应进行焊接工艺评定，保证焊接接头的质量。已确定的工艺参数施工中不得改

动。

21.1.8 进行钢结构桥梁焊接施工的人员应持证上岗。中断焊接工作 6 个月以上者，应重新考核。

21.2 钢桥制造

21.2.1 钢桥制造应制定工艺流程。

21.2.2 放样应符合下列规定：

- 1 放样应根据施工图和工艺文件要求进行，并预留余量；
- 2 对于形状复杂的零部件在图中不易确定的尺寸，应通过放样校对后确定；
- 3 主要零件下料时应使钢材的轧制方向与其主要应力方向一致。

21.2.3 号料应符合下列规定：

- 1 号料前应检查钢料的牌号、规格、质量，确认合格后方可号料；
- 2 如钢料不平直、有浮锈、油漆等污物影响号料及切割质量时，应矫正清理后再号料；
- 3 号料所划的切割线应准确清晰，号料尺寸允许偏差 $\pm 1\text{ mm}$ ；
- 4 零部件的刨（铣）加工量、焊接收缩量应按样板、样杆、样条要求预留；
- 5 零部件采用气割时，应根据钢板厚度和切割方法预留切口量。宜预留 $2\text{ mm}\sim 4\text{ mm}$ ；
- 6 在不切边的钢板（毛边料）上号料时，应用去毛边；
- 7 零部件号料后应作明显标记，并打上钢印。

21.2.4 切割应符合下列规定：

- 1 剪切边缘应整齐，无毛刺、反口、缺肉等缺陷；
- 2 气割应优先采用精密切割、自动、半自动切割。手工气割仅适用于次要零件或切割后仍需边缘加工的零件，手工气割应采用辅助工具；
- 3 气割前应将料面上的浮锈及脏物清除干净。

21.2.5 零件矫正和弯曲应符合下列规定：

- 1 矫正前，剪切的反口应修平，气割挂渣应铲净；
- 2 钢料宜在切割后矫正矫正后钢料表面不得有明显的凹痕和其它损伤。用锤击方法矫正时，应在其上放置垫板；
- 3 热矫温度应控制在 $600^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ ，矫正后钢材应缓慢冷却，温度尚未降至室温时，不得锤击钢料或用水急冷；
- 4 主要受力零件冷作弯曲时，环境温度不宜低于 -5°C ，内侧弯曲半径不得小于板厚的 15 倍，否则应热弯，冷作弯曲后零件边缘不得产生裂纹；
- 5 热弯温度应控制在 $900^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 之间；

6 冷矫、冷弯环境温度对碳素结构钢不得低于-16℃，对低合金结构钢，不得低于-12℃。

21.2.6 制孔应符合下列规定：

1 螺栓孔应成圆柱形，孔壁表面粗糙度 Ra 不得大于 25 μm，孔缘无损伤不平，无刺屑。不得采用冲孔、气割孔；

2 螺栓孔径允许偏差应符合表 21.2.6-1 的规定；

表 21.2.6-1 螺栓孔径允许偏差

螺栓直径	螺栓孔径	允许偏差 (mm)	
		孔径	孔壁垂直度
M12	14	+0.5 0	板厚小于等于 30 时，不大于 0.3 板厚大于 30 时，不大于 0.5
M16	18	+0.5 0	
M20	22	+0.7 0	
M22	24	+0.7 0	
M24	26	+0.7 0	
M27	29	+0.7 0	
M30	33	+0.7 0	
>M30	>33	+1.0 0	

3 螺栓孔距允许偏差应符合表 21.2.6-2 的规定。

表 21.2.6-2 螺栓孔距允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)		
	主要杆件		次要杆件
	横梁杆件	板梁杆件	
两相邻孔距离	±0.4	±0.4	±0.4 (±1.0) ②
多组孔群两相邻孔群中心距	±0.8	±1.5	±1.0 (±1.5) ②

两端孔群中心距	$l \leq 11m$	± 0.8	± 4.0 ①	± 1.5
	$l > 11m$	± 1.0	± 8.0 ①	± 2.0
孔群中心线与杆件中 心线的横向偏移	腹板不拼接	2.0	2.0	2.0
	腹板拼接	1.0	1.0	-
杆件任意两面孔群纵、横向错位		1.0	-	-

注：表中，①为连接支座的孔群中心距允许偏差；②括号内数值为附属结构的允许偏差。

21.2.7 钢板接料应在杆件组装前完成，并应符合下列规定：

- 1 底、盖、腹板接料长度不宜小于 1000 mm，宽度不得小于 200 mm，横向接料焊缝轴线距孔中心线不宜小于 100 mm；
- 2 接料焊缝可为 T 字形，T 字形交叉点间距不得小于 200 mm，腹板纵向接料焊缝宜布置在受压区；
- 3 组装时应将相邻焊缝错开，错开的最小距离不得小于 200 mm；
- 4 组装前应彻底清除待焊焊缝中心线两侧 30 mm 范围内的氧化铁皮、铁锈、油污、水分等有害物，使其表面显露出金属光泽；
- 5 组装应在胎型或平台上进行；
- 6 采用埋弧焊焊接的焊缝，应在焊缝的端部连接引板，引板的材质、厚度、坡口应与所焊件相同；引板长度不得小于 100 mm；
- 7 组装偏差应符合表 21.2.7 的规定。

表 21.2.7 组装允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)
对接高低差	0.5 ($t < 25$)
	1.0 ($t \geq 25$)
对接间隙	1.0
盖板中心与腹板中心线偏移	1.0
腹板平面度	1.0
组装间隙	1.0
加肋肋间距	± 1.0 有拼接时
	± 3.0 无拼接时
隔板间距	± 3.0

钢梁高度（梁高≤2.0m）	+2.0 0
钢梁高度（梁高>2.0m）	+4.0 0
钢梁宽度	±2.0
钢梁横断面对角线差	3.0
钢梁旁弯	5.0

21.2.8 焊接和焊接检验应符合下列规定：

- 1 制造厂在施焊前应根据焊接工艺评定报告编制焊接工艺，焊接工艺评定报告有效期为5年；施焊时应按焊接工艺执行；
- 2 焊接材料应根据焊接工艺评定确定；焊剂、焊条应按产品说明书进行烘干使用；CO₂气体纯度应大于99.5%；
- 3 焊工和无损检测人员应持证上岗并考核合格；
- 4 焊接环境湿度应小于80%；焊接环境温度不得低于0℃；主要杆件应在组装后24h内焊接；
- 5 焊接前应彻底清除待焊区域内的有害物；焊接时不得在母材的非焊接部位引弧；焊接后应清理焊缝表面的熔渣及两侧的飞溅；
- 6 埋弧自动焊应在设计焊缝端部80mm以外的引弧板上起、熄弧；
- 7 埋弧自动焊缝焊接过程不得断弧，如有断弧则应将停弧处刨成1:5斜坡，并搭接50mm再引弧施焊，焊后搭接处应修磨均顺；
- 8 圆柱头焊钉的焊接应符合下列规定：
 - 1) 圆柱头焊钉的焊接应采用专用的焊接设备焊接，少量平位、立位及其他位置也可采用手工焊接；
 - 2) 圆柱头焊钉焊接应按照焊接工艺执行，未经焊接主管工程师同意不得随意更改焊接工艺参数；
 - 3) 焊接前，圆柱头焊钉及焊接部位应除去铁锈、氧化铁皮、油污、水分等不利于焊接的物质；
 - 4) 磁环应烘干使用。
- 9 焊缝检验应符合下列规定：
 - 1) 所有焊缝应在全长范围内进行外观检查，不得有裂纹、未熔合、夹渣、未填满弧坑和焊瘤等缺陷；

2) 焊缝外观质量检验应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11 1072 的规定;

3) 焊缝外观检测合格后进行无损检测,焊缝无损检测应满足设计要求,设计无具体要求时,应符合现行国家标准《焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定》GB/T 11345、《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T3323 的规定;

10 圆柱头焊钉焊缝检验应符合下列规定:

1) 圆柱头焊钉焊完后,应及时敲掉圆柱头焊钉周围的磁环进行外观检验。焊钉底角应保证 360° 周边挤出焊脚;

2) 每 100 个圆柱头焊钉至少抽一个进行弯曲检验,方法是用锤打击圆柱头焊钉,使焊钉弯曲 30° 时,其焊缝和热影响区没有肉眼可见的裂缝为合格,若不合格则加倍检验。

11 焊缝无损检测机构应有相应的资质等级,检测完成并全部合格后出具无损探伤检测报告。

21.2.9 杆件矫正应符合本规程第21.2.5条的规定,并应符合下列规定:

1 冷矫时应缓慢加力,总变形量不得大于变形部位原始长度的 2 %;

2 热矫时不得过烧,且不宜在同一部位多次重复加热;

3 矫正后的杆件表面不应有凹痕和其它损伤。

21.2.10 表面处理应符合下列规定:

1 在制作前,钢材表面应进行除锈、除尘等工艺处理,除锈等级及表面粗糙度应符合设计要求;

2 钢材表面除锈处理后应及时喷涂防锈底漆;

3 高强螺栓摩擦面及连接板表面应进行二次除锈处理,除锈等级及表面粗糙度应符合设计要求;

4 除锈方式方法应按设计要求进行,设计未做具体要求时,工厂内制作应采用喷砂和抛丸除锈,安装现场应采用手工和电动除锈;

5 钢板外露边缘应修磨成半径 2 mm~5 mm 的圆弧。

21.2.11 钢桥涂装应符合下列规定:

1 涂装材料设计有要求的按设计要求采购,设计未做具体要求时应符合现行行业标准《公路桥梁钢结构防腐技术条件》JT/T 722 的规定;

2 涂装前应清除钢板表面的灰尘、油污等污物;

3 防腐涂层体系设计有要求的按设计要求喷涂,设计未做具体要求时应符合现行行业标准《公路桥梁钢结构防腐技术条件》JT/T 722 的规定;

4 底漆、中间漆要求平整均匀，漆膜无气泡、裂纹，无严重流挂、脱落、漏涂等缺陷，面漆颜色与比色卡相一致；

5 每喷涂完一层待漆膜完全干透后方可进行下一层喷涂；

6 涂装遍数应符合设计要求，每层涂装最小厚度不得小于设计要求厚度值的 90%，涂装干膜总厚度不得小于设计要求总厚度；

7 高强螺栓摩擦面应按设计要求进行防腐处理。设计未做具体要求时，应采用喷涂无机富锌防滑涂料或电弧喷铝进行防腐，并满足设计抗滑移系数要求；

8 钢桥出厂后，高强度螺栓连接面涂层的保质期为 6 个月，超过 6 个月需重新喷涂。

21.2.12 钢桥试拼装应在工厂内进行，并应符合下列规定：

1 未经试拼装检验合格不得出厂；

2 试拼装场地基础应有足够的承载力，所使用的胎架应有足够的刚度，且梁段应处于自由状态；。

3 板梁应整孔试拼装；简支梁试拼装长度不得小于半跨；连续梁试拼装应包括所有变化节点；大跨径钢梁在每批梁段制作完成后，应进行连续匹配试拼装，且不得少于 3 段；

4 试拼装应有详细记录，并应在无日照影响的条件下进行。

5 试拼装主要尺寸允许偏差应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 的规定。

21.3 钢桥现场安装

21.3.1 钢桥现场安装应符合下列规定：

1 钢桥在安装前应按本规程第 4.1 节规定编制施工组织设计；

2 钢桥杆件在工地矫正、制孔、焊接、组装以及涂漆等质量要求，均应符合本规程第 21.2 节的规定；

3 钢桥构件的安装程序，应保证结构的稳定性和不发生永久性变形，并能及时校正结构的预拱度和平面位置；

4 安装前，应按照构件明细表核对进场的构件和零件，查验产品出厂合格证。钢材质量证明书材料复试报告等，并取得出厂规定的其它各项资料；

5 钢桥构件在运输和安装过程中，被损坏的漆膜，应按本规程第 21.2.11 节的规定补涂。涂面层漆应在钢桥安装完成后进行。

21.3.2 测量应符合下列规定：

1 钢梁拼装架设前，应对桥墩高程、中线及每孔跨径进行复测，并应在桥墩台上设置水平标识和中心线，随时测定或复查支座顶高程和支座中心位置（纵横向），水平标识和中心标识应

有防护设施；

2 采用临时支架时应按临时支架的位置进行测量放线，临时支架支搭完成后，在其上标出钢梁的中心位置（纵横向）及高程；

3 施工测量应按本规程第 4 章的规定进行。

21.3.3 临时支架设计应符合下列规定：

1 采用临时支架安装，在河水中作业时，应考虑河床地质情况和可能遭遇的洪水、流冰或漂浮物的冲击；在陆地作业时，应考虑地质情况和风力等因素，并根据安装时的荷载进行支架结构设计。基桩的安全系数应大于 1.5；

2 临时支架应设置调整拱度，顶起钢梁的千斤顶位置及操作平台；

3 临时支架的支架安装施工应符合本规程第 5 章的规定。

21.3.4 杆件装卸、堆存应符合下列规定：

1 钢梁杆件在装卸、运输和堆放过程中应保持完好，防止损坏和变形。较重大杆件的装卸、移动、分类及安装时，均应使用吊车或卷扬机，不得将杆件抛掷或滑下；

2 钢梁杆件现场堆存场地应进行硬化处理，避开低洼地段，杆件存放时不得与地面直接接触；

3 钉、栓、板等零件应按不同钢种、规格分箱储存，所有杆件零件应按拼装顺序供应。

21.3.5 拼装前准备工作应符合下列规定：

1 拼装前应按施工图清查杆件和零件的数量、杆号并进行全面的质量检查，对装运过程中产生的缺陷和变形的杆件，应按本规程第 21.2 节的规定予以矫正、处理，验收合格后方得使用。经矫正处理后仍不符合要求时，应予以更换；

2 杆件应预先组拼、栓合，组合后杆件的重量，在不增加现场拼装困难的情况下，尽量达到吊车额定起吊的最大限度，以减少钢梁安装过程中的高空作业；

3 组拼前应清除杆件上的污物、冰层、积雪、泥土等；

4 用高强螺栓连接杆件，在组装栓合前应复验节点表面的抗滑移系数，如不符合设计要求应按设计文件规定的其它方法对摩擦面进行处理；

5 用焊接连接方式的杆件，在组装前应清理焊缝两侧 30 mm 范围内的油污、铁锈、氧化铁皮等有害物。

21.3.6 钢梁运输与吊装应符合本规程第 16 章的规定。

21.3.7 拼装与调整应符合下列规定：

1 拼装顺序应符合设计要求，并应考虑下列各点：

1) 吊车的类型、起吊能力及最大吊距；

- 2) 先装杆件不得妨碍后装杆件的安装和吊车的运行;
- 3) 尽量避免长杆件处于悬臂状态, 防止产生过大变形影响杆件合龙;
- 4) 拼装主桥杆件应两侧对称进行。

2 自拼装开始起, 即应保证钢梁的拱度及中心线位置正确, 否则应检查原因, 立即调整; 安装荷载应符合设计要求; 钢梁中线与设计中线的偏差, 若大于 10 mm 时应进行调整, 调整方法除设置横向千斤顶外, 还应设置垂直起落千斤顶及保险墩。调整时, 支点位置应设在避免钢梁局部产生永久变形处; 调整中线及高程完成后, 宜用砂箱替换千斤顶承受荷载, 使用砂箱时应考虑压缩量;

3 拼装用的冲钉直径宜小于设计孔径 0.3 mm, 并应与工厂试拼中钉孔重合率相适应。冲钉圆柱部分的长度应大于板束厚度; 拼装螺栓承受剪力时, 应使用精制螺栓, 公称直径宜小于设计孔径 0.4 mm, 以取工厂试拼的 85% 钉孔重合率为宜;

4 在满布式支架上拼装钢梁时, 冲钉和粗制螺栓总数不得少于孔眼总数的 1/3, 其中冲钉占 2/3, 孔眼较少的部位, 冲钉和粗制螺栓不得少于 6 个或全部放足; 用悬臂法或半悬臂法安装钢梁时, 联接处所需冲钉用量按受力计算确定, 但不得少于孔眼总数的一半, 其余孔眼布置精制螺栓, 冲钉和螺栓应均匀安放; 高强螺栓栓合拼装时, 冲钉数量比照上述规定执行, 其余孔眼应布置高强螺栓; 吊装杆件的吊钩, 应等待杆件完全固定后, 方可卸去;

5 拼装工作应按节间依次进行(完成的节间应包括下弦、桥面系腹杆、上弦及上下横支撑等), 为使钢梁便于校核拱度, 并保证安装的稳定性, 安装进度不得使未栓合的节间超过 2 个; 在悬臂安装过程中, 主桥各节点应一次栓合完毕;

6 箱形钢梁接口对位后, 宜用临时联接板固定。临时连接板一端应设椭圆孔, 以满足温度变化而产生的纵向伸缩。接口临时固定后, 合龙工作应按下列规定进行:

- 1) 调整中心线、拱度应符合设计要求;
- 2) 气温达设计要求且梁体内外均匀, 方可将正式联接板划线号孔;
- 3) 联接板的投孔, 宜用工厂样板套钻;
- 4) 联接板投孔后, 在气温达到号孔温度条件时, 方可进行合龙工作。合龙时, 两端应同时进行, 先腹板后盖板;
- 5) 临时联接板的拆换, 应在正式拼接板初拧后进行;
- 6) 冲钉的更换应在螺栓终拧后进行。

21.3.8 高强度螺栓栓合应符合下列规定:

1 高强度螺栓螺母和垫圈使用前应进行清点、分类造册、外观检查; 在运输、保管过程中应防雨、防潮, 并应轻装、轻卸, 防止螺纹损伤;

2 钢桥杆件拼装前, 应除毛刺、飞边、焊接飞溅物, 并用细钢丝刷、干净棉丝除去栓接板

面和检查孔内的脏物，对沾有油污处，应用汽油或丙酮擦净。栓接板面应干净，不得在雨中作业，对翘曲板面应予整平；

3 拼装钢梁的高强螺栓长度应与拼装设计图所示一致；

4 拼装钢梁时，为保证几何尺寸精度，应先用冲钉固定板束位置，其余孔眼均应穿上高强螺栓。初步夹紧板束悬臂安装时，先穿的螺栓终拧后，再用螺栓换下冲钉，所用冲钉和螺栓数量应符合本规程第 21.3.7 条第 4 款的规定；

5 高强度螺栓应顺畅穿入孔内，不得强行敲入，穿入方向应以施拧及维修方便为准，但方向全桥宜一致；

6 高强螺栓施拧前应进行下列试验：

1) 用扭矩法施工时，根据选用的施拧工具进行螺栓扭矩系数试验。从试验数据中用数理统计方法计算施拧依据。如离差数过大，应研究并采取措施；

2) 用扭角法施工时，确定初拧预拉力后，按板束厚度或层数，经过试验测定螺栓轴力与相应转角（包括误差限度）之间的关系，作为施拧依据。

7 用扭矩法施拧高强螺栓时，应分两次（即初拧和终拧）。初拧扭矩应由试验确定，可取终拧值的 30%~70%，初拧后须对每个螺栓用敲击法进行检查。终拧扭矩值应按（式 21.3.8）计算：

$$T=K \times N \times d \quad (\text{式 } 21.3.8)$$

式中 T —终拧扭矩值（N·m）

K —扭矩系数（按试验时的数理统计值）

N —螺栓的施工预拉力（设计预拉力的 1.1 倍）（kN）

d —螺栓公称直径（mm）

8 用扭角法施拧高强螺栓应分两次拧紧螺栓，第一次用扭矩法初拧使板束达到密贴，然后在螺杆和螺母端面相对位置划一直线；第二次按照试验的相应转角将螺母终拧至规定角度；

9 施拧高强螺栓的扳手可以使用带扭矩计的风动、电动或手动扳手。若采用自动控制高强螺栓扭矩的扳手，应先经过标定。无论采用何种扳手，均应在每班工作开始前予以校正；

10 施拧螺栓次序应从板束刚度大、缝隙大的地方开始，对大面积节点应由中央辐射向四周边缘进行，最后拧紧端部螺栓；采用扭矩法终拧时，对多层板束应防止欠拧，对层数少的板束应防止超拧，并应防止漏拧；施拧螺栓时，不得采用冲击拧紧、间断拧紧；

11 高强螺栓施拧完毕，应按下列规定进行检查：

1) 设专职人员检查，当天拧好的螺栓当天检查完；

2) 主桁结点及纵横梁联接处，每一个螺栓群检查的数量为其总数的 5%。每个主桁节点不得少于 5 个；如未按工艺施拧，则应返工重拧后再检查；

3) 采用螺母退扣检查时,开始转动的扭矩值,超拧值,或欠拧值均不大于规定值的 10%者为合格;

4) 每个节点抽验的螺栓,其不合格者不得超过抽查总数的 20%;如超过此值,则应继续抽查直至累计总数 80%的合格率为止,然后欠拧者应补拧,超拧者应更换。

21.3.9 钢梁体系转换及钢梁就位,应符合下列规定:

1 钢梁应经结构体系转换实现钢梁就位于墩台支座上。钢梁结构体系转换应撤掉钢梁制作铰接口临时支点,实现由多支点超静定连续梁结构向设计要求的结构转换;

2 钢梁体系转换应按设计要求进行,砂箱的卸落应保证钢梁平稳下落,并使钢梁各部杆件不超过容许应力。钢梁体系转换就位前后均应检查其预拱度和平面尺寸,并做出记录;

3 拼装钢梁前应先清理支座垫石,其标高和平面位置应符合设计要求。支座底板与垫石之间的空隙用高标号水泥砂浆垫实,砂浆厚度大于 40 mm 时,应在砂浆垫层中设钢筋网。支座底板的安装应按设计文件处理;

