

# Research on Construction Technology of Prefabricated Beam Section of Municipal Viaduct

Lifeng Wang

Signal & Communication (Zhengzhou) Electrification Bureau Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China

## Abstract

At present, China is fully promoting the development of prefabricated buildings, compared with traditional simply supported beams and cast-in-place beams, continuous rigid frame without support + short-line method segmental precast technology has realized the equipment of construction, construction and installation, it has realized the core indicators of bridge construction such as safety, durability, low carbon, and economic speed, it can be used in any structural system, such as simply supported beams, continuous beams, continuous rigid frame systems, etc. Most complex linear structures can be realized. In the construction, the building block operation is adopted to effectively reduce dust, noise, waste water and exhaust gas emissions, while greatly reducing traffic jams and waste of human time resources. The paper researches on the cantilever assembly construction technology of the prestressed concrete continuous steel bridge bridge machine, which can provide a certain reference for similar projects.

## Keywords

short-line method; segment assembled beam; suspension bridge erection machine; glued joint; temporary prestress

# 市政高架桥装配式梁段施工工艺研究

王立峰

通号(郑州)电气化局有限公司, 中国·河南 郑州 450000

## 摘要

目前, 中国正在全面推行装配式建筑发展, 相比传统的简支梁和现浇梁形式, 无支座连续刚构+短线法节段预制技术实现了建造、建安装备化, 实现了安全、耐久、低碳、经济快速等桥梁建设的核心指标, 可以用于任何结构体系, 简支梁、连续梁、连续刚构体系等, 绝大多数的复杂线性结构都可以实现。在施工上采用搭积木式的操作, 有效减少粉尘、噪音、废水废气排放, 同时极大地减少交通堵塞和人力时间资源的浪费。论文针对预应力混凝土连续钢构桥架桥机悬臂拼装施工工艺进行研究, 对类似工程可以提供一定借鉴作用。

## 关键词

短线法; 节段拼装梁; 悬拼架桥机; 胶接缝; 临时预应力

## 1 项目概况

西四环位于中国郑州市主城区的西部, 呈南北走向, 南起南四环, 北至大河路, 本标段属于郑上路-化工路段, 即 K79+748-K81+162.322, 全长 1414m, 道路等级为城市快速路。主线桥左幅 K80+218.02-K80+969.02 为高架桥, 桥长 751m, 桥宽 16.5m; 右幅 K80+217.96-K80+954.96 为高架桥, 桥长 731m, 桥宽 16.5m, 全桥均采用装配式节段拼装梁施工。

本标段节段拼装梁采用主线路左右分幅设计, 0# 梁段采用支架法现浇施工完成, 1# 梁段采用大吨位吊车吊装。1# 梁

段的安装就位采用 4 台三向千斤顶进行微调对位。0# 梁端与 1# 梁端采用 15cm 宽湿接缝进行顺接; 其余中墩梁段采用架桥机悬臂吊装, 梁段间涂抹环氧树脂胶进行连接, 同时施加临时预应力, 然后张拉永久预应力筋, 依次对称完成所有梁段, 最后跨中设 40~60cm 不等的现浇段进行合拢, 完成桥跨施工。

## 2 装配式梁段施工优势

- (1) 以“无支座连续刚构+短线法节段拼装”为技术核心。
- (2) 节段梁采用梁场短线法预制, 整跨桥梁在横断面上被分割成若干个节段, 成品梁体积小、重量轻便于公路运输且质量容易保证。
- (3) 整个高架桥上部结构和下部结构可以同时施工,

【作者简介】王立峰(1968-), 男, 中国河南禹州人, 本科学历, 高级工程师, 从事铁路工程施工研究。

平行作业，有效节约施工工期。

(4) 桥梁下部结构多采用无支座或少支座的桥墩形式，桥梁体积小、截面小、重量轻、造型美观，后期运行维护费用小。

(5) 施工现场节约了大量的人力，实现了由劳动密集型向科技密集型的转变。同时，节省了大量模板、脚手架等周转材料的使用。

(6) 采用装配式施工工艺，所有待拼装节段梁体均在制梁厂内统一预制，工厂化生产，使梁体的预制质量得到充分保证。

### 3 工艺原理

以无支座连续刚构 + 短线法预制梁架设为核心的桥梁施工工艺可以用于任何结构体系，简支梁、连续梁、连续刚构体系等，绝大多数的复杂线性结构都可以实现，可以实现多种施工工法。施工时采用搭积木式的操作，上部结构的一榀节段梁使用预应力钢绞线将其串联在一起组成了整个梁部结构。无支座连续刚构体系利用了薄壁桥墩柔性的原理实现了整联梁的纵向伸缩，从而形成了无支座或少支座的桥梁体系，实现了减少桥梁后期支座维护的目的。

