

UDC

山东省工程建设标准



DB37/T 5251—2023

J xxxxx—2023

装配式城市桥梁技术标准

Technical Standard of prefabricated urban bridge

2023—07—03 发布

2023—08—01 实施

统一书号：155160·
定 价： 0.00 元

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

发布

山东省工程建设标准

装配式城市桥梁技术标准

Technical Standard of prefabricated urban bridge

DB37/T 5251 — 2023

住房和城乡建设部备案号：J xxxxx — 2023

主编单位：济南城建集团有限公司

山东泉建工程检测有限公司

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

施行日期：2023年8月1日

中国建材工业出版社

2023 北京

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅与山东省市场监督管理局《2020年第二批山东省工程建设标准制订、修订计划》（鲁建标字〔2020〕18号）的要求，标准编制组总结近年来装配式城市桥梁工程设计、施工与质量控制等方面的经验，吸收了国内外相关成果，开展了多项专题研究，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准主要包括：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 材料；5. 上部结构设计；6. 下部结构与基础设计；7. 构件预制；8. 构件运输与安装；9. 验收。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，济南城建集团有限公司负责具体技术内容的解释。为提高本标准的质量，请各单位在执行过程中，注意总结经验、积累资料，随时将意见和建议反馈给济南城建集团有限公司《装配式城市桥梁技术标准》编制管理组（地址：济南市天桥区汽车厂东路29号，邮编：250031，电话：0531-85829903，传真：0531-85829950，邮箱：1760533566@qq.com），以供今后修订时参考。

ÿ 编 单 位：济南城建集团有限公司

山东泉建工程检测有限公司

ÿ 编 单 位：哈尔滨工业大学

山东高速集团有限公司

济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

中建八局第一建设有限公司

中建八局第二建设有限公司

山东汇通建设集团有限公司

青岛市市政工程设计研究院有限责任公司
济南城市建设集团有限公司

主要起草人员：孙 杰 刘 洋 亓兴军 李 军 刘 伟
窦松涛 许 庚 王春胜 亓祥成 叶长允
郝同伟 林国伟 李文明 鬲鹏飞 岳章胜
王新民 陈兆慧 邹得金 侯登高 胡佩清
张 南 赵 萍 丁颖珊 王 虎 胡 锋
赵晓东 左石波 闫吉祥 李晓东 甄西东
徐 玮 马吕强 海 涛 吕士东 许记锋
杜 谦 刘 强 王 超 孙 悦 李嗣同
吴雯雯 孙文博 吴则林 郭秀峰 杨 晨
主要审查人员：孙海波 侯和涛 王显根 彭 霞 张光桥
王广洋 刘 治 尚志强 高遵斌

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	材料	4
4.1	一般规定	4
4.2	混凝土	4
4.3	金属材料	5
4.4	灌浆材料	6
4.5	砂浆	7
4.6	环氧树脂粘结剂	7
5	上部结构设计	9
5.1	一般规定	9
5.2	混凝土梁设计	9
5.3	钢梁	16
5.4	钢-混组合梁	18
5.5	装配式护栏	27
5.6	吊点设计	27
6	下部结构设计	29
6.1	一般规定	29
6.2	连接设计	29
6.3	盖梁	35
6.4	墩柱、桥台	36
6.5	承台	36
6.6	预制桩基础	38
7	构件预制	46

7.1	一般规定	46
7.2	预制场地	46
7.3	混凝土构件制作	48
7.4	钢梁制作	55
7.5	钢-混组合构件制作	57
8	构件运输与安装	60
8.1	一般规定	60
8.2	运输	61
8.3	基础安装	61
8.4	墩柱安装	65
8.5	混凝土盖梁安装	66
8.6	混凝土梁安装	67
8.7	钢梁安装	70
8.8	钢-混组合梁安装	71
8.9	预制防撞护栏安装	72
8.10	构件连接	72
8.11	质量检验	73
9	验收	84
9.1	一般规定	84
9.2	分部分项工程验收	85
9.3	竣工验收	88
附录 A	预应力混凝土空心板主要截面尺寸	92
附录 B	预应力混凝土箱梁主要构造	94
附录 C	预应力混凝土 T 梁主要构造	96
附录 D	装配式桥台构造图	100
附录 E	用于检测套筒灌浆质量的 X 射线法	103
附录 F	预制混凝土构件结合面粗糙度测评方法	105
	本标准用词说明	107
	引用标准名录	108
	附：条文说明	111

1 总 则

1.0.1 为规范装配式城市桥梁设计、施工及验收，统一设计和施工技术要求，提高装配式城市桥梁工程质量，做到技术先进、安全适用、经济合理，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于装配式城市桥梁的设计、施工及验收。

1.0.3 装配式城市桥梁的设计、施工及验收，除应执行本标准外，尚应符合国家及山东省现行相关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 装配式桥梁 prefabricated bridge

由预制构件或部件通过可靠的方式连接组合成整体的桥梁。

2.0.2 钢筋灌浆套筒连接 grouted sleeve coupler connection

在金属套筒中插入钢筋并注入灌浆料拌合物的钢筋连接形式。

2.0.3 钢筋灌浆金属波纹管连接 grouted duct connection

在金属波纹管中插入钢筋并注入灌浆料拌合物的钢筋连接形式。

2.0.4 湿接缝连接 wet joint connection

构件间采用现浇混凝土形成整体的连接形式。

2.0.5 预应力连接 abond prestressed reinforcement connection

通过施加预应力将构件连接成整体的连接形式。

2.0.6 钢板连接 steel plate connection

通过构件中的钢板预埋件，将构件采用焊接或栓接形成整体的连接形式。

2.0.7 法兰连接 flanged joint

采用法兰盘将构件连接成整体的连接形式。

3 基本规定

3.0.1 装配式城市桥梁建设应遵循标准化设计、工厂化生产、装配化施工和信息化管理的原则。

3.0.2 装配式城市桥梁设计应遵循安全、耐久、适用、环保、经济、美观的原则。

3.0.3 装配式桥梁应按现行《城市桥梁设计规范》CJJ 11、《公路桥涵设计通用规范》JTG D60、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362、《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的规定进行承载能力极限状态、正常使用极限状态验算。

3.0.4 装配式桥梁耐久性应根据所处环境条件进行设计，并应满足国家现行标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476、《城镇桥梁钢结构防腐蚀涂装工程技术规程》CJJ/T 235、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362、《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》JTG/T 3310 的相关规定，接缝材料应满足耐久性能指标要求，构件的耐久性应满足设计年限要求。

3.0.5 抗震设计应按国家现行标准《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166、《公路工程抗震规范》JTG B02、《公路桥梁抗震设计规范》JTG/T 2231—01 的有关规定进行。

4 材 料

4.1 一般规定

4.1.1 原材料、成品、半成品、构配件和设备应具有出厂质量证明文件和检（试）验报告，并归入施工技术文件。

4.1.2 质量证明文件、检（试）验报告为复印件的应加盖供货单位印章方为有效，并注明使用工程名称、规格、数量、进场日期、经办人签名及原件存放地点。

4.1.3 原材料、成品、半成品、构配件使用前应按现行国家有关标准的规定见证取样送检，合格后方可应用于工程。

4.2 混凝土

4.2.1 预制构件混凝土强度等级不应低于 C30，预应力构件、钢－混组合梁、墩柱及盖梁混凝土强度等级不应低于 C40，空心板桥面铺装层混凝土强度等级宜采用 C50，箱梁和 T 梁调平层混凝土强度等级应与梁体一致。预应力钢筋管道压浆用水泥浆，按 40mm×40mm×160mm 试件，标准养护 28d，并按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 的规定，测得的抗压强度不应低于 50MPa。

4.2.2 钢纤维混凝土应符合现行行业标准《钢纤维混凝土》JG/T 472 的规定。

4.2.3 高性能混凝土应符合现行行业标准《高性能混凝土评价标准》JGJ/T 385 的规定。

4.2.4 超高性能混凝土（UHPC）应符合现行国家标准《活性粉末混凝土》GB/T 31387 的规定。

4.3 金属材料

4.3.1 普通钢筋应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1、《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 和《钢筋混凝土用钢 第3部分：钢筋焊接网》GB/T 1499.3 的规定。

4.3.2 预应力筋宜采用预应力钢绞线，也可采用热轧、轧后余热处理或热处理的精轧螺纹钢，并应符合国家现行标准《单丝涂覆环氧涂层预应力钢绞线》GB/T 25823、《预应力混凝土用钢棒》GB/T 5223.3 及《环氧涂层预应力钢绞线》JG/T 387 的规定。

4.3.3 预应力筋锚具组装件的锚固性能，应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的规定。

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

4.3.5 灌浆连接套筒除应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398 和《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的规定外，尚应符合下列规定：

1 灌浆连接套筒与钢筋连接用套筒灌浆料拌合物组合体系性能应符合国家现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 中 I 级连接接头性能的规定。

2 灌浆连接套筒与钢筋连接用套筒灌浆料拌合物组合体系性能应经过具有相应资质的质检机构试验检测。

4.3.6 连接用金属波纹管应采用圆形不锈钢波纹管，宜选用现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》JG/T 225 中的增强型。公称内径 100mm 以内的金属波纹管，最小钢带厚度不应小于 0.5mm。

4.3.7 钢结构桥梁用钢材应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的规定。

4.4 灌浆材料

4.4.1 钢筋连接用套筒灌浆料宜选用高强无收缩水泥灌浆料，并与灌浆套筒或灌浆金属波纹管匹配使用，技术性能应符合现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 的规定。

4.4.2 钢筋连接用套筒灌浆料的技术指标和检验方法应符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2 钢筋连接用套筒灌浆料的技术指标和检验方法

检测项目		性能指标	检验方法
流动性	初始	$\geq 300\text{mm}$	《水泥基灌浆材料应用技术规程》GB/T 50448
	30min	$\geq 260\text{mm}$	
抗压强度	1d	$\geq 35\text{MPa}$	
	3d	$\geq 60\text{MPa}$	
	28d	$\geq 100\text{MPa}$	
竖向膨胀率	24h 和 3h 差值	0.02% ~ 0.50%	《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077
氯离子含量		$\leq 0.03\%$	
泌水率		0.00%	《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080

注：灌浆料试件制作及养护应符合现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 的规定。

4.4.3 钢筋连接用套筒灌浆料应贮存于通风、干燥、阴凉处，运输过程中应避免阳光长时间照射；灌浆料应在保质期内使用，进场超过 3 个月应重新检验，确认合格后方可使用；开封包装后应立即使用，如有剩余应做废弃处理。

4.4.4 预应力孔道压浆材料性能应符合现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362、《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 的规定。

4.5 砂 浆

- 4.5.1 构件拼接缝间的垫层砂浆应采用高强无收缩砂浆，28d 抗压强度应高出被连接构件强度等级较高者一个等级（10MPa）且不小于 60MPa，28d 竖向膨胀率应控制在 0.02% ~0.10%。
- 4.5.2 砂浆宜选用质地坚硬、级配良好的中砂，细度模数不应小于 2.6，含泥量不应大于 1%，且不应有泥块。
- 4.5.3 砂浆用砂宜采用早强型，初凝时间宜大于 2h。

4.6 环氧树脂粘结剂

- 4.6.1 环氧树脂粘结剂应有抗老化、抗碳化、抗强腐蚀性的功能。
- 4.6.2 环氧树脂粘结剂的主要性能应符合表 4.6.2 的规定。

表 4.6.2 环氧树脂粘结剂的主要性能

项目			性能指标	试验方法
物理性能	可施胶时间（min）		≥20	GB/T 7123
	可粘结时间（min）		≥60， 且≤240	GB/T 12954
	固化速度（低 限温度条件）	12h 抗压强度（MPa）	≥40	GB/T 17671
		24h 抗压强度（MPa）	≥60	
		7d 抗压强度（MPa）	≥80	
	压缩弹性 模量 *（MPa）	瞬时	≥8000	GB/T 17671
		1h	≥6000	
	在结构立面上无流挂现象的涂胶层厚度（mm）		≥3	GB/T 13477
	不挥发物含量（固体含量）（%）		≥99	GB/T 2793
	吸水率（高限温度条件）（%）		≤0.5	GB/T 1034
	水中溶解率（高限温度条件）（%）		≤0.1	GB/T 1034
	高限温度条件固化 7d 的热变形温度 （℃）	0≤适用温度<10	45	GB/T 2793
		10≤适用温度<30	50	
		30≤适用温度<60	60	
	伸长率（%）		≥1.0	GB/T 2567

续表 4.6.2

项目			性能指标	试验方法
力学性能	抗压强度 (MPa)		≥ 80	GB/T 17671
	钢-钢拉伸抗剪强度标准值 (MPa)		≥ 14	GB/T 7124
	与混凝土的正拉粘结强度 (MPa)		≥ 3.0 , 且为混凝土 内聚破坏	GB 50550 附录 E
化学性能	耐湿热老化能力	50℃ 温度、95% 相对湿度的环境条件下老化 90d 后, 常温条件下钢-钢拉伸抗剪强度降低率	$\leq 10\%$	GB 50728
	耐盐雾作用 ^a	5% 氯化钠溶液、喷雾压力 0.08MPa、试验温度 (35 ± 2)℃、每 0.5h 喷雾一次、每次 0.5h、作用持续时间 90d, 到期钢-钢拉伸抗剪强度降低率	$\leq 5\%$, 且不应有裂纹或脱胶	GB 50728
	耐海水浸泡作用 (仅用于水下结构胶)	海水或人造海水; 试验温度 (35 ± 2)℃; 浸泡时间: 90d; 到期进行钢-钢拉伸抗剪强度降低率	$\leq 7\%$, 且不应有裂纹或脱胶	GB 50728
长期使用性能	耐冻融循环能力 ^b		混凝土本体破坏	GB 50728
	耐疲劳应力作用能力 ^c , 200 万次		试件不破坏	GB 50728
	耐长期应力作用能力 ^d		试件不破坏	GB 50728

注: 1 当环氧树脂胶的蠕变对结构性能的影响不可忽略时, 应满足表中带 “*” 项目的性能要求。

2 表中: “a” 项目是对使用环境的介质有特殊要求的结构胶需检测的项目; “b” 项目是对寒冷地区使用的结构胶需检测的项目; “c” 项目是对承受动荷载作用的结构胶需检测的项目; “d” 项目是对设计年限为 50 年以上的结构胶需检测的项目。

5 上部结构设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 装配式城市桥梁应采用标准跨径布设。
- 5.1.2 装配式桥梁的结构与构造设计应便于后期维修、养护。

5.2 混凝土梁设计

I 一般规定

- 5.2.1 混凝土梁应采用预应力混凝土结构。节段拼装大箱梁应按全预应力混凝土构件设计，预应力混凝土空心板、预应力混凝土小箱梁、预应力混凝土 T 梁可按 A 类预应力混凝土构件设计。
- 5.2.2 装配式混凝土梁新旧混凝土结合面应做成凹凸不小于 6mm 的粗糙面。

II 预应力混凝土空心板

- 5.2.3 预应力混凝土空心板根据工程具体情况可采用先张法或后张法施工工艺，宜优先采用先张法。
- 5.2.4 预应力混凝土空心板应采用桥面连续体系。
- 5.2.5 单片空心板一端宜设置单支座。
- 5.2.6 空心板的构造应符合下列规定：
 - 1 梁高宜取跨径的 $1/15 \sim 1/20$ ；
 - 2 底板宽度宜为 1240mm，板间净距 10mm；
 - 3 顶板厚度不宜小于 120mm；
 - 4 腹板厚度跨中段不宜小于 160mm，当采用后张法施工时，梁端腹板厚度不宜小于 320mm；当采用先张法施工时，梁端腹板厚度不宜小于 240mm；腹板厚度变化段长度不宜小于 12

倍腹板厚度差；

5 跨中段底板厚度不宜小于 120mm，当采用后张法施工时，梁端底板厚度不宜小于 250mm；

6 内腔宜采用带倒角的箱形截面；

7 空心板宜通过梁底楔形块形成横坡；

8 装配式预应力混凝土空心板的主要构造见本标准附录 A。

5.2.7 空心板侧面铰缝应采用深铰缝构造。

5.2.8 空心板桥面连续处纵向钢筋直径不宜小于 20mm，间距不宜大于 100mm。纵向钢筋应设置隔离层，桥墩处纵向钢筋无粘结长度不应小于 1000mm，对称伸缩缝中线布置；桥台处纵向钢筋无粘结长度不应小于 600mm，无粘结长度应伸入背墙不小于 50mm。

5.2.9 空心板与铺装层之间的抗剪钢筋设置应符合现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的规定。铺装层的厚度不宜小于 150mm，铺装层宜布置双层直径不小于 10mm、间距不大于 100mm 的钢筋网。

III 预应力混凝土箱梁

5.2.10 预应力混凝土箱梁可采用先简支后桥面连续或先简支后结构连续的结构体系。

5.2.11 先简支后桥面连续体系，单片箱梁一端宜设置一个支座；先简支后结构连续体系转换后，相邻两孔的单片箱梁中支点宜设置一个支座。

5.2.12 预制箱梁的构造应符合下列规定：

1 梁高宜取跨径的 $1/16 \sim 1/20$ ；

2 梁间距宜取 2800mm ~ 3400mm，湿接缝宽度宜取 400mm ~ 1000mm；

3 顶板厚度不宜小于 180mm，对于结构连续体系的负弯矩范围，顶板厚度不宜小于 330mm；

4 腹板厚度跨中段不宜小于 180mm，梁端腹板不宜小于

300mm；腹板厚度变化段长度不宜小于 12 倍腹板厚度差；

5 底板厚度跨中段不宜小于 180mm，梁端底板不宜小于 300mm；底板厚度变化段应与腹板对应设置；

6 顶板与腹板相连处应设置承托，底板与腹板相连处应设置倒角；

7 预制箱梁顶板宜设置横坡；

8 预应力混凝土箱梁主要构造详见本标准附录 B。

5.2.13 箱梁应设置支点横隔梁，端支点横隔梁厚度可取 300mm，先简支后结构连续体系的中支点横隔梁厚度可取 400mm。对于活载效应较大的 35m、40m 跨箱梁，跨中宜设置一道横隔板，横隔板厚度可取为 200mm。

5.2.14 连续体系负弯矩区宜在顶板设张拉槽口锚固，负弯矩钢束锚固宜采用圆形锚具。

5.2.15 箱梁受拉边缘应配置直径不小于 16mm 的纵向钢筋，其截面面积应满足现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的相关要求。

5.2.16 底板上下缘横向钢筋宜设置成闭合环状。

5.2.17 湿接缝钢筋的布置应符合下列规定：

1 横向钢筋宜采用闭合环形钢筋；

2 钢筋直径、间距与主梁顶板横向钢筋一致；

3 湿接缝环形钢筋与预制梁顶板外伸横向钢筋应采用绑扎连接；

4 当横向钢筋搭接长度不满足《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的相关要求时，应采用隔根焊接隔根绑扎。

5.2.18 简支体系桥面连续处的钢筋布置应符合本标准第 5.2.8 条的规定。

5.2.19 连续体系中支点处宜采用等直径钢筋与相邻两孔预制梁纵向钢筋连接。

5.2.20 桥面调平层厚度不宜小于 100mm，调平层宜布置一层

直径不小于10mm、间距不大于100mm的钢筋网。预制箱梁顶板应预埋抗剪钢筋增强与调平层粘结，抗剪钢筋直径不宜小于12mm，纵向间距不宜大于500mm。

IV 预应力混凝土 T 梁

5.2.21 装配式预应力混凝土 T 梁可采用先简支后桥面连续或先简支后结构连续的结构体系。

5.2.22 单片装配式预应力混凝土 T 梁简支端应设单支座；先简支后结构连续体系转换后，单片 T 梁中支点宜设置一个支座。

5.2.23 预制 T 梁的构造应符合下列规定：

1 梁高宜取跨径的 $1/13 \sim 1/16$ ；

2 梁间距宜取 2200mm ~ 2800mm，湿接缝宽度宜取 450mm ~ 1050mm；

3 翼缘板悬臂端部厚度不宜小于 200mm，翼缘板根部厚度不宜小于 250mm；

4 跨中段腹板厚度不宜小于 200mm，梁端腹板应局部加厚；腹板厚度变化段长度不宜小于 12 倍腹板厚度差；

5 马蹄宽度不宜小于 600mm，跨中截面马蹄高度不宜小于 200mm，支点截面马蹄高度不宜小于 600mm；

6 预制 T 梁翼缘板宜设置横坡；

7 预应力混凝土 T 梁主要构造见本标准附录 C。

5.2.24 T 梁应结合结构横向受力设置横隔板。对于结构连续体系，负弯矩钢束宜锚固在翼缘加腋下的齿块上，并沿腹板两侧对称布置。

5.2.25 T 梁受拉边缘应配置直径不小于 20mm 的纵向钢筋，其截面面积应满足现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的相关规定。

5.2.26 湿接缝横向和纵向钢筋的布设应符合本标准第 5.2.17 条的规定。

5.2.27 简支体系桥面连续处的钢筋布设应符合本标准第 5.2.8

条的规定。

5.2.28 连续体系中支点处预制梁翼缘板上缘纵向钢筋直径不宜小于 20mm，间距不宜大于 150mm；中支点现浇连续段宜采用等直径钢筋与相邻两孔预制梁纵向钢筋连接。

5.2.29 调平层厚度不宜小于 100mm，调平层横向钢筋直径不宜小于 10mm，间距不宜大于 100mm；简支体系 T 梁调平层及连续体系 T 梁调平层跨中段纵向钢筋直径不宜小于 10mm，连续体系 T 梁中支点处调平层纵向钢筋直径不宜小于 16mm、间距不宜大于 100mm。预制梁翼缘板应预埋抗剪钢筋增强与调平层粘结，抗剪钢筋直径不宜小于 10mm，纵桥向间距不宜大于 500mm，横桥向间距不宜大于 250mm。

V 节段拼装预应力混凝土箱梁

5.2.30 预制节段长度应根据吊装、运输等施工条件确定，可分为标准节段、过渡节段、墩顶节段。

5.2.31 节段预制拼装混凝土箱梁顶、底板厚度不应小于 200mm。

5.2.32 节段预制拼装混凝土箱梁腹板厚度应符合下列规定：

1 腹板内不布置体内纵向和竖向预应力钢筋时，腹板厚度不宜小于 200mm；

2 腹板内只布置体内纵向或竖向预应力钢筋时，腹板厚度不宜小于 300mm；

3 腹板内布置体内纵向和竖向预应力钢筋时，腹板厚度不宜小于 380mm。

5.2.33 节段拼装预应力混凝土梁的预制节段接缝宜采用胶接缝，在调整施工误差的节段之间应采用湿接缝。

5.2.34 预制节段接缝应符合下列规定：

1 当采用湿接缝时，节段之间预留宽度不应小于 60mm，填充材料宜采用细石混凝土，混凝土强度等级不应低于预制节段的混凝土强度等级；

2 当采用胶接缝时,可采用环氧树脂粘结,环氧树脂涂层厚度应均匀,涂胶后应施加临时预应力挤压直至接缝胶体固化;

3 预制节段端面应设直径不小于10mm的钢筋网。

5.2.35 预制节段接缝处应均匀设置密接匹配的剪力键 (图 5.2.35-1)。剪力键的构造应符合下列规定:

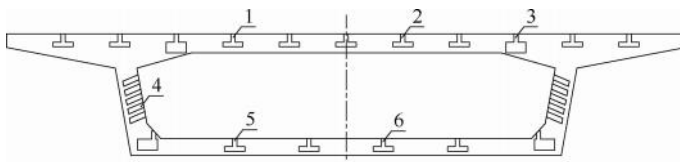


图 5.2.35-1 节段剪力键 (键槽) 布置示意

1—出胶槽; 2—顶板剪力键; 3—加腋区剪力键;

4—腹板剪力键; 5—底板剪力键; 6—出胶槽

1 腹板内的剪力键应在腹板全高度范围布置 (图 5.2.35-2), 剪力键的横向宽度宜为腹板宽度的 75% ;

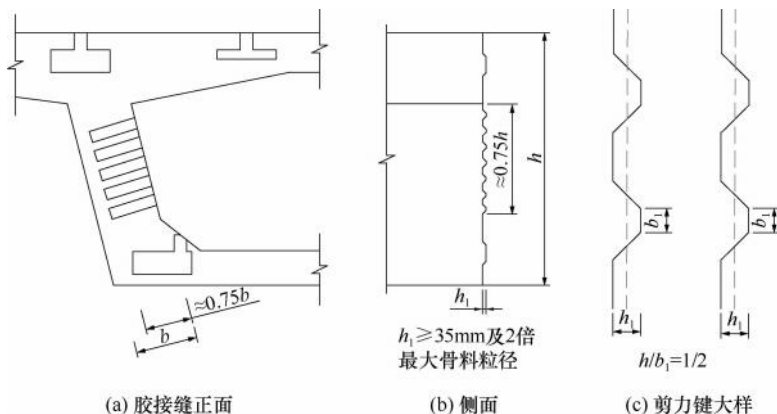


图 5.2.35-2 剪力键构造尺寸示意

2 键块 (槽) 应采用梯形或圆角梯形截面, 倾角约 45° , 高度应大于混凝土骨料最大粒径的 2 倍且不小于 35mm; 剪力键

的高度与其平均宽度比可取为 1 : 2 (图 5. 2. 35-2c);

3 腹板与顶、底板结合区如无体内预应力钢筋通过, 应设置剪力键 (图 5. 2. 35-1 和图 5. 2. 35-2a);

4 顶板和底板内的剪力键应设在板中间 (图 5. 2. 35-1);

5 采用环氧胶接缝时键槽应设置出胶槽 (图 5. 2. 35-1)。

5. 2. 36 距离支座中心线 3 倍梁高范围内的节段接缝两侧腹板箍筋应加密布置, 加密箍筋不应少于 3 层, 间距 100mm。

5. 2. 37 采用悬臂拼装工法时, 墩顶节段与桥墩应固结或临时固结。采用逐跨拼装工法时, 边墩墩顶节段应临时固定, 中墩墩顶节段可采用现浇或预制。

5. 2. 38 节段拼装梁段可采用体内预应力、体外预应力, 或兼设体内和体外预应力的体系等。

5. 2. 39 体外预应力钢筋的自由长度不宜大于 8. 0m, 自由段与相接锚固段宜设置转角。

5. 2. 40 体外预应力钢筋的转向构造, 宜根据受力要求, 按图 5. 2. 40 选取块式、横肋式、竖肋式和横梁式转向块。

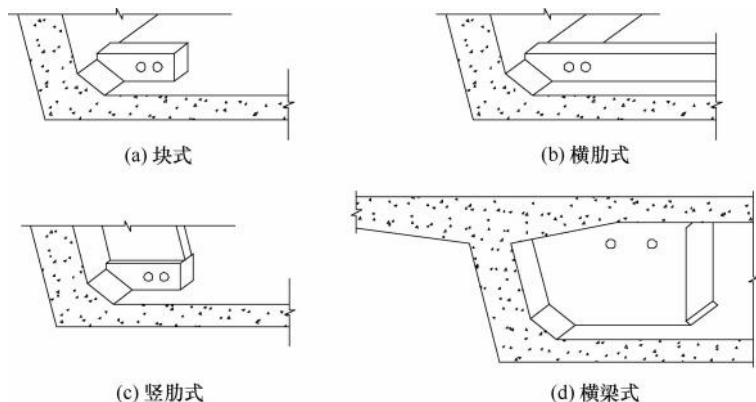


图 5. 2. 40 转向构造示意图

5. 2. 41 体外预应力钢筋宜锚固在锚固横梁上 (图 5. 2. 41), 锚固横梁的纵向尺寸不宜小于 1000mm。

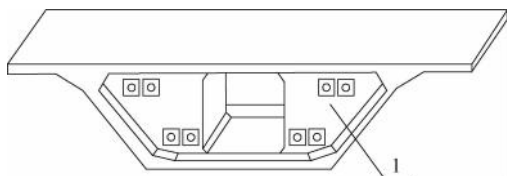


图 5.2.41 锚固横梁示意图

1—锚固横梁

5.2.42 节段拼装预应力混凝土箱梁应根据结构特点设置检修通道，检修通道应留有检修、养护以及更换部件所需的必要空间。

5.3 钢 梁

I 一般规定

5.3.1 钢梁可采用钢箱梁或钢桁梁结构形式。

5.3.2 钢梁分段时构件的长度不宜超过 20m，构件的宽度不宜超过 3.5m，构件的质量不宜超过 30t。

5.3.3 接缝位置宜依据现场条件、构造要求等设置在受力较小的部位。

II 钢箱梁

5.3.4 钢箱梁可采用单箱单室、单箱双室、单箱多室、双箱单室、多箱单室等断面形式。

5.3.5 钢箱梁的梁高宜取跨径的 $1/20 \sim 1/30$ ，梁高与宽度之比宜取 $0.5 \sim 2.0$ 。

5.3.6 横隔板的设置应符合下列规定：

1 横隔板纵向间距应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的规定；

2 支点处应设置横隔板，形心宜通过支座反力的合力作用点，并应在支座处成对设置竖向加劲肋；

3 在支点处横隔板上开设的人孔宜设置在支座范围以外的部分；

4 支点处横隔板与底板的焊缝应完全熔透，非支点处横隔板与顶底板和腹板可采用角焊缝连接。

5.3.7 钢桥面板应采用正交异性板结构形式，行车道范围宜采用 U 形加劲肋，U 形加劲肋与桥面板的焊接宜采用内外侧同步埋弧焊接工艺，形成全熔透、有效控制焊趾缺陷的焊接接头。