4 支座均应按设计图安装,对于大跨度多孔钢梁,应考虑钢梁制造标准温度及各桥墩施工偏差值,综合研究后,再确定支座的精确位置,防止安装后梁端空隙过大或过小。施工温度以钢梁周围空气实测温度为准;

5 当采用板式橡胶支座、盆式橡胶支座、球型支座、拉力支座和其它支座时,应符合本规程第 14 章的规定;活动支座的聚四氟乙烯板和不锈钢板不得有刮伤、撞伤;

6 落梁用千斤顶时应设保险支座,在同一墩台或支架上只可在同一钢梁截面位置设置两处千斤顶,除调整二者高程可分别起顶外,应同步进行;千斤顶安放在墩台或支架的位置均应按照设计要求,不得随意更改;

7 多孔连续钢梁或叠合梁的落梁应按设计要求进行。一般应分阶段均匀落梁,随时观察起落高度、支点反力、支点位移、跨中挠度等变化情况,以便及时调整;

8 钢梁安装后的允许偏差应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11/1072 的规定。

21.3.10 工地涂漆应符合下列规定:

1 钢梁在全部焊接联结完成或高强螺栓栓合完成后,经过检验、洗刷、除锈并干燥后,按本规程第 21.2.10 条规定的质量要求,先将一切未经涂底漆或涂过的部分剥落处涂补底漆,底漆干燥后,再进行全部涂漆工作;

2 涂料质量应符合致密、不透水、不粉化龟裂、耐磨及防锈性能、附着力、粘结力良好的要求和不含腐蚀钢材的化学成份;

3 当大风、雨天、浓雾及气温在 5℃ 以下或 35℃ 以上、相对湿度在 80% 以上时,除有确保质量措施外,均不得施工;

4 钢桥涂层数和漆膜厚度，应符合设计要求。如设计文件无要求时，宜符合现行行业标准《公路桥梁钢结构防腐技术条件》JT/T 722 的规定。按规定层数达不到最小漆膜总厚度时，应增加涂装层数达到其厚度。应等上一层漆干透后，方可涂下一层漆；

5 未经防锈处理的高强螺栓应先清除油污，再涂底漆和面漆。已经防锈处理的高强螺栓，可在擦洗干净后，直接涂装面漆；

6 钢桥涂装完成后应表面有光泽、颜色均匀。不允许有漏底、漏涂、涂层剥落、涂层破裂、起泡、划伤及咬底等缺陷。手工涂刷的不得有明显划痕。涂料屑料和尘土微粒所占涂装面积均不得超过 10%。翘皮、起皱、针孔和流挂在任 1m² 内不得大于 3000 mm²，其缺陷不得超过两处。小的凸凹不平在 1m² 内不得超过四处。

21.3.11 钢桥桥面铺装应符合设计要求和本规程第23章的规定。桥面铺装塑胶应按照塑胶厂家提供的说明书要求进行。

21.3.12 梯道安装应符合下列规定：

- 1 梯道为全钢结构，其施工应符合本规程第 21.2、21.3 节的规定；
- 2 梯道为混凝土结构或钢梁与混凝土结合的结构，其施工应符合本规程第 7 章及第 15.4、21.2、21.3 节的规定。

21.3.13 栏杆安装应符合设计文件要求，其施工应符合本规程第23章的规定。

21.3.14 钢桥验收应符合下列规定：

- 1 钢桥的竣工验收，应在结构物的安装工作全部完成后与有关单位一起进行；
- 2 钢桥的安装质量和允许偏差应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11/1072 的规定，验收时应对焊缝、高强螺栓、涂漆、支座及钢梁安装位置进行抽检；
- 3 钢桥竣工验收时应提交下列文件：
 - 1) 钢桥竣工图，包括变更设计和洽商记录；
 - 2) 制造、安装中所用的钢材、焊接材料、高强度螺栓、圆柱头焊钉等质量证明书和试验报告；
 - 3) 隐蔽工程检查记录；
 - 4) 焊缝质量检验资料、焊工编号和标志；
 - 5) 检查、测量安装结果和质量评定资料；
 - 6) 高强螺栓的检查记录；
 - 7) 各项试验资料和施工记录资料。

22 顶进桥涵

22.1 一般规定

22.1.1 当新建道路需从现有铁路、公路路基下面立交通过时，对原有路线采取加固措施后，可采取顶入法施工框架式通道桥。桥涵顶进可根据设备和技术条件选用整体顶进法、中继间法、对顶法、多箱分次顶进法、顶拉法、牵引法和气垫法等。

22.1.2 框架式桥施工有关加固、防护不得侵入建筑限界。当需对行车限速时，应制定确保安全的措施后方可开工。

22.1.3 桥涵施工中应随时观测既有线路与桥涵状态的变化。当降低地下水时，不得影响现有建筑物稳定。顶进作业应将水位降至基底以下0.5 m~1.0 m进行，持续时间不得少于7 d，并宜避开雨季施工。当在多雨地区无法避开雨期施工时，应具备有防洪排水及线路抢修的设施。

22.1.4 顶进桥涵施工前，应调查下列内容：

- 1 车辆通过次数、车辆运行速度和高程等。并应了解路基中埋设的地下管线、电缆及其他障碍物等情况及所属单位对施工的要求；

- 2 设计桥涵长度、顶进坑位置和顶进方向应与实际一致；

- 3 桥涵结构设计能否满足顶进要求。

22.1.5 框架式桥顶进施工，应编制实施性施工组织设计，其主要内容应包括下列内容：

- 1 编制说明应包括编制依据、工程概况、工期要求、工程特点、主要施工方法和水文、地质与气象等。

- 2 施工场地平面图：应标明施工用地范围，临时房屋和各类料具库的布置，水陆通道、码头和便桥的位置，各类管线的路径，大宗料场、成品加工场和大型机具停放场地的安排等；

- 3 施工进度图表：应提出主要项目的数量、施工顺序和进度安排，主要材料机具的名称、规格、数量及其供应调配计划等；

- 4 各项保障措施应包括施工进度、安全、质量、环保、防洪、防火和节约及采用新技术、新工艺、新结构和新材料的技术措施。

22.2 工作坑

22.2.1 顶进桥涵的工作坑应符合下列规定：

- 1 工作坑应根据线路平面、现场地形和地物条件，选择挖填数量少、顶进长度短的位置；

- 2 工作坑两侧边坡应视土质情况而定，地质边坡宜为1: 0.75~1: 1.5，靠铁路基一侧的边坡宜缓于1: 1.5。工作坑距最外侧铁路中心线不得小于3.2 m；

3 当工作坑需要渡汛时，路基边坡应加固防护，或放缓边坡，顶进时箱体刃脚入土后方可拆除防护设施；

4 工作坑的尺寸除应根据结构尺寸确定，并应根据背梁及其他顶进、装运、起吊设备情况预留桥身底板前留空顶长度及桥身底板后预留长度。桥身两侧宜根据结构高度、横板支搭方法和排水方法等情况预留适当宽度；

5 开挖工作坑应与修筑后背统筹安排，当采用钢板桩做后背时，应先打板桩再开挖工作坑和填筑后背土；

6 工作坑底应密实平整，并有足够的承载力。

22.2.2 修筑工作坑滑板，应满足预制桥涵主体结构所需强度及稳定要求，并应符合下列规定：

1 滑板中心线应与桥涵设计中心线一致；

2 滑板与地基接触部分应有防滑措施，必要时在滑板下设锚梁；

3 根据地质及线路使用情况可将滑板顶面做成前高后低的仰坡，坡度宜为 3%；

4 当桥涵空顶时，可在滑板两侧设方向支墩。

22.3 框架式桥顶进

22.3.1 框架式桥涵预制工作应符合本规程第5、6、7章的规定，并应符合下列规定：

1 在桥涵两侧前端 2 m 范围内的外模，可向外放宽 10 mm，不得出现前窄后宽的楔形现象；

2 工作坑滑板与预制桥涵底板间应铺设润滑隔离层；

3 当浇筑抗渗、防冻混凝土，宜掺入外加剂和增加水泥用量并加强振捣；

4 桥涵身底板前端底部，宜设可调桥涵身高偏差的船头坡；

5 涵身混凝土浇筑可分两阶段施工。先浇筑底板，当底板混凝土强度达到设计强度的 50% 后，再施工中、边墙及顶板混凝土。当浇筑的混凝土量很大，两阶段施工有困难时，也可分三个阶段施工，但中边墙的施工缝不应设在同一水平面上。施工接缝应按设计要求处理。

22.3.2 顶进设备及其布置应符合下列规定：

1 应根据计算的最大顶力确定顶进设备。千斤顶的顶力可按额定顶力的 60%~70% 计算，并有备用千斤顶；

2 液压传动系统的动力机构、高压油泵、油箱及其辅助装置的布置，应与千斤顶配套；

3 液压系统的油管内径应按油量决定，但回油管路主油管的内径不得小于 10 mm，分管管的内径不得小于 6 mm；

4 油管应清洗干净，油路布置合理，密封良好，液压油脂应过滤；

5 液压系统的各部件，应单体试验，合格后方可安装。全部安装后应试运转，并检查油路、

千斤顶及控制台后方可使用；

- 6 顶进过程中，当液压系统发生故障时，不得在工作状态下检查和调整。

22.3.3 后背的设置应符合下列规定：

- 1 顶进桥涵的后背，包括后背梁、后背墙和后背填土，应有足够的强度和稳定性；
- 2 后背墙可采用板桩式及重力式两种，其强度应满足下列规定：
 - 1) 顶进前，后背墙应能承受背后填土的水平推力；
 - 2) 顶进时，板桩式后背桩后土的水平抗力应能承受全部千斤顶的顶力；重力式后背墙体自重与土的摩阻力及墙后填土的水平抗力应能共同承担全部千斤顶的顶力。
- 3 各类后背墙的墙后填土，应使用原地基土壤，夯填密实。

22.3.4 安装顶柱（铁），应与顶力轴线一致，并与横梁垂直，应做到平、顺、直。当顶程长时，宜在每间隔4m~8m加横梁一道。

22.3.5 顶进前应检查下列工作：

- 1 主体结构混凝土应达到设计强度，防水层及防护层按设计完成；
- 2 线路加固、后背、顶进设备及各类施工机械应符合施工方案要求；
- 3 现场照明、液压系统安装及试验结果应符合施工方案要求；
- 4 运营部门协商确认的施工计划、线路监测抢修人员及设备工具、通讯器材等应准备完毕；
- 5 实施性施工组织及安全措施应编制完毕。

22.3.6 试顶时应符合下列规定：

- 1 各有关部位及观测点应有专人负责检查变化情况；
- 2 开泵后，每当油压升高 5 MPa~10 MPa 时，须停泵观察，发现异状及时处理；
- 3 当千斤顶油塞开始伸出，顶柱（铁）压紧后立即停顶，经检查各部位无异常现象时，可再开泵，直至桥身起动。

22.3.7 顶进作业应符合下列规定：

- 1 每次顶进应检查液压系统、顶柱（铁）安装和后背变化情况等；
- 2 挖运土方与顶进作业循环交替进行。每前进一顶程，即应切换油路，并将顶进千斤顶活塞后回复原状，补放小顶铁，更换长顶铁，安装横梁；
- 3 桥涵身每前进一顶程，应观测轴线和高程，发现偏差及时纠正。

22.3.8 顶进作业的挖土应符合下列规定：

- 1 根据桥涵的净空尺寸、土质情况，可采取人工挖土或机械挖土；
- 2 每次挖土进尺及开挖面坡度应根据土质情况、线路加固情况和千斤顶的顶程确定。开挖坡面应平顺整齐，不得有反坡；

- 3 两侧应欠挖 50 mm，钢刃脚切土顶进。当数斜交涵时，前端锐角一侧清土困难应优先开挖。如设有中刃脚时应紧切土前进，使上下两层隔开，不得挖通漏天，平台上不得积存土壤；
- 4 当挖土或顶进过程中发生塌方，影响行车安全时，应迅速组织抢修加固，并应防护措施；
- 5 挖土工作应与观测人员密切配合，随时根据桥涵顶进方向和偏差，采取超欠挖纠偏措施。

地方标准信息服务平台

23 桥面系

23.1 一般规定

23.1.1 桥面系施工涉及模板与支架、钢筋、混凝土施工应符合本规程第5、6、7章的规定，并应符合本章规定。

23.1.2 伸缩缝、桥面防水材料等桥梁专用产品应由具有相应资质的专业厂家制造，进场时应按相应的设计要求或产品的标准进行抽样检测。

23.2 排水设施

23.2.1 泄水管位置与安装应符合设计要求。

23.2.2 汇水槽、泄水口顶面高程应低于桥面铺装层 10 mm~15 mm。

23.2.3 泄水管下端至少应伸出构筑物底面 100 mm~150 mm。泄水管宜通过竖向管道直接引至地面或雨水管线，其竖向管道应采用抱箍、卡环、定位卡等预埋件固定在结构物上。

23.2.4 排水管安装完毕后，排水沟顶面两侧缝隙采用沥青麻丝封堵，以防渣屑堵塞沟侧渗水孔，并应防止碾压沥青混凝土时把洞口堵塞。

23.3 桥面防水层

23.3.1 防水卷材及防水涂料应符合设计要求，进场检验合格后方可使用。

23.3.2 桥面防水及排水应按设计要求，做到防排结合，达到桥面不积水、不渗漏。

23.3.3 基层处理及要求应符合下列规定：

- 1 当基层混凝土强度达到设计强度的 80 %以上时，方可进行防水层施工；
- 2 基层混凝土表面宜经过抛丸工艺处理，基层表面粗糙度与平整度应符合设计要求；

3 防水层施工前应将基层浮尘清理干净，并应涂刷基层处理剂。基层处理剂的选用应符合设计要求，基层处理剂可采取喷涂法或刷涂法施工，喷涂应均匀，覆盖完全，待其干燥后应及时进行防水层施工。

23.3.4 桥面防水层应直接铺设在混凝土表面上，不得在二者间加铺砂浆找平层。混凝土基础宜经过抛丸工艺处理，提高防水层和混凝土基层的黏结强度。

23.3.5 防水层材料的选用应符合下列规定：

1 对结构刚度较小或使用环境的最高有效温度和最低有效温度差、温度梯度较大的桥梁，宜选用拉伸性能和胀缩适应性较强的防水卷材或防水涂料；

- 2 当采用沥青混凝土铺装面层时，防水层宜采用防水卷材、防水涂料或橡胶沥青碎石等防

水材料；

3 当采用水泥混凝土铺装面层时，宜采用水泥基渗透结晶型防水涂料等刚性防水材料，不得采用卷材作防水层；

4 当桥面纵向或横向坡度大于 4%时，不宜采用卷材防水层；当桥梁的平曲线半径小于等于 60 m 时，桥面防水宜采用防水涂料；

5 应根据防水层上沥青混凝土的摊铺温度选择相应的防水材料。防水卷材的耐热度应低于沥青混凝土的摊铺温度，但同时沥青混凝土的摊铺温度应低于 170℃；防水涂料的耐热度应高于沥青混凝土的摊铺温度。当沥青混凝土的摊铺温度有特殊需求时，防水层应另行设计；

6 选用防水材料时，不宜将防水卷材和防水涂料复合使用。

23.3.6 桥面防水层使用卷材、胶粘剂、涂料及其辅助材料均应符合北京市环保规定。不同的防水材料适用于不同的桥面铺装类型和桥面防水等级，防水材料的适用范围应符合表 23.3.6 的规定。

表 23.3.6 防水材料的适用范围

材料		桥面铺装类型	桥面防水等级
防水卷材	弹性体改性沥青防水卷材	沥青混凝土	I、II
	塑性体改性沥青防水卷材	沥青混凝土	I、II
橡胶沥青碎石	橡胶沥青和碎石	沥青混凝土	I、II
防水涂料	聚合物改性沥青防水涂料	沥青混凝土或水泥混凝土	I、II
	聚氨酯防水涂料		
	聚脲防水涂料		
	聚合物水泥防水涂料	II	
水泥基渗透结晶型防水涂料		水泥混凝土	I、II

23.3.7 防水层完成后应加强成品保护，防止压破、刺穿、划痕损坏防水层，车辆、行人不得穿行，不得停滞机械及堆放杂物；应及时铺设桥面铺装层，形成保护层。

23.3.8 桥面防水工程应按施工工序进行检验，每一工序合格后方可进行下一道工序作业。

23.3.9 涂料防水层施工应符合下列规定：

1 单组分防水涂料使用时，应准确计量，搅拌均匀。多组分涂料施工时，应按配合比准确计量，混合均匀；

2 桥面涂料防水层应采用满贴法，全部与基层粘牢。涂料防水层的涂层及胎体层数和总厚

度应符合设计要求；

3 涂层施工：应在处理干燥的基层上，均匀满涂防水涂料同时铺贴胎体增强材料，边涂边铺，边用刮板推平排除气体、粘结牢固。在胎体材料上涂布涂料时，应使涂料浸透胎体，完全覆盖，不得有胎体外露。当采用纤维增强时，纤维切割应和涂料喷洒同步，应计算涂料喷涂量，对纤维喷涂气压进行控制，保证纤维浸润于涂料中分散均匀一致、覆盖完全、不得露白；

4 涂料防水层的胎体增强材料，一般应顺桥方向铺贴（若纵坡很大时亦可横向铺贴），铺贴顺序应自边缘最低处开始顺流水方向搭接，胎体搭接宽度长边不小于 50 mm，短边不小于 70 mm，上下层胎体搭接缝应错开 $\frac{1}{3}$ 幅宽；

5 涂层施工应保障固化实干时间，先涂布的涂层干燥后，才能进行后一涂层施工。每一涂层应厚薄一致、表面平整；

6 对缘石、地袱、变形缝、泄水管水落口等部位应按设计要求做增强处理；

7 当桥面防水层所用材料为聚氨酯防水涂料和聚脲防水涂料时，宜设置结合层；

8 防水涂料不得在雨天、雪天施工。采用刷涂方式施工，风力大于或等于 5 级时不得施工；采用喷涂方式施工时，风力大于或等于 4 级时不得施工。

23.3.10 卷材防水层施工应符合下列规定：

1 卷材防水层应待基层验收合格后施工；

2 桥面卷材防水层应用满贴法，在实干的基层处理剂底层上满涂胶粘剂，卷材全部与基层粘结牢固，各层卷材之间也应满涂胶粘剂，全部粘结；

3 桥面卷材防水层可使用纤维织物和玻璃布胎体的沥青基防水卷材、高聚物改性沥青防水卷材和合成高分子防水卷材，卷材应具有高延伸率和较高的抗拉强度；良好的弹塑性、耐高、低温和抗老化性能；

4 卷材防水层的铺贴，应按不同卷材选用冷粘结法、热浇热涂法、热熔法和自粘结法等方法施工。粘结法胶粘剂应涂刷均匀，覆盖底层，边涂边铺贴；热熔法应同时加热卷材和基层，加热应均匀适度，表面熔融后立即滚铺卷材；自粘结法应将自粘胶面隔离纸全部撕掉，胶面完全裸露。各种铺贴方法都应将卷材展平，不皱不折，立即辊压密实、粘结牢固；

5 铺贴防水卷材使用的胶粘剂应与卷材和基层处理剂相互匹配，进场后应取样检验合格后方可使用；

6 卷材防水层的卷材应顺桥方向铺贴，铺贴顺序应自边缘最低处开始，顺流水方向搭接，长边搭接宽度 70 mm~80 mm。短边搭接宽度 100 mm，上下层措接缝应错开，距离不小于 300 mm；

7 对缘石、地袱、变形缝、泄水管水落口等部位应按设计要求，在铺贴卷材前应先作局部加强处理；

8 卷材防水层总厚度和铺贴卷材层数应符合设计要求；

9 当铺设防水卷材时，环境气温和卷材的温度应不低于 5℃，基层表面的温度应高于 0℃；当下雨、下雪和风力大于或等于 5 级时，不得进行桥面防水层的施工。当施工中途下雨时，应做好已铺卷材周边的防护工作。

23.3.11 水泥基渗透结晶型防水涂料施工应符合下列规定：

- 1 应按照产品说明书提供的配比，将水泥基渗透结晶粉料与净水进行调和，搅拌均匀；
- 2 水泥基渗透结晶型防水涂料不得在雨中或环境温度低于 5℃时施工。不宜在烈日下施工；
- 3 水泥基渗透结晶型防水涂料施工时，应分道涂刷，涂刷应均匀，阴角处不得出现沉积；
- 4 施工完成后，按产品说明书喷洒雾化水进行保湿养护，养护时间不低于 72 h。

23.3.12 橡胶沥青碎石防水层施工应符合下列规定：

- 1 橡胶沥青碎石防水层原材料应满足设计要求；
- 2 施工前应对桥面全面清除除尘，桥面应干燥、洁净；
- 3 橡胶沥青碎石同步撒布应均匀，碎石覆盖率应控制在 85 %以上，不得出现重叠料；
- 4 橡胶沥青及碎石同步撒布后，应立即采用胶轮压路机进行压实。碾压速度、遍数应满足设计要求，碾压过程中不能刹车、调头。碾压应遵循先两边后中间，先慢后快的原则。碾压时进行错轮碾压，每次轮迹重叠约 300 mm；
- 5 橡胶沥青碎石防水层应与面层沥青混凝土施工衔接紧凑，中间不得开放交通，防水层不得被污染。

