

山东省工程建设标准



DB37/T 5098—2017

J 13941—2017

城市轨道交通预制简支 U 型梁施工技术规范

Technical specification for prestressed simply – supported
U – beam of urban viaduct

2017 – 07 – 31 发布

2017 – 10 – 01 实施



统一书号:155160 · 1113
定 价:36.00 元

山东省住房和城乡建设厅
山东省质量技术监督局

联合发布

山东省工程建设标准

城市轨道交通预制简支 U 型梁施工技术规范

Technical specification for prestressed simply – supported

U – beam of urban viaduct

DB37/T 5098—2017

住房和城乡建设部备案号：J 13941—2017

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

山东省质量技术监督局

实施日期：2017 年 10 月 01 日

2017 济南

山东省工程建设标准
城市轨道交通预制简支 U 型梁施工技术规范
Technical specification for prestressed simply – supported
U – beam of urban viaduct

DB37/T 5098—2017

住房和城乡建设部备案号: J 13941—2017

*

出版: **中国建材工业出版社**

地址: 北京市海淀区三里河路 1 号

各地新华书店、建筑、建材书店经销

印刷: 廊坊市海涛印刷有限公司

开本: 850mm × 1168mm 1/32 印张: 3.375 字数: 90 千字

2017 年 9 月第一版 2017 年 9 月第一次印刷

*

统一书号: 155160 · 1113

定价: 36.00 元

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100044)

网上书店: <http://www.jecbs.com>

山东省住房和城乡建设厅
山东省质量技术监督局
关于发布《城市轨道交通预制简支 U 型梁施工技术规程》等三项山东省工程建设标准的通知

鲁建标字〔2017〕23 号

各市住房城乡建委（建设局）、质监局，各有关单位：

由济南轨道交通集团有限公司等单位主编的《城市轨道交通预制简支 U 型梁施工技术规程》《城市轨道交通清水混凝土施工技术规程》及《城市轨道交通桥墩预制拼装技术规程》业经审定通过，批准为山东省工程建设标准，编号分别为 DB37/T 5098—2017、DB37/T 5099—2017 及 DB37/T 5100—2017，现予以发布，自 2017 年 10 月 1 日起施行。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由济南轨道交通集团有限公司负责具体技术内容的解释。

山东省住房和城乡建设厅
山东省质量技术监督局

2017 年 7 月 31 日

前 言

为加强山东省城市轨道交通 U 型梁工程的施工质量，统一验收标准，按照山东省住房和城乡建设厅统一安排，济南轨道交通集团有限公司会同有关单位，借鉴国家相关标准，经广泛调研，总结国内外轨道交通 U 型梁工程的实践经验和技术成果，结合我省实际，编制本规程。

本规程主要包括：总则、术语、基本规定、模板工程、钢筋工程、混凝土工程、预埋件、预应力工程、冬期施工、热期施工、保管及运输、安装、质量验收等内容。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由济南轨道交通集团有限公司负责具体技术内容的解释。

本规程在执行过程中，如发现需要修改和补充之处，请将有关的意见和建议反馈给济南轨道交通集团有限公司（地址：济南市高新区舜华路 2000 号舜泰广场 2 号楼 18F，邮编：250101，联系电话：0531 - 66695030，邮箱：peiyang2006@126.com），以供今后修订时参考。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人员和主要审查人员：

主 编 单 位：济南轨道交通集团有限公司

参 编 单 位：山东省建设监理咨询有限公司

北京城建设计发展集团股份有限公司

中铁十四局集团第五工程有限公司

济南市工程质量与安全生产监督站

中建八局第二建设有限公司

主要起草人员：王国富 陈思斌 修春海 潘 军
路林海 陈 刚 张 伟 刘家海
周立民 王 鹏 祁延飞 陈 文
陈国华 白唐瀛 丛义营 刘 博
窦松涛 刘冰飞

主要审查人员：文望青 嵇 飙 张维汇 王桂玲
李学乾 王有志 杨荣泉 卢文良
李盼到 李 辉 于 坤

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	模板工程	4
4.1	一般规定	4
4.2	钢材和焊条	4
4.3	模板设计	4
4.4	模板制作和安装	5
4.5	模板拆除	6
4.6	质量检验	6
5	钢筋工程	8
5.1	一般规定	8
5.2	钢筋加工	8
5.3	钢筋接头	9
5.4	钢筋安装	9
5.5	质量检验	10
6	混凝土工程	12
6.1	一般规定	12
6.2	混凝土原材料	12
6.3	原材料的储存与管理	16
6.4	混凝土配合比的选定	16
6.5	混凝土搅拌	17
6.6	混凝土运输	17

6.7	混凝土浇筑及振捣	18
6.8	混凝土养护	19
6.9	混凝土拆模	19
6.10	质量检验	20
7	预埋件	21
7.1	一般规定	21
7.2	预埋件安装	21
7.3	质量检验	22
8	预应力工程	23
8.1	一般规定	23
8.2	原材料	23
8.3	制作安装	24
8.4	施加预应力	24
8.5	孔道压浆	25
8.6	封端	26
8.7	质量检验	26
9	冬期施工	29
9.1	一般规定	29
9.2	混凝土配制、搅拌和运输	29
9.3	混凝土浇筑	30
9.4	混凝土养护与拆模	30
9.5	质量检验	31
10	热期施工	32
10.1	一般规定	32
10.2	混凝土配制、搅拌和运输	32
10.3	混凝土浇筑	33
10.4	混凝土养护	33

10.5	质量检验	33
11	保管及运输	34
11.1	一般规定	34
11.2	存梁	34
11.3	起吊	34
11.4	运输	35
12	安装	36
12.1	一般规定	36
12.2	支座安装	36
12.3	U 型梁架设	36
13	质量验收	39
13.1	一般规定	39
13.2	检验规则	39
13.3	工程质量验收单元的划分	40
13.4	工程施工质量验收的程序和组织	42
13.5	U 型梁的制造	42
13.6	成品保护	46
13.7	出场验收	46
13.8	U 型梁的架设	47
附录 A	原材料和配件检验要求（规范性附录）	49
附录 B	预制梁生产过程控制检验和成品出场检验项目和 质量要求（规范性附录）	58
附录 C	预制 U 型梁出场证明单（规范性附录）	61
	本规程用词说明	63
	引用标准名录	64
附：	条文说明	65

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirements	3
4	Formwork engineering	4
4.1	General provisions	4
4.2	Steels and electrode	4
4.3	Design of formwork	4
4.4	Fabrication and installation of formwork	5
4.5	Removal of formwork	6
4.6	Quality inspection	6
5	Steel reinforcement engineering	8
5.1	General provisions	8
5.2	Processing of steel reinforcement	8
5.3	Connection of steel reinforcement	9
5.4	Installation of steel reinforcement	9
5.5	Quality inspection	10
6	Concrete engineering	12
6.1	General provisions	12
6.2	Raw materials of concrete	12
6.3	Storage and management of raw materials	16
6.4	Mix proportion selection of concrete	16
6.5	Stirring of concrete	17
6.6	Transporting of concret	17
6.7	Pouring and vibrating of concrete	18

6.8	Curing of concrete	19
6.9	Form stripping of concrete	19
6.10	Quality inspection	20
7	Embedded parts	21
7.1	General provisions	21
7.2	Installation of embedded parts	21
7.3	Quality inspection	22
8	Prestress engineering	23
8.1	General provisions	23
8.2	Raw materials	23
8.3	Manufacture and installation	24
8.4	Applying prestress	24
8.5	Duct grouting	25
8.6	Anchor seal	26
8.7	Quality inspection	26
9	Winter construction	29
9.1	General provisions	29
9.2	Preparing, stirring and transporting of concrete in winter	29
9.3	Pouring of concrete in winter	30
9.4	Form stripping and curing of concrete in winter	30
9.5	Quality inspection of concrete in winter	31
10	Summer construction	32
10.1	General provisions	32
10.2	Preparing, stirring and transporting of concrete in summer	32
10.3	Pouring of concrete in summer	33
10.4	Curing of concrete in summer	33
10.5	Quality inspection of concrete in summer	33

11	Custody and transporting of U – beam	34
11.1	General provisions	34
11.2	Custody of U – beam	34
11.3	Slinging of U – beam	34
11.4	Transporting of U – beam	35
12	Installation of U – beam	36
12.1	General provisions	36
12.2	Bearing installation of U – beam	36
12.3	Girder erection of U – beam	36
13	Quality acceptance	39
13.1	General provisions	39
13.2	Test rules	39
13.3	Unit division for acceptance of engineering quality ...	40
13.4	Procedure and organization for acceptance of engineering quality	42
13.5	Production of U – beam	42
13.6	Product protection	46
13.7	Delivery inspection of U – beam	46
13.8	Girder erection of U – beam	47
Appendix A	Test requirements of raw materials and fittings	49
Appendix B	Process inspection of U – beam production, Inspection items and quality requirements of delivery	58
Appendix C	Appearance certificate of U – beam	61
	Explanation of Wording in This Specification	63
	List of quoted standards	64
	Addition: Explanation of provisions	65

1 总 则

1.0.1 为了加强城市轨道交通预制简支 U 型梁工程质量管理，强化过程控制，统一验收标准，达到绿色施工的要求，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于山东省城市轨道交通预制简支 U 型梁的施工及验收。

1.0.3 预制简支 U 型梁施工和验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 U 型梁 U – beam

由两侧腹板、翼缘板和底板组成的下承式简支梁式结构，其底板布置纵向预应力钢束，底板横向无预应力钢束。

2.0.2 后张法 post – tensioning method

先在制梁台座浇筑混凝土，待梁体混凝土达到规定指标后再张拉预应力筋以形成预应力混凝土构件的施工方法。

2.0.3 先张法 pre – tensioning method

在台座上先张拉预应力筋，然后浇筑混凝土，待梁体混凝土达到规定指标后放张预应力筋，以形成预应力混凝土构件的施工方法。

2.0.4 存梁 girder storing

U 型梁架设前在存梁台座上或临时存梁地点短期存放。

3 基本规定

3.0.1 预制简支 U 型梁混凝土强度不应低于 C55，设计使用寿命 100 年。整体应达到普通清水混凝土效果。

3.0.2 后张法预应力混凝土 U 型梁预应力施工宜采用智能张拉，并采用真空辅助压浆工艺。

3.0.3 应对成品 U 型梁按批次进行静载试验，并根据工程规模、施工因素，兼顾结构形式的代表性确定检测数量。

3.0.4 预制简支 U 型梁首件产品必须经过建设、设计、监理和施工单位验收，合格后方可批量生产。

3.0.5 预制简支 U 型梁验收应按分部（子分部）工程进行验收，过程资料按单片梁归档。

4 模板工程

4.1 一般规定

4.1.1 模板应采用钢制整体模板，具有足够的强度、刚度和稳定性。模板面板应采用可靠连接，拼缝应严密平整，无错台，无漏浆。

4.1.2 模板与混凝土相接触面应涂刷具有防锈作用的隔离剂。

4.1.3 制梁台座构造应严格控制地基不均匀沉降，保证同端两侧沉降差不超过 2mm。

4.1.4 模板每周转 10 次，应进行全面修整。

4.2 钢材和焊条

4.2.1 模板、支架及其它用途的钢材（条钢、钢板）宜采用 Q235 钢，其材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB 700 的规定。

4.2.2 焊接用电焊条应与钢材强度相适应，焊条质量应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB 5117 的规定。

4.3 模板设计

4.3.1 应根据 U 型梁结构形式、混凝土的外观质量、施工工艺、周转次数等要求对模板进行专项设计。

4.3.2 模板设计时应计算下列荷载，并根据实际情况确定最不利荷载组合。

1 竖向荷载

- 1) 模板自身的重力
- 2) 新浇筑混凝土的重力
- 3) 钢筋（包括预埋件）的重力
- 4) 施工人员和机具设备的重力
- 5) 振捣混凝土时产生的荷载
- 6) 其他荷载

2 水平荷载

- 1) 新浇筑混凝土对模板的侧压力
- 2) 倾倒混凝土时因振动产生的荷载
- 3) 其他荷载

4.3.3 模板设计时，除应考虑模板自重及常规施工荷载外，尚应考虑模板底模在预应力张拉时梁体的纵向滑移摩擦力及梁端支承部位局部承压力。

4.3.4 模板组装设计时，应计算组拼后的吊装、拆模荷载，并注明支点及吊点位置。

4.3.5 底模应根据设计要求设置起拱或反拱量。

4.3.6 模板设计应考虑施加预应力后构件与模板、支架间位置的相互影响。

4.3.7 当设计有要求或施工需要时，可在模板的隅角部位加设三角棱条。

4.4 模板制作和安装

4.4.1 钢模板制作和安装应符合现行行业标准《铁路组合钢模板技术规则》TBJ 212 的规定，保证模板表面平整、接缝严密。

4.4.2 后张法预留孔道应符合设计要求，端部的预留槽口钢板应垂直于孔道中心线。

4.4.3 模板安装应按照制定的工艺流程实施，组装过程中应设置防倾覆设施。

4.4.4 模板安装完毕后，应对其平面位置、顶部标高、拼装接缝及纵横向稳定性进行检查。

4.5 模板拆除

4.5.1 应按照制定的工艺流程拆除模板，拆模过程中应避免损伤混凝土。

4.5.2 混凝土拆模时，混凝土强度及混凝土芯部与表面、表面与环境之间的温差应符合设计和相关规范要求。

4.5.3 不允许采用猛烈敲打、强扭等方法拆除模板，严禁抛扔模板。

4.5.4 模板拆除后，应及时进行维修整理，并分类妥善存放。

4.6 质量检验

4.6.1 模板进场前，应进行验收，模板制作允许偏差应符合表 4.6.1 要求。

表 4.6.1 模板制作尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)	检查频率		检查方法
			范围	点数	
1	模板高度	±5	每个 部件	2	卷尺量检查
2	模板宽度	±5		2	卷尺量检查
3	模板长度	±5		2	卷尺量检查
4	模板平整度	≤2		4	2m 靠尺及塞尺量检查
5	对角线差	≤5		2	卷尺量检查
6	拼缝高差	≤1		2	2m 靠尺及塞尺量检查

