

山东省工程建设标准 DB

DB37/T 5098-2024

J *****-2024

城市轨道交通预应力混凝土预制 U 型梁
施工技术规范

Technical specification for construction of prestressed concrete
precast U-shaped beam in urban rail transit

2024-07-12 发布

2024-09-01 实施

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

山东省工程建设标准

城市轨道交通预应力混凝土预制 U 型梁
施工技术规范

Technical specification for construction of prestressed concrete precast
U-shaped beam in urban rail transit

DB37/T 5098-2024

住房和城乡建设部备案号：J*****-2024

主编单位：济南交通发展投资有限公司

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

山东省市场监督管理局

实施日期：2024 年 09 月 01 日

*****出版社

2024 年 济南

山东省住房和城乡建设厅

山东省市场监督管理局

关于批准发布《智慧工地建设技术标准》等 5
项山东省工程建设标准的公告

鲁建标字〔2024〕7 号

各市住房城乡建设局、市场监管局，各有关单位：

《智慧工地建设技术标准》《建筑工程机械拆除安全管理标准》《城市轨道交通桥墩预制拼装技术规程》《城市轨道交通清水混凝土施工技术规程》《城市轨道交通预应力混凝土预制 U 型梁施工技术规程》等 5 项山东省工程建设标准，业经审定通过，批准为山东省工程建设标准，现予以发布，自 2024 年 9 月 1 日起施行。原《城市轨道交通桥墩预制拼装技术规程》DB37/T 5100-2017、《城市轨道交通清水混凝土施工技术规程》DB37/T 5099-2017、《城市轨道交通预制简支 U 型梁施工技术规程》DB37/T 5098-2017 同时废止。

以上标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。

附件：山东省工程建设标准发布名单

山东省住房和城乡建设厅

山东省市场监督管理局

2024 年 7 月 12 日

附件

山东省工程建设标准发布名单

序号	标准名称	标准编号	主编单位
1	智慧工地建设技术标准	DB37/T 5287-2024	山东省建设工程质量安全中心 清华大学
2	建筑工程机械拆除安全管理标准	DB37/T 5288-2024	山东建筑大学 山东三箭建设工程股份有限公司
3	城市轨道交通桥墩预制拼装技术规程	DB37/T 5100-2024	济南交通发展投资有限公司
4	城市轨道交通清水混凝土施工技术规程	DB37/T 5099-2024	济南交通发展投资有限公司
5	城市轨道交通预应力混凝土预制 U 型梁施工技术规程	DB37/T 5098-2024	济南交通发展投资有限公司

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发2022年第二批山东省工程建设标准制修订计划的通知》（鲁建标字〔2022〕14号）要求，编制组不断总结实践经验，吸收有关国内、国际先进技术，并在广泛征求意见基础上，参考国内外有关标准，对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》DB37/T 5098-2017进行修订。

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

本规程修订的主要技术内容是：

- 1.调整了章节顺序。
- 2.修改补充了术语。对“U型梁”定义进一步明确，补充了“试生产”的定义。
- 3.对预制U型梁原材料性能指标进行调整优化。增加了钢筋碳当量指标要求，调整了水泥存放使用要求，更新了矿物掺合料、骨料的性能指标。
- 4.修改了冬期施工、夏期施工温度条件。对冬期施工、夏期施工的有关规定进行了细化与明确。
- 5.对安装章节进行补充细化。明确了支座安装的有关技术指标与要求，增加了支座安装允许偏差，增加了架梁设备应满足的安全措施。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由济南交通发展投资有限公司负责具体内容的解释。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交通发展投资有限公司（地址：济南市历下区解放东路5号济南轨道交通大厦，邮编250101，联系电话：0531-59998814，jnjtgs2019@126.com），以供今后修订时参考。

主 编 单 位： 济南交通发展投资有限公司

参 编 单 位： 中铁十四局集团第五工程有限公司

北京城建设计发展集团股份有限公司

山东济铁工程建设监理有限责任公司

中交第三公路工程局有限公司工程总承包分公司
中咨工程管理咨询有限公司
中建八局第二建设有限公司
济南轨道交通集团有限公司
兆丰工程咨询有限公司

主要起草人员：路林海 刘家海 周立民 王 鹏 张晋毅 闫循军
范 华 李文明 张兆元 王德超 韩 林 马建平
刘 伟 胡莲生 张广弟 张 伟 刘瑞强 魏 平
郭永利 白唐瀛 武朝军 王瑞波 李洪江 闵凡文
秦晓鹏 赵墅茵 刘一平 刘 军

主要审查人员：文望青 嵇 飙 刘甲荣 李虚进 周广强 徐常泽
尚 勇 李磊磊 杨荣泉

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
5 钢筋工程	7
5.1 一般规定	7
5.2 钢筋加工	7
5.3 钢筋接头	7
5.4 钢筋安装	8
6 预埋件	10
6.1 一般规定	10
6.2 预埋件安装	10
7 混凝土工程	12
7.1 一般规定	12
7.2 混凝土原材料	12
7.3 原材料储存与管理	15
7.4 混凝土配合比	15
7.5 混凝土搅拌	16
7.6 混凝土运输	17
7.7 混凝土浇筑及振捣	17
7.8 混凝土养护	18
7.9 混凝土拆模	18
8 预应力工程	19
8.1 一般规定	19

8.2 原材料	19
8.3 制作安装	20
8.4 施加预应力	21
8.5 管道压浆	23
8.6 封 端（锚）	24
9 冬期施工	25
9.1 一般规定	25
9.2 混凝土配制、搅拌和运输	25
9.3 混凝土浇筑	26
9.4 混凝土养护与拆模	26
10 夏期施工	27
10.1 一般规定	27
10.2 混凝土配制、搅拌和运输	27
10.3 混凝土浇筑	27
10.4 混凝土养护	28
11 保管及运输	29
11.1 一般规定	29
11.2 存 梁	29
11.3 起 吊	29
11.4 运 输	30
12 安 装	31
12.1 一般规定	31
12.2 支座安装	31
12.3 U 型梁架设	32
13 质量验收	34
13.1 一般规定	34
13.2 检验规则	34
13.3 工程质量验收单元的划分	37
13.4 工程施工质量验收的程序和组织	38
13.5 U 型梁的制造	38
13.6 出场验收	43

13.7 预制梁 U 型梁架设	44
附 录 A 原材料和配件检验要求	46
附 录 B 预制梁生产过程控制和成品出场检验项目和质量要求	50
附 录 C 预制 U 型梁出场证明单	51
本规程用词说明	53
引用标准名录	54
附：条 文 说 明	56

Contents

1 General provisions.....	1
2 Terms.....	2
3 Basic requirements	3
4 Formwork engineering.....	4
4.1 General requirements.....	4
4.2 Steels and electrode.....	4
4.3 Formwork design.....	4
4.4 Fabrication and installation of formwork.....	5
4.5 Removal of formwork.....	6
5 Reinforcement engineering.....	7
5.1 General requirements.....	7
5.2 Reinforcement fabrication.....	7
5.3 Reinforcement connection.....	7
5.4 Reinforcement installation.....	8
6 Embedded parts.....	10
6.1 General requirements.....	10
6.2 Installation of embedded parts.....	10
7 Concrete engineering.....	12
7.1 General requirements.....	12
7.2 Raw materials of concrete.....	12
7.3 Storage and management of raw materials.....	15
7.4 Mix proportion of concrete.....	15
7.5 Stirring of concrete.....	16
7.6 Transporting of concret.....	17
7.7 Pouring and vibrating of concrete.....	17
7.8 Curing of concrete.....	18
7.9 Form stripping of concrete.....	18
8 Prestress engineering.....	19
8.1 General requirements.....	19
8.2 Raw materials.....	19
8.3 Manufacture and installation.....	20
8.4 Prestress Application.....	21
8.5 Duct grouting.....	23
8.6 Anchor seal.....	24
9 Winter construction.....	25

9.1 General requirements.....	25
9.2 Preparing, stirring and transporting of concrete in winter.....	25
9.3 Pouring of concrete in winter.....	26
9.4 Form stripping and curing of concrete in winter.....	26
10 Summer construction.....	27
10.1 General requirements.....	27
10.2 Preparing, stirring and transporting of concrete in summer.....	27
10.3 Pouring of concrete in summer.....	27
10.4 Curing of concrete in summer.....	28
11 Custody and transporting of U-beam.....	29
11.1 General requirements.....	29
11.2 Custody of U-beam.....	29
11.3 Sliding of U-beam.....	29
11.4 Transporting of U-beam.....	30
12 Installation of U-beam.....	31
12.1 General requirements.....	31
12.2 Bearing installation of U-beam.....	31
12.3 Girder erection of U-beam.....	32
13 Quality acceptance.....	34
13.1 General requirements.....	34
13.2 Test rules.....	34
13.3 Unit division for acceptance of engineering quality.....	37
13.4 Procedure and organization for acceptance of engineering quality.....	38
13.5 Production of U-beam.....	38
13.6 Delivery inspection of U-beam.....	43
13.7 Girder erection of precast U-beam.....	44
Appendix A Test requirements of raw materials and fittings.....	46
Appendix B Process inspection of U-beam production, Inspection items and quality requirements of delivery	50
Appendix C Appearance certificate of U-beam.....	51
Explanation of wording.....	53
List of quoted standards.....	54
Addition: Explanation of Provisions.....	56

1 总 则

1.0.1 为了指导城市轨道交通预应力混凝土预制 U 型梁施工，做到安全适用、经济合理、技术先进、确保施工质量和安全，统一验收标准，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于山东省城市轨道交通后张法预应力混凝土预制U型梁的施工及验收。

1.0.3 预制U型梁施工和验收除应符合本规程外，尚应符合现行国家和山东省有关标准的规定。

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预应力简支梁式结构。

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 存梁 beam storing

预制U型梁架设前在存梁台座上或临时存梁地点短期存放。

2.0.4 试生产 pilot production

预制U型梁生产成品梁5片且混凝土浇筑完成不超过20片的生产阶段为试生产。

3 基本规定

3.0.1 施工使用的原材料、机械设备、安全防护用品和生产工具等应为合格产品。仪器仪表、量具和量器应定期检定或校准。

3.0.2 预制 U 型梁施工应编制实施性施工组织设计及关键工序作业指导书，明确施工作业标准和工艺安全要求。

3.0.3 预制U型梁应在试生产阶段通过建设、设计、监理和施工单位的联合验收后方可进行批量生产。

3.0.4 预制U型梁应采用高性能混凝土，外观应达到清水混凝土效果。

3.0.5 预制 U 型梁应按图纸及本规程施工，经检验合格后方可出场。

3.0.6 制梁和架梁施工过程中应做好预制 U 型梁的成品保护。

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。模板面板应可靠连接，拼缝应严密平整，无错台。

4.1.2 模板面板应均匀涂刷隔离剂，不得出现漏刷、流淌现象。

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

4.1.4 模板在周转期内应保证梁体各部形状、尺寸及预埋件位置准确，在构造上应满足预应力张拉、混凝土浇筑、拆模等工艺要求。

4.2 钢材和焊条

4.2.1 模板、支架及其他用途的钢材宜采用Q235钢，其材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 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《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117的规定。