23.3.13 桥面防水层施工还应符合现行行业标准《城市桥梁桥面防水工程技术规程》CJJ139 的规定。

23.4 桥面铺装层

23.4.1 沥青混凝土桥面铺装层施工应符合下列规定：

- 1 为保护桥面防水层，应在防水层上洒布一层沥青石屑保护层，或在防水粘结层上撒布一层石屑保护层，并用轻碾慢压；
- 2 桥面沥青混凝土铺装一般采用双层式，底层宜采用高温稳定性较好的中粒式密级配热拌沥青混合料，表层应采用防滑面层；
- 3 沥青混凝土桥面施工宜采用轮胎压路机和钢轮轻型压路机配合作业。

23.4.2 水泥混凝土桥面铺装应符合下列规定：

- 1 水泥混凝土桥面应采用钢筋混凝土，铺装层的厚度、配筋、混凝土强度等应符合设计要求；

- 2 桥面钢筋网位置准确、连续，钢筋网安装和混凝土浇筑时都不得破坏、损坏防水层；
- 3 桥面混凝土采用防水混凝土，应符合防水混凝土规定；
- 4 桥面混凝土采用钢纤维混凝土，应符合钢纤维混凝土有关规定；
- 5 混凝土面层应拉毛、压痕或刻痕。

23.4.3 人行天桥合成材料面层铺装应符合下列规定：

- 1 合成材料的品种、规格、性能应符合设计要求；
- 2 施工时的环境温度和相对湿度应符合材料产品说明书的要求，风力超过 5 级（含）、雨天和雨后桥面未干燥时，不得进行铺装施工；
- 3 合成材料均应计量准确，宜采用机械搅拌，应控制材料的加热温度及拌合时间；
- 4 拌合均匀的合成材料应及时运到现场铺装。并控制铺装洒布温度；
- 5 合成材料铺装宜在桥面全宽度内、两条伸缩缝之间一次连续完成；
- 6 合成材料面层终凝之前禁止通行。

23.4.4 桥面铺装允许偏差应符合下列规定：

- 1 水泥混凝土、沥青混合料桥面铺装面层允许偏差应符合现行地方标准《城市道路工程施工质量检验标准》DB11/T 1073 的规定；
- 2 采用合成材料的人行天桥桥面铺装层允许偏差应符合现行标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11/1072 的规定。

23.5 伸缩装置

23.5.1 伸缩装置安装应符合下列规定：

- 1 伸缩装置应保证锚固可靠，过渡段混凝土浇筑密实，有足够强度；
- 2 伸缩装置安装前应检查修整梁端预留缝的各部间隙缝宽符合设计要求，上下应贯通，不得堵塞；
- 3 安装伸缩装置时应按安装时气温确定安装定位值，保证设计伸缩量；
- 4 伸缩装置宜采用后嵌法安装，即先铺桥面层，再切割出预留槽安装伸缩装置。

23.5.2 橡胶式伸缩装置施工应符合下列规定：

- 1 安装橡胶伸缩装置安装前应对照设计要求、产品说明，合格后方可使用。应尽量避免预压工艺，橡胶伸缩装置不宜在 5℃ 以下气温安装；
- 2 安装前应对伸缩装置预留槽进行修整，使其尺寸、高程符合设计要求；
- 3 锚固螺栓位置应准确，焊接应牢固；
- 4 伸缩装置安装合格后应及时浇筑两侧过渡段混凝土，并与桥面铺装接顺。每侧混凝土宽

度不宜小于 500 mm。

23.5.3 填充式伸缩装置施工应符合下列规定：

- 1 用高粘弹塑材料与碎石骨料热拌生成的填充伸缩装置适应伸缩小于 50 mm，气温在 -25℃~60℃ 范围的各种桥梁；
- 2 按设计或说明书修整预留槽，宽度宜为 500 mm，深度宜为 50 mm；
- 3 对预留槽基面和侧面进行清洗和烘干；
- 4 安装止水密封条，在基面上涂刷底胶；
- 5 将热拌混合料分层按，比例摊铺在槽内捣实；
- 6 顶面铺料应略高于桥面，并撒布一层黑色碎石，用压路机碾压成型。

23.5.4 齿型钢板伸缩装置施工应符合下列规定：

- 1 齿形板伸缩装置由齿形钢板、底层支撑钢板，角钢和预埋钢筋锚固件组成。各层钢板采用塞焊联接。两端及底层支撑钢板用过渡段混凝土锚固并与桥面铺装层接顺；
- 2 在预制梁预埋筋上焊接角钢以联接底层钢板。角钢顶面（伸缩装置两端）高程，坡度应符合设计要求，防止角钢变形；
- 3 底层支撑钢板制作后应经过调平修整，然后采用打孔塞焊与角钢焊接。焊接时应防止钢板，角钢局部变形。底层钢板焊接后仍应保持表面平整不变形；
- 4 安装顶部齿形钢板，按安装时气温经计算确定定位值。齿形钢板与底层钢板端头焊缝采用间隔跳焊。塞孔焊应间隔分层焊满。防止变形，上下层钢板应贴接严密。齿形钢板制作宜采用整块钢板用仿形切割成型。经加工后对号入座，防止加工超出允许偏差而顶撞；
- 5 齿形钢板伸缩装置一般采用 U 型（铝板或橡胶）止水带防水。

23.5.5 模数式伸缩装置施工应符合下列规定：

- 1 模数式伸缩装置在工厂组装成件后运至工地，应按现行行业标准《公路桥梁伸缩装置通用技术条件》 JT/T 327 的规定对成品件进行验收，合格后方可安装；
- 2 伸缩装置安装对其间隙量定位值应由厂家根据施工时气温在工厂完成，用定位卡固定。如需在工地调整间隙量则应在厂家专业人员指导下进行，调整定位并固定后应及时安装；
- 3 伸缩装置应按产品说明使用专用车辆长途运输，按厂家标明的吊点进行吊装，防止变形。现场堆放场地应平整，并避免雨淋曝晒和防尘；
- 4 安装前应按设计或产品说明的尺寸检查清理预留槽，梁端预留槽锚固筋规格、间距应符合设计。预留槽平面尺寸和深度应符合设计要求；
- 5 分段安装伸缩装置的长伸缩装置需现场安装焊接时，拼接焊缝宜由厂家专业人员施焊，以保证质量；

6 伸缩缝中心线与梁段间隙中心线安装时应对正重合。支承箱应用水平尺找平，伸缝顶面各点高程应与桥面横断面高程对应一致；

7 伸缩装置边梁，支承箱锚固应符合设计，并按规定施焊，既应锚固可靠，又应避免变形；

8 支承箱底部和过渡段混凝土浇注前应将边梁底，支承箱底与梁端边缘衔接部位用模板堵严，防止混凝土浇注时水泥浆渗入支承箱和梁缝内；

9 混凝土材料及配合比应符合本规程第 7 章的规定，混凝土固化后可拆除定位板和用胶粘剂粘好密封条。混凝土达到强度且安装检查合格后，方可投入使用。

23.5.6 伸缩装置安装允许偏差应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11/1072 的规定。

23.6 地袱、缘石、挂板

23.6.1 地袱、缘石、挂板应在桥梁上部结构混凝土浇筑支架卸落后施工，其外侧线形应平顺，伸缩缝应全部贯通，并与主梁伸缩缝相对应。

23.6.2 地袱和挂板采用整体式施工时，模板及支架的强度、刚度及抗倾覆安全系数应满足其承受混凝土结构各种荷载的施工需要。

23.6.3 地袱安装预制或石材地袱、缘石、挂板应与梁体连接牢固。

23.6.4 尺寸超差和表面质量有缺陷的挂板不得使用。挂板安装时，直线段宜每 20 m 设一个控制点，曲线段宜每 3 m~5 m 设一个控制点，并应采用统一模板控制接缝宽度，确保外形流畅、美观。

23.7 防护设施

23.7.1 混凝土栏杆、防撞护栏、防撞墩、隔离墩的强度应符合设计要求，安装应牢固、稳定。

23.7.2 金属栏杆、防护网的品种、规格应符合设计要求，安装应牢固。

23.7.3 防护设施应在桥梁上部结构混凝土的浇筑支架卸落后施工，其线形应流畅、平顺，伸缩缝应全部贯通，并与主梁伸缩缝相对应。

23.7.4 防护设施采用现场浇筑时，模板宜采用钢模，支模时宜在其顶部和底部各设 1 道对拉螺栓，或采用其他固定模板的装置。浇筑混凝土应符合设计要求，浇筑时应分层进行，分层厚度不宜超过 200 mm；振捣时应采取措施使模板表面的气泡逸出。

23.7.5 对于预制安装的防护设施，在搬运和安装时，应采取措施防止损伤棱角处的混凝土。砂浆强度应符合设计要求，当设计无规定时，宜采用 M20 水泥砂浆。

23.7.6 预制混凝土栏杆采用榫槽连接时，安装就位后应用硬塞块固定灌浆固结。塞块拆除时，灌浆材料强度不得低于设计强度的 75 %。采用金属栏杆时，焊接应牢固，毛刺应打磨平整，并

及时除锈防腐。

23.7.7 防撞墩应与桥面混凝土预埋件、预埋筋连接牢固，且应在施作桥面防水层前完成。

23.7.8 护栏、防护网宜在桥面、人行道铺装完成后安装。

23.8 人行道

23.8.1 人行道结构应在栏杆、地袱完成后施工，且应在桥面铺装层施工前完成。

23.8.2 人行道下铺设其它设施时，应在其它设施验收合格后，方可进行人行道铺装。

23.8.3 悬臂式人行道构件应在主梁横向连接或拱上建筑完成后方可安装。人行道板应在人行道梁锚固后方可铺设。

23.8.4 人行道施工应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ1的规定。

地方标准信息服务平台

24 附属结构

24.1 一般规定

24.1.1 隔声和防眩装置、照明、抗震设施、结构防雷接地等专用产品应由具有相应资质的专业厂家制造。

24.1.2 隔声和防眩装置、照明、抗震设施、结构防雷接地等专用产品应进行进场检测。

24.2 隔声和防眩装置

24.2.1 在基础混凝土达到设计强度后，方可安装隔声和防眩装置。

24.2.2 施工中加强产品保护，不得损伤声屏障和防眩板面及防护涂层。

24.2.3 防眩板安装应与桥梁线形一致，防眩板的荧光标识面应迎向行车方向，板间距、遮光角应符合设计要求。

24.2.4 声屏障加工与安装应符合下列规定：

- 1 声屏障的加工模数宜由桥梁两伸缩缝之间长度而定；
- 2 声屏障应与钢筋混凝土预埋件或钢结构桥面板连接牢固；
- 3 声屏障应连续安装，不得留有间隙，在桥梁伸缩缝部位应按设计要求处理；
- 4 声屏障安装应由桥梁伸缩缝一侧的端部开始，向另一侧依序进行安装；
- 5 5级（含）以上大风时不得进行声屏障安装。

24.3 梯道

24.3.1 梯道平台和阶梯顶面应平整。

24.3.2 钢结构梯道制作与安装，应符合本规程第21章的规定。

24.4 桥头搭板

24.4.1 桥头搭板下台后填土宜以透水性材料为主，并应分层填筑、压实。台后地基如为软土，应按设计要求进行处理。

24.4.2 现浇桥头搭板基底应平整、密实，在砂土上浇筑应铺30mm~50mm厚水泥砂浆垫层。

24.4.3 桥头搭板混凝土应按坡度由低处向高分层浇筑。施工完成的桥头搭板应保证桥梁伸缩缝贯通、不堵塞，且与地梁、桥台锚固牢固。

24.5 防冲刷结构（锥坡、护坡、护岸、海墁、导流坝）

24.5.1 防冲刷结构的基础埋置深度及地基承载力应符合设计要求。锥坡、护坡、护岸、海墁、导流坝结构厚度应满足设计要求。

24.5.2 干砌锥坡、护坡时，锥坡、护坡土基压实度应夯实并达到设计要求。砌筑时应纵横挂线，按线砌筑。需铺设砂垫层时，砂粒料的粒径不宜大于 50 mm，含砂量不宜超过 40%。填土与砌筑应同步施工，边口处应用较大石块，砌成整齐坚固的封边。

24.5.3 栽砌卵石护坡应选择长径扇形石料，长度宜为 25 mm ~ 35 mm。卵石应垂直斜坡面，长径立砌，石缝错开。基脚石应浆砌。

24.5.4 栽砌卵石海墁，宜采用横砌方法，卵石应相互咬紧，略向下游倾斜。

24.6 照明

24.6.1 钢管灯柱结构制造应符合本规程第 21 章的规定。

24.6.2 桥上灯柱应与桥面系混凝土预埋件或钢结构连接牢固，桥外灯杆基础应坚实，其承载力应符合设计要求。

24.6.3 灯柱、灯杆的电气装置及接地装置应符合设计要求，施工质量应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11/1072 的规定。

24.7 抗震设施

24.7.1 抗震设施的型式和规格应符合设计要求。

24.7.2 抗震挡块与梁体之间的间隙应符合设计要求，且不小于 50 mm，不得有杂物堵塞。

24.7.3 抗震拉筋预留量应符合设计要求。

24.7.4 抗震设施的允许偏差应符合现行地方标准《城市桥梁工程施工质量检验标准》DB11/1072 的规定。

24.8 结构防雷接地

24.8.1 桥梁结构防雷接地施工应符合设计要求。防雷接地装置应有合格证等证明材料。

24.8.2 利用混凝土内钢筋、钢柱等作为防雷接地系统的引下线时，应按照设计要求施工。外露引下线应做防腐处理。

24.8.3 结构防雷接地完成后应按设计要求进行接地电阻测试检测。

25 季节性施工

25.1 一般规定

25.1.1 冬期、雨期等特殊条件下城市桥梁施工，应根据不同条件特点制定相应的施工技术方案及应急预案，并有针对性的工程技术措施及安全防范工作，保证工程质量和施工安全。

25.1.2 桥梁施工进入季节性施工除应符合本章规定外，尚应符合规程其他章节的相关规定。

25.2 冬期施工

25.2.1 根据当地多年气象资料统计，当室外日平均气温连续 5d 稳定低于 5℃时，桥梁施工应进入冬期施工。当室外日平均气温连续 5d 高于 5℃时，即解除冬期施工。城市桥梁工程冬期施工应符合下列规定：

- 1 进入冬期施工前应编制冬期施工措施和计划，并有应对突然降温的防冻措施；
- 2 对室外气温和结构物的养护温度，应按规定定时测量并记录；
- 3 结构物基础的地基，施工前、施工期及施工后均不得使其受冻；
- 4 混凝土抗压试件的留置应按现行国家标准规定执行，并应增设不少于 2 组同条件养护试件。

25.2.2 土方及地基的冬期施工应符合下列规定：

- 1 结构物基础的地基，在施工前、施工期及施工后均不得使其受冻；
- 2 冻土层的开挖宜根据冻层的厚度、数量及经济原则选用不同的开挖方法，可采用人工或机械凿劈冻土，并应制定安全保证措施。有条件的也可采用爆破开挖冻土；
- 3 基槽边坡应随挖土的进展及时进行修整和加固；
- 4 桥台背后填土应选用未受冻的透水性好的土，并及时夯实，收工时覆盖防冻。若用粘性土回填，且当年修路通车，则土中不得含有冻块；

5 开挖基坑应符合下列规定：

- 1) 基坑周围尽可能设防风挡；
- 2) 土方开挖当日未见槽底时，将槽底 300 mm 刨松或覆盖保温材料防冻；
- 3) 挖土至基础设计标高以上 300 mm~400 mm 时，应留待基础施工前一次挖出；已挖至设计标高又不能及时施工的基础应覆盖防冻；
- 4) 基础下的土层已经受冻后继续基础施工时，应将冻层全部挖出，进行换土处理。

25.2.3 钢筋加工、焊接与预应力张拉的冬期施工应符合下列规定：

- 1 钢筋冷弯温度不宜低于-20℃；

2 冬期焊接钢筋宜在室内进行，焊接完成的钢筋应完全冷却后再运至室外。当需在室外焊接时，其室外温度不宜低于 -20°C ，且应有蔽雪挡风设施，未完全冷却的焊接接头不得碰触冰雪；

3 张拉预应力筋时的环境温度不应低于 -15°C 。张拉所用设备、液压油，应根据环境温度选用，并应在使用温度相同的条件下，进行配套校验。

25.2.4 冬期混凝土的运输和浇筑应符合下列规定：

1 运输、浇筑混凝土用的工具、容器应有保温设施。尽量缩短混凝土运输距离和倒运次数。在运输和浇筑过程中混凝土的温度应符合热工计算的要求，当与其不符时，应采取措施进行调整；

2 冬期地基不得受冻。地基上浇筑混凝土前，应将其上的冰雪、污物等清扫干净；

3 对分层浇筑大体积混凝土结构，已浇筑混凝土的温度，在被上一层混凝土覆盖之前，不应低于按热工计算的温度，且不得低于 2°C ；

4 装配式结构的接头混凝土浇筑前，宜先将结合面加热至 2°C 以上。浇筑后的混凝土宜在不超 45°C 的条件下养护，并应达到设计强度方可拆模。设计无专门要求时，在不低于设计强度的 75% 时方可拆模；

5 预应力混凝土结构的孔道灌浆，应在正温下进行，灌浆后应加强保温，不得使砂浆受冻，且应养护到水泥浆强度达到设计要求；

6 对加热养护的现浇混凝土结构，混凝土的浇筑顺序和施工缝的位置应能防止在加热养护时产生较大的温度应力，且加热温度不宜超过 40°C 。

25.2.5 混凝土的养护应符合下列规定：

1 混凝土的受冻临界强度应根据技术经济比较和热工计算，选择养护方法及根据不同结构拆模所需达到的混凝土强度确定养护时间；

2 混凝土的养护方法应尽先采用以保温覆盖为主的蓄热养护法，仅当气温低于 -15°C ，结构物的表面系数大于 15 m^2 ，不能满足强度增长要求时，可考虑其他养护方法，如蒸汽养护法、暖棚法和电热法等。采用蓄热法养护时应符合下列规定：

1) 覆盖方法应经过热工计算选择，可采用双层模板、塑料布等覆盖物。在温度降至 0°C 时，混凝土应达到抗冻强度；

2) 尽量利用未冻土壤热量或采用棚罩和加强养护以延长正温养护时间；

3) 对易冷却部位应加强保温，在与旧混凝土接茬部位 1.5 m 范围和长度在 1 m 范围内的外露钢筋，进行防寒保温；

4) 混凝土表面不得洒水；

5) 应及时测温，并有应付气温突然下降的防冻措施。

3 当采用蒸汽加热法养护时，应符合下列规定：

1) 对不得受水浸的土基、使用铝酸盐水泥掺有引气型外掺剂的混凝土，均不得使用蒸汽养

护法;

2) 蒸汽养护的混凝土,当采用普通硅酸盐水泥时,养护最高温度不宜超过 80℃;当采用矿渣硅酸盐水泥时,养护最高温度可提高到 85℃,采用内部通气法时,最高温度不得超过 60℃。对于预应力混凝土应符合本规程第 8.4.4 条的规定;

3) 整体浇筑的结构蒸养时,混凝土的升降温速度不得超过表 25.2.5-1 的规定。

表 25.2.5-1 加热养护混凝土的升、降温速度 (°C/h)

表面系数	升温速度	降温速度
≥6	15	10
<6	10	5

注: 1 大体积混凝土应根据实际情况确定。

2 表面系数是指结构物的冷却表面积 (m²) 与其全部体积 (m³) 的比值。

4 采用暖棚法养护混凝土时,应符合下列规定:

1) 暖棚的结构应简单,但应严密、防风,入口、出口均应存保温设施。暖棚的容积应在满足操作的条件下尽量减小;

2) 暖棚热源可为蒸汽,棚内宜适量洒水以保持空气潮湿;

3) 暖棚应设专人日夜看管,保持温度和湿度的均匀,其棚内温度应经常保持在 10℃~20℃,不得低于 5℃。

5 采用电热法养护时,电极的布置应使混凝土受热均匀,且混凝土仅应加热到设计强度的 50%,并应符合下列规定:

1) 对混凝土表面进行保温覆盖再通电;

2) 宜采用工作电压为 50V~110V;

3) 混凝土的升降温速度应见本规程表 25.2.5-1 的规定,且混凝土加热的最高温度应符合表 25.2.5-2 的规定;

表 25.2.5-2 电加热混凝土最高温度 (°C)

所用水泥强度等级	结构表面系数 (m ⁻¹)	
	≤15	>15
42.5	40	35

4) 在加热过程中,应观察混凝土表面不应有干燥现象,出现干燥现象时,应先停电,并用温水湿润混凝土表面。

6 模板拆除应符合下列规定:

