

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 4986—2024

预制装配桥梁设计与施工技术规范

Technical specification for design and construction of precast bridges

2024-12-27 发布

2025-01-27 实施

江苏省市场监督管理局 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言Ⅲ

1 范围1

2 规范性引用文件1

3 术语和定义1

4 基本要求2

5 材料2

6 设计8

7 预制.....16

8 运输及安装.....19

9 质量检验.....25

附录A（资料性） 预制构件运输可通过性评价方法31

附录B（资料性） 桥梁轴载当量的建议取值34

附录C（资料性） 一般道路桥梁情况下的构件长度限制建议取值35

附录D（资料性） 套筒及金属波纹管灌浆检测方法38

参考文献45

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省交通运输厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：南京市交通运输局、南京市公路事业发展中心、华设设计集团股份有限公司、中建安装集团有限公司、南京市路桥工程有限公司、上海同济检测技术有限公司、江苏交通工程咨询监理有限公司、华设盐城智能制造有限公司。

本文件主要起草人：罗睿、赵文政、韩大章、叶龙、王金万、姚宇、周青、冯士群、李庆华、夏明、贾萌、傅晨曦、张金康、许炜立、王鹏、严科、成文、张小琼、王国华、戴捷、王立新、李正、肖军、华新、刘冰、曹孙林、杨鹏、倪娇娇、刘武、李兵。

预制装配桥梁设计与施工技术规范

1 范围

本文件规定了预制装配桥梁设计与施工的基本要求、材料、设计、预制、运输及安装、质量检验的技术要求。

本文件适用于抗震设防烈度为Ⅶ度及Ⅶ度以下的地区预制装配桥梁的设计与施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 699 优质碳素结构钢
GB/T 1348 球墨铸铁件
GB/T 8162 结构用无缝钢管
GB/T 13793 直缝电焊钢管
GB/T 50448 水泥基灌浆材料应用技术规范
JGJ 33 建筑机械使用安全技术规程
CJJ 166—2011 城市桥梁抗震设计规范
JGJ 107—2016 钢筋机械连接技术规程
JGJ/T 178 补偿收缩混凝土应用技术规程
JGJ 276 建筑施工起重吊装工程安全技术规范
JG/T 398 钢筋连接用灌浆套筒
JG/T 408 钢筋连接套筒灌浆料
JT/T 946 公路工程预应力孔道灌浆料(剂)
JTG/T 2231—01—2020 公路桥梁抗震设计规范
JTG/T 2421 公路工程设计信息模型应用标准
JTG/T 2422 公路工程施工信息模型应用标准
JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
JTG/T 3365—05—2022 公路装配式混凝土桥梁设计规范
JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
JTG/T 3654 公路装配式混凝土桥梁施工技术规范
JTG F80/1—2017 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

灌浆套筒连接 grouted splicing sleeve connection

在金属套筒的端部插入钢筋并压注水泥基灌浆料的钢筋连接方式。

3.2

灌浆金属波纹管连接 grouted and corrugated metal pipe connection

混凝土预制构件预埋受力钢筋插入另一构件的金属波纹管并压注水泥基灌浆料的钢筋连接方式。

3.3

承插式连接 socket connection

将混凝土预制构件一端插入相接构件的预留孔内,通过浇筑混凝土或压注水泥基灌浆料,使构件连接成整体的连接方式。

3.4

湿接缝 wet joint

混凝土构件预制节段的结合面采用现浇混凝土连接的接缝。常用于盖梁节段之间以及装配式预应力混凝土箱梁之间的连接。

3.5

胶接缝 epoxy joint

混凝土构件预制节段的结合面采用涂抹环氧树脂胶材料的接缝。常用于墩柱节段之间以及盖梁节段之间的连接。

3.6

调节垫块 adjustment cushion block

设置在不同构件拼接缝之间的块体,用于调节构件标高、水平度、垂直度及控制砂浆垫层的厚度。

4 基本要求

4.1 预制装配桥梁宜综合考虑预制、运输、安装、运营养护等因素,遵循标准化、数字化设计原则,采用结构合理、质量可靠、运输方便、安装快捷、管养便利、绿色环保的方案。

4.2 预制装配桥梁应注重细部构造设计,满足预制拼装的质量控制和精度要求。

4.3 工程信息模型宜在预制装配桥梁项目设计、施工全过程应用。

4.4 局部节点工程出现变宽、变高等异型结构,难以标准化制作或运输受限时,可采用现浇方式。

4.5 预制装配桥梁施工前应根据结构型式及设计要求,结合构件预制、运输及安装条件编制施工组织设计和专项施工方案。

4.6 预制构件应在工厂内加工,应验收合格后出厂。出厂前应对构件信息进行全面标识,包括工程名称、设计单位、施工单位、监理单位、生产日期、构件编号等信息。

4.7 预制构件的坐浆、灌浆等隐蔽性工程应开展现场影像记录,并建档保存。

4.8 预制装配桥梁位于抗震设防烈度Ⅶ度以上的地区,应开展专项抗震设计。

5 材料

5.1 混凝土

5.1.1 混凝土的设计指标应符合 JTG 3362 的有关规定。

5.1.2 预应力上部结构及预应力盖梁混凝土强度等级不宜低于 C50,钢筋混凝土墩柱、盖梁混凝土强度等级不宜低于 C40。湿接缝混凝土强度等级不应低于预制构件混凝土强度等级。

5.1.3 湿接缝混凝土宜采用补偿收缩混凝土,补偿收缩混凝土应符合 JGJ/T 178 的有关规定。

5.2 钢筋与钢材

5.2.1 普通钢筋、预应力钢筋的设计指标应符合 JTG 3362 的有关规定。

5.2.2 普通受力钢筋宜采用 HRB400 级及以上热轧钢筋。

5.2.3 预应力钢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。

5.2.4 钢筋机械连接接头材料应符合 JGJ 107 的有关规定。

5.3 灌浆套筒

5.3.1 灌浆套筒按加工方式可采用铸造灌浆套筒或机械加工灌浆套筒。

5.3.2 采用球墨铸铁铸造的灌浆套筒,材料应符合 GB/T 1348 的有关规定,其材料性能应符合表 1 的规定。采用优质碳素结构钢机械加工的灌浆套筒,材料应符合 GB/T 699 的有关规定,其材料性能应符合表 2 的规定。

表 1 球墨铸铁灌浆套筒的材料性能要求

材料	抗拉强度/MPa	断后伸长率/%	球化率/%	硬度/HBW	珠光体含量/%
QT500	≥500	≥7	≥85	170~230	≥55
QT550	≥550	≥5	≥55	180~250	≥55
QT600	≥600	≥3	≥55	190~270	≥55

表 2 机械加工灌浆套筒的材料性能要求

材料	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	断后伸长率/%
45#圆钢	≥600	≥355	≥16
45#圆管	≥590	≥335	≥14

5.3.3 钢筋采用灌浆套筒连接的接头性能应符合 JGJ 107—2016 I 级接头的有关规定,钢筋 I 级接头极限抗拉强度应符合表 3 的规定,其变形性能应符合表 4 的规定。

表 3 钢筋 I 级接头极限抗拉强度要求

接头等级	I 级接头
极限抗拉强度	1.钢筋拉断(指断于钢筋母材、套筒外钢筋丝头和钢筋镦粗过渡段) $f_{mst0} \geq f_{stk}$; 2.连接件破坏(指断于套筒、套筒纵向开裂或钢筋从套筒中拔出以及其他连接组件破坏) $f_{mst0} \geq 1.10f_{stk}$
注 1: f_{mst0} 为接头试件实测极限抗拉强度。 注 2: f_{stk} 为钢筋极限抗拉强度标准值。	

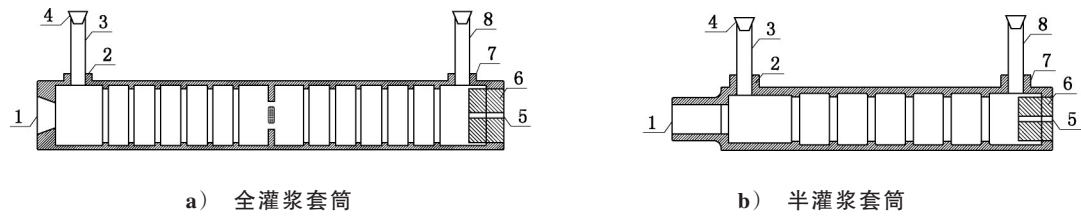
表 4 钢筋 I 级接头变形性能要求

项目		变形性能要求
对中单向拉伸	残余变形/mm	$u_0 \leq 0.10(d_s \leq 32)$ $u_0 \leq 0.14(d_s > 32)$

表 4 钢筋 I 级接头变形性能要求（续）

项目		变形性能要求
对中单向拉伸	最大力下总伸长率/%	$A_{sgt} \geq 6.0$
高应力反复拉压	残余变形/mm	$u_{20} \leq 0.3$
大变形反复拉压	残余变形/mm	$u_4 \leq 0.3$ 且 $u_8 \leq 0.6$
<p>注 1: d_s 为钢筋直径。</p> <p>注 2: u_0 为接头试件加载至 $0.6f_{yk}$ 并卸载后在规定标距内的残余变形。</p> <p>注 3: f_{yk} 为钢筋屈服强度标准值。</p> <p>注 4: A_{sgt} 为接头试件的最大力下总伸长率。</p> <p>注 5: u_{20} 为接头试件按规定加载制度经高应力反复拉压 20 次后的残余变形。</p> <p>注 6: u_4 为接头试件按规定加载制度经大变形反复拉压 4 次后的残余变形。</p> <p>注 7: u_8 为接头试件按规定加载制度经大变形反复拉压 8 次后的残余变形。</p>		

5.3.4 灌浆套筒按钢筋连接方式可分为全灌浆套筒和半灌浆套筒,如图 1 所示。



- 标引序号说明:
- 1——预制安装端;
 - 2——出浆口;
 - 3——出浆管;
 - 4——止浆塞;
 - 5——现场拼装端;
 - 6——定位柱塞;
 - 7——压浆口;
 - 8——压浆管。

图 1 灌浆套筒示意图

5.3.5 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;预制安装端及现场拼装端钢筋深入长度均不应小于 $10d_s$;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 30 mm,但不宜大于 50 mm;套筒尺寸偏差应符合 JG/T 398 的有关规定。

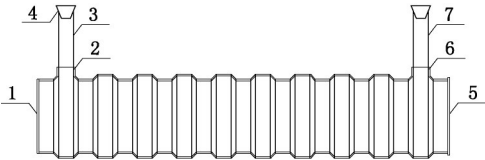
5.3.6 半灌浆套筒一端为灌浆连接,另一端为机械连接,钢筋机械连接端为预制安装端,另一端为现场拼装端;现场拼装端长度不应小于 $10d_s$;现场拼装端下端应设置压浆口,上端应设置出浆口,压浆口下缘与端部净距应大于 30 mm,但不宜大于 50 mm;套筒尺寸偏差应符合 JG/T 398 的有关规定。

5.3.7 灌浆套筒供应厂家应提供与套筒配套的配件,包括止浆塞、压浆管、出浆管、密封环、密封柱塞等。

5.4 灌浆金属波纹管

5.4.1 灌浆金属波纹管宜采用直缝电焊钢管或无缝钢管加工制作。钢管应采用 Q235 钢或以上牌号的钢材,技术指标应符合 GB/T 13793 或 GB/T 8162 的有关规定。灌浆金属波纹管宜采用外形为带闭合

圆环状波纹的圆钢管,如图 2 所示。



标引序号说明:

- 1——预制安装端;
- 2——出浆口;
- 3——出浆管;
- 4——止浆塞;
- 5——现场拼装端;
- 6——压浆口;
- 7——压浆管。

图 2 灌浆金属波纹管示意图

5.4.2 灌浆金属波纹管全长不应小于 $24d_s$,且不应拼接;根据抗震构造设计要求,金属波纹管预埋在盖梁或承台中时,应在 $24d_s$ 的基础上增加 $10d_s$ 。金属波纹管管内径不宜小于 $d_s+40\text{ mm}$,内径尺寸允许偏差为 $\pm 0.50\text{ mm}$;对于内径不大于 10 cm 的金属波纹管,其钢带壁厚应不小于 0.45 mm ,波纹管肋高不小于 3.10 mm 。

5.4.3 灌浆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 30 mm ,但不宜大于 50 mm 。

5.4.4 灌浆金属波纹管供应厂家应提供与波纹管配套的配件,包括止浆塞、压浆管、出浆管、钢筋伸入段封盖、封口板等。

5.5 灌浆料

5.5.1 预应力孔道灌浆料应按照 JT/T 946 采用专用的灌浆材料,应具有良好的流动性、和易性、泌水性和强度。

5.5.2 用于灌浆套筒或灌浆金属波纹管连接的水泥基灌浆料,材料及试验方法应符合 JG/T 408 的有关规定,其材料性能应符合表 5 的规定。

表 5 灌浆套筒或灌浆金属波纹管连接用水泥基灌浆料性能要求

项目		性能指标
流动度/mm	初始	≥ 320
	30 min	≥ 260
抗压强度/MPa	1 d	≥ 35
	3 d	≥ 60
竖向自由膨胀率/%	28 d	≥ 100
	3 h	0.02~2
	24 h 和 3 h 差值	0.02~0.4
28 d 自干燥收缩/%		≤ 0.045
氯离子含量/%		≤ 0.03

表 5 灌浆套筒或灌浆金属波纹管连接用水泥基灌浆料性能要求（续）

项目	性能指标
泌水率/%	0
水泥灌浆料在干燥条件下未开封包装前存放时间不应大于3个月。包装开封后应立即使用,如有剩余应做废弃处理。	

5.5.3 承插式连接采用水泥基灌浆料时,材料及试验方法应符合 GB/T 50448 的有关规定,其材料性能应符合表 6 的规定。

表 6 承插式连接用水泥基灌浆料性能要求

项目		性能指标
最大骨料粒径/mm		≤4.75
流动度/mm	初始	≥340
	30 min	≥310
抗压强度/MPa	1 d	≥20
	3 d	≥40
	28 d	≥60
竖向自由膨胀率/%	3 h	≥0.1
	24 h 和 3 h 差值	0.02~0.5
氯离子含量/%		≤0.06
泌水率/%		0

5.6 其他材料

5.6.1 当下部结构预制节段拼接缝采用砂浆垫层时,应选用补偿收缩水泥基砂浆,其材料性能应符合表 7 的规定。

表 7 砂浆性能要求

项目		性能指标
抗压强度/MPa	1 d	≥30
	28 d	≥60,且大于被连接构件抗压强度一个等级(5)
竖向自由膨胀率/%	24 h	≥0.02
	28 d	0.02~0.1
初凝时间/h		≥2
氯离子含量/%		≤0.03