4.3 模板设计

4.3.1 应根据预制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 竖向荷载应包括以下内容：

- 1) 模板自身的重力。
- 2) 新浇筑混凝土的重力。
- 3) 钢筋（含预埋件）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 水平荷载应包括以下内容：

- 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) 附着式振捣器产生的荷载。

4) 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 模板设计时，应对模板整体及支架进行组合受力验算，计算组拼后的吊装、拆模荷载，并应注明支点及吊点位置。

4.3.5 模板预留压缩量及反拱应根据设计要求及制梁的实际情况设置。

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 211的规定，模板表面应平整、接缝严密。

4.4.2 模板进场前，应进行验收，模板制作允许偏差应符合表 4.4.2 规定。

表 4.4.2 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	用卷尺量
2	模板宽度	± 5		2	用卷尺量
3	模板长度	± 5		2	用卷尺量
4	模板平整度	≤ 2		4	用靠尺及塞尺量
5	对角线差	≤ 5		2	用卷尺量
6	拼缝高差	≤ 1		2	用靠尺及塞尺量

4.4.3 后张法预留管道应符合设计要求，端部的预留槽口钢板应垂直于管道中心线。

4.4.4 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。

4.4.5 模板的安装精度应符合设计要求。当设计无要求时，应按表4.5.5的规定进行检验。检验结果不满足要求时，应及时调整或返工。

表 4.4.5 模板安装尺寸允许偏差

序	项目	允许偏差(mm)	检查频率	检查方法
---	----	----------	------	------

号				范围	点数	
1	侧、底模板组装间隙		≤ 2	侧模、底模	10	用塞尺量
2	表面平整度		≤ 2		10	用靠尺及塞尺量、
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, 0		5	
		高	+5, 0		5	
4	底板厚		+5, 0	梁端和跨中	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	梁端和跨中 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	梁端和跨中 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	预应力筋端模管道		2	梁端每个管道	2	用尺量

4.4.6 模板安装完毕后，应对模板高度、平面位置、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层、表层与环境之间的温差应符合设计要求。当设计无要求时，温差不应超过 15℃。

4.5.3 不得采用猛烈敲打、强扭等方法拆除模板，不得抛扔模板。

4.5.4 模板拆除后，应及时进行维修整理，并分类妥善存放。

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现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1和《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2的规定。

5.1.2 采用的HRB400、HRB500钢筋碳当量应分别不大于0.5%和0.52%。

5.1.3 钢筋应按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批验收，分类堆放并设立标识。

5.2 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，如设计无要求时，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 加工成型的钢筋成品、半成品应按规格、品种、使用部位和顺序分类摆放，并采取有效措施，防止钢筋锈蚀。

5.2.3 钢筋加工的允许偏差应符合表5.2.3的规定。

表 5.2.3 钢筋加工的允许偏差

序号	名 称	允许偏差 (mm)	检查方法
1	受力钢筋顺长度方向的全长	±10	用尺量
2	弯起钢筋的弯起位置	±20	用尺量
3	箍筋内径尺寸	±3	用尺量

5.3 钢筋接头

5.3.1 受力钢筋的连接方式、接头位置应符合设计要求；当设计无要求时，应符合现行行业标准《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424的有关规定。

5.3.2 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，合格后方可正式施焊。

5.3.3 不同钢厂生产的不同批号、不同外型的钢筋相互之间或与预埋件焊接时，应预先进行焊接工艺试验，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。垫块应梅花形分散布置，不低于4个/m²，不应横贯保护层的全部截面。

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 除设计有特殊规定外，箍筋与主筋应垂直布置，末端钢筋应向梁内侧弯曲。
- 2 钢筋的交叉点应采用铁丝绑扎牢固；结构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得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 钢筋骨架安装时，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。

5.4.6 钢筋安装精度应符合设计或专业施工标准的要求，当无要求时，钢筋安装的允许偏差应符合表5.4.6的规定。

表 5.4.6 钢筋安装的允许偏差

序号	项 目	允许偏差（mm）	检查方法
1	两侧腹板钢筋位置及间距的偏差	≤10	用尺量
2	底板钢筋间距及位置偏差	≤8	用尺量
3	箍筋间距及位置偏差	≤15	用尺量
4	腹板箍筋的不垂直度（偏离垂直位置）	≤15	用尺量
5	混凝土保护层厚度与设计值偏差	+5, 0	用尺量

6	预应力定位网钢筋位置	± 10	用尺量
7	其他钢筋偏移量	≤ 20	用尺量

6 预埋件

6.1 一般规定

6.1.1 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核查验收，并按规定取样复验。验收合格后，方可使用。

6.1.2 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，Q355 钢应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定。

6.1.3 预埋件外露部分应按设计要求进行防腐处理，防腐工艺应满足设计要求。当设计无要求时，防腐工艺及检测方法应符合现行行业标准《铁路混凝土梁配件多元合金共渗防腐技术条件》TB/T 3274 及《钢铁制件粉末渗锌》JB/T 5067 的有关规定。

6.1.4 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。

6.1.5 防杂散电流接地端子应符合现行行业标准《地铁杂散电流腐蚀防护技术标准》CJJ/T 49 的规定。

6.2 预埋件安装

6.2.1 预埋件安装应符合设计要求，并采取有效措施保证安装牢固，位置正确。

6.2.2 支座预埋钢板应保持平整、光洁，并与模板有效固定。

6.2.3 支座预埋钢板安装允许偏差应符合表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 支座预埋钢板安装允许偏差

序号	项目	单位	允许偏差	检验方法
1	表面平整度	mm	≤0.5	用钢板尺、塞尺量
2	水平安装位置偏差	mm	≤2.0	用水准仪量
3	纵向安装偏差	mm	≤3.0	用钢尺量
4	横向安装偏差	mm	≤3.0	用钢尺量
5	两对角支座高程和的差值（测量板中心高程）	mm	≤2.0	用水准仪、钢尺量
6	支座板转动偏差	°	≤2.0	用经纬仪量

6.2.4 预埋件外露套筒及丝头应采取有效保护措施。预埋套筒硬度与螺栓性能等

级应一致。

6.2.5 除有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应符合表 6.2.5 的规定。

表 6.2.5 预埋件和预留孔洞的允许偏差

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

6.2.6 混凝土浇筑、凝结硬化过程中，应加强对预埋件的保护，避免碰撞、受振松动。

7 混凝土工程

7.1 一般规定

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

7.1.2 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，未经选定不得进行混凝土工程施工。

7.1.3 施工前应进行混凝土试浇筑，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。

7.1.4 应做好混凝土成品保护工作，不得随意剔凿成品 U 型梁混凝土。

7.2 混凝土原材料

7.2.1 水泥的材料性能应符合下列规定：

1 应采用品质稳定、强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，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：

- 1) 水泥的氯离子含量应低于 0.06%。
- 2) 比表面积在 $300\text{m}^2/\text{kg}$ ~ $350\text{m}^2/\text{kg}$ 之间。
- 3) 熟料中的 C_3A 含量不大于 8%。
- 4) 游离 CaO 含量不大于 1.0%，碱含量不大于 0.6%。

3 水泥存放超过 3 个月时应重新检验。

7.2.2 粉煤灰的材料性能应符合下列规定：

1 宜采用 F 类 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 的规定。

2 粉煤灰的氯离子含量不得大于 0.02%。

7.2.3 粒化高炉矿渣粉的材料性能应符合下列规定：

1 粒化高炉矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的规定。

2 应选用 S95 级及以上矿渣粉，氧化镁含量不应大于 14.0%，比表面积宜控制

在 $350\text{m}^2/\text{kg}\sim 500\text{m}^2/\text{kg}$ 。

7.2.4 细骨料的材料性能应符合下列规定：

- 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，也可选用专门机组生产的机制砂，不得使用海砂。
- 2 细骨料的性能指标应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的规定。
- 3 细骨料的主要性能指标还应符合表 7.2.4 的规定。

表 7.2.4 细骨料的主要性能指标

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	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)	浅于标准色
6	硫化物及硫酸盐含量（按 SO_3 质量计，%）	≤ 0.5
7	氯离子含量（%）	≤ 0.02
8	坚固性（质量损失率，%）	≤ 8.0
9	吸水率/%	≤ 2.0
10	碱活性（快速砂浆棒膨胀率，%）	< 0.20

7.2.5 粗骨料的材料性能应符合下列规定：

- 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，粗骨料应采用二级或多级集配混配而成。
- 2 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。
- 3 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 。
- 4 粗骨料主要性能指标还应符合表 7.2.5 的规定。

表 7.2.5 粗骨料的主要性能指标

序 号	项 目	指 标
1	泥粉含量（按质量计，%）	≤ 0.5

2	泥块含量（按质量计，%，）		≤ 0.2
3	坚固性（质量损失率，%）		≤ 5.0
4	针片状颗粒含量（质量分数，%）		≤ 5.0
5	压碎值指标（%）		≤ 10.0
6	岩石抗压强度/混凝土强度等级		≥ 1.5
7	吸水率（%）		< 1.0
8	紧密空隙率（%）		≤ 40.0
9	硫化物及硫酸盐含量（按 SO_3 质量计，%）		< 0.5
10	氯离子含量（%）		≤ 0.02
11	碱骨料反应	碱-硅酸反应活性（快速砂浆棒膨胀率，%）	< 0.20
		碱-碳酸反应活性（岩石柱膨胀率，%）	< 0.10

7.2.6 外加剂的材料性能应符合下列规定：

1 外加剂应选用质量稳定的产品，外加剂与水泥及矿物掺合料之间应具有良好的相容性，其技术指标应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和现行行业标准《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定。

2 减水剂宜选用聚羧酸高性能减水剂。减水剂的性能指标还应符合表 7.2.6 的规定。

表 7.2.6 减水剂的主要技术指标

序 号	项 目	指 标
1	减水率（%）	≥ 25
2	泌水率比（%）	≤ 20
3	压力泌水率比（用于泵送混凝土时，%）	≤ 70
4	硫酸钠含量（按折固含量计，%）	≤ 5.0
5	氯离子含量（按折固含量计，%）	≤ 0.6
6	碱含量（按折固含量计，%）	≤ 10

3 当不同功能的多种外加剂复合使用时，不同外加剂之间以及外加剂与水泥和矿物掺合料之间应具有良好的适应性。

4 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等因素进行调整。

7.2.7 拌合及养护用水应符合下列规定：

1 拌合用水可采用符合国家标准的生活用水，不得采用海水，当采用其他水源时，其性能应符合表 7.2.7 的规定。

2 养护用水除不溶物、可溶物不作要求外，其他应满足拌合水要求。

表 7.2.7 拌合水主要技术指标。

序号	项目	指标
1	pH 值	>6.5
2	不溶物含量 (mg/L)	<2000
3	可溶物含量 (mg/L)	<2000
4	氯化物含量 (以 Cl^- 计, mg/L)	<500
5	硫酸盐含量 (以 SO_4^{2-} 计, mg/L)	<600
6	碱含量 (mg/L)	<1500
7	抗压强度比 (28d, %)	≥ 90
8	凝结时间差 (min)	≤ 30