1) 拆除模板前,除结构物同条件养护的试件强度应达到受冻临界强度外,还应符合本规程

第 5.5 节的规定；

2) 加热养护的结构物应保持混凝土温度降到 5℃ 时方可拆模。当与外界气温相差大于 15℃ 时，应采取临时覆盖措施，随拆随盖，确保缓慢冷却。

25.2.6 砌体冬期施工应符合下列规定：

1 砖石表面的冰雪应清除干净，砂石中不得含有冰块和直径大于 10 mm 的冻结块；

2 冬期使用和拌制砂浆应符合下列规定：

1) 砂浆宜优先采用普通硅酸盐水泥配置的砂浆，不得使用无水泥拌制的砂浆；

2) 冬期使用砂浆宜增大稠度 10 mm~30 mm，并使用机械搅拌，搅拌时间应比常温加长 50%~100%；

3) 水加热的温度最高不得超过 80℃；

4) 砂浆应随拌随用，不得使用已经冻结的砂浆。施工气温在 5℃ 以下时，不宜进行砂浆砌筑。

25.2.7 防水层冬期施工应符合下列规定：

1 桥面采用涂刷沥青胶结材料，或采用水乳型橡胶沥青卷材防水层时，施工温度不得低于 5℃，温度过低时应采取保温措施；

2 桥面采用高分子防水卷材冷粘法施工时，施工温度不得低于 5℃；采高聚物改性沥青防水卷材热熔法施工温度不得低于-10℃，温度过低时应采取保温措施；

3 施工前应对前一道工序进行质量检查验收，做好记录，隐检合格后方可施工。

25.3 雨期施工

25.3.1 城市桥梁工程雨期施工应符合下列规定：

1 桥梁工程应在降雨量集中的季节，并且会对工程质量造成影响时，采取雨期施工措施；

2 雨期施工应提前准备防汛抢险器材、机具及遮盖材料，工程材料应有防雨防潮措施，施工场地及生活区应有排水措施，施工机械设备应有防雷防触电措施；

3 雨期施工应分期、分段、分片施工，工作面不宜过大；

4 雨期施工期间应随时关注天气变化，遇大风、暴雨或洪水等恶劣天气应提前预警，并及时停止现场施工作业。

25.3.2 土方及地基的雨期施工应符合下列规定：

1 基坑周边应设置挡水墙，基坑外应设置截水沟，防止地面水流入。基坑内应设置集水井，并应配备足够的抽水设备；

2 基坑坑底挖至设计标高后，应及时进行结构施工，防止泡槽。若因故未能及时进行下一

道工序而发生泡槽，应挖除被浸泡部分，并采取换填处理措施，宜选用砂砾材料，换填后地基承载力应满足设计要求；

3 雨期施工应加强边坡支护，或放大边坡坡度。地质条件不良地段的边坡应加强监控量测，发现异常情况及时处理；

4 水中施工应采取防止洪水淹没或冲毁施工作业平台及施工设备、设施的有效措施。

25.3.3 结构混凝土的雨期施工应符合下列规定：

1 雨期施工模板支架的地基承载力应满足强度和稳定性要求，雨后应检查地基的情况，如因地面软化引起地基沉降及支架失稳，应采取措施进行加固；

2 雨期施工应防止模板内积水，如遇积水应排除后再进行后续施工，并应对模板进行检查。模板应选用具有防雨水冲刷性能的脱模剂；

3 钢筋、钢绞线等钢材应支垫并覆盖存放，结构外露钢筋、钢绞线及预埋钢件等应采用覆盖或缠绕等防潮措施。钢筋的加工和焊接应在防雨棚内进行；

4 如未采取良好的防护措施，小雨、中雨天气不宜进行混凝土露天浇筑，且不应进行大面积的混凝土露天浇筑作业；大雨、暴雨天气不得进行混凝土露天浇筑；

5 混凝土浇筑完毕后，应及时采取覆盖塑料薄膜等防雨措施，新浇筑的混凝土在达到终凝前不得淋雨；

6 桥面防水层不宜在雨天进行铺设施工。

25.3.4 砌体的雨期施工应符合下列规定：

1 砌体施工前，应将砌筑材料表面的淤泥等杂物清理干净；

2 砌体砂浆及现场制作的砂浆试块在达到终凝前，应采取防雨措施。

25.4 高温期施工

25.4.1 当昼夜平均气温高于30℃时，应确定进入高温期施工。

25.4.2 混凝土的高温期施工应符合下列规定：

1 高温期混凝土拌合时，可掺加高效减水剂或粉煤灰，宜选用水化热较低的水泥。施工期间应对原材料和拌合设备采取防晒措施，并根据检测混凝土坍落度的情况，在保证配合比不变的情况下，调整水的掺量；

2 高温期应尽量缩短混凝土的运输时间，宜采用混凝土搅拌运输车，并可在搅拌桶上设有防晒措施。在运输过程中应慢速、不间断的持续搅拌混凝土。运输过程中不得自行加水；

3 混凝土的浇筑应选在一天温度较低的时间内进行，入模温度宜控制在30℃以下。浇筑完成后应尽快表面修整，可采用喷雾器喷洒少量水防止表面干缩裂缝，但不得直接在混凝土表面浇水；

4 浇筑完成后应尽快覆盖薄膜养护，终凝后应增加覆盖土工布，并持续洒水保湿养护。保湿养护时间不得少于 7d，养护期间有条件可采取防晒遮阳措施。

25.4.3 砌体的高温期施工应符合下列规定：

1 砂浆宜随拌随用，气温超过 30℃时，宜在 2 h 内使用完毕，已发生凝结的砂浆不得继续使用；

2 砌筑砂浆宜有良好的和易性，砂浆强度符合设计要求。

地方标准信息服务平台

附录 A 预应力筋张拉力计算

A.0.1 预应力筋平均张拉力按下式计算：

$$\bar{P} = \frac{P[1 - e^{-(kx+m\alpha)}]}{kx + m\alpha} \quad \bar{P} = \frac{P[1 - e^{-(kx+m\alpha)}]}{kx + m\alpha} \quad (\text{式 A.0.1})$$

式中：P-预应力钢材张拉端的张拉力（N）；

X-从张拉端至计算截面的孔道长度（m）；

Q-从张拉端至计算截面曲线孔道部分切线的夹角之和（rad）

K-孔道每 m 局部偏差对摩擦的影响系数，对于预埋波纹管，取 0.0015；

m-预应力钢筋与孔道壁的摩擦系数，对于预埋波纹管，取 0.20~0.25。

地方标准信息服务平台

附录 B 锤击沉桩选锤参考

锤 型		柴 油 锤 (t)						
		20	25	35	45	60	72	
锤的动 力性能	冲击部分重 (t)	2.0	2.5	3.5	4.5	6.0	7.2	
	总重 (t)	4.5	6.5	7.2	9.6	15.0	18.0	
	冲击力 (kN)	2000	2000~ 2500	2500~ 4000	4000~ 5000	5000 ~ 7000	7000~ 10000	
	常用冲程 (m)	1.8~2.3						
桩的截 面尺寸	预制方桩、预应力管桩 的边长或直径 (cm)	25~35	35~40	40~45	45~50	50~ 55	55~60	
	钢管桩直径 (mm)	φ 400			φ 600	φ 900	φ 900~ 1000	
持 力 层	粘性土 粉 土	一般进入深度 (m)	1~2	1.5~2.5	2~3	2.5~3.5	3~4	3~5
		静力触探比贯入阻力 P _s 平均值 (MPa)	3	4	5	>5	>5	>5
	砂 土	一般进入深度 (m)	0.5~1	0.5~1.5	1~2	1.5~2.5	2~3	2.5~3.5
		标准贯入击数 N (未修 正)	15~25	20~30	30~40	40~45	45~ 50	50
锤的常用控制贯入度 (mm/10 击)			20~30		30~50	40~ 80		
设计单桩极限承载力 (kN)		400~ 1200	800~ 1600	2500~ 4000	3000~ 5000	5000 ~ 7000	7000~ 10000	

注：1 本表仅供选锤用；

2 本表适用于 20m~60m 长预制钢筋混凝土桩及 40m~60m 长钢管桩，且桩尖进入硬土层有一定深度。

附录 C 振动沉桩选锤参考

C.0.1 振动锤的振动力 P ，应能克服桩在下沉中土的摩阻力 (R)：

$$P > R$$

土的摩阻力：

$$R = f \times u \times L \quad (\text{kN}) \quad (\text{式 C.0.1})$$

式中 f ——土单位面积的动摩阻力 (kPa)，可按表 C.0.1；

u ——桩的周边长度， m ；

L ——桩的入土深度， m ；

C.0.2 振动锤的振动力 (kN)：

$$p = 0.04 \times n^2 \times M \quad (\text{kN}) \quad (\text{式 C.0.2})$$

式中 n ——偏心锤转速， r/s ；

M ——振动锤的偏心力矩， $\text{kN} \cdot \text{cm}$ 。

偏心力矩 M 应满足： $M = A \times Q$ (式 C.0.3)

式中 A ——振幅，在软土地基中， $A > 0.7\text{cm}$ ；

在其他地基中， $A \geq 1.1\text{cm}$ ；

Q ——桩和锤总重力， kN 。

表 C.0.1 f 值

砂 性 土		粘 性 土	
标准贯入击数	f (kPa)	标准贯入击数	f (kPa)
0~4	10	0~2	10
4~10	10	2~4	10
10~30	20	4~8	20
30~50	20	8~15	25
>50	40	15~30	40
		>30	50

附录 D 泥浆各种性能指标测定法

D.0.1 相对密度 ρ_x : 可用泥浆相对密度计测定。

将要量测的泥浆装满泥浆杯, 加盖并洗净从小孔溢出的泥浆, 然后置于支架上, 移动游码, 使杠杆呈水平状态 (即水平泡位于中央), 读出游码左侧所示刻度, 即为泥浆的相对密度 ρ_x 。可用公式 (D. 0. 1)

若无以上仪器, 可用一口杯先称其质量设为 m_1 , 再装满清水, 称其质量为 m_2 , 再倒去清水, 装满泥浆并擦去杯周溢出的泥浆, 称其质量设为 m_3 。

$$\rho_x = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \quad (\text{式 D. 0. 1})$$

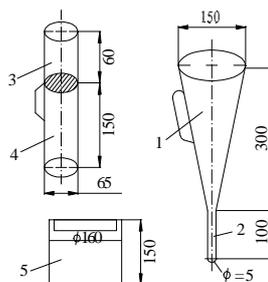
D.0.2 粘度 η : 用工地标准漏斗粘度计测定 (粘度计如附图 D. 0. 1)。用两端开口量杯分别量取 200ml 和 500ml 泥浆, 通过滤网滤去大砂粒后, 将泥浆 700ml 均注入漏斗, 然后使泥浆从漏斗流出, 流 500ml 量杯所需时间 (s), 即为所测泥浆的粘度。

校正方法: 漏斗中注入 700ml 清水, 流出 500ml, 所需时间应是 15s, 其偏差如超过 $\pm 1s$, 测量泥浆粘度时应校正。

D.0.3 静切力 θ : 工地可用浮筒切力计测定 (附图 D. 0. 2)。测量泥浆切力时, 可用公式 (D. 0. 2) 表示:

$$q = \frac{G - pddhg}{2pdh + pdd} \quad (\text{式 D. 0. 2})$$

式中: G ——铝制浮筒质量 (g);
 d ——浮筒的平均直径 (cm);
 h ——浮筒的沉没深度 (cm);
 γ ——泥浆容重 (g/cm^3);
 δ ——浮筒壁厚 (cm)。



附图 D.0.1 粘度计 (尺寸单位: mm)
 1-漏斗; 2-管子; 3-量杯 200ml 部分;
 4-量杯 500ml 部分; 5-筛网及杯



附图 D.0.2 浮筒切力计
 1-泥浆筒; 2-切力浮筒

量测时, 先将约 500ml 泥浆搅匀后, 立即倒入切力计中, 将切力筒沿刻度尺垂直向下移至与泥浆接触时, 轻轻放下, 当它自由下降到静止不动时, 即静切力与浮筒重力平衡时, 读出浮筒上

泥浆面所对的刻度，刻度按公式（式 D.0.2）计算，即为泥浆的初切力。取出切力筒，擦净粘着的泥浆，用棒搅动筒内泥浆后，静止十分钟，用上述方法量测所得为泥浆的终切力。它们的单位均为 Pa。此切力计如买不到可自制。

D.0.4 含砂率：工地可用含砂率仪（附图 5.2.3）测定。量测时，把调好的泥浆 50ml 倒进含砂率计，然后再倒进清水，将仪器口塞紧摇动 1min，使泥浆与水混合均匀。再将仪器垂直静放 3min，仪器下端沉淀物的体积（由仪器刻度上读出）乘 2 就是含砂率（有一种大型的含砂率计，内装 900ml 的，从刻度读出的数不乘 2 即为含砂率）。

D.0.5 胶体率（%）：胶体率是泥浆中土粒保持悬浮状态的性能。测定方法可将 100ml 泥浆倒入 100ml 的量杯中，用玻璃片盖上，静置 24h 后，量杯上部泥浆可能澄清为水，测量时其体积如为 5ml，则胶体率为 $100-5=95$ ，即 95%。

D.0.6 失水率（ml/30min）：用一张 120mm×120mm 的滤纸，置于水平玻璃板上，中央画一直径 30mm 量湿圆圈的平均直径（mm），即失水率。在滤纸上量出泥浆皮的厚度（mm）即为泥皮厚度。泥皮愈平坦、愈薄则泥浆质量高，一般不宜厚于 2mm~3mm。

D.0.7 酸碱度：即酸和碱的强度简称，也有简称为酸碱值的。pH 值是常用的酸碱标度之一。pH 值等于溶液中氢离子浓度的负对数值，即 $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = \lg 1/[\text{H}^+]$ 。pH 值等于 7 时为中性；大于 7 时为碱性，小于 7 时为酸性。工地测量 pH 值方法，可取一条 pH 试纸放在泥浆面上，0.5s 后拿出来与标准颜色相比，即可读出 pH 值。也可用 pH 酸碱计，将其探针插入泥浆，直接读出 pH 值。

地方标准信息服务平台

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件允许时首先这样做的用词：
正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其它有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

地方标准信息服务平台

引用标准名录

1. 《木结构设计标准》 GB 50005
2. 《钢结构设计标准》 GB 50017
3. 《工程测量规范》 GB 50026
4. 《滑动模板工程技术标准》 GB/T 50113
5. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
6. 《组合钢模板技术规范》 GB/T 50214
7. 《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》 GB/T 1499.1
8. 《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》 GB/T 1499.2
9. 《金属熔化焊焊接接头射线照相》 GB/T 3323
10. 《非合金钢及细晶粒钢焊条》 GB/T 5117
11. 《热强钢焊条》 GB/T 5118
12. 《预应力混凝土用钢丝》 GB/T 5223
13. 《预应力混凝土用钢绞线》 GB/T 5224
14. 《焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定》 GB/T 11345
15. 《冷轧带肋钢筋》 GB/T 13788
16. 《合成材料运动场地面层》 GB/T 14833
17. 《城市桥梁工程施工与质量验收规范》 CJJ 2
18. 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
19. 《钢筋机械连接技术规程》 JGJ 107
20. 《建筑与市政工程地下水控制技术规范》 JGJ 111
21. 《城市桥梁桥面防水工程技术规程》 CJJ 139
22. 《无粘结预应力钢绞线》 JG/T 161
23. 《混凝土耐久性检验评定标准》 JGJ/T 193
24. 《钢管满堂支撑架预压技术规程》 JGJ/T 194
25. 《预应力混凝土用金属波纹管》 JG/T 225
26. 《高强混凝土应用技术规程》 JGJ/T 281

27. 《公路桥梁伸缩装置通用技术条件》	JT/T 327
28. 《无粘结预应力筋用防腐润滑脂》	JG/T 430
29. 《环氧树脂涂层钢筋》	JG/T 502
30. 《预应力混凝土桥梁用塑料波纹管》	JT/T 529
31. 《公路桥梁钢结构防腐技术条件》	JT/T 722
32. 《公路桥涵地基与基础设计规范》	JTG 3363
33. 《公路桥涵施工技术规范》	JTG/T 3650
34. 《公路工程岩石试验规程》	JTG E41
35. 《预拌混凝土质量管理规程》	DB11/T 385
36. 《建筑基坑支护技术规程》	DB11/489
37. 《城市桥梁工程施工质量检验标准》	DB11/1072
38. 《城市道路工程施工质量检验标准》	DB11/T 1073

地方标准信息服务平台

北京市标准

城市桥梁工程施工技术规程

Management Specification of Municipal
Urban Bridge Engineering

条文说明

地方标准信息服务平台

目 次

1	总则	177
2	术语	178
3	基本规定	179
4	施工准备和施工测量	181
5	模板、支架和拱架	182
6	钢筋	186
7	混凝土	187
8	预应力	189
9	砌体	190
10	明挖基础	191
11	桩基础	192
12	沉井基础	194
13	墩台	195
14	支座及垫石	196
15	钢筋混凝土梁桥浇筑施工	197
16	钢筋混凝土梁桥预制装配化施工	198
17	拱桥	199
18	斜拉桥	205
19	转体桥	209
20	悬索桥	211
21	钢结构桥梁	215
22	顶进桥涵	219
23	桥面系	220
24	附属结构	222
25	季节性施工	223

1 总则

1.0.1 本条规定是说明制定本规程的目的，阐明制定本规程的理由。

本规程的目的是规范主要施工技术，保证工程质量。促进城市桥梁工程施工标准化、规范化和科学化。本规程是对城市桥梁工程施工行为提出的基本要求。本规程应与北京市城市桥梁工程地方标准 DB11/1070、DB11/1072 配合使用，三者互补。

1.0.2 本条规定明确本规程的适用范围：新建、改建的城市桥梁工程及其大中修工程。

1.0.3 城市桥梁工程是一门综合性强的工程，城市桥梁工程施工还应执行相关的国家标准、行业标准及地方标准。

地方标准信息服务平台

2 术语

2.0.1 本章术语都是有关城市桥梁工程施工技术方面的特定术语,这些术语都是从城市桥梁工程施工技术方面的角度赋予其涵义的。

2.0.2 在编写本章术语时,参考了现行国家和现行行业标准中的相关术语。

2.0.3 本标准中给出相应的推荐性的英文术语(名称),该英文术语(名称)不一定是国际上通用的标准术语(标准化名称),仅供参考。

地方标准信息服务平台

3 基本规定

3.0.1 城市桥梁工程施工基本原则是依法建设、认真按照设计文件进行施工，本条规定对满足工程结构安全、耐久性能及使用功能至关重要。

3.0.2 城市桥梁工程施工管理标准化，是当前工程建设的必然需要，积极推行机械化、工厂化、专业化和信息化施工，确保工程质量和安全。建立系统的施工标准化体系，将标准化要求贯穿工程施工各个环节，促进规章制度更加完善，现场管理更加规范，人员技能更加精湛，材料加工、施工工艺更加精细，试验检测更加可靠，从业人员标准化意识明显增强，工程质量、安全水平进一步提高。开展施工标准化活动的主要内容包括施工现场标准化、工程施工标准化和施工管理标准化。

3.0.3 本条规定对城市桥梁工程施工安全进行规定，就是要突出安全第一的原则，以适应当前工程建设的需要。根据《关于加强房屋建筑和市政基础设施工程施工技术管理工作的通知》京建法[2018]22号文件，施工组织设计、专项施工方案应经审批后方可实施。

桥涵工程往往与深大基坑，深水、水上、高处、高温、大风、冬期作业，高大结构施作、超重结构吊装相关，安全防护是桥涵施工重点保证措施。

城市桥梁工程做好文明施工、绿色施工、环境保护是当前进行工程施工的前提条件，施工组织设计及施工方案应有专门的绿色施工章节，应明确绿色施工目标，应依照《北京市建设工程施工现场管理办法》及北京市相关文件规定执行。

施工单位应做好施工调查和地质核对等工作，编制并审批实施性施工组织设计，明确施工作业标准和工艺要求等；对于技术条件复杂、涉及主体结构质量安全的分部/分项工程或工序应编制安全可靠、技术可行、经济合理的专项施工方案或关键工序作业指导书，明确施工作业标准和工艺要求。

施工组织设计应包括施工部署、计划安排、施工方法、保证质量和安全的保障体系与技术措施、专项施工方案与施工设计，以及环境保护、交通疏导等。施工组织设计中还应包括冬、雨期和高温期的施工方案和施工安全技术措施。

作业指导书是根据分部、分项工程施工具体要求，针对特殊过程、关键工序向施工人员交待作业程序、方法及注意事项，落实各项验收规范和标准，指导现场施工作业，严格控制工程质量，确保施工安全，满足环保要求等需要制订的作业及工艺标准。

3.0.4 本条规定明确要求，应建立技术与安全交底制度，严把交底关、并形成书面文件。单位工程施工前，施工技术负责人应向项目主要管理人员进行交底；专项施工交底由项目技术人员对专业工长交底；施工作业交底应由专业工长编制，经项目专业技术人员审批后，由专业工长对专业施工班组或专业分包作业人员进行交底，并由交底人和被交底人员共同签字确认；施工现场管理

人员应向作业人员进行安全技术交底，并由双方和项目专职安全生产管理人员共同签字确认。技术交底要落实到基层作业班组，安全交底要落实到每一个作业人员。

3.0.5 本条对施工人员专业培训进行规定。

3.0.6~3.0.7 本条规定明确要求在施工前（开工前），应划分工程质量控制的单位工程、分部工程、分项工程和检验批，并作为施工质量控制的基础。事先控制是本次修订强调的重点之一。

3.0.8 本条规定对施工资料收集、整理、移交进行详细规定。在开工前编制施工组织设计时应有详细规划。

地方标准信息服务平台

4 施工准备和施工测量

4.1 施工准备

4.1.1 设计文件是施工的重要依据，开工前应结合现场情况对设计文件做全面核对，了解设计意图，审核图纸，据以进行施工调查。

施工操作人员应按经审查合格的施工图纸进行施工。为保证设计文件的有效实施，施工前应由有关各方对设计文件进行会审和交底。当发现施工图与国家工程建设强制性标准有不符之处，在未明确意见前不应施工。

4.1.2~4.1.4 本次修订对施工调查的程序、方法、内容等进行规定。

4.1.5 本次修订对编制实施性施工组织设计进行规定，应根据图纸、合同文件等要求的质量标准编制施工组织设计。对于危险性较大的分部分项工程，应符合住房和城乡建设部、北京市住房和城乡建设委员会对于“危险性较大的分部分项工程”现行安全管理文件规定，并应符合《建筑工程施工现场安全资料管理规程》有关“危险性较大的分部分项工程”的相关规定。

4.1.6 本次修订新增施工作业指导书规定。施工作业指导书是根据分部、分项工程施工具体要求，针对特殊过程、关键工序向施工人员交待作业程序、方法及注意事项，落实各项验收规范和标准，指导现场施工作业，严格控制工程质量，确保施工安全，满足节能环保要求等需要制订的作业及工艺标准。