5.6.2 当下部结构预制节段拼接缝采用环氧树脂胶时,其材料性能应符合表 8 的规定,且应有抗老化、防碳化、防腐蚀性的功能。

表 8 环氧树脂胶性能要求

项目			性能指标
物理性能	可施胶时间/min		≥20
	可粘结时间/min		≥60,且≤240
	抗流挂性能/mm		≥10
	可挤压性/mm ²	150 N	≥3 000
		2 000 N	≥7 500
		4 000 N	≥10 000
	收缩率/%		≤0.1
	热变形温度/℃		≥50
	吸水率(高限温度条件)/%		≤0.5
	水中溶解率(高限温度条件)/%		≤0.1
	不挥发物含量(固体含量)/%		≥99
力学性能	压缩强度/MPa	12 h	≥20
		24 h	≥60
		7 d	≥80
	压缩弹性模量/ MPa	瞬时	≥8 000
		1 h	≥6 000
	混凝土与混凝土的对粘弯曲性能		混凝土本体破坏
	混凝土与混凝土压缩剪切强度/MPa		≥14
	钢对钢拉伸抗剪强度/MPa		≥17
	钢对混凝土的正拉粘结强度/MPa		≥3.0,且为混凝土内聚破坏
长期使用性能	耐湿热老化性		混凝土本体破坏
	耐冻融循环能力 ^a		混凝土本体破坏
	耐疲劳应力作用能力 ^b ,200万次		试件不破坏
长期使用性能	耐长期应力作用能力 ^c		钢对钢拉伸剪切试件不破坏,且蠕变的变形值小于0.4 mm
耐介质侵蚀性能	耐碱性介质		混凝土本体破坏
	耐酸性介质		混凝土本体破坏
	耐盐雾作用		混凝土本体破坏
注:本条文中所列均为胶体在适用温度范围内的指标。			
^a 对寒冷地区使用的环氧树脂胶,应检测角标“a”的项目;			
^b 对承受动荷载作用的环氧树脂胶,应检测角标“b”的项目;			
^c 对使用环境的介质有特殊要求的环氧树脂胶,应检测角标“c”的项目。			

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 预制构件设计宜考虑模板拆除、起吊、运输、安装的便利性,对局部构造进行优化。

6.1.2 桥梁预制构件分块及截面尺寸宜考虑结构整体受力要求和运输安装条件,接缝构造应受力明确、性能可靠,并满足承载力和耐久性等要求。

6.1.3 预制装配桥梁的抗震设计设防目标、设防分类及设防标准、构件的强度及变形验算、构造设计、抗震措施等应符合 JTG/T 2231-01 及 CJJ 166 的有关规定。

6.1.4 预制装配桥梁应根据设计使用年限、项目所在环境条件按照 JTG/T 3310 的有关规定进行耐久性设计。

6.1.5 预制装配桥梁下部结构拼接缝的耐久性设计符合下列规定。

- a) 在作用准永久组合时,拼接缝处正截面受拉边缘不应出现拉应力;在作用频遇组合时,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以及预制构件材料的允许设计拉应力。
- b) 宜避免将拼接缝设在结构受力关键部位及易开裂部位。
- c) 宜避免将拼接缝设在干湿交替等腐蚀作用较为集中的区域。
- d) 在腐蚀性介质较多的环境中不应使用干接缝。
- e) 采用环氧树脂胶拼接缝时,应在接缝表面采取附加的耐久性措施,如环氧接缝涂装封闭等。

6.1.6 预制装配桥梁宜开展数字化设计,建立并应用设计信息模型,模型要求、协同设计、模型应用及交付等应符合 JTG/T 2421 的有关规定。

6.2 结构计算

6.2.1 预制装配桥梁结构计算应符合 JTG 3362 和 JTG/T 3365-05 的有关规定,进行持久状况承载能力极限状态、正常使用极限状态以及持久状况和短暂状况构件的应力验算,尤其是拼接缝的承载力及应力应满足规范要求。

6.2.2 预制装配桥梁下部结构计算满足下列要求:

- a) 装配式下部结构总体计算模型应包含桥墩以及基础,桩基础宜按照 m 法设置边界条件;
- b) 灌浆套筒布置在预制墩柱内时,宜考虑套筒及相关构造对墩柱刚度的影响,可通过结构试验或精细化有限元分析验证;
- c) 连接构造应按总体计算模型得到的作用效应进行局部分析,可采用实体有限元精细化模型进行计算。

6.2.3 预制墩柱分节段安装时,墩柱节段间压应力不宜小于 0.15 MPa。

6.2.4 倒 T 型盖梁应进行牛腿的抗冲切承载力验算。

6.2.5 采用横向分段预制拼装的盖梁,在进行正常使用极限状态计算时,宜保持盖梁正截面全截面受压;在进行承载力极限状态计算时,应计入拼接缝张开对盖梁承载能力的影响;分段安装时,短暂状况盖梁节段间压应力不宜小于 0.3 MPa。

6.2.6 预应力混凝土箱梁宜按照 A 类预应力混凝土构件设计,验算抗弯、抗剪承载力、正截面拉应力与压应力、斜截面主拉应力、钢束应力、活载挠度等内容,相关指标应满足 JTG 3362 的相关要求。

6.3 装配式下部结构选型

6.3.1 装配式预应力混凝土箱梁下部结构型式如图 3 所示,下部结构选型可按下列要求选取:

- a) 宜采用墩柱加盖梁下部结构,根据桥下空间功能需求布置墩柱位置;
- b) 对于双车道或以下的宽度较小的桥梁,采用双柱支撑,盖梁宽度根据支座布置需求设置;地面占地空间受限时,可将墩柱向中间靠拢,同时增大盖梁尺寸满足受力要求;
- c) 对于三车道或以上的宽度较大的桥梁,采用多柱支撑,盖梁宽度根据支座布置需求设置;地面占地空间受限时,可将墩柱数量进行减少,同时增大盖梁尺寸满足受力要求,或将墩柱向外侧移动,形成门式结构;
- d) 根据桥下空间功能需求、美观性,结合上部结构型式,可选用倒 T 型盖梁下部结构。

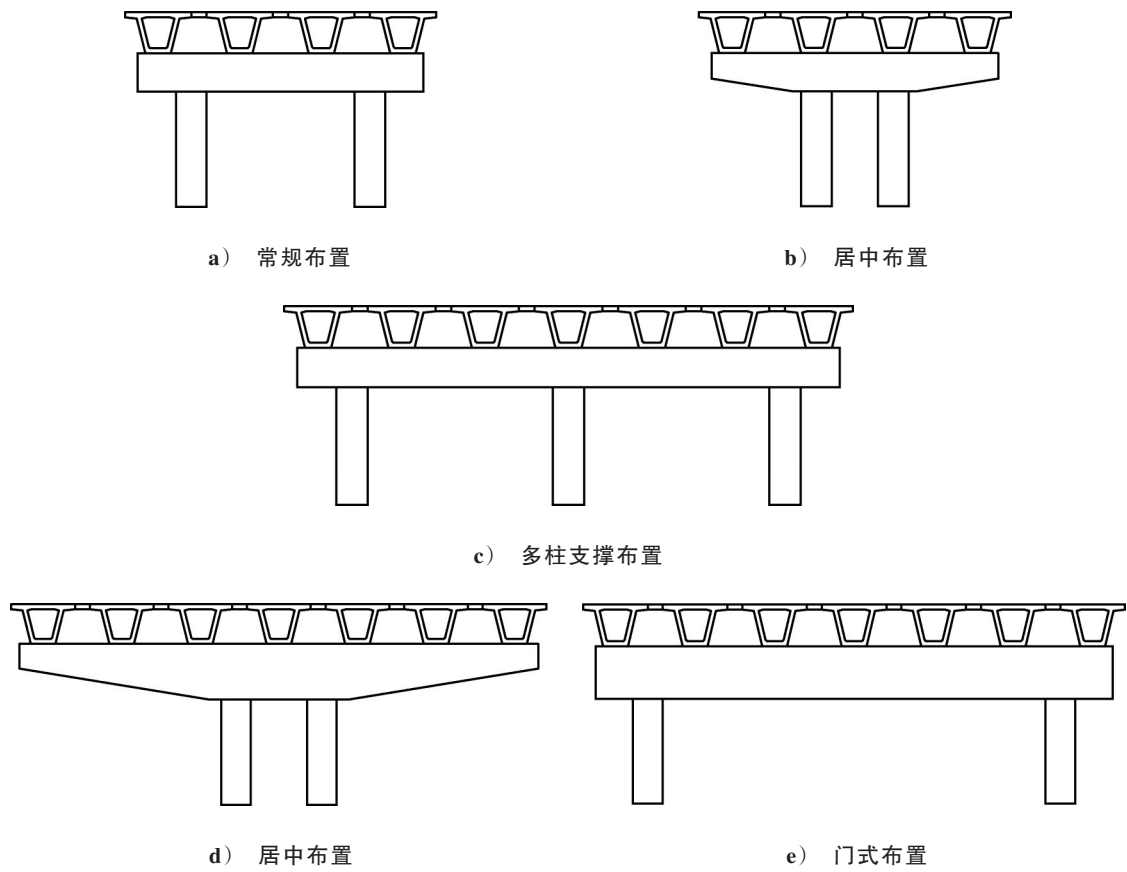
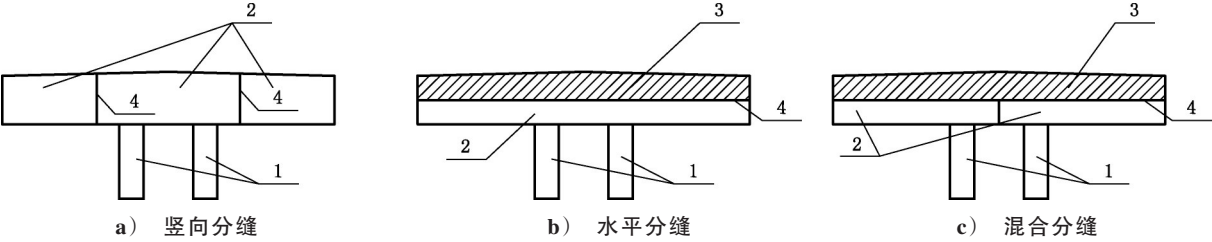


图3 下部结构型式

6.3.2 墩柱高度不超过 13 m 时,宜整段预制;墩柱高度不超过 20 m 时,宜分 2 段预制,每段高度宜结合墩柱高度分布情况进行设置,应保证上节墩柱高度不小于 6 m,且不大于 13 m;墩柱高度超过 20 m 时宜采用现浇施工。

6.3.3 盖梁可采用竖向分缝、水平分缝或混合分缝的方式进行划分,如图 4 所示,并满足下列要求:

- a) 采用竖向分段划分方式时,预制构件的拼接面宜采用剪力键方式;
- b) 采用上下分层划分方式时,下层预制构件与上层现浇之间可不使用剪力键。



标引序号说明：

- 1——墩柱；
- 2——盖梁预制部分；
- 3——盖梁现浇部分；
- 4——盖梁拼接面。

图4 盖梁划分方式示意

6.3.4 预制构件之间接缝与连接构造宜综合受力性能、施工便利性、质量可靠性以及经济性原则进行选择,连接构造示意如图 5~图 8 所示,宜按照下列要求选型：

- a) 墩柱与承台之间宜采用承插式、灌浆套筒、上锚式灌浆金属波纹管或超高性能混凝土(UHPC)湿接缝连接；
- b) 墩柱节段之间宜采用灌浆套筒连接；
- c) 墩柱与盖梁之间宜采用灌浆金属波纹管或灌浆套筒连接；
- d) 盖梁节段之间宜采用湿接缝或胶接缝连接,并根据受力需要布置预应力。

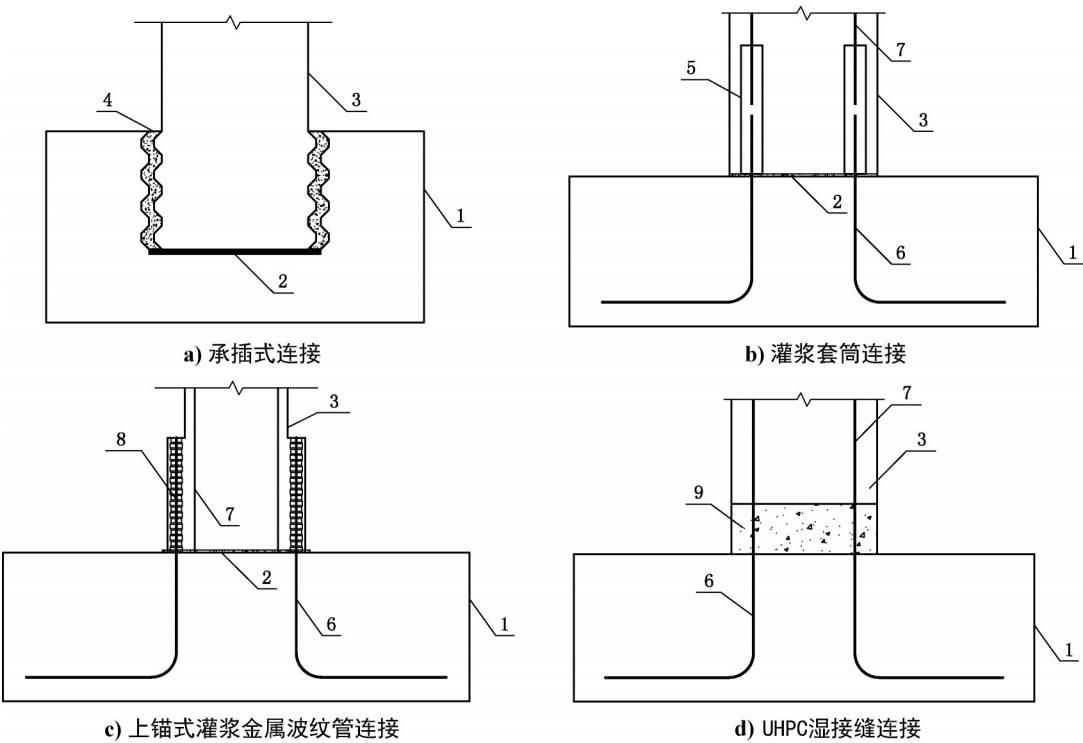
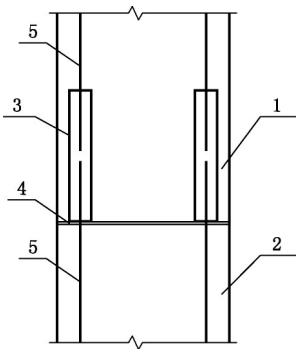


图5 墩柱与承台连接构造示意

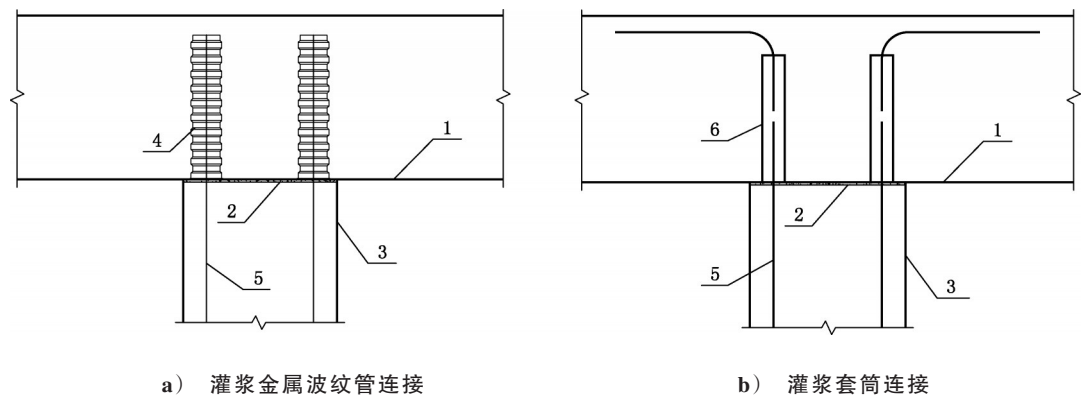
- 标引序号说明：
- 1——承台；
 - 2——砂浆垫层；
 - 3——预制墩柱；
 - 4——混凝土或灌浆料；
 - 5——灌浆套筒；
 - 6——承台钢筋；
 - 7——墩柱钢筋；
 - 8——灌浆金属波纹管；
 - 9——超高性能混凝土(UHPC)。

图5 墩柱与承台连接构造示意 (续)