4.6.2 模板的安装精度应符合设计要求。当设计无要求时，可

按表 4.6.2 的要求进行检验。检验结果不满足要求时，应及时调整或返工。

表 4.6.2 模板安装尺寸允许偏差

序号	项 目		允许偏差 (mm)	检查频率		检查方法
				范围	点数	
1	侧、底模板组装间隙		≤2	侧底 模板	10	用塞尺量
2	表面平整度		≤2		10	2m 靠尺及 塞尺量检查
3	模板内部 尺寸	对角线差	10	上、下	2	用尺量
		长	± 10	侧模、内模、 底模	10	
		宽	± 5		5	
		高	+5, 0		5	
4	底板厚		+5, 0	梁端跨中	5	用尺量
5	腹板厚		+5, 0	1/4、3/4	5	
6	底模板中心线与设计 位置偏差		2	梁端跨中 1/4、3/4	5	用尺量
7	腹板内侧（上下口） 与梁体中心线偏差		10	梁端跨中 1/4、3/4	5	用尺量
8	腹板倾斜度偏差		3‰	梁端跨中 1/4、3/4	5	用尺量
9	侧向弯曲		L/3000 且 ≥10	两侧内外	4	沿梁全长拉线量 取最大值
10	预应力筋端模孔道		2	梁端每个孔道	2	用尺量

4.6.3 混凝土浇筑前以及浇筑过程中，应检查模板、支撑等结构的可靠程度及隔离剂涂刷情况。

5 钢筋工程

5.1 一般规定

5.1.1 钢筋混凝土结构用钢筋的品种应符合下列现行国家标准的规定：

《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701

《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

5.1.2 钢筋必须按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批验收、分类堆放并设立标识。

5.1.3 钢筋应具有齐全的出厂质量证明材料、检验合格后方可使用。

5.2 钢筋加工

5.2.1 钢筋在加工弯制前应调直，并应符合下列规定：

1 钢筋表面的油渍、漆污、水泥浆和用锤敲击能剥落的浮皮、铁锈等均应清除干净。

2 钢筋应平直，无折曲。

3 加工后的钢筋表面不应有削弱钢筋截面的伤痕。

4 钢筋的弯制、末端的弯钩应符合设计要求，如设计无规定时，应符合现行行业标准《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的规定。

5.2.2 钢筋加工的允许偏差应符合表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 钢筋加工的允许偏差

序 号	项 目	允许偏差 (mm)	
		$L \leq 5000$	$L > 5000$
1	受力钢筋顺长度方向的全长	± 10	± 20
2	弯起钢筋的弯起位置	± 20	

注：L 为钢筋长度 (mm)。

5.3 钢筋接头

5.3.1 接头应采用闪光对焊或电弧焊连接，宜以闪光对焊为主。

5.3.2 受力钢筋接头应符合现行行业标准《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的相关规定，接头布置应符合设计要求。

5.3.3 采用闪光对焊接头时，应符合下列规定：

1 每批钢筋焊接前，必须进行试焊，合格后方可正式施焊。

2 在同条件下完成并经外观检查合格的焊接接头，以 200 个作为一批（不足 200 个，按一批计），进行质量检验。

5.3.4 改变钢筋级别、直径、焊条型号或调换焊工时，应预先用相同材料、相同焊接条件和参数进行试焊，合格后方可进行施焊。

5.3.5 不同钢厂生产的不同批号、不同外形的钢筋相互之间或与预埋件（钢板、型钢、预留钢筋）焊接时，应预先进行焊接试验，经检验合格后，方可正式施焊。

5.4 钢筋安装

5.4.1 钢筋骨架宜先行在专用胎架上制作，制作完成后采用专用吊具整体安装。钢筋骨架应有足够的刚度，必要时可补入辅助钢筋或在钢筋的某些交叉点处焊牢，但不得在主筋上引弧。

5.4.2 应在钢筋与模板之间放置垫块，垫块高度应满足设计保护层要求，垫块的强度及耐久性不应低于梁体混凝土的设计强度和耐久性。垫块应以梅花形分散布置，不低于 4 个/m²，不应贯穿保护层。

5.4.3 钢筋骨架在运输、安装和浇筑混凝土过程中不得有变形、开焊或松脱现象，并应符合下列规定：

1 钢筋的交叉点应采用铁丝绑扎牢固；除设计有特殊规定外，箍筋应与主筋垂直布置，末端钢筋应向梁内侧弯曲。

2 结构或构件拐角处的钢筋交叉点应全部绑扎；中间平直部分的交叉点可交错绑扎，但绑扎的交叉点应占全部交叉点的 50% 以上；绑扎钢筋的铁丝丝头不应进入混凝土保护层内。

3 根据安装需要可配以必要的架立钢筋。

5.4.4 安装钢筋骨架时，应保证其在模板中的位置正确，不得倾斜、扭曲。

5.4.5 钢筋骨架经制作、安装就位后，应进行检查验收并保护。

5.5 质量检验

5.5.1 应对进场的钢筋进行检验，合格后方可使用。

5.5.2 钢筋的检验应符合下列规定：

1 每批钢筋应由同一牌号、同一炉罐号、同一规格、同一交货状态组成，并不得大于 60t。

2 应检查每批钢筋的外观质量和重量。钢筋表面不得有裂纹、结疤和折叠；表面的凸块和其它缺陷的深度、高度不得大于所在部位尺寸的允许偏差。

5.5.3 当设计或专业施工规范无规定时，钢筋安装的允许偏差应符合表 5.5.3 的规定。

表 5.5.3 钢筋安装的允许偏差表

序号	项 目	规定值 (mm)
1	两侧腹板钢筋位置及间距的偏差	≤ 10
2	底板钢筋间距及位置偏差	≤ 8
3	箍筋间距及位置偏差	≤ 15
4	腹板箍筋的不垂直度 (偏离垂直位置)	≤ 15
5	混凝土保护层厚度与设计值偏差	+10, 0
6	其它钢筋偏移量	≤ 20

5.5.4 在浇筑混凝土前，应对已安装好的钢筋、预埋件以及钢筋保护层进行检查验收。验收合格后，方可进入到下一步施工工序。

6 混凝土工程

6.1 一般规定

6.1.1 混凝土工程所用的各种原材料，均应符合现行国家或行业标准的要求，并应在进场时对其性能和质量进行检验。

6.1.2 混凝土配合比的选定，应充分考虑试验周期和可能出现的原材料变化，未经选定严禁进行混凝土工程施工。

6.1.3 施工前应进行混凝土试浇筑，以对混凝土配合比、施工工艺、施工机具的适应性进行检验，对 U 型梁混凝土温升过程进行监测。

6.2 混凝土原材料

6.2.1 水泥

1 应选用低碱硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，不应采用早强硅酸盐水泥。

2 水泥的技术要求除应满足现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定外，还应满足：水泥的氯离子含量应低于 0.06%；比表面积在 $300 \sim 350\text{m}^2/\text{kg}$ 之间；游离 CaO 含量 $\leq 1.0\%$ ；碱含量 $\leq 0.6\%$ ；熟料中的 C_3A 含量 $\leq 8\%$ 。

3 水泥运到工地后应尽快使用，但温度高于 50°C 的水泥不宜直接拌合混凝土。水泥由于受潮或其它原因而发生质量变化时，不得使用。

6.2.2 粉煤灰

1 应采用 I 级粉煤灰，其质量应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 和《高强高性能混凝土用

矿物外加剂》GB/T 18736 的规定。

2 粉煤灰的氯离子含量不宜大于 0.02%。

6.2.3 高炉粒化矿渣粉

1 高炉粒化矿渣粉，应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中的有关规定。

2 高炉粒化矿渣粉比表面积宜控制在 350 ~ 500 m²/kg；流动度比不小于 90%，烧失量不大于 3%，28d 活性指数 ≥ 90%，三氧化硫含量不大于 4%，含水量不大于 1.0%，氯离子含量不宜大于 0.06%。

6.2.4 细骨料

1 细骨料应选用级配合理、质地坚固、吸水率低、孔隙率小的洁净天然中粗河砂，不得使用海砂、山砂、人工砂、麻刚砂或风化严重的多孔砂。

2 细骨料性能指标应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的要求。

3 细骨料的主要技术指标必须满足表 6.2.4 中相应规定的要求。

表 6.2.4 细骨料的主要技术指标

序 号	项 目		指 标
1	含泥量（按质量计，%）		≤2.0
2	泥块含量（按质量计，%）		≤0.5
3	有害物质 含量	云母（按质量计，%）	≤0.5
4		轻物质（按质量计，%）	≤0.5
5		有机物含量（比色法）	合格
6		硫化物及硫酸盐含量（按 SO ₃ 质量计，%）	≤0.5
7		氯离子含量（按质量计，%）	≤0.02
8	表观密度（kg/m ³ ）		>2500
9	坚固性（重量损失，%）		≤8

续表

序 号	项 目	指 标
10	松散堆积密度 (kg/m^3)	>1350
11	碱活性 (快速砂浆棒膨胀率, %)	<0.2
12	松散堆积空隙率 (%)	<47

6.2.5 粗骨料

1 粗骨料应选用级配合理、粒形良好、质地均匀坚固、线膨胀系数小的洁净碎石, 不宜采用砂岩碎石。

2 选择粗骨料供应料源时, 应进行岩石的抗压强度检验。岩石的抗压强度与混凝土强度等级之比不应小于 1.5。

3 粗骨料性能指标应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 的要求。

4 粗骨料的公称粒径不宜超过钢筋混凝土保护层厚度的 $2/3$, 且不得超过钢筋最小间距的 $3/4$ 。粗骨料最大公称粒径不应大于 25mm。

5 粗骨料必须满足表 6.2.5 中规定的主要技术指标的要求。

表 6.2.5 碎石的主要技术指标

序 号	项 目	指 标
1	含泥量 (按质量计, %)	<0.5
2	泥块含量 (按质量计, %)	<0.2
3	坚固性 (按质量计, %)	<5
4	针片状颗粒含量 (按质量计, %)	<5
5	压碎值指标 (%)	<10
6	表观密度 (kg/m^3)	>2500
7	松散堆积密度 (kg/m^3)	>1450
8	吸水率 (%)	<2
9	岩石抗压强度/混凝土强度等级,	≥ 1.5
10	有机物含量	合格

续表

序 号	项 目		指 标
11	碱活性	碱-硅酸反应活性（快速砂浆棒膨胀率,%）	<0.2
		碱-碳酸反应活性（岩石柱膨胀率,%）	<0.10
12	硫化物及硫酸盐含量（按 SO_3 质量计,%）		<0.5

6.2.6 外加剂

1 化学外加剂质量应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB/T 8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 和行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005 中的规定，使用前应复验其效果，使用时应符合产品说明及本规范关于混凝土配合比、拌制、浇筑等各项规定。

2 各种化学外加剂应有厂商提供的推荐掺量、主要成分（包括复配组分）的化学名称、氯离子含量百分比、碱含量，以及施工中必要的注意事项如超量或欠量使用时的有害影响，掺入方法，特殊的施工工艺或者养护方式等。

3 应使用聚羧酸类减水剂，其减水率应大于 25%，单掺入具有引气效果的聚羧酸减水剂时，混凝土拌合物的含气量应为 2% ~4%。

4 需要混合使用减水剂、引气剂、缓凝剂、膨胀剂及其他外加剂时，应事先专门测定它们之间的相容性。

5 化学外加剂掺量应通过试验，根据使用环境、施工条件、混凝土原材料的变化进行调整。

6 化学外加剂中的氯离子含量不得大于混凝土中胶凝材料总重的 0.01%。

6.2.7 拌合用水

1 拌合用水宜采用符合国家标准的饮用水，严禁使用未经处理的海水、工业污水和 pH 值小于 5 的酸性水。

2 当采用地表水、地下水或其它类型的水时，水中的氯化物含量应不大于 500mg/L，硫酸盐含量（按 SO_4^{2-} 计）不大于 600mg/L，且不应含有影响水泥正常凝结与硬化的有害杂质及油脂、糖类、游离酸类、碱、盐、有机物或其他有害物质。

3 除满足上述规定外，混凝土拌合水尚应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

6.3 原材料的储存与管理

6.3.1 混凝土用水泥、矿物掺和料等宜采用散料仓分别存储。

6.3.2 当混凝土采用多级级配粗骨料时，粗骨料应实行分级采购、分级运输、分级堆放、分级计量。

6.3.3 不同混凝土原材料应有固定的堆放地点和明确的标识，标明材料名称、品种、生产厂家、生产日期和进厂（场）日期。原材料堆放时应有堆放分界标识。骨料堆放场地面应进行硬化处理，并设置必要的排水条件。

6.4 混凝土配合比的选定

6.4.1 混凝土的配合比应根据混凝土原材料品质、设计强度等级、耐久性以及施工工艺对工作性的要求，通过试配、调整等步骤选定。

6.4.2 混凝土配合比应遵循如下基本规定：

1 混凝土中宜适量掺加优质的粉煤灰、矿渣粉等矿物掺和料。不同矿物掺和料的掺量应根据混凝土的性能通过试验确定。混凝土的粉煤灰的掺量不宜大于 30%。

2 混凝土的最大水胶比和单位体积胶凝材料最低、最大用量宜满足表 6.4.2 的规定。

表 6.4.2 水胶比和胶凝材料用量

最大水胶比	最低胶凝材料用量 (kg/m ³)	最大胶凝材料用量 (kg/m ³)
0.35	420	500

3 混凝土中宜掺加符合本规程要求且能提高混凝土耐久性能的混凝土外加剂，优先选用多功能复合外加剂。

4 混凝土拌合物中由各种原材料引入的氯离子总量应不超过胶凝材料总量的 0.06%。每方混凝土的含碱量不得大于 3.0kg，混凝土的三氧化硫含量不应超过胶凝材料总量的 4.0%。

5 混凝土浇筑入模前坍落度 180mm ± 20mm，亦可通过试验确定坍落度值。

6 砂率宜控制在 36% ~ 42%。

6.5 混凝土搅拌

6.5.1 混凝土原材料应严格按照施工配合比要求进行准确称量，称量最大允许偏差应符合下列规定（按重量计）：胶凝材料（水泥、矿物掺和料等）±1%；外加剂±1%；骨料±2%；拌合用水±1%。