7.3 原材料储存与管理

7.3.1 混凝土用水泥、矿物掺合料等宜采用散装罐分别存储。

7.3.2 当混凝土采用多级配粗骨料时，粗骨料应分级采购、分级运输、分级堆放、分级计量。

7.3.3 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。骨料堆场地面应进行硬化处理，并设置必要的排水条件。

7.3.4 液体外加剂应放置于阴凉干燥处，应防止日晒、污染、浸水，使用前应搅拌均匀；有离析、变色等现象时，应经检验合格后再使用。

7.4 混凝土配合比

7.4.1 混凝土的配合比应根据原材料品质、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、试件检测、试浇筑等步骤选定。

7.4.2 混凝土配合比应符合下列规定：

1 混凝土中宜适量掺加粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料。不同矿物掺合料的掺量应根据混凝土性能通过试验确定。矿物掺合料的掺量不宜超过胶凝材料总量的30%。

2 混凝土的最大水胶比和单位体积胶凝材料最小、最大用量应符合表 7.4.2 的规定。

表 7.4.2 水胶比和胶凝材料用量

最大水胶比	最小胶凝材料用量 (kg/m ³)	最大胶凝材料用量 (kg/m ³)
0.35	400	500

3 混凝土拌合物中由各种原材料引入的氯离子总量不得超过胶凝材料总量的 0.06%。混凝土最大碱含量不得大于 3.0kg/m³，混凝土的三氧化硫含量不得超过胶凝材料总量的 4.0%。

4 混凝土入模前塌落度宜控制为 (180±20) mm，亦可通过试验确定塌落度值。

5 混凝土入模前含气量应为 2%~4%。

7.4.3 在施工过程中，如更换水泥、外加剂、矿物掺合料等主要原材料，应重新进行混凝土配合比选定试验，并对新选定配合比的混凝土进行拌合物性能、力学性能和耐久性能检验，检验结果应分别满足设计和施工要求。

7.5 混凝土搅拌

7.5.1 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表 7.5.1 的规定。

表 7.5.1 混凝土原材料称量允许偏差

原材料	最大允许偏差（按重量计）
胶凝材料（水泥、矿物掺合料等）	±1%
外加剂	±1%
骨料	±2%
拌合用水	±1%

7.5.2 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。含水率

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。

7.5.3 应采用双卧轴式强制搅拌机搅拌混凝土，混凝土搅拌时间应根据配合比和搅拌设备情况通过试验确定，最短搅拌时间不宜少于 2min。

7.6 混凝土运输

7.6.1 混凝土运输设备的运输能力应满足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，塌落度和含气量等性能指标满足要求。

7.6.2 用混凝土泵运送混凝土时，应按现行行业标准《混凝土泵送施工技术规范》JGJ/T 10 的有关规定执行。

7.6.3 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。

7.6.4 采用搅拌罐车运输混凝土时，运输过程中宜以 2r/min~4r/min 的转速转动；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。

7.7 混凝土浇筑及振捣

7.7.1 混凝土浇筑前，应按图纸要求检查模板尺寸及预埋件的种类、规格、数量、位置，并将模板内杂物清理干净。

7.7.2 混凝土浇筑时，模板温度宜控制在 5℃~35℃，混凝土拌合物入模温度宜控制在 5℃~30℃。

7.7.3 混凝土应分层、分段浇筑，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。

7.7.4 浇筑混凝土时，应避免振捣器碰撞预应力管道和预埋件。

7.7.5 在混凝土施工过程中，应对拌合物性能进行抽检，检查频次和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 的规定。

7.7.6 附着式振动器的布置间距，应根据布设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。

7.7.7 混凝土浇筑过程中应采取有效措施，避免后续施工工序损伤或污染已完成的混凝土成品。

7.8 混凝土养护

7.8.1 梁体混凝土养护可采用蒸汽养护或自然养护。自然养护时，应在混凝土浇筑完毕后及时进行保温保湿养护，养护时间不少于 14d。

7.8.2 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。

7.8.3 梁体养护期内应采取有效措施，保证混凝土的芯部与表层、表层与环境之间的温差不得超过 15℃。

7.9 混凝土拆模

7.9.1 梁体混凝土强度达到设计拆模强度后方可拆除内模；当设计无要求时，混凝土强度应达到设计强度的 60%以上，方可拆除内模。

7.9.2 拆模时，梁体混凝土芯部与表层、表层与环境温差均不应大于15℃。当环境温度低于0℃时，应待表层混凝土冷却至5℃以下方可拆除模板。

7.9.3 在炎热或干燥季节，应采用边拆边盖、边拆边浇水或边拆边洒养护剂的拆模工艺。大风或气温急剧变化时不得拆模。

7.9.4 拆模过程中不得损伤混凝土，避免出现缺棱掉角情况。当模板与混凝土脱离后，方可拆卸、吊运模板。

8 预应力工程

8.1 一般规定

8.1.1 预制U型梁预应力施工应采用智能张拉，并应采用真空辅助压浆工艺。

8.1.2 预应力张拉设备应定期维护，器具和量具应定期检定。张拉设备应配套标定、使用，并建立标定档案。

8.1.3 预应力工程施工应根据环境温度采取必要的质量保证措施，并应符合下列规定：

1 压浆时浆体温度应在 $5^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间，压浆时及压浆后 3d 内，梁体及环境温度不得低于 5°C ，否则应采取保温措施。

2 当环境温度高于 35°C 时，应选择温度较低的时段压浆。

8.1.4 预应力张拉施工时，张拉作业区域外应设置明显的警示标志，非工作人员不得进入，千斤顶后方和油管接头部位附近不得站人，不得踩踏高压油管。

8.1.5 预应力工程应依照设计要求的施工顺序施工，并应考虑各施工阶段偏差对结构安全度的影响。

8.2 原材料

8.2.1 预应力筋的各项性能除应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的规定外，钢绞线弹性模量的差值尚应满足同批不大于 5GPa、各批不大于 10GPa 的规定。

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，尚须进行质量检验。

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、氧化铁皮和油垢等。

8.2.4 预应力锚具、夹具应符合设计要求，并满足现行行业标准《铁路工程预应力筋用夹片式锚具、夹具和连接器》TB/T 3193 的规定。

8.2.5 锚具应满足分级张拉、补张拉以及放松预应力筋的要求。锚具产品应配套使用，同一片预制 U 型梁应采用同一生产厂家的产品。工作锚和工具锚不得互相代替使用。

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 预应力结构在钢筋绑扎安装过程中，螺旋筋应与锚垫板同心，钢筋网之间的架立筋数量、预应力束锚固和局部加强腹板箍筋及纵向钢筋的位置应符合设计要求。

8.3 制作安装

8.3.1 预应力筋下料长度应计算确定，计算时应考虑管道长度、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 预应力钢绞线编束时，梁体同一张拉截面上的钢绞线束应由同一厂家、同一品种、同一规格、同一批号的钢绞线组成。编束时应先梳理顺直，每隔1m~1.5m捆扎成束。制束及移运时应防止变形、碰伤和污染。

8.3.4 预制 U 型梁预应力管道成孔方式应符合设计要求，可采用塑料波纹管或金属波纹管成孔。塑料波纹管应符合现行行业标准《预应力混凝土桥梁用塑料波纹管》JT/T 529 的规定；金属波纹管应符合现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》JG/T 225 的规定。

8.3.5 管道材料及其性能应符合下列规定：

1 管道应具有足够的强度和刚度，在搬运、安装和新浇筑混凝土的重力、浮力荷载以及振捣器激振力作用下能保持原有的形状，且能按要求传递粘结应力。

2 管道和接头应有足够的密封性，防止浆体渗漏及抽真空时漏气。

3 管道成型用圆形管道的内径应至少比预应力筋的轮廓直径大 6mm，其内截面面积应不小于预应力筋截面的 2.5 倍。

8.3.6 预埋管道的安装应符合下列规定：

1 管道的尺寸与位置应准确，管道应平顺并与定位钢筋绑扎牢固，端部的预埋锚垫板应垂直于管道中心线，且在浇筑混凝土时管道不发生位移。

2 管道定位钢筋的布置应满足设计要求，设计无要求时，直线管道的定位钢筋间距不宜大于 0.5m，曲线管道的定位钢筋宜适当加密。

3 当预埋管道与普通钢筋位置冲突时，应移动普通钢筋位置，不得改变管道的设计坐标位置。

8.3.7 预应力筋的安装应符合下列规定：

- 1 预应力穿束前，应清除管道内的杂物与积水。
- 2 预应力筋安装到位后，应能在管道内自由滑动。
- 3 当采用蒸汽养护时，在养护完成之前不得安装预应力筋。

8.3.8 预应力波纹管安装位置的允许偏差应符合表 8.3.8 的规定。

表 8.3.8 预应力波纹管安装允许偏差

项 目		允许偏差（mm）	检验方法
管道坐标	梁高方向	±4	尺量检查梁两端、跨中、1/4L、3/4L 等 5 处
管道间距	同排	6	

8.3.9 在安装有预应力筋的预制 U 型梁附近进行电焊作业时，应对全部预应力筋和金属件进行防护。

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。

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。设计有具体规定时应按设计规定进行。

8.4.4 预应力张拉前应进行下列准备工作：

- 1 计算所需的张拉控制力，相应的压力表读数、张拉伸长值，并明确张拉顺序和程序。
- 2 应根据工程需要搭设安全可靠的张拉作业平台，张拉设备应稳固，平台应设防护屏障。
- 3 应对 U 型梁的外观和尺寸以及锚垫板后的混凝土密实性进行检查，并将管道中的灰浆清理干净。

8.4.5 预应力张拉设备选用及校验应符合下列规定：

- 1 预应力筋单束初调及张拉宜采用穿心式双作用千斤顶。张拉用千斤顶的校

正系数不得大于 1.05，千斤顶额定张拉力应为最大张拉力的 1.2 倍~2 倍。

2 压力表表面最大读数应为张拉力的 1.5 倍~2.0 倍，精度不应低于 1.0 级，鉴定周期不应超过 7d，应选用耐震压力表。当采用 0.4 级压力时，鉴定周期可为 30d，但每周应进行定期校准。

3 张拉用的千斤顶和压力表应配套校准、配套使用，千斤顶标定的有效期不得超过一个月或 200 次张拉作业。

4 当采用力传感器测量张拉力时，传感器应在有效的检定期内。

8.4.6 智能张拉设备应符合下列规定：

1 张拉控制力的测量精度宜小于设计张拉力的 1%；位移测量精度不应大于 0.1mm。

2 具有张拉应力、伸长量同步控制功能，各千斤顶张拉力之间的同步误差不应超过 2%。

3 千斤顶稳定持荷时间不应小于 5min。

4 当张拉力超过 1.03 倍设计张拉力或千斤顶行进到极限位置时，应自动报警并自动停机。

5 控制系统宜具有自动和手动控制方式，应能在界面上自动绘制“力-位移”“力-时间”和“位移-时间”曲线。

6 应具有自动保存张拉过程数据的功能，并应自动生成报告。

8.4.7 试生产期间，应至少对两片 U 型梁进行管道摩阻、锚口及喇叭口摩阻等预应力瞬时损失测试，确定预应力的实际损失，必要时应由设计单位对张拉控制应力进行调整。正常生产后每 200 片进行一次损失测试。