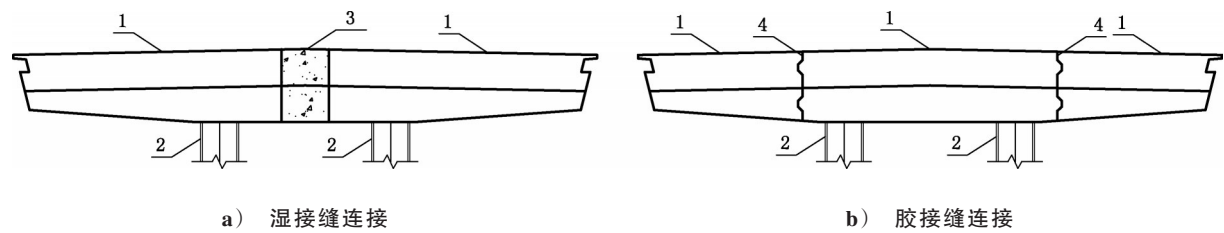
- 标引序号说明：
- 1——预制墩柱节段1；
 - 2——预制墩柱节段2；
 - 3——灌浆套筒；
 - 4——胶接缝；
 - 5——墩柱钢筋。

图6 墩柱节段连接构造示意



- 标引序号说明：
- 1——预制盖梁；
 - 2——砂浆垫层；
 - 3——预制墩柱；
 - 4——灌浆金属波纹管；
 - 5——墩柱钢筋；
 - 6——灌浆套筒。

图7 墩柱与盖梁连接构造示意



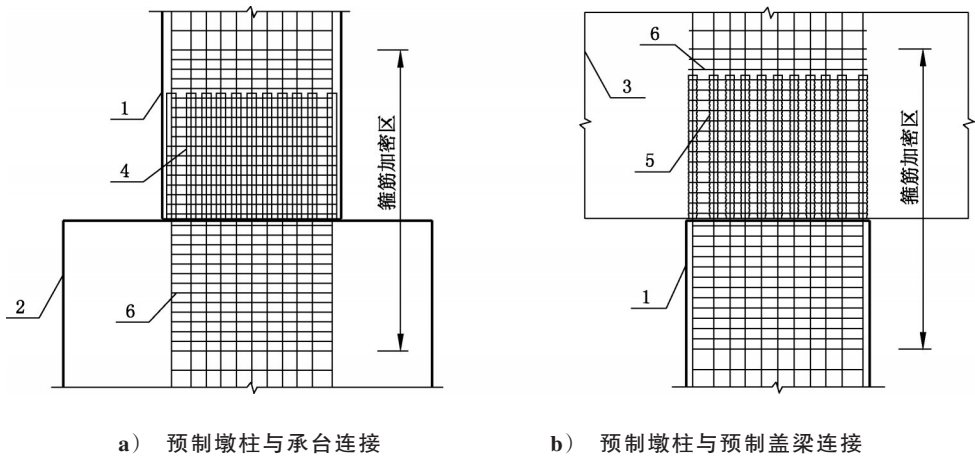
- 标引序号说明：
- 1——预制盖梁阶段；
 - 2——预制墩柱；
 - 3——湿接缝；
 - 4——胶接缝。

图8 盖梁节段连接构造示意

6.4 墩柱及盖梁设计

- 6.4.1 承台、预制墩柱、预制盖梁的构造要求应满足 JTG 3362 的有关规定。
- 6.4.2 预制装配墩柱及盖梁设计中宜考虑预应力筋管道、钢筋、灌浆套筒或灌浆金属波纹管相互之间的合理布置。
- 6.4.3 灌浆套筒及灌浆金属波纹管应注明下端为压浆口,上端为出浆口,并做显著标识。
- 6.4.4 墩柱塑性铰区不应使用半灌浆套筒。
- 6.4.5 墩柱的纵向钢筋应延伸至盖梁和承台内,延伸的长度应满足 JTG/T 2231—01—2020 中 8.2.6 及 CJJ 166—2011 中 8.1.7 的有关要求。
- 6.4.6 当采用灌浆套筒连接时,满足下列要求。
- a) 墩柱纵向钢筋宜采用大直径钢筋且对称布置,纵向钢筋之间的中心距不宜超过 200 mm,且至少每隔一根宜用箍筋或拉筋固定。

- b) 灌浆套筒的混凝土保护层厚度不宜小于 36 mm;当预制构件中预埋灌浆套筒后导致纵向主筋保护层厚度大于 50 mm 时,可在保护层内增设防裂钢筋网。
 - c) 灌浆套筒间净距不宜小于下面三个条件中的大值:25 mm、被连接纵向钢筋的直径以及骨料最大粒径的 1.4 倍。
 - d) 灌浆套筒压浆口下缘应设一道箍筋,套筒与箍筋的连接应采用绑扎形式,不应采用焊接连接。
- 6.4.7 当采用灌浆金属波纹管连接时,满足下列要求:
- a) 灌浆金属波纹管净距不应小于 50 mm,且不应小于管道直径的 1 倍,灌浆金属波纹管的外缘至混凝土表面的距离,不应小于其管道直径的 1/2。
 - b) 灌浆金属波纹管注浆管设计弯折次数不宜超过 2 次,以避免现场产生堵塞的情况。
 - c) 灌浆金属波纹管压浆口下缘应设一道箍筋,金属波纹管与箍筋的连接应采用绑扎形式,不应采用焊接连接。
- 6.4.8 灌浆套筒或灌浆金属波纹管设置在墩身且位于潜在塑性铰区域内时,箍筋配置应符合下列要求:
- a) 箍筋加密区的长度不应小于灌浆套筒的高度加 50 cm 范围,灌浆套筒高度加 50 cm 范围外的箍筋应逐渐减少。
 - b) 预制墩柱塑性铰加密区域配置的箍筋应延伸到盖梁和承台内,延伸到盖梁或承台的距离不应小于墩柱长边尺寸的 1/2、50 cm 及灌浆套筒或灌浆金属波纹管高度的大值,如图 9 所示。



标引序号说明:

- 1——预制墩柱;
- 2——承台;
- 3——盖梁;
- 4——灌浆套筒;
- 5——灌浆金属波纹管;
- 6——箍筋。

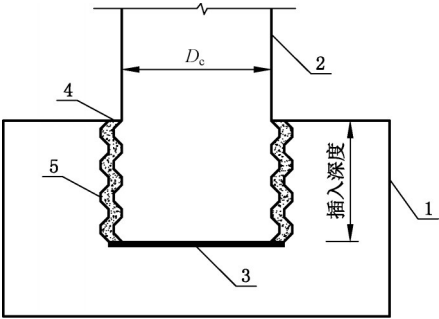
图9 箍筋加密区示意

- 6.4.9 当预制墩柱与承台采用承插式连接时,如图 10 所示,满足下列要求。
- a) 预制墩柱插入承台的最小深度宜按下表 9 选用,也可根据有限元计算或模型试验确定。插入段纵向钢筋应满足最小锚固长度要求,宜适当加密连接钢筋。墩柱轴心受压或小偏心受压时,插入深度可适当减小;墩柱偏心距大于 $2D_c$ (D_c 为矩形墩柱长边尺寸或圆形墩柱的外径) 时,插入深度应加大。
 - b) 承插式连接预留孔的柱底厚度和壁厚应满足承台受力要求,承台抗剪、抗冲切、拉压杆承载力应满足 JTG 3362 的有关规定。

- c) 承台沿承插孔周边应设置水平加强箍筋,承插孔底板应按抗冲切计算设置弯起钢筋,并与承台钢筋连接。
- d) 预制墩柱插入段表面与承插孔壁表面应均匀设置剪力键,预制墩柱与承插孔壁的最小间隙宽度不宜小于 50 mm,可采用小石子混凝土或高强灌浆料填充密实,宜掺入适量膨胀剂。填充材料强度应高于墩柱及承台一个强度等级。

表 9 预制墩柱最小插入深度

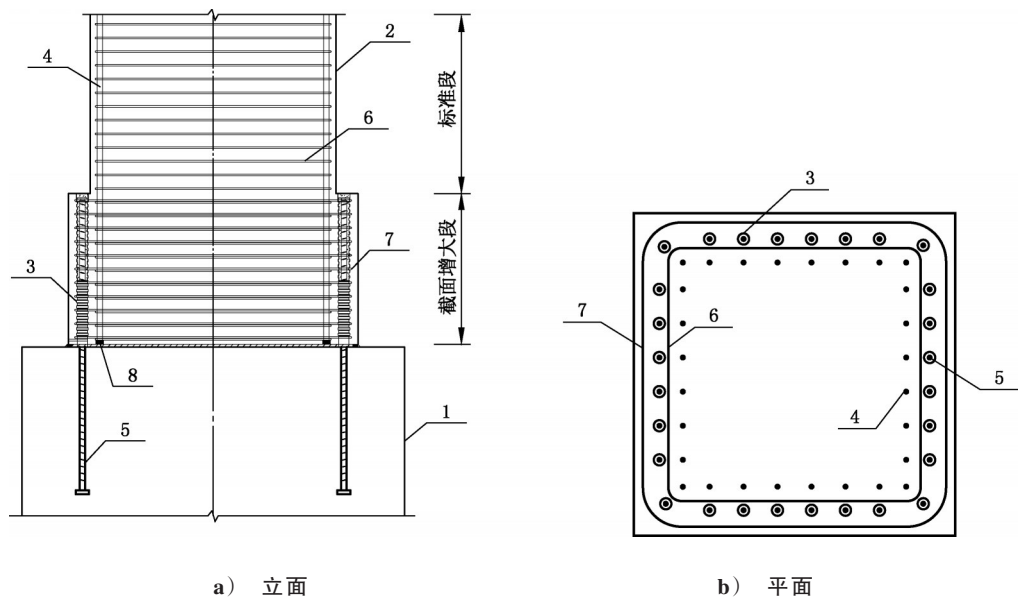
墩柱尺寸/cm	最小插入深度/cm
$D_c < 80$	D_c
$80 \leq D_c < 100$	$\text{Max}(0.9 D_c, 80)$
$100 \leq D_c$	$\text{Max}(0.8 D_c, 100)$



- 标引序号说明:
- 1——承台;
 - 2——预制墩柱;
 - 3——砂浆垫层;
 - 4——小石子混凝土或高强灌浆料;
 - 5——剪力键。

图 10 承插式连接示意

- 6.4.10 当预制墩柱与承台采用上锚式灌浆金属波纹管连接时,如图 11 所示,满足下列要求。
- a) 金属波纹管预埋在预制墩柱内,墩柱底部应有截面增大段,截面增大段的高度应不小于金属波纹管锚固构造长度。
 - b) 预制墩柱和承台的连接钢筋预埋在承台内,应具有足够的锚固长度和有效的锚固措施。
 - c) 预制墩柱的纵向钢筋应通长布置到墩底,钢筋端部应设置螺纹锚头或采用其他措施确保锚固性能。
 - d) 墩柱截面扩大段箍筋应设两层,内层箍筋布置在墩柱钢筋外侧,外层箍筋布置在连接钢筋外侧。
 - e) 连接钢筋的数量和面积应不少于墩柱主筋数量和面积,金属波纹管的平面布置宜和墩柱主筋一一对应。



- 标引序号说明：
- 1——承台；
 - 2——预制墩柱；
 - 3——灌浆金属波纹管；
 - 4——墩柱主筋；
 - 5——连接钢筋；
 - 6——内层箍筋；
 - 7——外层箍筋；
 - 8——螺纹锚头。

图 11 上锚式灌浆金属波纹管连接示意

- 6.4.11 当预制墩柱与承台采用 UHPC 湿接缝连接时,满足下列要求。
- a) 钢筋连接可采用焊接、机械连接或搭接连接。
 - b) 当采用 U 形钢筋连接时,搭接长度应大于 $12d_s$,U 形钢筋搭接后的净距不宜小于 1.5 倍钢纤维的长度。
 - c) 当采用直钢筋、带弯钩或墩头等钢筋的搭接连接时,直钢筋的搭接长度应大于 $20d_s$,带弯钩或墩头钢筋的搭接长度应大于 $15d_s$ 。
- 6.4.12 预制盖梁节段间采用湿接缝连接时,湿接缝的宽度宜为 1 m~2 m,应避开构件最大受力截面。湿接头纵向受力钢筋宜采用焊接、机械连接等方式,接头位置应按 JTG/T 3650 的有关要求错开布置。
- 6.4.13 预制装配桥墩中墩柱与承台或墩柱与盖梁拼接缝间的砂浆垫层,应采用补偿收缩砂浆,厚度宜为 10 mm~30 mm。

6.5 装配式预应力混凝土箱梁设计

- 6.5.1 装配式预应力混凝土箱梁的适用跨径宜为 20 m~40 m。
- 6.5.2 装配式预应力混凝土箱梁可采用先简支后结构连续、结构简支桥面连续等形式。
- 6.5.3 装配式预应力混凝土箱梁采用结构简支桥面连续的形式时,桥面连续构造宜使用纤维增强混凝土或高性能混凝土,提高铺装及桥面连续构造的耐久性。对于未经工程应用的新型桥面连续构造,应结合结构试验进行验证。

6.5.4 对于桥面宽度变化,宜调整主梁片数和湿接缝宽度,主梁间距宜取 2.8 m~3.4 m,湿接缝宽度宜取 0.4 m~1 m。

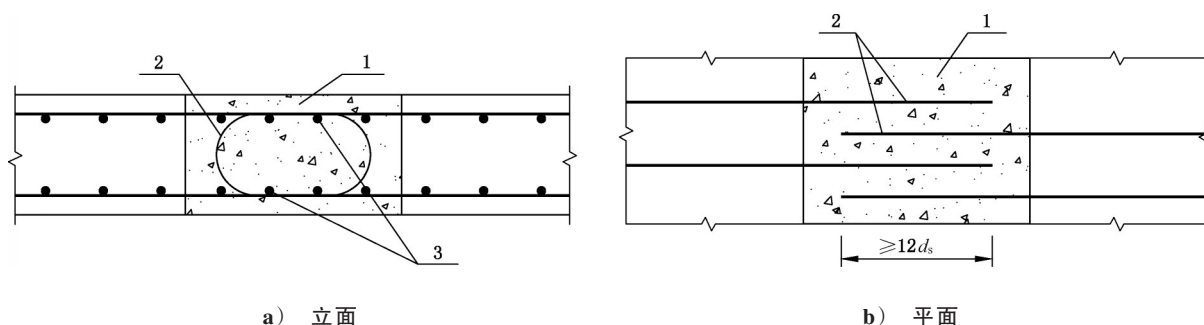
6.5.5 对于桥梁跨径变化,基于标准跨径(20 m、25 m、30 m、35 m、40 m),当梁长变化在 ± 150 mm 范围内时,可调整墩顶现浇段长度,预制梁长不变;当梁长变化在 ± 500 mm 范围内时,预制梁采用变梁长,墩顶现浇段长度不变;若梁长变化超过 ± 500 mm,应根据各桥具体情况确定设计方案,并进行结构验算。

6.5.6 当箱梁位于圆曲线或变宽段时,可调整边梁悬臂长度,调整范围不宜超出 ± 20 cm。当悬臂长度增加超过 20 cm 时,应设置纵向补强钢筋,且应适当加强横向钢筋。

6.5.7 箱梁顶板宜设置横坡,底板按平坡设计,桥梁横坡可由调平层和盖梁横坡综合调整形成。当桥面超高在 0%~4% 范围内,顶板横坡宜采用固定横坡值,由盖梁横坡和调平层调整超高;超高超出 4% 时,可结合整体旋转调整超高,且整体旋转不应超过 2%。

6.5.8 箱梁桥面板湿接缝构造如图 12 所示,宜满足下列要求。

- 箱梁桥面板湿接缝宽度不宜小于 400 mm,不宜大于 1 000 mm,且湿接缝厚度宜与桥面板等厚。
- 湿接缝混凝土宜比箱梁高一个强度等级,并掺加纤维或采用高效减水剂等措施提高抗裂性能。
- 湿接缝宜设置 U 形钢筋交错圈接,间距不应大于 200 mm,相邻两片主梁的 U 形钢筋顺桥向应均匀交错,横桥向重叠长度不应小于外伸钢筋直径的 12 倍。
- U 形钢筋重叠区域内应设置顺桥向贯通钢筋,直径不宜小于 12 mm,贯通钢筋应满足 JTG/T 3365-05 中 5.4.13 的有关规定。