5.3.8 桥面板横向对接接头位置宜避开轮迹线。

5.3.9 纵向腹板应避开行车轮迹带，宜设置在车道中部或车道线处。

5.3.10 钢梁构件纵横向连接可采用栓接或焊接。

III 钢桁梁

5.3.11 钢桁梁可采用上承式桁架、下承式桁架。

5.3.12 钢桁梁的高度与跨径之比：简支结构宜取 $1/8 \sim 1/12$ ，连续结构宜取 $1/12 \sim 1/16$ 。

5.3.13 钢桁梁的主桁可采用三角形、N 形、K 形、双重腹板桁架等结构形式。

5.3.14 上承式桁架的节间长度宜取 $3\text{m} \sim 6\text{m}$ ，下承式桁架的节间长度宜取 $6\text{m} \sim 10\text{m}$ 。

5.3.15 主桁杆件截面可采用 H 形或箱形，上、下平面纵向联结系和横向联结系构件截面可采用 I 形、L 形或 T 形。杆件容许最大长细比应符合表 5.3.15 的规定。

表 5.3.15 杆件容许最大长细比

类别	构件	长细比
主桁架	受压弦杆、受压或受压-拉腹杆	100
	仅受拉力的弦杆	130
	仅受拉力的腹杆	180

续表 5.3.15

类别	构件	长细比
联结系构件	纵向联结系、支点处横向联结系和制动联结系的 受压或受压-拉构件	130
	中间横向联结系的受压或受压-拉构件	150
	各种联结系的受拉构件	200

注：长细比按《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的附录 A 计算。

5.3.16 钢桁梁联结系应符合下列规定：

1 钢桁梁应设置上、下平面纵向联结系。纵向联结系不宜采用三角形或菱形桁架。当桥面置于纵、横梁体系上时，平面内可不设纵向联结系。

2 上承式桁梁应在两端及跨间设横向联结系；下承式桁梁应在两端设桥门架，跨间设门架式横向联结系，其间距不宜超过两个节间；开口式桁架应在每个横梁竖向平面内设置半框架。

3 当桥面板置于纵横梁体系上时，应考虑桥面板与桁架最大温差效应及纵向水平力的影响。

5.3.17 桥面板可采用正交异性钢桥面板或混凝土桥面板，并可与上弦或下弦组成板桁结构。

5.3.18 钢桁梁节段的连接可采用焊接或栓接。

5.4 钢-混组合梁

I 一般规定

5.4.1 钢-混组合梁应根据组合截面形成过程对应的各工况及结构体系进行计算。

5.4.2 钢-混组合梁的钢梁可采用工字形、槽形或箱形截面等形式；混凝土桥面板可采用现浇混凝土桥面板、预制混凝土桥面板、组合桥面板等形式。

5.4.3 钢-混组合梁尺寸和构造应保证具有合理的抗弯、抗扭刚

度，梁截面中性轴宜位于钢梁截面范围内。

5.4.4 钢-混组合梁可采用先简支后桥面连续和先简支后结构连续两种结构体系。先简支后桥面连续体系适用于 30m、35m、40m 箱梁。

5.4.5 钢梁构件设计和制作时，应避免和减少应力集中、残余应力以及次应力。

5.4.6 钢-混组合梁宜设置检修通道和排水通道。

II 钢板梁组合梁

5.4.7 钢板梁组合梁桥可采用双主梁体系、三主梁体系和多主梁体系（图 5.4.7-1 ~ 图 5.4.7-3）。主梁间距应根据桥梁宽度和跨径综合选取，钢板梁组合梁根据主梁间距可采用小横梁体系或大横梁体系。

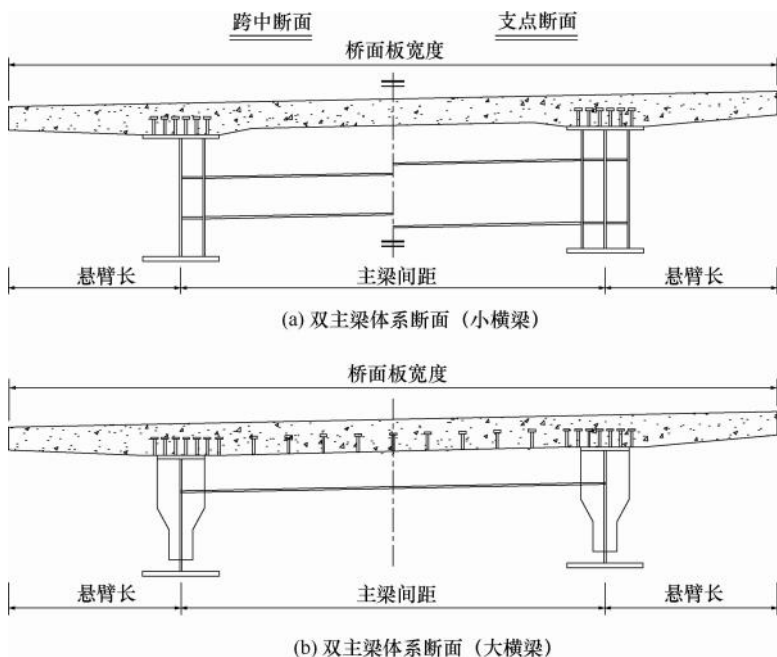


图 5.4.7-1 双主梁体系断面

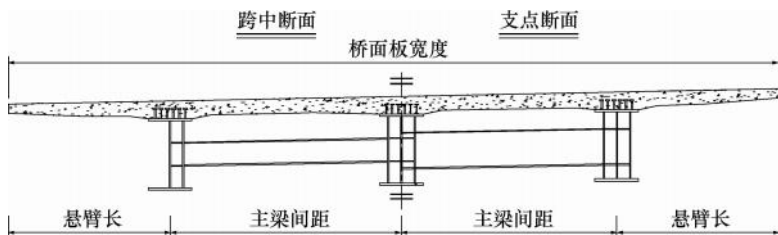


图 5.4.7-2 三主梁体系断面

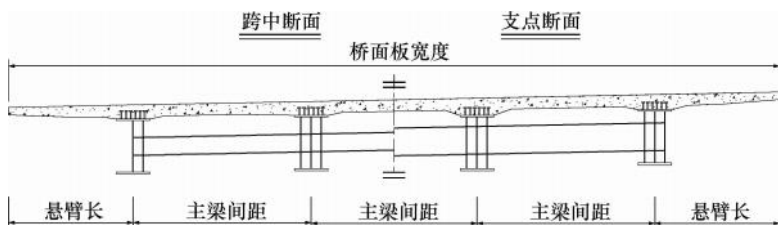


图 5.4.7-3 多主梁体系断面

5.4.8 钢梁梁高与跨径之比宜取 $1/18 \sim 1/28$ ，组合梁高与跨径之比宜取 $1/15 \sim 1/22$ 。

5.4.9 钢板梁组合梁构造应符合下列规定：

1 钢梁的上翼缘板厚度不应小于 16mm；宽度不应小于 250mm，并不应大于其厚度的 24 倍；

2 钢梁腹板厚度不应小于 12mm，腹板与上翼缘宜采用熔透 T 形焊缝；

3 钢板梁纵向节段连接时，上翼缘应采用熔透对接焊缝，腹板和下翼缘可采用焊接或高强度螺栓摩擦型连接；

4 腹板加劲肋设计应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的规定。

5.4.10 钢板梁纵横向联结系应符合下列规定：

1 钢板梁支点断面和跨中宜布置横向联结系，横向联结系分为框架式、桁架式或实腹式；

2 槽形梁可根据需要设置纵向联结系。

Ⅲ 槽形梁组合梁

5.4.11 槽形组合箱形梁可采用单主梁体系、双主梁体系和多主梁体系。如图 5.4.11-1 ~ 图 5.4.11-3 所示。

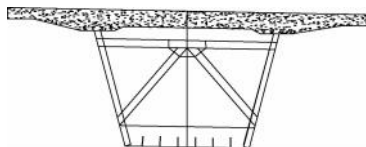


图 5.4.11-1 单主梁体系断面

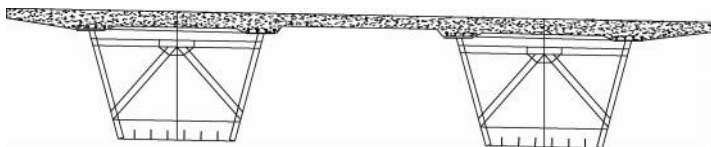


图 5.4.11-2 双主梁体系断面



图 5.4.11-3 多主梁体系断面

5.4.12 槽形组合梁梁高与跨径之比：钢梁梁高与跨径之比宜取 $1/18 \sim 1/36$ ，组合梁高与跨径之比宜取 $1/15 \sim 1/28$ 。

5.4.13 槽形组合梁构造应符合下列规定：

1 上翼缘板厚度不应小于 16mm；宽度不应小于 250mm，且不应大于其厚度的 24 倍；

2 腹板厚度不应小于 12mm；当采用斜腹板时，腹板平面与铅垂面的夹角宜小于 20° ；腹板与上翼缘宜采用熔透 T 形焊缝；腹板与下翼缘应采用熔透 T 形焊缝；

3 支点和跨中应布置箱内横隔，支点横隔宜采用实腹式横

隔，跨中可采用桁架式或实腹式横隔；

4 箱内设置腹板竖肋的间距、受压区底板设置横肋的间距不宜大于2m（对应腹板和底板设置直板加劲肋的情况，若对应设置闭口肋的情况，间距不宜大于4m），横隔板或者横撑的间距不宜大于6m；

5 腹板加劲肋设计应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的规定。

5.4.14 槽形组合梁纵横向联结系应符合下列规定：

1 施工过程中可通过设置纵向联结系，维持施工过程的几何形状不变，防止主梁侧向失稳；

2 支点应设置横向联结系，宜为实腹式；跨中横向联结系可采用实腹式或桁架式；横向联结系纵向间距不宜超过8m；横向联结系与主梁的连接可采用焊接或高强度螺栓摩擦型连接。

5.4.15 单片槽形组合梁端支点和中支点横向可设置单支座或双支座。

IV 箱形梁组合梁

5.4.16 箱形组合梁可采用单箱单室断面、单箱双室断面和单箱多室断面。

5.4.17 箱形组合梁梁高与跨径之比：钢梁梁高与跨径之比宜取 $1/17 \sim 1/32$ ，组合梁梁高与跨径之比宜取 $1/15 \sim 1/28$ 。

5.4.18 箱形组合梁构造应符合下列规定：

1 上翼缘板厚度不应小于14mm；

2 腹板厚度不应小于12mm；当采用斜腹板时，腹板平面与铅垂面的夹角宜小于 20° ；腹板与上翼缘宜采用熔透T形角焊缝；

3 支点和跨中应布置箱内横隔，支点横隔宜采用实腹式横隔，跨中可采用桁架式或实腹式横隔；

4 当采用闭口纵向加劲肋时，箱内横隔板或横撑的间距不宜大于4m；当采用开口纵向加劲肋时，箱内横隔板或横撑的间

距不宜大于 3m。

5.4.19 箱形组合梁腹板加劲肋的构造应符合下列规定：

- 1 加劲肋伸出肢的宽厚比不应大于 15；
- 2 腹板横向加劲肋的间距不应大于腹板高度 h_w 的 1.5 倍；
- 3 仅布置横向加劲肋时，其间距应满足式 (5.4.19-1) 的要求，且不应大于 2m；成对设置的中间横向加劲肋的每侧宽度应满足式 (5.4.19-2) 的要求：

$$a \leq 950t_w / \sqrt{\tau} \quad (5.4.19-1)$$

$$b \geq h_w / 30 + 40\text{mm} \quad (5.4.19-2)$$

式中： h_w ——钢梁腹板计算高度 (mm)，焊接钢梁与腹板全高；

t_w ——腹板厚度 (mm)；

a ——竖向加劲肋的间距 (mm)；

b ——横向加劲肋的每侧宽度 (mm)；

τ ——验算板段处的腹板平均剪应力 (MPa)， $\tau = V / (h_w t_w)$ ；

V ——板段中间截面处的剪力 (N)。

- 4 纵向加劲肋和横向加劲肋共同布置时，横向加劲肋的间距应满足式 (5.4.19-3) 的要求：

$$a \leq 850t_w / \sqrt{\tau} \quad (5.4.19-3)$$

- 5 设一道纵向加劲肋时，宜布置在距受压翼缘 $0.2h_w$ 附近；设两道纵向加劲肋时，宜分别在距受压翼缘 $0.14h_w$ 和 $0.36h_w$ 附近；

6 腹板纵向加劲肋与横向加劲肋相交时，横向加劲肋宜连续通过；纵向加劲肋与横向加劲肋相交处宜断开或与横向加劲肋焊接；

- 7 当采用单侧加劲肋时，其截面对于按腹板边线为轴线的惯性矩不应小于成对加劲肋对腹板中心的截面惯性矩；

- 8 横向加劲肋与梁的翼缘板焊接时，应将加劲肋切出不大于 5 倍腹板厚度的斜角；

9 在支座处及外力集中处应设置成对的竖向加劲肋。加劲肋宜延伸到翼缘板的外边缘，在支承处应磨光并与下翼缘焊接。在外力集中处，加劲肋应与上翼缘焊接，且焊接梁不应与受拉翼缘直接焊接。

5.4.20 箱形组合梁横向连接应符合下列规定：

- 1 箱形梁支点断面应设置横向联结系，宜为实腹式；
- 2 跨中横向联结系可采用实腹式或桁架式；
- 3 横向联结系纵向间距不宜超过 8m；
- 4 横向联结系与主梁的连接可采用焊接或高强度螺栓摩擦型连接。

5.4.21 箱形梁端支点和中支点可设置单支座或双支座。

V 混凝土桥面板

5.4.22 桥面板混凝土达到其设计强度的 85% 后，方可考虑桥面板与钢梁的组合作用。

5.4.23 桥面板及板内钢筋除应满足桥梁整体受力要求外，尚应能抵抗由局部作用引起的效应。

5.4.24 桥面板板厚不宜小于 180mm。当主梁间距较大时，桥面板可根据实际需要设置承托。承托设置应符合下列要求：

- 1 承托的外形尺寸及构造应符合图 5.4.24 的规定：

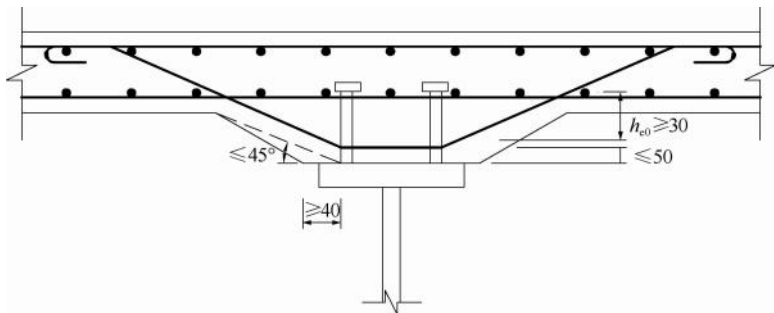


图 5.4.24 承托构造图（单位：mm）

2 承托高度在 80mm 以上时，应在承托底侧布置横向加强钢筋；

3 承托边至连接件外侧的距离不应小于 40mm，承托外形轮廓应在由最外侧连接件根部起的 45° 角线的界限以外。

5.4.25 对于未设置承托的桥面板，下层横向钢筋距钢梁上翼缘不应大于 50mm，剪力连接件抗掀起端底面高出下层横向钢筋的距离 h_{e0} 不应小于 30mm，下层横向钢筋间距不应大于 $4h_{e0}$ 且不应大于 300mm。

5.4.26 当桥面板采用叠合混凝土板（图 5.4.26）或预制混凝土板时，应采取有效措施保证新老混凝土结合并共同受力。

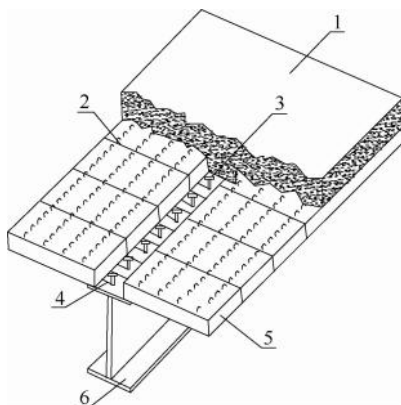


图 5.4.26 叠合板组合梁构造图

1—现浇层；2—抗剪钢筋；3—栓钉；4—预埋钢筋；5—预制板；6—钢梁

5.4.27 桥面板采用预制板时，预制板安装前宜存放 6 个月以上。

5.4.28 桥面板纵向接缝应符合下列规定：

1 宜采用环形钢筋，湿接缝环形钢筋与预制板外伸横向钢筋应采用绑扎连接；

2 钢筋直径、间距与预制板横向钢筋一致。

5.4.29 预应力组合梁桥的预应力施加方式可采用张拉预应力钢

束法、预加荷载法、支点位移法等或综合使用，并采用合理的混凝土浇筑顺序或调整剪力连接件的作用时间。

1 对连续组合梁桥，可采用张拉全桥布置的曲线或折线预应力束来施加预应力，也可仅对负弯矩区混凝土板施加预应力；

2 对连续组合梁桥，可采用预加荷载法或支点位移法，依靠钢梁的强迫变形对组合梁施加预应力。

VI 连接件

5.4.30 钢-混组合梁在钢与混凝土交界面应设置连接件，宜采用焊钉、开孔板连接件，或型钢连接件。

5.4.31 焊钉连接件应符合下列规定：

1 焊钉连接件长度不应小于 4 倍焊钉直径，当有直接抗拔力作用时不宜小于焊钉直径的 10 倍；焊钉直径不宜大于 1.5 倍连接处钢板厚度；

2 焊钉外边缘与钢梁翼缘边缘的距离不应小于 25mm，焊钉外边缘至混凝土面板边缘的距离不应小于 100mm；

3 焊钉连接件最大中心间距不宜大于 3 倍混凝土板厚度且不宜大于 300mm；

4 在剪力作用方向上，焊钉间距不宜小于 5 倍的焊钉直径，且不应小于 100mm；在垂直于剪力作用方向上，焊钉间距不宜小于 2.5 倍的焊钉直径，且不应小于 50mm；

5 当焊钉间距较小时，应计入群钉效应。

5.4.32 焊钉连接件可采用均布式或集束式布置。

5.4.33 开孔板连接件应符合下列规定：

1 制作开孔板连接件钢材的基本性能指标应按国家现行相关标准的规定执行；

2 开孔板连接件的钢板厚度不宜小于 12mm；当开孔连接件多列布置时，相邻开孔板间的距离宜大于板高的 3 倍；

3 开孔板连接件的孔径不宜小于贯通钢筋直径与骨料最大粒径之和；

4 开孔连接件贯通钢筋应采用直径不小于 12mm 的螺纹钢，且宜居中设置。

5.4.34 型钢连接件的最大间距不宜超过 500mm。

5.5 装配式护栏

5.5.1 装配式护栏与桥面的连接构造用同等防撞等级的冲击力进行强度验算。

5.5.2 装配式桥梁护栏可采用金属梁柱式护栏、混凝土护栏、超高性能混凝土护栏或组合式护栏，桥梁护栏的选用应满足现行《城市桥梁设计规范》CJJ 11 的规定，防撞护栏的设计应按国家现行标准《城市道路交通设施设计规范》GB 50688 和《公路交通安全设施设计规范》JTG D81 的有关规定进行。

5.5.3 装配式桥梁防撞护栏与主体结构的连接及连接部位的主体结构均应满足附属设施的极限承载力设计要求。

5.5.4 装配式桥梁防撞护栏与桥面板的连接应根据实际情况选择合理的连接方式，且应对连接自身、连接处护栏及桥面板的局部受力进行验算。

5.5.5 装配式桥梁防撞护栏与桥面板的连接应根据实际情况选择合理的连接方式，且应对连接自身、连接处护栏及桥面板的局部受力进行验算。

5.6 吊点设计

5.6.1 预制混凝土梁可采用设吊孔穿束兜托梁底的吊装方法。钢梁可采用顶部设钢板吊耳或捆绑钢丝绳兜托梁底的吊装方法。预制桥面板可采用内埋式螺母、内埋式吊杆、吊环的吊装方法，并采用配套的专用吊具。

5.6.2 设置预埋件、吊环、吊装孔及各种内埋式预留吊具时，应对构件在该处承受吊装荷载作用的效应进行承载力的验算，并应采取相应的构造措施，避免吊点处混凝土局部破坏。

5.6.3 预制构件中吊点安全性宜按下式进行计算：

$$K_c S_c \leq R_c \quad (5.6.3)$$

式中： K_c ——施工安全系数，对于普通预埋吊点取4，对于多用途的预埋吊点取5；当有可靠经验时，可根据实际情况适当增减；对复杂或特殊情况，宜通过试验确定；

S_c ——施工阶段荷载标准组合作用下的效应值。

R_c ——根据国家现行有关标准并按材料强度标准值计算或根据试验确定的预埋吊点、连接件的承载力。

5.6.4 当一个构件设有4个吊点时，应按3个吊点同时发挥作用进行设计。

5.6.5 采用吊环作为预制构件吊点时应符合下列规定：

- 1 吊环应采用 HPB 300 钢筋制作，严禁使用冷加工钢筋；
 - 2 每个吊环按两肢截面计算，在构件自重标准值作用下，吊环的拉应力不应大于 65MPa；
 - 3 吊环埋入混凝土的深度不应小于 35 倍吊环直径，端部应做成 180°弯钩，且应与构件内钢筋骨架焊接或绑扎；
 - 4 吊环内直径不应小于 3 倍钢筋直径，且不应小于 60mm；
 - 5 根据耐久性要求，恶劣环境下吊环钢筋绑扎接触配筋骨架时应隔垫绝缘材料或采取可靠的防锈措施。
- 5.6.6** 吊耳材质应与主体材质一致，钢板吊耳可直接焊接于钢梁顶板，宜设置在腹板或实腹式横隔位置处。焊接位置应采取局部加强构造措施，并进行局部受力分析。
- 5.6.7** 锚固件距混凝土外边缘的净距不应小于 10d（d 为吊环钢筋直径）。

6 下部结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 满足本标准对连接材料和构造要求时，应按国家现行标准进行验算，并应满足下列要求：

- 1 应采取有效措施加强结构的整体性；
- 2 宜采用高性能混凝土、高强钢筋及大直径钢筋；
- 3 连接装配式结构的节点和接缝应受力明确、构造可靠，并应满足承载力、结构延性和耐久性等要求；
- 4 应根据连接节点和接缝的构造方式和性能，确定结构的整体计算模型。

6.2 连接设计

I 一般规定

6.2.1 预制构件之间的连接应满足结构传递内力的要求，同时应便于构件安装。连接设计包括连接接头的选用和连接节点的构造设计。

6.2.2 应根据所处环境条件考虑预制拼装构件接缝的耐久性设计，接缝处环氧粘结剂或砂浆垫层应满足耐久性性能指标要求，并应符合下列规定：

1 在荷载长期效应组合下，预应力连接构件接缝处正截面受拉边缘不允许出现拉应力（不应消压）；

2 在荷载短期效应组合下，接缝处正截面受拉边缘可出现拉应力，但拉应力应小于接缝界面材料及预制构件材料的允许设计拉应力。

6.2.3 下部结构预制构件可根据结构形式、抗震设防烈度、施

工、运输、拼装等因素选择灌浆套筒、灌浆金属波纹管和后张预应力筋等连接方式。

6.2.4 应验算连接件、焊缝、螺栓等紧固件在不同设计工况下的承载力，并应符合现行国家和行业标准的规定。

II 灌浆套筒连接

6.2.5 灌浆套筒连接可用于各类预制构件的竖向拼装连接。

6.2.6 灌浆套筒连接的装配式下部结构可采用与现浇混凝土结构相同的方法进行结构分析。

6.2.7 灌浆连接套筒按钢筋连接方式可制作成全灌浆套筒或半灌浆套筒。

6.2.8 钢筋伸入灌浆套筒内部长度不应小于被连接纵向钢筋直径的 10 倍；套筒下端应设置压浆口，套筒上端应设置出浆口，压浆口下缘与端部净距应大于 20mm。

6.2.9 灌浆套筒可布置在构件同一断面，其材料、尺寸和内部灌浆料拌合物应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398 的要求，内部灌浆料应符合本标准第 4.4 节的规定，并应考虑钢筋、灌浆套筒之间的合理布置。

6.2.10 预制构件中的灌浆连接套筒和主筋净保护层厚度不宜小于 30mm。套筒间净距宜大于下列尺寸中的最大值：26mm、骨料最大粒径的 1.4 倍及套筒外径。

6.2.11 预制构件钢筋应满足下列规定：

1 竖向钢筋宜采用大直径钢筋，钢筋中心距不宜大于 200mm。

2 当灌浆套筒预埋在预制墩柱且其位于潜在的塑性铰区域内时，配置的加密箍筋应满足下列要求：

- 1) 墩柱箍筋加密区长度不应小于灌浆套筒连接区域并应向上延伸 500mm，且不应小于国家现行规范的规定；
- 2) 灌浆套筒上端第一个箍筋距离灌浆套筒顶部不应大于 50mm；

- 3) 灌浆套筒高度加 500mm 范围外的箍筋量应逐渐减少;
- 4) 墩柱箍筋加密区应延伸到盖梁和承台内, 延伸长度不宜小于墩柱长边尺寸的 0.5 倍, 且不应小于 500mm;
- 5) 墩柱在灌浆套筒长度范围内箍筋的混凝土保护层厚度不应小于 20mm。

3 当灌浆套筒预埋在预制承台或盖梁内时, 在满足现行抗震设计规范构造要求的情况下, 配置的加密箍筋延伸到承台或盖梁的距离应不小于灌浆套筒的高度。

6.2.12 采用灌浆套筒连接的预制构件, 应在灌浆连接套筒压浆口下缘处设一道箍筋。

6.2.13 预制桥墩、桥台的竖向钢筋应延伸至承台(基础)底面或盖梁(墩帽、台帽)顶面, 竖向钢筋的锚固长度应在现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362要求的基础上增加纵向钢筋直径的 10 倍。

6.2.14 灌浆连接套筒与箍筋连接应采用绑扎, 不应采用焊接。

6.2.15 应确保构件钢筋的最小外露长度, 外露钢筋顶部应设置止浆垫片, 套筒中间轴向定位点两侧应预留钢筋安装调整长度, 预制端不应小于 10mm、现场装配端不应小于 20mm。

6.2.16 预制墩台与承台、墩柱与盖梁、台身不同类型构件之间的拼装接缝砂浆垫层厚度宜为 10mm ~ 30mm, 同类型构件之间的环氧接缝厚度宜为 1mm ~ 3mm。

III 灌浆金属波纹管连接

6.2.17 灌浆金属波纹管连接用于墩台身与承台、墩台身与盖梁之间的竖向拼装连接, 金属波纹管仅埋置于墩台的承台和盖梁、台帽之中。

6.2.18 灌浆金属波纹管连接的装配式下部结构可采用与现浇混凝土结构相同的方法进行结构分析。

6.2.19 灌浆金属波纹管可布置在构件同一断面, 其材料、尺寸和内部灌浆料拌合物应满足国家和行业相关标准的要求。

6.2.20 预制构件中的圆形金属波纹管净距不应小于 50mm，且不应小于管道直径，保护层厚度宜符合现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的规定。

6.2.21 金属波纹管内径宜大于外露钢筋 3 倍直径或 1 倍直径 + 40mm 的两者较大值。金属波纹管位于盖梁内时，全长不应小于纵向钢筋直径的 24 倍，且不应拼接；金属波纹管位于承台内时，全长不应小于纵向钢筋直径的 29 倍，且不应拼接。

6.2.22 当灌浆金属波纹管预埋在承台、盖梁或台帽内时，预制构件内应布置加密箍筋，且在满足现行抗震设计规范构造要求的情况下，墩柱箍筋加密区延伸到承台、盖梁或台帽的距离不应小于连接套筒或波纹管的高度。

6.2.23 金属波纹管下端应设置压浆口连接压浆管，上端应设置出浆口连接出浆管或直接由端部出浆；压浆口下缘与端部净距应大于 20mm。

6.2.24 金属波纹管与箍筋连接应采用绑扎，不应采用焊接。

IV 后张预应力连接

6.2.25 预应力筋可采用钢绞线、精轧螺纹钢、预应力钢棒。

6.2.26 节段拼装盖梁、墩柱结构应按全预应力或 A 类部分预应力混凝土结构设计，施工阶段应进行预制节段存放、移运、提升、架设安装和施加预应力、体系转换等施工阶段的结构计算。

6.2.27 张拉端应采用低回缩锚具，宜在结构变形稳定后进行二次张拉。

6.2.28 预制节段后张预应力连接应与剪力键（槽）配合环氧树脂使用且宜设置粗糙面，粗糙面的面积不宜小于结合面的 80%。环氧树脂厚度宜为 1mm ~ 3mm，环氧树脂的技术要求应满足本标准第 4.6 节的相关规定，剪力键构造（图 6.2.28-1、图 6.2.28-2）应符合下列规定：