8.4.8 预施应力值以张拉力读数为主，以预应力筋伸长值做校核。按预应力筋进场检验的弹性模量、实测管道摩阻计算的伸长值与实测伸长值相差不应大于±6%，实际伸长值计算还应计入实测预应力管道摩阻损失；实测伸长值宜以 20% 张拉力作为测量的初始点。

8.4.9 预制 U 型梁在终张拉时及 24h 后，断丝及滑丝数量不应超过预应力钢丝总数的 0.5%，并不应处于梁的同一侧，且一束内断丝不应超过一丝。

8.4.10 预应力筋在张拉控制应力达到稳定后方可锚固。锚固完结并经检验合格后方可切割端头多余的预应力筋，切割后的外露长度不宜小于其直径的 1.5 倍，且

不宜小于 30mm。

8.4.11 预制 U 型梁终张拉完成后应对梁体弹性上拱值进行实测。

8.4.12 预应力筋张拉时的环境温度不宜低于 0℃。

8.4.13 锚具夹片回缩量不应大于 6mm，锚具的锚口摩阻和喇叭口摩阻损失合计不大于 6%。

8.4.14 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。

8.5 管道压浆

8.5.1 预制 U 型梁终张拉完成后，应在 48h 内进行压浆。

8.5.2 压浆用各类材料及浆体的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 的规定。

8.5.3 压浆材料不应使用碱含量超过 0.75%的膨胀剂或以铝粉为膨胀源的膨胀剂，不应掺入含氯盐类、亚硝酸盐类或其他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，压浆工艺应满足下列规定：

1 压浆前应清除梁体管道内的杂物和积水。

2 压浆前应首先进行抽真空使管道内的真空度稳定在-0.06MPa~-0.08MPa 之间。真空度稳定后，应立即开启管道压浆端阀门，同时开启压浆泵进行连续压浆。

3 浆体注满管道后，确认出浆浓度与进浆浓度一致时，方可封闭保压，应在 0.50MPa~0.60MPa 下持压 3min。

4 同一管道压浆应连续进行，一次完成。从浆体搅拌到压入梁体的时间不应超过 40min。

5 水泥浆终凝后，方可卸拔压浆阀门。

8.5.5 管道压浆前，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。各种材料的称量质量应准确到 1%。水胶比不应超过 0.33。

8.5.6 压浆时，每片梁应对浆体的流动度进行检验；每片梁应留取不少于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。

8.5.7 压浆后应通过检查孔抽检压浆的密实情况。当有不密实情况时，应及时进行补压浆处理。

8.6 封 端（锚）

8.6.1 管道压浆完毕，经检查无不饱满情况，浆体凝固后，应及时进行封端（锚）作业。

8.6.2 封端（锚）钢筋安装之前，应将锚垫板表面和锚环上的粘浆铲除干净，封端（锚）处的混凝土应进行凿毛处理，浮浆、灰渣等杂物应清理干净。

8.6.3 封端（锚）所用材料和质量应符合设计要求。设计无要求时，宜采用补偿收缩混凝土，封端（锚）混凝土抗压强度及耐久性应与梁体相同。封端（锚）混凝土应每 150m³ 进行一次混凝土耐久性试验。

8.6.4 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。

8.6.5 封端（锚）混凝土养护结束后，应按设计要求进行防水施工。

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℃或最低气温低于 0℃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 60%前不得受冻，并留置不少于 2 组的同条件养护受冻临界试块，该试块应在解冻后进行试验。

9.1.3 预制 U 型梁混凝土冬期施工不应掺加防冻剂。

9.1.4 冬期施工混凝土配合比应考虑施工期间环境气温、原材料、养护方法及混凝土性能要求等因素，必要时对配合比进行试验调整。

9.1.5 进入冬期施工前，应预先做好下列准备工作：

- 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。

9.2 混凝土的配制、搅拌和运输

9.2.1 混凝土搅拌前，应先进行过热工计算，并经试拌确定水和骨料需要预热的最高温度。混凝土的出机温度不得低于 10℃，入模温度不得低于 5℃。

9.2.2 冬期施工混凝土原材料预热应符合下列规定：

- 1 混凝土原材料加热宜采用加热水的方法。当加热水仍不能满足要求时，可对骨料进行加热。
- 2 当骨料不加热时，水可加热至 80℃，搅拌时应先投入骨料和已加热的水，拌匀后再投入水泥。当需要对水和骨料同时进行加热处理时，骨料的加热温度不宜高于 40℃，水的加热温度不宜高于 60℃。
- 3 砂加热应在开盘前进行，加热应均匀。水泥不得直接加热。

9.2.3 施工期间应定期检测骨料、水和外加剂加入搅拌机时的温度，以及混凝土搅拌、浇筑时的环境温度，每一工作班检测不少于 4 次。

9.2.4 骨料中不得混有冰雪、冻块及易被冻裂的矿物质。

9.2.5 搅拌设备宜安装在气温不低于 10℃ 的厂房或暖棚内，混凝土搅拌时间宜较常温施工延长 50%。搅拌混凝土前及停止搅拌后，应用热水冲洗搅拌机鼓筒。

9.2.6 混凝土的运输机具应有保温设施。

9.3 混凝土的浇筑

9.3.1 混凝土浇筑前，应清除模板及钢筋上的冰雪和污垢，宜提前通蒸汽对模板、钢筋、预埋件等进行预热。

9.3.2 混凝土浇筑应采用分层连续的方法浇筑，分层厚度不得小于 20cm。

9.4 混凝土的养护与拆模

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℃，浇筑完成 4h 后方可升温，升温速度不得大于 10℃/h，恒温养护期间蒸汽养护温度不宜超过 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 蒸汽养护和拆除模板应符合下列规定：

- 1 采用蒸汽养护时，在升温、恒温、降温期间每 1h 检测 1 次。
- 2 根据现场同条件蒸汽养护的混凝土试块进行强度试验，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。
- 3 混凝土表层与环境的温差不应大于 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。
- 4 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℃ 以下且混凝土表层与环境之间的温差不大于 15℃ 后，方可拆除模板。

10 夏期施工

10.1 一般规定

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

10.1.2 热期施工应考虑原材料温度、环境温度、混凝土运输方式与时间对混凝土凝结时间、塌落度损失等指标的影响。必要时应对配合比进行试验调整。

10.1.3 当需雨天施工时，应采取确保混凝土质量的措施。电气装置及机械设备应有防雨设施。对混凝土浇筑作业面应采取防雨措施，并应加强施工机械检查维修及接地接零检测工作。

10.2 混凝土的配制、搅拌和运输

10.2.1 原材料储存、降温应符合下列规定：

1 应对水泥、砂、石的储存仓、料堆等进行遮阳防晒处理，或在砂石料堆上喷雾降温，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冷却，碎冰应作为拌合水进行质量控制与计量。

3 水泥进入搅拌机的温度不宜大于 40℃。

10.2.2 混凝土配合比设计应考虑塌落度损失。

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。在搅拌均匀的前提下，尽量缩短混凝土搅拌时间。

10.2.4 混凝土运输机具应设防晒设施。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 混凝土的浇筑

10.3.1 浇筑混凝土前，应做好充分准备，备足施工设备，保证连续进行浇筑。

10.3.2 混凝土浇筑宜选在夜间或气温较低时段内进行。

10.3.3 浇筑场地应遮阳，以降低模板、钢筋的温度；也可在模板、钢筋上喷雾降温，但浇筑时不能有附着水。

10.3.4 当雨天施工时，应采取措防止模板内积水；当出现积水时，应排水后再

浇筑混凝土。

10.4 混凝土的养护

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，初凝后进行保湿或蓄水养护。

10.4.2 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。

10.4.3 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。

11 保管及运输

11.1 一般规定

11.1.1 存梁、起吊和运输时，均不得对预制 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，应保证预制 U 型梁每个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。

11.1.3 预制 U 型梁在吊装、运输过程中应采取适当的防护措施，避免出现磕碰、缺棱掉角情况。

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，保证预制 U 型梁在存放期间不受损伤。

11.2.2 预制 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，合格后方可进场作业。

11.3.2 吊、移梁时应设置专用吊具及平衡系统，与梁体接触位置应设置护铁，保护梁体不受损伤。

11.3.3 预制 U 型梁吊运或运输时，不得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，设计无要求时，压浆强度不得低于设计强度的 80%。

11.3.4 封端（锚）后移梁时，封端（锚）混凝土强度不得低于设计强度的 50%。

11.3.5 预制 U 型梁在场内运输、起落梁和出场装运、架梁过程中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 预制 U 型梁验收合格后方可运输。

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。在运梁车通过的限界内，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 运梁车装载预制 U 型梁后，起步和运行应缓慢、平稳前进，不得突然加速或急刹车。

11.4.5 运输车辆应具有足够的刚度和不平顺道路的自补偿支承系统。梁的支点应设在活动转盘上。

12 安 装

12.1 一般规定

12.1.1 预制 U 型梁发运到现场应附有质量合格证明文件等资料，经安装及现场监理人员复核，外观检查无质量问题后方可起吊安装。

12.1.2 预制 U 型梁安装前，应对墩台里程、桥梁跨距、支座中心线、支承垫石的高程、尺寸、平面位置及预留锚栓孔的位置和尺寸进行复核，均应符合设计要求。

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 桥梁支座应符合现行行业标准《城市轨道交通桥梁盆式支座》CJ/T 464、《城市轨道交通桥梁球型钢支座》CJ/T 482 的规定，进场后应对支座的外观尺寸和组装质量进行检查，合格后方可进行安装。

12.2.2 支座安装前，应检查支座的规格型号、位置、方向及上下支座板连接状况，均应符合有关标准及设计要求。

12.2.3 支座安装前，应将支承垫石和锚栓孔清理干净，并对支承垫石顶面进行凿毛及湿润处理。

12.2.4 预制 U 型梁支座应采用重力灌浆法进行安装，并符合下列要求：

1 灌浆材料的性能指标应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的规定。

2 支座就位后，支承垫石顶面与支座底面之间空隙应控制在 20mm~30mm，锚栓孔及支承垫石顶面与支座底面之间空隙应采用灌浆材料填实。

3 在没有可靠保温措施、灌浆材料低温性能未进行试验验证时，不得在负温条件下进行灌浆施工。

12.2.5 支座安装后，应及时拆除支座上、下钢板临时连接键，并应对支座的安装情况进行拍照留存，记录支座的安装情况及工作状态。

12.3 U 型梁架设

12.3.1 预制 U 型梁架设应编制专项施工方案，可选用架桥机、门式起重机、汽车吊或履带吊等设备。

12.3.2 架梁设备应有自锁、互锁、联锁保护及安全监控装置，防止误操作，避免事故的发生。

12.3.3 采用架桥机安装预制 U 型梁时，应符合下列规定：

1 根据实际工况选择满足要求的架桥机型号，并对施工荷载及桥梁结构安全进行检算。

2 运梁车重载在已架好的梁上通行，应进行桥梁结构安全检算。

3 应按照现行行业标准《市政架桥机安全使用技术规程》JGJ 266 对架桥机进行使用状态安全评估，监控架桥机的安全状况。

12.3.4 采用汽车起重机或履带式起重机安装预制 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 两台起重机抬吊同一构件时，宜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，预制 U 型梁两侧起吊高度差不得大于 0.5m。