标引序号说明:

- 1——桥面板湿接缝;
- 2——U 形外伸钢筋;
- 3——贯通钢筋。

图 12 箱梁桥面板湿接缝构造示意

6.5.9 20 m~30 m 跨径箱梁可不设置跨中横隔板,35 m~40 m 跨径箱梁应设置一道跨中横隔板;跨中横隔板宜与梁底平齐,仅在箱梁外设置。

7 预制

7.1 一般规定

7.1.1 预制装配桥梁宜建立信息化管理平台。信息化技术的主要功能包括施工准备、组织管理、安全管理、质量管理、进度管理、成本管理和计量支付管理等,相关内容应满足 JTG/T 2422 的有关规定。

7.1.2 预制生产应实施首件制度,首件质量合格后方可进行批量化生产。

7.1.3 预制生产前宜根据施工工艺选择技术标准,宜采用建筑信息模型(BIM)技术开展可视化辅助技术交底。

7.1.4 预制构件出厂前应按 JTG F80/1 及 JTG/T 3654 的要求进行质量检验,并附产品合格证明文件。

7.2 预制厂要求

7.2.1 预制厂场地规划和布置应进行专项设计,总体平面规划图中应包含排水系统、临时用电、消防设施、安全通道等。

7.2.2 预制厂地基处理宜考虑预制台座、存放台座、机械设备和其他生产工具的荷载大小,预制台座范围内的不均匀沉降不大于 2 mm。

7.2.3 预制构件台座的设置应满足下列要求:

- a) 台座的数量应根据预制构件的类型、大小、数量、周转频率、现场安装进度以及生产规模等综合确定;
- b) 台座应具有足够的强度、刚度和稳定性,能满足各阶段施工荷载和施工工艺的要求;
- c) 台座的间距应满足施工作业的要求。

7.2.4 模具、胎架、吊具等工装设备应定期进行检修。

7.3 墩柱及盖梁预制

7.3.1 墩柱及盖梁钢筋制作满足下列要求。

- a) 构件预制用钢筋骨架胎架、钢筋主筋和套筒定位板、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,预制构件定位板与承台预留钢筋定位板宜为同一车床加工,精度应控制在 1.0mm 以内。
- b) 钢筋表面应洁净、无损伤,钢筋应平直、无局部弯折,宜采用数控化机械设备在专用厂房集中下料和加工,其形状、尺寸应符合设计的规定,加工后的钢筋不应有削弱钢筋截面的伤痕。
- c) 钢筋应在专用胎架上制作成型,胎架应有足够的强度和刚度,且支撑定位体系应保证主要受力钢筋不变形。
- d) 钢筋骨架应提前安装构件后续施工所需的各类预埋件,包括吊装运输、空间姿态调整、预应力张拉,以及支座、防雷接地等预埋件。
- e) 灌浆套筒、灌浆金属波纹管与箍筋的连接应采取加固措施,保证其吊装及混凝土浇筑时不发生变更或移位。
- f) 预制构件预埋外露钢筋应采取临时防护措施,防止钢筋锈蚀和污染。

7.3.2 构件模板宜采用钢模板,模板系统应满足刚度、承载能力、稳定性的要求,能承受施工过程中所产生的各种荷载,同时应满足构件生产工艺、组装拆卸、周转次数的要求,以及预制构件预留孔洞、预埋件的安装定位要求。

7.3.3 模板的板面应平整,接缝处应严密且不漏浆,相邻模板需设置定位销控制拼缝错台小于 2 mm;模板与混凝土的接触面应涂刷隔离剂,不应采用废机油等油料,且不应污染钢筋及混凝土的施工缝。

7.3.4 预制墩柱的底座应满足构件重量、密封性的要求,以及钢筋骨架及模板的翻转要求。

7.3.5 混凝土入模温度不应低于 5℃,且不高于 30℃。当日平均气温达到 30℃以上时应按高温施工要求采取措施,当日平均气温低于 5℃以上时应按低温施工要求采取措施。

7.3.6 墩柱预制时,墩柱高度应扣除拼接面浆液总厚度。

7.3.7 墩柱应竖向预制,墩柱混凝土宜一次性浇筑完成,浇筑时宜先行浇筑灌浆套筒或灌浆金属波纹管范围内的混凝土。承插式墩柱剪力键处混凝土浇筑应密实。

7.3.8 盖梁混凝土宜一次性浇筑完成,浇筑时宜先行浇筑灌浆套筒或灌浆金属波纹管、预应力装置范围内的混凝土。

7.3.9 预制盖梁拼接面采用剪力键时,相邻构件宜匹配预制(将已浇筑好的预制构件作为相邻构件的端

模,逐段制作的预制施工方法)。

7.3.10 应根据混凝土的性能及构件尺寸等因素,制定合理的振捣成型工艺,混凝土应振捣密实,模具不应出现漏浆、变形或预埋件移位等现象。

7.3.11 灌浆套筒、灌浆金属波纹管厂内安装应符合下列要求:

- 灌浆套筒、灌浆金属波纹管安装前应按厂家提供的检验报告及产品说明书检查外观质量、尺寸和配件;
- 灌浆套筒现场拼装端应安装在装有定位销的定位板上,定位板固定在底模上,连同底模一同固定在钢筋胎架一端(墩柱或盖梁),以此为基准安装主筋和其他钢筋,灌浆套筒应垂直于底模;
- 灌浆金属波纹管应采用内衬钢管等措施保证预制过程中不变形;
- 灌浆套筒、灌浆金属波纹管压浆口和出浆口的方向应安装正确,压浆管、出浆管和对应的压浆口和出浆口连接应密封牢固,压浆管、出浆管的长度应根据承台、墩柱或盖梁预留准确,并用止浆塞塞紧;
- 构件拆模后,应及时检查灌浆套筒、灌浆金属波纹管内部是否干净通畅,确保无水泥浆等杂物,如有漏浆或杂物,应及时清理内腔。

7.3.12 拼接缝处的构件表面在浇筑完成后应及时处理,并满足下列要求。

a) 砂浆拼接缝处的构件表面应按照 JTG/T 3650 及 JTG/T 3654 的要求及时进行粗糙处理,可采用以下方式:

- 模板面预涂缓凝剂,脱模后采用高压水枪冲洗露出粗骨料;
- 混凝土终凝前叠合面进行拉毛处理制作粗糙面;
- 凿毛粗糙面并露出混凝土粗骨料。

b) 采用环氧树脂胶拼接缝的构件应在浇筑完成后清除脱模剂,保证接封面干燥、洁净,并使混凝土表面尽量平整。

7.3.13 预制构件脱模时间应符合设计规定,设计未规定时,承重模板宜在混凝土抗压强度达到设计强度的 75% 后拆模,起吊时混凝土抗压强度不应低于设计强度的 80%。

7.3.14 应根据混凝土性能制定具体的养护方案,养护时间应不小于 7 d,当气温低于 5℃ 时,应采用保温养护措施,不应向混凝土表面洒水。

7.4 装配式预应力混凝土箱梁预制

7.4.1 箱梁预制工艺流程如图 13 所示。

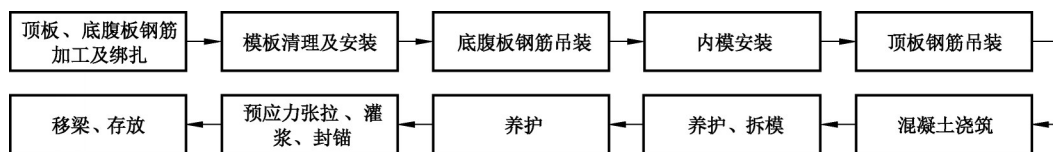


图 13 箱梁预制工艺流程图

7.4.2 预制梁台座的强度应满足预应力张拉要求,反拱度的设置应满足设计要求。

7.4.3 箱梁在浇筑混凝土过程中,应从构件不同部位分别进行取样,制作标准养护和施工用混凝土强度、弹性模量试件。施工试件应随梁体或在同等条件下振动成型、养护,28 d 标准试件按标准养护办理。

7.4.4 当箱梁边梁与防撞护栏同时预制时,应采用临时支撑措施,防止边梁失稳倾覆。

7.4.5 箱梁采用蒸汽养护时,施工单位预制前应进行工艺验证,并应符合下列规定。

- 蒸汽养护分静停、升温、恒温、降温四个阶段。
- 静停阶段应保持棚温不低于 5℃,时间不应小于 3 h;升温应加热均匀,升温速度不应大于 10℃/h;恒温阶段蒸汽养护温度宜控制在 55℃~65℃ 之间,相对湿度应控制在 90%~100% 之

间,恒温养护时间应结合构件拆模强度、混凝土配合比及环境条件等确定;降温应均匀,降温速度不应大于 $10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

- c) 构件在养护过程中,应进行温度和相对湿度测量。拆除养护设施时,外界与构件表面温差不应大于 15°C 。

7.4.6 同一跨各片主梁的混凝土浇筑龄期差、终张拉时混凝土龄期不宜超过 10 d。

7.4.7 预应力筋施工应满足设计要求,并应符合下列规定:

- a) 混凝土强度和弹性模量达到设计值的 90% 后,方可张拉预应力钢束;
- b) 预应力筋张拉锚固后,孔道应尽早压浆,且应在 48 h 内完成。

7.5 厂内吊装及存储

7.5.1 各类钢筋骨架、预制构件吊装前应按照 JGJ 33 及 JGJ 276 的要求编制吊装方案并报送相关单位,方案批复后方可施工作业。

7.5.2 预制构件吊点应满足 JTG/T 3365-05—2022 附录 A 的相关要求。

7.5.3 构件起吊时,混凝土强度应满足吊点和构件的受力安全。

7.5.4 吊机起吊、降落时应缓慢、均匀,运行时应平稳,不应紧急制动,防止损伤构件。

7.5.5 堆放场地应平整、坚实,并保持排水良好,构件与地面之间应留有一定空隙,堆放构件时应用方木或垫块垫实,不应直接堆放于地面上。

7.5.6 厂内运输应制定合理的运输组织方案,包括运输时间、次序、运输路线、固定要求、堆放支垫及成品保护措施,应减少二次倒运与现场堆放。

7.5.7 预制构件厂内存放满足下列要求。

- a) 墩柱宜竖直存放,且应验算其在最不利荷载下的稳定性,抗倾覆安全系数应不小于 2;若不满足要求,应采取必要的支护措施。
- b) 墩柱构件宜两排为一个存储单位,各存储单位应设置构件吊运通道,通道宽度控制不小于 $L+1.0\text{ m}$ (L 为预制墩柱横断面最大尺寸)。
- c) 盖梁宜单层存放,构件间距应不小于 60 cm,构件存放支点应参考构件重心对称设置。
- d) 箱梁堆叠层数不宜超过 2 层。

7.5.8 墩柱、盖梁应满足设计要求的存放时间,当设计无要求时,不应少于 28 d,且混凝土强度及弹性模量应达到 100%。

7.5.9 箱梁厂内存放应满足设计要求,且不宜超过 3 个月。

7.5.10 预制构件的预留预埋部位应采取防锈、防污染、防碰撞措施,落实成品保护。

7.5.11 预制构件出厂前应全数检查并清理灌浆套筒、灌浆金属波纹管内腔及压浆口、出浆口。

8 运输及安装

8.1 一般规定

8.1.1 构件运输进场时,应核验产品合格证明文件,交接验收记录。

8.1.2 施工单位应根据预制构件大小、重量以及现场施工工况合理选择吊装设备,编制构件专项安装方案,方案经相关单位批复后方可实施。

8.1.3 施工区域有管线及地下构筑物时,必须与权属单位协商制定保护方案和加固措施,必要时采取监测控制。

8.1.4 预制装配桥梁宜通过施工信息模型进行构件安装工艺模拟和碰撞检查,施工模拟后宜基于应用成果进行可视化技术交底。

8.1.5 人员的配备应满足安装的需要,安装前应对设备与施工机具进行调试,对不同品种、规格及用途的材料分别妥善存放。

8.1.6 构件安装前,施工、监理单位应对拼装方案中的材料、设备到场情况、吊装区域临时支架及地基处理情况进行严格复查。

8.1.7 构件安装前应进行测量放线,设置构件安装定位标识,应检查安装构件的外形和尺寸、预埋件的尺寸、标高及平面位置,合格后方可进行起吊安装。

8.1.8 安装现场应加强安装精度与接缝质量控制,提出质量保证措施,制定防范技术对策。

8.2 厂外运输

8.2.1 构件运输方案应符合道路交通管理部门的相关要求,超限构件运输应依据《超限运输车辆行驶公路管理规定》,并编制专项构件运输方案报交通管理部门,审批通过后进行运输。

8.2.2 构件出厂运输前应对路线实地勘察并优选运输路线,应根据构件大小、重量、运输车辆和起吊设备的类型,检查、整修沿线构造物,保证沿线道路、桥梁具有足够的承载力,构件厂外运输满足下列要求:

- a) 道路纵横向坡度应满足车辆行驶和制动的安全需求;
- b) 道路最小曲率半径应不小于运输车辆的允许转弯半径;
- c) 运输车辆通过的界限内不应有任何障碍物;
- d) 预制构件长度及重量应满足运输路线上道路转弯及桥梁承载的限制要求,预制构件运输可通过性评价方法见附录 A,桥梁轴载当量的建议取值见附录 B,一般道路桥梁情况下的构件长度限制建议取值见附录 C。

8.2.3 构件运输前应编制详细的运输方案和专项保护方案,应包含构件放置方向、支承点设置、吊点设置、构件翻身处理、外露钢筋保护等内容。

8.2.4 运输车辆起步和运行应缓慢、平稳前进,不应突然加速或紧急制动。

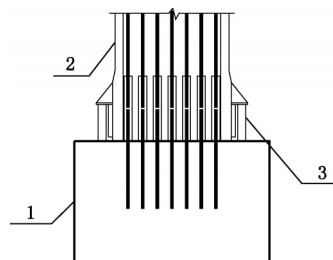
8.3 墩柱及盖梁安装

8.3.1 构件安装前应对拼接缝进行表面处理,清除尘土、油污及松散混凝土与浮浆。

8.3.2 预制墩柱、盖梁构件拼接面采用坐浆料连接,构件安装前应进行构件预拼装,同时应对构件外露钢筋进行除锈处理,准备工作就绪后再进行坐浆料布料。

8.3.3 承台混凝土强度达到 85% 后,方可安装墩柱。

8.3.4 应选择风力较小期间进行墩柱安装,应采取安全可靠的调节设备支撑并留有接缝操作空间,调节设备宜采用小型千斤顶,如图 14 所示。应在构件纵、横轴线各架设一台全站仪同时进行观测,以调整构件垂直度及轴线位置,确保定位后,方可解除起重吊钩。



标引序号说明:

- 1——承台;
- 2——预制墩柱;
- 3——调节设备。

图 14 预制墩柱调节设备安放示意

8.3.5 预制墩柱与承台连接宜按照图 15 进行施工。

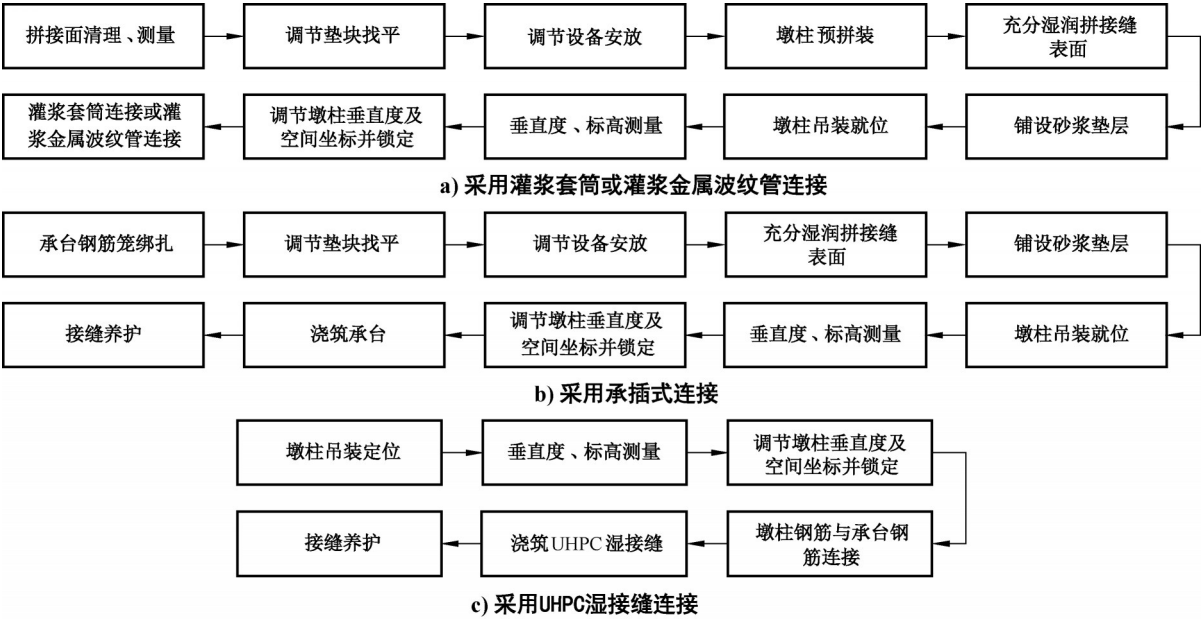


图 15 预制墩柱与承台连接施工流程图

8.3.6 预制墩柱节段之间宜按照图 16 进行施工。

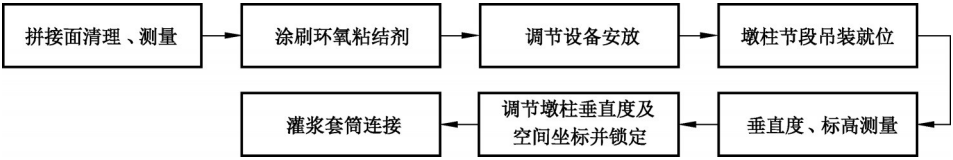


图 16 预制墩柱节段施工流程图

8.3.7 预制盖梁与墩柱连接宜按照图 17 进行施工。

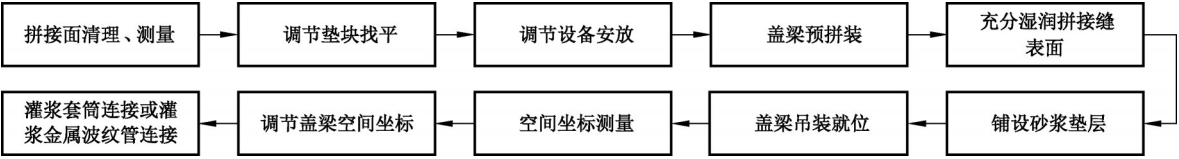
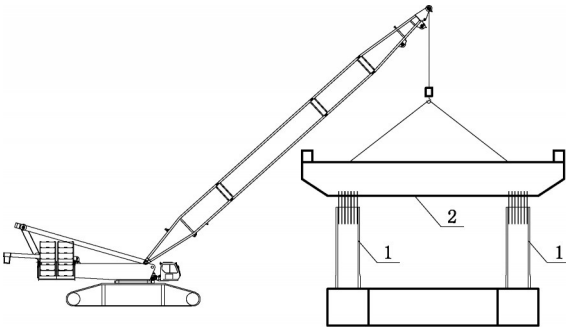


图 17 预制盖梁与墩柱连接施工流程图

8.3.8 整体预制盖梁安装,如图 18 所示,应严格控制相邻墩柱的安装误差,一个墩柱安装完成后,另一个墩柱灌浆前应复测两个墩柱的相对误差,调节墩柱位置以满足盖梁的安装要求。



标引序号说明：
1——预制墩柱；
2——整体式预制盖梁。

图 18 整体式预制盖梁安装示意

8.3.9 预制盖梁节段之间连接宜按照图 19 进行施工。

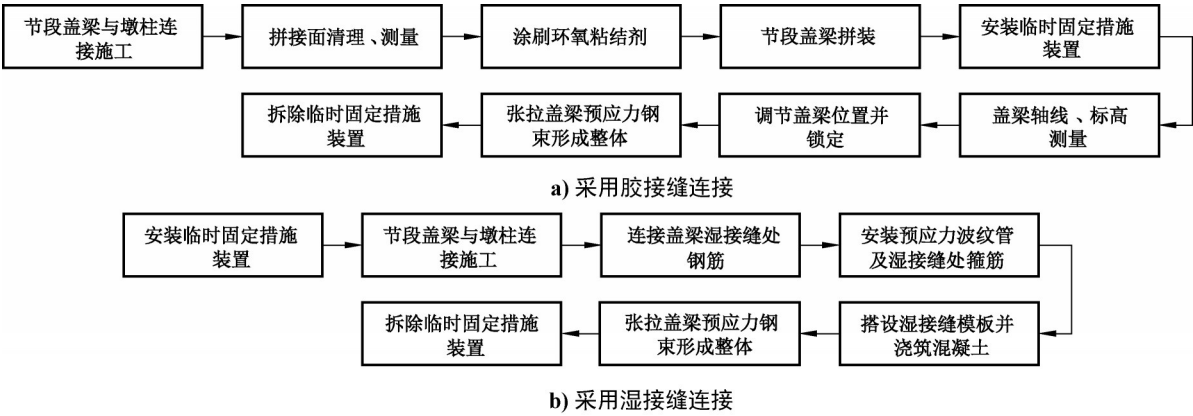


图 19 预制盖梁节段之间连接施工流程图

8.3.10 预制构件拼接缝采用砂浆垫层时，砂浆拌制及灌注符合下列要求。

- a) 构件拼装前，应将拼接面充分润湿但不积水，承台或墩柱顶面应设置调节垫块，调节垫块高度 2 cm~3 cm，垫块控制标高、垂直度和垫层厚度，垫层厚度应大于调节垫块厚度，调节垫块宜选用 Q235 及以上等级钢材或选用其他满足设计要求的材质。
- b) 坐浆施工之前应在墩柱、承台顶面设置挡浆板，挡浆板与墩柱之间应保证接缝密实、不漏浆。
- c) 拌制砂浆垫层时，每一批次砂浆应取不少于 3 组试件，标准条件养护后进行抗压强度试验。
- d) 拼接过程中，砂浆垫层应一次完成坐浆，且应确保浆液饱满，坐浆后不应调整构件姿态。
- e) 应在砂浆初凝后拆除挡浆板，将周边多余接缝砂浆切除、修整平齐，且不对表面混凝土造成损伤。

8.3.11 灌浆连接按照图 20 进行施工。

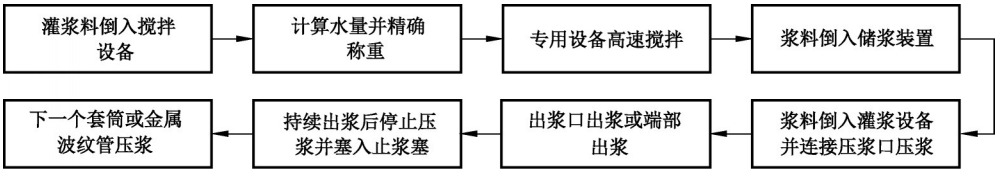


图 20 灌浆连接施工流程图

8.3.12 灌浆套筒连接或灌浆金属波纹管连接施工时，灌浆料拌制及灌注满足下列要求。

- a) 灌浆料应根据设计要求和试验测试结果,精确控制配合比,应采用专用的设备进行搅拌和灌浆,并严格控制搅拌、灌浆工艺参数。
 - b) 灌浆料宜在拼装前进行流动度测试及1d龄期强度测试,且应满足5.5规定后用于施工。
 - c) 灌浆时,出浆口高度应高于套筒或金属波纹管顶部10 cm以上,且应连续冒浆时方可停止注浆,并能成功封堵和保压,冒浆及封堵检验覆盖率应为100%,且应做好灌浆全过程的视频记录。
 - d) 浆液自拌制完成至压入孔道的延续时间不超过40 min,灌浆完成后应及时清理残留在构件上的多余浆体。
 - e) 当施工气温低于5℃时,应对灌浆料进行保温,温度应在10℃~40℃之间,同时应对拌合用水进行加热,温度应在30℃~65℃之间,拌合灌浆料成品工作温度不应小于5℃。
 - f) 灌浆施工应保持连续,如在压浆过程中遇停电等突发状况时,现场应配备应急发电设备或高压水枪等清理措施。
- 8.3.13 当墩柱与承台采用承插式连接时,满足下列要求。
- a) 承台槽口的混凝土强度达到设计要求后,方可进行预制墩柱安装。
 - b) 墩柱拼装前应清理槽口,连接面混凝土应进行严格凿毛处理,并清理干净,浇筑前应采用淡水充分湿润并涂刷界面剂,在承台槽口内设置2 cm砂浆垫层,砂浆的厚度应均匀,且应一次性浇筑完成。
 - c) 预制墩柱安装就位后应采用硬木楔或钢楔固定,并加斜撑保证柱体稳定,应在确保稳定后摘去吊钩,同时采取调节装置对其进行三维调节,精确定位后及时锁定。
 - d) 混凝土宜在一天中温度相对较抵的时段浇筑,应在槽口混凝土达到设计强度75%后拆除临时支撑,且混凝土浇筑后养护时间不应少于14 d。
- 8.3.14 当盖梁节段采用胶接缝施工时,满足下列要求。
- a) 结构胶的涂抹厚度不宜超过3 mm,不应小于2 mm。
 - b) 拌制完成的结构胶应在45 min之内涂抹完毕,并在90 min之内完成节段盖梁拼装。
 - c) 施加临时预应力时,结构胶应在盖梁全断面挤出。
 - d) 应对预应力孔道做好防护,防止结构胶进入孔道,每个节段拼装完成后,应适时通孔。
- 8.3.15 预制盖梁采用湿接缝连接时,满足下列要求。
- a) 钢筋宜在工厂制作成半成品运输至现场安装,纵向钢筋采用焊接或机械连接。
 - b) 湿接缝宜采用吊模法施工,吊模采用定型钢模,根据湿接缝形状及混凝土重量设计。
 - c) 支架、模板、钢筋和预埋件等应进行检查,经检查符合要求后方可浇筑混凝土。
 - d) 现场浇筑应控制混凝土浇筑速度,尽量减少间歇时间,提高混凝土的抗裂强度。
 - e) 湿接缝混凝土宜采用覆盖土工布洒水养护,养护时间不少7 d。
- 8.3.16 当支座垫石采用现场浇筑时,垫石位置和高程应准确,垫石顶表面应保持平整,同一垫石上的四角高差应小于0.5 mm。可通过实测数据微调墩顶支座垫石的垫层厚度,确保支座高程及中心位置的精度要求。

8.4 装配式预应力混凝土箱梁安装

8.4.1 箱梁现场安装基本要求应按照现行 JTG/T 3650 执行。

8.4.2 箱梁现场安装按照下图 21 进行施工。

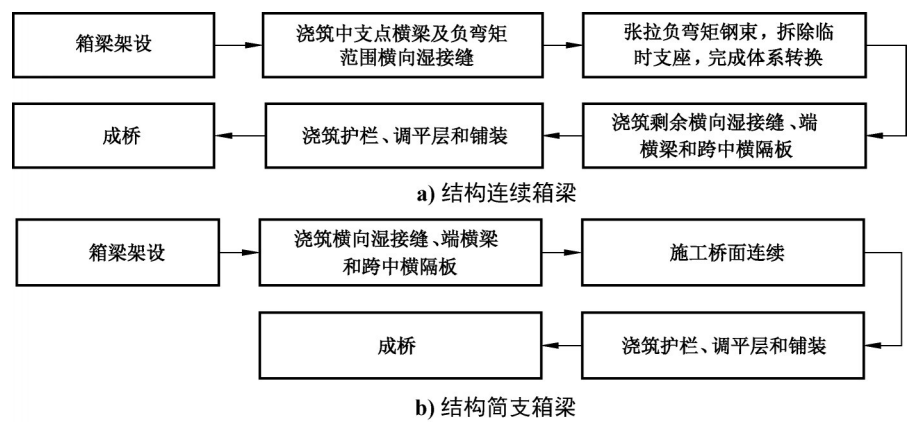


图 21 箱梁现场安装施工流程图

- 8.4.3 预制箱梁运输、起吊过程中应注意采取有效措施确保箱梁的横向稳定,架梁后应及时连接桥面板钢筋及端横梁钢筋。
- 8.4.4 桥面板湿接缝的混凝土宜在一天中气温相对较低的时段浇筑,浇筑顺序应从跨中向两端一次浇筑完成,不得先浇筑端横梁。湿接缝混凝土的养护时间应不少于 14 d。
- 8.4.5 箱梁架设安装时,梁体应保持平稳起落,落梁时梁体两端应同步缓慢起落,不得冲击支座,梁体就位时,应设置用于调整空间位置的装置。
- 8.4.6 逐孔安装箱梁时,应从桥梁中心线向两侧对称架设。
- 8.4.7 当下部结构为倒 T 型盖梁时,箱梁架设应严格控制梁端与盖梁背墙间的间距。
- 8.4.8 对于弯、坡、斜的箱梁桥,箱梁安装的平面位置、高程及几何线型应该严格满足设计要求。

8.5 套筒及金属波纹管灌浆检测

- 8.5.1 套筒及金属波纹管灌浆检测按批抽样检测时,符合下列条件的可作为同批：
- a) 规格型式相同；
 - b) 灌浆料材料、配合比、灌浆设备、养护条件相同；
 - c) 灌浆工艺等施工方法相同；
 - d) 构件种类相同；
 - e) 同一个台班灌注。
- 8.5.2 套筒或金属波纹管灌浆质量批量检测的评定方法按下表 10 执行。

表 10 批量检测符合性判定

抽样数量	合格判定数	不合格判定数	抽样数量	合格判定数	不合格判定数
2~5	0	1	80	7	8
8~13	1	2	125	10	11
20	2	3	200	14	15
32	3	4	315	21	22
50	5	6	500	33	34
<p>注 1：当同一个检测批中不合格数量为合格判定数及以下时,该批可判为合格;当不合格数量为不合格判定数及以上时,该批判为不合格。</p> <p>注 2：当同一个检验批抽检数量非上表中的数值时,“合格判定数”按插入值计算,其中“合格判定数”小数点后的数字略去不计,不合格判定数=合格判定数+1。</p>					

8.5.3 灌浆套筒灌浆检测内容及方法可按下表 11 确定,灌浆金属波纹管内容及检测方法可按表 12 确定,如有经过试验验证并通过行业相关机构组织专家鉴定的其他检测方法,也可在工程中使用。

- a) 采用内窥镜法检测套筒或金属波纹管内异物,坐浆料倒灌时,按 D.1 执行。
- b) 采用预埋钢丝拉拔法检测套筒浆料饱满度和浆料质量时,按 D.2 执行。
- c) 采用芯片法检测套筒灌浆饱满度时,按 D.3 执行。
- d) 采用压力传感器法检测套筒或金属波纹管灌浆饱满度时,按 D.4 执行。
- e) 采用冲击回波法对套筒灌浆饱满度进行检测时,按 D.5 执行。
- f) 采用局部破损法对套筒饱满度进行检测时,按 D.6 执行。
- g) 对灌浆料质量检测结果存在疑问,可采用取芯法检测实体灌浆料质量,按 D.7 执行。