6.5.2 搅拌混凝土前，应测定粗细骨料的含水率，及时调整施工配合比。含水量每班抽测至少 2 次，雨天应随时抽测，并按测定结果及时调整混凝土施工配合比。

6.5.3 应采用双卧轴式强制搅拌机搅拌混凝土，采用电子计量系统计量原材料。总搅拌时间不宜少于 2min，也不宜超过 3min。

6.6 混凝土运输

6.6.1 混凝土运输设备的运输能力应适应混凝土凝结时间和浇筑速度的需要。运至浇筑地点的混凝土应不分层、不离析、不漏浆，并具有要求的坍落度和含气量等工作性能。

6.6.2 为了避免日晒、雨淋和寒冷气候对混凝土质量的影响，防止局部混凝土温度升高（夏季）或受冻（冬季），应将运输混凝土的容器加上遮盖物或保温隔热材料。

6.6.3 用混凝土泵或带式输送机运送混凝土时，应按有关规定执行。

6.6.4 从加水拌合到入模运输的最长时间，应由试验室根据水泥初凝时间及施工气温确定。

6.6.5 若采用搅拌罐车运输混凝土，当罐车到达浇筑现场时，应保持罐车高速旋转 20s ~ 30s，再将混凝土拌合物喂入泵车受料斗或混凝土料斗。

6.7 混凝土浇筑及振捣

6.7.1 混凝土的浇筑日期、时间及浇筑条件等全过程都应由施工和监理单位分别做详细纪录并形成原始资料。

6.7.2 浇筑混凝土前，应按图纸要求检查支架、模板和预埋件，并清理干净模板内杂物，使之不得有滞水、冰雪、焊渣、施工碎屑和其他附着物。

6.7.3 混凝土在浇筑时的温度应控制在 5℃ ~ 30℃ 之间。混凝土的浇筑昼夜平均温度低于 5℃ 或最低温度低于 -3℃ 时，应采用防寒措施。

6.7.4 配制混凝土时，应测试各种原材料的温度，并计算混凝土的出机温度，以控制现场浇筑温度。

6.7.5 混凝土应从一侧梁端向另一侧梁端分层、分段进行浇筑，两侧腹板混凝土应对称连续浇筑，一次成型，不得出现冷缝。分层厚度不宜大于 30cm，浇筑时间不宜超过 5h。如产生间断，间断时间应小于前层混凝土的初凝时间。混凝土的运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过 150min。

6.7.6 附着式振动器的布置间距，应根据布置位置和振动器性能等情况通过试验确定，振捣时，附着式振动器应设专人控制振动时间。

6.7.7 在浇筑过程中，应控制混凝土的均匀性和密实性，不得出现漏浆、露筋、空洞、冷缝、夹渣、松顶等现象。应采取有效措施，使接缝严密，防止在混凝土振捣过程中出现漏浆。

6.7.8 在新浇筑完成的下层混凝土上再浇筑新混凝土时，应在下层混凝土初凝或能重塑前浇筑完成上层混凝土。在倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始逐层扩展升高，保持水平分层。

6.7.9 混凝土振捣完成后，应及时修整、抹平混凝土裸露面，待定浆后再抹第二遍并压光或拉毛。抹面时严禁洒水，并应防止过度操作影响表层混凝土的质量。

6.8 混凝土养护

6.8.1 混凝土施工时，应尽量减少暴露的工作面，浇筑完后及时进入养护阶段。在养护期间应保持混凝土表面一直处于湿润状态，混凝土的潮湿养护时间不宜低于 14d。

6.8.2 养护用水应满足拌合用水标准。底板宜采用蓄水养护，腹板混凝土宜使用自动喷水系统不间断喷水养护。

6.8.3 混凝土养护期间应注意采取保温措施，防止混凝土表面温度受环境因素影响（如曝晒、气温骤降等）而发生剧烈变化。养护期间混凝土的芯部与表层、表层与环境之间的温差不应超过 15℃。

6.9 混凝土拆模

6.9.1 应按设计要求，适时拆除内模，当设计无要求时，混凝土强度须达到设计强度的 60% 以上，方可拆除内模。

6.9.2 拆模时，梁体混凝土芯部与表面、表层与环境温差均不应大于 15°C ，且应保证梁体棱角完整。当环境温度低于 0°C ，应待表层混凝土冷却至 5°C 以下方可拆除模板；有条件时，在炎热或干燥季节，应逐段拆模、边拆边盖、边拆边浇水或边拆边洒养护剂。

6.9.3 大风或气温急剧变化时不应拆模。

6.9.4 拆模过程中不得损伤混凝土，并减少模板破损。当模板与混凝土脱离后，方可拆卸、吊运模板。

6.10 质量检验

6.10.1 混凝土原材料进厂（场）后，应对水泥、矿物掺和料、骨料、外加剂的品种、规格、数量以及质量证明书等进行验收核查，并按规定取样复验。对于检验不合格的原材料，应按有关规定清除出厂（场）。

6.10.2 在搅拌和浇筑混凝土过程中，应对混凝土拌合物性能进行抽检，检验结果应满足现行行业标准《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的要求。

6.10.3 在混凝土施工过程中，应对混凝土的力学性能和耐久性进行检验，检验结果应满足设计和施工要求。

1 混凝土强度的检验评定应符合现行行业标准《铁路混凝土强度检验评定标准》TB 10425 的有关规定。

2 现场混凝土试件，应根据不同要求从同一盘混凝土或同一车运送的混凝土中取出，并在与实际结构相同的条件下成型和养护。

6.10.4 在混凝土施工过程中，如更换水泥、外加剂、矿物掺和料等主要原材料，应重新进行混凝土配合比选定试验，并对新选定的配合比混凝土的拌合物性能、力学性能和耐久性性能进行检验，检验结果应分别满足设计和施工要求。

7 预埋件

7.1 一般规定

7.1.1 预埋件用普通碳素钢应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的规定。

7.1.2 预埋件的防腐工艺及检测方法应满足现行行业标准《铁路混凝土梁配件多元合金共渗防腐技术条件》TB/T 3274 或《钢铁制件粉末渗锌》JB/T 5067 的相关规定。防腐效果应符合设计要求。

7.1.3 螺栓与螺母的配合精度应达到 6H/6G，并应符合现行国家标准《普通螺纹 公差》GB/T 197 的规定。

7.1.4 预埋套筒硬度与螺栓性能等级应一致。

7.2 预埋件安装

7.2.1 预埋件应安装牢固，位置正确。外露部分应进行防锈处理，并符合设计要求。

7.2.2 支座板及接触网支柱预埋钢板应保持平整、光洁，表面平整度不应大于 0.5mm。

7.2.3 支座板安装后，预制 U 型梁支座板相对高差（支座板中心两对角线的高程之和的差）不应超过 2mm。

7.2.4 预埋件外露套筒及丝头应采取有效保护措施。

7.2.5 混凝土凝结硬化阶段及硬化前期，加强对预埋件的保护，避免碰撞、受振松动。

7.3 质量检验

7.3.1 预埋件进厂（场）后，应对其种类、外观、尺寸、数量以及质量证明文件等进行验收核查，并按规定取样复验。验收合格后，方可使用。

7.3.2 预埋件安装后精度应符合表 7.3.2 的规定。

表 7.3.2 预埋件安装尺寸允许偏差

序号	项 目	要求
1	表面平整度（mm）	≤1
2	水平安装位置偏差（mm）	≤5
3	纵向安装偏差（mm）	≤3
4	两对角支座高程和的差值（测量板中心高程）（mm）	≤2
5	支座板转动偏差（°）	≤2

7.3.3 除相关专业验收标准有特殊规定外，预埋件和预留孔洞的留置允许偏差和检验方法可参照表 7.3.3 的规定执行。

表 7.3.3 预埋件和预留孔洞的允许偏差和检验方法

序号	项 目		允许偏差（mm）	检验方法
1	预留孔洞	中心位置	10	尺量
		尺寸	+10 0	尺量不少于 2 处
2	预埋件中心位置		3	尺量

8 预应力工程

8.1 一般规定

- 8.1.1 预应力张拉设备应定期维护，器具和量具应定期鉴定。张拉设备应配套标定、使用，并建立标定档案。
- 8.1.2 先张法预应力张拉钢横梁的设计须满足设计最大张拉力的要求，并具备足够的刚度，受力后的挠度不得大于2mm。
- 8.1.3 预应力张拉施工时，应采取必要的安全技术措施，防止发生事故。

8.2 原材料

- 8.2.1 预应力混凝土用钢绞线应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的要求。
- 8.2.2 预应力筋进场时应分批验收，验收时，除应对其质量证明书、包装、标志和规格等进行检查外，尚应按规定进行检验。
- 8.2.3 预应力筋展开后应平顺，不得有弯折，表面不应有裂纹、小刺、机械损伤、氧化铁皮和油垢。
- 8.2.4 预应力筋锚具、夹具应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的适用性。锚具、夹具使用前应进行外观、硬度和静载锚固性能检查，并符合现行行业标准《铁路工程预应力筋用夹片式锚具、夹具和连接器技术条件》TB/T 3193 的要求。
- 8.2.5 用于后张法预应力 U 型梁时，锚具或其附件上应设置压浆孔或排气孔，压浆孔应有足够的截面面积，以保证浆液的畅通。
- 8.2.6 夹具应具有良好的自锚性能、松锚性能和重复使用性能。

8.2.7 预应力材料必须保持清洁，存放、搬运过程中应避免机械损伤和锈蚀。在仓库内保管时，仓库应干燥、防潮、通风良好、无腐蚀气体和介质；在室外存放时，时间不宜超过6个月，不得直接堆放在地面上，必须采取枕木等有效措施。

8.2.8 锚具、夹具均应设专人保管。存放、搬运时均应妥善保管，避免锈蚀、沾污、遭受机械损伤或散失。

8.3 制作安装

8.3.1 预应力筋下料长度应计算确定。计算时应考虑结构的孔道长度或台座长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等因素。首次使用应经试验合适后方可成批下料。

8.3.2 预应力筋应采用切断机或砂轮锯切断，不得采用电弧切断，不得使预应力筋经受高温、焊接火花或接地电流的影响，钢绞线下料后不得散头。

8.3.3 后张法预应力U型梁的预应力筋孔道宜由浇筑在混凝土中的金属波纹管制成。

8.3.4 浇筑在混凝土中的管道不应漏浆。

8.3.5 管道控制点位置应符合设计要求，并设立必要数量的定位筋。

8.4 施加预应力

8.4.1 梁体养护及张拉期间，应防止雨水、养护用水流入预应力管道，且不宜用水冲洗预应力管道。预应力束穿入管道前，应清除管道内的杂物及积水。

8.4.2 混凝土应达到设计规定的强度、弹性模量和龄期后，方可施加预应力。

8.4.3 预施应力可按预张拉、初张拉和终张拉三个阶段进行。设计有具体规定时按设计规定进行。

8.4.4 待达到设计强度且将承压垫板及锚下管道扩大部分的残余灰浆铲除干净后方可进行张拉。初张拉后，梁体方可吊出制梁台座移入存梁台座。终张拉前，应对梁体进行全面检查。

8.4.5 张拉用千斤顶的校正系数不得大于 1.05，油压表的精度不得低于 1.0 级。千斤顶标定的有效期不得超过一个月或 200 次张拉作业，宜采用耐震压力表。

8.4.6 预应力锚具、夹具进场后，应按本规程规定的批次和数量抽样检验外形、外观和锚具组装件静力检验，并符合现行行业标准《铁路工程预应力筋用夹片式锚具、夹具和连接器》TB/T 3193 的要求。

8.4.7 U 型梁试生产期间，应至少对两件梁体进行孔道摩阻损失、喇叭口摩阻损失和锚口摩阻损失实际测定测试，确定预应力的实际损失，应由设计方对张拉控制应力进行确认或调整。正常生产后每 200 片进行一次损失测试，且不少于 2 次。

8.5 孔道压浆

8.5.1 后张预制 U 型梁终张拉完成后，应在 48h 内进行管道压浆。压浆时及压浆后 3d 内，梁体及环境温度不得低于 5℃。

8.5.2 压浆用水泥应为强度等级不低于 42.5 级的低碱硅酸盐水泥或低碱普通硅酸盐水泥，压浆材料的各项性能指标应符合现行行业标准《铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件》TB/T 3192 的要求。

8.5.3 严禁掺入含氯盐类、亚硝酸盐类或其它对预应力筋有腐蚀作用的外加剂。

8.5.4 管道压浆应采用真空辅助压浆工艺；压浆设备应采用连

续式泵；同一管道压浆应连续进行，一次完成。管道出浆口应装有三通管，确认出浆浓度与进浆浓度一致时，方可封闭保压。

8.5.5 水泥浆搅拌结束至压入管道的时间间隔不应超过 45min。

8.5.6 冬季压浆时应采取可靠的保温措施。当气温或梁体温度低于 5℃ 时，不得进行压浆。夏季压浆时，控制水泥浆的温度，不得超过 35℃。

8.6 封 端

8.6.1 压浆结束后，应及时对需封端的锚具进行封闭。应先将锚具周围冲洗干净并对梁端混凝土凿毛，然后设置钢筋网浇筑封端混凝土。

8.6.2 封端应采用无收缩混凝土，其抗压强度不应低于设计要求。拆模后及时进行养护，并应保持混凝土表面一直处于湿润状态，养护时间不少于 14d。

8.6.3 封端混凝土养护结束后，应采用防水涂料对封端进行防水处理，采用聚氨脂防水材料时，厚度不小于 1.2mm。

8.6.4 必须严格控制封端后的梁体长度。

8.7 质量检验

8.7.1 钢绞线的检验应符合下列规定：

1 每批钢绞线应由同一牌号、同一规格、同一交货状态的钢绞线组成，并不得大于 30t。

2 钢绞线应从每批中任选 3 盘进行表面质量、直径偏差和捻距的外观检查及力学性能的试验，如每批小于 3 盘，应逐盘检查。

3 力学性能的抽样检验应在选定的各盘端部正常部位截取 1 根试样，进行拉力试验。当试验结果有 1 项不合格时，除该盘

应判为不合格外，还应从未试验过的钢绞线盘中取 2 倍数量的试样进行复验。当仍有 1 项不合格时，则该批钢绞线应判为不合格。

4 更换供货厂家后，应按规定进行钢绞线松弛试验。

8.7.2 锚具、夹具进场验收应符合下列规定：

1 锚具、夹具进场时，除应按出厂合格证、型式检验报告和质量证明书核查其锚固性能类别、型号、规格及数量外，还应按下列规定进行验收：

1) 外观检查：应从每批中抽取 10% 的锚具且不少于 10 套，检查其外观和尺寸。如有一套表面有裂纹或超过产品标准及设计图纸规定尺寸的允许偏差，则应另取双倍数量的锚具重做检查。如仍有一套不符合要求，则应逐套检查，合格后方可使用。

