

城市轨道交通连续 U形梁装配式悬拼  
施工技术规范  
(草稿)  
编制说明

标准起草组

2023年5月



## 一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人

为加强城市轨道交通连续 U 形梁装配式施工质量，统一验收标准，由中建三局基础设施建设投资有限公司联合多家单位作为起草单位，负责本标准的编制工作。

主要起草人：朱海军、周胜强、贾瑞华、叶亦盛、刘开扬、茹启江、陈琳、雷小雨、袁剑阁、任博、于志东、李金洲、张文萃、张方、朱晓伟、张迅、张锐、胡志坚。

## 二、制订标准的必要性和意义

节段预制拼装施工工艺，满足绿色建筑要求，适用于这种特殊的施工环境，在城市轨道交通的建设中发挥着重要的作用。但节段预制悬拼连续 U 形梁施工主要依靠经验积累，尚未形成科学、有效、针对性和实用性的施工控制成套关键技术。因此，制定一套系统的城市轨道交通连续 U 型梁的预制拼装施工、质量检验和验收标准，以规范行业应用并确保工程安全显得尤为重要。

本次标准的制订，是为了响应国家大力发展预制装配式建筑的号召，旨在规范城市轨道交通连续 U 型梁的基本规定、节段梁预制施工标准、节段梁的存储、起吊与运输标准、节段梁拼装施工标准、预应力体系施工标准以及质量验收标准，以期实现安全稳定、技术领先、经济合理和环保低碳的目标，更好地满足城市轨道交通节段预制悬拼连续 U 形梁施工及验收的实际需求。

## 三、主要工作过程

本标准通过收集既有工程应用经验，以及相关研究成果、试验检测结果及使用单位反馈信息，确定标准编制方向。经中国交通运输协会标准立项和大纲审批通过，根据评审会专家意见，形成征求意见稿，报中国交通运输协会评审。再根据评审会专家意见进行补充、修改，经中国交通运输协会同意，挂网征求意见。针对反馈意见，提出处理办法，进行补充、修改，形成送审稿。经中国交通运输协会同意，进行专家审查。根据专家审查会形成的专家意见进行修改，形成报批稿，上报审批。

## 四、制订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

本标准制订的基本原则是以现有研究工作为基础，参照国家规范、标准，依据《城市轨道交通桥梁设计规范》（GB/T 51234）的基本规定要求，针对连续 U 形梁特点进行定义、描述和规范。

本规程编制过程中，查阅了下列规范、标准和技术规程：

- 1 《起重机械规程》（CB 6067）
- 2 《环氧树脂涂层钢筋》（JG/T 502）
- 3 《砂浆和混凝土用硅灰》（GB/T 27690）
- 4 《城市轨道交通技术规范》（GB 50490）
- 5 《预应力混凝土用钢绞线》（GBT 5224）
- 6 《预应力混凝土用钢丝》（GB/T 522313）
- 7 《建筑机械使用安全技术规程》（JGJ 3319）
- 8 《无粘结钢绞线体外预应力束》（JI/T 853）
- 9 《城市轨道交通桥梁设计规范》（GB/T 51234）
- 10 《单丝涂覆环氧涂层预应力钢绞线》（GB/T 25823）
- 11 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》（GB/T 18736）
- 12 《填充型环氧涂层钢绞线体外预应力束》（JT/T 876）
- 13 《钢筋混凝土用钢第 1 部分:热轧光圆钢筋》（GB 1499.1）
- 14 《钢筋混凝土用钢第 2.部分:热轧带肋钢筋》（GB 1499.2）
- 15 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》（JGJ 5217）
- 16 《节段预制拼装混凝土桥梁设计与施工规范》（DB32T 3564）
- 17 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）
- 18 《公路桥涵钢筋混凝土及预应力混凝土结构设计规范》（JTG D62）
- 19 《城市轨道交通预应力混凝土节段预制桥梁技术标准》（CJJT 293-2019）
- 20 《预应力混凝土桥梁节段预制拼装施工及验收技术规程》（DB41\_T+2144-2021++）

## 五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、试验验证的论述

### 1 总则

本文件规定了城市轨道交通节段预制悬拼连续U型梁施工技术的基本规定、节段梁预制施工、节段梁的存储、起吊与运输、预应力体系施工与质量验收等内容。

本文件适用于城市轨道交通节段预制悬拼连续U形梁施工及验收。

城市轨道交通节段预制悬拼连续U形梁施工及验收应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语

在现有标准规范的基础上增加了以下术语。

### 2.1 节段 segment

用于拼装主梁或桥墩的混凝土预制段。

### 2.2 U形梁 u-shape beam

横截面为U形的下承式开口薄壁结构。

### 2.3 短线法 short-line match method.

预制台座底模长度为一个节段长度，依此利用已预制完成节段作为后节段的一侧端模，固定端模作为另一侧端模，逐段预制的方法。

2.4 短线法节段三维线形控制 three dimensional linear control of segmental short-line method.