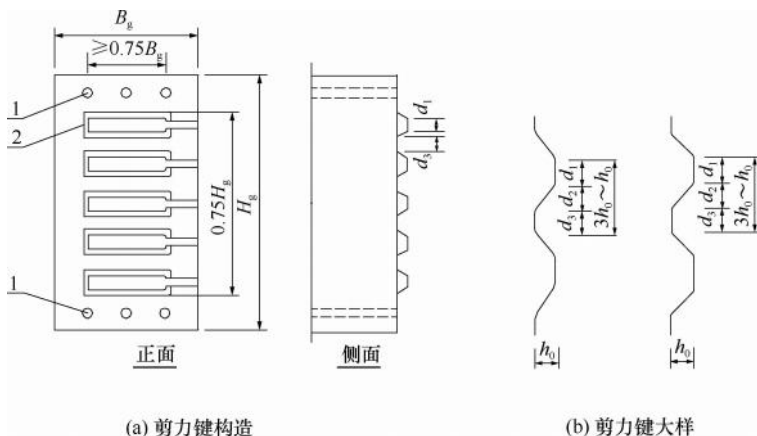


图 6.2.28-1 盖梁剪力键构造尺寸示意图

1—预应力管道；2—剪力键

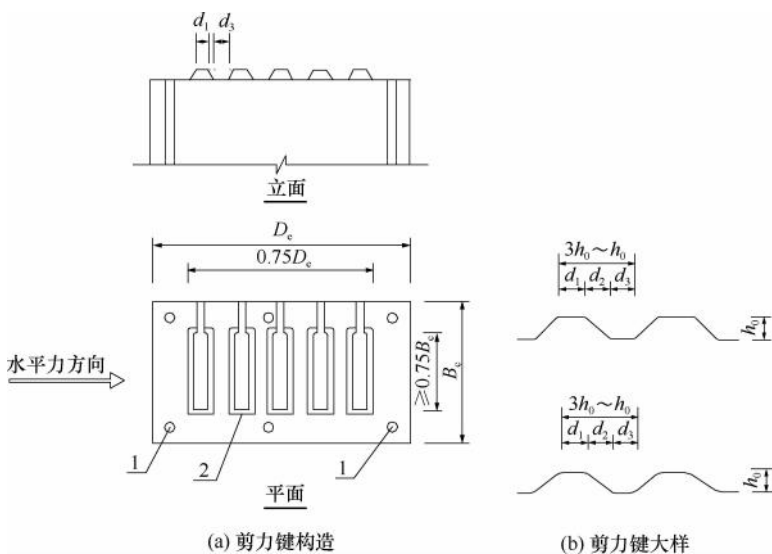


图 6.2.28-2 墩柱剪力键构造尺寸示意图

1—预应力管道；2—剪力键

1 腹板内的剪力键应在腹板全断面范围布置，剪力键的横向宽度宜为断面宽度的 75%；

2 剪力键应采用梯形或圆角梯形截面，高度应大于混凝土骨料最大粒径的 2 倍且不小于 35mm，剪力键的高度与平均宽度比可取 1:2。

6.2.29 应将剪力键（槽）一侧设置成与构件表面平齐，或在剪力槽设置一道出胶口，并对构件匹配面施加压应力，匹配面混凝土压应力不应小于 0.3MPa。剪力槽构造见图 6.2.29。

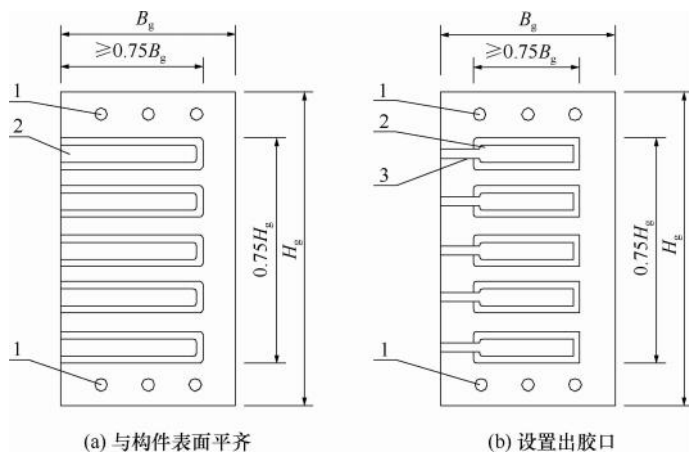


图 6.2.29 剪力槽构造示意图

1—预应力管道；2—剪力槽；3—出胶口

6.2.30 预应力管道构造应符合下列规定：

1 预应力管道宜采用金属波纹管、高密度聚乙烯或聚丙烯塑料波纹管、橡胶抽拔管；

2 预应力钢筋或管道间的净距、保护层应符合现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的规定；

3 预应力管道的定位支承钢筋间距不应大于 500mm；

4 对布置有曲线预应力钢筋的构件，应设置防崩钢筋。

V 钢板连接

6.2.31 钢板连接用于扶壁式桥台台身、肋板式桥台与基础或承台连接。

6.2.32 预埋件的钢板采用焊接连接时，应对预埋件及焊缝的承载力进行验算，并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017和《钢结构焊接规范》GB 50661等的规定。

6.2.33 受力预埋件的锚筋直径不宜小于8mm、不宜大于25mm。

6.2.34 钢板防腐处理应符合现行行业标准《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》JT/T 722的规定。

6.3 盖 梁

I 一般规定

6.3.1 节段预制拼装盖梁应按全预应力构件设计，拼接面宜采用剪力键方式。

6.3.2 采用上下分层建造的预制拼装盖梁，可按现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362中组合式受弯构件的有关规定执行。

6.3.3 湿接头连接的盖梁可采用与现浇混凝土结构相同的方法进行结构分析。

II 盖梁与墩柱的连接构造

6.3.4 预制盖梁与预制墩柱的连接方式宜采用灌浆套筒、灌浆金属波纹管和后张预应力连接等，连接的构造要求应按本标准第6.2.18~6.2.24条的相关规定执行。

6.3.5 预制盖梁与预制墩柱采用后张预应力连接时，预应力固定端锚固系统宜设置在墩柱，张拉端宜设置在盖梁顶部。

III 盖梁节段间的连接构造

- 6.3.6** 预制盖梁节段间宜采用后张预应力连接和湿接头连接两种方式。
- 6.3.7** 湿接头的宽度宜为 800mm ~ 1200mm，宜避开构件最大受力截面。
- 6.3.8** 湿接头纵向受力钢筋不宜采用绑扎方式进行连接。
- 6.3.9** 湿接头构件端部应进行粗糙面处理，凹凸不应小于 6mm。
- 6.3.10** 湿接头混凝土强度等级不应低于构件的设计强度，宜掺入适量微膨胀剂。

6.4 墩柱、桥台

- 6.4.1** 墩柱与承台连接时，预应力固定端锚固系统宜设置在承台，张拉端设置在墩顶。
- 6.4.2** 墩柱的竖向钢筋应延伸至盖梁顶面和承台底面附近，纵向钢筋的锚固长度应在现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 要求的基础上增加 $10d_s$ 。
- 6.4.3** 墩柱间节段拼装应符合下列规定：
- 1 拼装前应对立柱节段拼接缝进行表面处理，确保表面无油、无水及无可见灰粉；
 - 2 拼装前应对立柱阶段拼装接缝表面进行复测，标高允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ ，水平度允许偏差为 $\pm 1\text{mm/m}$ ；
 - 3 环氧粘结剂应均匀涂刷，涂刷时间宜控制在 30min 内，涂刷前后应采取防风、防雨及防尘措施。
- 6.4.4** 装配式扶壁式桥台、悬臂式桥台、肋板式桥台的构造图详见本标准附录 D。

6.5 承 台

I 一般规定

- 6.5.1** 预制承台与墩柱及桩基的连接方式应与墩柱及桩基的类

型和预制方式相匹配。

6.5.2 预制承台与预制墩柱的连接方式宜采用灌浆套筒（或灌浆金属波纹管）连接、预应力连接、承插式连接。

6.5.3 预制承台的设计应计入预留孔洞对承台结构的不利影响。

II 墩柱与承台的连接构造

6.5.4 墩柱与承台采用灌浆套筒连接时，构造应符合本标准第 6.2 节的规定。

6.5.5 墩柱与承台可采用后张预应力连接（图 6.5.5），构造应符合本标准第 6.2 节的规定。

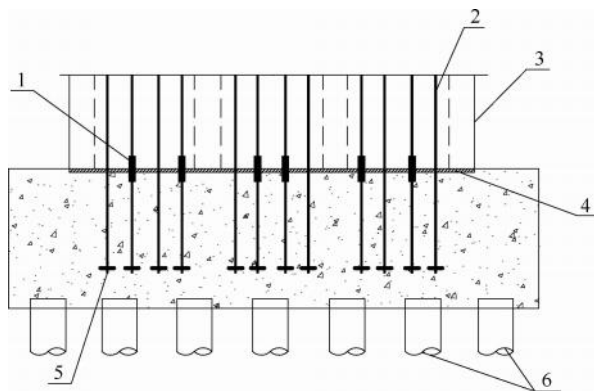


图 6.5.5 预制承台与预制墩柱的后张预应力连接

1—钢筋连接器（必要时）；2—预应力钢束（钢筋）；

3—预制墩柱；4—垫层；5—预应力固定端；6—桩基

III 承台与桩基的连接构造

6.5.6 预制承台受力钢筋的布置应与预制桩基础连接构造相协调，在预留孔洞处不得切断。

6.6 预制桩基础

I 一般规定

6.6.1 预制桩可采用钢筋混凝土桩、预应力混凝土桩、钢桩及钢管混凝土管桩。

6.6.2 预制混凝土桩的混凝土强度等级不宜低于 C40；预应力混凝土桩和钢管混凝土管桩的混凝土强度等级不应低于 C60。

6.6.3 预制桩的设计计算应符合现行行业标准《公路桥涵地基基础设计规范》JTG 3363、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定。

6.6.4 钢筋混凝土方形桩设计应符合现行行业标准《预制钢筋混凝土方桩》JC934 的有关规定。

6.6.5 预应力混凝土桩设计应符合国家现行标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363、《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476、《预应力混凝土空心方桩》JG/T 197、《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406 的有关规定。

6.6.6 钢桩设计应符合现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363 的规定。

6.6.7 钢管混凝土管桩的基本尺寸、技术性能指标应符合现行行业标准《预制高强混凝土薄壁钢管桩》JG/T 272 的有关规定。

6.6.8 混凝土预制桩的防腐要求应符合国家现行标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046、《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406 的规定，钢桩的防腐要求应符合现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363 的规定，钢管混凝土管桩的防腐要求应符合现行行业标准《预制高强混凝土薄壁钢管桩》JG/T 272 的规定。

6.6.9 沉桩方法的选用应根据具体的地质情况、工程特点、场地施工条件以及挤土、施工震动、噪声等对周边环境和安全影响等因素确定。

6.6.10 管桩基础施工前宜在现场进行沉桩工艺试验。

II 构造规定

6.6.11 预制桩的截面边长不宜小于 300mm；预应力混凝土桩和高强混凝土薄壁钢管桩的直径（边长）不宜小于 400mm，壁厚不宜小于 80mm。

6.6.12 预制桩用作承压桩时，可不设桩端锚固筋；当用作抗拔桩时，应根据具体要求设置桩端锚固筋，并加强端板连接。

6.6.13 预制混凝土桩需穿越较厚硬土层或者砂层时，宜提高混凝土强度等级或者采用一体化桩尖；采用混凝土预制桩时宜在桩顶部适当增加网片和箍筋。

6.6.14 桩端嵌入遇水易软化的强风化岩、全风化岩和非饱和土的混凝土空心桩宜采用混凝土封闭桩尖且混凝土桩尖包以钢板桩靴，或者首节桩沉入后立刻在桩端以上约 2m 范围内灌入微膨胀混凝土填芯（图 6.6.14）。

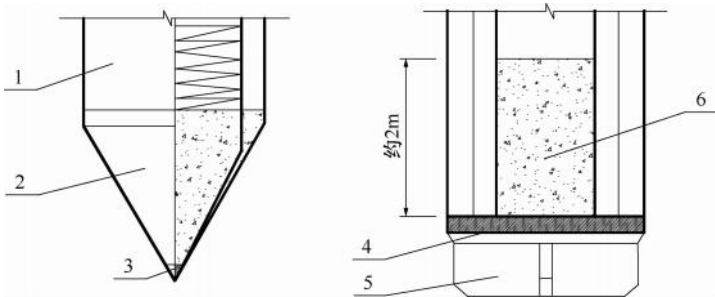


图 6.6.14 空心桩桩端处理构造做法

1—桩身；2—混凝土桩尖；3—锥形钢桩靴；4—焊牢封闭；

5—钢桩尖；6—C30 微膨胀混凝土

6.6.15 钢桩分段长度宜为 12m ~ 15m，钢桩的端部形式应根据桩所穿越的土层、桩端持力层性质、桩尺寸、挤土效应等因素综合考虑确定。

6.6.16 钢管桩上下节桩宜采用同一壁厚。上下节壁厚不同时宜将上节桩的壁厚适当增大，或在桩管外圈加焊一条宽 200mm ~ 300mm、厚 6mm ~ 12mm 的扁钢加强箍。

6.6.17 预制桩的接桩可采用焊接连接和机械连接，接头强度不应低于桩身强度。

6.6.18 当预制桩基础工程为下列条件之一时，上下节连接宜采用机械接头：

- 1 地下水、地基土对管桩有腐蚀作用；
- 2 桩数较多较密集，挤土效应较大；
- 3 施工环境温度低于 0℃。

6.6.19 机械连接形式（图 6.6.19）宜采用抱箍式、法兰式、咬合式连接。

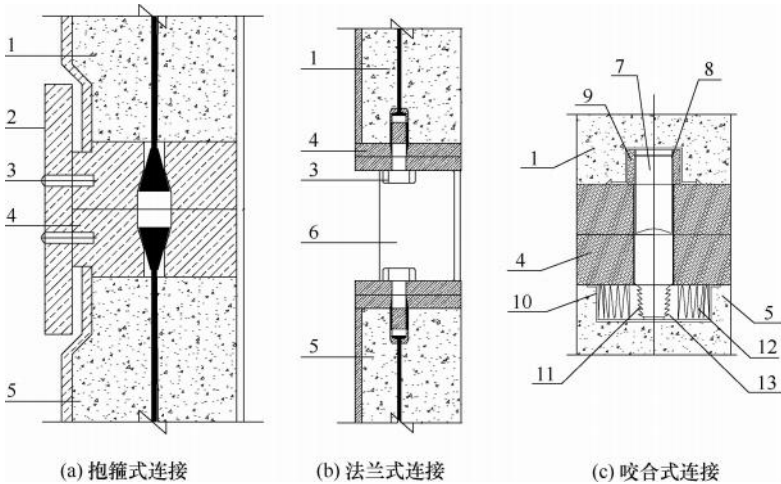


图 6.6.19 预制桩节段间机械连接

- 1—上节桩身；2—抱箍式连接卡；3—内六角螺栓；4—端板；5—下节桩身；
6—法兰；7—连接销；8—圆齿；9—螺帽；10—连接槽；11—方齿；
12—弹簧；13—铜销板

6.6.20 预制混凝土桩上下节拼接可采用端板焊缝连接或者机械接头连接，接头应保证桩内纵向钢筋与端板等效传力，接头连接

强度不应小于管桩桩身强度。任一接桩的接头数量不宜超过 3 个。

6.6.21 预制桩用作抗拔桩时宜采用机械连接或者经专项设计的焊接接头。当在腐蚀环境采用机械连接时，宜同时采用焊接连接，且接头数量不宜超过 1 个。

6.6.22 钢桩焊接接头应采用等强度连接，且 H 型钢桩或其他薄壁钢桩应增加连接板。

III 与承台连接构造

6.6.23 实心方桩与预制承台的连接（图 6.6.23）应满足下列构造要求：

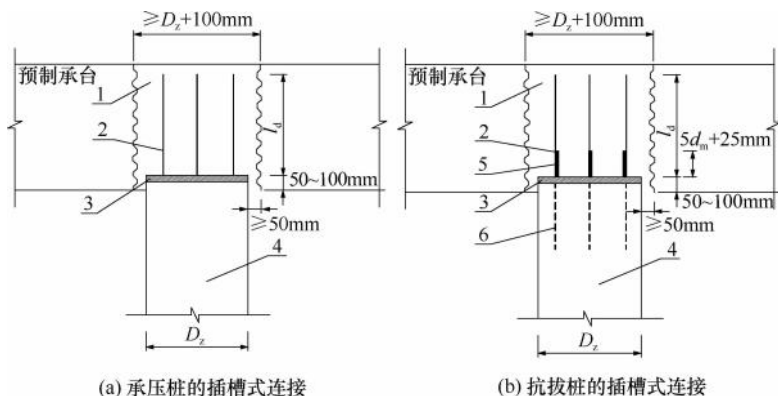


图 6.6.23 实心方桩与承台连接

1—孔洞；2—锚固钢筋；3—端板；4—预制桩；

5—连接钢板；6—端板锚固钢筋

D_z —桩径； l_d —钢筋锚固长度

1 为便于预制桩的沉入，不宜在桩顶设置外露钢筋；

2 承压桩采用插槽式连接时，预制桩桩顶伸入孔洞高度宜为 50mm ~ 100mm；钢筋进入承台的锚固长度 l_d 不应小于 $35d_m$ （不设弯钩， d_m 为预制桩锚固钢筋直径），有抗震要求时，锚固

长度 l_d 应增加 $10d_m$ ；锚固钢筋应与端板双面焊接，焊缝长度不应小于锚固筋直径的 5 倍，其焊点位置应避开钢筋弯矩半径 $10d_m$ 以上；

3 抗拔桩采用插槽式连接时，预制桩桩顶伸入孔洞高度宜为 $50\text{mm} \sim 100\text{mm}$ ；锚固钢筋进入承台的锚固长度 l_d 不应小于 $40d_m$ （不设弯钩， d_m 为预制桩锚固钢筋直径），且数量不宜少于 6 根，有抗震要求时，锚固长度 l_d 应增加 $10d_m$ ；锚固钢筋应与连接钢板双面焊接，焊缝长度不应小于锚固筋直径的 5 倍，连接钢板宜采用 Q235B，高度不应小于 $10d_m + 25\text{mm}$ ，厚度不应小于 10mm ，且应与端板满焊；

4 承台预留孔洞内填充微膨胀混凝土，其强度等级不应低于承台自身混凝土强度，填筑前应清除内部杂物。

6.6.24 混凝土空心桩、钢管混凝土管桩用于承压桩时，与预制承台的连接（图 6.6.24）应满足下列构造要求：

1 预制桩桩顶伸入孔洞高度宜为 $50\text{mm} \sim 100\text{mm}$ ；填芯混

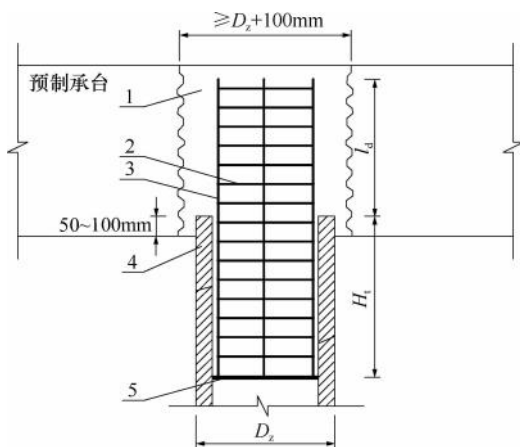


图 6.6.24 承压混凝土空心桩、钢管混凝土管桩与承台连接

1—孔洞；2—箍筋；3—锚固钢筋；4—预制桩；5—托板

H_t —填芯混凝土高度； l_d —钢筋锚固长度

凝土的高度 H_l 不应小于 $3D_z$ 且不应小于 1.5m ；锚固钢筋数量不应少于 4 根，其端部应与托板焊牢，托板尺寸宜略小于内孔，锚固钢筋锚入承台长度 l_d 不宜小于 $35d_m$ （不设弯钩， d_m 为预制桩锚固钢筋直径），有抗震要求时，锚固钢筋锚入承台长度 l_d 应增加 $10d_m$ ；

2 浇筑桩顶填芯混凝土前，应清除桩顶内壁浮浆，填芯混凝土采用微膨胀混凝土，其强度等级不应低于 C30。

6.6.25 混凝土空心桩、钢管混凝土管桩用于抗拔桩时，与预制承台的连接（图 6.6.25）应满足下列构造要求：

1 预制桩桩顶伸入孔洞高度宜为 $50\text{mm} \sim 100\text{mm}$ ；填芯混凝土的高度 H_l 不应小于 $Q/(U_z \times f_z)$ 且不应小于 3m ，其中 Q 为单桩竖向抗拔承载力设计值， U_z 为预制桩内孔周长， f_z 为填芯混凝土与预制桩内壁粘结强度设计值；

2 不需要截桩时，锚固钢筋进入承台的锚固长度 l_d 不应小于 $40d_m$ （不设弯钩， d_m 为预制桩锚固钢筋直径），有抗震要求时，锚固长度 l_d 应增加 $10d_m$ ；锚固钢筋应与连接钢板双面焊接，

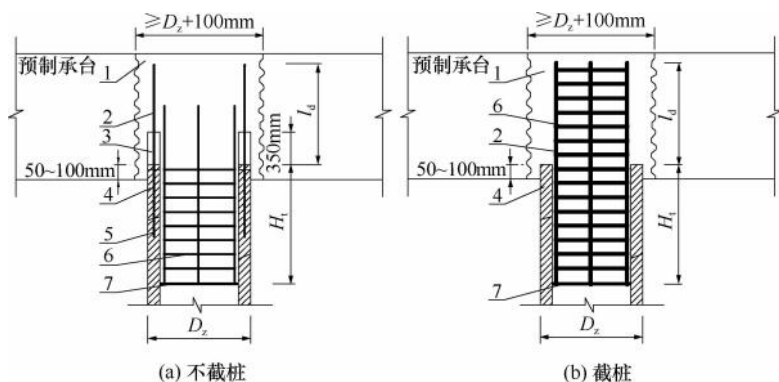


图 6.6.25 抗拔混凝土空心桩、钢管混凝土管桩与承台连接

1—孔洞；2—锚固钢筋；3—连接钢板；4—预制桩；

5—端板锚固钢筋；6—箍筋；7—托板

H_l —填芯混凝土高度； l_d —钢筋锚固长度

焊缝长度不应小于锚固筋直径的 5 倍, 连接钢板宜采用 Q235B, 高度不应小于 $10d_m + 25\text{mm}$, 厚度不应小于 10mm, 且应与端板满焊; 填芯内钢筋伸出桩顶长度不应小于 350mm, 且数量不应少于 4 根, 其端部应与托板焊牢, 托板尺寸宜略小于内孔;

3 需要截桩时, 锚固钢筋数量不应少于 6 根, 其端部应与托板焊牢, 托板尺寸宜略小于内孔, 锚固钢筋锚入承台长度 l_d 不宜小于 $40d_m$ (不设弯钩, d_m 为预制桩锚固钢筋直径), 有抗震要求时, 锚固钢筋锚入承台长度 l_d 应增加 $10d_m$; 应保留桩身全部预应力钢筋, 并将其埋入承台孔洞内;

4 浇筑桩顶填芯混凝土前, 应清除桩顶内壁浮浆, 填芯混凝土采用微膨胀混凝土, 其强度等级不应低于 C30。

6. 6. 26 钢桩与预制承台之间的连接构造 (图 6. 6. 26) 应满足下列要求:

1 承压桩采用焊接锚固铁件或外侧锚固钢筋连接时, 桩顶伸入的深度不宜小于 100mm, 锚固铁件或锚固钢筋应与钢桩焊接, 焊缝长度及锚固铁件、外侧锚固钢筋的伸出长度应满足组合受力及锚固传力要求, 其中锚固铁件、外侧锚固钢筋的伸出长度与桩顶伸入深度之和 l_0 不宜小于 $2D_z$, 有抗震要求时, l_0 应增加 0.3 倍桩径或 H 型钢桩高度;

2 承压桩采用外侧锚固钢筋连接时, 钢管桩桩顶伸入孔洞高度不宜小于 100mm; 填芯混凝土的高度 H_t 不应小于 $3D_z$ 且不应小于 1.5m; 锚固钢筋数量不应小于 4 根, 其端部应与托板焊牢, 托板尺寸宜略小于内孔, 锚固钢筋锚入承台长度 l_d 不宜小于 $35d_m$ (不设弯钩, d_m 为预制桩锚固钢筋直径), 有抗震要求时, 锚固钢筋锚入承台长度 l_d 应增加 $10d_m$;

3 抗拔桩采用内部锚固钢筋连接时, 钢管桩桩顶伸入孔洞高度宜为 50mm ~ 100mm; 填芯混凝土的高度 H_t 不应小于 $Q/(U_z \times f_z)$ 且不应小于 3m, 其中 Q 为单桩竖向抗拔承载力设计值, U_z 为预制桩内孔周长, f_z 为填芯混凝土与预制桩内壁粘结强度设计值; 锚固钢筋数量不应小于 4 根, 其端部应与托板焊牢, 托板尺

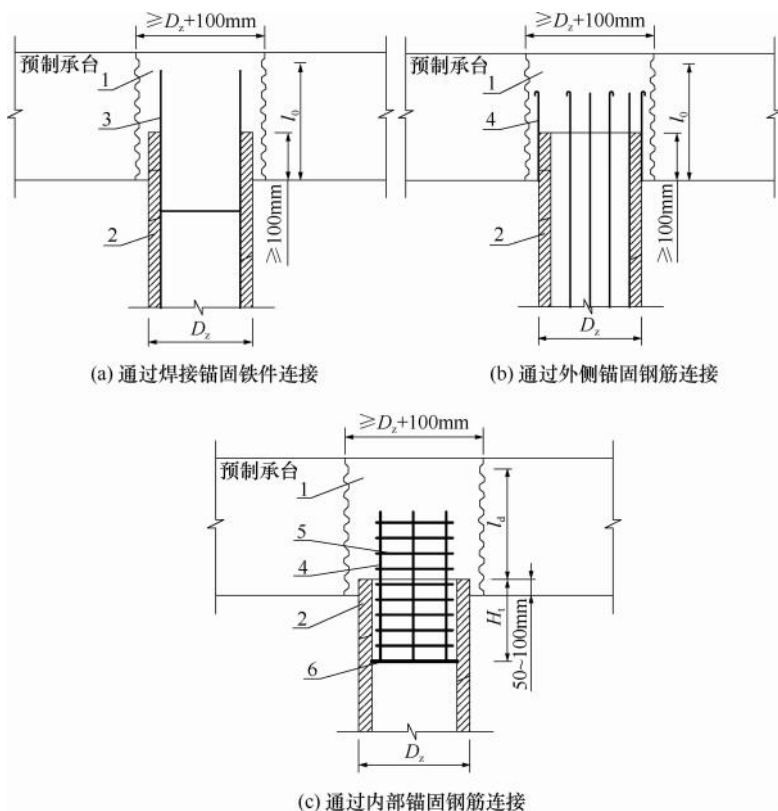


图 6.6.26 钢桩与承台固结连接

1—孔洞；2—钢管桩；3—锚固铁件；4—锚固钢筋；5—箍筋；6—托板

H_t —填芯混凝土高度； l_0 —锚固钢筋的伸出长度与

桩顶伸入深度之和； l_d —钢筋锚固长度

寸宜略小于内孔，锚固钢筋锚入承台长度 l_d 不宜小于 $40d_m$ （不设弯钩， d_m 为预制桩锚固钢筋直径），有抗震要求时，锚固钢筋锚入承台长度 l_d 应增加 $10d_m$ 。

7 构件预制

7.1 一般规定

7.1.1 构件预制企业应具备满足构件制作要求的生产条件，建立相关质量安全管理制度的。

7.1.2 构件预制企业应编制构件制作方案，并对制作人员进行技术交底。

7.1.3 出厂前应进行出厂检验，检验合格后出具出厂合格证，并应在构件表面明显位置标识构件产品信息。

7.2 预制场地

7.2.1 预制场地规划和功能区布置应进行专项设计，应根据构件的预制工艺和运输吊装工艺的要求设置钢筋加工车间、混凝土拌合站、构件预制区、构件存放区、试验室、运输道路和排水设施等。

7.2.2 预制场地地基承载力应满足预制台座、存放台座、吊装设备和其他生产工具的荷载沉降要求。

7.2.3 钢筋加工车间设置应符合下列规定：

1 钢筋加工车间应设置防雨雪、防潮设施，通风良好，周边排水通畅；

2 钢筋加工车间按使用功能应划分为钢筋存料区、钢筋下料制作区、半成品存放区三个功能分区；

3 应配备龙门吊及各种钢筋制作设备，钢筋制作设备宜采用智能化数控设备；

4 钢筋下料制作区宜靠近钢筋绑扎胎架，并应根据生产高峰来计算钢筋区大小；

5 在钢筋存料区及半成品存放区应具备车辆吊装作业所需

的空间；

6 钢筋存放区应设置钢筋标志牌；钢筋加工区内应设置钢筋大样图、钢筋加工技术要求和机械安全操作规程等标牌；在钢筋半成品存放区挂设半成品检验标志牌。

7.2.4 钢筋绑扎胎架设置应符合下列规定：

1 胎架型式应满足施工工艺设计要求，宜紧邻钢筋加工车间布置，且方便钢筋骨架吊装；

2 胎架上应设置用于固定钢筋绑扎卡具的预埋件。

7.2.5 混凝土拌合站应符合下列规定：

1 拌合站应合理设置拌合作业区、砂石堆放区、洗石区等功能分区；

2 拌合站的日生产能力应满足构件预制需求。

7.2.6 构件预制台座设置应符合下列规定：

1 台座设置数量应根据预制梁的类型、大小、数量、预制场的生产规模和工期确定；

2 台座应具有足够的强度、刚度和稳定性，应能满足各阶段施工荷载和施工工艺的要求；

3 预制梁台座的强度应满足张拉要求，反拱度的设置应满足设计要求；

4 宜将预制梁台座两端设计成可调节式活动台座。

7.2.7 预制构件存放区应根据预制周期、存放时间、架设进度等因素综合考虑设置规模。

7.2.8 龙门吊起重设备的设置应符合下列规定：

1 载重型号应满足构件起吊运输要求；

2 轨道基础的承载力应满足荷载要求；

3 轨道固定牢固，纵向坡度不应大于 1.5%；

4 电缆保护完好，无破损。

7.2.9 试验室设置应符合下列规定：

1 试验室宜设置在拌合站附近；

2 试验室功能应满足预制厂质量检测需求，宜配备力学试

验、水泥试验、混凝土试块养护等设施。

7.2.10 预制构件在调入成品区前，应在构件显著位置标识构件产品信息。构件成品应按不同规格，分区域分层堆码。

7.2.11 预制厂内道路沿线宜设置喷淋抑尘设施，有条件的宜设置雨水收集系统。

7.3 混凝土构件制作

7.3.1 构件预制用钢筋笼胎架、钢筋笼定位板、预制台座、模板、吊具等设备应根据具体预制工艺和精度要求进行专项设计，宜采用 BIM 设计。

7.3.2 模具应符合下列规定：

1 模具应有足够的承载力、刚度、稳定性及良好的操作性能；

2 模具的数量应满足构件预制的数量、类型、生产工艺和周转次数等要求；

3 内模宜采用专业设计的钢模板，具有足够的刚度和便利的操作性能，重复利用率高；

4 模具的部件与部件之间应连接牢固、接缝应紧密，并采取有效的防漏浆和防漏水措施；

5 模具应定期进行检修：固定模台或移动模台每 6 个月应进行一次检修，钢或铝合金等型材模具每 3 个月或每周转生产 60 次应进行一次检修，装饰造型衬模每 1 个月或每周转 20 次应进行一次检修。