2) 硬度检验：应从每批中抽取 5% 的锚具且不少于 5 套，进行硬度试验，对多孔夹片式锚具的夹片，每套至少抽取 5 片。每个零件测试 3 点，其硬度应在设计要求范围内，如有一个零件不合格，则应另取双倍数量的零件重做试验。如仍有一个零件不合格，则应逐个检查，合格者方可使用。

3) 静载锚固性能试验：应进行静载锚固性能试验，当质量证明书不齐全、不正确或质量有疑点时，应从同批中抽取 6 套锚具组成 3 个预应力筋锚具组装件，进行静载锚固性能试验，如有一个试件不符合要求，则应另取双倍数量的锚具重做试验。如仍有一个试件不符合要求，则该批锚具为不合格品。

2 验收批的划分：在同种材料和同一生产工艺条件下，锚具、夹具应以不超过 2000 套组为一个验收批。

8.7.3 波纹管的检验

1 波纹管进场时，除应按出厂合格证和质量保证书核对其类别、型号、规格及数量外，还应对其外观、尺寸、集中荷载下

的径向刚度、荷载作用后的抗渗漏及抗弯曲渗漏等性能进行检验。

2 波纹管应按批进行检验，批次划分按国家标准规范执行。

3 当检验结果有不合格项目时，应以双倍数量的试件对该不合格项目进行复验，复验仍不合格时，则该批产品为不合格。

8.7.4 后张预应力波纹管安装位置的允许偏差可参照表 8.7.4 的规定。

表 8.7.4 后张预应力波纹管安装位置允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)
管道坐标	梁高方向	5
管道间距	同排	5

8.7.5 孔道压浆前，应对浆体的流动性、泌水率、凝结时间、体积膨胀率等进行检验，检验结果应满足设计要求。压浆时，每一工作班应对浆体的流动度进行检验；每一工作班应留取不少于 3 组 40mm × 40mm × 160mm 棱柱体试件，标准养护 28d，检查其抗压强度和抗折强度，作为评定压浆材料质量的依据。

9 冬期施工

9.1 一般规定

9.1.1 当环境昼夜平均气温连续 3d 低于 5°C 或最低气温低于 -3°C 时，混凝土施工应符合本章有关规定。

9.1.2 冬期施工期间，混凝土抗压强度达到设计强度的 30% 前不得受冻，并按照规范留置受冻临界试块。

9.1.3 进入冬期施工前，应预先作好下列准备工作：

1 根据年度计划和施工组织设计，确定冬期施工计划。

2 收集工地气象台（站）历年气象资料，设置工地气象观测点，建立观测制度，及时掌握气象变化情况。

3 落实有关工程材料、防寒物资、能源和机具设备。

4 编制冬期施工方案及技术措施，对有关人员进行技术交底或培训。

9.1.4 预制 U 型梁混凝土冬期施工不应掺加防冻剂。

9.2 混凝土配制、搅拌和运输

9.2.1 搅拌混凝土前，应先经过热工计算，并经试拌确定水和骨料需要预热的最高温度。混凝土的入模温度不得低于 5°C 。

9.2.2 水泥、矿物掺和料、外加剂等可在使用前运入暖棚进行自然预热，不得直接加热。

1 水的加热温度不宜高于 80°C 。当骨料不加热时，水可加热至 80°C 以上，搅拌时应先投入骨料和已加热的水，拌匀后再投入水泥。

2 骨料加热温度不得高于 60°C 。

3 混凝土搅拌时间宜较常温施工延长 50%。

9.2.3 骨料中不得混有冰雪、冻块及易被冻裂的矿物质。

9.2.4 搅拌设备宜安装在气温不低于 10℃ 的厂房或暖棚内。搅拌混凝土前及停止搅拌后，应用热水冲洗搅拌机鼓筒。

9.2.5 混凝土的运输容器应有保温设施。

9.3 混凝土浇筑

9.3.1 混凝土浇筑前，应清除模板及钢筋上的冰雪和污垢。当环境气温低于 -10℃ 时，应将直径大于或等于 25mm 的钢筋和金属预埋件加热至正温。

9.3.2 混凝土应分层连续浇筑，分层厚度不得小于 20cm。

9.3.3 预应力的孔道压浆应在正温下进行，浆体强度达到 25MPa 前不得受冻。

9.4 混凝土养护与拆模

9.4.1 预制 U 型梁冬期施工应采用蒸汽养护。蒸汽养护分静停、升温、恒温、降温四个阶段。静停期间应保持棚温不低于 5℃，浇筑完 4h 后方可升温，升温速度不得大于 10℃/h，恒温养护期间蒸汽温度不宜超过 45℃；降温速度不得大于 10℃/h。恒温养护时间应根据梁体拆模强度要求、混凝土配合比及环境等通过试验确定。蒸汽养护结束后应立即进入自然养护

9.4.2 拆除模板和蒸汽养护应符合下列规定：

1 根据现场同条件蒸汽养护的混凝土试块进行强度检验，当混凝土已达到规定的强度要求，并符合抗冻强度规定后，方可拆除内模。

2 混凝土与环境的温差不得大于 15℃。当温差在 10℃ 以上，但低于 15℃ 时，拆除模板后的混凝土表面宜采取临时覆盖

措施。

3 采用蒸汽养护的混凝土，当养护完毕后的环境气温仍在 0℃ 以下时，应待混凝土冷却至 5℃ 以下且混凝土与环境之间的温差不大于 15℃ 后，方可拆除模板。

9.5 质量检验

9.5.1 定期检测水、外加剂及骨料加入搅拌机时的温度，以及混凝土搅拌、浇筑时的环境温度，每一工作班至少检测 4 次。

9.5.2 混凝土养护温度的检测次数，应符合下列规定：

1 采用蒸汽养护时，在升、降温期间每 1h 检测 1 次，在恒温期间每 2h 检测 1 次。

2 室外气温及施工环境温度应每昼夜定时、定点观测 4 次。

9.5.3 混凝土温度的检测可采用热电偶、热敏电阻等预埋式温度计。

10 热期施工

10.1 一般规定

10.1.1 当昼夜日平均气温高于 30°C 时，混凝土工程的施工应符合本章的有关规定。

10.1.2 除非本章另有规定，热期混凝土工程施工还应满足本规程的其它相关规定。

10.2 混凝土配制、搅拌和运输

10.2.1 原材料贮存、降温要求：

1 应对水泥、砂、石的贮存仓、料堆等进行遮阳防晒处理，或在砂石料堆上喷水降温，以便降低原材料进入搅拌机的温度。

2 应采用冷却装置冷却拌合水，并对水管及水箱加遮阳和隔热设施，也可在拌合水中加碎冰作为拌合水的一部分。

3 水泥进入搅拌机的温度不宜大于 50°C 。

10.2.2 混凝土配合比设计应考虑坍落度损失。

10.2.3 搅拌站料斗、储水器、皮带运输机、搅拌楼宜采取遮阳措施，缩短搅拌时间。

10.2.4 混凝土宜选用水化热较低的水泥。

10.2.5 当设计未规定时，混凝土的入模温度不得高于 30°C 。

10.2.6 宜采用混凝土运输搅拌车运输混凝土，混凝土运输容器应设防晒设施。运输混凝土过程中应慢速搅拌混凝土，不得在运输过程加水搅拌。

10.3 混凝土浇筑

10.3.1 热期浇筑混凝土前，应作好充分准备，备足施工材料和设备，保证连续浇筑。

10.3.2 混凝土浇筑宜选在一天温度较低的时间内进行。

10.3.3 浇筑场地应遮荫，以降低模板、钢筋的温度；也可在模板、钢筋上喷水降温。

10.4 混凝土养护

10.4.1 混凝土浇筑完后，表面应立即覆盖清洁的塑料膜，防止水分蒸发，需要抹面时卷起薄膜并再次覆盖，至终凝后撤除薄膜并立即进行保湿或蓄水养护。保湿养护期间，应采取遮阳和挡风措施，以控制温度和干热风的影响。

10.4.2 混凝土拆模后的洒水养护宜采用自动喷水系统和喷雾器，湿养护应不间断，不得形成干湿循环。

10.5 质量检验

10.5.1 混凝土浇筑与养护时，环境温度每日检查不少于4次，并做好检查记录；当温度超过热期规定的要求时，混凝土拌合应采取有效降温、防晒措施，以保证混凝土的浇筑质量，否则应停止施工。

10.5.2 在混凝土浇筑前，应通过试验确定在最高气温条件下分层浇筑的混凝土覆盖时间。

11 保管及运输

11.1 一般规定

11.1.1 存梁、起吊和运输时，均不得对 U 型梁产生任何形式的损伤及变形。

11.1.2 存梁、起吊和运输时，应保证 U 型梁每支点实际反力与四个支点的反力平均值相差不超过 $\pm 10\%$ 或四个支点不平整量不大于 2mm。

11.2 存 梁

11.2.1 存梁台座应坚固稳定，并应附设必要的排水设施，保证 U 型梁在存放期间不受损坏。

11.2.2 U 型梁在制梁场内运输、存梁及出场装运时的梁端容许悬出长度应符合设计要求。

11.2.3 应定期检测梁体上拱度。当长期存梁时，应采取措施，以防止梁体产生过大上拱。

11.3 起 吊

11.3.1 起重设备及操作人员应按要求进行检测、备案及进场报验等工作，合格后方可作业。

11.3.2 U 型梁吊运或运输时，严禁在梁上堆放各种重物；起吊或运输前预应力管道压浆强度应符合设计要求或不低于 40MPa。

11.3.3 U 型梁在制梁场内运输、起落梁和出场装运、落梁均应采用联动液压装置或三点平面支撑方式。

11.4 运 输

11.4.1 U 型梁验收合格并办理交接手续后方能发运。

11.4.2 运梁通道的路面应平坦，地基应有足够的承载能力，最小曲率半径应不小于运梁车的允许转弯半径。在运梁车通过的界限内，不得有任何障碍物。

11.4.3 应对运梁通道沿线道路、桥梁的承载能力进行评估。

11.4.4 运梁车装载 U 型梁后，起步和运行应缓慢，平稳前进，严禁突然加速或紧急制动。重载运行时的速度应控制在 5km/h 以内，曲线或坡道地段应控制在 3km/h 以内。

12 安 装

12.1 一般规定

12.1.1 预制 U 型梁发运到现场必须附有“合格证”、“发货单”等资料，经安装及现场监理人员复核，在与设计图相符合并进行外观检查无质量问题，经签收后方可起吊安装。

12.1.2 安装前应清除支座垫石处杂物，检查支座垫石的尺寸、标高、平面位置。

12.1.3 吊运工具设备的使用技术要求，应参照起重安装有关规定执行。

12.2 支座安装

12.2.1 在支座安装前，应检查支座连接状况是否正常，不得松动上、下支座板连接螺栓。

12.2.2 架梁前应凿毛支座垫石表面，清除预留锚栓孔中的杂物，安装灌浆用模板，并用水将支承垫石表面浸湿。

12.2.3 支座底面与支承垫石之间应留有 20mm ~ 30mm 空隙，灌浆采用重力灌浆方式，应防止中间缺浆。严禁采用座浆方式落梁。

12.2.4 支座安装后，应对支座的安装情况进行拍照留存，记录支座的四角安装情况，拆除盆式支座上、下钢板临时连接键。

12.3 U 型梁架设

12.3.1 U 型梁架设应编制专项施工方案，并优先采用架桥机架梁。

12.3.2 采用汽车起重机或履带式起重机安装 U 型梁时，应符合

下列要求：

1 起重机行走便道和停机位置均应满足起重机的工作稳定及承载力要求。

2 在起重机工作有效半径和有效高度范围内不得有障碍物。

3 起重机严禁做斜拉或卷扬机用。

4 两台起重机抬吊同一构件时，可选用性能相似的起重机。两台架梁吊机应保证操作尽量协调一致，U 型梁两侧起吊高度差不得大于 0.5m。

5 在架空输电线路附近工作时，吊臂钢丝绳及构件的架空线间距应遵守安全用电的规定，如遇特殊情况应在供电部门监护下采取适当有效的绝缘措施。

12.3.3 采用龙门吊机架梁，应符合下列要求：

1 龙门吊机走行轨道应根据设计轮压按照现行行业标准《铁路路基施工规范》TB 10202 的要求对地基进行处理和加固。

2 龙门吊机的拼装，在达到一定高度时应及时设置缆风绳。

3 钢轨纵向坡度不得大于 3‰。

4 当两台龙门吊机架梁时，两台龙门吊机的动作应同步。

5 龙门吊机除按有关规定验收外，在工地拼装后应进行静、动载试验和试运转，确认符合设计要求后，方可进行架设。

6 龙门吊机应按现行国家标准《起重机械规程》GB 6067 的规定安装超载限制器、提升（下降）限位器、缓冲器、制动器、止轮器等安全装置。

12.3.4 预制 U 型梁架设时，首先应准确落在临时支点的千斤顶上，同时应保证每支点反力与四个支点反力的平均值相差不超过 $\pm 5\%$ 。

12.3.5 临时支点拆除前，严禁架桥机过孔；临时支点拆除时，注浆材料的强度不应小于 20.0MPa。

12.3.6 注浆材料的性能指标应符合设计或国家规定的相关要求。

12.3.7 在没有可靠保温措施、注浆材料低温性能未进行试验验证时，严禁在负温条件下进行注浆施工。

12.3.8 预制 U 型梁伸缩装置的安装应符合设计要求，伸缩装置的性能应符合相关标准的规定。

12.3.9 遇有恶劣气候，如 6 级（含）以上大风，应停止高空起重吊装作业。

12.3.10 U 型梁安装允许偏差应符合表 12.3.10 规定。

表 12.3.10 预制梁安装允许偏差

序 号	项 目		要 求
1	平面位置	顺桥方向与设计桥梁轴线位置偏差	≤10mm
		横桥方向与设计位置偏差	≤5mm
2	相邻预制梁支点处高差		≤10mm
3	相邻预制梁接缝宽度与设计值偏差		≤20mm