表 11 灌浆套筒检测内容和检测方法

检测内容	检测方法	检测时机
套筒内异物,坐浆料倒灌	内窥镜法	灌浆前
灌浆饱满度	芯片法、压力传感器法	灌浆过程中
	冲击回波法、局部破损法	灌浆成型后 3 d 及以上
浆料质量	预埋钢丝拉拔法	灌浆 3 d 后检测
	取芯法	灌浆成型后 7 d 及以上
注:对套筒灌浆饱满度检测结果存在疑问,可采用冲击回波法或局部破损法进行验证。		

表 12 灌浆金属波纹管检测内容和检测方法

检测内容	检测方法	检测时机
金属波纹管内异物,坐浆料倒灌	内窥镜法	灌浆前
灌浆饱满度	压力传感器法	灌浆过程中
浆料质量	取芯法	灌浆成型后 7 d 及以上
注:压力传感器法不适用于 U 形波纹管注浆检测。		

8.5.4 套筒或金属波纹管灌浆质量检测数量宜符合下列规定:

- a) 采用内窥镜法检查套筒或金属波纹管内是否有异物,检测数量不宜少于 5%,且不宜少于 3 个,抽样应具有代表性;
- b) 采用芯片法或压力传感器法检查套筒或金属波纹管灌浆饱满度,检测数量不宜少于 30%,且不宜少于 10 个,抽样应具有代表性;
- c) 采用预埋钢丝拉拔法检查套筒浆料质量,检测数量不宜少于 5%,且不宜少于 3 个,抽样应具有代表性。

9 质量检验

9.1 一般规定

- 9.1.1 混凝土、钢筋与钢材的验收应符合 JTG F80/1 的有关规定。
- 9.1.2 灌浆料、砂浆垫层、环氧树脂胶的验收应符合 5.5、5.6 的有关规定。
- 9.1.3 预制装配桥梁施工应进行全过程质量控制,上一道工序质量检验合格后方可进入下一道工序。

- 9.1.4 评定为不合格的分项工程、分部工程,经返工、加固、补强或者调测,满足设计要求后,可重新进行检验评定。
- 9.1.5 预制装配桥梁的检验批、分项工程和分部工程的质量验收应符合 JTG F80/1 的有关规定。
- 9.1.6 分项工程应按照实测项目、外观质量和质量保证资料等检验项目分别检查。
- 9.1.7 预制装配桥梁的分部工程和分项工程及检验批的划分按表 13 执行。

表 13 预制装配桥梁分部工程和分项工程及检验批划分

分部工程	子分部工程	分项工程	检验批
基础及下部结构 预制和安装	承台(墩柱预制)	钢筋加工及安装(定位装置安装)	每个承台
	预制墩柱	预制:模板、钢筋加工及安装(定位装置安装)、 灌浆套筒或灌浆金属波纹管安装、墩柱预制 安装:墩柱坐浆、墩柱安装、灌浆套筒压浆	预制:每个墩柱 安装:每个墩柱
	预制盖梁	预制:模板、钢筋加工及安装(定位装置安装)、 灌浆套筒或灌浆金属波纹管安装、盖梁预制 安装:盖梁坐浆、盖梁安装、灌浆套筒或灌浆金 属波纹管压浆、湿接缝(模板、钢筋加工及安装、 预应力加工和张拉、预应力管道压浆)	预制:每个盖梁 安装:每个盖梁以及现浇段
上部结构预制和 安装	预制箱梁	预制:模板、钢筋加工及安装、预应力加工和张 拉、预应力管道压浆 安装:箱梁安装、湿接缝浇筑、横梁浇筑	预制:工厂每片主梁 安装:现场每片主梁

9.2 构件预制检验

- 9.2.1 预制构件钢筋工程实测项目应符合表 14 的规定。

表 14 预制构件钢筋工程实测项目

检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
受力钢筋间距(Δ)/mm		± 5	尺量:每构件测 3 个断面
箍筋、构造钢筋、螺旋筋间距/mm		± 10	尺量:每构件测 10 个间距
钢筋骨架尺寸/mm	长	± 10	尺量:按骨架总数 30% 抽测
	宽、高或直径	± 5	
弯起钢筋位置/mm		± 20	尺量:每骨架抽查 30%
定位板孔中心位置、灌浆套筒与灌浆金属波纹管中心位置及间距、定位板孔间距(Δ)/mm		± 2	尺量:检查 100%
预应力波纹管坐标/mm	梁长方向	± 30	尺量:每构件抽查 30% 管道,每个曲线测 3 点
	梁宽、梁高方向	± 10	
预应力波纹管间距/mm		± 10	尺量:每构件抽查 30% 管道,测 2 个断面
预应力钢筋张拉应力值(Δ)		满足设计要求	查液压表读数:每根(束)检查
预应力钢筋张拉伸长率(Δ)		满足设计要求,设计未 要求时 $\pm 6\%$	尺量:每根(束)检查

表 14 预制构件钢筋工程实测项目（续）

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
保护层厚度(Δ)/mm	±5	尺量:每构件各立模板每3m ² 检查1处,且每侧面不少于5处
注:“(Δ)”表示关键检查项目。		

9.2.2 墩柱及盖梁预制实测项目应符合表 15~表 16 的规定。

表 15 墩柱预制实测项目

检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
混凝土强度(Δ)/MPa		≥设计值,且≤1.5倍设计值	按 JTG F80/1—2017 附录 D 检查
断面尺寸/mm		±5	钢尺量:每个构件两侧各1个断面,宽、厚各2点,共4个点
高度/mm		(-5,0)	钢尺量:每个构件两侧各1个点,共2个点
平整度/mm		≤3	2 m 靠尺和塞尺量:每侧面测2个点
侧向弯曲/mm		≤H/2000,且不大于5	沿构件全高拉线,钢尺量:每个构件
支座垫石/mm	位置	≤5	尺量:每个垫石测2个点
	尺寸	±5	
	预留锚孔位置	±10	
灌浆套筒、灌浆金属波纹管中心位置(Δ)/mm		≤2	尺量:每个连接面抽查4个角点
墩柱外露钢筋(Δ)/mm	中心线位置	≤2	尺量:每根
	外露长度	(-2,0)	
预埋件中心位置(Δ)/mm		±10	尺量:每件
注:“(Δ)”表示关键检查项目。			

表 16 盖梁预制实测项目

检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
混凝土强度/MPa(Δ)		≥设计值,且≤1.5倍设计值	按 JTG F80/1—2017 附录 D 检查
断面尺寸/mm		±5	钢尺量:每个构件两侧各1个断面,宽、厚各2点,共4个点
长度/mm		±5	钢尺量:每个构件两侧各1个点,共2个点
平整度/mm		≤3	2m 靠尺和塞尺量:每侧面测2个点
侧向弯曲/mm		≤L/1500,且不大于10	沿构件全长拉线,钢尺量:每个构件
支座垫石/mm	位置	≤5	尺量:每个垫石测2个点
	尺寸	±5	
	预留锚孔位置	±10	

表 16 盖梁预制实测项目（续）

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
灌浆套筒、灌浆金属波纹管中心位置(Δ)/mm	≤2	尺量:每个连接面抽查4个角点
预埋件中心位置(Δ)/mm	±10	尺量:每件
注：“(Δ)”表示关键检查项目。		

9.2.3 预应力混凝土箱梁预制实测项目应符合表 17 的规定。

表 17 预应力混凝土箱梁预制实测项目

检查项目			规定值或允许偏差	检查方法和频率
混凝土强度(Δ)/MPa			≥设计值,且≤1.5倍设计值	按 JTG F80/1—2017 附录 D 检查
长度/mm			(+5,−10)	尺量;每梁顶面中线、底面两侧
断面尺寸(Δ) /mm	高度		(0,−5)	尺量;每梁测 3 个断面
	宽度	顶宽	±20	尺量;每梁测 3 个断面
		底宽	±10	
	厚度	顶板、底板、腹板	(+5,0)	
		横隔板	(+5,0)	尺量;每件
平整度/mm			≤5	2 m 直尺;沿梁长方向每侧面每 10 m 梁长测 1 处×2 尺
横系梁及预埋件位置/mm			≤5	尺量;每件
横坡/%			±0.15	水准仪;每梁测 3 个断面
注:“(Δ)”表示关键检查项目。				

9.2.4 预制构件不应有影响结构性能、安装和使用功能的尺寸偏差。对超过尺寸允许偏差且影响结构性能和安装、使用功能的部位应经原设计单位认可,按技术处理方案进行处理,并重新检查验收。

9.2.5 预制构件出模后应对其外观质量进行全数目测检查,并满足 JTG F80/1 的相关要求。

9.3 现场安装检验

9.3.1 墩柱及盖梁现场安装实测项目应符合表 18~表 19 的规定。

表 18 墩柱安装实测项目

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
轴线位置/mm(Δ)	≤5	经纬仪及尺量:每个墩柱纵横向各 1 点,共 2 点
顶面高程/mm	±5	水准仪测量:测 5 处
相邻墩柱顶面中心距/mm	±5	钢尺量:每个墩柱 1 点
相邻墩柱顶面高程差值/mm	±5	水准仪测量:每个墩柱 1 个点
垂直度/mm	≤0.1%H,且不大于 10	经纬仪测量或垂线、尺量:每个墩柱纵横向各 1 点,共 2 点
节段间错台/mm	≤2	尺量:每个节段每个侧面

表 18 墩柱安装实测项目（续）

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
承台与墩柱间接缝厚度/mm	(0,+5)	尺量:每个接头,共2点
砂浆垫层强度(Δ)/MPa	≥设计值	按 JTG F80/1—2017 附录 F 检查
灌浆料抗压强度(Δ)/MPa	≥设计值	按 JG/T 408 要求进行检验
注：“(Δ)”表示关键检查项目。		

表 19 盖梁安装实测项目

检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
轴线位置/(Δ)mm		≤5	经纬仪及尺量:每个盖梁纵横向各2点,共4点
顶面高程/mm		±5	水准仪测量:每个盖梁两端及中间各1点,共3点
垂直度/mm		≤0.3%H,且不大于5	经纬仪测量或垂线、尺量:每个盖梁纵横向各1点,共2点
盖梁与墩柱间接缝厚度/mm		(0,+5)	尺量:每个接头,共2点
砂浆垫层强度(Δ)/MPa		≥设计值	按 JTG F80/1—2017 附录 F 检查
灌浆料抗压强度(Δ)/MPa		≥设计值	按 JG/T 408 要求进行检验
节段间错台/mm		≤3	尺量:测每节每侧面
湿接缝混凝土强度(Δ)/MPa		≥设计值,且≤1.5倍设计值	按 JTG F80/1—2017 附录 D 检查
钢筋连接(Δ)	焊缝尺寸	≥设计值	钢尺量:每个构件检查30%接头
	机械连接扭矩	≥设计值	扭力扳手校核:每个构件检查20%接头
湿接缝区域内的箍筋、横向水平钢筋间距/mm		±10	钢尺量:每个构件检查30%接头连接处各测2个点
注：“(Δ)”表示关键检查项目。			

9.3.2 预应力混凝土箱梁现场安装实测项目应符合表 20 的规定。

表 20 预应力混凝土箱梁安装实测项目

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
支承中心偏位/mm	≤5	尺量:每跨测6个支承处,不足6个时全测
顶面高程/mm	±10	水准仪:每跨测5处,跨中、桥墩(台)处应布置测点
相邻梁顶面高差/mm	≤10	尺量:测每相邻梁高差最大处
湿接缝混凝土强度(Δ)/MPa	≥设计值,且≤1.5倍设计值	按 JTG F80/1—2017 附录 D 检查
注：“(Δ)”表示关键检查项目。		

9.3.3 安装完成后,构件表面应平整、光洁,无明显色差,棱角线顺直,表面无孔洞、露筋、蜂窝、麻面和缺

棱角现象。外观质量的限制性缺陷指标及检查项目应符合 JTGF80/1 的规定。

9.4 资料与记录

9.4.1 预制装配桥梁质量验收时,应提供相关文件和记录,主要包括:

- a) 工程设计文件、预制构件制作和安装的深化设计图;
- b) 预制构件、主要材料及配件的质量证明文件、进场验收记录、抽样复验报告;
- c) 预制构件的安装施工记录;
- d) 预制构件的安装验收记录;
- e) 预应力筋用锚具、连接器的质量证明文件和抽样检验报告;
- f) 预应力筋安装、张拉的检验记录;
- g) 钢筋接头的试验报告;
- h) 灌浆接头的试验报告;
- i) 套筒、金属波纹管灌浆连接及预应力孔道灌浆施工记录;
- j) 预拌混凝土的质量证明文件;
- k) 混凝土、灌浆料、砂浆垫层材料强度检测报告;
- l) 预制装配桥梁分项工程质量验收文件;
- m) 预制装配桥梁的重大质量问题的处理方案和验收记录;
- n) 隐蔽工程验收记录;
- o) 分项工程验收记录;
- p) 结构实体检验记录;
- q) 设计要求或合同约定的其他文件。

9.4.2 预制装配桥梁分部工程施工质量验收合格后,应将验收文件存档备案。

附 录 A

(资料性)

预制构件运输可通过性评价方法

A.1 评定步骤

预制构件运输可通过性评定步骤如下：

- a) 根据运输路线的净空构建净空限制条件；
- b) 判断预制构件是否满足所述净空限制条件,若满足,执行下一步,否则调整预制构件的尺寸直至满足所述净空限制条件；
- c) 计算车辆运载长度限制 L_{\max} ；
- d) 计算轴载当量限制 G_{\max} ；
- e) 根据车辆运载长度限制 L_{\max} 和轴载当量限制 G_{\max} 计算预制构件分段长度限制 C_{\max} ；
- f) 以所述预制构件分段长度限制 C_{\max} 进行预制构件分段。

A.2 净空限制条件评定

净空限制条件包括宽度方向的尺寸限制 B_{\max} 以及高度方向的尺寸限制 H_{\max} 。

针对方形预制构件,根据构件截面尺寸的宽度 B 和高度 H ,判断是否满足净空限制条件,即 $B \leq B_{\max}$, $H \leq H_{\max}$;针对圆形预制构件,根据构件的直径 D ,判断是否满足净空限制条件,即 $D \leq B_{\max}$, $D \leq H_{\max}$ 。

A.3 道路转弯及桥梁载重评定

首先,针对运输路线上的每个转弯路径,根据式(A.1)计算该转弯路径对应的车辆运载长度限制 L_1 ;选取最小的 L_1 作为最终的车辆运载长度限制 L_{\max} 。

$$L_1 = 2\sqrt{(2R + B')(D' - B')} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- L_1 ——车辆运载长度限制,单位为米(m);
- R ——转弯路径 l 的转弯半径,单位为米(m);
- B' ——预制构件的宽度,单位为米(m),针对方形预制构件, $B' = B$,针对圆形预制构件, $B' = D$;
- D' ——车道宽度,单位为米(m)。

其次,针对运输路线上的每座桥梁,计算该桥梁对应的轴载当量限制 G_b ;选取最小的 G_b 作为最终的轴载当量限制 G_{\max} 。利用影响线法获取轴载当量限制 G_b 与运载车辆重轴数量 N 的关系(参考附录B取用,在 N 大于8且桥梁技术条件为公路Ⅰ级设计荷载时, G_b 的取值为160 kN~240 kN,桥梁技术条件为公路Ⅱ级设计荷载时, G_b 的取值为120 kN~180 kN)。