4 在架空输电线路附近工作时，吊臂钢丝绳及构件与架空线的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。

12.3.5 采用门式起重机机架梁时，应符合下列规定：

1 门式起重机机走行轨道应根据轮压要求对地基进行处理和加固。

2 当两台门式起重机架梁时，两台门式起重机的动作应同步。

3 门式起重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，方可进行架梁。

4 门式起重机应按现行国家标准《起重机械安全规程 第 5 部分：桥式和门式起重机》GB/T 6067.5 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。

12.3.6 预制 U 型梁架设落梁应采用支点反力控制，支承垫石顶面与支座底面间隙灌浆硬化前，每个支点与四个支点反力的平均值之差不应超过 $\pm 5\%$ 。

12.3.7 支座砂浆强度达到 20.0MPa、千斤顶撤出后方可通过运架设备。

12.3.8 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。

12.3.9 预制 U 型梁安装允许偏差应符合表 12.3.9 规定。

表 12.3.9 预制梁安装允许偏差

序 号	项 目		允许偏差 (mm)	检查方法
1	平面位置	顺桥方向与设计桥梁轴线位置偏差	≤ 10	用钢尺量
		横桥方向与设计位置偏差	≤ 5	用钢尺量
2	相邻预制梁支点处桥面高差		≤ 10	用水准仪量
3	相邻预制梁接缝宽度与设计值偏差		≤ 20	用钢尺量
4	支点处桥面标高误差		0, -20	用水准仪量
5	水平位置与设计位置偏差（4 个角点）		≤ 5	用水准仪量
	4 个角点的高差		≤ 1	用经纬仪、钢 尺量

12.3.10 除上述规定外，架梁作业尚应符合现行国家及行业有关标准的规定。

13 质量验收

13.1 一般规定

13.1.1 施工质量控制应符合下列规定：

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，监理单位应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 施工质量验收应符合下列规定：

1 应符合本规程、国家及山东省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合格的基础上进行。

4 检验批的质量应按主控项目和一般项目进行验收。

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、静载弯曲试验检验、制造过程控制和出场检验三类。

13.2.2 原材料和配件检验应符合下列规定：

1 每批原材料进场时应检查质量证明文件。其中，水泥应包括 C_3A 含量、助磨剂名称及掺量、石膏名称及掺量，钢绞线应包括实际弹性模量值。

2 原材料和配件检验项目、检验批次应符合附录 A 的规定。

13.2.3 预制 U 型梁制造过程控制和出场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，判定标准应符合现行行

业标准《简支梁试验方法 预应力混凝土梁静载弯曲试验》TB/T 2092 的要求。

有下列情况时，应进行静载弯曲抗裂性及刚度试验：

- 1 首片预制 U 型梁。
- 2 原材料、工艺等生产条件发生较大变动时。
- 3 出现影响结构承载能力的缺陷时。
- 4 正常生产过程中每 200 片抽检一片，选取跨度或宽度最不利梁型，且每个梁场总抽检数量不少于 3 片。

13.2.5 预制 U 型梁出场（厂）前应进行外观质量和外形尺寸检验，梁体外观、尺寸允许偏差和检验方法应符合表 13.2.5 的规定。

表 13.2.5 预制 U 型梁外观、尺寸偏差和检验方法

序号	项目		技术要求	检验方法
1	梁体及封端（锚）混凝土外观		平整密实，整洁、不露筋、无空洞，无石子堆垒，桥面流水畅通。 空洞、蜂窝、漏浆、硬伤掉角等缺陷，需修整并养护到规定强度。	目测、仪器测量
2	梁体表面裂纹		封端（锚）混凝土表面裂缝宽度不得大于0.2mm，封端（锚）混凝土与梁体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）。	目测、仪器测量
3	产品外形尺寸	桥梁全长	±20mm（L＞16m），±10mm（L≤16m）	检查两侧翼缘板及底板两侧
4		桥梁跨度	±20mm（L＞16m），±10mm（L≤16m）	检查两端支座板中线纵向间距
5		底板宽度	±5mm	检查梁两端和 1/4L、跨中、3/4L
6		内净空宽度	+10， 0mm	检查梁两端和 1/4L、跨中、3/4L
7		翼缘板宽度	0， -10mm	检查梁两端和 1/4L、跨中、3/4L
8		梁高	±5mm	检查梁两端
9		梁体上拱度	±L/3000（L＞16m），±L/2000（L≤16m）	终张拉后 30d 时
10		底板厚	+10， 0mm	检查梁两端和 1/4L、跨中、3/4L
11		腹板厚	+10， 0mm	检查梁两端和 1/4L、跨中、3/4L
12		表面倾斜偏差	≤3mm/m	检查两端，抽查腹板

13		钢筋保护层厚度	在 90%保证率下不小于设计值	梁跨中、梁两端的底板顶底面、两腹板内外侧面、梁两端面各 20 点
14		翼缘板顶面平整度	$\leq 10\text{mm/m}$	检查梁两端和 1/4L、跨中、3/4L
15	支座板	每块边缘高差	$\leq 1\text{mm}$	用水平尺靠量
16		支座中心线偏差设计位置	$\leq 3\text{mm}$	
17		螺栓孔	垂直梁底板	
18		螺栓中心偏差	$\leq 2\text{mm}$	指每块板上四个螺栓中心距用尺量
19		外露底面	平整无损、无飞边，防锈处理符合设计要求	目测、敲击
20		预埋件、预留钢筋及孔洞	数量、规格型号及位置准确	目测

13.3 工程质量验收单元的划分

13.3.1 预制 U 型梁质量验收单元划分为分部（子分部）工程、分项工程和检验批，具体划分应满足下列规定。

1 支座划分为分部工程，包含支座安装 1 个分项工程，每个支座为 1 个检验批。

2 U 型梁预制划分为子分部（子分部）工程，包括模板、钢筋、混凝土、预应力、安装等分项工程。分项工程由若干个检验批组成，每片梁为一个检验批。

13.3.2 检验批的质量验收应包括以下内容：

1 原材料和配件等的检验，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的质量均应验收合格。

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 分部（子分部）工程所含分项工程的质量控制资料应完整。

3 有关安全、节能、环境保护和主要使用功能的抽样检测结果应符合相应规定。

4 观感质量应符合要求。

13.3.6 当检验批质量不符合要求时，应按下列规定进行处理：

- 1 经返工或返修的检验批，应重新进行验收。
 - 2 经有资质的检测机构检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收。
 - 3 经有资质的检测机构检测鉴定达不到设计要求、但经原设计单位核算认可能够满足安全和使用功能的检验批，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，不得验收。

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。
- 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）工程应由总监理工程师组织施工单位项目负责人和项目技术负责人等进行验收。设计单位项目负责人和施工单位技术、质量部门负责人应参加验收。

13.5 U 型梁的制造

13.5.1 模板工程的主控项目应符合下列规定：

- 1 模板的材料质量、安装及拆除应符合本规程的有关规定。
检验数量：施工单位、监理单位全部检查。
检验方法：观察和测量，查阅资料。
- 2 拆模时的梁体混凝土强度应符合设计要求。当设计无要求时，混凝土强度应达到设计强度的 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：检查试验报告。
- 3 拆模时的梁体混凝土芯部与表层、表层与环境温差均不应大于 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。

13.5.2 模板工程的一般项目应符合下列规定：

1 模板的接缝应严密，模板内不应有杂物、积水或冰雪等，模板与混凝土的接触面应平整、清洁。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察。

2 预制 U 型梁模板安装允许偏差和检验方法应符合本规程的有关规定。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和尺量。

13.5.3 钢筋工程主控项目应符合下列规定：

1 钢筋进场后，应对其质量指标进行全面检查，按批次检查其直径、每延米重量并抽取试件做力学性能和工艺性能试验，其质量应符合设计要求和国家现行标准的有关规定。

检验数量：以同牌号、同炉罐号、同规格的钢筋，每60t为一批，不足60t也按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行见证检验，但至少一次。

检验方法：施工单位全部检查质量证明文件，按批抽样测量直径、称量每延米重量并进行屈服强度、抗拉强度、伸长率和冷弯试验；监理单位全部检查质量证明文件、试验报告并进行见证检验。

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 受力钢筋的连接方式、接头位置应符合设计要求；接头的外观质量、力学性能应符合有关标准的要求。

检验数量：钢筋接头外观质量施工单位、监理单位全部检查。焊接接头的力学性能检验以同等级、同规格、同接头形式每 300 个接头为一批，不足 300 个也按一批计。机械连接的力学性能检验以同一施工条件同批材料、同等级、同规格、同接头形式的每 500 个接头为一批，不足 500 个也按一批计。

检验方法：外观检查及试验报告。

4 钢筋的弯制和末端弯钩应符合设计要求。

检验数量：施工单位按钢筋编号各抽取 10%，且各部不少于 3 件；监理单位按施工单位抽检数量的 10%进行平行检验，且各不少于 1 件。

检验方法：尺量。

5 钢筋保护层垫块材质、位置和数量应符合设计要求，并应均匀分布，设置牢固。

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。

13.5.4 钢筋的一般项目应符合下列规定：

1 钢筋应平直、无损伤，表面无裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：观察。

2 钢筋的加工允许偏差及检验方法应符合本规程的规定。

检验数量：施工单位按钢筋编号各抽查 10%，且各不少于 3 件。

检验方法：尺量。

3 钢筋安装允许偏差和检验方法应符合本规程的规定。

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 5 处，并检查施工记录。

检验方法：观察和尺量。

13.5.5 混凝土工程主控项目应符合下列规定：

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规定。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：检查质量证明文件、试验检测报告和施工记录。

2 混凝土强度等级、弹性模量和耐久性应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：检查试验检测报告和施工记录。

3 混凝土养护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。

4 预制 U 型梁静载试验应符合现行行业标准《简支梁试验方法 预应力混凝土

梁静载弯曲试验》TB/T 2092 的有关规定。

检验数量：按规定数量抽检。

检验方法：施工单位检验、监理单位见证。

5 预制 U 型梁、封端（锚）混凝土表面裂缝宽度不得大于 0.2mm。封端（锚）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。

13.5.6 混凝土一般项目应符合下列规定：

1 梁体外形尺寸允许偏差和检验方法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：观察、尺量。

2 梁体预埋件规格型号准确、数量齐全，位置满足设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、尺量。