7.3.3 钢筋加工与制作应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

7.3.4 钢筋连接质量检查除应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 钢筋焊接和机械连接均应进行工艺检验，试验结果合格后方可进行预制构件预制；

2 螺纹接头和半灌浆套筒连接接头应使用专用扭力扳手拧

紧至规定扭力值；

3 钢筋焊接接头和机械连接接头应全数检查外观质量；

4 钢筋焊接接头的力学性能应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定；机械连接接头的力学性能应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定；套筒灌浆连接接头的力学性能应符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的有关规定。

7.3.5 钢筋成品的质量检验应符合下列规定：

1 钢筋表面不应有油污，不应严重锈蚀；

2 混凝土保护层垫块应与钢筋骨架或网片绑扎牢固，垫块高度应满足混凝土保护层厚度设计要求，按梅花状布置；

3 钢筋成品的尺寸允许偏差和检验方法应符合表 7.3.5 的规定。

表 7.3.5 钢筋成品的尺寸允许偏差和检验方法

项目		允许偏差 (mm)	检验方法	
钢筋网片	长、宽	±5	钢尺检查	
	网眼尺寸	±10	钢尺量连续3档，取最大值	
	端头不齐	5	钢尺检查	
钢筋骨架	长	0， -5	钢尺检查	
	宽	±5	钢尺检查	
	高（厚）	±5	钢尺检查	
	主筋间距	±10	钢尺量两端、中间各一点，取最大值	
	主筋排距	±5	钢尺量两端、中间各一点，取最大值	
	箍筋间距	±10	钢尺量连续3档，取最大值	
	弯起点位置	15	钢尺检查	
	端头不齐	5	钢尺检查	
	保护层	墩、台、梁	±5	钢尺检查
		防撞墙	±3	钢尺检查

7.3.6 预埋件加工允许偏差和检验方法应符合表 7.3.6 的规定。

表 7.3.6 预埋件加工允许偏差和检验方法

项次	检验项目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	预埋件锚板的边长		0, -5	用钢尺量测
2	预埋件锚板的平整度		1	用直尺和塞尺测
3	锚筋	长度	10, -5	用钢尺量测
		间距偏差	±10	用钢尺量测
4	灌浆套筒	尺寸	1	用钢尺量测
5	灌浆金属波纹管	尺寸	1	用钢尺量测

7.3.7 灌浆套筒成品应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398 的规定。

7.3.8 预埋件安装应符合下列规定：

1 预埋件应固定在模板或支架上，预留孔洞应采用孔洞模具加以固定，应保证预埋件固定位置准确，在混凝土浇筑、振捣过程中不发生位移，外露部分不发生污损；

2 预埋件宜采用工具式螺栓固定；采用磁力吸或胶粘法固定预埋件时，应通过试生产确认生产过程中不发生位移；

3 采用与钢筋焊接方式固定预埋件时，不应损伤被焊钢筋断面，且不应与预应力钢筋焊接；

4 型钢预埋件宜在型钢上加焊钢筋与钢筋骨架绑扎牢固进行固定；

5 预埋螺栓、吊母或吊具等应采用工具式卡具固定，并应保护好丝扣；

6 预埋钢筋套筒应使用定位螺栓或定位棒固定在侧模上，灌浆口宜采用短钢筋绑扎在主筋上进行定位控制；

7 在安装过程中发现预埋件的尺寸、形状发生变化时，应对该批预埋件进行复检，合格后方可使用。

7.3.9 预应力施工应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 与《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2

的规定。

7.3.10 预应力筋下料与连接应符合下列规定：

- 1 预应力筋的下料长度应根据台座的长度、锚夹具长度等经过计算确定；
- 2 预应力筋宜使用砂轮锯或机械切断机切断，不应采用电弧或气焊切断；
- 3 预应力筋应采用符合标准的连接器进行连接。

7.3.11 预应力筋的定位与安装应符合下列规定：

- 1 预应力筋的安装、定位和保护层厚度应符合设计要求；
- 2 模外张拉工艺的预应力筋保护层厚度可用梳筋条槽口深度或端头垫板厚度控制；
- 3 预应力筋弯折点位置和矢高应符合设计要求，弯折后应可靠固定；预应力筋控制点的竖向位置允许偏差应符合表 7.3.11 的规定。

表 7.3.11 预应力筋竖向位置允许偏差

项次	构建截面高（厚）度（mm）	$h \leq 300$	$300 < h \leq 1500$	$h > 1500$
1	允许偏差（mm）	± 5	± 10	± 15

7.3.12 预应力筋张拉应采用智能张拉设备，设备应定期维护和标定，并应符合下列规定：

- 1 张拉设备和压力表应配套标定和使用，标定期限不应超过 6 个月且不超过 200 次；当使用过程中出现反常现象或张拉设备检修后，应重新标定；
- 2 压力表的量程应大于张拉工作压力读值，压力表的精确度等级不应低于 0.4 级；
- 3 标定张拉设备用的试验机或测力计的测力示值不确定度不应大于 1.0%；
- 4 张拉设备标定时，千斤顶活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致；
- 5 预应力筋张拉设备和仪表应满足预应力筋张拉或放张的

要求，且应定期维护和标定。

7.3.13 预应力筋的张拉控制应力应符合设计及专项施工方案的要求。当施工中需要超张拉时，调整后的张拉控制应力应符合下列规定：

- 1 消除应力钢丝、钢绞线 $\sigma_{con} \leq 0.80f_{pk}$
- 2 中强度预应力钢丝 $\sigma_{con} \leq 0.75f_{pk}$
- 3 预应力螺纹钢筋 $\sigma_{con} \leq 0.90f_{pk}$

式中： σ_{con} ——预应力钢筋张拉控制应力（MPa）；

f_{pk} ——预应力钢筋抗拉强度标准值（MPa）。

7.3.14 预应力张拉应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 与《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2的规定。

7.3.15 采用应力控制方法张拉时，应校核最大张拉力下预应力筋伸长值。实测伸长值与计算伸长值的偏差应控制在 $\pm 6\%$ 之内，否则应查明原因并采取措施后再张拉。

7.3.16 混凝土生产应符合下列规定：

1 预制构件用混凝土工作性能应根据产品类别和生产工艺确定，混凝土配合比设计应符合国家现行标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定。

2 预制构件用混凝土生产设备应采用计算机控制系统，生产数据应逐盘记录并可随时查询。

3 混凝土应按照混凝土配合比通知单进行生产；原材料每盘称量的允许偏差应符合表 7.3.16-1 的规定。

表 7.3.16-1 混凝土原材料每盘称量的允许偏差

项次	材料名称	允许偏差（%）
1	胶凝材料	± 2
2	粗、细骨料	± 3
3	水、外加剂	± 1

4 混凝土拌合物应搅拌均匀；当混凝土出料量为 $1\text{m}^3 \sim 2\text{m}^3$ 时，最短搅拌时间宜符合表 7.3.17-2 的规定；当混凝土出料量超过 2m^3 ，搅拌高强混凝土、纤维混凝土时，宜根据实际情况调整搅拌时间。

表 7.3.16-2 混凝土搅拌的最短时间（s）

项次	混凝土坍落度（mm）	搅拌机机型	$1\text{m}^3 \leq \text{混凝土出料量} \leq 2\text{m}^3$
1	≤ 40	强制式	180
2	> 40 ，且 < 100	强制式	150
3	≥ 100	强制式	120
注：混凝土搅拌时间指从全部材料进入搅拌筒中起、开始卸料止。			

5 对混凝土拌合物的检验应符合国家现行标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。

7.3.17 混凝土浇筑应符合下列规定：

1 混凝土浇筑前，预埋件及预留钢筋的外露部分应采取防止污染的保护措施；

2 混凝土放料高度宜小于 600mm，并应均匀摊铺；

3 混凝土浇筑应连续进行，浇筑过程中应观察模具、预埋件、连接件等的变形和移位，变形与移位超出本标准规定的允许偏差时应及时采取补强和纠正措施；

4 混凝土从出机到浇筑完毕的延续时间，气温高于 25°C 时不宜超过 60min，气温不高于 25°C 时不宜超过 90min。

5 大体积混凝土浇筑应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 的有关规定。

7.3.18 混凝土振捣应符合下列规定：

1 混凝土宜采用机械振捣方式成型；振捣设备应根据混凝土的品种、工作性、预制构件的规格和形状等因素确定，应制定振捣成型操作规程；

2 当采用振捣棒时，混凝土振捣过程中不应碰触钢筋骨架、

预埋件和剪力键；

3 混凝土应振捣密实，模具不应漏浆、变形或预埋件移位等现象。

7.3.19 预制构件粗糙面应符合设计要求。

7.3.20 养护及脱模应符合下列规定：

1 预制构件浇筑完毕后应进行养护，并可根据预制构件特点和生产任务量选择自然养护、自然养护加养护剂或加热养护方式。

2 脱模前的养护应符合下列规定：

- 1) 混凝土浇筑完毕或压面工序完成后及时覆盖；
- 2) 涂刷养护剂可在终凝后进行；
- 3) 加热养护可选择蒸汽加热、电加热或模具加热等方式；
- 4) 加热养护制度应通过试验确定，宜在常温下预养护 2h~6h，升、降温速度不宜超过 $20^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，最高温度不宜超过 70°C ，预制构件脱模时的表面温度与环境温度的差值不宜超过 25°C 。

3 预制构件脱模应符合下列规定：

- 1) 脱模时，同条件养护的混凝土试件抗压强度应符合设计要求，且不应小于 15MPa ；
- 2) 脱模顺序应与支模顺序相反进行，应先非承重模具后承重模具，先帮模再侧模和端模、最后底模；
- 3) 高宽比大于 2.5 的大型预制构件，应边脱模边加支撑，避免预制构件倾倒。

4 预制构件脱模时采用的吊具应符合下列规定：

- 1) 根据预制构件的形状、尺寸、重量以及吊装和设计受力特征选择吊具、卡具、索具、托架和支撑等吊装和固定措施；
- 2) 按现行国家标准的规定进行设计验算或试验检验，经验证合格后方可使用；

5 预制构件脱模后的养护应符合下列规定：

- 1) 预制构件脱模后可继续养护，养护可采取水养、洒水、覆盖和涂刷养护剂等一种或几种相结合的方式；
- 2) 水中养护应避免预制构件与养护池水有过大的温差。预制构件表面洒水养护应覆盖，洒水养护次数以能保持预制构件表面处于润湿状态为度；
- 3) 当不具备水养、洒水养护条件或当日平均气温低于 5°C 时，可采用涂刷养护剂方式进行养护；养护剂不应影响预制构件与现浇混凝土面的结合强度。

6 大体积混凝土构件的养护及脱模应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 的有关规定。

7.3.21 预制构件进行脱模验算时，等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以相应的动力系数后与脱模吸附力之和，且不宜小于构件自重标准值的1.5倍。动力系数与脱模吸附力应符合下列规定：

- 1 动力系数不宜小于1.2；
- 2 脱模吸附力应根据构件和模具的实际情况取用，且不宜小于 1.5kN/m^2 。

7.3.22 管桩产品预制与制作应符合国家现行标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 和《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406 的规定。

7.3.23 构件表面拼接缝处在浇筑完成后应及时凿毛至完全露出新鲜密实混凝土的粗集料，并应用洁净水冲洗干净。

7.3.24 混凝土构件养护过程中应设置温度、湿度监测装置。

7.4 钢梁制作

7.4.1 钢结构深化设计图应根据设计文件和技术文件要求进行编制。

7.4.2 钢结构加工应按照下料、切割、组装、焊接、除锈和涂装工序进行，各工序宜采用机械化作业。

7.4.3 钢结构焊接宜采用自动焊接，应按工艺评定的焊接工艺参数执行。焊缝的尺寸偏差、外观质量和内部质量应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 及《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定进行检验。

7.4.4 对于自动焊和半自动焊，轨道与焊缝的位置和焊丝对准状况应满足焊接工艺要求，施焊前和施焊过程中应检查校对调整。

7.4.5 钢构件连接节点的高强度螺栓孔宜采用数控钻床，也可采用画线钻孔的方法，不应采用冲孔或气割孔。采用画线钻孔时，孔中心和周边应打出五梅花冲印。制孔质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

7.4.6 组装前应清除待焊区域的铁锈、氧化铁皮、油污、水分等有害物，待焊区域表面应显露出金属光泽。直角交界处的清除范围宜为 30mm，坡脚交界处的清除范围宜为 20mm。

7.4.7 钢构件除锈应在室内进行，除锈等级应按设计文件的规定执行，当设计文件未规定时，宜选用喷砂或抛丸除锈方法，除锈等级不应低于 Sa2.5 级。

7.4.8 焊缝两侧经除锈后，应在 24h 内进行焊接，除锈后超过 24h 应重新除锈。

7.4.9 钢构件防腐涂装应符合下列规定：

- 1 应在专门的涂装车间进行防腐涂装；
- 2 防腐涂装应按设计文件的规定执行；
- 3 涂装作业应按现行国家标准《钢结构工程施工规范》

GB 50755 的有关规定执行。

7.4.10 现场焊接部位的焊缝坡口及两侧宜在工厂涂装不影响焊接质量的防腐涂料。

7.4.11 钢构件应在出厂前进行预拼装，构件预拼装可采用实体预拼装和数字模拟预拼装方法。数字模拟预拼装宜用于安装时采用焊接连接的结构构件。

7.4.12 焊接宜在室内或设置防风防雨设施的工作条件下进行，

焊接环境湿度不应大于 80%；焊接低合金钢的环境温度不应低于 5℃，焊接低碳钢的环境温度不应低于 0℃。

7.4.13 钢材的焊接、钻孔宜采用数控智能设备操作。

7.4.14 钢板和型钢应采用数控、自动、半自动等精密火焰切割、等离子切割或机械切割；异型构件及组合构件相贯线切割前，可采用 BIM 软件进行三维模拟。

7.4.15 剪力钉的焊接应符合下列规定：

1 钢板待焊部位宜大于 2 倍剪力钉直径，焊接前应清除剪力钉头部及钢板待焊部位的铁锈、氧化皮、油污、水分等有害物质；受潮的瓷环使用前应在 150℃ 的烘箱中烘干 2h；

2 应在平位施焊剪力钉，在焊缝金属完全凝固前不应移动焊枪；

3 每台班开始焊接剪力钉前或更换焊接条件时，应按规定焊接工艺在试板上试焊两个剪力钉，合格后方可在梁段上焊接。

7.4.16 焊缝的检验应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 的有关规定。

7.4.17 钢构件制作应按现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 的有关规定进行加工过程的质量控制。

7.4.18 钢构件堆放应符合下列规定：

1 梁段存放时，所有的支承点应受力均匀，支承点应设在横隔板处或横隔板与纵腹板交点处，存放场地应平整、坚固，支承处不应发生不均匀沉降；

2 钢构件端部应做防锈处理；

3 钢构件在存放场地存贮和运输时，宜按施工现场吊运顺序安排位置；

4 钢构件端部应有防止水和杂物进入箱梁内部的措施。

7.5 钢-混组合构件制作

7.5.1 组合构件中的钢筋混凝土构件预制应符合本标准第 7.3

节的规定。

7.5.2 组合构件中的钢构件、抗剪连接件制作应符合本标准第7.4节的规定。

7.5.3 钢梁板单元宜采用机械化、自动化生产技术。

7.5.4 钢梁总拼制造时宜采用设置卡具、临时工装、顶推装置等自约束与它约束相结合的措施。

7.5.5 钢梁加工应满足下列要求：

- 1 钢梁加工前应制订详细的工艺；
- 2 湿接缝连接钢筋的安装应避免与焊钉冲突；
- 3 对开口槽形梁，应预留腹板之间的临时剪刀撑连接板件、临时吊点设施等；
- 4 钢梁加工质量标准及检验应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 的相关规定。

7.5.6 节段制作、存放应满足下列要求：

- 1 节段可采用长线法或短线法预制，台座宜选择坚实地基，减小台座顶面沉降；在各种荷载作用下，台座顶面沉降不应大于2mm；
- 2 台座应设置钢梁起吊安装、微调的设备和装置；
- 3 采用短线法制作时，相邻节段应在同一台座上匹配预制，前一节段的端面直接作为后一节段的端头模板；
- 4 应制订专门的组合梁节段养护方案，宜采用搭设养护棚等适宜的方式进行养护，养护时间不应少于14d；
- 5 节段脱模后应及时检查验收，其轴线允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ ，节段长度允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$ ；
- 6 临时支点的位置应符合要求，并应设置橡胶垫等弹性支撑物对支点部位的钢梁进行局部防护；
- 7 节段的存放时间不宜少于28d。

7.5.7 钢梁运输、存放应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 的相关规定。

7.5.8 组合构件厂内组合应符合下列规定：

- 1 组合钢梁整拼完成后应进行喷砂除锈、涂装；
- 2 运梁台车将钢梁运至组合台座，就位后，应按设计要求调整预拱度；
- 3 桥面板运至组合台座处之后，宜标示桥面板在钢梁上的位置。

7.5.9 预制桥面板组合应符合下列规定：

- 1 宜从中间两支撑处开始逐块对称吊装；
- 2 每端宜预留 3 块未组合桥面板，并且每端最后块板宜叠加在倒数第二块板上并固定；
- 3 湿接缝浇筑完毕且现浇混凝土强度达到 80% 以上后方可整体横移组合梁至存放台座。

7.5.10 组合构件中预应力施工应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范 CJJ 2》、《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01 的规定。

8 构件运输与安装

8.1 一般规定

8.1.1 构件安装前，应根据构件大小、重量、运输车辆和起吊设备的类型，检查、整修沿线道路、桥梁或便道，满足构件及设备的运输等要求。

8.1.2 构件道路运输、水上运输和安装，应满足道路、航道、海事等相关部门的规定。

8.1.3 装配式混凝土结构构件运输及吊装时的混凝土强度应符合设计要求，当设计无要求时，不应低于设计强度的 75%，后张预应力构件孔道压浆强度应符合设计要求或不低于设计强度的 75%。

8.1.4 构件吊点的位置应满足设计要求，设计无要求时，应经计算确定。

8.1.5 构件安装前应进行下列工作：

- 1 应进行测量放线，设置构件安装定位标志；
- 2 应检查安装构件的外形和尺寸；
- 3 应检查支承结构和预埋件的尺寸、标高及平面位置，支承结构的强度应符合设计要求。

8.1.6 起重吊装作业应符合现行行业标准《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276 的有关规定。

8.1.7 构件安装就位并经过检查校正后方可焊接或浇筑混凝土固定。

8.1.8 构件安装采用临时支架时，应对临时支架结构自身在不同受力状态下的强度、刚度和稳定性进行验算。临时支架的地基或基础应有足够的承载力。

8.2 运 输

8.2.1 预制构件的运输车辆应满足构件尺寸和载重要求，装卸与运输应符合下列规定：

- 1 装卸构件时，应采取保证车体平衡的措施；
- 2 运输构件时，应采取防止构件移动、倾倒、变形等的固定措施；
- 3 运输构件时，应采取防止构件损坏的措施，对构件边角部或链索接触处的混凝土，宜设置保护衬垫。

8.2.2 预制构件的运输应符合下列规定：

- 1 混凝土墩台的支点应与吊点上下对准，堆放不宜超过3层；
 - 2 应采取防止墩台滚动的措施；
 - 3 构件运输时，梁式构件放置应和受力状态一致，并应采取防止倾覆的措施；板式构件不应倒置，支承位置应与吊点位置在同一竖直线上；
 - 4 使用平板拖车或超长拖车运输大型构件时，车长应能满足支承间的距离要求，支点处应设活动转盘，运输道路应平整；
 - 5 构件应按吊运及安装顺序堆放。
- 8.2.3** 构件运输时，应放置在垫木上，吊环向上，标志向外。

8.3 基础安装

8.3.1 桩基施工场地应平整、坚实，无障碍物。

8.3.2 沉桩施工应进行工艺试验和承载力检验。

8.3.3 沉桩采用的钢桩应进行防腐处理，并应满足设计要求。

8.3.4 预制桩的连接应符合下列规定：

- 1 预制桩宜在工厂制作，现场拼接应符合本标准第8.10节的有关规定；
- 2 桩的连接接头强度不应低于桩截面的总强度。钢桩接桩处纵向弯曲矢高不应大于桩长的0.2%。

8.3.5 沉桩方法可分为锤击法、静压法、振动法、射水沉桩、预钻孔沉桩，沉桩方法的选用应根据具体的地质情况、工程特点、场地工条件以及挤土、施工振动、噪声等对周边环境和安全影响等因素确定。沉桩设备和施工工法选择应符合表 8.3.5 的规定。

表 8.3.5 沉桩设备和施工工法

序号	施工工法	适用范围	环境条件	沉桩设备
1	锤击法沉桩	砂类土、黏性土	在城区、居民区等人员密集的場所不应进行沉桩施工	单动汽锤、柴油机锤
2		沉入桩数量少，入土深度小，在交通不便地区		落锤
3	振动法沉桩	锤击沉桩效果较差的密实的黏性土、砾石、风化岩		振动沉桩机
4	静压法沉桩	软黏土（标准贯入度 $N < 20$ ）、淤泥质土	在城区、居民区等人员密集的場所可进行静力压桩施工	静力压桩机
5	射水沉桩	砂类土、砾石土和卵石土层		射水为主，锤击或振动为辅
6	预钻孔沉桩	黏土、砂土、碎（卵）石土，且河床覆土较厚	邻近建（构）筑物、地下管线可进行植桩施工	回旋转机

8.3.6 管桩基础施工前应应在现场进行沉桩工艺试验。

8.3.7 锤击沉桩应符合下列规定：

- 1 混凝土预制桩达到设计强度后方可沉桩；
- 2 沉钢桩时，应采取防止桩横向失稳的措施；
- 3 当沉桩的桩顶标高低于落锤的最低标高时，应采取送桩工艺，送桩不应小于桩的设计强度；送桩应与桩锤、桩身在同一

轴线上；

4 开始沉桩时应控制桩锤的冲击能，低锤慢打；当桩入土一定深度后，可按正常落距和正常锤击频率进行；

5 锤击沉桩的最后贯入度，柴油锤宜为 1mm/击 ~ 2mm/击，蒸汽锤宜为 2mm/击 ~ 3mm/击。

8.3.8 锤击沉桩停锤应符合下列规定：

1 桩端位于黏性土或较松软土层时，应以标高控制、贯入度作为校核；当桩沉至设计标高，贯入度仍较大时，应继续锤击，控制值应由设计确定；

2 桩端位于坚硬、硬塑的黏土及中密以上的粉土、砂、碎石类土、风化岩时，应以贯入度控制；当硬层土有冲刷时应以标高控制；

3 已达到要求，而桩尖未达到设计标高时，应在满足冲刷线下最小嵌固深度后，继续锤击 3 阵，每阵 10 锤，贯入度不应大于设计规定的数值。

8.3.9 在沉桩过程中发现下列情况时应暂停施工，并应采取措施进行处理：

1 发生剧变；

2 桩身发生突然倾斜、位移或有严重回弹；

3 桩头或桩身破坏；

4 地面隆起；

5 桩身上浮。

8.3.10 振动沉桩应符合下列规定：

1 振动沉桩法应计入振动对周围环境的影响，并应验算转动上拔力对桩结构的影响；

2 开始沉桩时应以自重下沉或射水下沉，待桩身稳定后再采用振动下沉；

3 每根桩的沉桩作业应一次完成，中途不宜停顿过久；

4 在沉桩过程中若发生本标准第 8.3.8 条的情况或机械故障应立即暂停，查明原因并采取措施后，方可继续施工。

8.3.11 射水沉桩应符合下列规定：

1 在砂类土、砾石土和卵石土层中采用射水沉桩，应以射水为主；在黏性土中采用射水沉桩，应以锤击为主；

2 当桩尖接近设计高程时，应停止射水进行锤击或振动下沉，桩尖进入未冲动的土层中的深度应根据沉桩试验确定，不应小于 2m；

3 采用中心射水沉桩，应在桩垫和桩帽上留有排水通道；

4 射水沉桩应根据土层情况，选择高压泵压力和排水量。

8.3.12 静力压桩场地地基承载力不应小于压桩机接地压强的 1.2 倍，且场地应平整。

8.3.13 静力压桩施工的质量控制应符合下列规定：

1 第一节桩下压时垂直度偏差不应大于 0.5%；

2 应将每根桩一次性连续压到底，且最后一节有效桩长不宜小于 5m；

3 抱压力不应大于桩身允许侧向压力的 1.1 倍。

8.3.14 静力压桩终压条件应符合下列规定：

1 应根据现场试压桩的试验结果确定终压力标准；

2 终压连续复压次数应根据桩长及地质条件等因素确定；

3 稳压压桩力不应小于终压力，稳定压桩的时间宜为 5s ~ 10s。

8.3.15 预钻孔沉桩应符合下列规定：

1 当钻孔直径大于桩径或对角线时，沉桩就位后，桩的周围应压注水泥浆；

2 当钻孔直径小于或等于桩径或对角线时，钻孔深度应为长的 1/3 ~ 1/2，沉桩应按《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2—2008 第 11.2.15 条第 6 款的规定停锤。

8.3.16 桩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 桩穿过砂类土，桩尖位于大块碎石类土、紧密的砂类土

或坚硬的黏性土，复打不应少于1昼夜；

3 在粗中砂和不饱和的粉细砂里，复打不应少于3昼夜；

4 在黏性土和饱和的粉细砂里，复打不应少于6昼夜；

5 复打应达到最终贯入度小于或等于停打贯入度。

8.3.17 沉桩控制标准应根据工程地质条件、静力触探曲线、单桩承载力特征值、桩底标高、桩型和桩锤性能或压桩力等因素，结合试桩的情况，综合确定。

8.4 墩柱安装

8.4.1 墩柱与承台采用灌浆套筒或灌浆金属波纹管连接时，应符合下列规定：

1 承台混凝土浇筑前、后应对预留钢筋、灌浆连接套筒或灌浆金属波纹管定位进行检查，允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ ；

2 立柱与承台拼装前应进行匹配拼装，同时应对外露钢筋进行除锈处理；

3 墩柱运至施工现场，采用吊机并通过辅助设施进行墩柱翻转施工，翻转应保持墩柱平稳、结构无损坏；

4 在拼接缝位置，承台上宜布置调节装置；

5 调节设备宜采用千斤顶等工具；

6 砂浆垫层强度及厚度应符合设计要求且应及时进行养护；

7 预制墩柱拼装就位后应设置临时支撑措施；

8 墩柱安装前灌浆连接套筒进行试通检查。

8.4.2 墩柱与承台采用后张预应力连接时应符合下列规定：

1 构件安装前应检查预制构件上预留孔、剪力键的规格、位置、数量和深度，当预留孔内有杂物时，应清理干净；

2 钢筋机械连接的施工应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的有关规定；

3 预应力工程施工应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666和《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92的有关规定；

4 预应力筋宜在拼装时或拼装后安装。

8.4.3 墩柱与承台采用承插式连接时，应符合下列规定：

1 承台杯口的混凝土强度应达到设计要求后方可进行预制柱安装；

2 承台杯口在安装前应校核长、宽、高；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，合格后方可安装；

3 预制柱安装就位后应采用硬木楔或钢楔固定，并加斜撑保持柱体稳定，在确保稳定后方可摘去吊钩；

4 安装后应浇筑杯口混凝土，并应待混凝土硬化后拆除硬楔、浇筑二次混凝土，杯口混凝土达到设计强度 75% 后方可拆除斜撑。

8.4.4 墩柱间节段拼装拼装节段时，应对第一节段的空间位置进行临时定位、固定，立柱安装就位后应设置临时支撑措施，并应符合本标准第 6.4.5 条的规定。

8.5 混凝土盖梁安装

8.5.1 盖梁安装前，操作平台的搭设应进行设计和计算。

8.5.2 盖梁与立柱拼装时，应在拼接缝位置的立柱上布置调节垫块。

8.5.3 预制盖梁安装时，应确保接头混凝土面已凿毛处理，预埋件应除锈。

8.5.4 在墩台柱上安装预制盖梁时，应对墩台柱进行固定和支撑。

8.5.5 湿接缝连接的预制盖梁就位时，应检查轴线和各断面尺寸，确认合格后方可固定并浇筑接头混凝土。接头混凝土达到设计强度后，方可卸除临时固定设施。

8.5.6 节段拼装预应力混凝土盖梁结构的临时固定措施应在节段拼装完成，进行永久预应力张拉并在灌浆强度达到设计要求的强度后才能卸除。

8.5.7 盖梁与墩柱采用灌浆套筒连接、灌浆金属波纹管连接、后张预应力连接时，应符合本标准第 8.10 节的有关规定。

8.6 混凝土梁安装

8.6.1 装配式梁（板）汽车吊架设应符合下列规定：

1 施工现场内运输通道应畅通，吊装场地应平整、坚实。在电力架空线路附近作业时，应采取相应的安全技术措施。风力 6 级（含）以上时，不应进行吊装作业。

2 起重机架梁应符合下列规定：

- 1) 起重机工作半径和高度的范围内不应有障碍物；
- 2) 严禁起重机斜拉斜吊，严禁轮胎起重机吊重物行驶；
- 3) 使用双机抬吊同一构件时，吊车臂杆应保持一定距离，应设专人指挥，起重设备应进行合理的负荷分配，构件重量不应超过两台起重设备额定起重量总和的 75%，单台起重设备的负荷不应超过额定起重量的 80%。