将节段预制桥梁成桥线形转换为预制阶段时间相对几何关系，在预制、架设过程中实现桥梁线形的精确测量和集合控制技术。

### 2.5 匹配浇筑 match cast.

利用已预制完成的节段作为相邻节段一侧端模的浇筑方式。

### 2.6 匹配节段 matching segment.

节段匹配浇筑时，作为一侧端模的已预制完成节段。

### 2.7 隔离剂 separant.

为便于匹配浇筑的相邻两个节段脱离，在节段匹配面上涂布的涂层。

### 2.8 悬臂拼装 balanced cantilever construction.

从桥墩开始，两侧对称拼装预制节段的施工方法。

### 2.9 胶接缝 epoxy joint.

混凝土预制节段结合面涂环氧树脂胶粘剂的拼接缝。

### 2.10 湿接缝 wet concrete joint.

混凝土预制节段结合面采用现浇混凝土形成的接缝。

### 2.11 剪力键 shear key.

预制节段梁混凝土结构接缝表面用于凹凸匹配拼合、承担剪力等作用的剁成键块和键槽。

### 2.12 临时预应力 temporary prestressing.

节段拼装过程中，结构永久预应力施工之前，为使相邻节段紧密连接而施加的预应力。

### 2.13 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。

### 2.5 湿接缝 Wet concrete joint

混凝土预制节段结合面采用现浇混凝土形成的接缝。

### 2.6 剪力键 Shear key

预制节段梁混凝土结构接缝表面用于凹凸匹配拼合、承担剪力等作用的剁成键块和键槽。

### 2.7 匹配浇筑 Match cast

利用已预制完成的节段作为相邻节段一侧端模的浇筑方式。

### 2.8 匹配节段 Matching segment

节段匹配浇筑时，作为一侧端模的已预制完成节段。

### 2.9 短线法 Short-line method

预制台座底模长度为一个节段长度，依此利用已预制完成节段作为后节段的一侧端模，固定端模作为另一侧端模，逐段预制的方法。

### 2.10 短线法节段三维线形控制 Three dimensional linear control of segmental short-line method

将节段预制桥梁成桥线形转换为预制阶段时间相对几何关系，在预制、架设过程中实现桥梁线形的精确测量和集合控制技术。

### 2.11 隔离剂 Separant

为便于匹配浇筑的相邻两个节段脱离，在节段匹配面上涂布的图层。

### 2.12 逐跨拼装 Span by span construction

一跨接一跨地完成节段拼装梁的施工方法。

### 2.13 悬臂拼装 Balanced cantilever construction

从桥墩开始，两侧对称拼装预制节段的施工方法。

### 2.14 临时预应力 Temporary prestressing

节段拼装过程中，结构永久预应力施工之前，为使相邻节段紧密连接而施加的预应力。

力。

### 2.15 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。

## 3 基本规定

3.1 基本规定节段梁的预制、存储、起吊与运输除应符合本规程外，尚应符合行业现行标准。

3.2 节段梁的拼装除应符合本规程外，尚应符合现行行业标准CJJ/T 111中10.1的规定。

3.3 节段梁预应力体系施工应满足JTG/T 3650中第10章的相关规定。

3.4 采用节段梁预制悬拼施工的质量验收除应符合本规程外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