本工艺的墩梁交接处为砼刚性连接，墩顶 0# 块采用就地支架现浇。1# 块采用汽车吊或履带吊进行吊装，与 0# 块进行顺接，0# 块与 1# 块之间采用 15cm 湿接缝连接；其余梁段采用架桥机逐段拼装，梁段间梁缝涂抹环氧树脂胶，通过布置在梁顶和箱室内的临张台座施工加临时预应力，随后穿永久预应力筋锚固，实现梁段拼装。后续梁段依次对称拼装完成，最后在跨中设 40~60cm 不等的现浇段进行合拢，完成桥跨施工。

本工艺的关键技术在于节段梁之间的连接，由于架设过程中梁体一直处于悬臂“T”构状态，需对梁段之间进行可靠连接后方可继续施工。首先对梁段之间横断面及剪力键涂抹 3mm 厚环氧胶，对接后采用  $\phi 32$  精轧螺纹钢施加预应力进行临时连接与固定；然后穿设顶板预应力束，张拉预应力筋，完成该节段施工。架桥机起重天车解钩，进行下一阶段的拼装。待整个 T 构及梁跨拼装完成后，再分别张拉体内通长腹板及底板预应力束。

### 4 施工工艺流程

墩顶 0# 块提前现浇完成，并达到设计要求强度后，方可进行 TJ260G 悬拼架桥机的组装，进行节段梁悬臂拼装施工。

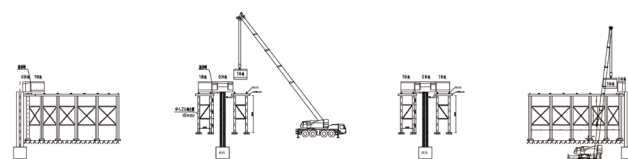
### 4.1 中墩“T”构段施工

#### 4.1.1 中墩 1# 节段梁拼装

为减少架桥机的施工时间，并确保线形的绝对准确，提前采用 160t 汽车吊将 1# 块与 0# 块进行匹配安装，1# 块安装在钢管柱支架上方。现场采用三向千斤顶进行调整，精准定位，然后进行 15cm 的湿接缝施工，为后续梁段架设做准备，如图 1 所示。



第一步：架设中墩 0# 块支架，边墩采用  $\phi 4.26$  钢管立柱支撑体系，中墩采用盖和式脚手架，原位现浇 0# 块。



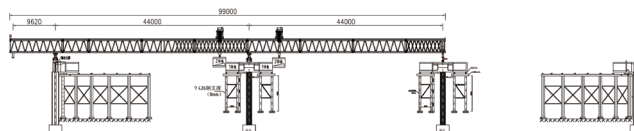
第二步：拆除中墩 0# 块支架，架设中墩 1# 块  $\phi 4.26$  钢管立柱支撑体系，采用汽车起重吊分别吊装边墩及中墩 1# 块就位，三向千斤顶调整精准就位。（1# 块已提前在梁厂预制完成），吊装完成后进行 15cm 湿接缝施工，并张拉中墩 1# 块预应力束（两端张拉）。

图 1 中墩“T”构段施工示意图

#### 4.1.2 剩余节段梁起吊预拼装

剩余的节段梁均采用胶接缝施工，在梁段出厂前须检查剪力键有否损伤，如有损伤必须采用环氧混凝土进行修复，且对修复后的剪力键尺寸进行复核。修复后的剪力键尺寸不符合要求时将对接线形产生不利影响。

为保证两节段拼接面标高，倾斜度保持一致，减少涂胶后的节段位置调节时间，在胶拼前，进行试拼装，如图 2、图 3、图 4 所示。



第三步：架设边墩 0# 块位置  $\phi 4.26$  支架，用于支承架桥机支腿。组装架桥机，架桥机支腿分别安设在中墩墩顶 0# 块及边墩临时支架上方，对称吊装中墩 1# 块，接缝处涂抹环氧树脂胶，精轧螺纹钢临时固结，搭设桁架，张拉顶板预应力束。

图 2 剩余节段梁起吊预拼装示意图



图 3 第一对箱梁起吊图



图 4 第一对箱梁预拼装

#### 4.1.3 梁端环氧胶施加

节段梁预拼完成后, 脱开梁体向外平移 0.6m, 留出涂胶作业空隙。涂胶前, 梁段匹配面必须将隔离剂和油污清理干净, 并且将不平整处打磨平整, 确保无灰尘、无浮浆或其他不利于粘结的污染物, 以防影响桥梁线形。在预应力孔口粘贴 5~10mm 厚海绵垫圈。预应力孔道垫圈周围 1cm 范围不需要涂胶, 防止胶体进入孔道内影响穿索。