12.3.11 除上述规定外，架桥作业时尚应符合国家及行业标准的相关规定。

13 质量验收

13.1 一般规定

13.1.1 应按下列规定进行施工质量控制：

1 采用的主要材料、配件和设备，应对其外观、规格、型号和质量证明文件等进行验收。凡涉及结构安全和使用功能的，施工单位应进行检验，监理单位宜按规定进行平行检验或见证取样检测。

2 每道工序完成后，施工单位应进行检查，并形成记录。

3 工序之间应进行交接检验，上道工序应满足下道工序的施工条件和技术要求，工序之间的交接检验应经监理工程师检查认可，未经检查或经检查不合格的不得进行下道工序施工。

13.1.2 施工质量应按下列要求进行验收：

1 应符合本规程、国家及行业现行工程质量验收有关标准的规定。

2 工程施工质量应符合设计文件的要求。

3 工程施工质量的验收均应在施工单位自行检查评定的基础上进行。

4 检验批的质量应按主控项目和一般项目进行检查。

13.1.3 若制梁单位与桥梁下部结构施工单位不同，制梁单位除应独立完成预制梁的分部（子分部）验收外，尚应在单位工程竣工验收资料里同下部结构施工单位并行签署验收意见。

13.2 检验规则

13.2.1 检验分原材料和配件检验、型式检验和出场检验三类。

13.2.2 原材料和配件检验：

1 水泥、骨料、掺和料、外加剂、拌合水、养护用水、钢筋、钢绞线、波纹管、钢配件、防水材料、混凝土用纤维、锚具、夹具等应进行进场全面检验或抽验。原材料和配件检验项目、质量要求和检验频次应符合附录 A 的规定。

2 供应商提供的每批原材料或配件的出厂检验报告应包括进场全面检验中所有项目的检验结果。水泥供应商还应提供每批原材料的 C_3A 含量、助磨剂名称及掺量、石膏名称及掺量。

13.2.3 出场检验：

1 预制 U 型梁检验包括 U 型梁制造过程控制检验和成品出场检验。

2 预制 U 型梁检验项目、质量要求和检验频次应符合附录 B 的规定。

13.2.4 预制 U 型梁应进行静载弯曲抗裂性及刚度试验，每 200 片检测一次。当原材料、工艺有较大变化，可能影响产品性能时应增加检验次数。判定标准应符合现行行业标准《预应力混凝土铁路桥简支梁静载弯曲试验方法及评定标准》TB/T 2092 的要求。

13.3 工程质量验收单元的划分

13.3.1 轨道交通预制 U 型梁施工质量验收单元划分为分部（子分部）工程、分项工程和检验批。分部工程应按一个完整部位或主要结构及施工阶段划分。分项工程应按工种、工序、材料、施工工艺等划分。检验批可根据施工及质量控制和验收需要，按施工段或部位等划分。

13.3.2 检验批的质量验收应包括如下内容：

1 原材料、配件和设备等的检验，应按进场的批次和本规

程规定的抽样检验方案执行。

2 混凝土性能指标的检验，应按国家现行有关标准和本规程规定的抽样检验方案执行。

13.3.3 检验批合格质量应符合下列规定：

1 主控项目的质量经抽样检验全部合格。

2 一般项目的质量经抽样检验全部合格。其中，有允许偏差的抽查点除有专门要求外，80%及以上的抽查点应控制在规定允许偏差内，最大偏差不得大于规定允许偏差的1.5倍。

3 具有完整的施工操作依据、质量检查记录。

13.3.4 分项工程质量验收合格应符合下列规定

1 分项工程所含的检验批均应符合合格质量的规定。

2 分项工程所含的检验批的质量验收记录应完整。

13.3.5 分部（子分部）工程质量验收合格应符合下列规定：

1 分部（子分部）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 梁部结构等分部工程中有关安全及功能的检验和抽样检测结果应符合有关规定。

13.3.6 当检验批质量不符合要求时，应按以下规定进行处理：

1 经返工重做或更换配件、设备的检验批，应重新进行验收。

2 当对试块试件的试验结果有怀疑时，或因试块试件丢失损坏、试验资料丢失等无法判断实体质量时，应由有资质的法定检测单位对实体质量进行检测鉴定，凡达到设计要求的检验批可予以验收。

13.3.7 通过返修或加固处理仍不能满足安全和使用功能要求的分部（子分部）工程，严禁验收。

13.4 工程施工质量验收的程序和组织

13.4.1 检验批应由施工单位自检合格后报监理单位，由监理工程师组织施工单位专职质量检查员等进行验收，监理单位应对全部主控项目进行检查。对一般项目的检查内容和数量可根据具体情况确定，检验批质量验收记录应填写记录表格。

13.4.2 分项工程应由监理工程师组织施工单位分项工程技术负责人等进行验收，并应填写记录。

13.4.3 分部（子分部）工程应由监理工程师组织施工单位项目负责人和技术、质量负责人等进行验收，并应填写记录。

13.5 U 型梁的制造

13.5.1 模板和支架

主控项目

1 模板及支架安装和拆除的检验应符合本规程的相关规定。

2 拆模时的梁体混凝土强度应符合设计要求。当设计无具体规定时，混凝土强度应到设计强度的 60% 及以上，且能保证棱角完整。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位拆模前进行一组同条件养护试件强度试验，监理单位检查强度试验报告或见证试验。

3 拆模时的梁体混凝土芯部与表层、表层与环境温差均不宜大于 15℃，气温急剧变化时不宜拆模。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位用温度计量测温度、监理单位检查测温记录。

一般项目

预制 U 型梁梁模板安装允许偏差和检验方法应符合本规程表 4.6.2 的规定。

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：观察和尺量。

13.5.2 钢筋

主控项目

1 钢筋进场后，应按本规程的相关规定进行力学性能检验。

检验数量：施工单位、监理单位取一组试件进行试验。

检验方法：检查产品合格证，出厂检验报告和复验报告。

2 受力钢筋的品种、级别及数量应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和尺量。

3 受力钢筋的接头及布置应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位取一组试件进行试验。

检验方法：检查产品合格证、接头力学性能报告。

一般项目

1 钢筋的加工、连接和安装的检验应符合本规程的相关规定。

2 钢筋安装允许偏差和检验方法应符合本规程表 5.5.3 的规定。

检验数量：施工单位全部检查；监理单位平行检验每项目不少于 2 处，并检查施工记录。

检验方法：观察和尺量。

13.5.3 混凝土

主控项目

1 混凝土各种原材料、配合比设计和施工的检验应符合本

规程的相关规定。

2 混凝土养护时，应符合本规程的规定。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位进行温度量测、监理单位检查测温记录。

3 预制梁静载试验应符合现行《预应力混凝土铁路桥简支梁静载弯曲抗裂试验方法》的规定。

检验数量：按规定数量抽检。

检验方法：相关机构试验检验、监理单见证。

4 预制梁、封端、封锚混凝土表面裂缝宽度不得大于0.2mm。封端混凝土与周边混凝土之间以及梁体的其他部位不得出现裂缝，梁体表面收缩裂缝除外。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和用刻度放大镜检查。

一般项目

1 混凝土施工的检验应符合本规程的相关规定。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和用刻度放大镜检查。

2 梁体外形尺寸允许偏差和检验方法应符合本规程的相关规定。

检验数量：施工单位、监理单位平行检查10%。

检验方法：观察、尺量。

3 梁体及封端混凝土平整密实，整洁，不露筋，无空洞，无石子堆垒，桥面流水畅通对空洞、蜂窝、漏浆、硬伤掉角等缺陷，需修整并养护到规定强度。蜂窝深度不大于5mm，长度不大于10mm，不多于5个/m²。

检验数量：施工单位、监理单位平行检查10%。

检验方法：观察、尺量。

13.5.4 预应力

主控项目

1 预应力施工原材料、制作和安装、张拉或放张和封端的检验应符合本规程的相关规定。

2 预应力筋张拉工艺应符合本规程和设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位观察、计量检测，监理单位观察、见证检测。

监理单位逐片梁进行旁站监理。

3 预应力筋的实际伸长值与计算伸长值相差不大于 $\pm 6\%$ 。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位观察、计量检测，监理单位观察、见证检测。

监理单位逐片梁进行旁站监理。

4 预制 U 型梁的预应力筋断裂或滑脱数量不得超过预应力筋总数的 0.5%，并不得位于梁的同一侧，且每束内断丝不得超过 1 丝。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察。

一般项目

1 预应力筋施工原材料制作和安装、张拉、压浆和封端应符合设计要求。当设计无特殊要求时，其检验应符合本规程的相关规定。

2 预应力筋中心在任何方向与设计位置的偏差应符合本规程要求。

检验数量：施工单位检查全部预应力束的 30% 且不少于 5 束，监理单位平行抽检 10%。

检验方法：尺量检查梁两端、跨中、 $1/4L$ 、 $3/4L$ 等 5 处。

13.6 成品保护

13.6.1 模板成品保护

1 清理后的模板内表面的任何部位都不得有残留杂物，与混凝土接触的钢模面清理时不得损害钢模表面。

2 钢模板清理完毕后涂刷脱模剂，涂刷应均匀，不得出现漏刷、积油和淌油现象。涂膜剂应选用质量稳定、无气泡、脱模效果好、不影响构件外观颜色的材料。

3 钢筋笼吊装入模过程中不得损伤模板。

13.6.2 钢筋预埋件成品保护

1 加工成型的钢筋成品、半成品按规格、品种、使用部位和顺序分类摆放，采用防雨水等措施，防止钢筋锈蚀。

2 确保所有预埋件安装精确到位，并且固定牢固。混凝土浇筑过程中，预埋件不应移动变形。

13.6.3 成品 U 型梁保护

1 混凝土浇筑过程采取专人监控方式，后续施工工序应避免损伤或污染前面工序完成的混凝土成品。

2 成品 U 型梁在拆模、吊装、运输过程中必须采取适当的防护措施，避免出现缺棱掉角的情况。

3 严禁随意剔凿成品 U 型梁混凝土。

13.7 出场验收

13.7.1 U 型梁出场前应做好各项质量检查，并符合设计要求，且出场时必须附带《U 型梁出场证明单》（附录 C），注明梁体混

凝土强度、封端混凝土强度及压浆浆体强度等。

13.7.2 U型梁运输须满足设计及相关标准要求，确保运输过程中的安全及质量等。

13.7.3 U型梁运输到达现场后应做好交接工作，并经相关各方签字确认。

13.8 U型梁的架设

13.8.1 架设准备

1 预制梁出厂应具有出厂合格证或技术证明书，产品质量应符合有关技术条件的规定。

2 架梁前，应具有墩台里程、支座中心线、支承垫石高程及预埋件等竣工架设资料，并由架梁单位复核。

3 各类架桥机应经过检查、验收和试吊签证。所有运载工具、走行道路、提升吊架、支承托架等均必须经过重载试验，并有签证记录。所有吊具、扁担梁均应经过检查及重载试验。梁上如开有临时吊孔，其尺寸、位置、预埋件、钢筋布置、运输支点的位置等均应满足设计要求。梁上开孔用后应予填满。

4 U型梁在装运过程中支点应位于同一平面，同一端支点相对高差不得超2mm。

13.8.2 架梁

主控项目

1 梁体规格和梁体质量必须符合设计及本规程的要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：检查出厂合格证、静载试验报告、张拉记录和对外观进行检查。

2 墩台支座中心线、支承垫石高程必须符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位复测，监理单位检查复测资料或见证。

3 梁存放和运输支点位置必须符合设计和本规程的要求，支点应位于同一平面上。箱梁支点相对高差不得大于2mm。架设时吊点位置必须符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、尺量和水平仪测量。

4 预制梁架设应保证每支点反力与四个支点反力的平均值相差不超过 $\pm 5\%$ ；支承垫石顶面与支座底面间隙应控制在20mm~30mm，锚栓孔及支承垫石顶面与支座底面间隙应采用注浆填实。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位观察、计量检测，监理单位观察、见证检测。

监理单位旁站监理。

5 U型梁架设后，梁体位置偏差应符合本规程的相关要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位测量，监理单位观察、见证检测。

6 梁体架设后应梁体稳固，梁缝均匀，梁体无损伤。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、尺量。

附录 A 原材料和配件检验要求
(规范性附录)

原材料和配件质量要求见表 A.1。

表 A.1

序号	项 目		抽样项目频次	全面检验项目					质量要求
				(1)烧失量	(2)氧化镁	(3)三氧化硫	(4)细度	(5)凝结时间	
1	水 泥						✓	✓	(1)碱含量≤0.6% (2)C ₃ A 含量≤8% (3)比表面积≤350m ² /kg (4)氧化钙含量≤1.5% (5)其余符合《铁路混凝土》
								✓	
								✓	
								✓	
								✓	
								✓	
								✓	
								✓	
								✓	
								✓	
								✓	
								✓	

续表

序号	项 目	抽样项目频次		全面检验项目		质量要求
2	细 骨 料	(1) 筛分	✓	每批不大于 600t 或 400m ³ 同厂家、同品种细骨料	✓	(1) 细度模数 2.6 ~ 3.2 (2) 含泥量 ≤2.0 % (3) 泥块含量 ≤0.5 % (4) 其余符合《铁路混凝土》
		(2) 吸水率			✓	
		(3) 细度模数	✓		✓	
		(4) 含泥量	✓		✓	
		(5) 泥块含量	✓		✓	
		(6) 坚固性			✓	
		(7) 云母含量	✓		✓	
		(8) 轻物质含量	✓		✓	
		(9) 有机物含量	✓		✓	
		(10) 压碎指标				
		(11) Cl ⁻ 含量			✓	
		(12) 碱活性			✓	
3	粗 骨 料	(1) 颗粒级配	✓	每批不大于 600t 或 400m ³ 同厂家、同品种粗骨料	✓	(1) 压碎指标 ≤10 % (2) 母岩与混凝土设计抗压强度之比 ≥1.5 (3) 含泥量 ≤0.5 % (4) 泥块含量 ≤0.2 % (5) 其余符合《铁路混凝土》
		(2) 岩石抗压强度			✓	
		(3) 吸水率			✓	
		(4) 紧密空隙率			✓	
		(5) 压碎指标	✓		✓	
		(6) 坚固性			✓	