8.6.2 装配式梁（板）门式吊梁车架梁应符合下列规定：

1 吊梁车吊重能力应大于 $1/2$ 梁重，轮距应为主梁间距的 2 倍。

2 导梁长度不应小于桥梁跨径的 2 倍另加 5m ~ 10m 引梁，导梁高度宜小于主梁高度。在墩顶设垫块使导梁顶面与主梁顶面保持水平。

3 构件堆放场或预制场宜设在桥头引道上。桥头引道应填筑到主梁顶高，引道与主梁或导梁接头处应砌筑坚实、平整。

4 吊梁车起吊或落梁时应保持前后吊点升降速度一致，吊梁车负载时应慢速行驶，保持平稳，在导梁上行驶速度不宜大于 5m/min。

8.6.3 装配式梁（板）跨墩龙门吊架梁应符合下列规定：

- 1 跨墩龙门架应根据梁的质量、跨度、高度专门设计拼装；
- 2 门架应跨越桥墩及运梁便线（或预制梁堆场），应高出

桥墩顶面 4m 以上；

3 跨墩龙门吊纵移时应空载，吊梁时门架应固定，安梁小车横移就位；

4 运梁便线应设在桥墩一侧，跨过桥墩及便线沿桥两侧铺设龙门吊轨道；轨道基础应坚实、平整，枕木中心距 50cm，铺设重轨，轨道应直顺，两侧龙门轨道应等高；

5 龙门吊架梁时，应将两台龙门吊对准架梁位置，大梁运至门架下垂直起吊，小车横移至安装位置落梁就位；

6 两台龙门吊抬梁起落速度、高度及横向移梁速度应保持一致，不应出现梁体倾斜、偏转和斜拉、斜吊现象。

8.6.4 装配式梁（板）架桥机架梁应符合下列规定：

1 架桥机宜在桥头引道上拼装导梁及龙门架，经检验、试运转、试吊后推移进入架梁桥孔。

2 架桥机悬臂推移时应平稳，后端加配重，其抗倾覆安全系数不应低于 1.5。风荷载较大时应采取防止横向失稳的措施。

3 架桥机就位后，前、中、后支腿及左右两根导梁应校平、支垫牢固。

4 桥梁构件堆放场或预制场宜设在桥头引道上，沿引道运梁下桥，大梁运进两导梁间起重龙门下，两端同时吊起，两台龙门抬吊大梁沿导梁同步纵移到架梁桥孔，龙门固定，起重小车横移到架梁位置落梁就位。

5 龙门架吊梁在导梁上纵移时，起重小车应停在龙门架跨中。纵移大梁时前后龙门吊应同步。起重小车吊梁时应垂直起落，不应斜拉。前后龙门吊上的起重小车抬梁横移速度应一致，保持大梁平稳不应受扭。

8.6.5 节段拼装梁采用悬臂拼装施工时应符合下列规定：

1 桥墩两侧应对称拼装，保持平衡；平衡偏差应满足设计要求。

2 吊架走行及拼装施工时的抗倾覆稳定系数不应小于 1.5。

3 吊装前应对吊装设备进行全面检查，并应按设计荷载的130%进行试吊。

4 拼装施工前应绘制主梁安装挠度变化曲线。

5 拼装施工应按锚固设计要求将墩顶梁段与桥墩临时锚或在桥墩两侧设立临时支撑。

6 墩顶架段与悬拼第1段之间应设100mm~150mm宽的湿接缝，并应符合下列规定：

- 1) 湿接缝的端面应凿毛清洗；
- 2) 波纹管伸入两梁段长度不应小于5cm，并应进行密封；
- 3) 湿接缝混凝土强度应高于梁段混凝土一个等级，应待接缝混凝土达到设计强度后方可拆模、张拉预应力束。

7 梁段接缝采用胶拼时应符合下列规定：

- 1) 胶拼前应清除胶拼面上浮浆、杂质、隔离剂，并保持干燥；
- 2) 胶拼前应先预拼，检测并调整梁段的高程、中线，确认符合设计文件的规定；涂胶应均匀，厚度宜为1mm~1.5mm。涂胶时，混凝土表面温度不宜低于15℃；
- 3) 环氧树脂胶浆应根据环境温度、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10h，并宜在36h内达到梁体设计强度；
- 4) 梁段正式定位后，应按设计文件的规定张拉定位束，设计文件无规定时，应张拉部分预应力束，预压胶拼接缝，接缝处应保持0.2MPa以上的压应力，并应清理接触面周围及孔道中挤出的胶浆；应待环氧树脂胶浆固化、强度符合设计要求后，再张拉其余预应力束；

5) 在设计文件规定的预应力束张拉完毕后，起重机方可松钩。

8 采用真空辅助压浆工艺时，在压浆前应对预应力孔道进

行抽真空，真空度宜稳定在 $-0.06\text{MPa} \sim -0.01\text{MPa}$ 范围内，真空度稳定后，应立即开启孔道压浆端的阀门，同时启动压浆泵进行连续压浆。

8.6.6 节段拼装梁采用逐孔架设时，应符合现行行业标准《预应力混凝土桥梁预制节段逐跨拼装施工技术规范》CJJ/T 111 的有关规定。

8.6.7 顶推安装应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的规定。

8.7 钢梁安装

8.7.1 钢梁安装前的准备工作应符合下列规定：

1 支承、吊车等临时结构和钢梁结构本身在不同受力状态下的强度、刚度和稳定性应进行验算；

2 安装前应按构件明细表核对进场杆件和零件，查验产品出厂合格证、钢材质量证明书；

3 对杆件进行全面质量检查，对装运过程中产生缺陷和变形的杆件，应进行矫正；

4 安装前应对桥台、墩顶面高程、中线及各孔跨径进行复测，误差在允许偏差内方可安装；

5 安装前应根据跨径大小、河流情况、起吊能力选择安装方法。

8.7.2 钢梁安装应符合下列规定：

1 钢梁安装前应清除杆件上的附着物，摩擦面应保持干燥、清洁。安装中应采取防止杆件产生变形的措施。

2 在满布支架上安装钢梁时，冲钉和粗制螺栓总数不应少于孔眼总数的 $1/3$ ，其中冲钉不应多于 $2/3$ 。孔眼较少的部位，冲钉和粗制螺栓不应少于 6 个或将全部孔眼插入冲钉和粗制螺栓。

3 用悬臂和半悬臂法安装钢梁时，连接处所需冲钉数量应按所承受荷载计算确定，且不应少于孔眼总数的 $1/2$ ，其余孔眼

可布置精制螺栓。冲钉和精制螺栓应均匀安放。

4 高强度螺栓栓合梁安装时，冲钉数量应符合本条第 2 款的规定，其余孔眼可布置高强度螺栓。

5 安装用的冲钉直径宜小于设计孔径 0.3mm，冲钉圆柱部分的长度应大于板束厚度，安装用的精制螺栓直径宜小于设计孔径 0.4mm，安装用的粗制螺栓直径宜小于设计孔径 1.0mm。冲钉和螺栓宜采用 Q355 碳素结构钢制造。

6 吊装杆件时，应待杆件完全固定后方可摘除吊钩。

7 安装过程中，每完成一个节间应测量节段的位置、高程和预拱度，若不符合设计文件规定应立即校正。

8.7.3 高强度螺栓连接、焊缝连接和现场涂装，应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的规定。

8.7.4 落梁就位应符合下列规定：

1 钢梁就位前应清理支座垫石，钢梁的标高及平面位置应符合设计文件的规定；

2 固定支座与活动支座的精确位置应按设计图并依据安装温度、施工误差等确定；

3 落梁前后应检查建筑拱度和平面尺寸，校正支座位置；

4 连续梁落梁步骤应符合设计文件的规定。

8.8 钢-混组合梁安装

8.8.1 钢梁安装除应符合本标准第 8.7 节的规定外，尚应符合现行行业标准《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01 的有关规定。

8.8.2 钢主梁架设和混凝土浇筑前，应按设计或施工要求设施工支架。施工支架除应计入钢梁拼接荷载外，应同时计入混凝土结构和施工荷载。

8.8.3 混凝土浇筑前，应对钢主梁的安装位置、高程、纵横向连接及临时支架进行检验。钢梁顶面传剪器焊接检验合格后方可

浇筑混凝土。

8.8.4 混凝土桥面结构应全断面连续浇筑。顺桥向应自跨中开始向支点处交汇浇筑，或由一端开始浇筑，纵坡较大时由低点向高点进行浇筑；横桥向应由中间开始向两侧扩展。

8.8.5 施工支架时，应待混凝土强度达到设计文件的规定且预应力张拉完成后，方可卸落施工支架。

8.9 预制防撞护栏安装

8.9.1 安装混凝土预制防撞护栏时，混凝土或砂浆的强度应满足设计要求。

8.9.2 预制防撞护栏采用榫槽连接时，安装就位后应用硬塞块固定，灌浆固结。塞块拆除时，灌浆材料的强度不应低于设计强度的75%。采用金属栏杆时，焊接应牢固，毛刺应打磨平整，并应做除锈防腐处理。

8.10 构件连接

8.10.1 采用钢筋套筒灌浆连接时，应符合下列规定：

1 套筒应采用工厂生产的成品件，产品技术指标应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398的有关规定；

2 灌浆套筒连接与检验应符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355的有关规定；

3 灌浆前应再次检查钢筋套筒，内腔应通畅、无杂物；

4 高强无收缩水泥灌浆料应在拼装前一天进行流动度测试及1d龄期抗压强度测试，符合本标准第4.4.2条的规定后方可用于现场拼装连接；

5 灌浆完成后应清理残留在构件上的多余浆体；

6 灌浆料同条件养护试件抗压强度达到 35N/mm^2 后，方可进行对接头有扰动的后续施工。临时固定措施的拆除应在灌浆料抗压强度能确保结构达到后续施工承载要求后进行。

8.10.2 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》JG 107 的有关规定。

8.10.3 灌浆金属波纹管连接应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650、《预应力混凝土用金属波纹管》JG/T 225 的有关规定。

8.10.4 焊接或螺栓连接的施工应符合国家现行标准《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢筋焊接及验收规范》JGJ 18 的规定。

8.10.5 采用焊接时，应采取避免损伤已施工完成的结构、预制构件及配件的措施。

8.10.6 预应力工程施工应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

8.10.7 胶接缝的施工应符合现行行业标准《预应力混凝土桥梁预制节段逐跨拼装施工技术规程》CJJ/T 111 和《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的有关规定。

8.10.8 后浇混凝土的施工应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定。

8.11 质量检验

I 主控项目

8.11.1 预制构件安装时结构强度及预应力孔道砂浆强度应满足设计要求，设计未要求时，应达到设计强度的 85%。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查试件强度试验报告。

8.11.2 预制构件连接处的密封胶应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，宽度和深度应符合设计文件的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、钢尺检查。

8.11.3 预制构件采用焊接连接时，钢材焊接的焊缝尺寸应满足

设计要求，焊缝质量应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定执行。

8.11.4 预制构件采用螺栓连接时，螺栓的材质、规格、拧紧力矩应符合设计文件及现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定执行。

8.11.5 预制构件采用铆钉连接时，铆钉连接检测宜采用观察、锤击检查等方法，当未达到检测目的时，可截取试样进行材料力学性能检验。

检查数量：

1 常规性检测，抽检比例不应少于相同节点总数的 10%，且不应少于 3 个节点；

2 有损伤的节点和指定要检测的节点，应做 100% 检测；

3 抽查位置应为结构的大部分区域以及不同连接形式的区域。

检验内容：包括铆钉断裂、松动、脱落、滑移变形、连接板钉孔挤压破坏和锈蚀程度，以及铆钉连接部分铆钉的规格、数量和布置形式。

8.11.6 采用现浇混凝土连接构件时，构件连接处后浇混凝土的强度应符合设计文件的规定。

检查数量：按国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中混凝土分项工程的有关规定确定。

检验方法：检查施工记录及试件强度试验报告。

8.11.7 预应力连接的质量检验应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的有关规定。

8.11.8 灌浆套筒连接的质量检验应符合下列规定：

1 钢筋套筒灌浆连接用的灌浆料拌合物强度，应符合设计文件及本标准第 4.4 节的有关规定。

检查数量：按批检验，以每拼接部位为一检验批；每拼接部位不应少于 3 组 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 160\text{mm}$ 的长方体试件，标准养护 28d 后进行抗压强度试验。

检验方法：检查灌浆料拌合物强度试验报告及评定记录。

2 钢筋采用套筒灌浆连接时，灌浆应饱满、密实，所有出口均应出浆。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查灌浆施工质量检查记录、有关检验报告。

3 钢筋套筒灌浆前，应在现场模拟构件钢筋套筒连接接头的灌浆方式，同一牌号每种规格钢筋制作 3 个套筒灌浆连接接头，进行灌浆质量以及连接接头抗拉强度的检验，并应在检验结果合格后进行灌浆作业。

检查数量：同一牌号、同一规格的钢筋为一批，每批随机抽取 3 个灌浆套筒制作对中连接接头试件。

检验方法：检查试验报告单、质量证明文件。

8.11.9 套筒灌浆饱满度可采用预埋传感器法、预埋钢丝拉拔法、X 射线成像法等检测，检测方法的选用应符合下列规定：

1 预埋传感器法可用于正式灌浆施工前，针对工艺检验使用的平行试件进行的套筒灌浆饱满度检测，也可用于正式灌浆施工过程中的套筒灌浆饱满度检测；

2 预埋钢丝拉拔法可用于正式灌浆施工前，针对工艺检验使用的平行试件进行的套筒灌浆饱满度检测，也可用于正式灌浆施工后的套筒灌浆饱满度检测；宜采用内窥镜对检测结果进行校核；

3 X 射线成像法可用于套简单排布置或梅花状布置的预制混凝土板式构件，在正式灌浆施工后的套筒灌浆饱满度检测，可采用局部破损法对检测结果进行校核。

8.11.10 X 射线成像法检测套筒灌浆饱满度时，应符合本标准附录 E 的有关规定。

8.11.11 套筒灌浆饱满度的检测数量不应少于套筒总数的 10%，对重要的构件或对施工工艺、施工质量有怀疑的构件，所有套筒均应进行灌浆饱满度检测。当检测不合格时，应分析原因，改进施工工艺，解决存在的问题；整改后应重新检测，合格后方可进行下道工序施工。

8.11.12 构件底部接缝砂浆垫层强度应符合本标准第 4.5 节的有关规定。

检查数量：砂浆在拌浆时应制取试件，每个拼接部位制作不应少于 3 组边长 70.7mm 的立方体试块，分别测试 1d、3d 和标准养护 28d 龄期抗压强度。

检验方法：检查坐浆材料强度试验报告及评定记录。

8.11.13 钢构件连接质量检验与验收应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 和《装配式住宅建筑检测技术标准》JG/T 485 的有关规定。

II 一般项目

8.11.14 沉入桩质量检验应符合下列规定：

1 沉入桩的入土深度、最终贯入度或停打标准应符合设计文件的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、测量、检查沉桩记录。

2 预制桩应进行桩身完整性和单桩承载力检测。预制桩的桩身完整性和单桩承载力检测应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定。

3 沉桩允许偏差应符合表 8.11.14-1 的规定。

表 8. 11. 14-1 沉桩允许偏差（mm）

项目			允许偏差	检验频率		检验方法
				范围	点数	
桩位	群桩	中间桩	$< d/2$ ，且不大于 250	每排桩	20%	用经纬仪、全站仪测量
		外缘桩	$d/4$			
桩位	排架桩	顺桥方向	40			
		垂直桥方向	50			
桩顶高程			不高于设计高程	每根桩	全数	用水准仪测量
斜桩倾斜度			$\pm 15\% \tan\theta$			用垂线和钢尺量
直桩垂直度			1%			尚未沉入部分

注：d 为桩的直径或短边尺寸（mm）， θ 为斜桩设计纵轴线与铅垂线间夹角（°）。

4 接桩焊缝外观允许偏差应符合表 8. 11. 14-2 的规定。

表 8. 11. 14-2 接桩焊缝外观允许偏差（mm）

项目		允许偏差	检验频率		检验方法
			范围	点数	
咬边深度（焊缝）		0.5	每条焊缝	1	用焊缝量规、钢尺量
加强层高度（焊缝）		+3 0			
加强层宽度（焊缝）		+3 0			
钢管桩 上下错台	公称直径≥700mm	3			用钢板尺和塞尺量
	公称直径<700mm	2			

8. 11. 15 预制混凝土墩柱的质量检验应符合下列规定：

1 预制柱与基础连接处应接触严密、焊接牢固、混凝土灌注密实，混凝土强度应满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、检查施工记录、用焊缝量规量测、检查试件试验报告。

2 预制柱安装允许偏差应符合表 8. 11. 15 的规定。

表 8. 11. 15 预制柱安装允许偏差 (mm)

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
平面位置	10	每个柱	2	用经纬仪测量, 纵、横向各 1 点
埋入基础深度	不小于设计要求		1	用钢尺量
相邻间距	± 10		1	用钢尺量
垂直度	$\leq 0.5\% H$ 且不大于 20		2	用经纬仪测量或用垂线 和钢尺量, 纵、横向各 1 点
墩、柱顶高程	± 10		1	用水准仪测量
节段间错台	3		4	用钢板尺和塞尺量

3 混凝土柱表面应无孔洞、露筋、蜂窝、麻面和缺棱掉角现象。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察。

8. 11. 16 预制混凝土盖梁质量检验应符合下列规定:

1 混凝土盖梁不应出现超过设计规定的受力裂缝。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察。

2 预制混凝土盖梁允许偏差应符合表 8. 11. 16 的规定。

表 8. 11. 16 预制混凝土盖梁允许偏差 (mm)

项目	规定值或允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
相邻节段间顶面接缝高差	3	每条接缝	2	用直尺量
节段拼装立缝宽度	≥ 3	每条接缝	2	用尺量
梁长	- 10, + 10	每个	2	用尺量
支座轴线偏位	3	每个支座	2	用尺量

8.11.17 预制安装梁（板）质量检验应符合下列规定：

1 预制安装梁（板）的结构表面不应出现超过设计规定的受力裂缝。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察或用读数放大镜观测。

2 梁、板安装允许偏差应符合表 8.11.17 的规定。

表 8.11.17 梁、板安装允许偏差（mm）

项目		允许偏差 (mm)	检验频率		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 4 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	用钢尺亮，纵、 横各 1 点
	每块边缘高差	1		2	用钢尺亮，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

8.11.18 节段拼装预应力混凝土梁质量检验应符合下列规定：

1 节段拼装应对称进行，桥墩两侧平衡偏差不应大于设计规定，轴线挠度应在设计规定范围内。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查监控量测记录。

2 节段合龙时，两侧梁体高应在设计规定允许范围内。

检查数量：全数检查。

检验方法：用水准仪测量，检查测量记录。

3 节段拼装预应力混凝土梁允许偏差应符合表 8.11.18 的规定。

表 8.11.18 节段拼装预应力混凝土梁允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
轴线偏移	$L \leq 100\text{m}$	10	节段	2	用全站仪/经纬仪测量
	$L > 100\text{m}$	$L/10000$			
顶面高程	$L \leq 100\text{m}$	+20	节段	2	用水准仪测量
	$L > 100\text{m}$	$+L/5000$			
	相邻节段高差	10	节段	3~5	用钢尺量
合龙后同跨 对称点高程差	$L \leq 100\text{m}$	20	每跨	5~7	用水准仪测量
	$L > 100\text{m}$	$L/5000$			

注：L 为桥梁跨度（mm）。

4 梁体线形平顺，相邻梁段接缝处无明显折弯和错台，预制梁表面无孔洞，露筋、蜂窝、麻面和宽度超过 0.15mm 的收缩裂缝。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、用读数放大镜观测。

8.11.19 顶推施工预应力混凝土梁质量检验应符合下列规定：

1 顶推施工梁允许偏差应符合表 8.11.19 的规定。

表 8.11.19 顶推施工梁允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
轴线方向 (mm)		10	每段	2	用经纬仪测量
落梁反力 (kN)		不大于 1.1 倍 设计反力		次	用千斤顶油压计算
支座顶面高程 (mm)		± 5		全数	用水准仪测量
支座高程 (mm)	相邻纵向支点	5 或设计要求			
	固墩两侧支点	2 或设计要求			

8.11.20 钢梁现场安装检验应符合下列规定：

1 高强度螺栓连接副等紧固件及连接应符合设计文件及现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：查验出厂合格证和厂方提供的性能试验报告，并按出厂批每批抽取 8 副做扭矩系数复验。

2 高强螺栓的栓接板面除锈处理后的抗滑移系数应符合设计文件的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：查验出厂检验报告，并对厂方每出厂批提供的 3 组试件进行复验。

3 高强螺栓扭矩偏差应为 $-10\% \sim +10\%$ 。

检查数量：抽查 5%，且不少于 2 个。

检验方法：用测力扳手。

4 焊接完毕，应对所有焊缝进行外观检查。外观检查合格后，应在 24h 后进行无损检验，并应符合下列规定：

1) 采用超声波探伤检验时，焊缝内部质量分级、焊缝超声波探伤范围和检验等级应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的有关规定。

- 2) 采用射线探伤检验时, 焊缝内部质量分级、探伤范围应符合现行国家标准《焊缝无损检测 射线检测 第 1 部分: X 和伽玛射线的胶片技术》GB/T 3323.1 的有关规定, 检验数量应符合设计文件规定, 设计文件无规定时, 不应少于焊缝总数的 10%, 且不应少于 1 条焊缝。

5 钢梁安装允许偏差应符合表 8.11.20 的规定。

表 8.11.20 钢梁安装允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
轴线	钢梁中线	10	每件或 每个安 装段	2	用经纬仪测量
偏位	两孔相邻横梁中线相对偏差	5			
梁底	墩台处梁底	± 10		4	用水准仪测量
标高	两孔相邻横梁相对高差	5			

6 焊缝外观质量应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构工程施工规范》GB 50755 和行业标准《钢筋焊接及验收规范》JGJ 18 的规定。

检查数量: 同类部件抽查 10%, 且不少于 3 件; 被抽查的部件中, 每一类型焊缝按条数抽查 5% 且不少于 1 条; 每条检查 1 处, 总抽查数应不少于 5 处。

检验方法: 观察, 用卡尺或焊缝量规检查。

8.11.21 钢 - 混组合梁安装的质量检验应符合现行行业标准《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64 - 01 的有关规定。

8.11.22 防撞护栏安装质量检验应符合下列规定:

1 强度应满足设计要求, 安装应牢固、稳定。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察、检查混凝土试件强度试验报告。

2 防撞护栏允许偏差应符合表 8.11.22 的规定。

表 8.11.22 防撞护栏允许偏差 (mm)

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
直顺度 扶手	5	每 20m	1	用 20m 线和钢尺量
平面偏位	4	每 20m	1	经纬仪放线, 用钢尺量
预埋件位置	5	每件	2	经纬仪放线, 用钢尺量
断面尺寸	± 5	每 20m	1	用钢尺量
相邻高差	3	抽查 20%	1	用钢板尺和钢尺量
顶面高程	± 10	每 20m	1	用水准仪测量

8.11.23 采用现浇混凝土连接构件时, 现浇部分尺寸偏差检测应包括外露钢筋尺寸偏差、现浇结合面的粗糙度和平整度等内容。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 外露钢筋尺寸偏差用钢尺或卷尺量测, 现浇结合面的粗糙度按本标准附录 F 的方法进行量测, 现浇结合面的平整度用靠尺和塞尺量测。

9 验 收

9.1 一般规定

9.1.1 开工前，建设单位应组织施工、监理单位将工程划分为单位、分部、分项工程和检验批，作为施工质量检查、验收的基础。

9.1.2 建设单位招标文件确定的每一个独立合同应为一个单位工程。当合同文件包含的工程内容较多，或工程规模较大，或由若干独立设计组成时，宜按工程部位或工程量、每一独立设计将单位工程分成若干子单位工程。

9.1.3 工程质量验收分为检验批质量验收、分项（含隐蔽）工程质量验收、分部工程质量验收、单位工程质量验收、工程竣工质量验收等五种。

9.1.4 各种验收的组织及参加人员应符合下列规定：

1 检验批及分项工程应由专业监理工程师组织施工单位项目技术负责人等进行验收。关键分项工程及重要部位应由建设单位项目负责人组织总监理工程师、施工单位项目负责人和技术负责人、设计单位项目设计人员等进行验收。

2 分部工程应由总监理工程师组织施工单位项目负责人和技术负责人、专业监理工程师等进行验收。

3 单位工程质量验收由建设单位项目负责人组织建设（含代建）单位有关人员、项目勘察负责人、项目设计负责人、总监理工程师和专业监理工程师、施工单位项目负责人等进行验收，尚应通知设施运行管理单位派员参加验收。

4 工程竣工质量验收，应由建设单位组织验收组进行。验收组应由建设（含代建）、勘察、设计、施工、监理、设施管理（市或区）等单位的有关负责人组成，亦可邀请有关方面专家参

加。验收组组长由建设单位担任。

9.2 分部分项工程验收

9.2.1 分部工程、分项工程和检验批的划分应按表 9.2.1 的规定执行。本标准未规定时，施工单位应在开工前会同建设单位、监理单位共同研究确定。

表 9.2.1 分部（子分部）工程与相应的分项工程、检验批

序号	分部工程	子分部工程	分项工程	检验批
1	地基与基础	沉入桩	预制桩（模板、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、钢管桩、沉桩	每根桩
		承台	模板与支架、钢筋、混凝土	每个承台
		—	安装与连接	每根预制桩
2	墩台	预制混凝土墩台	预制墩台（模板、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、安装	每个砌筑段、浇筑段、施工段或每个墩台、每个安装段（件）
		预制混凝土柱	预制柱（模板、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、安装	
		—	安装与连接	每个墩柱
3	盖梁		模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土、制作安装	每个盖梁
			安装与连接	每个盖梁
4	支座		垫石混凝土、制作安装、挡块混凝土	每个支座
5	桥跨承重结构	装配式钢筋混凝土梁（板）	预制梁（板）（模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、安装梁（板）	每片梁
		悬臂拼装预应力混凝土梁	0 号（模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、梁段预制（模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、拼装梁段、施加预应力	每个拼装段

续表 9.2.1

序号	分部工程	子分部工程	分项工程	检验批
5	桥跨承重结构	顶推混凝土梁	台座系统、导梁、梁段预制（模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、顶推梁段、施加预应力	每节段
		钢梁	现场安装	每制作段、孔、联
		组合梁	钢梁安装、预应力混凝土预制梁（模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、预制混凝土梁板、混凝土结构浇筑（模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土）	每段、孔
		—	安装与连接	每个拼装段
6	桥面系		排水设施、防水层、桥面铺装层（沥青混合料铺装、混凝土铺装——模板、钢筋、混凝土）、伸缩装置、地袱和缘石与挂板、防护设施、人行道	每个施工段、每孔
			安装与连接	每个拼装段
7	附属结构		隔声与防眩装置、梯道（砌体；混凝土模板与支架、钢筋、混凝土；钢结构）、桥头搭板（模板、钢筋、混凝土）、防冲刷结构、照明、挡土墙	每砌筑段、浇筑段、安装段、每座构筑物
			安装与连接	每个拼装段

9.2.2 检验批的质量验收应符合下列规定：

- 1 主控项目的质量应经抽样检验合格；
- 2 一般项目的质量应经抽样检验合格；当采用计数检验时，除有专门要求外，一般项目的合格点率应达到 80% 及以上，且不合格点的最大偏差值不应大于规定允许偏差值的 1.5 倍；
- 3 具有完整的施工原始记录和质量检查记录。

- 9.2.3** 分项工程的质量验收应符合下列规定：
- 1 分项工程所含检验批均应符合合格质量的规定；
 - 2 分项工程所含检验批的质量验收记录应完整。
- 9.2.4** 分部工程的质量验收应符合下列规定：
- 1 分部工程所含分项工程的质量均应验收合格；
 - 2 质量控制资料应完整；
 - 3 涉及结构安全和使用功能的质量应按规定验收合格；
 - 4 外观质量验收应符合要求。
- 9.2.5** 单位工程质量验收合格应符合下列条件：
- 1 单位工程所含分部工程的质量均应验收合格；
 - 2 质量控制资料应完整；
 - 3 单位工程所含分部工程中有关安全和功能的控制资料应完整；
 - 4 影响桥梁安全使用和周围环境的参数指标应符合规定；
 - 5 外观质量验收应符合要求。
- 9.2.6** 施工过程质量控制、过程检验和验收应符合下列规定：
- 1 工程采用的主要材料、半成品、成品、构配件、器具和设备应按相关专业质量标准进行进场检验和使用前复验。现场检查验收和复验结果应经监理工程师检查认可。
 - 2 各分项工程应按本标准进行质量控制，各分项工程完成后均应在施工单位进行自检、交接检验评定合格并形成文件，经监理工程师检查确认后，方可进行下个分项工程的施工。
 - 3 工程施工质量应符合本标准和相关专业验收规范的规定。
 - 4 工程施工应符合工程勘察、设计文件的要求。
 - 5 隐蔽工程在隐蔽前，应由施工单位通知监理工程师和有关单位人员进行隐蔽验收，确认合格，并形成隐蔽验收文件。
 - 6 监理工程师应按规定对涉及结构安全的试块、试件和现场检测项目，进行平行检测、见证取样检测并确认合格。
 - 7 检验批的质量应按主控项目和一般项目进行验收。
 - 8 对涉及结构安全和使用功能的部分工程应进行抽样检测。