4.1.7 本次修订对施工技术交底型式、内容和要求等进行规定。技术交底要落实到基层作业班组（安全交底要落实到每一个作业人员）。

4.2 施工测量

本节主要对城市桥梁工程施工测量基本要求进行规定。施工前结合每一个具体标段的具体情况，应编制有针对性的测量方案。编制施工组织设计（或测量方案）时，应根据测量工作的特殊性和所施工程的特点，编制有针对性的测量安全措施。

4.2.7 目前测量应用卫星定位较为广泛，本条款根据《工程测量规范》GB50026 补充卫星定位测量的要求。

5 模板、支架和拱架

5.1 一般规定

5.1.1 本次修订强调，模板、支架和拱架施工前应编制专项施工方案，经审查批准、按规定进行专家论证后实施。本条依据根据《北京市房屋建筑和市政基础设施工程危险性较大的分部分项工程安全管理实施细则》的通知(京建法〔2019〕11号)的要求，对危险性较大分部分项工程的施工方案做了要求。

5.1.2 本次修订强调模板、支架和拱架施工，应按住房和城乡建设部及北京市住建委关于危险性较大的分部分项工程相关规定执行。特别是超过一定规模的危险性较大工程应编制专项方案并进行专家论证通过后实施，包括下列内容：

- 1 各类工具式模板工程：包括滑模、爬模、飞模、隧道模等工程。
- 2 混凝土模板支撑工程：搭设高度 8m 及以上，或搭设跨度 18m 及以上，或施工总荷载（设计值） 15kN/m^2 及以上，或集中线荷载（设计值） 20kN/m 及以上。
- 3 承重支撑体系：用于钢结构安装等满堂支撑体系，承受单点集中荷载 7kN 及以上。

专项方案编制应包括下列内容：

1 工程概况：模板工程特点、施工平面及立面布置、施工要求和技术保证条件，具体明确支模区域、支模标高、高度、支模范围内的梁截面尺寸、跨度、板厚、支撑的地基情况等。

2 编制说明及依据：相关法律、法规、规范性文件、标准、规范及图纸（国标图集）、施工组织设计等。

3 施工计划：施工进度计划、材料与设备计划等。

4 施工工艺技术：模板支撑系统的基础处理、主要搭设方法、工艺要求、材料的力学性能指标、构造设置以及检查、验收要求等。

5 施工安全保证措施：模板支撑体系搭设及混凝土浇筑区域管理人员组织机构、施工安全措施、模板安装和拆除的安全技术措施、施工应急救援预案，模板支撑系统在搭设、钢筋安装、混凝土浇筑过程中及混凝土终凝前后模板支撑体系位移的监测监控措施等。

6 施工管理及作业人员配备和分工：包括施工管理人员、专职安全生产管理人员、特种作业人员、其他作业人员等。

7 验收要求：验收标准、验收程序、验收内容、验收人员等；

8 应急处置措施；

9 计算书及相关图纸：验算项目及计算内容包括模板、模板支撑系统的主要结构强度和截面特征及各项荷载设计值及荷载组合，梁、板模板支撑系统的强度和刚度计算，梁板下立杆稳定

性计算，立杆基础承载力验算，支撑系统支撑层承载力验算，转换层下支撑层承载力验算等。每项计算列出计算简图和截面构造大样图，注明材料尺寸、规格、纵横支撑间距。

附图包括支模区域立杆、纵横水平杆平面布置图，支撑系统立面图、剖面图，水平剪刀撑布置平面图及竖向剪刀撑布置投影图，梁板支模大样图，支撑体系监测平面布置图及节点大样图等。

5.2 模板、支架和拱架设计

本次修订本节主要对城市桥梁工程模板、支架和拱架设计基本要求进行规定。

5.1.2 模板、支架、拱架要依据文件，编制专项施工方案，同时应符合相关国家规范。

5.2.1 本次修订对模板、支架和拱架设计应遵循的基本原则进行规定。

5.2.2~5.2.5 本次修订对模板、支架和拱架设计要求进行规定。其中，最不利荷载总和为荷载标准值乘以荷载分项系数。

5.2.7 本次修订新增“模板、支架和拱架的弹性压缩或下沉量不得大于构件跨度的 1/1000”的规定，就是为了进一步保证模板、支架和拱架的施工安全。

5.2.8 验算时不论板拱架或桁拱架均作为整体截面考虑，荷载分配系数永久荷载不宜小于 1.35，可变荷载不宜小于 1.4。

5.2.9 设计预应力混凝土模板时，应考虑施加预应力后构件与模板、支架间位置的相互影响，如梁体的弹性压缩、徐变、上拱及支座螺栓或预埋件的位移等。本次修订新增本条就是为了进一步保证先张法预应力的施工安全和施工质量。

5.2.11 钢吊环是重要吊装部件，其材料的选择、加工或与大模板的连接等对保证安全施工至关重要，本条是对钢吊环提出的基本要求。

5.3 模板的制作与安装

本节对模板的制作与安装进行规定。

5.3.1 本次修订明确要求，城市桥梁工程结构模板应优先选用工厂化制作、技术成熟的定型化、工具式大模板体系。采用标准化、系列化、通用化模板是保证工程质量和施工安全的重要手段，因此推荐在实际施工中采用。

5.3.2~5.3.3 本次修订对模板的构造、安装进行规定，其目的就是要保证工程质量和施工安全。

5.3.4~5.3.6 本次修订对采用提升模板、翻转模板、爬升模板和滑升模板施工时的要求进行规定，同样就是要保证工程质量和施工安全。

5.4 支架、拱架的制作与安装

5.4.1 本次修订对支架、拱架在制作前应进行强度、刚度和稳定性验算，就是要支架、拱架的总

体构造和细部构造均应设置成几何不变体系。

支撑架结构安全是混凝土桥梁现浇施工安全的根本保障，因此要求支架、拱架应有足够的强度、刚度和稳定性。支撑架结构各杆件间的牢固结合及连接系的合理设置，是保证支撑架结构强度、刚度和稳定性的基本构造要求。

由于混凝土梁支架法施工中广泛采用周转材料，在材料选用和支架验算时需按相关规定对旧材料进行折减。

支架、拱架制作应由有资质专业厂家、工厂化制造，厂内试拼装、验收合格后，方可进行工地现场安装。

支架、拱架制作宜采用标准化、系列化和通用化的构件拼装。无论使用何种材料的支架和拱架，均应进行施工图设计，并应验算其强度、刚度和稳定性。

支架、拱架立柱可采用钢管柱、钢管格构柱、钢管混凝土柱、型钢格构柱、万能杆件等。承重梁可采用贝雷梁、万能杆件、六四式军用梁等常备式定型钢构件或型钢梁、钢板梁、钢箱梁等。

满堂式支架应采用碗扣式钢管支架或承插型盘扣式钢管支架，不得采用扣件式钢管支架。

扣件式钢管支架在用作混凝土梁支架法现浇的模板支撑体系时内向为周转材料的扣件抗滑性能难以得到可靠保证，从而难以保证支架结构的几何不变性，故要求不得采用扣件式钢管支架作为模板支撑体系，但是在施工中可将扣件式钢管支架用在不承担现浇桥梁荷载的临时脚手架等位置。

5.4.2 本次修订强调支架、拱架应按施工设计（专项施工方案）规定的程序安装；安装支架过程中，应随安装随架设临时支撑，确保在安装施工过程中支架、拱架的牢固和稳定。

型钢或钢管立柱的安装可采用吊车进行安装，并按照方案设计要求的顺序进行。型钢或钢管立柱安装时，应确保立柱自身的稳定，应设置防失稳措施。

5.4.3~5.4.4 本次修订新增支架、拱架预压条款。

现行行业标准《钢管满堂支撑架预压技术规程》JGJ/T 194 对采用钢管搭设的各类满堂支撑架的基础预压和架体预压提出了具体的规定。本次修订结合城市桥梁工程特点进行了补充规定。

支架、拱架预压首先应符合设计要求；支架、拱架预压应符合专项施工方案的规定。

5.4.6 模板、拱架、支架拆除过程要满足技术要求，预应力结构模板、墩台模板、支架拱架卸落要符合相关规程。

5.5 模板、支架和拱架的拆除

5.5.1 本次修订强调承重模板、支架和拱架的拆除，应符合设计要求，应符合施工设计（专项施工方案）的规定；包括混凝土龄期、混凝土强度。为保证拆模时混凝土表面不损坏，非承重的侧

模板拆模时，一般情况下，抗压强度达到 2.5MPa 时，可满足拆除模板时所需的各项强度。

5.5.2 砌拱桥的落架和拆除应根据设计文件要求，在安全专项施工方案中明确拱架落架、拆除顺序和安全措施，并对作业人员进行技术交底。

5.5.3 卸落模板、支架时，总的原则要求是由变形最大处向变形最小或无变形处过渡，对称、少量、多次、逐渐完成，使结构物逐步承受荷载，其目的是为避免结构物在卸落模板、支架的过程中发生开裂等事故。

5.5.4~5.5.6 本次修订强调按规定程序施工，就是要确保工程质量和施工安全。

地方标准信息服务平台

6 钢筋

6.1.5 钢筋应按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批验收，确认合格后方可使用。钢筋的加工、运输和储存、预制、检验与验收应符合相关规定。

6.1.6 本条强调钢筋焊接、绑扎接头及质量检查验收要符合现行国家规范要求。

6.2.1 本条对钢筋调直、清污和除锈的要求进行了修改。

6.2.4 本条依据《北京市推广、限制和禁止使用建筑材料目录(2014年版)》、《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2、现行国家标准《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧带肋钢筋》GB/T1499.2 修改了钢筋弯制及末端弯钩形状表，弯曲直径具体到数值范围。热轧光圆钢筋 HPB235、热轧带肋钢筋 HRB335 在北京市禁止使用，已删除 HRB335 级钢筋相关内容，增加 HRB500 级钢筋内容。

6.3.9 在焊接生产中，焊工应进行自检，当发现有焊接缺陷时，采取措施及时消除。

6.3.12 本条依据《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 修改了“接头长度区段内受力钢筋接头面积的最大百分率”表的注释，新增了一条“施工中钢筋受力分不清受拉、受压的，按受拉办理”。

6.4.3 本条依据《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 修改了“简支梁钢筋骨架预拱度表”的注释，新增了一条“骨架接长焊接时，不同直径钢筋的中心线应在同一平面上”。

6.4.4 本条依据《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 新增“焊接钢筋网片电阻点焊”的规定，规定内容为“当焊接网片的受力钢筋为冷拔低碳钢丝，而另一方向的钢筋间距小于 100mm 时，除受力主筋与两端的两根横向钢筋的全部交叉点应焊接外，中间部分的焊点距离可增大至 250mm”。

6.4.6 本条依据《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2、《城市桥梁工程施工质量检验标准》D11/1072 强调受力钢筋的混凝土保护层厚度要求。

7 混凝土

7.2 混凝土的运输

7.1.2 根据《北京市大气污染防治条例》，对预拌混凝土有具体规定，删除了现场搅拌混凝土的有关要求。预拌混凝土施工管理，还应符合下列规定：

- 1 混凝土质量判定时，坍落度及含气量应以浇筑现场检验结果为准；
- 2 应按分项工程分混凝土品种、强度等级提供预拌混凝土出厂合格证；
- 3 预拌混凝土生产单位应配合驻厂监理组开展材料检验、配合比审核、试验操作及混凝土出厂检查等质量管理方面的工作，并提供驻厂监理工作所需要的相关资料；
- 4 应对预拌混凝土原材料质量、生产配合比执行情况、混凝土工作性能进行抽查抽测，并形成检查记录；
- 5 应对预拌混凝土取样、施工现场取样以及浇筑过程留存影像资料备查。

7.3 混凝土的浇筑

7.3.1 洒水湿润的目的是为了避免模板干燥吸附混凝土中的水分，使混凝土特性发生改变。金属模板若温度过高，同样会影响混凝土的特性，洒水可以达到降温的目的。混凝土分层厚度应与所采用的振捣设备相匹配，以免发生因振捣设备原因而产生漏振或欠振情况。混凝土浇筑倾落高度是指所浇筑结构的高度加上混凝土布料点距本次浇筑结构顶面的距离。混凝土浇筑离析现象的产生与混凝土下料方式、最大粗骨料粒径以及混凝土倾落高度相关。

混凝土在浇筑过程中，应随时检查模板、支架、钢筋、预埋件和预留孔洞的情况，如发现有变形、移位、或沉陷等应立即停止浇筑，查明原因，并在混凝土初凝前修整完成。

7.3.3 自密实混凝土流动性大，施工方案中应对模板拼缝提出一定要求，模板侧压力计算应考虑自密实混凝土的特点。自密实混凝土不宜采用粒径大于 20mm 的骨料。自密实混凝土浇筑时控制好流淌距离，选择适宜的布料点并控制间距，对于模板边角处，必要时采用小规格振动棒进行辅助振捣

7.4 混凝土的养护

7.4.1 当气温低于 5 摄氏度时，混凝土的水化凝结速度大大降低，应覆盖保温养护。

7.5 大体积混凝土

7.5.1 大体积混凝土浇筑最常用的方法为斜面分层，如果对混凝土流淌距离有特殊要求的工程，

混凝土可采用全面分层或分块分层的浇筑方法。保证各层混凝土连续浇筑的条件下，层与层之间的间歇时间尽可能缩短，以满足整个混凝土浇筑过程。

地方标准信息服务平台

8 预应力

8.2 预应力筋与预应力管道

8.2.1 预应力筋系施加预应力的钢丝、钢绞线和精轧螺纹钢等的总称。与预应力筋相关的现行国家标准有：《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224、《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223、《预应力混凝土用螺纹钢》GB/T 20065、《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161、《中强度预应力混凝土用钢丝》YB/T 156。

8.2.3 后张法预应力成孔主要采用塑料波纹管以及金属波纹管，而竖向孔道通常采用钢管。与塑料波纹管相对应的现行行业标准为《预应力混凝土桥梁用塑料波纹管》JT/T 529，与金属波纹管相对应的现行行业标准为《预应力混凝土用金属波纹管》JG/T 225。

8.7 后张法

8.7.3 后张法多根（束）预应力筋张拉时，应使张拉的合力作用线处在构件核心截面内，以防构件截面产生过大偏心受压和边缘拉力。因此，张拉宜分批、分阶段、对称地进行。分批张拉时，按控制应力先张拉的预应力筋会因后批预应力筋张拉时所产生的混凝土弹性压缩而引起应力损失。一般设计上安排张拉顺序时已考虑到这种应力损失补偿问题，故应按设计要求的顺序和张拉力进行。设计未给出张拉顺序时，编制张拉方案时应考虑应力损失的问题。

地方标准信息服务平台

9 砌体

9.6.6 河床海漫河卵石时，横砌、纵砌两种方法均可采用。应采用横砌方法，即砌缝垂直与水流方向。栽砌时应自下游向上游进行，同排的石块厚薄大小应基本一致，每块卵石应相互咬紧，略向下游倾斜。

地方标准信息服务平台

10 明挖基础

10.4.2 软土地基处理应符合下列规定：

2 用置换法提高地基承载力时，砂砾垫层的厚度应按下卧软土层的允许承载力确定。垫层材料除砂砾石外，还可使用碎石垫层等，施工方法按不同的换填材料选用施工机械，如压路机、振动压路机。在有效夯实深度内，土的饱和度小于并接近 0.60 时，可采用重锤夯实。

5 袋装砂井采用振动沉管机，将导管沉入预定高程，并将砂袋放入导管，宜用直径 70 mm 编织袋充填风干中粗砂，最后将导管拔出。袋装砂井施工定位应准确，间距和深度应符合设计要求。

地方标准信息服务平台

11 桩基础

城市桥梁基础工程含扩大基础（明挖基础）、桩基础、承台基础、沉井基础等型式。本章对桩基础进行规定。

11.1 一般规定

施工前应根据地质情况、周边情况，制订施工方案和安全生产、保护环境等措施，确保施工安全并满足设计要求。

11.2 沉入桩

沉入桩施工对周边环境及噪音控制影响较大，北京地区沉入桩施工应慎重使用。

锤击沉桩、振动沉桩和射水沉桩有各自的优缺点，通常是射水与振动或锤击相辅使用。

11.3 灌注桩

11.3.1 成桩工艺的优选，在综合考虑地质条件、单桩承载力要求前提下，尚应考虑成桩设备与技术的既有条件，力求既先进且实际可行、质量可靠；成桩过程产生的噪声、振动、泥浆、挤土效应等对于环境的影响应作为选择成桩工艺的重要因素。

钻机的选型是钻孔桩施工前十分重要的工作，合理的选型对保证施工质量、施工进度和施工安全具有重要作用。

钻孔机具及工艺的选择，应根据桩型、钻孔深度、土层情况、泥浆排放及处理条件综合确定。

护筒内径的大小与钻头在桩孔内的摆动程度有关，护筒内径应大于桩径至少 200mm，是在一般情况下的最低要求，实际施工时可酌情增大。护筒的壁厚与护筒的直径大小、入土的深度有关。

对泥浆进行控制，它们是影响成桩质量和混凝土灌注质量的主要指标。优质泥浆可减少坍孔和埋钻，悬浮钻渣能力强，清孔后沉淀量小。坍孔和埋钻，悬浮钻渣能力强，清孔后沉淀量小。

11.3.2 成孔设备就位后，应平整、稳固，确保在成孔过程中不发生倾斜和偏移。应在成孔钻具上设置控制深度的标尺，并应在施工中进行观测记录。

11.4 挖孔桩

11.4.1 挖孔桩基础应符合下列规定：

1 人工挖桩施工不应是首选方法，其施工条件较差，极易发生安全事故。即使在地质条件

好的地区、选用人工挖孔桩工法，也应有可靠的安全防护措施。

2 人工挖孔桩在地质、施工条件较差时，难以保证施工人员的安全工作条件，特别是遇有承压水、流动性淤泥层、流砂层时，易引发安全和质量事故，因此不得选用此种工艺。

3 本次修订对人工挖孔桩适用条件、人工挖孔桩作业人员、资质、安全管理及施工现场、施工准备及专项施工技术方案和专项安全方案等进行规定。

11.4.2~11.4.3 本次修订对人工挖孔桩安全作业（挖孔作业、操作、作业工具、照明、空气检漏、通风、支护护壁、出土、孔口堆土、作业时间及孔口防护），现场防护等进行规定。

11.5 桩基承台

桥梁工程桩基承台埋置较浅时，常用放坡施工；当受场地限制不能放坡时或基坑较深时，应采用支护措施；应制订专项施工方案，采取有针对性的安全技术措施。

11.5.1~11.5.2 本次修订对基坑无水情况下及基坑有渗水时进行规定。基坑不得积水及时浇筑50mm~100mm厚混凝土垫层。

11.6 地下连续墙

11.6.1 本节适用于在土层或软岩地层中，采用机械挖槽、泥浆护壁、现浇钢筋混凝土地下连续墙施工。地下连续墙常用于几何尺寸大、结构复杂的桥基。在城市中进行地下连续墙施工前，应制定保护现况构筑物安全的措施。

11.6.2~11.6.5 导墙不仅对地下连续墙挖槽起导向作用，而且承受土压、施工荷载，同时是钢筋笼、导管、锁口管顶拔时的临时支承体。因此要求其具有一定的强度和刚度，并连接成整体。

11.6.6~11.6.10 本次修订强调槽壁稳定，成槽过程中，槽段边应根据槽壁稳定的要求控制施工荷载。导墙养护期间，重型机械设备不宜在导墙附近作业或停留。

地下连续墙成槽对土体扰动较大，对周边环境有一定影响，成槽机本身荷载大，控制槽段周边的施工荷载对提高槽壁稳定性至关重要。

11.6.10 地下连续墙的接头分施工接头和结构接头两大类，后者是地下连续墙与承台、墩柱连接时的构造性接头，连接处的钢筋、预埋件等构造和施工要求，应按设计要求办理。施工接头是地下连续墙划分若干单元节段，分段挖槽、分段灌注水下混凝土。施工接头部位是薄弱环节，施工时应严格质量控制，保证其连续性和防渗性能。

12 沉井基础

12.1.2 沉井下沉时，位于邻近的土体可能随之下沉，土体范围内的堤防、建筑物和施工设施易受到危害，应采取有效的防护措施。一般不建议采取抽水除土下沉方案，当采取不排水除土下沉时，应维持沉井内外水位高差，且井内水位应高于井外水位，防止井外土体涌入进内，使得周围地面下沉。

12.2.1 在旱地制作沉井，可在经平整、夯实的原地面制作沉井。在地下水位很低的地区制作沉井可先开挖基坑，至地下水位高度 $1\text{m}\sim 1.5\text{m}$ 以上，然后整平基底制作沉井。在浅水中或可能被淹没的旱地、浅滩应筑岛制作沉井。

12.3.8 沉井倾斜原因一般包括：取土不均匀、刃脚下土层软硬不均、刃脚一侧被障碍物阻碍、井内出现流砂，井外侧土压力不均。纠偏一般在井顶高一侧的刃脚下除土，或采用外侧射水等措施。偏压重和顶部施加水平力的方法仅在沉井下沉初期有效。也可以在低刃脚下设置垫块，迫使该侧刃脚暂停下沉予以纠偏。

12.5.5 主动压沉装配式沉井基础施工应在下沉过程中对偏差值进行监测，其允许偏差值应满足设计要求；设计无具体要求时，偏差值可参照下列要点进行控制：（ H 为沉井下沉深度。沉井的外壁平面面积大于等于 250m^2 ，且下沉深度 H 大于等于 10m ，宜按大型检验。不具备以上的两个条件，宜按小型检验。）：