3.5 连续U形梁节段预制悬拼施工流程如图1所示。

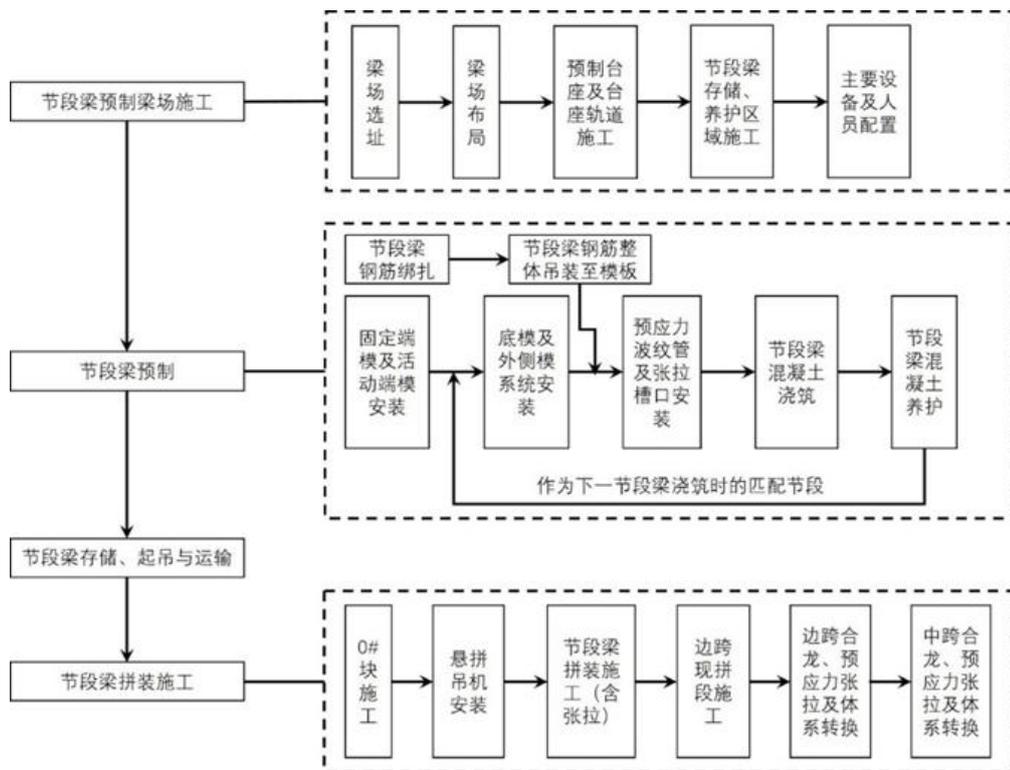


图1 城市轨道交通节段预制悬拼连续U形梁施工流程图

## 4 节段梁拼装施工

### 4.1 一般规定

4.1.1 节段梁安装采用悬臂拼装施工，根据设计分段长度、梁段重量、外形尺寸、

断面形状及各种施工荷载。

4.1.2 施工前悬拼吊机设备要进行必要的荷载试验。

4.1.3 节段的提升应缓慢、匀速。

4.1.4 节段和提升附属装置的总重量应在起重设备的安全范围内。

4.1.5 节段悬吊体系及装置的安全系数不应小于2.0。

4.1.6 悬挂状态下的节段之间应采取防止碰撞的保护措施。

4.1.7 悬拼吊机移位前要检查后锚精轧螺纹钢锚固位置以及后锚点外露丝杆长度是否大于3丝。

4.1.8 悬拼吊机天车系统中精轧螺纹钢上下部均必须使用双螺母，螺纹钢露出螺母长度不少于40mm。

4.1.9 节段梁起吊需要旋转时，人力推动节段梁旋转90°，整个旋转过程应缓慢、平稳；旋转90°后及时安装旋转吊钩组上的防转螺栓，防止提梁过程中节段梁自由旋转。

## 4.2 0#块施工

4.2.1 0#块节段拼装连续梁的施工总体步骤如下：

1) 待墩身完成浇筑后，搭设墩顶0#块现浇支架，完成墩顶0#浇筑。

2) 墩顶0#块浇筑完毕后，拆除墩顶相关支架，完成体系转化，使墩顶0#块支撑在钢管混凝土柱上，0#块临时固结；利用汽车吊安装悬拼吊机，并进行检查、载荷试验。

4.2.2 0#块结构的受力较为复杂，钢筋密集，为确保结构强度和防止有害裂缝出现，0#块应一次浇筑完成。浇筑时需采取必要的措施控制混凝土的水化热。

4.2.3 在顶板浇筑后,应切实注意0#块内外的养护，加强内部通风降温，以避免内外温差造成混凝土开裂。

## 4.3 节段梁拼装施工

4.3.1 劲性骨架施工：待1#块起吊定位完成后，锁定悬拼吊机升降系统，进行劲性骨架安装。

4.3.2 吊机具有足够的刚度，并在使用前进行试压，测定挠度和强度，在满足使用要求后、才能允许使用，以免因吊机变形较大而导致节段结合面开裂。

4.3.3 上部结构采用悬拼吊机逐段施工，在拼装过程中，应遵循对称、均衡、同步的原则进行施工，最后合龙中跨，形成连续结构，其两端允许的不平衡重量最大不得超过一个梁段的底板自重。

4.3.4 节段的提升应缓慢匀速进行,提升速度宜控制在2m/min 内，每次起吊梁段时，

都应在吊起约20cm后暂停，检查吊点及悬拼吊机情况后方可继续。

4.3.5 体内预应力管道采用预埋波纹管成孔，在拼接时需妥善处理孔口，可粘结一块厚约10mm的经环氧树脂浸泡过的海绵垫圈或其他可靠措施，以防止压浆时漏浆及匹配面处串孔、堵孔现象。