3 梁体及封端（锚）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。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察。

13.5.7 预应力工程主控项目应符合下列规定：

1 预应力筋进场时，应对其质量指标进行全面检查并按批抽取试件做破断负荷、屈服负荷、弹性模量、极限伸长率试验，其质量应符合设计要求和现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224的有关规定。

检验数量：同牌号、同炉罐号、同规格、同生产工艺、同交货状态的预应力筋每30t为一批，不足30t也按一批计。施工单位每批抽检一次。监理单位按施工单位抽检次数的10%进行见证检验，但至少一次。

检验方法：施工单位检查出厂质量证明文件和进行试验。监理单位检查质量证明文件、试验报告并见证检验。

2 预应力筋用锚具、夹具进场时，应对其质量指标进行全面检查并按批进行

外观、硬度、静载锚固系数等性能试验，其质量应符合设计要求和有关标准的规定。

检验数量：同一种类、同种材料和同一生产工艺且连续进场的预应力筋用锚具、夹具每 2000 套为一批，不足 2000 套也按一批计。施工单位每批抽检一次。监理单位按施工单位抽检次数的 10%进行见证检验，但至少一次。

外观和外形尺寸检查，施工单位每批抽检 10%，且不少于 10 套。监理单位抽检数量为施工单位抽检数量的 10%，且不少于 3 套。

硬度试验，施工单位每批抽验 5%，且不少于 5 套；监理单位每批抽验数量为施工单位抽验数量的 10%，且不少于 2 套。

静载锚固系数性能试验，施工单位每批抽检一次（3 套）；监理单位平行检验抽检次数为施工单位抽检次数 10%，但至少一次（3 套）。

检验方法：施工单位观察、检查产品合格证并进行性能试验；监理单位观察、检查产品合格证、试验报告并进行见证检验。

3 波纹管使用前应进行外观检查，其外观应清洁。内外表面应无锈蚀、油污、附着物、孔洞和不规则褶皱，咬口无开裂、脱扣。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察

4 预应力筋的预施应力、张拉顺序和张拉工艺应符合设计和本规程的规定。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察。监理单位逐片梁进行旁站监理。

5 预制 U 型梁张拉时，混凝土强度、弹性模量及龄期应满足设计要求。当设计无要求时，预张拉时，混凝土强度应达到设计强度的 60%；初张拉时，混凝土强度应达到设计强度的 80%；终张拉时，混凝土强度和弹性模量应达到设计强度的 100%，龄期不少于 10 天。

检验数量：施工、监理单位全部检查。预张拉、初张拉时，检查一组同条件养护混凝土试件强度；终张拉时，各检查一组同条件养护混凝土试件强度和弹性模量。

检验方法：施工单位进行同条件养护混凝土试件强度和弹性模量试验；监理单位检查试验报告或见证检验。

6 预应力筋的实际伸长值与计算伸长值相差不得大于 $\pm 6\%$ 。

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。

7 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。

8 管道压浆的水泥浆强度应符合设计要求。压浆时排气孔、排水孔应有水泥浓浆溢出。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、检查压浆记录和水泥浆试件强度试验报告。

13.5.8 预应力工程一般项目应符合下列规定：

1 预应力筋施工原材料制作和安装、张拉、压浆和封端（锚）应符合设计要求。当设计无要求时，其检验应符合本规程的规定。

2 预应力管道位置允许偏差应符合本规程的规定。

检验数量：施工单位全部检查，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。

3 预应力筋锚固后，锚具外预应力筋的外露长度不应小于预应力筋直径的 1.5 倍，且不应小于 30mm。

检查数量：在同一检验批内，抽查预应力筋总数的 3% ，且不应少于 5 束。

检验方法：观察、尺量。

13.6 出场验收

13.6.1 预制 U 型梁出场前应做好各项质量检查，并符合设计要求，出场时应附带《预制 U 型梁出场证明单》和《预制 U 型梁外观检查表》，见附录 C，注明梁体混凝土强度、封端（锚）混凝土强度及压浆浆体强度等。

13.6.2 预制 U 型梁运输须满足设计及有关标准要求，确保运输过程中的安全及质量。

13.6.3 预制 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。

13.7 预制 U 型梁架设

13.7.1 预制 U 型梁架设主控项目应符合下列规定：

- 1 梁体规格和梁体质量应符合设计要求和本规程的规定。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：检查出场质量证明文件并对外观进行检查。

- 2 墩台支座中心线、支承垫石高程应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位复测，监理单位检查复测资料或见证。

- 3 预制 U 型梁存放和运输支点位置应符合设计要求和本规程的固定，各支点应位于同一平面上，U 型梁同一端支点相对高差不得大于 2mm。架设时吊点位置应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、尺量和水平仪测量。

- 4 预制 U 型梁架设落梁应采用支点反力控制，支承砂浆硬化前，每个支点反力与四个支点反力的平均值之差不得超过 $\pm 5\%$ ；支承垫石顶面与支座底面间的砂浆厚度不应小于 20mm，也不应大于 30mm。

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、测量，监理单位旁站。

监理单位旁站监理。

- 5 预制 U 型梁架设后，梁体位置偏差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：施工单位测量，监理单位观察、见证。

- 6 预制 U 型梁架设后梁体应稳固、无损伤，梁缝均匀。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、尺量。

13.7.2 支座主控项目应符合下列规定：

- 1 支座品种、规格、性能、质量应符合设计要求及本规程的规定。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察和检查质量证明文件。

2 支座的安装位置及方向应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察。

3 支座上下座板应水平安装，固定支座上下座板应互相对正，活动支座上下座板横向应对正。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察。

4 支座与梁底及垫石之间应密贴无空隙。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察。

5 支座锚栓应拧紧，其埋置深度与外露长度应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、尺量。

6 支座的螺栓、防尘罩等部件应齐全。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察。

13.7.3 支座一般项目应符合下列规定：

支座安装允许偏差和检验方法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：用水准仪、经纬仪、钢尺量。

附录 A 原材料和配件检验要求

表 A 原材料和配件质量检验要求表

序号	项目		抽验项目频次		全面检验项目		质量要求
1	水 泥	(1) 烧失量		每批散装水 泥 不 大 于 500t 或袋装 水泥不大于 200t 的同厂 家、同品种、 同批号、同 出厂日期水 泥	√	任 何 新 选 货 源或同厂家、 同批号、同品 种、同出厂日 期的 水 泥 出 厂日期达 3 个 月水泥	(1) 碱含量≤0.6% (2) C ₃ A 含量≤8% (3) 比 表 面 积 300m ² /kg ~350m ² /kg (4) 游离 CaO 含量≤1.0% (5) 其余符合 GB 175
		(2) 氧化镁			√		
		(3) 三氧化硫			√		
		(4) 细度	√		√		
		(5) 凝结时间	√		√		
		(6) 安定性	√		√		
		(7) 强度	√		√		
		(8) 碱含量			√		
		(9) 比表面积			√		
		(10) 游离 CaO 含量			√		
		(11) Cl ⁻ 含量			√		
		(12) 熟料 C ₃ A 含量			√		
2	细骨料	(1) 颗粒级配	√	每批不大于 600t 或 400m ³ 同厂 家、同品种 细骨料	√	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) 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 GB/T 14684
		(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) Cl ⁻ 含量			√		
		(11) 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	√	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) 泥粉含量≤0.5% (4) 泥块含量≤0.2% (5) 其余符合 GB/T 14685
		(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			√		
		(7) 针片状颗粒含量	√		√		
		(8) 泥粉含量	√		√		
		(9) 泥块含量	√		√		
		(10) 硫化物及硫酸盐含 量			√		
		(11) 碱活性			√		
4	拌 合	(1) pH 值			√	任 何 新 水 源	(1) pH 值>6.5

	及 养 护水	(2) 不溶物含量			√	或同一水源 的涨水季节 或使用同一 水源达一年 者	(2) 不溶物含量<2000 mg/L (3) 可溶物含量<2000 mg/L (4) 氯化物含量<500 mg/L (5) 硫酸盐含量<600 mg/L (6) 碱含量<1500 mg/L (7) 凝结时间差≤30min (8) 抗压强度比≥90%
		(3) 可溶物含量			√		
		(4) 氯化物含量			√		
		(5) 硫酸盐含量			√		
		(6) 碱含量			√		
		(7) 凝结时间差			√		
		(8) 抗压强度比			√		
5	外加剂	(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) 硫酸钠含量≤5% (2) 其余符合 TB/T 3275
		(2) 减水率	√		√		
		(3) 塌落度保留值			√		
		(4) 常压泌水率比	√		√		
		(5) 压力泌水率比			√		
		(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	√	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) 氯离子含量不宜大于 0.02% (2) 其余符合 GB/T 1596
		(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			√		
7	磨细矿 渣粉	(1) 密度		每批不大于 200t 同 厂 家、同批号、 同品种、同 出厂日期磨 细矿渣粉	√	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) 比表面积宜为 350m ² /kg~ 500m ² /kg (2) 氧化镁含量≤14.0% (3) 其余符合 GB/T 18046
		(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	√	每批不大于 100t 同 厂 家、同品种、 同型号压浆 料	√	任何新选货源 或使用同厂 家、同品种、 同规格产品达 6个月	符合 TB/T 3192
		(2) 抗折强度	√		√		
		(3) 24h 自由泌水率	√		√		
		(4) 3h 毛细泌水率					
		(5) 流动度	√		√		

		(6) 30min 后流动度	√		√		
		(7) 24h 自由膨胀率	√		√		
		(8) 凝结时间	√		√		
		(9) 压力泌水率比			√		
		(10) 充盈度			√		
		(11) 对钢筋锈蚀作用			√		
		(12) 含气量			√		
		(13) 氯离子含量			√		
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	√	任何新选厂家	符合 GB/T 1499.2
		(2) 屈服强度	√		√		
		(3) 伸长率	√		√		
		(4) 冷弯	√		√		
		(5) 每延米重量	√		√		
		(6) 直径	√		√		
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	√	任何新选厂家	符合 GB/T 1499.1
		(2) 屈服强度	√		√		
		(3) 伸长率	√		√		
		(4) 冷弯	√		√		
		(5) 每延米重量	√		√		
		(6) 直径	√		√		
11	钢绞线	(1) 钢绞线最大力	√	每批不大于 30t 同厂家、同品种、同规格、同批号钢绞线	√	任何新选厂家	符合 GB/T 5224
		(2) 0.2%屈服力	√		√		
		(3) 弹性模量	√		√		
		(4) 最大力总伸长	√		√		
		(5) 应力松弛			√		
		(6) 直径	√		√		
12	锚具	(1) 外观及外形尺寸	√	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	√		√		
		(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) 外观及外形尺寸	√		√		
		(2) 锚固效率系数	√		√		
		(3) 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/T 225
		(2) 尺寸	√		√		
		(3) 径向刚度			√		
		(4) 荷载下抗渗漏			√		
		(5) 弯曲抗渗漏			√		
15	封端	(1) 颜色	√	每批以甲组	√	任何新选厂	符合 TB/T 2965