9 承担复验或检测的质量检测单位应具有国家规定的检测资质，且应由建设单位委托。

10 工程外观质量应由验收人员通过现场检查共同确认。

9.3 竣工验收

9.3.1 工程竣工质量验收应具备下列条件：

1 完成工程设计文件和施工承包合同约定的各项内容。

2 施工单位在工程完工后对工程质量进行了检查，确认工程质量符合有关法律、法规和工程建设强制性标准，符合设计文件及合同要求，并提出工程竣工报告。工程竣工报告应经项目负责人和施工单位有关负责人审核签字。

3 监理单位对工程质量评估合格，具有完整的监理资料，并提出工程质量评估报告。工程质量评估报告应经总监理工程师和监理单位有关负责人审核签字。

4 勘察、设计单位对勘察、设计文件及施工过程中由设计单位签署的设计变更通知书进行了检查，并提出质量检查报告。质量检查报告经该项目勘察、设计负责人和勘察、设计单位有关负责人审核签字。

5 有完整的技术档案和施工管理资料。竣工质量验收前，应提交各分项、分部、单位工程质量验收合格的资料和完整工程竣工资料。

6 有工程使用的主要建筑材料、建筑构配件的进场试验报告。

7 有施工单位签署的工程质量保修书。

8 有检测机构出具的功能性检测资料（桥梁荷载试验报告等）和工程实体质量检测资料。

9.3.2 工程竣工质量验收的程序应符合下列规定：

1 工程完工后，施工单位向建设单位提交工程竣工报告，申请工程竣工质量验收。

2 建设单位收到工程竣工报告后，对满足本标准第 9.3.1

条规定的工程，按照本标准第 9.1.4 条的规定成立验收组，制订验收方案。

3 建设单位应当在工程竣工质量验收 7 个工作日前将验收的时间、地点及验收组名单和竣工质量验收方案通知质量监督机构。

4 建设单位应当按照下列程序组织工程竣工质量验收：

- 1) 建设（含代建）、勘察、设计、施工、监理单位分别汇报工程合同履约情况和在工程建设各个环节执行法律、法规和工程建设强制性标准的情况；
- 2) 审阅建设、勘察、设计、施工、监理单位的工程档案资料；
- 3) 审阅检测机构提供的功能性检测资料（桥梁荷载试验报告等）和工程实体质量检测资料，并实地查验各单位工程实体外观质量；
- 4) 对工程设计、施工和各管理环节等方面做出全面评价，形成经验收组人员签署的工程竣工质量验收报告；
- 5) 当参加验收各方对工程质量验收意见不一致时，应由政府行政主管部门协调解决。

9.3.3 工程竣工验收内容应符合下列规定。

I 主控项目

1 桥下净空不应小于设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：用水准仪测量或用钢尺量。

2 单位工程所含分部工程有关安全和功能的检测资料应完整。

检查数量：全数检查

检验方法：检查工程组卷资料，按规定进行工程实体抽查或对相关资料进行抽查。

II 一般项目

3 桥梁实体检测允许偏差应符合表 9.3.3 的规定。

表 9.3.3 桥梁实体检测允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
桥梁轴线位移		10	每座、 每跨或 每孔	3	用经纬仪或全站仪检测
桥宽	车行道	± 10		3	用钢尺量每孔 3 处
	人行道				
长度		+200 , - 100		2	用测距仪
引导中心与桥梁中线偏差		± 20		2	用经纬仪或全站仪检测
桥头高程衔接		± 3		2	用水准仪测量

注：1 项目 3 长度为桥梁总体检测长度；受桥梁形式、环境温度、伸缩缝位置等因素的影响，实际检测中通常检测两条伸缩缝之间的长度，或多条伸缩缝之间的累加长度。

2 连续梁、结合梁两条伸缩缝之间长度允许偏差为 $\pm 15\text{mm}$ 。

9.3.4 桥梁实体外形检查应符合下列规定：

1 墩台混凝土表面应平整、色泽均匀，无明显错台、蜂窝麻面，外形轮廓清晰；

2 砌筑墩台表面应平整，砌缝应无明显缺陷，勾缝应密实坚固、无脱落，线角应顺直；

3 桥台与挡墙、护坡或锥坡衔接应平顺，应无明显错台；沉降缝、泄水孔设置正确；

4 混凝土梁体（框架桥体）表面应平整、色泽均匀、轮廓清晰，无明显缺陷；全桥整体线形平顺、梁缝基本均匀；

5 钢梁安装线形应平顺，防护涂装色泽应均匀、无漏涂、无划伤、无起皮，涂膜无裂纹；

6 桥梁附属结构应稳固，线形应直顺。混凝土材质附属结

构应无明显错台、无缺棱掉角；钢制或铁质附属结构，需要防护涂装的，防护涂装应色泽均匀、无漏涂、无起皮，涂膜无裂纹。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

9.3.5 工程竣工质量验收合格后，建设单位应按规定将工程竣工质量验收报告和有关文件报政府行政主管部门。

附录 A 预应力混凝土空心板主要截面尺寸

A.0.1 预应力混凝土空心板桥典型横断面如图 A.0.1 所示。

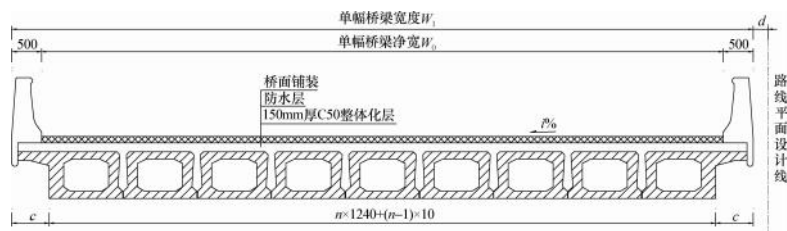


图 A.0.1 桥梁标准横断面 (mm)

A.0.2 预应力混凝土空心板主要截面尺寸可按图 A.0.2 和表 A.0.2 所示采用。

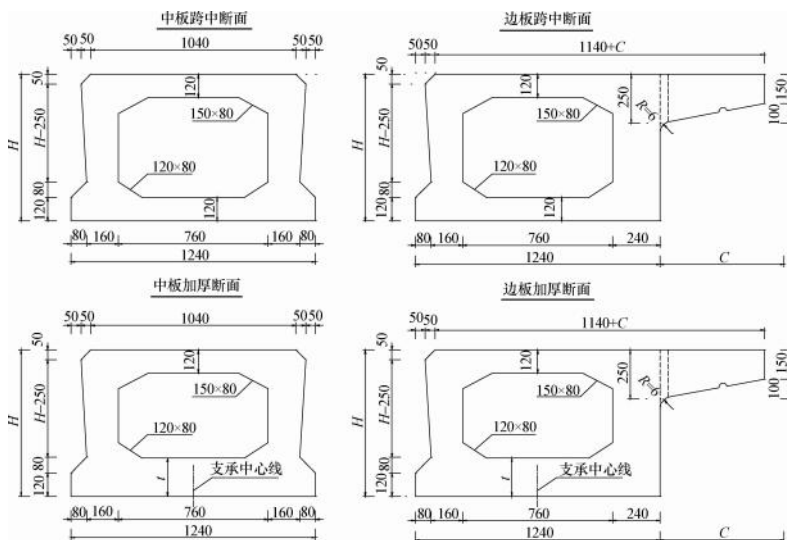


图 A.0.2 空心板断面图 (mm)

表 A.0.2 预应力混凝土空心板断面主要截面尺寸

跨径 (m)	梁高 H (cm)	顶板厚度 (mm)		底板厚度 (mm)	
		支点	跨中	支点	跨中
10	65	120	120	200	120
13	75	120	120	200	120
16	85	120	120	250	120

附录 B 预应力混凝土箱梁主要构造

B.0.1 预应力混凝土箱梁桥标准横断面如图 B.0.1 所示。

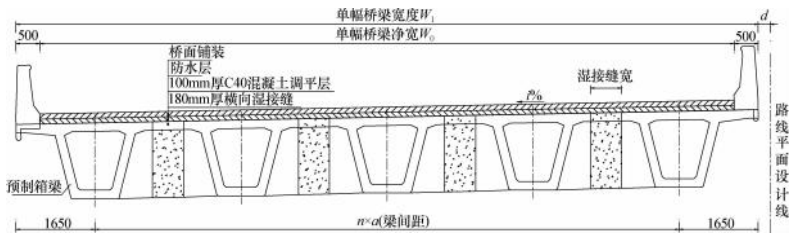


图 B.0.1 桥梁标准横断面 (mm)

B.0.2 预应力混凝土箱梁主要构造尺寸可按图 B.0.2 和表 B.0.2 所示采用。

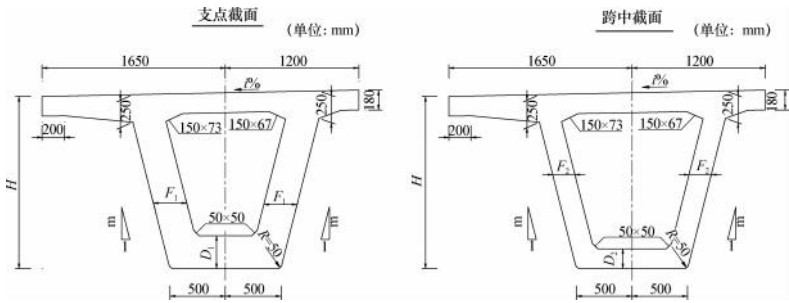


图 B.0.2 预应力混凝土箱梁断面 (mm)

表 B.0.2 预应力混凝土箱梁主要构造尺寸

跨径 (m)	结构 体系	梁高 H (m)	腹板斜率 (m)	腹板厚度		底板厚度	
				支点 F_1 (mm)	跨中 F_2 (mm)	支点 D_1 (mm)	跨中 D_2 (mm)
20	先简支后 桥面连续	1.20	3	300	180	300	180
25		1.40	3.5	300	180	300	180

续表 B.0.2

跨径 (m)	结构 体系	梁高 H (m)	腹板斜率 (m)	腹板厚度		底板厚度	
				支点 F_1 (mm)	跨中 F_2 (mm)	支点 D_1 (mm)	跨中 D_2 (mm)
30	先简支后 桥面连续	1.60	4	300	200	300	180
35		1.80	4	320	200	360	180
40		2.02	4	320	200	360	180
35	先简支后 结构连续	1.80	4	320	200	360	180
40		2.00	4	320	200	360	180

- 注：1 预应力混凝土箱梁截面高度根据受力和刚度需求确定。
- 2 边梁顶宽宜按 2.85m 设计，中梁顶宽宜按 2.4m 设计。边梁悬臂宜设置一定长度的等直段，便于调整平曲线段桥梁弓弦差。
- 3 非标准跨径的装配式预应力混凝土箱梁梁长通过跨中等厚段调整，预应力钢束通过跨中水平段调整。

B.0.3 预制箱梁顶板宜设置横坡，底板按平坡设计，桥梁横坡可由铺装层和盖梁横坡综合调整形成，也可以结合箱梁整体旋转调整。

B.0.4 为了便于箱梁内模拆卸，保证箱梁混凝土浇筑质量，支点横隔梁宜采用二次浇筑工艺，可通过顶板开槽浇筑支点横隔梁混凝土。

B.0.5 连续梁所有湿接缝混凝土应一次浇筑完成，负弯矩钢束的张拉顺序为先两侧后中间。

B.0.6 预制箱梁横隔梁的主筋外伸，采用等直径短钢筋与外伸主筋焊接。

B.0.7 为了防止预制箱梁上拱过大，及预制梁与铺装层由于龄期差别而产生过大收缩差，存梁期不宜超过 90d，若累计上拱值超过计算值 10mm，应采取控制措施。预应力混凝土梁的存放时间不宜超过 3 个月，特殊情况下不应超过 5 个月；存放时间超过 3 个月时，应对梁的上拱度值进行检测，当上拱度值过大会严重影响后续桥面铺装施工或梁混凝土产生严重开裂时，则不得使用。

B.0.8 同一跨中各片梁的混凝土浇筑龄期差、终张拉时混凝土龄期差不宜超过 10d，避免各片梁上拱值差异过大影响湿接缝横向钢筋的连接。

附录 C 预应力混凝土 T 梁主要构造

C.0.1 预应力混凝土 T 梁桥标准横断面如图 C.0.1 所示。

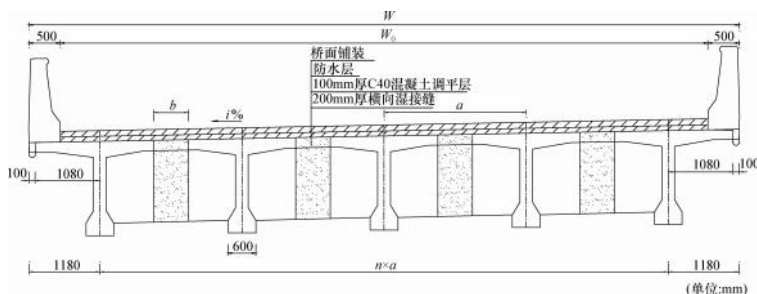


图 C.0.1 T 梁桥横断面布置示意图

C.0.2 预制中梁梁宽宜按 1.75m 设计，预制边梁梁宽宜按 2.055m 设计，桥梁宽度可通过梁片数和现浇湿接缝宽度调整。

C.0.3 预应力混凝土 T 梁顶面宜设置横坡，梁肋底按平坡设计。桥梁横坡可由铺装层和盖梁横坡综合调整形成。

C.0.4 T 梁的典型断面如图 C.0.4 所示。

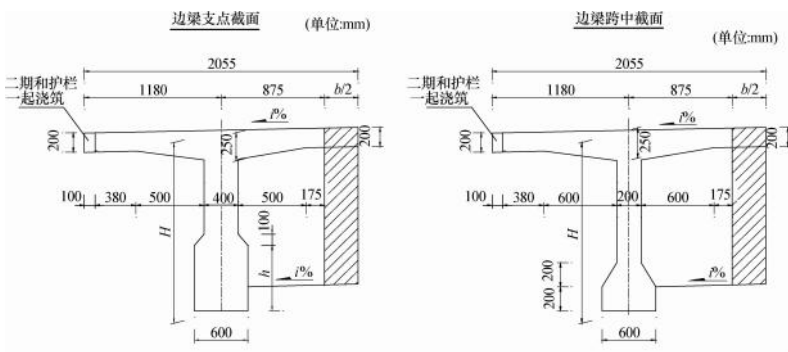


图 C.0.4 T 梁典型断面（一）

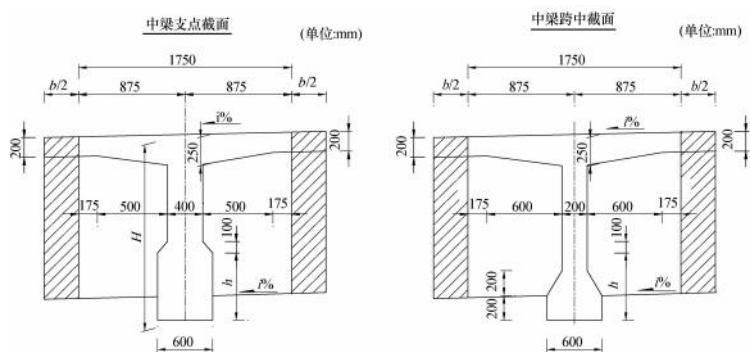


图 C.0.4 T 梁典型断面 (二)

C.0.5 先简支后桥面连续体系 T 梁主要尺寸如图 C.0.4、图 C.0.5 及表 C.0.5 所示。

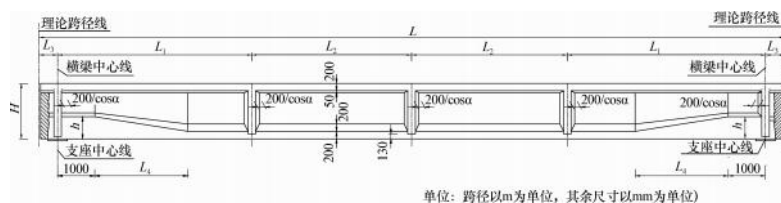


图 C.0.5 简支 T 梁构造图立面

表 C.0.5 简支 T 梁主要尺寸

跨径 L (m)		20	25	30	35	40
梁高 H (mm)		1500	1700	2000	2300	2500
腹板变宽段长度 L_4 (mm)		2500	2700	3500	7210	8460
横隔梁 (道)		3	5	5	5	5
横隔梁间距 L_1 (mm)		9500	6000	7250	8410	9660
横隔梁间距 L_2 (mm)		0	6000	7200	8450	9700
支座中心线 L_3 (mm)		500	500	550	680	715
翼缘板厚度 (mm)	根部	250	250	250	250	250
	端部	200	200	200	200	200
腹板宽度 (mm)	跨中	200	200	200	200	200
	根部	400	400	400	400	400
马蹄高度 h (mm)	跨中	200	200	200	200	200
	根部	600	700	700	900	900

C.0.6 先简支后结构连续体系 T 梁主要尺寸如图 C.0.4、图 C.0.6 及表 C.0.6 所示。

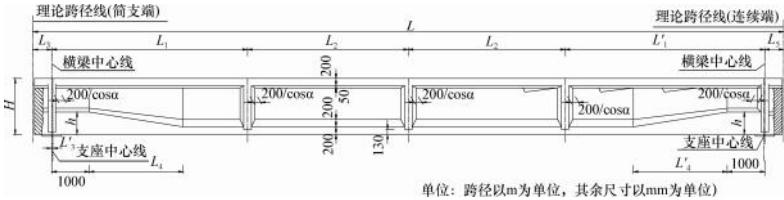


图 C.0.6 结构连续体系 T 梁构造图立面

表 C.0.6 结构连续体系 T 梁主要尺寸

跨径 L (m)		35	40
梁高 H (mm)		2300	2500
简支端腹板变宽段长度 L_4 (mm)		7210	8460
连续端腹板变宽段长度 L'_4 (mm)		7160	8400
横隔梁 (道)		5	5
横隔梁间距 L_1 (mm)		8410	9660
横隔梁间距 L'_1 (mm)		8360	9560
横隔梁间距 L_2 (mm)		8450	9700
简支端端横隔梁距跨径线 L_3 (mm)		640	640
连续端端横隔梁距跨径线 L_5 (mm)		690	740
支座中心线: $L_3 + L'_3$ (mm)		$640 + 40 = 680$	$640 + 75 = 715$
翼缘板厚度 (mm)	根部	250	250
	端部	200	200
腹板宽度 (mm)	跨中	200	200
	根部	400	400
马蹄高度 h (mm)	跨中	200	200
	根部	900	900

C.0.7 连续梁所有湿接缝混凝土应一次浇筑完成，负弯矩钢束的张拉顺序为先两侧后中间。

C.0.8 T 梁梁肋钢筋应满足梁肋受力要求。腹板与马蹄的箍筋应一一对应连接，为了避免箍筋与预应力钢束干扰，宜腹板和马蹄的箍筋采用复合式箍筋，如图 C.0.8 所示。

梁肋跨中断面箍筋构造

梁肋端部断面箍筋构造

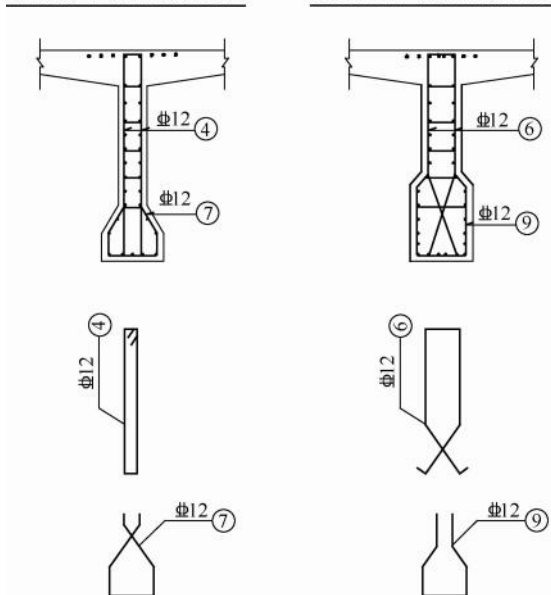


图 C.0.8 梁肋复合式箍筋

C.0.9 预制 T 梁横隔梁的主筋外伸，采用等直径短钢筋与外伸主筋焊接。

附录 D 装配式桥台构造图

D.0.1 扶壁式桥台

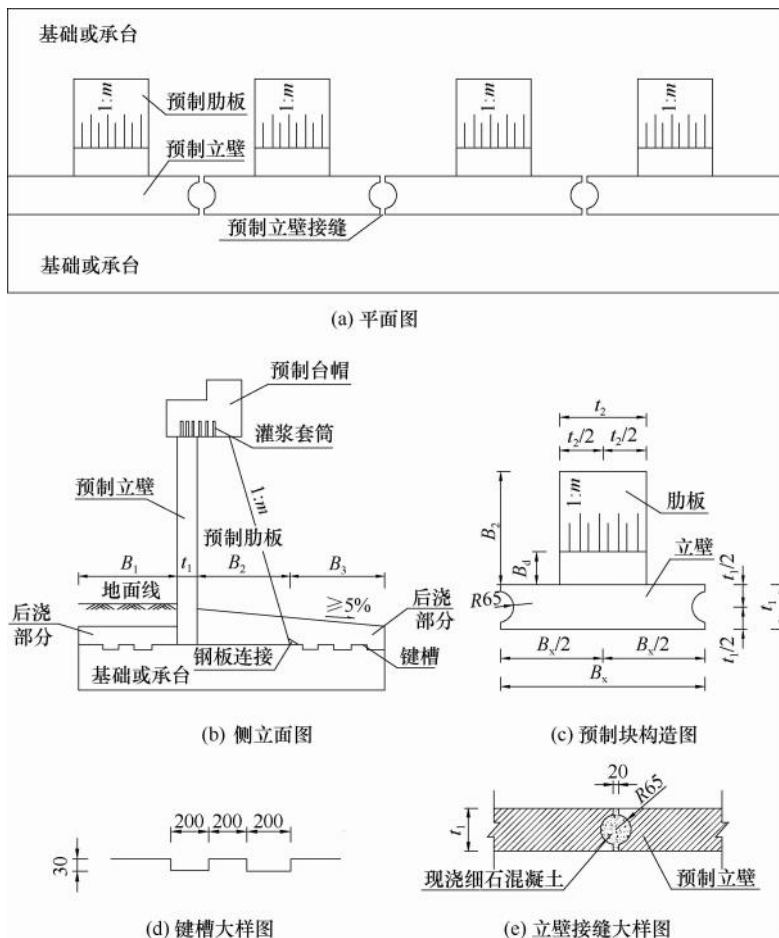
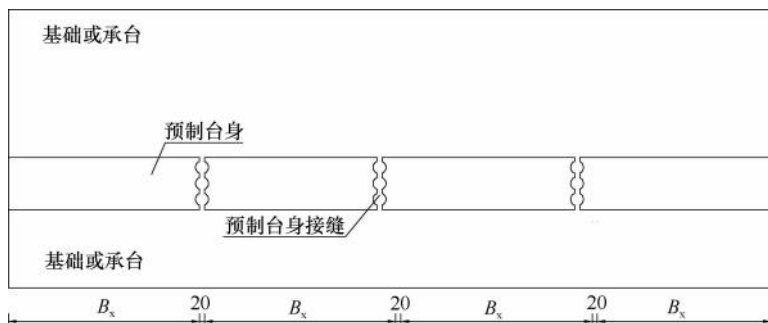
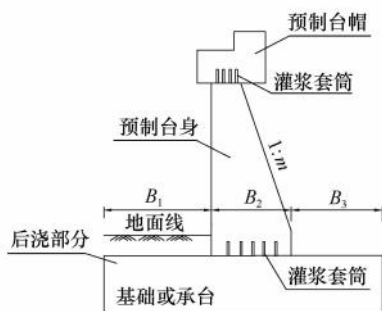


图 D.0.1 扶壁式桥台构造图 (mm)

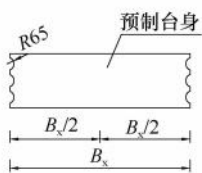
D.0.2 悬臂式桥台



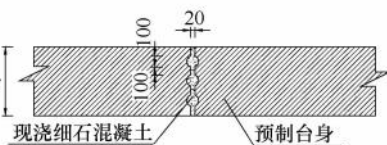
(a) 平面图



(b) 侧立面图



(c) 预制块构造图



(d) 台身接缝大样图

注：悬臂式桥台的台帽可与台身整体预制。

图 D.0.2 悬臂式桥台构造图 (mm)

D.0.3 肋板式桥台

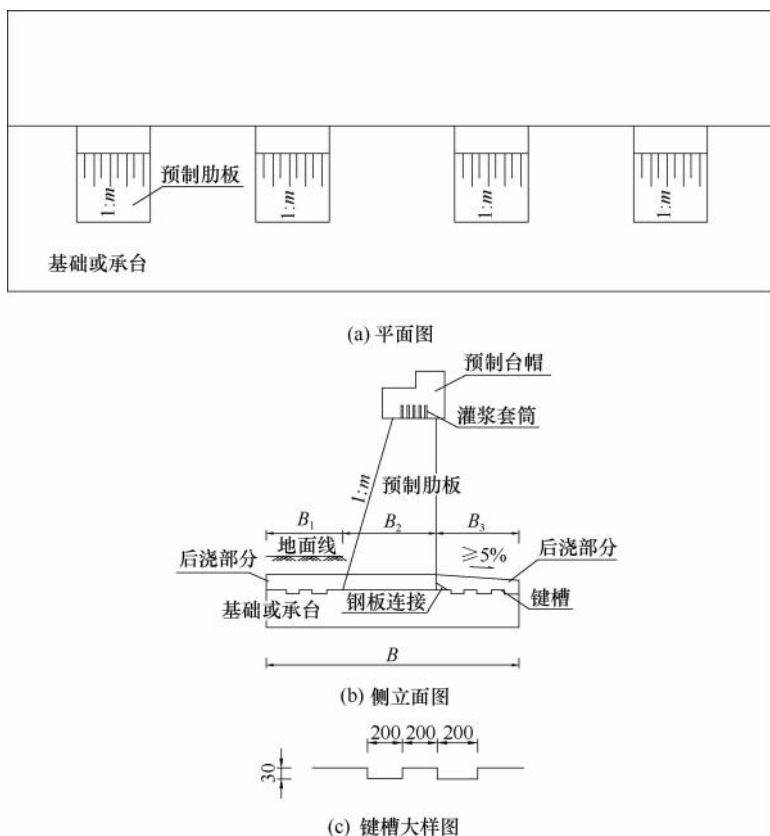


图 D.0.3 肋板式桥台侧立面构造图

附录 E 用于检测套筒灌浆质量的 X 射线法

E.0.1 本方法主要适用于套筒内部灌浆质量的定性检测，宜采用便携式 X 射线探伤仪，通常需采用局部破损法进行验证。

E.0.2 采用便携式 X 射线探伤仪检测时，务必保证所有检测人员位于安全距离以外的区域。

E.0.3 检测设备包括便携式 X 射线探伤仪、控制器和胶片：

- 1 便携式 X 射线探伤仪的最大管电压不低于 300kV；
- 2 控制器最长延迟开启时间不低于 180s；
- 3 曝光后胶片的黑度值应控制在 2.0 ~ 3.0 之间。

E.0.4 便携式 X 射线探伤仪、控制器和胶片应通过技术鉴定，并应具有产品合格证书和定期计量检定证书。

E.0.5 套筒灌浆缺陷检测前应做好以下工作：

- 1 应确保灌浆龄期不少于 7d；
- 2 应检查检测设备是否正常；
- 3 应记录工程名称、部位、套筒所在构件编号、套筒具体位置、检测人员信息等。

E.0.6 准备工作完成后，将胶片粘贴在预制构件的一侧，要求胶片能够完全覆盖被测套筒；将便携式 X 射线探伤仪放置在预制构件的另一侧，射线源正对同一被测套筒，调整射线源到胶片的距离与射线机焦距相同。

E.0.7 将控制器与便携式 X 射线探伤仪相连，根据连接线长度将控制器放置在距离探伤仪最远的距离。在控制器上设置管电压、管电流和曝光时间，各参数的数值应事先通过试验确定。

E.0.8 在控制器上设置延迟开启时间，确保检测人员到达安全距离后控制器开启测量。

E.0.9 曝光完成后，控制器自动停止测量。

E. 0. 10 取下胶片。重复以上步骤测量下一个套筒。

E. 0. 11 洗片过程中，胶片的显影时间、定影时间等参数应事先通过试验确定。

E. 0. 12 洗片完成后，通过胶片成像观片灯观测各套筒的检测结果。

附录 F 预制混凝土构件结合面 粗糙度测评方法

F.0.1 检测设备包括测深尺和透明多孔基准板：

1 测深尺可用数显花纹深度尺或数显游标卡尺，测深尺量程不小于 15mm、分度值不大于 0.01mm；

2 透明多孔基准板厚度为 $5\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ，孔径为 $3\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ，孔距为 $10\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ 。

F.0.2 测深尺和透明多孔基准板应通过技术鉴定，并应具有产品合格证书和定期计量检定证书。

F.0.3 预制混凝土构件结合面粗糙度检测前应做好以下工作：

1 应检查检测设备是否正常；

2 应记录工程名称、楼号、楼层、构件编号、检测人员信息等信息。

F.0.4 预制混凝土构件结合面粗糙度测区划分应符合以下规定：

1 对预制混凝土梁端、预制混凝土柱端，在其粗糙面上随机划分不少于 2 个长方形测区，相邻两测区中心间距不小于粗糙面长边的 $1/4$ ；

2 当透明多孔基准板位于测区中心时，测区边缘到透明多孔基准板相应边缘的距离不小于 1 倍透明多孔基准板孔距。

F.0.5 预制混凝土构件结合面粗糙度检测时应按以下规定执行：

1 磨平每个测区内明显突出的棱角，保持测区内凸面平齐；

2 将透明多孔基准板紧贴在测区内预制混凝土构件粗糙面上，测深尺的测量面紧贴透明多孔基准板表面，保持测深尺与透明多孔基准板呈垂直状态，测深尺的探针穿过透明多孔基准板的