- 1 轴线位移允许偏差：小于等于 $1\% H$ 。
- 2 底板高程允许偏差：小型沉井为 $\pm 40\text{mm}$ ，大型沉井为 $+40\text{mm}$ ， -60mm 。
- 3 垂直度允许偏差：小型沉井小于等于 $0.7\% H$ ，大型沉井小于等于 $1\% H$ 。

13 墩台

13.1 一般规定

墩台施工应根据墩台的结构特点与设计要求选用适宜的施工方法与施工设备。高墩施工均应进行专门设计，应编制专项方案、进行技术论证。

13.2 砌筑墩身、台身

本节砌筑墩台可参照砌体工程相关规定。

13.3 现浇混凝土墩身、台身、盖梁

本节对现浇混凝土墩台进行规定。

13.3.1 本次修订强调，墩台混凝土浇筑脚手架，不得与模板支架联结，应自成体系。是因脚手架与模板连接，会使模板走动变形，因此规定两者应自成体系。

墩台损坏易发生在施工接缝处，尽量少留或不留施工接缝，变截面处应按设计加强。

13.3.2 城市桥梁工程对柱式墩台的外观质量要求高，因此采用整体模板、一次浇筑的方法，可提高墩台表面质量。

4 墩柱混凝土施工缝宜留在如基础顶面、梁的承托下面等结构受剪力较小，且宜于施工部位。。

13.3.3 本次修订强调，宜采用大型快装组合支架和大型整体组装模板，就是要确保施工安全、提高施工质量、加快施工进度。

13.3.4 采用钢管混凝土墩柱，可提高墩柱承载力和表面质量，应采用补偿收缩混凝土，控制钢管内混凝土的饱满度，两者之间有缝隙会降低钢管混凝土的功效。

13.4 预制安装混凝土墩柱和盖梁

本节对预制墩柱和预制盖梁进行规定。预制墩柱和预制盖梁应符合设计要求，预制墩柱和预制盖梁采用流水线生产，对确保施工质量和施工进度意义重大，采用大型吊装设备安装时，加强对施工安全的控制。

14 支座及垫石

14.1.1 规定支座在使用前应对其规格和技术性能进行核对检查，是为了避免用错。如果支座不符合设计要求而用于工程中，很容易造成支座寿命不足，支座的更换也是比较困难的。

14.1.2 支座安装前须符合定位、高程控制要求。支座安装时，支座顶面、底面与梁底，墩台顶密贴，使支座全面承载上部传递的桥梁荷载。

地方标准信息服务平台

15 钢筋混凝土梁桥浇筑施工

15.2.1 支架上浇筑混凝土可采取支架预压、设置预拱度、调整合理的浇筑顺序、分段浇筑，使用混凝土外加剂等技术措施，控制因支架变形引起的混凝土开裂、线形变位。

15.2.5 整体移动式支架应利用专用设备组装，在施工时确保质量和安全。浇筑分段工作缝，应设在弯矩零点附近。

15.3.2 悬臂浇筑梁段合龙前，合龙段两端结构受温度的影响产生纵向伸缩，使合龙间距产生变化，从而导致合龙段混凝土产生裂缝。因此，合龙段临时锁定应等到该段混凝土养护到一定强度，并施加预应力结束后才能拆除。悬臂浇筑是一段一段进行浇筑，浇筑段和已浇筑段的线形控制是为关键。应事先绘制梁段高程，挠度曲线，以控制梁段浇筑精度。

15.4 本节适用范围如下：

1 钢-混凝土叠合梁主要用于安装就位的钢板梁、钢箱梁上现浇混凝土桥面板，建成钢梁与钢筋混凝土桥面板共同工作的结合式构造的梁桥。

2 预制混凝土连续梁主要用于在安装就位的混凝土主梁上叠层现浇钢筋混凝土桥面与主梁共同工作，建成结合式构造的梁桥。

3 分段架设连梁系预制混凝土梁按临时简支状态架设就位后，在主梁上现浇钢筋混凝土桥面板，在接缝处浇合龙段混凝土，并施加预应力，转换体系，建成连续梁桥。

地方标准信息服务平台

16 钢筋混凝土梁桥预制装配化施工

城市桥梁预制梁现场建设梁厂进行混凝土梁预制加工情况受环保等影响,均为采购工厂预制加工成型的成品梁,进行现场安装。故本章着重对预制梁现场安装进行要求。

16.1 一般规定

16.1.1~16.1.3 城市桥梁工程预制梁主要包括预制箱梁、预制节段梁、T型梁等。预制梁应在标准化的工厂内生产,对构件厂的资质、人员、设备工况和技术方案等有明确规定。

16.1.4 预制梁外形尺寸应符合设计要求,对于需控制成桥线性的梁体,其理论线形应考虑其自重、张拉、混凝土收缩、徐变、温差等因素对成桥线形的影响。

16.2 预制梁安装

本节适用于简支梁桥、连续梁桥的预制梁段的架设或安装。

城市桥梁工程预制梁安装通常是高处超重结构吊装作业,确保施工质量和施工安全是至关重要的。

本节对预制箱梁的安装的规定,均以保证施工安全和结构安全为目的。

16.2.2 预制梁运输应采取有效措施防止梁体产生任何形式的损伤及变形。应与沿线的高压线保持安全距离。就是要保证运输安全。

16.2.3 简支梁的安装通常属于危险性较大的分部分项工程,按规定编制安全专项施工方案并组织专家对专项方案进行论证。

采用双机抬吊,每一单机应按降效 25%作业。当采用双机抬吊同一构件时,宜选用同类型或性能相近的起重机,两台起重机的受力分配应合理,每一单机荷载不得超过规定起重重量的 75%,即单机降效 25%。

梁体就位后,为防止梁体侧向倾倒,应及时采取有效措施将构件临时固定。由于 T 形梁和 I 形梁的高宽比较大,就位后易产生侧向倾倒,应与先安装的构件进行可靠的横向连接,防止倾倒。

16.2.4 先简支后连续梁的施工程序应按设计要求进行,且应在一联梁全部安装完成后方可浇筑湿接头混凝土,全部湿接头应一次浇筑完成,当浆体达到规定强度后,应立即拆除临时支座,按设计要求的顺序完成体系转换。

17 拱桥

拱桥的型式多种多样，施工方法较多，本章适用于砌石及混凝土预制块砌筑拱桥、就地浇筑钢筋混凝土拱桥、装配式拱桥、钢管混凝土拱桥、劲性骨架现浇混凝土拱桥以及转体就位拱桥的拱部与拱上结构施工。

17.2 砌体拱桥

17.2.2 本条对砌筑程序进行规定。

1 拱圈砌筑程序安排原则，除按条文规定保持对称、均衡外，还应考虑拱圈逐步砌筑时砌块加在拱架上的重力逐步增加而使拱架沉降。满布式拱架和拱式的拱架的沉降情况是不同的，前者拱圈跨径间的立柱较多，砌块荷载大部通过其拱架下的立柱传到地基，对四旁拱架影响较少。而后者一般只两墩旁有立柱支撑，跨径间无或很少有立柱支撑，每一砌块的荷载都需经过拱架传到墩旁立柱再传到地基，因此每一砌块的加载都影响全拱架的挠度（有下沉或上凸两种情况），故条文对两种拱架砌筑程序分别作了规定。

2 跨径 13m~20m 的拱圈，因跨径较大，拱圈较厚，无论何种拱架，如砌筑程序不当，砌块重力分布不匀，则在砌筑过程中，拱架变形过大，故规定分 6 段砌筑，防止拱架发生较大变形和已砌拱圈开裂。

3 跨径大于等于 25m 的拱圈，可能设计为变厚度的悬链线拱轴，分段砌筑程序较为复杂，一般设计有规定。如无规定时，应按条文规定的原则进行施工设计。

4 多孔连续拱桥，相邻孔的施工顺序应按设计要求的控制条件确定，尽量平衡邻孔所产生的水平推力，以保证每一施工阶段在施工荷载作用下桥墩及拱圈（拱肋）截面应力和偏心距以及稳定性都能满足设计要求。否则将导致桥墩及拱圈破坏。多孔连续拱桥施工工序也不宜分的过多，否则对施工进度、技术管理都带来一定困难。一般可按拱圈、边墙（或立柱、腹拱）和填腹（桥面系）三个工序安排。

17.2.3 本条对空缝的设置和填塞的技术要求进行规定。

分段砌筑或不分段从拱脚直砌至拱顶，都需要在节段间或拱脚处设置空缝。设置空缝是为了当拱架变形时，拱圈各节段有一相对活动的余地，从而避免节段间砌缝砂浆开裂。预留空缝的位置为拱圈易于变形开裂的部位。设置空缝还可以在填塞砂浆捣实时产生挤压力（1.0 MPa~1.7MPa），挤紧各砌缝砂浆，并可使拱圈的受挤压升高脱离模板，便于拱架的拆除。

拱圈底面和外露侧面的空缝宽度与相应的砌块类别的砌缝相同，一般约为 10mm~15mm，这样，从外面看各条砌缝宽度相同，较美观；拱圈顶面和内腔的空缝宽度则为 30mm~40mm，空缝较宽，砂浆容易填塞、充入、捣实，且不易从底面或侧面挤压出来。

拱圈内各砌缝中承受的压力离拱脚越近越大，而且跨径越大压力越大。当跨径大于等于 16m 时，M2.0 水泥砂浆垫块已不能承受拱脚以上拱圈的压力，故条文要求跨径大于等于 16m 时要用

铸铁块隔垫。一般跨径在 16m~25m 之间时，由拱脚起的两道空缝，跨径在 30m~40m 之间时，由拱脚起的三道空缝宜用 30mm×30mm×100mm 的铸铁块隔垫。因填塞空缝的砂浆经捣固后向两侧砌体挤压，空缝变宽，铸铁垫块可抽出以便倒用，故可多用铸铁垫块少用水泥垫块（水泥垫块不抽出）。

填塞空缝捣固砂浆时，对拱圈产生一定的冲击力和挤压力，故应待拱圈砌缝砂浆达到设计强度的 70%后才能填塞空缝。

17.2.4 本条对拱圈合龙及拱上结构砌筑的技术要求进行规定。

等待拱圈分段混凝土浇筑完成，且强度达到 75%设计强度后再浇筑间隔槽混凝土，其间隔时间较长，可使拱圈各段混凝土在合龙前完成一部分收缩，以减少合龙后拱圈内产生的收缩应力，从而减少收缩裂缝。

间隔槽合龙时温度应符合设计要求或接近当地年平均温度，如白天气温较高可在夜间合龙，如夜间气温较高，可在拱圈上浇水，降低温度防止以后气温过低时发生收缩裂缝。

17.3 拱架上浇筑混凝土拱圈

17.3.1 跨径小于 16m 的拱圈或拱肋，其全孔的混凝土数量较少，连续浇筑需要的时间较短，有可能在全拱浇筑完毕时最先浇筑的混凝土仍具有可塑性，不致因拱架下沉而使拱圈或拱肋开裂。如果拱圈或拱肋混凝土连续浇筑不能在最先浇筑的混凝土初凝前完成，则应在拱脚处留一隔缝，以防拱脚处最先浇筑的混凝土开裂。

17.3.2 跨径大于或等于 16m 的拱圈或拱肋，为避免先浇筑混凝土因拱架下沉而开裂，应沿拱跨方向分段浇筑，各段之间留间隔槽。当拱架沉陷时，拱圈（肋）各节段有相对活动的余地，从而避免拱圈开裂。预留间隔槽的位置为拱圈易于产生裂缝的部位，如条文规定的各处。分段浇筑还可避免混凝土连续浇筑的收缩应力，并使拱架易于拆除。连续浇筑完成时，拱圈云收缩影响，拱轴缩短，使压在拱架上的荷载增加，拆除拱架困难，分段浇筑时此影响很小，较大跨径拱圈还可在间隔槽内用千斤顶施加压力调整应力，使拱架更易于拆除。间隔槽如过小，对拱段两侧接合面按施工缝处理和端面模板的安装均不方便；如过大则本身有较大的收缩量，不利于拱与拱段接合。条文规定为 0.5m~1.0m，可按拱圈断面大小选择。

17.3.3 分段的长度和数量，应根据拱架形式、拱架和拱圈的受力情况以及浇筑混凝土的方法等方面确定，一般分段长度为 6m~15m，应做出设计和进行必要的计算。分段浇筑程序应先下后上，左右对称均衡进行，使拱架变形均匀和尽可能小，以保证浇筑过程中拱圈变形均匀，不发生开裂。拱圈是以轴向受压为主的结构，因此施工缝应处理成垂直于拱轴线的平面或台阶式接合面。

17.3.4 等待拱圈分段混凝土浇筑完成，且强度达到 75%设计强度后再浇筑间隔槽混凝土，其间隔时间较长，可使拱圈各段混凝土在合龙前完成一部分收缩，以减少合龙后拱圈内产生的收缩应力，从而减少收缩裂缝。

间隔槽合龙时温度应符合设计要求或接近当地年平均温度，如白天气温较高可在夜间合龙，如夜间气温人嫌高，可在拱圈上浇水，降低温度防止以后气温过低时发生收缩裂缝。

17.3.5~17.3.6 大跨径钢筋混凝土拱肋浇筑时，如纵向钢筋为整根钢筋，将随气温变化和拱架的沉陷产生附加应力或隆起变形。为避免产生这种现象，不得采用整根钢筋，以便在拱架沉陷时在接头处调节钢筋的长度，使钢筋保持正确的位置和受力情况。有钢筋接头间隔槽的数目，一般选择 2 个对称的即可，数目过多会增加钢筋接头焊接或绑扎的麻烦。

17.4 劲性骨架浇筑混凝土拱圈

17.4.1 劲性骨架混凝土拱圈或拱肋，施工阶段多，施工周期长，主拱截面逐步形成，内力不断变化，应对钢骨架安装、拱圈或拱肋混凝土浇筑及桥面系安装阶段结构的变形、强度和稳定性，事先进行加载程序设计和详细的结构分析计算，并在施工过程中进行监测和控制。

17.4.2 分环多工作面均衡浇筑劲性骨架混凝土拱圈（拱肋）时，分环多工作面浇筑劲性骨架混凝土拱圈（拱肋）的关键是分次多点均衡加载，使劲性骨架变形均匀，并有效地控制结构内力和稳定性。各工作面要求对称、均衡浇筑。

17.4.3 水箱压载法，即在拱圈（或拱肋）顶部布置水箱，随着混凝土浇筑面从拱脚向拱顶的推进，根据拱圈（或拱肋）变形和应力的观测值，通过对水箱注水加载和放水卸载来实现对拱轴线竖向变形的控制。

水箱加载的一般规律是，当混凝土浇筑至 $L/4$ 区域时，拱 $L/4$ 截面高程下降，拱顶上升，两者达到最大值，同时水箱加载也达到最大值。这是整个拱圈（拱肋）施工的关键阶段，要及时控制好竖向、横向变位，防止钢骨架弦杆应力超限而导致失稳。

17.4.4 斜拉扣挂法就是在拱圈（拱肋）适当位置选取扣点，用钢绞线作为扣索（斜拉索），两岸设置临时塔架，在混凝土浇筑过程中，根据各断面的应力情况进行张拉或放松，实现从拱脚到拱顶连续浇筑混凝土。

扣点作为施加在拱肋上拉力的作用点，其位置很重要，可根据受力要求并考虑钢骨架吊装大段的接头位置合理选择。

扣索的索力可采用指定应力法来确定。即指定拱肋断面的应力在某一范围内，在浇筑某一环混凝土时，如应力在此范围内，可不张拉扣索，如超出指定范围，则用扣索来调整应力。扣索的张拉与放松过程，一般是从拱脚往上浇筑混凝土时，拱脚附近的截面上缘受拉，这时就需要靠张拉扣索来调整应力，浇至一定长度后，拱脚转而受压，趋于全拱均匀受荷，就要逐渐放松扣索。混凝土浇完扣索已松完，转变为纯拱受荷体系。

17.5 装配式混凝土拱桥

本节适用于箱形拱、肋拱及箱肋组合拱（以下均称为箱形拱）的少支架或无支架施工。箱肋

组合拱是指将预制 T、U 或门形（单拱肋吊装合龙后再横向组成的多肋箱形拱或开口箱形拱，通常所称的箱形拱）。刚架拱与桁架拱大致相同，但刚架拱的节点都是刚性连结，节间数目较少，杆件较长，其安装方法与桁架拱基本相同。

17.5.1 本条对本规程装配式混凝土拱桥适用范围和相关要求进行规定。

1 装配式拱桥的各个施工阶段的强度和稳定安全度，常小于拱桥建成后的安全度，因此，对拱圈、拱肋应在条文所述各个阶段进行强度和稳定性的施工验算，以保证安全和质量。对吊运、安装过程中的验算尚应考虑 1.2~1.5 的冲击安全系数。

2 拱肋上缘弧长宜小于设计弧长 5 mm~10 mm，以使拱肋合龙时保留上缘开口，便于嵌塞铁片，调整拱轴线。拱桥合龙时在上缘开口，可在口中嵌塞不同厚度的铁片以调整拱轴线；如果下缘开口，则铁片从下插入困难，而且易掉落。

17.5.2 只要河床地形条件允许，无洪水威胁，应采用少支架施工，因为它比无支架施工方便和安全。少支架是对应满堂支架而言，仅在拱肋或拱片接头处设立单排或双排支架以支搁接头，便于接头连接施工，称为少支架安装施工。

拱肋接头的连接型式和方法，一般与无支架施工拱肋的接头连接相似，可采用对接、搭接或现浇型式及焊接、栓接等方法。

17.5.3 本条对无支架安装拱圈进行规定。

1 本次修订明确强调，各项机具设备和辅助结构的规格、型号、数量等均应按有关规定经过设计计算确定。缆索吊机在吊装前应按规定进行试拉和试吊。

缆索吊装系统的设计文件宜包括下列内容：缆索吊装系统设计图和说明书，计算书，拼装、使用、拆卸的安全技术操作规程等。计算荷载应包括：拱段自重、缆索自重、吊具自重等，同时还应根据实际情况，考虑作用在缆索吊装系统上的风力等荷载。设计计算时各种材料的安全系数：主缆、抗风钢丝绳安全系数不应小于 3；起吊钢丝绳数不应小于 6；牵引钢丝绳安全系数不应小于 4；扣索钢丝绳安全系数不应小于 5；钢绞线安全系数大应大于 2；锚碇抗拔、抗滑安全系数不应小于 2。

吊装前应验算横向稳定系数，如达不到要求，应采取措施提高横向稳定。

试吊是检验缆索吊机（缆索吊装系统）符合设计要求、安全可靠的重要手段。

2 拱肋吊装，对风缆系统应进行专门设计。是将风缆作为结构的一部分，在最不利横向荷载时，计入风缆的弹性变形和非线性影响，进行拱肋稳定计算。横向稳定系数不小于 4。

3 拱肋吊装合龙、松索过程中，各项工作应紧密配合。各阶段松索工序相当于有拱架施工时拆卸拱架工序，稍有疏忽，容易造成拱肋开裂、失稳事故。

17.6 钢管混凝土拱桥

17.6.1 本条对钢管拱肋（桁架）进行规定。

1 钢管宜优先选用符合国家标准系列的成品焊接管，对其质量和精度更有保证。当购买成品管材存在运输困难等情况时，也可在工地冷弯卷制。钢管焊接可采用纵向直焊缝或螺旋焊缝两种形式，应根据不同的板厚和管径选取焊接形式，宜优先采用螺旋焊缝形式。

2 加工的钢材还应按规定进行抽样检验。对钢管除应按产品质量标准验收外，还应按规定对加工的原材料进行抽样检验。

3 采用加热顶压方式弯管时，如果加热温度超过 800℃，加热次数超过 2 次，会引起钢材微观组织的变化，导致力学性能变坏，可能破坏钢管材质，故规定如条文。

4 拱肋（桁架）节段焊接应按设计要求进行，如设计无具体规定时，可按本条规定执行。

桁架拱主管与腹管采用相贯连接时，因系无节点板结构，主管应力复杂，再加上闭合型焊接，接头区域易于造成粗晶硬化和焊接缺陷，接头韧性常成为控制结构承载的关键，因而在焊接材料的选择和焊接工艺的控制上要特别注意，因相贯线的加工精度对连接质量影响较大，注意焊接线热量的控制和焊材与母材强度的匹配，以小热量和低组配为宜。因相贯线及坡口的加工精度直接影响其焊缝的熔透深度和内在质量，成为结构承载力的保证条件，所以对加工方式特别加以限制。焊条多次交叉又使交叉点附近的母材材质受反复加热而变化，极易引发焊接裂纹，故需加以控制。

5 哑铃形钢管拱截面压注腹箱混凝土出孔变形已为常见，若加设内腹杆，则问题得以解决。

6 钢管防护的质量直接影响钢管混凝土拱桥的使用寿命，条文所指的钢管为卷制焊接管或普通无缝钢管，首先对钢管外露面进行喷砂除锈，然后做长效防护处理。

17.6.2 本条对钢管拱肋（桁架）安装进行规定。

扣索与钢管拱肋的连接件通常与拱肋连接为一体，依托拱肋部件共同承力，故施工完成后不能拆除。每组扣索一般采用多根钢绞线或高强钢丝束，考虑不均衡受力和冲击荷载等因素，条文要求安全系数应大于 2，以利于安全。

17.6.3 本条对钢管混凝土浇筑进行规定。

1 钢管混凝土浇筑应由两拱脚至拱顶对称均衡地一次压注完成。钢管混凝土若采用分段浇筑将形成施工接缝，对拱肋混凝土质量和拱肋受力不利，因此要求对称均衡地一次压注完成。