根据车辆运载长度限制 L_{\max} 和轴载当量限制 G_{\max} 计算预制构件分段长度限制 C_{\max} ,如式(A.2)~式(A.5)所示。

$$L_a + C_{\max} \leq L_{\max} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

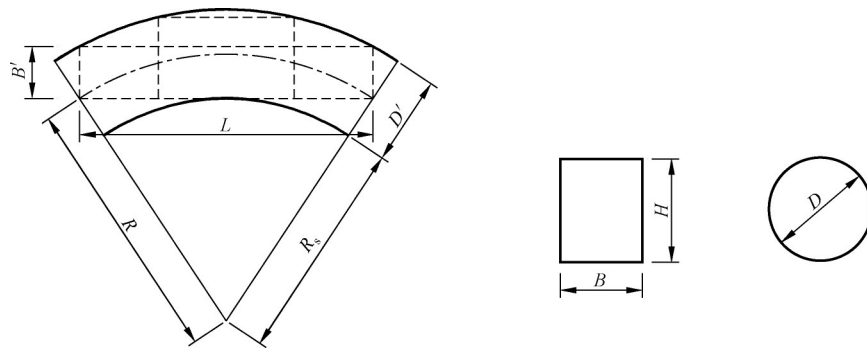
$$L_f + L_G + L_b \leq L_{\max} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

$$N = \text{int}\left(\frac{AC\gamma}{G_{\max} - G_0} + 0.5\right) \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

$$L_G = (N - 1) l_v \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

- L_a ——运载车辆的车头长度,单位为米(m);
 C_{\max} ——预制构件分段长度限制,单位为米(m);
 L_{\max} ——车辆运载长度限制,单位为米(m);
 L_f ——运载车辆的车头至第一个重轴的距离,单位为米(m);
 L_G ——运载车辆的第一个重轴至最后一个重轴的距离,单位为米(m);
 L_b ——运载车辆的最后一个重轴距车尾的距离,单位为米(m);
 N ——运载车辆的重轴数量;
 A ——预制构件截面面积,单位为平方米(m^2);
 γ ——混凝土重度,单位为千牛每立方米(kN/m^3);
 G_0 ——空载状态下重轴的轴载当量,单位为米(m);
 l_v ——重轴间距,单位为米(m)。

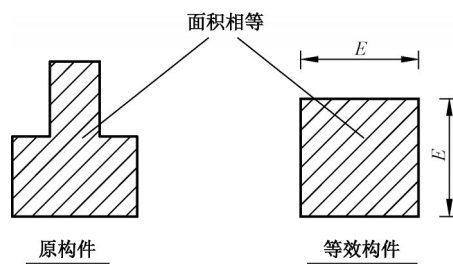
道路转弯半径与车辆尺寸关系示意图 A.1, 构件等效宽度 E 换算示意图见图 A.2。对于运输车辆, 可考虑车头着地与车头悬空两种模式, 车辆尺寸示意图 A.3。对于车头着地情况, 公式 (A.3) 代入实际的 L_f 计算分段长度限制, 对于车头悬空情况, 公式 A.3 将 L_f 取 0 代入计算。



标引序号说明:

- R_s ——道路内侧半径, 对于交叉口为内侧路缘石半径;
 R ——转弯半径;
 D' ——车道宽度;
 L ——车辆长度;
 B' ——预制构件的宽度, 针对方形预制构件, B' 为构件宽度, 针对圆形预制构件, B' 为构件直径。

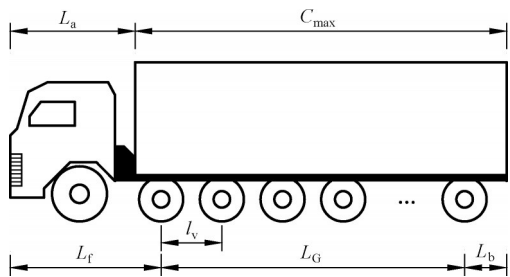
图 A.1 道路转弯半径与车辆尺寸关系示意



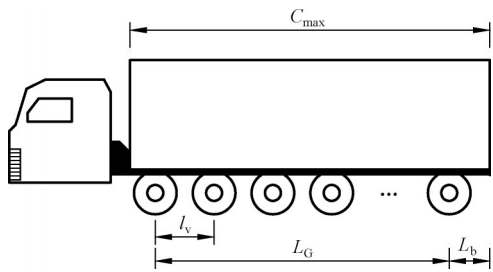
标引序号说明:

- E ——构件等效宽度。

图 A.2 构件等效宽度换算示意图



a) 车头着地,考虑车头占用空间情况



b) 车头悬空,不考虑占用空间情况

标引序号说明:

- L_a —— 运载车辆的车头长度;
- C_{max} —— 预制构件分段长度限制;
- L_f —— 运载车辆的车头至第一个重轴的距离;
- L_G —— 运载车辆的第一个重轴至最后一个重轴的距离;
- L_b —— 运载车辆的最后一个重轴距离车尾的距离;
- l_v —— 重轴间距。

图 A.3 车辆尺寸示意

附 录 B
(资料性)

桥梁轴载当量的建议取值

B.1 公路Ⅰ级桥梁轴载当量限制(单幅双车道桥宽 8.5 m)、公路Ⅰ级桥梁轴载当量限制(单幅双车道桥宽 12.5 m)建议取值分别见表 B.1、表 B.2。桥宽更小的桥梁不建议进行大件运输。

B.2 表 B.1、表 B.2 采用公路Ⅰ级(JTG D60)计算得到,公路Ⅱ级可按照 0.75 倍折算取用;表中取值未扣除轴自重。

表 B.1 公路Ⅰ级(JTG D60)桥梁轴载当量限制(单幅双车道桥宽 8.5m)

结构型式	跨径/m	拖车重轴轴数对应的轴载当量限制/kN				
		四轴	五轴	六轴	七轴	八轴
空心板	8	245.1	230.0	230.0	230.0	230.0
	10	242.4	212.2	204.1	202.4	202.4
	13	236.7	205.7	188.5	176.7	172.5
	16	248.3	212.8	188.2	171.9	162.1
	20	260.7	217.2	192.1	175.0	161.9
T 梁	25	313.2	256.1	222.0	198.8	183.0
	30	344.1	278.0	236.5	208.6	189.7
箱梁	25	283.0	240.3	214.3	194.1	180.8
	30	305.0	256.3	226.2	202.8	187.4
	40	353.8	293.6	255.3	226.3	206.0

表 B.2 公路Ⅰ级(JTG D60)桥梁轴载当量限制(单幅双车道桥宽 12.5m)

结构型式	跨径/m	拖车重轴轴数对应的轴载当量限制/kN				
		四轴	五轴	六轴	七轴	八轴
空心板	8	256.7	239.8	239.8	239.8	239.8
	10	253.5	222.3	213.2	211.3	211.3
	13	246.1	215.9	197.2	183.4	178.7
	16	254.2	216.0	193.4	177.3	166.7
	20	257.4	218.6	193.5	175.8	164.2
T 梁	25	382.9	301.6	266.0	240.1	220.9
	30	431.4	336.2	277.8	250.0	228.1
箱梁	25	335.6	285.0	253.5	229.7	214.0
	30	362.4	304.6	268.1	240.5	221.8
	40	421.1	349.5	303.4	268.9	244.7

附 录 C
(资料性)

一般道路桥梁情况下的构件长度限制建议取值

C.1 本附录适用于运输路线上桥梁的轴载当量限值为 18t、预制构件为方形截面的情况,且空载轴重取 4t;表中模式一(车头着地)计入车头长度 3.5 m,模式二(车头悬空)不计入车头长度。对于其他参数,计算方法见附录 A。

C.2 不同模式、截面下多轴同步转向构件长度限制取值见表 C.1、表 C.2,正常行驶转向构件长度限制取值见表 C.3、表 C.4。

表 C.1 多轴同步转向长度限制(模式一)

车道宽度	R_s/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
3.5 m	20	9.42	6.03	4.19	3.08	2.36
	40	13.46	8.62	5.98	4.40	3.37
	60	17.50	11.20	7.78	5.71	4.38
	80	20.19	12.92	8.97	6.59	5.05
	100	22.88	14.65	10.17	7.47	5.72
5.0 m	20	16.15	10.34	7.18	5.27	4.04
	40	22.88	14.65	10.17	7.47	5.72
	60	29.62	18.95	13.16	9.67	7.40
	80	33.65	21.54	14.96	10.99	8.41
	100	37.69	24.12	16.75	12.31	9.42
7.5 m	20	22.88	14.65	10.17	7.47	5.72
	40	32.31	20.68	14.36	10.55	8.08
	60	39.04	24.98	17.35	12.75	9.76
	80	45.77	29.29	20.34	14.95	11.44
	100	51.15	32.74	22.74	16.70	12.79

表 C.2 多轴同步转向长度限制(模式二)

车道宽度	R_s/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
3.5 m	20	12.12	7.75	5.38	3.96	3.03
	40	17.50	11.20	7.78	5.71	4.38
	60	20.19	12.92	8.97	6.59	5.05
	80	22.88	14.65	10.17	7.47	5.72

表 C.2 多轴同步转向长度限制（模式二）（续）

车道宽度	R_s/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
3.5 m	100	25.58	16.37	11.37	8.35	6.39
5.0 m	20	18.85	12.06	8.38	6.15	4.71
	40	26.92	17.23	11.97	8.79	6.73
	60	32.31	20.68	14.36	10.55	8.08
	80	36.35	23.26	16.15	11.87	9.09
	100	41.73	26.71	18.55	13.63	10.43
7.5m	20	25.58	16.37	11.37	8.35	6.39
	40	35.00	22.40	15.56	11.43	8.75
	60	43.08	27.57	19.15	14.07	10.77
	80	49.81	31.88	22.14	16.26	12.45
	100	55.19	35.32	24.53	18.02	13.80

表 C.3 正常行驶转向长度限制（模式一）

车道宽度	R_s/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
3.5 m	20	2.69	1.72	1.20	0.88	0.67
	40	4.04	2.58	1.79	1.32	1.01
	60	5.38	3.45	2.39	1.76	1.35
	80	5.38	3.45	2.39	1.76	1.35
	100	6.73	4.31	2.99	2.20	1.68
5.0 m	20	6.73	4.31	2.99	2.20	1.68
	40	9.42	6.03	4.19	3.08	2.36
	60	12.12	7.75	5.38	3.96	3.03
	80	14.81	9.48	6.58	4.84	3.70
	100	16.15	10.34	7.18	5.27	4.04
7.5 m	20	9.42	6.03	4.19	3.08	2.36
	40	14.81	9.48	6.58	4.84	3.70
	60	17.50	11.20	7.78	5.71	4.38
	80	21.54	13.78	9.57	7.03	5.38
	100	24.23	15.51	10.77	7.91	6.06

表 C.4 正常行驶转向长度限制(模式二)

车道宽度	R_s/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
3.5 m	20	5.38	3.45	2.39	1.76	1.35
	40	6.73	4.31	2.99	2.20	1.68
	60	8.08	5.17	3.59	2.64	2.02
	80	9.42	6.03	4.19	3.08	2.36
	100	9.42	6.03	4.19	3.08	2.36
5.0 m	20	9.42	6.03	4.19	3.08	2.36
	40	12.12	7.75	5.38	3.96	3.03
	60	14.81	9.48	6.58	4.84	3.70
	80	17.50	11.20	7.78	5.71	4.38
	100	18.85	12.06	8.38	6.15	4.71
7.5 m	20	13.46	8.62	5.98	4.40	3.37
	40	17.50	11.20	7.78	5.71	4.38
	60	21.54	13.78	9.57	7.03	5.38
	80	24.23	15.51	10.77	7.91	6.06
	100	26.92	17.23	11.97	8.79	6.73

附 录 D

(资料性)

套筒及金属波纹管灌浆检测方法

D.1 内窥镜法

D.1.1 内窥镜法适用于灌浆前套筒、金属波纹管内部异物或坐浆料倒灌检测。

D.1.2 采用内窥镜法检测时,内窥镜应包括内窥镜主机和内窥镜镜头。

D.1.3 内窥镜镜头应符合下列规定:

- a) 内窥镜头应具备自主方向调节和自动聚焦功能;
- b) 内窥镜头应具备自动补光功能和光源可调,最大光源的照度不低于8000 lx;

D.1.4 内窥镜应具有录视频和现场照片拍摄功能,且像素不应低于100万。

D.1.5 内窥镜检测前应进行下列准备工作:

- a) 检查设备和相关检测系统是否正常使用,仪器设备是否正常;
- b) 应记录工程名称、套筒或金属波纹管所在构件编号、套筒或金属波纹管具体位置、检测人员信息等,修整或返工的结构构件部位应有实施施工前后的文字及图像记录资料。

D.1.6 套筒或金属波纹管灌浆前采用内窥镜检测时应符合下列规定:

- a) 灌浆前内窥镜法检测,沿构件四周进行查看,根据外侧的目视检测情况确定抽检的套筒或金属波纹管位置;
- b) 内窥镜开机后,根据现场情况选择内窥镜镜头补光的光源;内窥镜的镜头从套筒或金属波纹管压浆口缓慢伸入直到内部钢筋位置,然后调整镜头向上和向下进行查看套筒或金属波纹管和钢筋之间是否通畅,并拍摄对应的照片;
- c) 对采集到的内窥镜照片进行构件和套筒或金属波纹管位置的编号。

D.1.7 套筒或金属波纹管灌浆前内窥镜法检测评定。

- a) 套筒或金属波纹管内钢筋和筒壁之间是否存在坐浆料的倒灌或石子、混凝土块等其他异物。
- b) 对内窥镜法检测套筒或金属波纹管存在的异物,应进行及时处理,并在处理后使用内窥镜再次检测。
- c) 异物尺寸占套筒或金属波纹管压浆口的面积比例小于25%且不影响正常灌浆,可不进行处理;若占套筒或金属波纹管压浆口的面积比例大于25%,应进行及时疏通保证正常灌浆。

D.2 预埋钢丝拉拔法

D.2.1 预埋钢丝拉拔法用于施工及验收阶段检测套筒灌浆饱满度和浆料质量。

D.2.2 采用预埋钢丝拉拔法检测时,检测设备应包括拉拔仪、钢丝及相关配件。

D.2.3 拉拔仪应符合下列规定:

- a) 量程不宜小于5 kN,且不宜大于15 kN,最小分辨率不应低于0.1 kN。
- b) 每年应至少校准一次。

D.2.4 钢丝及相关配件应符合下列规定:

- a) 钢丝应采用光圆高强不锈钢钢丝,抗拉强度不应低于600 MPa,直径应为 $5.0\text{ mm}\pm 0.1\text{ mm}$,钢丝应包括锚固段、隔离段和拉拔段。
- b) 钢丝锚固段长度应为 $30.0\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ 。

- c) 钢丝隔离段应与灌浆料浆体有效隔离。
- d) 钢丝拉拔段长度应满足拉拔仪要求。

D.2.5 采用预埋钢丝拉拔法检测套筒灌浆饱满度前的准备工作应符合下列规定：

- a) 应保证检测设备正常；
- b) 应记录工程基本信息、执行标准、构件编号、套筒编号、检测设备信息、检测人员信息等。

D.2.6 采用预埋钢丝拉拔法检测套筒灌浆饱满度时应符合下列规定：

- a) 应根据预制构件表面的出浆口到套筒内靠近出浆孔一侧的钢筋表面的垂直距离,以及钢丝锚固段的长度,确定钢丝隔离段的长度和位置；
- b) 将钢丝配件沿套筒出浆孔插入并固定,应确保钢丝锚固长度符合要求；
- c) 灌浆结束时应及时检查钢丝锚固长度和是否处于水平状态；
- d) 灌浆结束后预埋钢丝的灌浆节点采用自然养护方式进行,养护期间应做好现场防护工作,确保钢丝不被损坏；
- e) 灌浆构件养护 3d 且不低于 60 °C/d 后,采用预埋钢丝拉拔法进行套筒灌浆饱满度检测；
- f) 拉拔时,拉拔仪应与预埋钢丝对中连接,加载方向应与钢丝轴线方向重合,加载速度应控制在 0.15 kN/s~0.50 kN/s,应连续均匀施加荷载直至钢丝被完全拔出,并记录极限拉拔荷载值,精确至 0.1kN。