孔洞测量凹凸深度，即凹面最低点深度；

3 测量过程中，透明多孔基准板可在测区内移动，以保证更多凹面位于孔洞下方；

4 在每个测区内用测深尺测量 16 个不同位置的凹凸深度数据；

5 测深尺的读数减去透明多孔基准板的厚度即为实际凹凸深度数据，16 个实际凹凸深度数据，剔除 3 个最大值和 3 个最小值，剩余 10 个有效数据。

F.0.6 预制混凝土构件结合面粗糙度评价指标应按以下公式计算：

$$\text{平均值: } \mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (\text{F.0.6-1})$$

$$\text{变异系数: } CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}}{\mu} \quad (\text{F.0.6-2})$$

平均值 μ 计算应精确至 0.1mm，变异系数 CV 计算应精确至 0.1。

——各所测有效凹凸深度数据，单位为 mm；

——所测有效凹凸深度总数，等于测区总数乘以每一测区有效凹凸深度数量。

F.0.7 预制混凝土构件结合面粗糙度评定按以下标准执行：

对预制混凝土梁端、预制混凝土柱端：

$$\mu \geq 6\text{mm}$$

$$CV \leq 0.4$$

本标准用词说明

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；
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；
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，在条件许可时首先应这样做的；
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 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1

《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2

《钢筋混凝土用钢 第 3 部分：钢筋焊接网》GB/T 1499.3

《预应力混凝土用钢棒》GB/T 5223.3

《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476

《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370

《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671

《单丝涂覆环氧涂层预应力钢绞线》GB/T 25823

《活性粉末混凝土》GB/T 31387

《焊缝无损检测 射线检测 第 1 部分：X 和伽玛射线的胶片技术》GB/T 3323.1

《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205

《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448

《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476

《钢结构焊接规范》GB 50661

《混凝土结构工程施工规范》GB 50666

《钢结构工程施工规范》GB 50755

《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231

《公路桥梁抗震设计规范》JTG/T 2231-01

《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》JTG/T 3310

《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362

《公路桥涵地基与基础设计规范》 JTG 3363
《公路桥涵施工技术规范》 JTG/T 3650
《公路钢结构桥梁设计规范》 JTG D64
《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》 JTG/T D64 - 01
《预应力混凝土空心方桩》 JG/T 197
《预制高强混凝土薄壁钢管桩》 JG/T 272
《预应力混凝土用金属波纹管》 JG/T 225
《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》 JGJ 355
《高性能混凝土评价标准》 JGJ/T 385
《环氧涂层预应力钢绞线》 JG/T 387
《钢筋连接用灌浆套筒》 JG/T 398
《钢筋连接用套筒灌浆料》 JG/T 408
《钢纤维混凝土》 JG/T 472
《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
《混凝土用水标准》 JGJ 63
《无粘结预应力混凝土结构技术规程》 JGJ 92
《建筑基桩检测技术规范》 JGJ 106
《钢筋机械连接技术规程》 JGJ 107
《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》 JGJ 276
《预应力混凝土管桩技术标准》 JGJ/T 406
《城市桥梁工程施工与质量验收规范》 CJJ 2
《城市桥梁设计规范》 CJJ 11
《预应力混凝土桥梁预制节段逐跨拼装施工技术规程》 CJJ/

T 111

《工业建筑防腐蚀设计标准》 GB/T 50046
《城镇桥梁钢结构防腐蚀涂装工程技术规程》 CJJ/T 235

山东省工程建设标准

装配式城市桥梁技术标准

DB × × - × × × — 2023

条 文 说 明

目 次

1	总则	113
3	基本规定	114
5	上部结构设计	115
5.1	一般规定	115
5.2	混凝土梁设计	115
5.3	钢梁	120
5.4	钢-混组合梁	121
5.5	装配式护栏	124
5.6	吊点设计	126
6	下部结构设计	128
6.1	一般规定	128
6.2	连接设计	128
6.3	盖梁	134
6.5	承台	135
6.6	预制桩基础	135
7	构件预制	142
7.1	一般规定	142
7.3	混凝土构件制作	142
7.6	质量控制与检验	143
8	构件运输与安装	144
8.4	墩柱安装	144
8.6	混凝土梁安装	144
附录 B	预应力混凝土箱梁主要构造	145
附录 C	预应力混凝土 T 梁主要构造	146

1 总 则

1.0.1 装配式桥梁对推动城市基础设施施工方式变革、减少污染物和废弃物排放、提高劳动生产率具有重要意义。预制装配式桥梁技术在多省市地区已成功应用和推广，都取得了很好的应用效果。与传统桥梁施工相比，装配式桥梁技术更加节能、环保、高效，为加快推动全国装配式桥梁发展，制定本标准。

1.0.3 装配式桥梁设计应满足国家现行标准，如《城市桥梁设计规范》CJJ 11、《公路桥涵设计通用规范》JTG D60、《通航海轮桥梁通航标准》JTJ 311、《涉水建设项目防洪与输水影响评价技术规范》DB37/T 3704、《内河通航标准》GB 50139、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362、《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363、《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64、《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01、《钢-混凝土组合桥梁设计规范》GB 50917 等标准的规定。

3 基本规定

3.0.1 目的是贯彻标准化设计理念，减少浪费、提高工效、方便施工。

3.0.6 装配式城市桥梁工程结构运营安全监测系统应进行专项设计，宜与施工监测系统融合，具体包含以下内容：

1 硬件融合：包括传感器、通信设备、电力设备、防护设备等；

2 软件融合：包括数据采集软件、数据管理软件、数据处理软件等；

3 数据融合：包括数据类别、数据容量、数据分析结果等。

5 上部结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 装配式城市桥梁标准跨径宜按表 1 选用。

表 1 装配式城市桥梁标准跨径

类别	结构类型	跨径 (m)
混凝土梁	预应力混凝土空心板	10、13、16
	预应力混凝土小箱梁	20、25、30、35、40
	预应力混凝土 T (I) 梁	20、25、30、35、40
	节段拼装预应力混凝土大箱梁	30、35、40、45、50
钢梁	钢箱梁	30、35、40、45、50、55
	钢桁梁	40、45、50、55
钢-混组合梁	钢板组合梁	30、35、40、45、50
	槽形组合梁	30、35、40、45、50、55
	箱形组合梁	30、35、40、45、50、55

5.2 混凝土梁设计

5.2.1 设计时可根据结构受力和桥梁所处环境的要求, 选择构件的预应力度。

5.2.5 由于施工误差等原因, 单端两个支座的空心板在使用过程中易发生支座脱空, 引起结构支反力重分布, 对结构及铰缝受力不利。

5.2.6 目前, 国内装配式空心板宽度主要有 990mm、1200mm、1240mm、1350mm、1440mm、1480mm 六种。根据现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60, 为了避免单板上横向同时分配到两列车轮荷载, 空心板合理的理论宽度应小于 1.3m, 在

(图 2) 和跨中横隔梁 (图 3)。跨中横隔梁可仅在箱外设置, 箱内可不设。

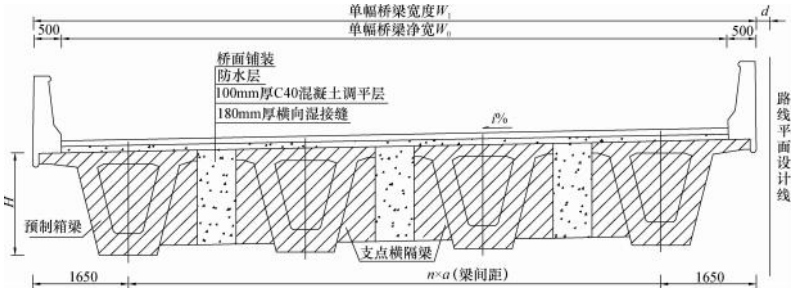


图 2 支点横隔梁布置示意图 (单位: mm)

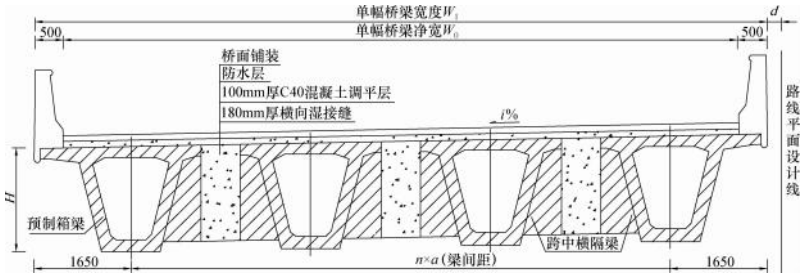


图 3 跨中横隔梁布置示意图 (单位: mm)

5.2.14 若将负弯矩钢束锚固槽口设置在腹板处, 需截断腹板箍筋, 同时影响腹板混凝土下料, 因此宜在腹板之间的顶板设置张拉槽口锚固。

曲线上桥梁, 因邻近跨横坡不同引起负弯矩处的波纹管位置发生错台, 影响扁形波纹管的纵向连接; 同时存在易漏浆堵塞管道及压浆不饱满的问题, 故采用圆形锚具。

5.2.16 为保证底板上、下缘钢筋的锚固长度, 底板上、下缘横向钢筋宜设置成闭合环状。

5.2.20 考虑施工误差, 调平层的厚度不宜小于 100mm。调平层不参与受力计算。

5.2.23 板厚主要考虑结构受力和钢筋、预应力筋布置及锚固的空间需求。

马蹄尺寸应满足 T 梁抗侧弯要求，并满足钢束及下缘预应力钢筋布置空间需要，各种跨径的马蹄宽度可统一取为 600mm。

5.2.24 负弯矩钢束锚固齿块构造见图 4、图 5。

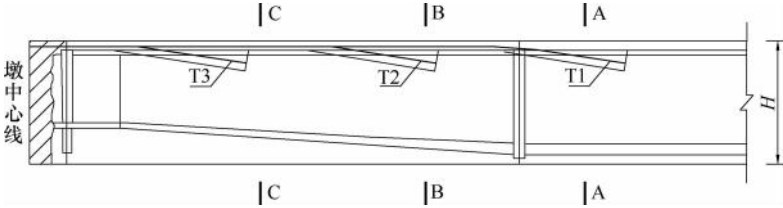


图 4 连续体系负弯矩钢束锚固齿块布置立面图

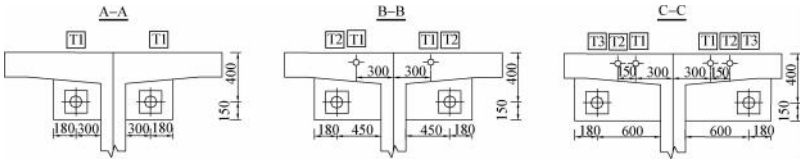


图 5 负弯矩钢束锚固齿块构造示意

5.2.29 考虑施工误差，调平层的厚度不宜小于 100mm。调平层不参与受力计算。

5.2.30 预制节段长度在 2m ~ 5m，箱梁节段吊装质量在 150t 以内。一般来说，标准节段长 3.0m ~ 3.5m，过渡节段长 2m ~ 3m，受横隔梁厚度的影响墩顶节段长 3m ~ 5m。

5.2.31 当采用短线法预制时，构造设计应利于施工标准化。

5.2.32 节段预制拼装混凝土箱梁顶、底板厚度及构造应满足纵向受力、横向受力及预应力钢束布置要求。

5.2.34 悬臂拼装时，湿接缝设置在跨中，逐跨拼装时应设置在 0 号块两侧，胶接缝所用环氧树脂应符合本标准第 4.6 节的要求。

本标准不推荐采用干接缝连接形式，基于以下原因：

1 干接缝在多剪力键的情况下，各个键齿受力不均匀，破坏时表现为逐一破坏。当齿间涂抹环氧粘结剂时，由于键齿间的匹配误差被环氧树脂填充，大大提高了多键齿的受力整体性和均匀性，剪切破坏时各个键齿几乎同时被破坏，故胶接缝的抗剪强度高于干接缝。

2 干接缝无法为预制构件内预应力筋提供良好保护，抗腐蚀能力较差，而环氧树脂接缝可为体内预应力筋提供良好的抗腐蚀保护，提高了构件的耐久性。

5.2.35 为保证箱梁节段拼装的胶接缝密贴，涂胶后一般在箱梁内沿周边设临时拉杆张拉，使接缝密贴。

5.2.36 拼接缝设置多个剪力键块（槽）的作用如下：

1 主要承受与传递接缝截面的剪力；

2 协助节段拼装时的镶嵌对接定位；

3 为便于节段密接匹配预制，脱模、拼装时镶嵌对接及挤出多余的环氧胶体（胶接缝），剪力键应构造成凹凸密接的棱台状；

4 键槽与键块侧面的倾斜角应接近 45° ，以便在重力及胶体润滑作用下，键槽与键块将所受剪力传递至节段端面的受力钢筋。

5.2.38 节段拼装梁跨径小于或等于 50m 宜采用逐跨拼装法，跨径大于 50m 宜采用悬臂拼装法。

5.2.39 节段拼装桥梁应根据施工方法、结构的设计使用年限、所处的环境类别，选定体内、体外预应力的比例，选用体外预应力钢束的防腐蚀措施。

5.2.40 参照已建节段拼装桥梁工程经验，体外预应力钢筋在锚固位置、转向构造、定位构造和减震装置之间的自由长度不宜大于 8.0m，8m 以上长度时应根据计算确定，并应考虑对结构受力的影响。体外预应力钢筋进入锚固构造后宜适当转向，避免预应力钢筋应力波动直接传递至锚固夹片。

5.2.41 块式转向构造：用于转向钢束数量较少的情况，或用于

转向构造之间的钢束定位。横肋式转向构造：用于横向转向力较大的情况，或转向构造之间的钢束定位。竖肋式转向构造：用于竖向转向力较大的情况。横梁式转向构造：用于横梁位置。

5.3 钢 梁

5.3.2 钢梁分段应结合现场情况、起重、运输工具的能力、道路状况和建筑限界等要求确定。

5.3.4 断面形式应结合桥梁宽度、受力、制作、运输、安装和维修养护等条件综合确定。

5.3.5 梁高对主梁抗弯承载力和刚度影响较大，为了有效发挥钢材的强度和节省钢材，主梁设计应尽可能以截面应力控制。大量的工程实例表明，合理的高跨比（梁高与跨径之比）一般为 $1/20 \sim 1/30$ 。

从受力角度看，箱梁高度与宽度之比（高宽比）过大，侧向稳定性差。箱梁宽度大，宽跨比（宽度与跨度之比）过大，顶、底板的有效宽度减小，截面不经济。高宽比过大或过小，都会导致截面翘曲和畸变增大。

箱梁宽度的确定，需综合考虑受力、制作、运输、安装和维修养护等方面的要求。箱梁高度和宽度应满足人员比较方便进入箱内焊接、检查和防腐处理等作业，横隔板的过人孔尺寸应不小于 $400\text{mm} \times 600\text{mm}$ （宽 $\times$ 高），箱宽的最小尺寸不宜小于 1m 。箱梁高度和宽度应满足运输和安装要求，采用陆路运输时，箱梁宽度不宜大于 3.5m ，箱梁高度应满足沿路建筑限界要求。

5.3.7 U形加劲肋与桥面板的焊缝采用内外侧同步埋弧焊接工艺，连接焊缝由单侧角焊缝变为熔透焊缝，可大幅降低局部轮压荷载作用下U形加劲肋和桥面板焊缝处的应力幅值，从而避免疲劳裂纹产生，提高疲劳性能。

5.3.8 车行道分隔线两侧 $300\text{mm} \sim 500\text{mm}$ 范围是车轮碾压最集中的部位，若纵隔板、桥面板块焊缝位于该区域，焊缝容易产生疲劳裂纹。

5.3.10 钢梁顶板纵横向连接一般采用焊接。

5.3.11 下承式桁架包括开口式桁架、闭口式桁架。开口式桁架指桁架不设置上平联，闭口式桁架指桁架设上平联。

5.3.12 钢桁梁的高度大，则弦杆受力小，因而可减少弦杆的用钢量，但腹杆长度增大，导致腹杆的用钢量增加。弦杆的用钢量与腹杆用钢量相等时，钢桁梁的总用钢量最省。

5.4 钢-混组合梁

5.4.6 应根据组合梁的特点设置检修通道，检修通道应有必要的检修、养护以及部件更换所需的空間。对于槽形梁或箱形梁，应设置进入箱内的人孔，可通过端横隔板或底板开设人孔，人孔应避开支座范围并设密封门。

对于槽形梁或箱形梁，箱内应设排水通道排出施工过程中或后期运营的积水。排水通道可利用箱内横隔板与底板间的过焊孔，以及设置于底板的泄水管，泄水管应设密封措施。

5.4.7 钢板梁组合梁断面可采用双主梁体系、三主梁体系和多主梁体系，有些情况把三主梁体系归为多主梁体系。双主梁体系可用于单幅 2~4 车道的桥梁，两根主梁间距宜取 5m~10.5m；三主梁体系可用于单幅 3~4 车道的桥梁，主梁间距宜取 4m~6.5m；多主梁体系一般用于单幅 4 车道及以上的桥梁，主梁间距宜取 3.0m~5.0m 之间，目前国内桥梁中最小的主梁间距为 2.3m。净空较小、有车辆撞击风险时，宜采用多主梁体系。

钢板梁组合梁根据主梁间距可采用小横梁体系或大横梁体系。小横梁不与桥面板组合，桥面板为支承在主梁上的单向板，小横梁间距一般不超过 8m。大横梁与桥面板组合，桥面板是由主梁和横梁共同支承的单向板或双向板，大横梁间距一般取 3m~4m。

5.4.8 对于相同的跨径，少主梁体系的梁高一般高于多主梁体系。对于双主梁体系，钢梁梁高与跨径之比宜取 $1/18 \sim 1/22$ ，组合梁梁高与跨径之比宜取 $1/15 \sim 1/18$ ；三主梁体系的钢梁梁高与跨径之比宜取 $1/20 \sim 1/25$ ，组合梁梁高与跨径之比宜取 $1/$

18 ~ 1/22；多主梁体系的钢梁梁高与跨径之比宜取 1/20 ~ 1/28，组合梁梁高与跨径之比宜取 1/18 ~ 1/22。

5.4.10 横向联结系形式可采用实腹式、框架式、桁架式，如图 6 ~ 图 8 所示。支点断面可采用实腹式、框架式或桁架式，跨中宜采用框架式或桁架式。横向联结系纵桥向间距不宜超过 8m。横向联结系与主梁的连接可采用焊接或高强度螺栓摩擦型连接。

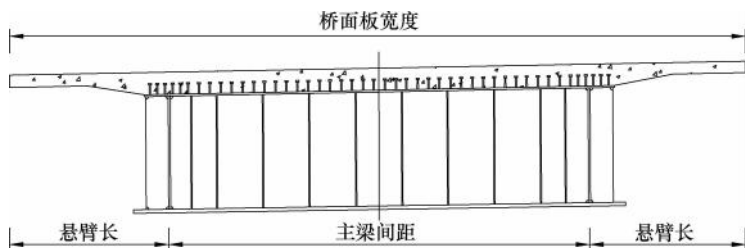


图 6 实腹式横向联结系

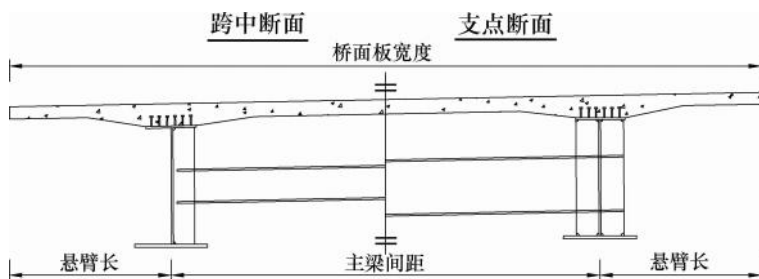


图 7 框架式横向联结系

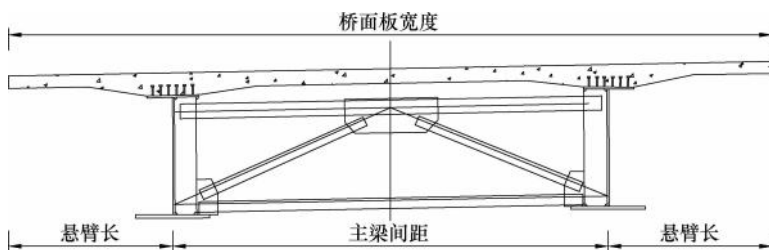


图 8 桁架式横向联结系

对于钢板组合梁，成桥阶段桥面板起到上平联的作用，根据结构分析确定是否设永久性纵向联结系。在施工过程中，可根据需要设置临时纵向联结系，给主梁提供侧向支撑，防止主梁的侧向失稳。当采用框架式横向联结系时，纵向联结系设置于横向联结系高度处；当采用桁架式横向联结系时，纵向联结系设置在横向联结系的弦杆高度处。

5.4.14 对于槽形组合梁，成桥阶段梁为闭口箱形断面，桥面板约束钢梁截面变形兼起纵向联结系的作用。在施工过程中，为了维持开口钢梁的几何形状不变，防止主梁的侧向失稳，可设置临时纵向联结系给主梁提供侧向支撑。临时纵向联结系可设置在箱内和箱外。箱内纵向联结系宜设置在槽形梁上缘附近，箱外纵向联结系宜设置在箱外实腹横向联结系中部或桁架式横向联结系的弦杆高度处。

5.4.23 桥面板构成组合梁的上翼缘。一方面，桥面板与钢梁形成组合截面，共同抵抗桥梁整体受力产生的效应；另一方面，桥面板需承担来自车轮荷载、温度作用、收缩徐变、预应力等引起的局部效应。桥面板应能够抵抗横桥向弯矩、剪力连接件集中布置带来的集中剪力等局部荷载效应。

5.4.26 当桥面板采用叠合桥面板或预制混凝土板时，为保证桥面板具有良好的整体工作性能，新旧混凝土界面处应设有足够的抗剪构造，例如预制板边缘设置齿槽、叠合混凝土板中的预制板表面拉毛及设置界面抗剪钢筋等。当采用预制板时，板端对应抗剪连接件的位置需采取专门构造措施，预制板间钢筋需有效连接成整体。

采用叠合混凝土板施工方法较为简单，省去支模工序，且桥面板整体性能优于预制混凝土板。

5.4.27 受钢梁的约束作用，混凝土收缩徐变将使桥面板产生拉应力，导致桥面板开裂，降低结构的耐久性。按照混凝土收缩徐变一般发展规律，混凝土大部分的收缩徐变在前3~6个月内完成。为降低混凝土收缩徐变效应，预制板安装前宜存放6个月以上。

5.4.29 连续组合梁常用的预应力施加方法有张拉预应力钢束

法、预加荷载法、支点位移法以及以上方法的综合使用。预加荷载法和支点位移法依靠钢梁的强迫弹性变形对混凝土板提供预应力效果，而张拉预应力钢束法则通过张拉预应力钢束对组合梁提供轴向预应力。上述三种预应力施加方式适用于不同的场合，实际操作时应因地制宜，根据现场具体情况选择采用。对于连续组合梁，正确安排桥面板混凝土浇筑顺序，可有效降低负弯矩区混凝土板的拉应力。

5.4.30 钢与混凝土结合面受力不明确时，宜采用焊钉连接件；钢与混凝土结合面对抗剪刚度、抗疲劳性能要求较高时，宜选用开孔板连接件；钢与混凝土结合面对抗剪刚度要求很高，且无拉拔作用时，宜选用型钢连接件。

5.4.31 当焊钉集中布置形成焊钉群来使用时（如组合桁梁桥的节点区），焊钉群之间的距离可超过上述第4款的限制，当设计时应应对以下群钉效应进行特别的考虑：不均匀分布的纵向剪力流；钢梁与混凝土桥面板之间较大的滑移或竖向分离作用；钢梁受压翼缘的屈曲；混凝土桥面板在焊钉群集中劈裂作用下的承载能力等。

5.4.32 均布式布置是指焊钉连接件沿钢梁上翼缘通长布置，焊钉的间距可根据纵向剪力大小做相应调整，跨中段焊钉间距较大，支点附近焊钉间距较小。当采用全宽度预制桥面板时，需要将焊钉成群布置在桥面板就位后的预留孔洞处，这种情况称为焊钉集束式布置。集束式焊钉往往集中在一个边长 50cm ~ 80cm、间距 120cm ~ 150cm 的区域内。

5.5 装配式护栏

5.5.3 人行道路侧栏杆的设置目的是保护行人安全，避免行人意外翻出栏杆，栏杆的高度从可踏面算起，要求不低于 1.10m，避免行人翻越产生较大安全事故。如果桥梁外侧为人非混行道或非机动车道，栏杆净高要高于 1.4m，避免骑行人翻出栏杆。在交通量大、行人密度高、邻近城镇厂矿等地点时护网高度可适当

增高，在桥梁设置金属防护网后，应考虑防雷接地设计。

5.5.5 装配式护栏和桥面板的连接可采用直接埋入式或地脚螺栓（法兰盘连接式）及传力钢筋连接三种方式。

1 直接埋入式适用于桥面边缘厚度满足护栏生根立柱埋入30cm 以上的情况。在结构物混凝土浇筑时，应预留安装立柱的套筒，套筒周围的结构物应配置加强钢筋，如图9 所示。

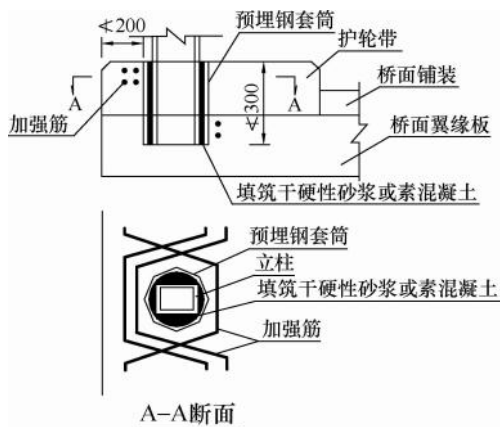


图9 直接埋入式连接方式（尺寸单位：mm）

2 地脚螺栓连接方式（法兰盘连接式）适用于立柱埋深不足30cm 的情况。在结构物混凝土中预埋符合规定长度的地脚螺栓，立柱底部焊接加劲法兰盘与地脚螺栓连接，如图10 所示。

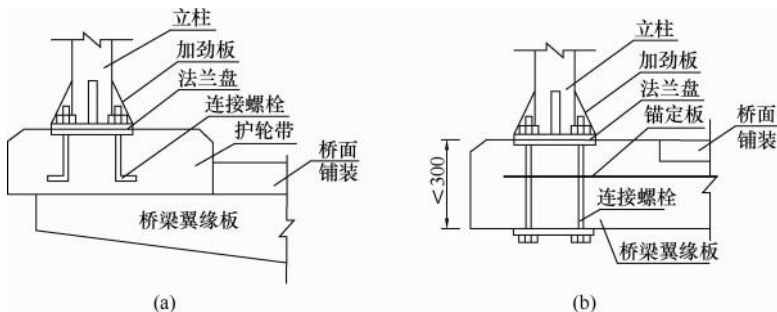


图10 地脚螺栓连接方式（尺寸单位：mm）

3 护栏也可通过传力钢筋把桥梁护栏和桥面板浇筑成一体的方式连接,如图 11 所示。条件许可时,可采用抽换式护栏。

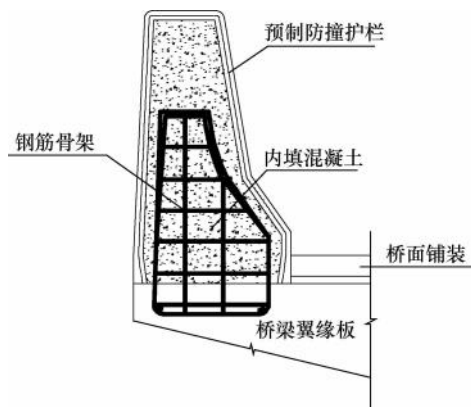


图 11 传力钢筋连接方式

5.6 吊点设计

5.6.1 预制混凝土梁的吊装预留孔可采用 PVC 管。内埋式螺母或内埋式吊杆的设计与构造,应满足起吊方便和吊装安全的要求。专用内埋式螺母或内埋式吊杆及配套的吊具,应根据相应的产品标准和应用技术规定选用。

5.6.2 吊装着力点的受力区域应做局部承载验算,以确保安全,同时避免产生引起构件裂缝或过大变形的内力。

5.6.3 对于预埋吊点的施工验算,本标准采用安全系数法进行设计,主要考虑几个因素:工程设计普遍采用安全系数法,并已成为国外和我国香港、台湾地区的预制结构相关标准所采纳;预埋吊点多由单自由度或超静定次数较少的钢构(配)件组成,安全系数法有利于判断系统的安全度,并与螺栓、螺纹等机械加工设计相比较、协调;缺少采用概率极限状态设计法的相关基础数据;现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 中规定“当缺乏统计资料时,工程结构设计可根据可靠的工程

经验或必要的试验研究进行，也可采用容许应力或单一安全系数等经验方法进行。”

本条的施工安全系数为预埋吊点的承载力标准值或试验值与施工阶段的荷载标准组合作用下的效应值之比。施工安全系数的取值需要考虑较多的因素，例如需要考虑构件自重荷载分项系数、钢筋弯折后的应力集中对强度的折减、动力系数、钢丝绳角度影响、临时结构的安全系数、临时支撑的重复使用性等，从数值上可能比永久结构的安全系数大。施工安全系数也可根据具体施工实际情况进行适当增减。另外，对复杂或特殊情况，预埋吊点的承载力则建议通过试验确定。