续表

序号	项 目	抽样项目频次		全面检验项目		质量要求
3	(7) 针片状颗粒含量	✓	每批不大于 600t 或 400m ³ 同厂家、同品种粗骨料	✓	任何新选货源或使用同 厂家、同品种、同规格产 品达一年者	(1) 压碎指标≤10% (2) 母岩与混凝土设计抗压 强度之比≥1.5 (3) 含泥量≤0.5% (4) 泥块含量≤0.2% (5) 其余符合《铁路混凝土》
	(8) 含泥量	✓		✓		
	(9) 泥块含量	✓		✓		
	(10) 硫化物及硫酸盐含 量			✓		
4	(1) pH 值			✓	任何新水源或同一水源 的涨水季节或使用同一 水源达一年者	符合《铁路混凝土》
	(2) 不溶物含量			✓		
	(3) 可溶物含量			✓		
	(4) 氯化物含量			✓		
	(5) 硫酸盐含量			✓		
	(6) 硫化物含量			✓		
	(7) 凝结时间			✓		
	(8) 抗压强度比			✓		
5	(1) 匀质性指标		每批不大于 50t 同厂家、 同批号、同品种、同出厂 日期混凝土外加剂	✓	任何新选货源或同厂家、 同批号、同品种、同出厂 日期产品达 6 个月者	(1) 高效减水剂 (2) 硫酸钠含量≤5% (3) 氯离子含量≤0.1% (4) 其余符合《铁路混凝土》
	(2) 减水率	✓		✓		
	(3) 坍落度保留值			✓		
	(4) 常压泌水率比	✓		✓		

续表

序号	项 目		抽样项目频次	全面检验项目				质量要求
				✓	✓	✓	✓	
5	外加剂	(5) 压力泌水率比		每批不大于 50t 同厂家、同批号、同品种、同出厂日期混凝土外加剂				(1) 高效减水剂 (2) 硫酸钠含量≤5% (3) 氯离子含量≤0.1% (4) 其余符合《铁路混凝土》
		(6) 含气量	✓					
		(7) 抗压强度比	✓					
		(8) 对钢筋的锈蚀作用						
		(9) 抗冻性						
		(10) Cl-渗透电量						
		(11) 碱-硅酸反应抑制效能						
		(12) 收缩率比						
6	粉煤灰	(1) 细度	✓	200t 同厂家、同批号、同品种、同出厂日期粉煤灰				(1) 其余符合《铁路混凝土》
		(2) 烧失量	✓					
		(3) 含水率						
		(4) 需水量比✓						
		(5) 三氧化硫含量						
		(6) 碱含量						
		(7) Cl-含量						
		(8) 活性指数						

续表

序号	项 目	抽样项目频次	全面检验项目	质量要求
7	磨 细 矿	(1) 密度	√	(1) 比表面积宜为 400 ~ 500m ² /kg (2) 其余符合《铁路混凝土》
		(2) 比表面积	√	
		(3) 烧失量	√	
		(4) 氧化镁含量	√	
		(5) 三氧化硫含量	√	
		(6) Cl ⁻ 含量	√	
		(7) 含水率	√	
		(8) 流动度比	√	
		(9) 碱含量	√	
		(10) 活性指数	√	
8	压 浆 料	(1) 抗压强度	√	(1) 抗压强度 ≥35MPa
		(2) 抗折强度	√	(2) 抗折强度 ≥7MPa
		(3) 泌水率	√	(3) 压力泌水率 ≤2.5%
		(4) 流动度	√	(4) 流动度 ≤25s
		(5) 30min 后流动度	√	(5) 30min 后 ≤35s
		(6) 28d 膨胀率	√	(6) 28d 膨胀率 0 ~0.1%

续表

序号	项 目	抽样项目频次				全面检验项目	质量要求
9	热轧带肋钢筋	(1) 抗拉强度	✓	每批不大于 60t 同厂家、同品种、同规格、同批号钢筋		✓	符合 GB 1499
		(2) 屈服强度	✓			✓	
		(3) 伸长率	✓			✓	
		(4) 冷弯	✓			✓	
10	热轧光圆钢筋	(1) 抗拉强度	✓	每批不大于 60t 同厂家、同品种、同规格、同批号钢筋		✓	符合 GB 13013
		(2) 屈服强度	✓			✓	
		(3) 伸长率	✓			✓	
		(4) 冷弯	✓			✓	
11	钢 绞 线	(1) 破断负荷	✓	每批不大于 30t 同厂家、同品种、同规格、同批号钢绞线		✓	符合 GB/T 5224
		(2) 屈服负荷	✓			✓	
		(3) 弹性模量	✓			✓	
		(4) 极限伸长率	✓			✓	
		(5) 松弛率				✓	

续表

序号	项 目		抽样项目频次		全面检验项目				质量要求
					✓	✓	✓	✓	
12	锚 具	(1) 外观	✓	每批不大于 2000 套的同 厂家、同品种、同规格、同 批号锚具或夹具	✓	任何新选厂家			符合 GB/T 14370
		(2) 硬度、探伤	✓		✓				
		(3) 锚固效率系数	✓		✓				
		(4) 极限拉力总应变	✓		✓				
		(5) 锚口摩阻			✓				
		(6) 喇叭口摩阻			✓				
13	夹 具	(1) 外观	✓		✓				
		(2) 硬度、探伤	✓		✓				
		(3) 锚固效率系数	✓		✓				
		(4) 极限拉力总应变	✓		✓				
14	金 属 波 纹 管	(1) 外观	✓	每批不大于 50000m 的同 厂家、同品种、同规格、同 批号金属螺旋管	✓	任何新选厂家			符合 JG 225
		(2) 尺寸	✓		✓				
		(3) 径向刚度			✓				
		(4) 荷载下抗渗漏			✓				
		(5) 弯曲抗渗漏			✓				

续表

序号	项 目	抽验项目频次		全面检验项目	质量要求
15	(1) 颜色	✓	每批以甲组分不大于 15t (乙组分以按产品重量配 比相应的重量) 同厂家、 同品种、同批号聚氨酯防 水涂料	✓	(1) 黑色外的其它颜色 (2) 符合《铁路混凝土桥面 防水层》要求
	(2) 拉伸强度	✓		✓	
	(3) 断裂伸长率	✓		✓	
	(4) 低温柔性	✓		✓	
	(5) 不透水性	✓		✓	
	(6) 固体含量	✓		✓	
	(7) 涂膜表干、实干时间	✓		✓	
	(8) 潮湿基面粘结强度	✓		✓	
	(9) 与混凝土粘结强度			✓	
	(10) 保护层混凝土与固化 聚氨酯防水涂料粘结强度			✓	
	(11) 撕裂强度			✓	
	(12) 与混凝土剥离强度			✓	
	(13) 加热、 紫 外 线、 酸、碱处理	拉伸强度 断裂伸长率 低温柔性		✓ ✓ ✓	
直接用于防水层的聚氨酯防水涂料					

续表

序号	项 目		抽样项目频次	全面检验项目		质量要求
16	(14) 加热伸缩率		每批以甲组分不大于 15t (乙组分以按产品重量配比 相应的重量)同厂家、同品 种、同批号聚氨酯防水涂料	√	任何新选厂家	(1) 黑色外的其它颜色 (2) 符合《铁路混凝土桥面 防水层》要求
	(15) 拉伸时加热、紫外线 老化			√		
	(16) 耐碱性			√		
	(1) 外观和颜色	√		√		
	(2) 尺寸	√		√		
	(3) 落锤冲击	√		√		
17	(4) 环刚度		每批不大于 1000 个同厂 家、同品种、同型号泄水 管	√	任何新选厂家	符合 GB/T 10002.3
	(5) 二氯甲烷浸渍试验			√		
	(6) 连接密封试验			√		
	(1) 外型尺寸	√		√		
	(2) 抗拉强度	√		√		
	18	(1) 外观		√		
(2) 尺寸		√	√			
(3) 渗层厚度		√	√			
(4) 盐雾试验			√			

注：“√”为进场检验或进场全面检验中应进行的项目。

附录 B 预制梁生产过程控制检验和成品出场检验项目和质量要求
(规范性附录)

预制梁生产过程控制检验和成品出场检验项目、质量要求和检验频次应符合下表的要求。

序号	检验项目	质量要求	检验频次
1	模板安装	符合本标准相关要求	每次模板拼装
2	端模板预留孔偏离设计位置	≤3mm	每个预留孔
3	四个支座板位置	符合本标准相关要求	每次模板安装
4	后张梁预留管道位置	符合本标准相关要求	每个管道
5	管道定位钢筋的间距	≤500mm	每根定位钢筋
6	钢筋绑扎位置	符合本标准相关要求	抽检
7	钢筋焊接接头	符合 TB 10424 要求	每批不大于 200 个接头
8	混凝土灌注时模板温度	5 ~ 35℃。	每件预制梁灌注前
9	混凝土拌合物	入模含气量	每批不大于 50m ³
10		坍落扩展度	每批不大于 50m ³
11		坍落度	每批不大于 50m ³
12		入模温度	每批不大于 100m ³

续表

序号	检验项目		质量要求	检验频次
13	蒸汽	升温速度	≤10℃/h	每 1h 一次
14		恒温时梁体芯部混凝土温度	≤60℃,个别不超过 65℃	每 2h 一次
15		降温速度	≤10℃/h	每 1h 一次
16	撤除保温 设施时	混凝土芯部与表层温差	≤15℃	每件预制梁
17		混凝土表层与环境温差	≤15℃	每件预制梁
18		混凝土芯部与表层温差	≤15℃	每件预制梁
19	拆模时温差	混凝土表层与环境温差	≤15℃	每件预制梁
20		箱内与箱外温差	≤15℃	每件预制梁
21		脱模时随梁养护混凝土抗压强度	符合设计要求	每件预制梁 1 组
22	混凝土 力学性能	初拉时随梁养护混凝土抗压强度	符合设计要求	每件预制梁 1 组
23		终拉时随梁养护混凝土抗压强度	符合设计要求	每件预制梁 1 组
24		终拉时随梁养护混凝土弹性模量	符合设计要求	每件预制梁 1 组
25		标准养护 28d 混凝土立方体强度	符合设计要求	每件预制梁 1 组
26		标准养护 28d 混凝土棱柱体弹性模量	符合设计要求	每件预制梁 1 组
27	预应力管道摩阻		必要时调整张拉力	每批不大于 400 件预制梁
28	预应力筋实际伸长值		0.94 ~ 1.06 倍计算伸长值	每束/每根预应力筋

续表

序号	检验项目	质量要求	检验频次
29	终拉后实测梁体弹性上拱	≤ 1.05 倍设计计算值	每件预制梁
30	压浆前管道真空度	$-0.06 \sim -0.10\text{MPa}$	每个管道
31	管道中浆体注满后压力	$0.50 \sim 0.60\text{MPa}$	每个管道
32	预制梁成品混凝土保护层厚度	符合本标准相关要求	每件预制梁
33	预制梁产品外观、尺寸偏差及其它质量要求	符合本标准相关要求	每件预制梁

附录 C 预制 U 型梁出场证明单
(规范性附录)

表 C.1

工程名称				
U 型梁编号		梁型		
梁宽 (m)		梁长 (m)		
安装位置—墩号：起 讫				
生产日期	年 月 日			
	梁体砼强度	管道压浆		封端砼强度
		抗压强度	抗折强度	
设计要求				
试验检测				
是否符合要求				
验收结论： U 型梁经检验，符合国家有关技术文件、设计图纸、设计要求，并按照颁发的有关技术问题及检验办法，经过全过程的检测、验收，本 U 型梁达到设计要求的出场条件，同意出场。				
生产单位：		监理单位：		
日期：		日期：		

附：外观检查记录表

预制 U 型梁外观检查表

表 C. 2

梁型：		预制 U 型梁编号：		安装位置墩号：					
序号	检查项目	设计值	允许偏差	现场实测情况					
1	梁体及封端 混凝土外观		平整密实，整洁， 不露筋，无空洞， 无石子堆垒						
2	梁体表面 裂纹	表面裂纹（预）	不允许						
		表面裂纹（非预）	≤0. 2mm						
		龟裂	≤0. 05mm						
3	桥梁全长		± 20mm						
4	梁高		± 5mm						
5	吊梁孔		垂直梁底板						
6	伸缩装置 预留槽口		位 置 正 确， 顺 直 度						
7	空洞		深度 > 30mm；长 度 > 50mm						
8	蜂窝麻面		深 5mm 长 10mm						
9	硬伤掉角		深度 > 30mm；长 度 > 50mm						
10	露筋		不允许						
11	污染		不允许						
12	支座预埋钢板								
13	防落梁 预埋钢板								
14	封端处 防水涂层		涂 层 厚 薄 一 致， 均 匀						

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1. 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
2. 《混凝土外加剂》 GB 8076
3. 《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》 GB 1499. 1
4. 《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》 GB 1499. 2
5. 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
6. 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
7. 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》 GB/T 18736
8. 《砂浆和混凝土用硅灰》 GB/T 27690
9. 《建设用砂》 GB/T 14684
10. 《铁路混凝土结构耐久性设计规范》 TB 10005
11. 《铁路混凝土工程施工质量验收标准》 TB 10424
12. 《铁路桥涵设计规范》 TB 10002
13. 《铁路桥涵混凝土结构设计规范》 TB 10092
14. 《铁路混凝土强度检验评定标准》 TB 10425
15. 《铁路混凝土》 TB/T 3275
16. 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 JGJ 52
17. 《混凝土用水标准》 JGJ 63
18. 《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ 33
19. 《预应力混凝土用金属波纹管》 JG 225
20. 《公路桥涵钢筋混凝土及预应力混凝土结构设计规范》