D.2.7 采用预埋钢丝拉拔法检测套筒灌浆饱满度和浆料质量的评定准则应符合下列规定。

- a) 取同一批测点极限拉拔荷载值中 3 个最大值的平均值,该平均值的 60% 记为 a ,该平均值的 40% 记为 b ;当测点极限拉拔荷载值大于 a 且不小于 1.5 kN 时,应判定测点对应套筒管灌浆饱满;当测点数据在 $a\sim b$ 之间时,需进一步用其他检测方法进行校核;当测点极限拉拔荷载值小于 b 或小于 1.0 kN 时,应判定测点对应套筒灌浆不饱满。
- b) 其他情况应进一步结合内窥镜校核结果进行判定。

D.2.8 对预埋钢丝拉拔法检测灌浆不饱满的套筒,应进行注射补灌。

D.3 芯片法

D.3.1 芯片法用于施工阶段检测套筒灌浆饱满度。

D.3.2 采用芯片法检测时,检测设备应包括封装芯片和芯片检测仪。

D.3.3 芯片应符合下列规定：

- a) 封装芯片应具有独立可识别性(唯一编码),具有无源的独立接收和发射信号功能；
- b) 芯片需要根据现场套筒抽检位置进行统一编号。

D.3.4 芯片检测仪应符合下列规定：

- a) 芯片检测仪发射功率不低于 30 dBm,发射天线不小于 4 dBi,使用环境温度: -5 °C~60 °C,相对湿度不大于 90%；
- b) 芯片检测仪应定期进行计量检定或校准,应具有产品合格证书；
- c) 芯片检测仪应具备足够强的发射能量,保证芯片能及时接受信号；
- d) 芯片检测仪的发射与接收应具有方向性。

D.3.5 采用芯片法检测套筒灌浆饱满度前应进行以下准备工作：

- a) 检查设备是否正常；
- b) 应记录工程名称、套筒所在构件编号、套筒具体位置、检测人员信息等,修整或返工的结构构件部位应有实施施工前后的文字及图像记录资料。

D.3.6 采用芯片法检测套筒灌浆饱满度时应符合下列规定：

- a) 芯片的安装装置预先进行组装,并检查是否有异常；

- b) 待现场吊装完成,采用专用工具通过套筒的出浆口位置将芯片装置安装至钢筋与套筒之间;
- c) 将芯片装置固定在出浆口易产生空洞的区域,保证芯片侧向外,灌浆时不被浆液冲出;
- d) 灌浆过程中,灌浆料流动速度尽量保持一致,浆体应具有良好的流动性;
- e) 灌浆结束 15 min 后,通过检测设备检测各芯片的信号能量值,并做好记录。

D.3.7 采用芯片法检测套筒灌浆饱满度的判定准则应符合下列规定:

- a) 在出浆口区域能够扫查到芯片信号,则判定该测点灌浆饱满度不合格。
- b) 在出浆口区域扫查不到芯片信号,则判定该测点灌浆饱满度合格。

D.3.8 灌浆结束后 15 min 后,芯片检测仪检测到芯片信号强度大于 10 dBm,则需要进行二次补浆。

D.3.9 补灌后需对原灌浆不饱满套筒的灌浆饱满度进行复测,直至灌浆饱满,并在原始记录表备注栏中做好复测记录。

D.4 压力传感器法

D.4.1 压力传感器法可用于施工阶段检测套筒或金属波纹管灌浆饱满度。

D.4.2 采用压力传感器法检测时,压力传感器检测仪应符合以下规定:

- a) 检测范围不低于 100 kPa,测量准确度不宜低于 0.2%,使用的环境温度为 $-5^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 压力传感器应定期进行计量检定或校准,专用压力传感器应具有相关的技术认证。

D.4.3 采用压力传感器法检测套筒或金属波纹管灌浆饱满度前应进行以下准备工作:

- a) 检查设备和相关检测系统是否正常使用,仪器设备密封性是否正常;
- b) 应记录工程名称、套筒或金属波纹管所在构件编号、套筒或金属波纹管具体位置、检测人员信息等,修整或返工的结构构件部位应有实施施工前后的文字及图像记录资料。

D.4.4 采用内置压力传感器法检测套筒或金属波纹管灌浆饱满度时应符合下列规定:

- a) 采用专用工具通过套筒或金属波纹管的出浆口位置将传感器装置安装至套筒或金属波纹管底部内壁与钢筋之间;
- b) 现场安装压力计和导管,并测试其完备性;
- c) 现场通过压浆口缓慢灌浆,压力计随着浆液液面上升其压力值逐渐增加,压力设备记录连续的信号变化,形成压力-时间变化曲线;
- d) 现场对压力-时间曲线进行记录,并进行及时判断。

D.4.5 采用外置压力传感器法检测套筒或金属波纹管灌浆饱满度时应符合下列规定:

- a) 现场安装压力计和导管,并测试其完备性;
- b) 现场通过压浆口缓慢灌浆,待出浆口流出浆液后,采用外置传感器封堵压浆口,形成压力-时间变化曲线;
- c) 现场对压力-时间曲线进行记录,并进行及时判断。

D.4.6 采用压力传感器法检测套筒或金属波纹管灌浆饱满度的判定准则为:对同一构件且灌浆高度相同的压力值取平均值,若低于平均值的 90%,则判定测点灌浆饱满度不合格。

D.4.7 对判断灌浆不饱满的套筒或金属波纹管需立即进行补灌处理,对不饱满套筒或金属波纹管的压浆口进行补灌。

D.4.8 补灌后需对原灌浆不饱满套筒的灌浆或金属波纹管饱满度进行复测,直至灌浆饱满,并在原始记录表备注栏中做好“复测”记录。

D.5 冲击回波法

D.5.1 冲击回波法用于检测套筒埋深不大于 200 mm 的灌浆饱满度。

D.5.2 检测仪器、辅助工具及材料应符合下列规定:

- a) 应配置钢制球形手动激振器或自动激振器；
- b) 采样位数不应小于物理 24 位,采样频率不应小于 2 MHz,且支持采样频率可调；
- c) 系统噪声应小于 50 μv ；
- d) 信号传输模式宜采用直流载波；
- e) 实时显示冲击时域信号,并具备 FFT/MEM 频谱分析机能；
- f) 工作环境温度宜为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$,不宜在强振动噪声的环境中工作。

D.5.3 灌浆饱满度检测前应做好下列工作：

- a) 应检查检测仪器是否正常,并采用同结构标准试块进行校验测试。
- b) 应记录工程名称、套筒所在构件编号、套筒位置编号、检测人员、设备参数和测试日期等信息。
- c) 根据设计资料确定测试区域,布置区域宜布置在下图 D.1 所示的测线布置区域内。
- d) 清理测试区域表面浮浆、灰尘等异物。
- e) 根据结构尺寸和套筒规格,设置合适的采样频率和激振信号。

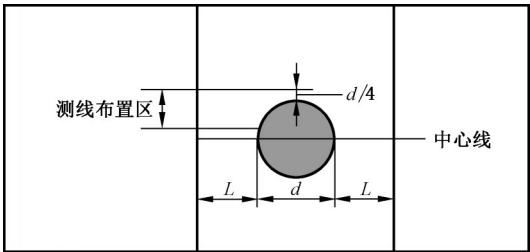


图 D.1 布点示意图

D.5.4 采用冲击回波法检测套筒灌浆饱满度时应符合下列规定：

- a) 测线宜平行于套筒走向布置。
- b) 测线上各测点的间距宜为 2 cm~5 cm 之间,激振点和接收器间的距离宜相同。
- c) 现场检测宜在灌浆达到强度 90% 后进行(冬季注浆 7 d 后,夏季 3 d 后),必要时根据地区差异可进行同等养护条件确定检测窗口期。

D.5.5 检测结果评定应符合下列规定：

- a) 当测试信号频率峰值与正常结构频率峰值基本相同时,且仅出现一个与构件尺寸对应的频率峰值 f 时(套筒附近可能会出现较弱的反射信号率峰值),可判定套筒内灌浆密实。
- b) 当测试信号频率峰值相对于正常结构部位向低频偏移,或者套筒位置出现较强的反射频谱峰值,可判定套筒内灌浆不密实。
- c) 当测试信号相较于第 2 条向低偏移量更大(与未注浆的频谱峰值相近),此时无论套筒位置产生反射信号峰值与否,可判断套筒未灌浆。

D.6 局部破损法

D.6.1 局部破损法用于浆料成型后套筒内部灌浆饱满度检测。

D.6.2 采用局部破损法检测时,内窥镜应包括内窥镜主机和内窥镜镜头。

D.6.3 内窥镜镜头应符合下列规定：

- a) 内窥镜镜头应具备自主方向调节和自动聚焦功能；
- b) 内窥镜镜头应具备自动补光功能和光源可调,最大光源的照度不低于 8 000 lx。

D.6.4 内窥镜应具备录视频和现场照片拍摄,像素不应低于 100 万。

D.6.5 内窥镜检测前应进行下列准备工作：

- a) 检查设备和相关检测系统是否正常使用,仪器设备是否正常。

- b) 应记录工程名称、套筒所在构件编号、套筒具体位置、检测人员信息等,修整或返工的结构构件部位应有实施施工前后的文字及图像记录资料。

D.6.6 套筒灌浆后钻孔内窥镜法检测时应符合下列规定:

- a) 宜根据委托方要求并结合检测项目特点、现场状况确定检测位置。
- b) 宜选用不小于 $\varphi 10\text{ mm}$ 的钻头,从套筒出浆口中心位置水平钻孔至套筒内部与主钢筋之间。
- c) 现场宜采用机械清理方式对水平钻孔进行清灰,若孔道内有积水应及时进行清理。
- d) 内窥镜从套筒出浆口孔道水平伸入,调整内窥镜镜头查看主筋周边是否存在空洞等缺陷情况。
- e) 对采集到的内窥镜照片进行构件和套筒位置的编号。

D.6.7 套筒灌浆后局部破损法检测评定:

- a) 套筒顶部主筋与筒内壁之间是否存在空洞、积水导致的灌浆料变质等缺陷。
- b) 内窥镜法检测套筒顶部存在空洞,则应及时进行注射补灌。
- c) 检测套筒顶部存在离析等其他影响结构安全缺陷,应采取特殊处理方案。
- d) 内窥镜法检测完成后且无缺陷应及时修补水平钻孔的孔道。

D.7 取芯法

D.7.1 取芯法适用于已灌浆连接部位的套筒或金属波纹管灌浆料实体抗压强度检测。

D.7.2 下列情况,可采用本方法对灌浆料实体强度进行检测:

- a) 工地试验室送检的标准试块抗压强度结果不合格。
- b) 已灌浆连接的套筒或金属波纹管灌浆料实体强度存在怀疑或争议。

D.7.3 采用取芯法进行检测设备包括钻芯机、加工设备、压力试验机。

D.7.4 钻芯机应符合下列规定:

- a) 钻芯机应具有足够的刚度,移动方便且易固定,且应有水冷系统。
- b) 取样宜采用人造金刚石薄壁空心钻头。

D.7.5 加工设备应符合下列规定:

- a) 圆柱样品切割设备宜采用双刀锯切设备,锯片具有足够刚度和垂直度,设备应具有牢固夹具装置。
- b) 磨平设备宜采用双面磨平装置,应具有牢固夹具装置,应保证圆柱试件端面与轴线垂直。

D.7.6 压力试验机应符合下列规定:

- a) 压力试验机的示值相对误差应为 $\pm 1\%$ 。
- b) 圆柱体试块破坏荷载宜为压力试验机全量程的 $20\%\sim 80\%$ 。
- c) 压力试验机应具有加速速度指示装置或加荷速度控制装置,且均匀、连续加荷。
- d) 试验机的上、下板之间应垫钢板或设置专用夹具。

D.7.7 取样法检测前应进行下列准备工作:

- a) 检查设备和相关检测系统是否正常使用,仪器设备是否正常。
- b) 应记录工程名称、套筒或金属波纹管所在构件编号、套筒或金属波纹管具体位置、检测人员信息等。
- c) 灌浆料品牌、规格型号、强度设计值,灌浆日期、搅拌工艺、灌浆工艺和灌浆时环境温度等施工记录。

D.7.8 外接延长管取样应符合下列规定:

- a) 当采用外接延长管的灌浆工艺时,宜采用外接延长管取样。
- b) 外接延长管宜为出浆口安装的L形管,管内径宜为 $16\text{ mm}\sim 22\text{ mm}$,取样的竖向管直线段不宜小于 100 mm ,取样的水平管直线段长度不宜小于 50 mm 。

- c) 切割工具沿横向切开,水平推出圆柱体样品后,检查圆柱体样品的外观质量,应无明显缺陷,且有效长度不宜低于 50 mm。

D.7.9 现场钻芯取样应符合下列规定:

- a) 应避开主筋和进出浆口,宜沿着构件灌浆管轴线布设方向取芯。
- b) 钻头内径不宜小于 16 mm,且不宜大于 22 mm;钻芯机安装应固定平稳,钻头宜保持匀速钻进。
- c) 钻取芯样时用于冷却水流量宜为 2 L/min~4 L/min。
- d) 钻取芯样后留下的孔洞应及时修补。

D.7.10 加工后芯样应符合下列规定:

- a) 高径比(H/D)应为 0.95~1.05;
- b) 端面与轴线的垂直度偏差不应超过 20' ;
- c) 端面平整度在直径尺寸范围内不超过 0.02 mm;
- d) 直径与平均直径相差不应超过 1.0 mm;
- e) 表面无气孔等明显缺陷。

D.7.11 抗压试验应符合下列规定:

- a) 两个端面为加荷受压面,芯样试件端面的中心应与试验机下压板中心对准,中心偏差应控制在 0.5 mm 以内;
- b) 应连续且均匀加荷,加荷速度应控制在 (1.5 ± 0.15) MPa/s。

D.8 检测结果评定

D.8.1 抗压强度试验值应按式(D.1)计算:

$$f_{cy} = \frac{F_c}{A_c}$$

.....(D.1)

式中:

f_{cy} —— 芯样抗压强度试验值,单位为兆帕(MPa),精确至 0.1MPa;

F_c —— 芯样抗压强度试验的破坏荷载,单位为牛(N);

A_c —— 芯样抗压横截面面积,单位为平方毫米(mm²)。

圆柱体芯样抗压强度换算值可按照式(D.2)

D.8.2 计算:

$$f = \beta \cdot f_{cy}$$

.....(D.2)

式中:

f —— 圆柱体芯样抗压强度换算值,单位为兆帕(MPa),精确至 0.1MPa;

β —— 圆柱体芯样抗压强度换算系数,详见表 D.1。

表 D.1 芯样抗压强度换算系数 β 取值表

抗压值/MPa	β 取值	
	直径 16 mm	直径 21 mm
30	1.80	1.60
40	1.70	1.55
50	1.65	1.50
60	1.60	1.45

表 D.1 芯样抗压强度换算系数 β 取值表（续）

抗压值/MPa	β 取值	
	直径 16 mm	直径 21 mm
70	1.50	1.40
80	1.45	1.35
注：其余采用线性内插取值,精确至 0.01		

参 考 文 献

- [1] JTG D60 公路桥涵设计通用规范.
 - [2] 超限运输车辆行驶公路管理规定(中华人民共和国交通运输部令 2021 年第 12 号).
-