6 下部结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 装配式下部结构应按现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362、《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363、《公路路基设计规范》JTG D30 和《城市桥梁设计规范》CJJ 11、《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166 - 2011、《公路桥梁抗震设计规范》JTG/T 2231 - 01 - 2020、《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 等进行设计。

预制下部结构构件间接缝的正截面承载力应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定，接缝抗剪承载力应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的规定。对于采用预埋件焊接连接、螺栓连接等连接节点的装配式结构，应根据连接节点的类型，确定相应的计算模型，选取适当的方法进行结构分析。

6.2 连接设计

6.2.1 欧洲 FIB 标准将装配式结构中预制构件的连接设计要求归纳为：标准化、简单化、抗拉能力、延性、变形能力、防火、耐久性和美学等八个方面的要求，即节点连接构造不仅应满足结构的力学性能，尚应满足工程物理性能的要求。

6.2.2 为了确保预制构件满足当前我国规范对桥梁耐久性的要求，条文对预制构件从材料、施工质量及受力状态等做出了相关规定。采用灌浆连接套筒或灌浆金属波纹管连接的预制构件，其耐久性主要考虑预制构件自身以及拼接缝垫层的耐久性，预制构件自身的耐久性与传统现浇混凝土构件类似，故可以采用相同的规定；对于内

部布置灌浆连接套筒的预制构件，根据国外的应用实践和研究成果，通过提供一定的保护层厚度即可满足要求。对于拼接缝垫层的耐久性，主要是确保拼接缝不开裂，以及垫层材料自身的耐久性要求，因此，参考国内外相关研究成果，高强砂浆垫层通过材料成分及施工质量两方面控制，即可满足要求；对于采用环氧粘结剂为连接材料的，从环氧粘结剂材料和施工质量等方面对其提出耐久性要求的规定，这些要求均已体现在本标准的相关条文中。

6.2.3 装配式下部结构预制构件主要连接方式可根据表 2 进行选用。

表 2 装配式下部结构预制构件间主要连接方式、适用范围

序号	连接方式	适用范围
1	灌浆套筒	桥台各构件竖向连接，桥墩各构件竖向连接
2	灌浆金属波纹管	墩柱、台身与承台、盖梁连接
3	后张预应力筋	墩柱与承台、盖梁连接，盖梁、墩柱节段连接
4	钢板连接	扶壁式桥台台身、肋板式桥台肋板与基础或承台连接
5	法兰连接	桩身之间连接

6.2.5 灌浆套筒对构件钢筋布置干扰小，锚固性能及延性良好，但对水平公差要求高，需要配套的灌浆材料和设施，操作人员需要较高的专业技能，且需要进行多次灌浆作业。灌浆套筒连接的典型图可见图 14。

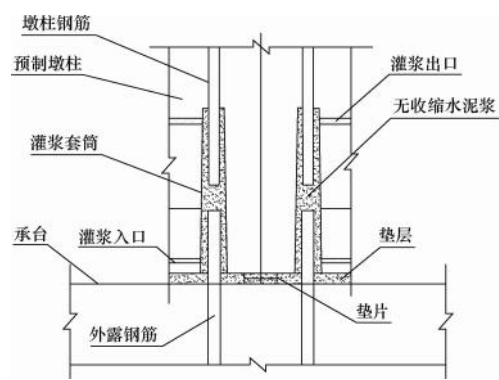


图 14 承台与墩柱的灌浆套筒连接

6.2.6 在预制构件之间及预制构件与现浇混凝土的接缝处，当受力钢筋采用安全可靠的连接方式，且接缝处新旧混凝土之间采用粗糙面、键槽等构造措施时，结构的整体性能与现浇混凝土结构类同，设计中可采用与现浇结构相同的方法进行结构分析。

6.2.7 灌浆连接套筒的作用是将一根钢筋的力传递至另一根钢筋，因此在工厂预制安装部分可采用现场灌浆连接或者直接采用机械连接。全灌浆套筒一端为预制安装端，另一端为现场拼装端，套筒中间应设置钢筋限位挡板；半灌浆套筒，钢筋机械连接端为预制安装端，另一端为现场拼装端。

6.2.8 灌浆套筒分为全灌浆套筒和半灌浆套筒。根据试验研究，为保证钢筋、灌浆料拌合物及套筒体系可靠，对于全灌浆套筒，套筒预制安装端及现场拼装端钢筋伸入长度均不应小于 $10d_s$ ，对于半灌浆套筒，套筒现场拼装端长度不应小于 $10d_s$ 。

6.2.9 由于灌浆套筒连接模式其制作工艺及压浆工艺的可靠度高于常规的连接模式，因此可以布置在同一断面。

6.2.10 考虑到预制构件的耐久性要求，预制构件中的连接套筒和主筋净保护层厚度不宜小于 30mm。连接套筒比纵向钢筋尺寸大，易导致截面拥挤，为了确保混凝土浇筑密实，给出了套筒间净距的要求。

6.2.11 2 套筒连接区域墩柱截面刚度及承载力较大，为避免墩柱的塑性铰区可能会上移到套筒连接区域以上，至少应将套筒连接区域以上 500mm 高度区域内墩柱箍筋加密。同时，考虑到灌浆套筒对预制墩柱局部刚度的影响，为保证塑性铰区域具有足够的延性、锚固牢固性及抗剪能力，应避免灌浆套筒处箍筋配筋率的突变，并规定箍筋加密区应延伸到预制承台或盖梁内。如图 15 所示。

3 部分采用灌浆套筒连接的预制拼装桥墩试验表明，套筒工厂端外露钢筋长度不足时，会发生钢筋带套筒从承台中一起发生滑移或拔出现象（钢筋与套筒没有发生相对滑移），因此，必须确保一定的锚固长度。

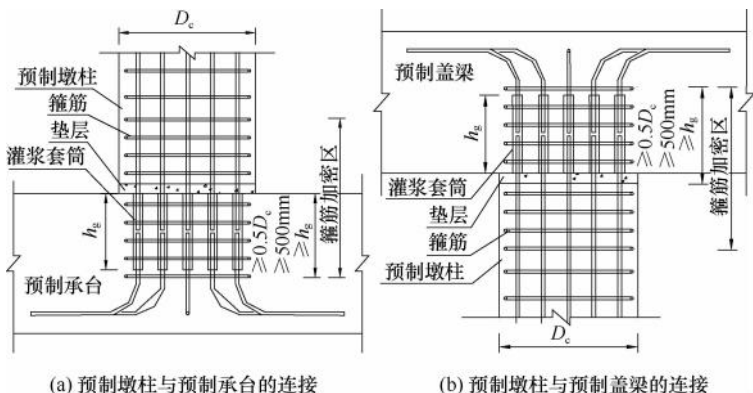


图 15 灌浆套筒在预制承台或盖梁内时箍筋加密区

考虑到当连接套筒位于盖梁或承台内时，为确保预制拼装桥墩墩身塑性铰区域具有可靠的延性能力及纵向钢筋与套筒可靠地锚固，参考国家现行标准《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166 的规定，要求加密区域配置的箍筋应延续到预制承台或盖梁内，延伸长度不宜小于墩柱长边尺寸的 $1/2$ ，并不应小于 500mm ，且在满足现有抗震设计规范构造要求的情况下，延伸到预制承台或盖梁的距离还不宜小于连接套筒的高度，预制墩柱内的加密箍筋高度按现有抗震设计规范构造要求配置即可。

6.2.12 为确保灌浆套筒在箍筋约束下对核芯混凝土形成一个可靠的约束，同时便于施工中对套筒进行整体的安装，应在灌浆连接套筒压浆口下缘处设一道箍筋。

6.2.13 灌浆连接套筒布置在预制构件中时，应考虑套筒对预制构件刚度及相关构造的影响。

灌浆连接套筒布置在预制构件中时，将使得布置金属套筒范围的截面强度增大，同时也将使得该局部区域刚度增大。因此，在预制构件静力计算时，应考虑金属套筒对该构件强度和刚度的影响。但由于截面与配筋形式多样，难以给出统一的影响系数，实际工作中，偏安全考虑，在验算构件强度和变形时，也可忽略

该金属套筒导致的强度和刚度增强。

6.2.14 为确保连接安全可靠，灌浆连接套筒上不应焊接。

6.2.15 制造时适当加长构件外露钢筋，待接缝宽度确定后再进行切割。安装止浆垫片，可避免坐浆料进入灌浆套筒，造成灌浆套筒入浆孔堵塞。

6.2.16 实际施工中需通过垫层厚度调整预制构件高度和平整度，同时考虑到预制构件受力要求，砂浆垫层厚度不宜过大；同类型构件之间的拼装应采用环氧粘结剂，其厚度需考虑受力和施工的要求。

6.2.17 灌浆金属波纹管连接对水平公差要求较低，外露钢筋对波纹管所在构件的钢筋干扰小，连接的锚固性能良好、延性良好。如图 16 所示。

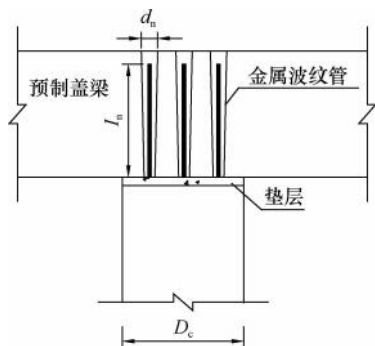


图 16 墩柱与盖梁的灌浆金属波纹管连接

6.2.18 在预制构件之间及预制构件与现浇混凝土的接缝处，当受力钢筋采用安全可靠的连接方式，且接缝处新旧混凝土之间采用粗糙面、键槽等构造措施时，结构的整体性能与现浇混凝土结构类同，设计中可采用与现浇结构相同的方法进行结构分析，并根据本标准的相关规定对计算结果进行适当的调整。

6.2.19 由于灌浆金属波纹管连接模式其制作工艺及压浆工艺的可靠度高于常规的连接模式，因此可以布置在同一断面。

6.2.20 考虑到预制构件的耐久性要求, 构件中的金属波纹管和主筋净保护层厚度不宜小于 30mm。金属波纹管直径比纵向钢筋直径大, 易导致截面拥挤, 为确保混凝土浇筑密实, 给出了金属波纹管间净距的构造要求。

6.2.21 我国现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 对受拉直筋锚固于强度大于 C40 混凝土, 建议锚固长度大于 $30d_s$, 考虑抗震影响, 建议增加 $10d_s$ 。美国 AASHTO 建议的锚固长度计算公式见下式:

$$\text{Max}\left(\frac{0.02A_s f_y}{\sqrt{f'_c}} \times 0.8 \times 0.75, 0.06d_s f_y\right) \approx 24d_s$$

式中: A_s ——锚固钢筋面积 (mm²);

f_y ——钢筋抗拉强度 (MPa);

f'_c ——钢筋抗压强度 (MPa);

d_s ——外露钢筋直径 (mm)。

考虑到金属波纹管灌浆料拌合物强度可达 100MPa, 因此, 波纹管中钢筋的锚固长度可适当缩短, 参考国内外已有的试验成果, 可缩短至 $24d_s$ 。承台混凝土强度等级一般为 C30, 而关于灌浆波纹管锚固长度的拉拔试验, 常采用的是 C40 混凝土作为锚固波纹管的试块, 因此, 对于承台内灌浆波纹管的锚固长度, 规范建议的最小锚固长度 $24d_s$ 偏不安全, 因此在 $24d_s$ 基础上加 $5d_s$ 。

6.2.22 考虑到当灌浆套筒或波纹管位于盖梁或承台内时, 为确保装配式混凝土桥墩柱身塑性铰区域具有可靠的延性能力及纵筋与套筒可靠地锚固, 参考现行行业标准《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166 的要求, 规定加密区域配置的箍筋应延续到盖梁和承台内, 延伸长度不宜小于墩柱长边尺寸的 1/2, 并不应小于 500mm, 建议在满足现有抗震设计规范构造要求的情况下, 延伸到盖梁和承台的距离还不宜小于灌浆套筒或波纹管的高度。

6.2.23 为保证压浆质量, 压浆顺序应由下至上, 并保证在压浆口下缘布置一道箍筋, 因此, 压浆口下缘与端部净距应大

于 20mm。

6.2.24 为确保连接安全可靠，金属波纹管上不应焊接。

6.2.25 从已有研究及工程实例来看，对于节段拼装墩柱，通常钢筋的一端会和基础在现场一起浇筑，而另一端则延伸到盖梁顶端，因为预应力钢绞线可弯曲的程度较好，可以适用于各种形式的套管内以配合设计，故得到广泛应用；对于节段拼装盖梁，预应力钢绞线由于施工便捷，因此应用较多。

6.2.26 盖梁或墩柱构件的正截面抗弯和斜截面抗剪强度或正截面抗压强度计算应按现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 执行，并考虑强度折减。预制节段间的湿接混凝土接缝或环氧树脂接缝为 A 类接缝。抗弯折减系数取 0.95，抗剪折减系数取 0.90。计算节段梁截面应力时，在管道压浆前，应采用净截面。在管道灌浆后，应采用换算截面。构件正截面抗弯、抗压强度计算，不应计普通钢筋。

6.2.28 墩柱节段之间的拼装应采用环氧粘结剂，其厚度需考虑受力和施工的要求。

6.2.29 本条文中的施加匹配面压应力主要是提供全接缝上较为均匀的压力以缩小构件之间的拼缝，匹配面混凝土压应力可通过设置临时预应力的方式施加，临时压应力筋的布置及张拉力应满足多次张拉的作业要求，临时压应力宜采用预应力粗钢筋作为张拉材料，并应拧紧张拉螺母。施工过程中发现张拉材料、锚具有损伤或有疑问时，应立即予以调换。本条中所规定的应力值是根据以往经验拟定的。设计中应考虑钢筋、预应力筋管道之间的合理布置，并在设计图中予以说明。

6.2.32 受力预埋件由钢板和锚筋焊接而成。

6.2.33 预埋件中锚筋的布置不能太密集，否则会影响锚固受力的效果。直锚筋的数量应按计算确定。

6.3 盖 梁

6.3.1 预制盖梁采用节段拼装建造时，从施工和受力角度出发，

盖梁节段截面上宜采用剪力键方式，剪力键布置形式及构造要求参考预制节段箱梁剪力键构造求。

6.3.2 预制盖梁采用上、下分层建造时，由于下层预制构件的箍筋伸入上层现浇混凝土中，并与上层构件的纵向受力钢筋连接成整体，因此，可以不使用剪力键。

6.3.3 在盖梁湿接头处，当受力钢筋采用安全可靠的连接方式，且接缝处新旧混凝土之间采用粗糙面、键槽等构造措施时，结构的整体性能与现浇混凝土结构类同，设计中可采用与现浇结构相同的方法进行结构分析。

6.5 承 台

6.5.1 承台需要根据墩柱及桩基的类型和预制方式相应设置预留槽、管道、预埋件等，以满足与墩柱和桩基的连接要求。

6.5.2 预制承台与墩柱的连接方式取决于墩柱的类型和结构形式。

6.6 预制桩基础

6.6.1 预制桩的选型应考虑工程地质情况、建设区域抗震设防烈度、上部结构特点、荷载大小及性质、施工条件、沉桩设备等因素综合分析后选用。预制桩桩型可按表 3 选择。

表 3 预制桩桩型选择

预制桩类型选择条件			钢筋混凝土桩	预应力混凝土桩	钢桩	钢管混凝土管桩
地形及地址条件	桩基土层分布情况	中间层非常软弱	★	★	★	★
		中间层软弱	★	★	★	★
		中间层有很硬的地层	×	△	△	△
		中间层有大的砂砾层	×	×	×	×
		中间层有 5m 以上的细砂层	△	✓	★	★
		上层软弱，下层良好	★	★	✓	✓

续表 3

预制桩类型选择条件			钢筋混凝土桩	预应力混凝土桩	钢桩	钢管混凝土管桩
地形及地址条件	桩基土层分布情况	5m 以下为砾石层	△	△	△	△
		有 5m ~ 10m 的砾石层	△	△	△	△
		有 10m ~ 50m 的砾石层	×	×	△	△
	持力层桩基的状态	倾斜 30° 以上	△	△	✓	✓
		凹凸不平严重	△	△	✓	✓
	地下水状态	涌水量非常多	★	★	★	★
		离地面 2m 以上的自喷地下水	★	★	★	★
		地下水流速 3m/min 以上	★	★	★	★
		地下水位在地表附近	★	★	★	★
上部结构的特性	荷载大小	垂直荷载小（支点间距 20m 以下）	★	★	✓	△
		一般垂直荷载（支点间距 20m ~ 50m）	★	★	★	★
		垂直荷载大（支点间距 50m 以上）	✓	✓	★	★
		水平荷载小	★	★	✓	✓
		水平荷载大	△	✓	✓	✓
	支承方式	桩前端支承	★	★	★	★
		摩擦支承	★	★	★	★
	易振动液化地基（按抗震设计）		△	✓	★	★
施工条件	施工深度（m）	2 ~ 5	✓	△	△	△
		5 ~ 15	★	✓	✓	✓
		15 ~ 25	✓	★	★	★
		25 ~ 40	×	△	★	★

注：表中符号 ★ 表示经常选用，✓ 表示可选用，△ 表示较少选用，× 表示不可选用。

6.6.4 钢筋混凝土桩经济性良好，常用结构形式为方形桩，

但由于钢筋混凝土桩耐打性能较为一般，因此适用于中间层较为软弱的地基土层。钢筋混凝土桩主要考虑承受竖向荷载，当同时承受水平荷载时，设计人员应结合地质条件、工程结构类型、荷载性质与大小等因素综合考虑后进行配筋和选用接桩形式。

6.6.6 钢桩材质应符合现行国家有关规范、标准规定，其规格应根据工程地质、荷载、基础平面、上部荷载以及施工条件综合考虑后加以选择。钢桩的选材在满足使用和安全的前提下，应注意经济合理，由于工程所处环境、水质和气候等条件不同，钢材腐蚀的特点也有所不同，设计时应综合考虑，耐腐蚀特种钢因价格较贵，选用时应慎重。常用的有 250mm ~ 1200mm 的 H 型钢桩和钢管桩。

在承受垂直荷载或水平荷载，贯入各类地层的能力强且对地层的扰动较少时，可选用 H 型钢桩。H 型钢桩的截面积较小，不能提供较高的端承承载力。长细比较大易在打入时出现弯曲现象，弯曲超过一定限度时就不能作为基础桩使用。

钢管桩在贯入能力、抗弯曲的刚度、单桩承载力和节长焊接等方面都有明显的优越性，但钢管桩造价较高。

6.6.8 预制桩的自身耐久性对桩的耐久性有重要作用，所以对混凝土的强度等级、水胶比、抗渗等级和钢筋的混凝土保护层均有较高的要求。在硫酸根离子、氯离子介质腐蚀条件下，桩身采用耐腐蚀材料制作的措施是个治本的办法，当已能满足防腐蚀性要求时，可以不再考虑其他防护措施。

1 在硫酸根离子介质腐蚀条件下，桩身可采用抗硫酸盐硅酸盐水泥混凝土或掺入抗硫酸盐的外加剂、矿物掺合料的普通硅酸盐水泥混凝土制作。

2 在氯离子介质腐蚀条件下，可在混凝土内掺入钢筋阻锈剂、矿物掺合料。

采用抗硫酸盐硅酸盐水泥和掺入抗硫酸盐的外加剂、钢筋阻锈剂、矿物掺合料等外加剂时，应符合现行国家标准《工业建

筑防腐设计标准》GB/T 50046 的规定。

当管桩需要采取表面防护措施时，桩表面可采用环氧沥青、聚氨酯（氰凝）的涂层。这些涂层在国内均有使用经验，在细粒土的地层中，打桩时一般不会磨损。

6.6.12 当预制桩用作抗拔桩时，端部应设置锚固钢筋，锚固钢筋宜采用低碳钢热轧圆盘条或钢筋混凝土用热轧带肋钢筋，端板厚度宜增加且满足设计要求。

6.6.14 根据采用预应力管桩的施工经验，当桩端持力层为非饱和状态的强风化岩时，闭口桩沉桩后一定时间由于桩端构造缝隙浸水导致风化岩软化，端阻力有显著降低现象。故沉桩后立刻灌入微膨胀混凝土至桩端以上约 2m 或者采用一体化混凝土桩尖，以起到防止渗水软化现象发生的作用。

6.6.15 钢桩的端部形式可按表 4 的规定采用。

表 4 钢桩的端部形式

钢桩类型	端部形式	
钢管桩	敞口	带加强箍（带内隔板、不带内隔板）
		不带加强箍（带内隔板、不带内隔板）
	闭口	平底
		锥底
H 型钢桩	带端板	—
	不带端板	平底（带扩大翼、不带扩大翼）
		锥底

6.6.16 上节桩壁厚较大时钢管桩接头形式见图 17a)，加强箍构造见图 17b)。

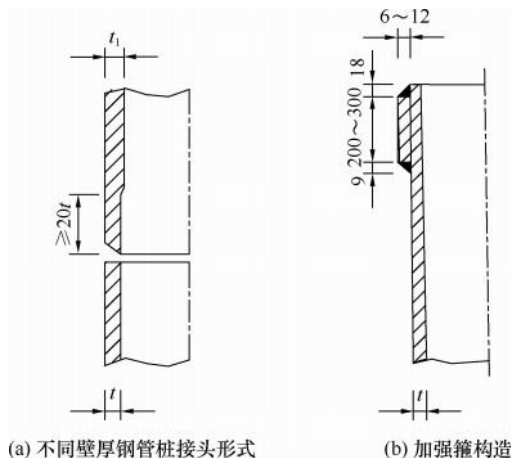


图 17 钢管桩不同壁厚接桩及加强箍构造示意图（单位：mm）

6.6.17 预制桩的接桩方式可按表 5 确定。

表 5 预制桩的接桩方式选择

类别	焊接接头	机械接头
混凝土预制桩	✓	✓
预应力混凝土桩	✓	✓
钢桩	✓	×
高强混凝土薄壁钢管桩	✓	✓

接头的受力性能应满足设计对桩身抗压、抗拔、抗剪、抗弯性能的要求，且接头处正截面受弯极限弯矩不应低于桩身正截面极限弯矩的要求。在抗震设防烈度为 7 度和 8 度时，桩的接头位置应设置在非液化土层中。

6.6.22 钢桩的纵缝和环缝都属于结构焊缝，均应采用对接（图 18），不应采用搭接或其他形式。为了保证焊接质量，尽可能进行工厂焊接，并采用双面施焊。如不能采用双面施焊，则应内衬单面施焊，或采用其他可靠的焊接工艺，否则焊缝强度应适当降低。钢管桩桩身接头采用桩身内衬套上下对接焊接，H 型钢

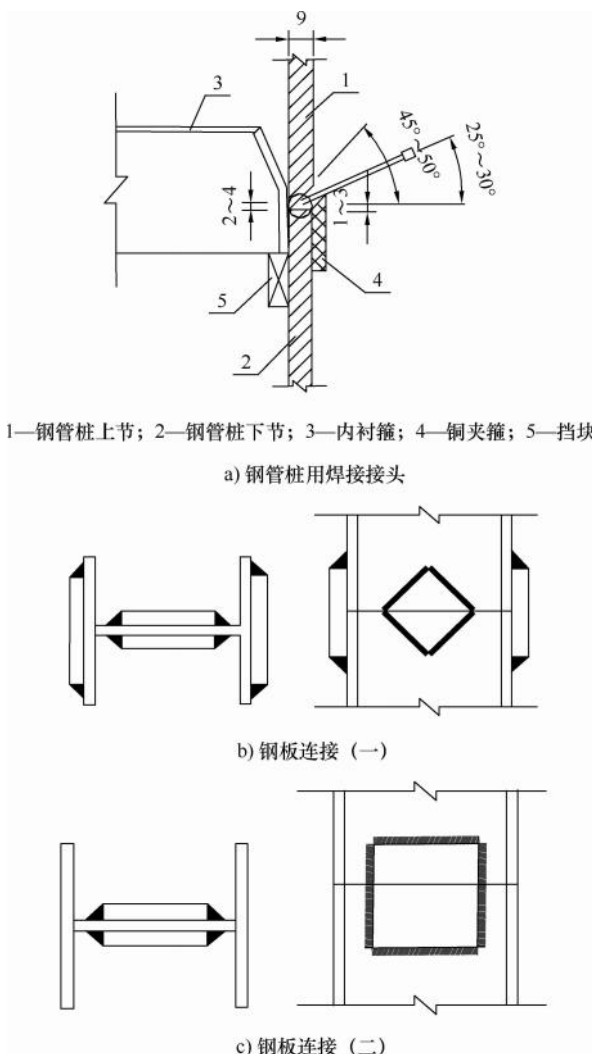


图 18 钢桩焊接连接示意图

桩或其他薄壁钢桩不同于钢管桩，其断面与刚度本来就很小，为保证应有的刚度和强度不致因焊接而削弱，一般应加连接板，严禁在没有焊接工艺评定指标的情况下操作。

- 6.6.23** 实心桩现在的常用结构形式为预制钢筋混凝土实心方桩，该条仅给出实心方桩与承台的连接构造。预制实心方桩的承插式连接可用于承压桩、抗拔桩。当预制桩桩顶伸入孔洞高度超过条文要求且不满足承插式连接要求时，可采用图 6.6.23a)、图 6.6.23b) 的方法进行连接，锚固钢筋的长度可适当减小。
- 6.6.24** 填芯混凝土与预制桩内壁粘结强度设计值 f_z 宜由现场试验确定。当预制桩桩顶伸入孔洞高度超过条文要求时，若伸入高度加上锚固钢筋长度小于孔洞高度减 10cm，仍可采用图示方法进行连接。
- 6.6.25** 填芯混凝土与预制桩内壁粘结强度设计值 f_z 宜由现场试验确定。当预制桩桩顶伸入孔洞高度超过条文要求时，若伸入高度加上锚固钢筋长度小于孔洞高度减 10cm，仍可采用图 6.6.25a) 的方法进行连接。
- 6.6.26** 铰接结构构造复杂，且对桩顶抗腐蚀不利，钢桩桩顶与承台通常按固接设计，且应能承受桩顶弯矩、剪力和轴力等作用。固接连接有桩顶直接伸入承台、桩顶通过锚固铁件或锚固钢筋伸入承台三种形式。桩顶的锚固受力状态较为复杂，一般应采用应力叠加的方法计算，并按表 6 的规定验算。

表 6 桩顶锚固验算项目

荷载情况	桩顶直接伸入承台	桩顶通过锚固铁件、外侧锚固钢筋伸入承台
轴向压力	桩顶混凝土的挤压和冲切	
轴向拉力	桩顶锚固深度	锚固铁件的截面面积、锚固长度和焊缝长度
水平剪力、弯矩	桩侧混凝土的挤压应力	桩侧混凝土的挤压和铁件应力

7 构件预制

7.1 一般规定

7.1.2 生产方案的主要内容包括生产计划及生产工艺、模具方案及计划、技术质量控制措施、成品存放、运输、保护方案等。

7.1.3 产品信息包括构件名称和编号、生产单位（监理单位、建设单位）、混凝土强度等级、生产时间（浇筑起始时间、验收合格时间）、合格状态、构件尺寸（外轮廓尺寸）、重量、构件识别码等。

7.3 混凝土构件制作

7.3.13 张拉用千斤顶和压力表应配套标定、配套使用。标定时千斤顶活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致。张拉设备的标定期限不应超过 6 个月且不超过 200 次。当张拉设备出现不正常现象时或千斤顶检修后，应重新标定。对同一束预应力筋，应采用相应吨位的千斤顶整束张拉。对直线形或平行排放的预应力钢绞线束，在各根钢绞线不受叠压时，也可采用小型千斤顶逐根张拉。

7.3.19 若模具具有漏浆、变形或预埋件移位超出偏差时，应及时采取补救措施。

7.3.22 预制构件进行脱模时，受到的荷载包括：自重、脱模起吊瞬间的动力效应、脱模时模板与构件表面的吸附力。其中，动力效应应采用构件自重标准值乘以相应的动力系数计算；脱模吸附力是作用在构件表面的均布力，与构件表面和模具状况有关，一般不宜小于 1.5kN/m^2 。

7.6 质量控制与检验

7.6.3 “同类型”是指同一钢种、同一混凝土强度等级、同一生产工艺和同一结构形式。

8 构件运输与安装

8.4 墩柱安装

8.4.4 环氧类粘结剂对界面的要求比较严格，因此拼装前应对拼接缝处进行处理；参照现行行业标准《预应力混凝土桥梁预制节段逐跨拼装施工技术规范》CJJ/T 111，对立柱节段间环氧粘结剂做出了具体的施工要求。

8.6 混凝土梁安装

8.6.5 节段拼装时，随着梁段一对对的安装，悬臂端梁段和已安装的中间梁段的挠度经常在变化，事先绘制主梁安装时的挠度变化曲线，以控制梁段安装高程是必要的。此曲线应由设计提供，当设计未提供时，施工单位应会同设计单位绘制。

预应力连续梁桥、悬臂梁桥的主梁与桥墩间不是连成整体的结构（设有支座），悬拼时，需要采取临时措施，以承受墩两侧悬拼产生的不平衡力矩。

附录 B 预应力混凝土箱梁主要构造

B.0.5 结构连续体系箱梁中支点现浇连续段施工和负弯矩预应力钢束张拉，应采取合理的工序，减小负弯矩预应力钢束张拉对湿接缝的影响。

B.0.6 预制和现浇横隔梁的上、下缘主筋连接应满足受力要求，需采用焊接连接。

附录 C 预应力混凝土 T 梁主要构造

C.0.7 结构连续体系 T 梁中支点现浇连续段施工和负弯矩预应力钢束张拉，应采取合理的工序，减小负弯矩预应力钢束张拉对湿接缝的影响。

C.0.9 预制和现浇横隔梁的上、下缘主筋连接应满足受力要求，需采用焊接连接。