(锚)处的聚氨酯防水涂料	(2) 拉伸强度	√	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	√	家	
	(3) 断裂伸长率	√		√		
	(4) 低温弯折	√		√		
	(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) 撕裂强度			√		
	(11) 与混凝土剥离强度			√		
	(12) 加 热、 紫外线、酸、 碱处理	拉伸强度				√
		断裂伸长率				√
		低 温 弯 折 型				√
	(13) 加热伸缩率			√		
	(14) 耐碱性			√		

| 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和成品出场检验项目和质量要求

表 B 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表

序号	检验项目		质量要求	检验频次
1	模板安装		符合本规程表 4.4.5 要求	每次模板拼装
2	端模板预留孔偏离设计位置		$\leq 3\text{mm}$	每个预留孔
3	四个支座板位置		符合本规程表 6.2.3 要求	每次模板安装
4	后张梁预留管道位置		符合本规程表 8.3.8 要求	每个管道
5	管道定位钢筋的间距		$\leq 500\text{mm}$	每根定位钢筋
6	钢筋绑扎位置		符合本规程表 5.4.6 要求	抽检
7	钢筋焊接接头		符合 TB 10424 要求	每批不大于 300 个接头
8	混凝土灌注时模板温度		$5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 。	每件预制梁灌注前
9	混凝土拌合物	入模含气量	$2\% \sim 4\%$	每批不大于 50m^3
10		塌落扩展度	符合浇筑工艺要求	每批不大于 50m^3
11		塌落度	符合浇筑工艺要求	每批不大于 50m^3
12		入模温度	$5^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$	每批不大于 100m^3
13	蒸养	升温速度	$\leq 10^{\circ}\text{C}/\text{h}$	每 1h 一次
14		恒温时梁体芯部混凝土温度	$\leq 60^{\circ}\text{C}$ ，个别不超过 65°C	每 1h 一次
15		降温速度	$\leq 10^{\circ}\text{C}/\text{h}$	每 1h 一次
16	撤除保温设施时	混凝土芯部与表层温差	$\leq 15^{\circ}\text{C}$	每件预制梁
17		混凝土表层与环境温差	$\leq 15^{\circ}\text{C}$	每件预制梁
18	拆模时	混凝土芯部与表层温差	$\leq 15^{\circ}\text{C}$	每件预制梁
19	温差	混凝土表层与环境温差	$\leq 15^{\circ}\text{C}$	每件预制梁
21	混凝土力学性能	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		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 200 件预制梁
28	预应力筋实际伸长值		0.94 倍~1.06 倍计算伸长值	每束/每根预应力筋
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		$-0.06\text{MPa} \sim -0.10\text{MPa}$	每个管道
31	管道中浆体注满后压力		$0.50\text{MPa} \sim 0.60\text{MPa}$	每个管道
32	预制梁成品混凝土保护层厚度		符合本规程表 13.2.5 要求	每件预制梁
33	预制梁产品外观、尺寸偏差及其他质量要求		符合本规程表 13.2.5 要求	每件预制梁

附 录 C 预制 U 型梁出场证明单

表 C.0.1 预制 U 型梁出场证明单

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			
项 目	梁体混凝土强度	管道压浆		封端（锚）混凝土强度
		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： **编号**U 型梁经检查验收，符合国家现行标准、设计图纸的要求，达到出场条件，同意出场。				
生产单位：		监理单位：		
日期：		日期：		

附：外观检查记录表

表 C.0.2 预制 U 型梁外观检查表

梁型: 预制 U 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（锚） 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）	$\leq 0.2\text{mm}$				
		龟裂	$\leq 0.05\text{mm}$				
3	桥梁全长		$\pm 20\text{mm}$ （ $L > 16\text{m}$ ） $\pm 10\text{mm}$ （ $L \leq 16\text{m}$ ）				
4	梁高		$\pm 5\text{mm}$				
5	翼缘板宽度		0, -10mm				
6	内净空宽度		0,+10mm				
7	底板厚		+10mm, 0				
8	腹板厚		+10mm, 0				
9	保护层厚度						
10	梁体上拱度		$\pm L/3000$ （ $L > 16\text{m}$ ） $\pm L/2000$ （ $L \leq 16\text{m}$ ）				
11	预埋件、预留钢筋及孔洞						
12	伸缩装置预留槽口		位置正确，顺直度				
13	支座预埋钢板						
14	防落梁预埋钢板						
15	封端（锚）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，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定（或要求）”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. 《建设用砂》 GB/T 14684
4. 《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685
5. 《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》 GB/T 1499.1
6. 《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》 GB/T 1499.2
7. 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
8. 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
9. 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
10. 《普通螺纹 公差》 GB/T 197
11. 《高速铁路预制后张法预应力混凝土简支梁》 GB/T 37439
12. 《非合金钢及细晶粒钢焊条》 GB/T 5117
13. 《预应力混凝土用钢绞线》 GB/T 5224
14. 《起重机械安全规程 第 5 部分：桥式和门式起重机》 GB/T 6067.5
15. 《碳素结构钢》 GB/T 700
16. 《铁路混凝土工程施工质量验收标准》 TB 10424
17. 《铁路组合钢模板技术规则》 TBJ 211
18. 《简支梁试验方法 预应力混凝土梁静载弯曲试验》 TB/T 2092
19. 《铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件》 TB/T 3192
20. 《铁路工程预应力筋用夹片式锚具、夹具和连接器》 TB/T 3193
21. 《铁路混凝土梁配件多元合金共渗防腐技术条件》 TB/T 3274
22. 《铁路混凝土》 TB/T 3275
23. 《城市轨道交通桥梁盆式支座》 CJ/T 464
24. 《城市轨道交通桥梁球型钢支座》 CJ/T 482
25. 《地铁杂散电流腐蚀防护技术标准》 CJJ/T 49
26. 《清水混凝土应用技术规程》 JGJ 169
27. 《市政架桥机安全使用技术规程》 JGJ 266

28. 《混凝土用水标准》 JGJ 63
29. 《混凝土泵送施工技术规范》 JGJ/T 10
30. 《预应力混凝土用金属波纹管》 JG/T 225
31. 《钢铁制件粉末渗锌》 JB/T 5067

山东省工程建设标准

城市轨道交通预应力混凝土预制 U 型梁 施工技术规范

Technical specification for construction of prestressed concrete
precast U-shaped beam in urban rail transit

DB37/T 5098-2024

条文说明

目 次

1 总 则.....	59
2 术 语.....	60
3 基本规定.....	61
4 模板工程.....	62
4.1 一般规定.....	62
4.3 模板设计.....	62
4.4 模板制作和安装.....	62
4.5 模板拆除.....	62
5 钢筋工程.....	63
5.1 一般规定.....	63
5.2 钢筋加工.....	63
5.3 钢筋接头.....	63
5.4 钢筋安装.....	63
6 预埋件.....	64
6.1 一般规定.....	64
6.2 预埋件安装.....	64
7 混凝土工程.....	65
7.2 混凝土原材料.....	65
7.3 原材料储存与管理.....	66
7.4 混凝土配合比.....	66
7.5 混凝土搅拌.....	66
7.7 混凝土浇筑及振捣.....	66
7.8 混凝土养护.....	67
7.9 混凝土拆模.....	68
8 预应力工程.....	69
8.1 一般规定.....	69
8.2 原材料.....	69

8.3 制作安装·····	69
8.4 施加预应力·····	69
8.5 管道压浆·····	70
8.6 封端（锚）·····	70
9 冬期施工·····	71
9.1 一般规定·····	71
9.2 混凝土的配制、搅拌和运输·····	71
9.4 混凝土的养护与拆模·····	71
10 夏期施工·····	73
10.2 混凝土配制、搅拌和运输·····	73
10.3 混凝土浇筑·····	73
10.4 混凝土养护·····	73
11 保管及运输·····	74
11.1 一般规定·····	74
11.2 存 梁·····	74
11.4 运 输·····	74
12 安 装·····	75
12.2 支座安装·····	75
12.3 U 型梁架设·····	75
13 质量验收·····	76
13.3 工程质量验收单元的划分·····	76
13.4 工程施工质量验收的程序和组织·····	76
13.5 U 型梁的制造·····	76
13.6 出场验收·····	77

1 总 则

1.0.1 本条明确了本规程的编写目的。随着我国轨道交通工程建设的迅速发展，预制 U 型梁在高架区间中的应用也越来越广泛。编写组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内先进标准，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应力混凝土预制 U 型梁工程的施工与质量验收。

2 术 语

2.0.1 U 型梁形状如下图所示。

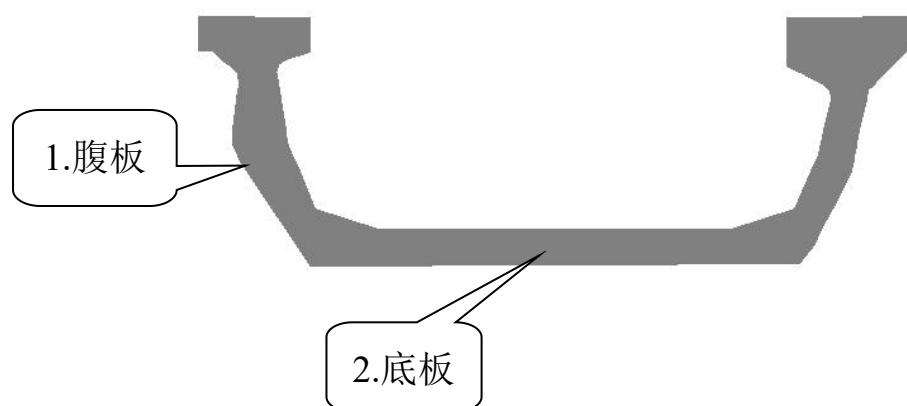


图 1 U 型梁的截面

2.0.4 本次规程修订明确了“试生产”的定义，确定了试生产阶段生产 U 型梁的数量，在该阶段主要进行工艺试验、施工经验总结、摩阻试验等批量生产前的准备工作，确保大规模生产的预制 U 型梁质量合格。成品梁指的是封端（锚）完成的 U 型梁。

3 基本规定

3.0.2 施工组织设计应包括施工部署、计划安排、施工方法、保证质量和安全的保障体系与技术措施、必要的专项施工方案。当遇有跨冬、夏期施工时，施工组织设计中还应包含冬、夏期的施工方案和施工安全技术措施。

施工作业指导书是针对特殊过程、关键工序向施工人员交待作业程序、方法及注意事项，落实各项验收规范和标准，指导现场施工作业，严格控制工程质量，确保施工安全，满足节能环保要求等需要制定的作业及工艺标准。

3.0.3 预制 U 型梁属于大跨薄壁开口构件，应进行试生产，参建各方验收合格后方可正式批量生产。

3.0.4 为满足梁耐久性的要求，预制 U 型应采用高性能混凝土施工。为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。本条还对成品预制 U 型梁的外观质量做了相应的要求，应满足现行行业标准《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169 中普通清水混凝土的要求。