2 钢管混凝土的质量检测办法应以超声波检测为主，人工敲击为辅。通过人工敲击听声音的变化，可以检查出钢管混凝土与钢管内壁间的空隙，精确度可达 1mm~2mm，这是最常用的方法，但准确性不够理想。超声检测可以检查管内混凝土均匀性、缺陷大小、混凝土与钢管是否密贴及混凝土密实度和强度，精确度较高。

3 本次修订要求，钢管混凝土的泵送顺序应按设计要求进行，宜采用先钢管后腹箱的程序。就是因为先钢管后腹箱的程序可避免钢管产生压扁变形。

17.6.4 本条对桥面系安装进行规定。

1 吊杆采用成品索，可以确保锚头的可靠，以解决非预应力吊索采用预应力锚具时出现的事故。

2 预应力系杆的张拉与管道内预应力索的张拉不同（无管内摩阻力），因此规定施工过程中除了应控制系杆的内力和伸长量外，尚应监测和控制关键结构的变位，不得超过设计允许范围。

17.7 拱上结构

17.7.2 大跨径拱桥的拱上结构较重，纵向分配较长，故需进行加载程序的施工验算和施工观测，使施工过程中的压力线（实际拱轴线）与设计轴线尽量接近，防止拱纵向失稳。

17.7.3 下承式或中承式拱桥，其悬吊桥面系混凝土在拱架拆除后施工，可避免拱架干扰，防止桥面系完成后拆除拱架引起拱肋变形，影响桥面系的质量。

17.7.4 拱上结构混凝土浇筑的原则是尽可能连续浇筑，一次浇完，避免设置施工缝。有些部位不可能连续浇筑时，按规定设置施工缝。

17.7.5 中、小跨径装配式拱桥按条文规定施工拱上结构，可以避免拱上结构完成后卸架时拱圈沉降不均匀，造成拱圈和拱上结构开裂。

地方标准信息服务平台

18 斜拉桥

18.1 一般规定

18.1.1 斜拉桥的索塔按塔身建筑材料可分钢、钢筋混凝土和钢管混凝土三类。钢塔的制作、拼接安装及质量标准应参照本规程内钢桥有关规定执行。本章仅对斜拉桥与其它桥梁的不同之处做出相关规定，有关斜拉桥的基础、墩柱、钢结构、桥面及附属结构与装饰的施工要求可参照本规程的相关规定执行。由于钢管混凝土拱桥的发展，我国已有钢管混凝土施工的有关规范，钢管混凝土索塔可参照执行。

18.1.2 由于受施工区域的地理环境、交通运输、周围建筑物等因素的影响，城市斜拉桥的施工要求不同于公路斜拉桥，应根据周边环境的要求综合确定合理可行的施工技术方案与工艺要求。同时，城市斜拉桥的施工安全不仅与桥梁施工人员密切相关，还可能影响周围交通设施的正常运行与周围建筑物的使用安全，应根据《施工现场安全检查标准》JGJ59的要求，除正常编制施工组织设计之外，还应应对基坑、支架、吊装等方面编制安全专项施工组织设计。

18.1.3 斜拉桥的专用设备应由专业单位进行安装、调试与拆除，就是要保证施工安全和结构安全。

18.2 索塔

18.2.1 斜拉桥通常采用塔吊、工作电梯之外，还设置登高安全通道、安全网、临边护栏等安全防护装置，就是要保证工程质量和施工安全。

18.2.3 斜拉桥施工采用的支架与爬模、提模等模板结构均应进行专门设计，就是要确保施工顺利进行。

18.2.4 索塔施工的测量方法、控制手段不仅影响到索塔自身的施工质量，还会影响索管的预埋精度与桥梁整体的抗扭性能，故本条对索塔测量提出了具体的要求。

18.2.5 目前的混凝土斜拉桥的索塔大多采用A字形、倒Y形以及菱形，塔柱具有一定的倾斜度。在施工过程中，索塔处于自由状态，自重和施工荷载会在下塔柱或中塔柱根部形成较大的弯矩，产生较大的拉应力而引起混凝土开裂，产生的倾覆力矩将使塔肢产生向内或向外的位移。成桥后，由于初始力矩的存在而使截面的拉、压应力超出设计要求，从而影响索塔的使用寿命。因此，在施工过程中应采取必要的措施，把索塔截面的初始应力控制在设计允许范围内。

1 下塔柱施工防倾措施

菱形索塔的下塔柱向外倾斜，一般采用手拉葫芦连接钢丝绳的方式或用钢筋对拉上下游的索塔模板。必要时，可用钢管或型钢焊接在预先布置在索塔混凝土表面的预埋钢板上，以抵消索塔的外倾力矩，也可利用精轧螺纹钢筋等预应力材料对上下游塔肢进行临时预应力对拉。

2 中塔柱施工防倾措施

第一种方法是在中塔柱施工过程中采用大直径的钢管或型钢桁架，逐根水平支撑在预先确定的位置，并与已经浇筑完成的索塔混凝土临时固结，形成框架结构，平衡倾斜塔肢所产生的倾覆力矩。这种方法具有刚度大、安装方便的特点，但不能克服支撑安装前已经产生的因自重和施工荷载所引起的变形和应力，不能有效保证成塔后的线形和应力状态。

第二种方法是采用主动撑的方法，即在安装水平钢管支撑时，用千斤顶向塔肢内壁施力，变被动支撑为主动支撑，有效克服索塔施工过程中因自重和施工荷载所引起的变形和应力。采用这种方法时，主动施力的大小是控制的关键，应对变形和应力进行双控，在满足中塔柱各截面内力的同时确保线形。

18.2.6 索塔横梁距离桥面较高，其模板支撑系统是横梁施工的关键，要防止支撑系统的连接间隙变形、弹性变形、支撑不均匀沉降变形，要考虑混凝土横梁、混凝土索塔与钢支撑之间不同的线膨胀系数的影响。本条对索塔横梁支撑的设计原则作了明确规定。

18.2.7 索塔采用劲性骨架可以保证索管空间定位精度和钢筋架立精度。

18.3 主梁

18.3.2 斜拉桥的支承情况可分为：①漂浮体系—塔墩固结，塔梁分离；②支承体系—塔墩固结，塔梁分离，梁墩支承；③塔梁固结体系—塔梁固结，梁墩支承；④刚构体系—塔墩梁固结。由于索塔、拉索对主梁施工阶段内力与标高的影响，使斜拉桥主梁悬臂施工的技术要求高于常规的连续梁桥悬臂施工，并应对所涉及的结构内力、结构位移进行必要的监测与控制。

18.3.6 本条对挂篮法现浇主梁施工进行规定。

采用施工挂篮悬臂现浇主梁是常用的施工方法之一，适用于净高较大的大跨径混凝土斜拉桥的施工，也可用于跨越交通设施与建筑物的桥梁施工。挂篮有多种形式，可根据自有的材料与设备等情况自行设计。

18.3.7 本条对悬拼法主梁施工进行规定。

悬臂拼装法，一般先采用支架法现浇主梁 0 号块，作为设置、安装预制节段起吊设备的起始梁段，然后采用起吊设备从索塔两端依次对称安装节段，使主梁的双悬臂结构不断伸长直至主梁合龙。与悬臂现浇法施工相比具有缩短工期、保证梁体质量的优点，但吊装过程带来的风险大大加大。

悬臂拼装法的施工技术关键主要是下列几个方面：

1 预制节段的预制精度

预制节段的预制精度对节段安装过程中的梁体线形、结构内力有着至关重要的影响，影响预制精度的主要因素包括地基沉降、端模板偏差、结构尺寸误差、测量精度误差等方面。

2 节段拼装所采用的接缝类型

常用的接缝有环氧树脂类胶接缝和混凝土湿接缝两种。

环氧树脂类粘结剂具有强度高、操作简便快捷、计量准确、使用运输方便等特点，但对施工作业时间有较高的要求，初期抗拉强度较低，当主梁在施工过程中发生标高变化而使主梁上下缘产生拉、压应力反复变化时，易在接缝处产生裂缝，同时使用前还宜对其抗老化性能、耐酸碱性能进行检测以确定是否符合设计要求。

混凝土湿接缝价格低廉，抗老化性能及耐酸碱性能较好，节段之间的湿接缝能有效消除节段预制的误差以及先前节段安装过程中的误差，但操作时间较长，需要等待混凝土达到设计要求强度后方可进行后续节段的安装，还由于混凝土湿接缝内需要配置钢筋将前后两个节段连接形成整体，对节段预制与现场施工带来了难度，同时，由于新老混凝土之间徐变系数的差异而导致的主梁挠度、拉索索力变化将对斜拉桥的运营产生不利影响。宜选择微膨胀低收缩混凝土，并应选用早强混凝土。

18.3.9 钢梁合龙段可采取强制合龙与自然合龙两种方式，当施工现场无法实施合龙段现场精确切割余量时，不宜采用自然合龙法。

钢梁比混凝土梁传热快，温度变化大，由于受天气、日照的影响，钢梁梁体的温度与环境气温不完全一致，梁体各个部位的温度也有差异，导致合龙段各个部位的长度也产生差异，因此确定合龙段长度和选择合龙时间尤为重要。

18.4 拉索和锚具

18.4.1 根据拉索采用的不同类型的预应力筋，拉索可分为平行（半平行）钢丝绳、平行（半平行）钢绞线索与封闭式钢缆。

拉索的静载与动载性能是目前常用的标准，设计有特殊要求时，按设计要求办理。

在斜拉桥设计中，斜拉索的设计应力多在 $0.35R\sim 0.45R$ 间选用，采用的疲劳安全系数为 1.5，即设计应力幅值不超过试验应力值的 $\frac{2}{3}$ 。

18.4.2 在索塔上张拉并向上安装拉索时，索塔上张拉端锚具上应安装连接器与引出杆，从锚箱预埋管内伸出，拉索提升到引出杆的连接器时，即可与拉索的锚具连接，再由索塔上张拉千斤顶将拉索安装就位。拉索锚具引出就位后，应将引出用的千斤顶引出杆、连接器等拆除，再按设计要求的索力进行张拉。

18.4.3 在索塔上张拉并向下安装拉索时，可将拉索提升到安装高度后，牵引钢丝绳可从索塔锚箱预埋管内引出并栓住张拉端锚具，配合提升作业将锚具自锚箱预埋管中伸出，并旋紧锚具的螺母，使其初步定位，然后再用特制的夹持工具将锚固端锚具伸入主梁锚箱预埋管道中直至露出锚具，并初步旋紧定位，然后再按设计要求的索力进行张拉。

采用在主梁下方张拉方案时，拉索的安装方法与上文基本一致。

顺桥向两侧拉索的同步张拉是为了避免索塔向一侧偏斜、导致索塔根部出现裂缝的需要；横桥向两侧拉索的同步张拉是为了避免侧向受力不均匀、发生扭转导致梁体出现裂纹的需要。

18.5 施工控制与索力调整

18.5.1 施工控制是斜拉桥主梁与拉索施工阶段设计计算的延伸与完善。斜拉桥属用斜拉索弹性支承的高次超静定结构，其主要的一个特点是施工与设计高度耦合。斜拉桥的施工方法和程序对成桥后主梁线形和结构恒载内力具有决定性的作用，由于设计所采用的材料特性、结构断面、施工荷载数值与分布、主梁梁段自重、主梁预应力张拉值、拉索张拉力值等参数不可能与实际情况完全一致，导致施工过程中的主梁线形、拉索索力、塔梁内力、索塔位移量偏离设计值，并对后续梁段及合龙段的施工带来不利影响，因此需要对各个工况的实际状况进行分析、处理，并以试验与监测数据作为分析验算的控制参数，经过温度修正和标准化处理并与设计值的偏差作出分析、判断，对偏差超限作出调整对策，由此确定下一工序的控制内容、控制方法与控制值，直至合龙、成桥，从而确保全桥线形符合设计要求、索力与结构内力在安全范围内。

18.5.2 所谓“标高控制为主”，并非只控制主梁的标高，而不顾及拉索索力的调整。施工中应根据结构本身的特性和施工方法的不同，采取相应的控制策略。如果主梁刚度较小，拉索索力微小的变化将引起悬臂端标高较大的变化，拉索张拉时应以高程测量控制为主。如果主梁刚度较大（或主梁与桥墩连结后导致结构刚度大大增加），拉索索力变化了很多而悬臂端标高的变化却极为有限，则施工中应以拉索索力控制为主，并根据标高的实测情况对索力进行适当的调整。

18.5.4 对拉索调整的数值及调整顺序，应会同设计或施工控制单位决定。

对于索力与主梁标高产生的偏差，常用下列两种方法解决：

1 一次张拉法：在施工过程中每一根斜拉索张拉至设计索力后不再重复张拉。对于施工中出现的悬臂端挠度和索塔顶部水平位移偏差不用索力调整，或任其自由发展，或通过下一节段接缝转角进行调整，直至跨中合龙，跨中合龙时的主梁标高偏差采用压重等方法强迫合龙。一次张拉法简单易行，施工方便，但对节段的制作要求较高。由于对已完成的主梁标高和索力不予调整，因此主梁线形较难控制，跨中强迫合龙则扰乱了结构理想的恒载内力状态。

2 多次张拉：在整个施工过程中对拉索进行分期分批张拉，使施工各阶段结构的内力较为合理，梁塔的受力处于大致平衡的状态，即梁塔仅承受轴向力和数值不大的弯矩。主梁的线形主要是通过斜拉索索力在一定范围内的微量调整而加以控制的。

18.5.6 对钢梁，还应测定梁体温度场分布。

19 转体桥

19.1 一般规定

19.1.1 本条对转体桥适用范围进行规定。主要适用于预应力混凝土连续梁、预应力混凝土连续刚构和斜拉桥水平转体（平转）工艺。

水平转体是当前北京地区城市桥梁工程转体桥施工常用的施工方法。

转体施工应利用地形，合理布置桥体施工场地，易于施工。

1 斜拉转体桥施工工艺、工艺流程应符合设计要求。

2 斜拉转体桥施工前应进行详细的设计交底，全面掌握设计意图与技术要求，确定合理可行的施工技术方案与工艺要求，编制详细的施工组织设计，按规定组织专家进行方案评审。

19.2 连续梁、连续刚构水平转体

19.2.1 预应力混凝土连续梁转体依据设计要求采用墩顶转体或墩底转体型式；预应力混凝土连续刚构一般采用墩底转体型式。连续梁、连续刚构水平转体其转体型式、施工方法、施工程序、工艺流程、操作工艺均应符合设计要求。

19.2.3 连续梁、连续刚构施工应严格控制梁体节段尺寸和重量，防止不平衡力矩超限和梁体整体超重，防止发生安全隐患。

19.2.4 转体施工应进行转体结构稳定、偏心及牵引力计算，牵引设备应按计算牵引力的 2 倍配置，确保有足够的牵引裕量。

19.2.5 转体系统由上转盘、下转盘、转轴、转体滑道、辅助支腿、转体牵引索及动力系统组成。转体系统的制作安装精度及表面摩擦系数应满足设计要求。应按专项施工方案规定，设置止动、防倾装置。

19.2.9~19.2.10 转体施工应符合设计要求和专项施工方案规定；转体合龙时应严格控制桥体高程和轴线，合龙时应选择当日最低温度进行。

19.3 斜拉桥水平转体

19.3.1 本次修订对城市桥梁工程斜拉转体桥平转工艺施工进行规定。

城市桥梁工程斜拉桥转体施工应符合设计要求，应根据现场条件编制总体施工组织设计和分项工程实施性方案。由于施工区域内及周边地区对航道、铁路、主干道等交通通道的限制要求，通常施工现场场地空间狭小、施工困难条件多，因此规定应根据现场条件编制总体施工组织设计和分项工程实施性方案，对转体系统备安装、调试、使用；支架拆除体系转换；转体作业前、转

体作业中及转体就位等涉及安全的关键工序还应编制安全专项施工方案。

19.3.2 本条规定，斜拉桥转体其转体型式、施工方法、施工程序、工艺流程、操作工艺均应符合设计要求，就是要保证工程质量和施工安全。

地方标准信息服务平台

20 悬索桥

本章仅对悬索桥与其他桥梁的不同之处作出相关规定，相同之处则执行本规程有关章、节规定。

20.1 一般规定

20.1.2 悬索桥的施工精度要求很高，每个环节都不能忽视，随着工程进度要及时做好监控工作，防止施工中出现结构位移与应力过大现象，确保施工质量、结构安全。

20.2 锚碇

20.2.1 锚碇是悬索桥的主要受力结构，要抵抗来自主缆的拉力，并传递给地基基础。锚碇由锚块、锚块基础、主缆的锚固架及固定装置组成。锚碇按受力形式分为重力式锚碇和隧道式锚碇。重力式锚碇是靠大体积混凝土的自重抵抗主缆的拉力，根据主缆索股锚固位置的不同可分为前锚式和后锚式，其锚固体系又分型钢锚固体系和预应力锚固体系。隧道式锚碇是在特定的地质条件下，即基岩坚实、完整的情况下，它可直接采用岩体作为锚碇，也可先开挖成隧道再浇筑混凝土成为锚碇。

20.2.2 型钢锚固体系主要由锚架和支架组成，锚架包括锚杆、前锚梁、拉杆、后锚梁等，是主要的传力构件，支架是安放锚杆、锚梁并使之精确定位的支撑结构。预应力锚固体系是索股锚头由两根螺杆和锚固连接器相连，再对穿过锚块混凝土的预应力束施加预应力，使锚固连接器与锚块连接成整体，承受索股的拉力。

20.3 索塔

20.3.1 大型悬索桥的索塔施工均应设置塔吊、工作电梯和安全通道，并应经过安全度验算；对规模较小的斜拉桥，当索塔高度不超过 50m 时，可视现场的实际情况确定是否设置工作电梯，但塔吊及安全通道不可缺少。

20.3.2 混凝土索塔施工的说明如下：

2 塔座、塔柱的实心段混凝土设计强度高，水泥用量多，其内部产生的水化热亦较高，属大体积混凝土的范畴，因此规定施工时应采取降低水化热和温度控制的措施，防止该部位的混凝土产生温度应力裂缝。规定间歇期的目的是新老混凝土的浇筑时间间隔过长，容易使后浇的混凝土产生裂缝，故应对间歇期进行控制。实际施工时，间歇期越短越好。

5 对倾斜塔柱，在塔柱和横梁异步施工，以及分高度设置主动横撑或拉杆时，应对塔柱的悬臂施工高度进行适当控制，并应在上述几种工况条件下对塔柱进行验算。验算的原则为：控制塔柱根部混凝土的拉应力以不超过 1MPa 为宜，同时应控制塔柱施工的悬臂端产生不可恢复的位

移。

8 在拉索预埋导管定位安装的施工实践中，出现过未考虑拉索垂度修正的现象，其后果是严重的，故予以强调。规定上塔柱钢锚箱安装时，吊装宜在风速 10m/s 以下时段内进行，是参考苏通长江大桥的施工经验拟定的。

20.3.3 钢索塔施工的说明如下：

2 规定施工前应编制吊装施工工艺，是为了在正式施工时保证架设的安全和工程质量。稳定性验算包括塔吊等起吊设备的稳定性和索塔塔柱的稳定性，各关键部位指塔吊的附墙杆、构件的吊耳、吊具等。

5 钢索塔的架设一般是通过塔吊吊装，为了限制塔吊支柱的最大自由长度，在塔吊和钢索塔之间设有连接附墙。由于钢索塔自身的阻尼较低，在施工过程中，钢索塔和塔吊之间会发生相互作用的振动；在钢索塔安装完成后至斜拉索开始施工期间，钢索塔处于裸塔状态，这时更容易发生风振。如果施工过程中钢索塔发生振动，不仅要考虑钢索塔自身的强度问题，还要考虑与之相连的塔吊的强度问题，以及影响施工作业的速度问题。因此在施工期间对其采取抑振措施是非常有必要的。

6 恶劣的天气会对钢索塔的架设安装作业造成安全隐患，故在施工时应考虑天气的影响。

20.3.4 塔顶钢框架是支承主索鞍的构件，安装精度要求较高，如果在索塔上系梁未施工完安装，将会影响索鞍安装精度。

20.4 施工猫道

20.4.1 猫道是为悬索桥主缆架设、紧缆、索夹安装、吊索架设、缠丝、加劲梁架设等需要而架设的施工便桥。除应具有足够的强度和抗风稳定性外，还要考虑施工的方便、操作空间及放置机械的需要而确定其标高和宽度。

1 要求猫道线形与主缆空载时的线形保持平行，主要是为方便施工。

20.4.2 猫道承重索可采用钢丝绳或钢绞线。钢丝绳受力后非弹性变形较大，如果不进行预张拉，其线形很难控制，因此要求进行预张拉。条文中规定的预张拉荷载的大小、持续时间及进行的次数是工程实践后的经验数据。

20.4.4 加劲梁开始架设后，主缆因受集中荷载，线形会发生突变。为适应这种情况，要求在吊装加劲梁前应将猫道改挂于主缆上，使猫道线形与主缆线形保持一致。

20.5 主缆架设与防护

20.5.1 目前常用的牵引索股的方法是拽拉器牵引和轨道小车牵引。

20.5.3 绝对垂度调整即对基准索股标高的调整。相对垂度调整指一般索股相对于基准索股的垂

度调整。

20.6 索鞍、索夹与吊索

20.6.1、20.6.2 索鞍的吊装具有重量大、提升高度大等特点，这两条的目的均为保证索鞍吊装时的安全。

20.6.3 本条的规定是为保证主索鞍钢格栅的安装精度。在塔顶位置应预留槽口，在钢格栅安装调整完成并进行全桥联测无误后，再浇筑槽口混凝土，可有效地保证钢格栅的安装精度。