JTG D62

山东省工程建设标准

**城市轨道交通预制简支 U 型
梁施工技术规范**

**Technical specification for prestressed simply – supported
U – beam of urban viaduct**

DB37/T 5098—2017

条文说明

目 次

1	总则	69
2	术语	70
3	基本规定	71
4	模板工程	72
4.1	一般规定	72
4.2	钢材和焊条	72
4.3	模板设计	73
4.4	模板制作和安装	73
4.5	模板拆除	73
4.6	质量检验	74
5	钢筋工程	75
5.1	一般规定	75
5.2	钢筋加工	75
5.3	钢筋接头	75
5.4	钢筋安装	75
5.5	质量检验	76
6	混凝土工程	77
6.2	混凝土原材料	77
6.3	原材料的储存与管理	78
6.4	混凝土配合比的选定	78
6.5	混凝土搅拌	79
6.7	混凝土浇筑及振捣	79
6.8	混凝土养护	80
6.9	混凝土拆模	80
7	预埋件	81

7.1	一般规定	81
7.2	预埋件安装	81
8	预应力工程	82
8.1	一般规定	82
8.2	原材料	82
8.3	制作安装	82
8.5	孔道压浆	83
8.7	质量检验	83
9	冬期施工	84
9.2	混凝土配制、搅拌和运输	84
9.4	混凝土养护与拆模	84
9.5	质量检验	85
10	热期施工	86
10.2	混凝土配制、搅拌和运输	86
10.4	混凝土养护	86
10.5	质量检验	87
11	保管及运输	88
11.1	一般规定	88
11.2	存梁	88
11.4	运输	88
12	安装	89
12.2	支座安装	89
12.3	U 型梁架设	89
13	质量验收	90
13.3	工程质量验收单元的划分	90
13.4	工程施工质量验收的程序和组织	90
13.5	预制 U 型梁的制造	91
13.6	成品保护	91
13.7	出场验收	92

1 总 则

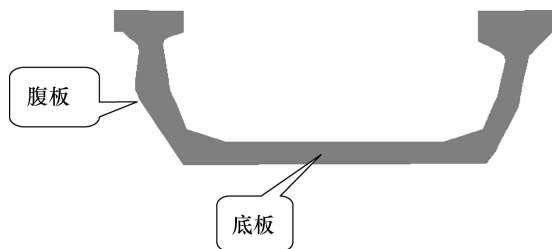
1.0.1 近些年来，随着我国轨道交通工程建设的迅速发展，预制简支 U 型梁在高架区间中的应用也越来越广泛。但长期以来，国内对于轨道交通 U 型梁没有统一的施工和质量验收方面的标准。在这种情况下，编写组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外标准规范，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

1.0.2 本规程为山东省工程建设标准，用于规范山东省轨道交通预制简支 U 型梁工程的施工与质量验收。

1.0.3 在进行轨道交通预应力混凝土预制 U 型梁的设计与施工时，除符合本规程规定外，尚应符合现行标准《高速铁路预制后张法预应力混凝土简支梁》TBT 343、《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005、《铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件》TB 3192、《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424、《铁路架桥机架梁规程》TB 10213 等的有关规定。

2 术 语

2.0.1 U 型梁的截面形状如下图所示。



3 基本规定

3.0.1 本条规定了用于生产制造轨道交通预制 U 型梁的混凝土的技术要求及设计使用年限，并对成品预制 U 型梁的外观质量做了相应的要求，应符合现行行业标准《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169 中普通清水混凝土的要求。为确保预制 U 型梁耐久性的要求，保障混凝土的质量稳定可控，U 型梁混凝土宜采用自建拌合站供应。

3.0.2 预应力工程作为 U 型梁施工过程中的重要工序，直接影响到轨道交通运营期间的安全。本规程规定预应力施工宜采用智能张拉、辅助压浆工艺。

3.0.3 根据对各地调查，从不同角度确定荷载试验的数量。

表 3.0.3

序号	名称	总数量（片）	试验数量（片）	备注
1	南京地铁	1050	3	后张法
2	郑州地铁	1024	1	后张法
3	重庆地铁	850	1 片静载破坏 1 片疲劳破坏	后张法
4	青岛 11 号线	1200	6	先张法

3.0.4 预制 U 型梁属于大体积薄壁构件，应进行试生产，验收后方可正式生产。

4 模板工程

4.1 一般规定

4.1.1 本条规定“模板应采用钢制整体模板……”，主要是由于钢模板坚固、耐用，可多次重复使用，钢模表面平整光滑，易于浇筑外表美观的混凝土结构物。

4.1.2 模板与混凝土的接触面必须清理干净并涂刷隔离剂，外露面的隔离剂应采用同一品种，以保证外观整洁和顺利脱模。

4.1.3 本条是在预制 U 型梁施工过程中，对制梁台座提出的基本要求，是确保工程质量的前提，因此必须严格执行。

4.2 钢材和焊条

4.2.1 Q235 钢材主要力学性能要求分别见表 4.2.1-1 和 4.2.1-2。

表 4.2.1-1 Q235 钢材拉伸和冲击性能

牌 号	等 级	拉伸试验			冲击试验			
		屈服点 σ_s (MPa) 不小于		抗拉强度 σ_b (MPa)	伸长率 $\delta_{5\%}$ 不小于		温度 (℃)	V 型冲击功 (J) (纵向) 不小于
		钢材厚度 或直径 (mm)			钢材厚度 (直径) (mm)			
		≤16	> 16, 40		≤16	> 16, 40		
Q235	A	235	225	375 ~ 460	26	25	—	—
	B						20	27
	C						0	27
	D						-20	27

表 4.2.1-2 Q235 钢材冷弯弯曲性能

牌号	钢材厚度或直径 (mm)	试样宽度 b (mm)	冷弯角度 ($^{\circ}$)	弯心直径	
Q235	≤ 60	$2a$	180	纵 a	横 $1.5a$

注：1 a 为钢材厚度或直径；

2 进行拉伸和弯曲试验时，钢板和钢带应取横向试样，伸长率允许比表 4.2.1-1 降低 1%（绝对值）；型钢应取纵向试样；

3 A 级钢的冷弯试验，仅在需方有要求时进行；当冷弯试验已合格时，抗拉强度上限可不作为交货条件；

4 厚度或直径大于 20mm 的钢材做冷弯试验时，试样应经单面刨削，使其厚度达到 20mm，弯心直径应符合本表规定，未加工面应在外侧；如试样未经刨削，弯心直径应按本表所列数值增加一个试样厚度 a 。

4.3 模板设计

4.3.3 预制 U 型梁施加预应力后，由于预应力的作用，会产生梁体变形，造成 U 型梁与模板间发生位移，造成模板局部承压力显著增大。

4.4 模板制作和安装

4.4.1 模板安装必须连接牢固、稳定，不变形；其接缝应平整、严密，不得漏浆，模板内的积水和杂物应清理干净，保证结构表面美观，色调一致。

4.4.4 在浇筑混凝土或砌体砌筑前，应对模板及台座的平面位置、高程、各部尺寸、支撑强度、稳定性等进行自检和由专职质量检查员检查，以满足浇筑工序的要求，应作出施工记录并签认。

4.5 模板拆除

4.5.1 模板拆除是事故多发环节，在进行施工设计或制定施工

技术方案时必须明确施工顺序，拆模过程应按施工技术方案规定的顺序进行。

4.6 质量检验

4.6.1 ~ 4.6.3 规定了模板进场及安装允许偏差的检验数量和方法。鉴于各专业验收标准根据特定的部位另有特殊要求，因此还应符合专业验收标准的特殊规定。

5 钢筋工程

5.1 一般规定

5.1.2 本条强调了钢筋在进场和贮存过程中应加强管理，并要求场内钢筋按品种、规格和检验状态分别挂牌存放，以防无序存放或标识不明用错钢筋。

5.1.3 钢筋是混凝土结构中的主要组成部分，使用的钢筋是否符合标准，直接影响 U 型梁的质量和安全性，因此钢筋进场时，必须按批抽取试件作力学性能试验和工艺性能试验。

5.2 钢筋加工

5.2.2 本条对钢筋加工时直线段长度和弯起钢筋的弯起位置等的允许偏差分别提出了要求，以保证施工精度和防止在加工过程中发生脆裂现象。

5.3 钢筋接头

5.3.2 钢筋接头是结构中的薄弱环节，应设置在承受应力较小处，严格执行现行行业标准《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的相关规定。

5.4 钢筋安装

5.4.1 为了减少制梁台座与模板的占用时间，提高钢筋骨架制作精度，加快施工效率，预制 U 型梁钢筋骨架宜采用先行预制，然后整体吊装的形式进行施工。

5.4.2 鉴于钢筋混凝土保护层对 U 型梁的承载力和耐久性有显

著影响，因此钢筋保护层厚度必须满足设计要求。垫块可以是施工单位自制或专业厂家制作。对于专业厂家制作的垫块，施工单位应按本条规定要求厂家提供相关质量证明文件，包括试验检测报告。

5.5 质量检验

5.5.1 ~ 5.5.4 钢筋进场和使用前，均应对其外观质量进行检验，当发现表面有裂纹、弯折损伤、颗粒状或片状老锈等缺陷时，必须处理并不得作为受力钢筋。根据国家现行标准《钢筋混凝土用钢》GB/T 1499 规定，经过钢丝刷刷过的试样的重量、尺寸、横截面积和拉伸性能不低于该标准的要求，锈皮、表面不平整或氧化铁皮不作为拒收的依据，但在使用前必须进行除锈等处理。

6 混凝土工程

6.2 混凝土原材料

6.2.1 水泥颗粒过细，水泥熟料中 C3A 含量过高，水泥的水化速度过快，水化热集中释放，导致混凝土收缩增大、抗裂性降低，对混凝土耐久性不利。因此，应该对水泥的比表面积及 C3A 含量加以限制。《通用硅酸盐水泥》GB 175 中用比表面积来评价普通硅酸盐水泥的细度，只规定了最小比表面积，本规程对硅酸盐水泥与普通硅酸盐水泥比表面积的上限进行限制，规定为不大于 $350\text{m}^2/\text{kg}$ 。水泥中的碱含量过高不仅容易引发混凝土的碱—骨料反应，而且增加混凝土的开裂倾向，不宜采用碱含量过高的水泥。考虑到对混凝土入模温度的要求，本规程对水泥使用温度进行限制。

6.2.2 ~ 6.2.3 基于技术可行性和经济性，预制 U 型梁混凝土工程中所用的掺和料以矿渣粉、粉煤灰为主。应由试验证明掺入掺和料混凝土的耐久性满足要求。

6.2.4 ~ 6.2.5 骨料的有害物含量对混凝土的耐久性影响较大，应加以控制。为了确保混凝土的耐久性，本规范对粗、细骨料中有害物质含量限值的提出了明确要求。

水、混凝土中的碱、活性骨料是发生碱—骨料反应的三个必要条件。为预防混凝土发生碱—骨料反应，处于潮湿环境中的混凝土结构应尽量采用砂浆棒或岩石柱膨胀率小于 0.10% 的非碱活性骨料。

6.2.6 掺外加剂是制备高性能混凝土的关键技术之一。外加剂的性能品质、匀质性和与水泥的相容性是成功配制高性能混凝土

的基本条件。由于目前外加剂品种繁多，产品质量参差不齐，市场管理又比较混乱，选用时，一定要注意不同外加剂的使用功能和特点。外加剂不但要与基准水泥还应与工程所用水泥具有良好的相容性。适量引气能够提高混凝土的抗冻性能，同时能够改善混凝土的其他性能。

6.3 原材料的储存与管理

6.3.2 粗骨料在运输和装卸过程中，其级配可能发生变化。为了确保骨料具有良好的级配，一个有效又可行的技术措施是采用多级配石，如采用二级配石或三级配石。使用过程中可通过对粗骨料实行分级采购、分级存贮、分级计量，配合比试配时再确定各级配石的具体用量，以使骨料具有尽可能小的空隙率，从而降低混凝土的胶凝材料用量。

6.4 混凝土配合比的选定

6.4.1 混凝土配合比选定的合理与否，直接关系到结构物的寿命和整个工程的经济效益。混凝土配合比的设计不仅需考虑混凝土强度等级，还要考虑耐久性能等。

6.4.2 配合比设计是确保混凝土耐久性最关键的环节，水胶比与最小胶凝材料用量限值是保证混凝土耐久性所需要的抗渗性与力学性能的重要技术参数。在混凝土中掺入一定量的矿物掺和料，可以有效改善和提高混凝土工作性和耐久性。普通硅酸盐水泥中虽然也允许掺入6~15%的矿物掺和料，但掺量很少，意义不大。单纯用硅酸盐水泥配制的混凝土，即使水灰比较低，其抗侵入的能力也比较差，只有加入适量的粉煤灰、矿渣后，才能获得根本的改善。

6.5 混凝土搅拌

6.5.3 采用强制式搅拌机拌制的混凝土质量比较均匀，搅拌机的功率大、效率高，混凝土拌合物的质量也相对稳定。采用电子计量系统也是为了保障拌合物的质量稳定。

6.7 混凝土浇筑及振捣

6.7.3 ~ 6.7.4 混凝土温度控制的原则是：

- 1) 升温不要太早和太高；
- 2) 降温不要太快；

3) 混凝土中心和表面之间、新老混凝土之间以及混凝土表面和气温之间的温差不要太大。温度控制的方法和制度要根据气温（季节）、混凝土内部温度、构件尺寸、约束情况、混凝土配合比等具体条件来确定，不能不管条件采取千篇一律的方式和方法。在气温很高的夏季，如果对混凝土的温升不加控制，即使掺用了矿物掺和料，温升也会很高，而且到达温峰的时间很快，这时就不宜在浇筑后的升温阶段采取保温措施来减小温差，而应该遏制温度的上升，比如对模板进行预冷，并在浇筑过程中不间断冷却模板。

混凝土的入模温度宜根据气温调整。降低入模温度对控制混凝土的裂缝非常重要。同样的混凝土，入模温度高的其温升值要比入模温度低的大许多。在气温很高时，更应采取措施设法降低混凝土的入模温度。但是如果入模温度降得太多，则接触气温的表面比内部硬化得快，等到内部升温而膨胀时，表面产生拉应力容易开裂。因此冬天用热混凝土比夏季用冷混凝土有利。夏季在降低入模温度的同时，还要冷却模板并注意使混凝土表面避免日晒。