4 模板工程

4.1 一般规定

4.1.1 本条规定“模板应优先采用钢制整体模板，……”，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应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，是确保工程质量和施工安全的前提。

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型梁与模板发生位移，造成模板局部称压力显著增大。

4.4 模板制作和安装

4.4.1 模板安装应连接牢固，稳定不变形；其接缝应平整、严密、不得漏浆，保证结构表面美观，色调一致。

4.4.2~4.4.5 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，因此尚应符合专业验收标准的特殊规定。

4.4.6 在浇筑混凝土前，应对模板的平面位置、高程、各部尺寸，支撑强度、稳定性等进行自检和专职质量检查员检查，以满足浇筑工序的要求，并应留存施工记录并签认。

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应明确施工顺序。拆模过程应按施工技术方案规定的顺序进行。

5 钢筋工程

5.1 一般规定

5.1.2 参照现行国家标准《高速铁路预制后张法预应力混凝土简支梁》GB/T 37439 对预制 U 梁用钢筋碳当量进行要求，以保障钢筋的性能。

5.1.3 本条强调了钢筋在运输和储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。

5.2 钢筋加工

5.2.1 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应及时处理并不得作为受力钢筋。根据现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1 和《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 规定，只要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。但在使用前应进行除锈等处理。

5.2.3 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等分别提出了要求，以保证施工精度和防止在加工过程发生脆裂现象。

5.3 钢筋接头

5.3.1 钢筋接头是结构中的薄弱环节，应设置在承受应力较小处，应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 的有关规定。

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，提高施工效率，预制 U 型梁钢筋骨架宜采用先行绑扎，然后整体吊装的工艺进行施工。

5.4.2 鉴于钢筋混凝土保护层对预制 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应满足设计要求。垫块可为施工单位自制或专业厂家制作。对于专业厂家制作的垫块，施工单位应要求厂家提供相关质量证明文件，包括试验检测报告。

6 预埋件

6.1 一般规定

6.1.3 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。

6.2 预埋件安装

6.2.1 预制 U 型梁是开口薄壁预应力结构，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应保证位置准确，不得二次处理。

6.2.4 预埋件外露的套筒、丝头等应采取措施进行保护，防止套丝破坏。

6.2.5 预制 U 型梁上通常会为动照、通信、信号等专业预留孔洞或预埋件，其允许偏差应满足有关专业现行验收标准的要求。

7 混凝土工程

7.2 混凝土原材料

7.2.1 为降低混凝土水化放热速率，减小混凝土开裂风险，提高混凝土耐久性，本规程参照现行行业标准《铁路混凝土》TB/T 3275 对硅酸盐水泥与普通硅酸盐水泥比表面积进行限制，规定为 $300\text{m}^2/\text{kg}$ ~ $350\text{m}^2/\text{kg}$ 之间。

水泥颗粒过细，水泥熟料中 C_3A 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 C_3A 含量加以限制。

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。

7.2.2~7.2.3 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合料以矿渣粉、粉煤灰为主。掺合料混凝土的耐久性应进行试验验证。

7.2.4~7.2.5 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。为了确保预制 U 型梁混凝土的耐久性，本规程对粗、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，处于潮湿环境中的预制 U 型梁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。

采用专门机组生产的机制砂，具有很好的粒形，且因在磨制前已被清洗，故其含泥量较低，可以用来配制高性能混凝土。

7.2.6 掺减水剂是制备高性能混凝土的关键技术之一。掺加减水剂的作用，一是减少用水量来提高混凝土的耐久性，二是调整混凝土的工作性能以满足现场施工需要。因此，减水剂的性能品质与工程原材料相适应是成功配制高性能混凝土的基本条件。为了能够制备出满足设计要求的混凝土，现场所用减水剂应根据现场水泥、掺合料、骨料等进行调整。

7.2.7 混凝土的水化产物只有在碱性条件下才能稳定存在，所用拌合水如果酸性较强则不利于水化产物的稳定，将拌合水的 pH 值由不小于 5.0 调整为不小于 6.5。其他指标参照现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 规定。

7.3 原材料储存与管理

7.3.2 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。使用过程中可对粗骨料实行分级采购、分级储存、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。

7.4 混凝土配合比的选定

7.4.1 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考虑强度等级而且还要考虑施工性能和耐久性能等。

7.4.2 配合比设计是确保混凝土强度和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与力学性能的重要技术参数。由于混凝土拌合时的用水量在其浇筑成型后被水化结合的很少，大量游离水随后成为混凝土的薄弱环节，给混凝土的开裂和耐久性带来不利影响。近年来，从机理到工程应用都可以证实，控制混凝土拌合物最大用水量可以有效地改善其各项性能。在混凝土中掺入一定量的矿物掺合料，可以有效改善和提高混凝土工作性和耐久性。

7.4.3 混凝土配合比选定的好坏，直接关系到结构物的使用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。当混凝土原材料和施工工艺等发生变化时，应重新选定配合比。当施工工艺和环境条件未发生明显变化、原材料的品质在合格的基础上发生波动时，可对混凝土外加剂用量、粗骨料分级比例、砂率进行适当调整，调整后混凝土的拌合物性能应与原配合比一致。

7.5 混凝土搅拌

7.5.3 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。为了保障拌合物的质量稳定应采用电子计量系统。

7.7 混凝土浇筑及振捣

7.7.2 混凝土温度控制的原则是：

- 1 升温不要太早、太高和太快；
- 2 降温不要太快；
- 3 混凝土芯部和表层之间及混凝土表层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、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，即使掺用了矿物掺合料，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，则接触气温的混凝土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。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。在高温下拌合、浇筑和养护会损害混凝土的质量和耐久性，过热会使塌落度损失过快，拌合物用水量增大，因此，炎热天气施工对混凝土的最高温度和浇筑作业应有限制。

为了避免混凝土早期受冻，冬季搅拌混凝土应具有一定的出机温度和入模温度。当施工现场存在机械运输困难、运距较长等问题时，应适当提高混凝土出机温度，以保证混凝土在运输过程中不致被冻坏。

7.8 混凝土养护

7.8.1～7.8.3 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。

7.9 混凝土拆模

7.9.2 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得大于 20℃，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℃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。

8 预应力工程

8.1 一般规定

8.1.1 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后续运营期间的安全。本规程规定预应力施工应采用智能张拉工艺，并采用真空辅助压浆。

8.1.4 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的进行，应制定安全作业操作细则，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，任何人不得站在千斤顶的后方，或踏踩、碰撞预应力筋。

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。

8.2.5 夹片式锚具的限位板槽深应与钢绞线的直径相匹配，限位板和工具锚应采用同生产厂家的配套产品，不得分别使用不同厂的产品，限位板和工具锚外径应和所用千斤顶的凹槽内径相配套。

8.3 制作安装

8.3.2 如用电弧切断预应力筋，在高温下将使预应力筋的抗拉强度降低，故规定此条文。

8.3.6~8.3.8 参照现行行业标准《城市轨道交通桥梁工程施工及验收标准》GJJ/T290 的有关条款明确预埋管道的有关要求，并对原规程中预应力波纹管安装允许偏差进行修订。

8.4 施加预应力

8.4.6 智能张拉设备目前已开始应用于城市轨道桥梁预应力张拉，且可能逐步推广应用。因此，根据标准可适度超前的原则，对当前多种智能张拉设备的功能、

组成进行了总结，在此基础上提出了本条规定。

8.4.7 预应力混凝土结构的大量试验表明，通过测试管道、锚口和喇叭口摩阻以及钢绞线弹性模量确定预应力筋伸长量，并严格控制预应力管道位置，可以获得准确的梁体混凝土预施应力。因此，应在张拉前测定，根据实测结果对张拉控制应力做适当调整。为了获得较为准确的预应力束伸长量，要求钢绞线的弹性模量应较为稳定，因此要求供应商应提供每批钢绞线的实际弹性模量值。

8.4.8 预应力筋的张拉一般采用双控。除以张拉力为主进行控制外，还应以实际伸长值与计算伸长值之差的百分率进行校核。相差长度允许偏差 $\pm 6\%$ ，有利于保证张拉质量。

8.5 管道压浆

8.5.1 预应力钢束管道压浆的目的，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，管道压浆越早越好，而且可防止力筋的松弛。

8.5.4 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。

8.6 封 端（锚）

8.6.3 参照现行国家标准《高速铁路预制后张法预应力混凝土简支梁》GB/T 37439的有关条款确定封端（锚）混凝土耐久性检测频次。

9 冬期施工

9.1 一般规定

9.1.2 现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 中规定：“强度等级等于或高于 C50 的混凝土，不宜低于设计混凝土强度等级值的 30%”，现行标准《铁路混凝土工程施工技术规程》QCR 9207 中规定：“冬期施工期间，混凝土强度达到设计强度的 60%之前不得受冻”。本规程受冻临界强度参照现行标准《铁路混凝土工程施工技术规程》QCR 9207 执行。

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。

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大。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、石进行加热，但其加热温度不应高于 40℃。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。

9.2.4 骨料中的冰雪、冻块及易冻裂的矿物质难以在搅拌机内短时间融化，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。

混凝土温度从静停期升高到规定恒温温度的阶段，称为升温期，升温速度不得大于10℃/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°C/h 。

10 夏期施工

10.2 混凝土配制、搅拌和运输

10.2.1~10.2.4 规定夏季搅拌混凝土应具有较低的出机温度,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,为了保持浇筑作业所需要的塌落度,混凝土的用水量要增大。同时,温度升高,混凝土拌合物的塌落度损失速度加快。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宜过高,避免混凝土入模温度高于 30℃。应对水泥、砂、石的储存仓、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。

10.3 混凝土浇筑

10.3.2 气温较低的时段一般指一天之中除 10 时至 16 时之外的时段以及阴雨天气等。

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。

11 保管及运输

11.1 一般规定

11.1.1~11.1.2 预制 U 型梁是薄壁开口结构，抗扭能力较低。本条对预制 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，地基及支墩的承载力应充分考虑能承受 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。

11.4 运 输

11.4.2~11.4.5 U 型梁运输道路的有效路面宽度应不小于 7m，现场运输道路与市政公路各连接处应保证水平连接，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

12.2.3~12.2.4 支座安装部位的支承垫石表面应凿毛，并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应密贴无缝隙，支座锚栓埋置深度和螺栓外露长度应符合设计的要求。

12.3 U 型梁架设

12.3.3 采用架桥机架设 U 型梁时，为保证施工安全及桥梁结构安全，需对施工荷载进行验算，尤其错置梁、变跨梁、小半径曲线梁等特殊工况。荷载验算应考虑设备选型、架桥机支腿位置、运梁车重载走行线路等因素。

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。

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 U 型梁的制造

13.5.1 为保证拆模时混凝土表面及棱角完整，不致因拆模被损坏，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。

13.5.3 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，直接影响建筑物的质量和安全，因此钢筋进场时，应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。其质量应符合设计要求和现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1、《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 等标准的规定。

13.6 出场验收

13.6.1 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。