4.3.6 匹配面涂环氧树脂作为粘结剂，环氧树脂粘结剂的配合比，配置方法、物理力学性能以及固化时间等应由施工单位根据不同的温度等作业文件做相关试验后确定。

4.3.4 胶结强度不低于梁体混凝土强度的相应指标，初步固化时间应大于2小时，并在24小时内完全固化达到胶结强度，确保涂胶、加压等工序在固化前完成。

4.3.8 涂胶的混凝土表面温度不宜低于 $5^{\circ}\text{C}$ ，厚度控制在2~3mm，接缝面涂胶时应自下而上，快速均匀进行，涂胶应采用双面施工，且不出现断胶现象。

4.3.9 涂环氧树脂的接合面应清理干净，任何情况下不得有油脂，并清除表面浮浆。

4.3.10 预应力管道必须按给定的坐标定位，直线段0.5m设一道定位筋，曲线段适当加密为0.25m。管道的连接必须保证质量，应杜绝因漏浆造成预应力管道堵塞。

4.3.11 节段拼装时的临时预压力可采用预应力钢绞线张拉予以施加。施加预压力以保证节段拼装时接缝最小压应力不小于0.3Mpa，应力差不应超过0.5MPa；拼装时要采取措施使相邻两节段正确对位，拼装前应进行试拼以调整施工误差。

4.3.12 预应力钢束张拉应严格按照本设计提供的张拉顺序和张拉控制力及有关要求进行。预应力钢束在同一截面的断丝率不得大于1%，而且限定一束钢绞线不得断丝大于1根。

4.3.13 体内预应力钢束张拉完成后，应在24小时内进行压浆，并保证压浆质量。正式压浆前，必须检查管道畅通和渗漏情况，压浆时，若从一端压不通，及时处理，严禁从另一端进行补压。纵向钢束采用真空压浆工艺。压浆过程中不得污染连续U梁表面。

4.3.14 逐跨拼装架桥机应悬挂不小于整跨最大架设重量1.1倍的荷载。

#### 4.4 边跨现拼段施工

4.4.1 边跨现拼段连续梁的施工总体步骤及要求如下：

1) 边跨现拼段地基施工，地基承载力应满足设计要求，对于地基承载力较差的区域需进行换填，换填后地基承载力仍应满足设计要求。

2) 边跨现拼段基础施工，基础宜采用钢筋混凝土扩展基础，混凝土宜按台阶分层设计，每层厚度宜为300mm~500mm。基础的混凝土强度等级不应低于C25，受力钢筋最小配筋率不应小于0.15%。

3) 边跨现拼段宜采用少支点临时支架支撑, 为防止边跨现拼段节段梁架设过程中产生倾覆现象, 需对钢管柱与墩柱之间, 每隔不超过4m设置一道抱柱。

4) 使用起重设备进行边跨现拼段吊装至少支点临时支架上, 边跨现拼段起吊100~150mm后, 应停车制动3-5分钟, 确认良好后方可继续起吊。

#### 4.5 合龙段施工

4.5.1 中跨合龙段湿接缝段采用定位装置将两侧梁段连接后进行浇筑。焊接定位装置时在预埋件周边混凝土上遮盖湿布或湿麻袋浇水降温, 避免烧伤混凝土。

4.5.2 连续U梁采用先边跨后中跨的合龙顺序, 合龙施工采用劲性骨架装置。

4.5.3 合龙段混凝土应采用早强微膨胀混凝土, 控制混凝土初凝时间在4-6小时内, 终凝时间10小时以内, 42小时强度达到80%。设计强度80%后及时张拉部分纵向预应力钢束。

4.5.4 在合龙段浇筑后张拉前应避免气温骤降的寒潮天气。合龙应尽量避免大风季节。

4.5.5 选择合理的浇筑时间, 应在晚上12点以后温度稳定时间内浇筑, 以达到低温合龙的目的。加强混凝土的养护, 保持连续U梁混凝土的潮湿, 适当降低合龙段以外连续U梁顶面由于日照引起的温度差。

4.5.6 施工中因施工所需开设的孔洞, 均应征得设计单位的同意。应特别注意预埋件的埋设, 确保不遗漏, 确保尺寸及位置的准确性。除本设计图纸绘出的预留、预埋件外, 其他部分的预留预埋参见有关设计文件。所有施工预埋件在施工完成后应予割除, 恢复原状, 并注意防锈和美观。