6.8 混凝土养护

6.8.1 ~ 6.8.3 混凝土养护包括湿度和温度两个方面，养护不仅是浇水，还要控制混凝土的温度变化。在湿养护的同时，应该保证混凝土表面温度与内部温度和所接触的大气温度之间不出现过大的差异，采取保温和散热的综合措施，防止温降和温差过大。对于预制 U 型梁，由于水化热会使温度持续升高，如果气温不是过低，则在浇筑后的初始几小时内宜散热（但仍要保湿，如用薄膜覆盖），在炎热气候下有塑料薄膜覆盖时可在薄膜外面适当喷洒凉水。当混凝土表面已结硬或处于降温阶段则要保温覆盖以降低降温速率，使混凝土表面与内部和大气的温差不要过大。

6.9 混凝土拆模

6.9.2 一般情况下，结构或构件芯部混凝土与表层混凝土之间的温差、表层混凝土与环境之间的温差不大于 20°C ，由于预制 U 型梁是薄壁开口结构，构件截面较为复杂，温差大于 15°C 时，混凝土内就会产生较大的温差应力，且有可能超过混凝土的抗拉强度，导致混凝土开裂。若没有确凿的工艺试验证据，当上述温差不能满足要求时最好不要拆模。

7 预埋件

7.1 一般规定

7.1.2 为保证结构耐久性，应根据预埋件所处位置进行相应的防腐处理。

1) 支座预埋钢板、套筒、防落梁预埋钢板及螺栓、接触网支柱预埋钢板采用多元合金共渗 + 封闭层处理；

2) 接触网支柱预埋螺栓及其它部位的预埋螺母采用多元合金共渗 + 达可乐 + 封闭层处理；

3) 防落梁挡板采用渗锌处理。

7.2 预埋件安装

7.2.1 轨道交通 U 型梁是薄壁开口预应力结构，这种特殊结构形式对梁的整体性要求较高，混凝土硬化后不允许剔凿和打孔，因此在预埋件安装时必须保证位置准确，不得二次处理。

7.2.4 预埋件外露的套筒、丝头等必须采取措施进行保护，防止防止套丝破坏。

8 预应力工程

8.1 一般规定

8.1.3 预应力混凝土工程施工时，应特别注意加强安全技术防护措施。安全防护措施包括三个方面的内容：作业人员的人身安全、操作设备的安全以及结构物本身的安全。为保证施工作业安全地进行，应制订安全作业操作细则，创造良好的工作环境。实际上，为预应力混凝土工程施工提供良好的工作环境也是保证最终产品优质的前提。施工前，要对所有工作人员进行必要的培训，使之掌握安全操作所需的知识和技能。张拉预应力筋时，应由专人负责指挥，严禁任何人站在千斤顶的后方，或踏踩、碰撞预应力筋；量测力筋的伸长值及拧紧螺母时，应停止开动千斤顶或卷扬机；孔道压浆时，作业人员应佩戴防护眼镜，以防灰浆喷出而射伤眼睛。

8.2 原材料

8.2.3 预应力筋一般为整盘进场，所以不展开时，预应力筋表面的一些缺陷发现不了，本条规定为展开后的质量检验要求。

8.2.4 根据现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 及行业标准《铁路工程预应力筋用夹片式锚具、夹具和连接器》TB/T 3193 的规定，锚固性能不可靠或承载能力不够的锚具、夹具不得用于预应力混凝土结构。

8.3 制作安装

8.3.2 如用电弧切断预应力筋，在高温下将使力筋的抗拉强度

降低，故规定此条文。

8.5 孔道压浆

8.5.1 预应力钢束孔道压浆的目的，主要是防止预应力筋锈蚀，并通过凝结后的水泥浆将预应力传递至混凝土结构中。对防锈蚀而言，孔道压浆越早越好，而且可防止力筋的松弛。

8.5.5 水泥浆拌制好后，应尽快使用，如延续时间过久，将降低其流动度，增加压注时的压力，且不易密实。条文规定在压注前和压注过程中应经常搅动，是防止水泥浆沉淀泌水、过快地降低流动度。

8.7 质量检验

8.7.3 参照现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》JG 225的有关条款制定的。为加强对管道的检验，保证工程质量，故规定此条文。

9 冬期施工

9.2 混凝土配制、搅拌和运输

9.2.1 规定冬季搅拌混凝土应具有一定的出机温度，主要是担心混凝土早期受冻。当施工现场存在机械运输困难、运距较长等问题时，应适当提高混凝土的出机温度，以保证混凝土在运输过程中不致被冻坏。

9.2.2 为使混凝土达到必要的出机温度，通常需要对拌合水或骨料进行预热，或两者都加热。加热拌合水是最有效的办法，不但容易做到，而且加热水所消耗的能量仅是同质量骨料的四分之一。但拌合水的加热程度要适当，且应保证每盘混凝土之间温度相差不太悬殊。为避免发生速凝或假凝现象，太热的水不要直接与水泥或外加剂接触。为此，可采用加热水与骨料先行拌合的搅拌工艺制度，当搅拌均匀后再投入水泥。

当环境温度较低，仅加热拌合用水不足以满足要求时，可再对砂、石加热，但其加热温度不应高于 60℃。因温度过高水分损失加大，骨料的吸水率增加，将影响拌合物的和易性。同时，也应防止骨料局部灼热而遭到破坏，影响混凝土强度。

9.2.3 骨料中的冰雪、冻块及易冻裂的矿物质难于在搅拌机内短时融化，将影响混凝土质量。因此，规定含有冰雪和冻块的骨料不得投入搅拌机内。

9.4 混凝土养护与拆模

9.4.1 ~ 9.4.2 蒸汽养护制度分为静停期、升温期、恒温期、降温期 4 个阶段。

当混凝土浇筑完成后，至蒸汽养护之前的室温养护期为静停期，静停时间的长短视施工及环境等条件而定。

混凝土温度从预养期升高到规定恒温温度的阶段，称为升温期。升温速度随结构的表面系数而异。升温速度不得大于 $10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，若升温速度过快，将引起混凝土强度的较大损失。

恒温期结束后，混凝土温度降至环境温度的阶段，称为降温期。在降温期内，如结构中出现温度梯度，将引起体积收缩并产生内应力。当降温速度过快，将破坏混凝土的整体性，并影响其耐久性。因此，规定了混凝土的降温速度不得大于 $10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

9.5 质量检验

9.5.3 检测混凝土温度的方法可概括为预埋式和非接触式。

预埋式系在混凝土构件的适当部位将康铜—铜或铬镍—镍铜热电偶的接点或其他热敏电阻元件预埋于混凝土中，通过联接的电位差计，直接测读各点的温度。

非接触式系通过红外技术直接读取混凝土表面的温度。鉴于此法简单方便，宜通过检测记录数据、总结经验。

10 热期施工

10.2 混凝土配制、搅拌和运输

10.2.1 ~ 10.2.6 规定夏季搅拌混凝土应具有一定的出机温度，来保证混凝土的入模温度不得高于 30℃。夏季气温较高，气候炎热，对混凝土施工较为不利。首先，在混凝土的浇筑过程中，当混凝土的温度升高时，为了保持浇注作业所需要的坍落度，混凝土的用水量要增大。同时，温度升高，混凝土拌合物的坍落度损失速度加快。这种情况使混凝土的用水量提高，进而导致收缩增大，强度降低。同时较高的温度加快了混凝土的凝结，混凝土的运输和修整将变得更加困难，施工裂缝也可能会更多。当施工现场存在机械运输困难、运距较长等问题时，应适当降低混凝土的出机温度，以保证混凝土在运输过程中水化热产生的热量不易过高，避免混凝土入模温度高于 30℃。应对水泥、砂、石的贮存仓、料堆等进行遮阳防晒处理，或在砂石料堆上喷水降温，以便降低原材料进入搅拌机的温度。应采用冷却装置冷却拌合水，并对水管及水箱加遮阳和隔热设施，也可在拌合水中加碎冰作为拌合水的一部分。

10.4 混凝土养护

10.4.1 ~ 10.4.2 当室外最高温度高于 35℃ 时，应采用夏季养护。混凝土浇筑完后，表面应立即覆盖清洁的塑料膜，防止水分的蒸发。待混凝土初凝后，表面覆盖土工布，洒水养护，防止阳光直射。至终凝后撤除薄膜并立即进行保湿或蓄水养护。

10.5 质量检验

10.5.1 ~ 10.5.2 混凝土浇筑前，应通过试验确定在最高气温条件下，混凝土分层浇筑的厚度及覆盖时间。混凝土浇筑与养护时，环境温度每日检查不少于4次，并做好检查记录；当温度超过热期规定的要求时，混凝土拌合时应采取有效降温、防晒措施，以保证混凝土的浇筑质量，否则应停止施工。

11 保管及运输

11.1 一般规定

11.1.2 预制 U 型梁是薄壁开口结构，抗扭能力较低，本条对 U 型梁在存梁、起吊和运输过程中四个支点的受力或不平整量进行了明确规定。

11.2 存 梁

11.2.1 U 型梁在制梁场临时存放时，应专门布置存梁台座。存放的台座应坚固稳定，具备必要的排水设施，地基及垫梁的承载力必须充分考虑能承受 U 型梁的重量及局部重量的不同，确保平稳。存放时宜放置在橡胶垫上。

11.2.2 U 型梁在制梁场内运输、存梁及出场装运时的梁端容许悬出长度应符合设计要求，四点支承应形成支承平面，误差不得超过 2mm。

11.4 运 输

11.4.2 ~ 11.4.3 U 型梁运输道路的纵向坡度应不大于 3%，横向坡度（人字坡）应不大于 4%，施工现场运输道路有效路面应 $\geq 7\text{m}$ ，且在横向路截面保证水平施工现场运输道路与市政公路各连接处应保证水平联接；运输过程中如路面出现凹凸现象，应马上修复。

U 型梁装载就位后应检查 U 型梁支撑点是否在同一水平面上，运梁车上的桥梁支撑中心应与桥梁上的支座中心线重合，保证桥梁运输过程中受力均匀。

12 安 装

12.2 支座安装

12.2.2 ~ 12.2.3 支座安装部位的支承垫石表面，清除预留锚栓孔内的杂物，将支承垫石表面湿润，支座与梁底预埋钢板必须密贴无缝隙，支座锚栓埋置深度和螺栓外露长度必须符合设计的要求，落梁时应水平下落，落梁采用测力千斤顶落梁，调整千斤顶使每个支点的反力与4个支点反力的平均值差在5%以内，然后准备灌浆。

12.3 U型梁架设

12.3.6 注浆材料28d抗压强度不应小于50MPa，弹性模量不应小于30GPa；24h抗压强度不应小于10MPa；浆体水胶比不应大于0.34，且不得泌水，流动度不应小于320mm，30min后流动度不应小于240mm；标准养护条件下浆体28d自由膨胀率为0.02%~0.1%；常温条件下，注浆材料2h抗压强度不宜小于20MPa。

13 质量验收

13.3 工程质量验收单元的划分

13.3.6 工程质量不符合要求的情况，多在检验批质量验收阶段出现，否则会影响相关分项工程质量的验收。

1 对于返工重做、更换构配件的检验批，应该重新进行验收。当重新抽样检查后，检验项目符合本规程规定的，应判定该检验批合格。

2 个别试块试件的强度不能满足要求的情况，包括试块试件失去代表性、试块试件缺少、试验报告有缺陷或对试验报告有怀疑等。这种情况下，应由有资质的检测单位进行检验测试，如果测试结果证明该检验批的质量能够达到原设计的要求，则该检验批予以合格验收。

对于其它不合格的现象，因情况复杂，由各方根据具体情况按程序协商处理。

13.4 工程施工质量验收的程序和组织

13.4.1 ~ 13.4.3 工程施工质量验收的程序和组织应把握以下要点：

1 施工单位自检合格是验收工作的基础。

2 监理单位应对所有主控项目进行检查，对一般项目可根据施工单位质量控制情况确定检查项目。

3 参加验收的各方人员应具备相应的资格，主要是能够负质量责任，当发生质量问题时具有可追溯性。

13.5 预制 U 型梁的制造

13.5.1 为保证拆模时混凝土表面及棱角不致因拆模被损坏或因强度不足导致混凝土变形，因此对拆模时混凝土应达到的强度作出规定。拆模时混凝土达到的强度应以同条件养护试件的抗压强度试验为准。

混凝土的拆模时间除需考虑拆模时的混凝土强度应满足规定外，还应考虑拆模时混凝土的温度（由水泥水化热引起）不能过高，以免混凝土接触空气时降温过快而开裂，更不能在此时浇注凉水养护。混凝土内部开始降温以前以及混凝土内部温度最高时不得拆模。

预制 U 型梁芯部混凝土与表层混凝土之间的温差、表层混凝土与环境之间的温差大于 15℃ 时不宜拆模。大风或气温急剧变化时不宜拆模。在寒冷季节，若环境温度低于 0℃ 时不宜拆模。在炎热和大风干燥季节，应采取逐段拆模、边拆边盖的拆模工艺。

13.5.2 钢筋是混凝土结构中的主要组成部分，使用的钢筋是否符合标准，直接影响建筑物的质量和安全，因此钢筋进场时，必须按批抽取试件作力学性能（屈服强度、抗拉强度和伸长率）试验和工艺性能（冷弯）试验。其质量必须符合设计要求和国家现行标准《钢筋混凝土用钢》GB 1499 等标准的规定。

13.5.3 混凝土配合比选定的好坏，直接关系到结构物的寿命和整个工程的经济效益。混凝土配合比的设计不仅考虑强度等级而且还要考虑耐久性能等。

13.6 成品保护

13.6.1 模板是混凝土结构的外衣，是塑造混凝土形状的标尺，

施工中必须严格按照规程对模板进行检查校对，各种偏差不得大于本规程和现行行业标准《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的规定。

13.6.3 预制 U 型梁为混凝土薄壁结构，对保护层要求严格，任何破坏混凝土表面的行为都有可能影响预制 U 型梁的结构受力，出现混凝土耐久性损失等现象，故严禁随意凿挖成品 U 型梁混凝土。

13.7 出场验收

13.7.1 预制 U 型梁应逐片进行检查验收，并签发出场证明单。预制 U 型梁出场证明单一式两份，一份随同施工原始记录归档，另一份交用户。