20.6.4 索鞍安装时的预偏量为调整主缆拉力而设置的。悬索桥主缆在空缆状态下索塔两侧的水平拉力是平衡的，但在上部构造施工过程中，这种平衡很难保持，尤其是单跨悬索桥在加劲梁架设时及桥面铺装时，中跨主缆拉力明显加大，这将导致索塔受弯，弯曲量过大时将会危及索塔结构安全。通过设置预偏量，逐渐调整索鞍位置，可以不断调整主缆拉力，达到确保结构安全的目的。

20.6.5 索夹安装的说明如下：

1 目前设计主缆时，其弹性模量基本是采用主缆高强钢丝的弹性模量，实际上主缆与主缆钢丝的弹性模量有一定差别，另外还有索股制作及架设所产生的误差，导致实际的空缆线形与设计空缆线形不一致。因此在确定索夹位置前，应先测定实际的主缆线形，对原理论空载线形进行修正，相应修正其索夹位置。

3 索夹结构类型分为有吊索索夹和无吊索索夹。无吊索索夹可分为骑跨式和销结合式。销结合方式在我国的施工应用较少。

20.7 加劲梁

20.7.2 钢箱加劲梁焊接施工说明如下：

4 第1条，焊接工艺评定报告是编制焊接工艺单的依据，焊接工艺单是焊工操作的唯一依据。通过评定选择合适的焊接材料、焊接方法、施焊条件及焊接工艺参数，以保证焊接接头的力学性能达到设计要求。

4 第5条，预热处理可减少施焊时钢材变形和残余应力，是保证焊接质量的有效措施。

20.7.5 现场涂装说明如下：

3 当温度超过43℃时，钢板表面漆膜易产生气泡而局部鼓起，附着力降低；当相对湿度大于85%，漆膜附着力降低；4h内涂完是为了防止锈蚀，保证涂装质量。

20.8 自锚式悬索桥

本节适用于采用“先梁后缆”方法施工的自锚式悬索桥。

20.8.7 自锚式悬索桥主缆锚固系统的形式多种多样，本规程仅对钢导管散开锚固结构进行了规

定；当采用其他锚固系统时，如直接锚固、环绕式锚固等，其施工应参照相应的规定或符合设计要求。

20.8.9 索夹安装说明如下：

2 主缆为空间线形的自锚式悬索桥，索夹的定位安装非常复杂，设计、监控应模拟体系转换过程进行仿真计算，提供主缆空载状态下索夹安装位置及偏角数据；同时在索夹结构设计时就应考虑这一特点，采取措施降低安装难度。

20.8.10 吊索的张拉及体系转换说明如下：

1 自锚式悬索桥吊索的安装和张拉是主缆和加劲梁从单独受力转成共同受力的体系转换过程，是区别于一般悬索桥的主要特点之一。在体系转换过程中，各部位的受力比较复杂，因此要求吊索张拉前应确定张拉施工方案。

20.8.11 桥面铺装等二期恒载的施工过程是一个对结构进行加载的动态过程，施工的顺序将直接影响到结构的受力和变形，因此规定应对其施工顺序进行重点控制。

地方标准信息服务平台

21 钢结构桥梁

21.1 一般规定

21.1.1 目前，钢桥的杆件、梁段在工厂内制造多以焊接连接；在工地安装分为焊接和高强度螺栓连接和铆接共三大类，铆接已渐趋淘汰。故本章规定的适用范围如条文所述。若个别钢桥需采用铆接工艺时，应另按有关标准执行。

21.1.3 设计文件由制造厂转化为加工图，将结构分解为杆件和零件以便于生产加工。而加工图及工艺文件是钢桥制造的依据，应严格执行。工厂对设计文件进行的工艺性审查包括下列内容：

- 1 杆件发送单元是否符合运输条件；
- 2 杆件是否标准化、通用化，以减少工装的制造量；
- 3 工厂现有设备和条件是否满足生产加工的需要；
- 4 焊缝布置是否合理以及焊接变形对质量的影响；
- 5 选用钢材的品种规格在国内市场是否能够满足；
- 6 制造数量、质量要求、发送方法是否明确。

21.1.6 钢桥工程施工需要使用的标准很多，不可能在条文中一一列出，现将引用的国家标准和重要的行业标准列入本说明，以减少本章条文的篇幅。下列标准通过本规程的引用而成为本规程的条款，其最新版本均适用于本规程。

GB/T 700 碳素结构钢

GB/T 714 桥梁用结构钢

GB/T1591 低合金高强度结构钢

GB/T3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带

GB/T 4171 耐候性结构钢

GB/T 8162 结构用无缝钢管

GB/T 11263 热轧 H 型钢尺寸、外形、重量及允许偏差

GB/T1228~1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈与技术条件

GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条

GB/T 5118 热强钢焊条

GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝

GB/T 5293 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求

GB8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材

表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 9793 热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金

GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定

GB 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相

GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准

GB50661 钢结构焊接规范

JB/T 6061 无损检测 焊缝磁粉检验

JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件

CJJ/T235 城镇桥梁钢结构防腐涂装工程技术规程

21.1.7 当国产钢材不能满足供应，需采用进口钢材时，应按条文规定进行化学成分和力学性能检验，特别要注意其可焊性是否符合要求。

21.1.8 钢桥的制造，其零件和杆件的精确度要求很高，若制造时使用的计量器具精度不符合要求，极易发生工地无法安装的事故，故规定如条文。

21.2 钢桥制造

21.2.2 条文对样板、样杆、样条的制作规定了允许偏差，可作为号料加工时的依据。具体制作时，一般应根据施工图尺寸做实样，并预留加工余量。钻孔时应将样板卡紧，以防错位。

21.2.4 钢材切割说明如下：

1 钢材在负温度下进行剪切和冲孔时，易因钢材的低温淬硬性而产生冷裂现象，故条文规定了不同钢种剪切、冲孔的最低环境温度限制，以保证钢材不致在加工过程中造成冷脆和冷裂的质量事故。

21.2.5 零件矫正和弯曲说明如下：

1 对冷矫正和冷弯曲的最低环境温度进行限制，是为了保证钢材在低温加工时，不致产生冷脆裂。在低温下钢材进行矫正或弯曲而脆断比冲孔和剪切加工更敏感，故环境温度限制较严。

3 此处热矫温度的控制是指低于此温度时不宜进行热矫正。实践证明，加工温度低于 700℃时，加工困难，成形压力增加很快，低于 600℃加工，钢材容易出现蓝脆，故规定如条文。

5 冷矫正和冷弯曲的最小半径是为了保证成形后的外观质量和防止产生裂纹而规定的。

21.2.6 制孔的说明如下：

1 规定零件加工深度不应小于 3mm 是为了消除切割加工对钢材造成的冷作硬化和热影响区的不利影响。

21.2.8 焊接和焊接检验说明如下：

2 焊接质量虽然经过焊接工艺评定，保证了焊接质量的前提条件，但仍须通过焊工施焊来实现。焊工施焊工艺水平的高低影响焊接质量的好坏。故条文规定参加钢桥施焊工作的焊工应经过考试合格。焊工考试可参考《建筑钢结构焊接规程》JGJ81 中焊工考试一章进行。焊工停焊时间超过 6 个月，其焊接工艺会生疏，工艺参数可能忘了，故条文规定应重新考核。

3 在工厂内制造钢桥构件有条件在室内和条文规定的环境条件下焊接，焊接质量易于得到保证。主要杆件在组装后 24h 内焊接可防止焊缝坡口锈蚀，保证焊接质量。

4 低合金高强度结构钢的较厚板材应在焊接前一定宽度范围内进行预热，可减少施焊时钢材变形和残余应力，故规定如条文。

6 埋弧焊应在距杆件端部 80m 以外的引板上起弧、熄弧是为了防止弧坑缺陷出现在构件应力集中的端部。

7 焊接时不得在母材的非焊接部位引弧，是为了防止电弧烧伤、弧坑及裂纹出现在母材上，而影响焊件的质量。多层焊焊接如连续施焊，可防止焊件温度降低从而须预热焊件的麻烦。为清理焊接熔渣或缺陷，可能会出现间断，应使这种间断的次数和时间降低到最低程度。清理药皮、熔渣、溢流等缺陷的目的是防止产生夹渣，影响焊缝质量。

21.3 钢桥工地安装

21.3.1 钢桥现场安装说明如下：

5 钢桥构件的底漆除设计或本规程另有规定者外，一般都在工厂内涂装。在运输、存放、吊装过程中，难免有被损坏的涂层，应按照条文规定予以补涂。

21.3.7 拼装与调整说明如下

1 钢桥安装采用先在地面上将杆件组拼成扩大单元（构件）可以减少高空安装工作量。对容易变形的构件进行强度和稳定性验算，可防止构件在吊装过程中局部受力大而变形。需要时应采取临时加强措施，如增加起吊桁架、铁扁担、滑轮组等。

21.3.8 高强度螺栓栓合说明如下：

2 清除螺栓表面的附着物是为了防止增加施拧时的摩阻力。钢桥杆件对温差的影响特别敏感，天气变化使杆件时冷时热发生温差，如日照、焊接，这些温差变化不仅使钢材产生局部应力，而且影响构件安装尺寸，故条文规定应采取相应的调整措施。

3 在支架上拼装钢梁时，因钢梁自重支承在支架上，故冲钉和粗制螺栓总数不少于孔眼总数的 $\frac{1}{3}$ 即可，其中冲钉占 $\frac{2}{3}$ 。此处冲钉承受剪力作用，粗制螺栓只起夹紧板束的作用。按照《螺栓技术条件》GB38 的有关规定，螺栓名称未注明“粗制”的，均为精制螺栓。精制与粗制是按尺寸精度、表面光洁度及技术要求划分的，与生产工艺无关。悬臂法拼装钢梁时，悬臂部分的重力由节点处的冲钉、螺栓承受，故所需冲钉、螺栓数量应按所承受的荷载计算确定，但不得少于孔眼总数的一半，其余孔眼全部布置精制螺栓。

4 条文分别规定了冲钉、粗制螺栓和精制螺栓的直径。直径不同的理由见上述说明。

5 螺栓长度过长不仅浪费钢材，有时螺栓虽长，而螺纹长度不够，螺母拧不到板面。强行穿入螺栓会损伤螺纹，改变扭矩系数，甚至螺母不能拧上。螺栓穿入方向一致可便于扳手操作，且较美观。高强度螺栓不得作为临时安装螺栓的理由有三：①防止屡次穿入扳束又拔出来会损伤螺纹；②从杆件组装到螺栓拧紧要经过一段时间，是为防止高强度螺栓的扭矩系数、标准偏差、预拉力和变异系数发生变化；③钢桥用的高强度螺栓杆比普通螺栓小 1mm~2mm，比栓孔小 2mm~3mm，作为组拼螺栓不能准确固定板块连接位置。故条文规定高强度螺栓不能兼作安装螺栓。扳束表面要求与螺栓轴线垂直，是因同样的扭矩夹紧扳束的拉力比非垂直的大，试验的扭矩系数都是按扳束与轴线垂直的情况试验的。

6 按条文规定的顺序施拧，可以防止扳束发生凸拱现象，施拧效率高。用扳手夹着螺母敲打扳柄称为冲击拧紧，可能会损伤螺纹，同时冲击力大小不同难以正确判定施拧扭矩。间断拧紧是施拧一个时期，停止一个时期，再施拧，因为不论是直线运动或旋转运动都是起动时阻力大，起动后再继续运动，阻力较小些。故规定如条文。

7 一个节点处连接的高强度螺栓数量很多，必然有先拧和后拧之别。为了减小先拧与后拧的预拉力差别，施拧高强度螺栓应分为初拧、复拧和终拧。初拧只是将扳束完全夹紧密贴；而终拧则是用于完成螺栓的预拉力，达到要求的初拧值是通过大量试验值获得的；终拧扭矩值则按公式 (21.3.8) 计算。公式中考虑了高强度螺栓施拧后，由于应力松弛及其他原因引起的应力损失。

9 高强度螺栓施拧用的扳手，在班前和班后均应进行扭矩校正。班前校正是为保证施拧的扭矩可靠；班后校正是确认该班使用的此扳手在操作过程中的扭矩未发生变化。如班后校正时发现扭矩误差超过允许范围，则该班用此扳手施拧的螺栓全部判为不合格，应重新校正扳手，重新施拧。

11 高强螺栓施拧完毕，采用螺母退扣检查时，开始转动的扭矩值，超拧值，或欠拧值均不大于规定值的 10% 者为合格；由于终拧后至测定的相隔时间不同，检查扭矩值即规定值与终拧扭矩值是有区别的，规定值数值应通过试验确定，对已终拧后的试验件经一定的时间测定螺母退扣时开始转动的扭矩值，称为检查扭矩值，即所称的规定值。

21.3.9 钢梁体系转换及钢梁就位说明如下：

2 由于钢桥跨度较大，钢梁长度受工厂制造时温度与施工时安装温度差，以及出厂时实际制造误差和桥墩中线（垂直于桥位轴线）的施工误差，钢梁端的间隙等因素的影响，钢桥的固定支座和活动支座的正确位置，需要经过综合考虑，严密计算才能确定，故规定如条文。

22 顶进桥涵

22.1 一般规定

22.1.1 在既有铁路、道路或公路下，不改线、不中断运行，从既有铁路、道路路基下面通过时，在对原有铁路、道路采取必要的加固措施后，可采取顶入法箱涵施工。

22.1.3 顶进桥涵宜避开雨季施工。需跨雨期施工，应编制专项防洪排水方案。

22.1.4 铁路箱涵顶进应按铁路运营部门批准的施工计划施工，当有变化时应积极与运营部门联系，确保行车安全。

22.2 工作坑

22.2.1 顶进箱涵的工作坑占地较大，在城市区域内进行工作坑开挖，受环境条件限制较多，工作坑应确保边坡土体稳定、确保工作坑周围现况构筑物和铁路路基的安全。

22.2.2 滑板虽然是临时构筑物，但关系到顶进箱涵的施工质量，因此对其要求还是多方位的，包括滑板的几何尺寸、强度（承载能力）、顶面平整度、滑板稳定性（锚固性能）和坡度等。

22.3 框架式桥顶进

22.3.1 箱涵预制成前大后小的形式；在工作坑滑板与预制箱涵底板间铺设润滑隔离层等措施均是减少顶进阻力。

常用的润滑隔离层为石蜡掺机油（机油用量为10%~20%），气温高时机油用量酌减。石蜡表面铺洒一层厚度1mm的滑石粉，然后在其上铺设塑料薄膜一层即成为较好的润滑隔离层。

在箱涵底板前端底部设船头坡，主要是控制箱涵下滑板后产生的下扎现象，必要时应作枕梁或进行地基处理。

22.3.2 应根据计算的最大顶力确定顶进设备的配置。由于千斤顶新旧程度、工作性能和同步性等因素的影响，应考虑一定的顶力储备和备用千斤顶。

斜交箱涵顶进，由于土的侧压力作用，在配置千斤顶时，对尾端锐角一侧应有一定的顶力储备（一般按10%~15%考虑）。

22.3.3 后背的设置，后背应承受顶进中出现的最大顶力，并有一定的安全储备。顶进时后背变形应较小，以减少千斤顶顶程损失，提高效率。当前采用的后背有桩板式、拼装式及重力式等型式，应根据现场情况和施工条件选用后背型式。

22.3.4 横梁的作用是避免顶柱受压失稳。为防止顶柱接长后向上拱起、或左右拱出的情况，可在顶柱上填土碾压，一般填土厚度1.0m~1.5m。

23 桥面系

23.2 排水设施

23.2.3 泄水管安装应牢固顺直，拐角位置应避免直弯，泄水管应设置检查孔。

23.3 桥面防水层

23.3.2 规定防水层在桥面板或垫层混凝土达到设计强度并验收合格后施作，是为防止基层混凝土继续水化释水造成防水层粘结不牢，或基层混凝土继续干缩开裂导致防水层开裂。

23.3.4 在车辆、人群荷载及温度应力作用下，桥面铺装及其中的防水层随桥面结构一起承受弯曲、拉压变形，采用柔性防水材料可以较好适应结构变形，故规定对于沥青混凝土面层，防水材料可以采用防水卷材、防水涂料等柔性材料；对于桥面铺装是水泥混凝土，目前国内外尚无成熟的防水材料，但不宜采用柔性材料防水，常用刚性防水材料，如渗透结晶型防水材料。

23.3.10 卷材防水层施工说明如下：

3 当防水涂料中设置胎体增强材料时，应边涂布边铺设，且应刮平排出内部气泡，保证胎体增强材料被涂料浸透并粘结更好。胎体增强材料应被涂料浸透并完全覆盖，如外露易老化而失去增强作用。

7 聚氨酯防水涂料和聚脲防水涂料是通过多组分的配料混合发生化学反应由液态变为固态而成，多组分配料计量不准或搅拌不均，会影响到混合料化学反应不充分，造成涂料性能指标变化。配制的涂料使用应及时，超过规定期限应禁止使用。

23.3.11 水泥基渗透结晶型防水涂料施工说明如下：

4 防水卷材施工时搭接部位接缝施工质量至关重要，根据实例调查，卷材防水层损坏多数是从接缝处首先开始破坏，所以接缝是一个薄弱环节，须严格按照规定执行。

23.4 桥面铺装

23.4.3 人行天桥合成材料面层铺装，参照《合成材料跑道面层》GB/T 14833 编制。

23.5 桥梁伸缩装置

23.5.3 常用橡胶伸缩装置有橡胶压块伸缩装置、板式合成橡胶伸缩装置（由合成橡胶加强板经硫化合成）、组合式橡胶伸缩装置（由橡胶板与钢托板组成）三种。

23.5.4 填充式伸缩装置适用于伸缩量 50mm 以下的中小型跨径桥梁。

23.5.5 齿形钢板伸缩装置由齿形钢板、底层支撑钢板、角钢和预埋锚固筋焊接组成。

23.5.7 模数式伸缩装置应在工厂组装，按照安装温度定位后出厂，若施工安装温度变化较大，应重新调整定位后方可安装。

23.7 防护设施

23.7.3 当防护设施连续长度过长，易产生裂缝，故规定每间隔一定距离设断缝或假缝。

23.7.4 现浇防护设施的质量通病是易产生表面气泡，故在此特强调应采取相应措施，避免或减少气泡的产生。

地方标准信息服务平台

24 附属结构

隔声和防眩装置、梯道、桥头搭板、防冲刷结构、照明、抗震设施、结构防雷接地等是桥梁工程重要的附属结构，本规程将这些内容集中本章。

24.1 隔声装置是城市桥梁工程为符合国家环保法规及北京市地方环保法规所采取的防护措施，本规程中增加了隔声装置内容。

隔声和防眩装置在安装时应保持其连续性，当其出现断档、间隙，会降低其功效性。

声屏障、防眩板通常采用钢塑材料。声屏障按质轻、牢固、抗风、透明的原则选用。

24.4 桥头搭板是防止桥头跳车的设施，因此现浇搭板的基底压实度应符合设计要求，预制搭板的安装应稳固，而且搭板与路面衔接处的平整度应保证，防止桥头跳车现象外移。

24.6 城市桥梁工程中景观照明也日益受到重视，本规程中增加了照明内容。

地方标准信息服务平台

25 季节性施工

本章适用于城市桥梁工程冬期、雨期、高温期施工。

因原规程中仅对冬期施工内容进行了规定,未对雨期施工等进行规定,因此本次规程修订中,特增加雨期施工等内容,将原规程第8章“冬期施工”修改为“季节性施工”。

因原规程制订时所参考的《建筑工程冬期施工规范》JGJ/T 104标准已重新修订,因此本次规程修订时,参考现行的《建筑工程冬期施工规范》JGJ/T 104、《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJ2、《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119等相关标准规范,对原有条款进行了重新修订和补充。

原规程内的“抗冻强度”已全部更换为术语“受冻临界强度”进行表述。

25.2 冬期施工

25.2.1 城市桥梁冬期施工说明如下:

- 2 保留原规程 8.1.1.2 款的内容,补充进入冬期施工的最低温度要求。
- 3 保留原规程 8.1.1.3 款的内容,仅做文字修改。
- 4 本次规程修订中此款予以删除。
- 5 原规程 8.1.1.6 款的内容属于地基的冬期施工内容,本次修订时在 25.2.1 条内予以删除,移至 25.2.2 条的第 1 款。

25.2.2 土方及地基冬期施工说明如下:

- 1 原规程 8.1.2.1 款的内容与本规程 25.2.1 条第 3 款重复,因此删除;原规程 8.1.2.2 款的内容与本规程 25.2.2 条第 5 款重复,因此删除;并将原规程 8.1.1.6 款的内容移至本款。
- 2 保留原规程 8.1.2.3 款的内容,仅做文字修改。
- 5 保留原规程 8.1.2.6 款的内容,仅做文字修改。

25.2.3 钢筋加工、焊接与预应力张拉的冬期施工说明如下:

- 1 根据《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 标准的要求,对钢筋冷拉最低温度要求进行调整,并删除了原文中对冷拉控制应力和冷拉率具体数值要求,改为现场试验确定。
- 2 根据《建筑工程冬期施工规范》JGJ/T 104 标准的要求,增加预应力筋张拉的环境温度要求。

25.2.6 砌体冬期施工说明如下:

- 2 原规程 8.1.7.2 款的内容中对拌和砂浆的水泥要求与现行条款不符,本次规程修订中参考现行的标准《建筑工程冬期施工规范》JGJ/T 104 予以修订。

25.3 雨期施工

25.3.1~25.3.4 新增雨期施工的相关条款。

25.4 高温期施工

25.4.1~25.4.4 本次规程修订中参考现行标准《城市桥梁工程施工与质量验收标准》CJJ 2 以及《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650，新增高温期施工的相关条款。

地方标准信息服务平台