4.5.7 为了使桥梁外观颜色一致, 要求连续U梁及墩身采用同厂家、同品种水泥。

4.5.8 桥面铺装施工前, 应对桥面板进行浮浆和油污处理, 及时发现基层的一些缺陷, 及时采用裂缝封堵剂等进行裂缝处理。桥面板处理完成后进行桥面防水粘结层及铺装层施工。

4.5.9 在每一梁段施工过程中, 如果出现六级风以上预报应立即停止施工, 并使两悬臂端不出现不平衡荷载, 还应采取措施确保吊机的牢固性。

#### 4.6 节段梁拼装线形控制

4.6.1 预制节段拼装过程测量工作应符合下列规定

- 1) 节段定位调整时, 独立测量不宜少于2次, 测量误差不宜大于1mm;
- 2) 节段定位调整时, 应测量拼装节段和前一节段定位点高程和平面坐标;

- 3) 临时束张拉完成后, 应及时测量节段定位点高程和平面坐标;
- 4) 体外束张拉前和张拉后, 应测量所有节段定位点高程及平面坐标。

#### 4.6.2 节段梁拼装时轴线和高程控制应满足下列规定

- 1) 0#块经过反复测量定位与调整, 各轴线精度严格控制在3mm以内。

2) 拼装节段高程和轴线偏差应控制在10mm以内。将上一节段梁的高程及轴线偏位与设计值进行核验, 对比线差标准, 判断是否需要在本节段梁进行线形的控制调整。采用的限差标准为控制标准的1/2, 均为5mm。若本节段符合限差标准, 采用常规线形控制标准, 正常进行后续节段梁的拼装施工; 若本节段不符合限差标准, 需进行误差分配调整分析, 再根据分配结果进行线形调整。

3) 对于首节段线形控制, 应提高标准, 轴线允许误差为同向1mm以内, 高程允许误差为同向2mm以内。按照先左右高程复核调整, 再中心轴线复核调整的顺序反复进行, 确保首节段梁的高程及轴线偏位在标准范围内。

4.6.3 节段梁拼装时, 梁段的几何误差超过4.6.2规定的允许误差, 采用在已拼装梁段端部的不同位置加垫环氧树脂垫片进行调整。

1) 安装时高程控制点误差超出允许范围, 则采取在梁端上缘或下缘垫环氧垫片的方法进行调整。

2) 安装时平面控制点误差超出允许范围, 则采取在梁段左侧或右侧垫环氧垫片的方法进行调整。

## 六、重大意见分歧的处理依据及结果

本标准制订过程中尚未发生过重大意见分歧。

## 七、采用国际标准和国外先进标准的, 说明采标程度, 以及与国内外同类标准水平的对比情况

本标准未采用国际标准和国外先进标准。

## 八、作为推荐性标准建议及其理由

虽然近几年我国城市轨道交通事业得到了快速发展, 然而与西方部分国家相比, 我国城市轨道交通仍处于初步发展阶段。存在建设项目少, 施工经验缺乏, 配套产业不完

善等问题。特别是由于 U 型梁材料及结构形式特殊，相对于传统预制 T 型梁、箱梁，其预制、运输及架设等施工方法不同，施工经验缺乏。如在施工过程中方案考虑不周、措施不当，很有可能给建设和运营管理留下不容忽视的问题和安全隐患。虽然近几年预应力混凝土 U 型梁结构一直是国内外专家研究的重点，然而由于工程实践及现有国内配套技术条件限制，预应力混凝土 U 型梁施工技术尚处于起步阶段。目前轨道交通预应力混凝土 U 型梁施工技术主要依靠经验积累，尚未有科学性、有效性、针对性、实用性的施工控制成套关键技术。因此，有必要制定系统的城市轨道交通连续 U 形梁装配式施工技术规程，以便规范行业及市场应用，保证工程应用安全。

## 九、贯彻标准的措施建议

(1) 精心组织安排，开展宣贯培训。建议由行业主管部门统一安排，召开标准宣贯会，对涉及的交通建设、监理、设计、施工等单位开展标准实施培训和宣贯普及。明确城市轨道交通连续 U 形梁装配式施工技术的设计技术指标、材料性能要求、施工工艺、检测方法、质量验收、等方面的具体要求，指导 U 形梁装配式工程的实施，有效推动贯标工作的开展及落实。

(2) 组织相关人员到施工现场参观学习，直观展示 U 形梁装配式工程效果及具体施工工艺；

(3) 定期组织科研、生产、应用、检验各环节人员进行技术交流，不断对 U 形梁装配式施工技术进行改进，保持技术领先、性能优化。

## 十、其他应说明的事项

暂无。