梁段匹配面两端均需涂抹胶体, 涂胶要均匀饱满, 保证涂抹厚度 3mm, 在加压固化后胶层厚度宜控制在 1mm 之内。涂胶作业应该控制在 20min 内完成。

根据测量数据判定是否需抄垫环氧垫片。比如轴线需要从高边往低边调整, 则将 3 块环氧垫片分别垫在高边斜腹板上的上、中、下 3 处, 同时此斜腹板涂胶厚度控制在 7~8mm (以 5mm 环氧垫片为例); 如高程需要向上调整, 则将 3 块环氧垫片分别垫在箱梁底板左、中、右 3 处; 同时此底板涂胶厚度控制在 7~8mm (以 5mm 环氧垫片为例); 严禁同时调整轴线和高程偏差。

涂胶完成后, 平移梁体向已拼装梁段靠拢, 利用架桥机吊具上的调位系统精调梁体就位至预拼时的标记线位置, 使匹配面密贴, 准备张拉临时预应力。

#### 4.1.4 节段梁对位及临时预应力施工

临时预应力采用  $\phi 32$  精轧螺纹粗钢筋, 通过锚于顶板和底板的钢齿坎传递至箱梁节段上, 钢齿坎通过梁面预留孔进行固定, 顶板布置 4 根、底板布置 2 根。每根精轧螺纹根据设计吨位张拉临时预应力。张拉时采用顶板与底板上下同时张拉, 横向按先中间后两边对称张拉。临时预应力解除时, 必须在体内束张拉完成后进行。

如预应力张拉顺序不当, 将会对桥梁线形造成不利影响。

如解除顺序不当, 箱梁节段下缘可能产生拉应力, 节段将产生有害裂缝。

##### (1) 节段梁对位

涂胶完成后, 利用架桥机吊具将梁段缓慢靠拢已拼节段梁, 利用预拼时所做骑缝线标记快速、精确对位。

##### (2) 临时预应力张拉

梁段在涂胶并与已拼梁段拼接后, 为保证箱梁匹配面有足够的固结力 (接触面压力达到 0.5Mpa 以上), 在节段梁精确对位后, 立即张拉临时预应力。顶、底板单根钢筋张拉力为 40t。

预应力张拉采用 4 台 60t 穿心顶, 按照左右对称, 上下同时由内向外的顺序进行, 如图 5 所示。

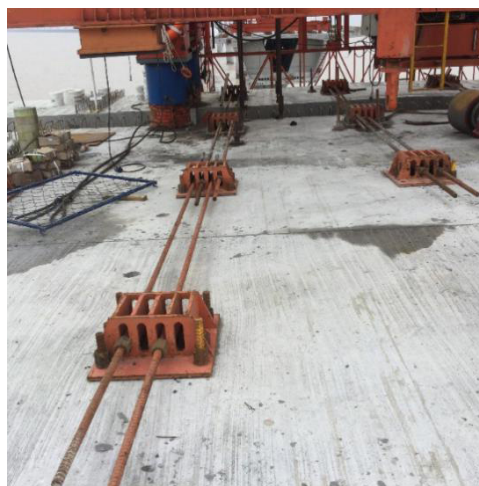


图 5 临时预应力连接

#### 4.1.5 悬拼预应力束张拉压浆施工

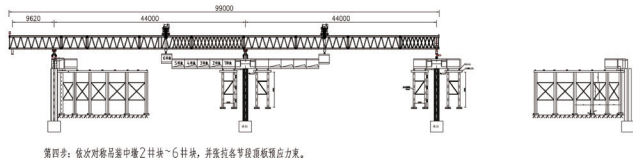
每一节段完成纵向临时预应力张拉后, 立即开始悬拼梁段体内预应力束的穿索施工。待环氧胶强度达到设计要求后, 张拉顶板悬拼预应力束。待整个“T”构悬拼预应力张拉完成后再进行“T”构压浆, 压浆需在 24h 内完成。

悬拼体内预应力束利用悬挂于架桥机两侧的挂篮操作平台施工。较短束采用人工穿束; 较长束采用穿束器单根穿进, 从每跨的一端向另一端穿, 每次穿一根, 每束钢绞线按照从下至上、从左到右的顺序依次穿进; 在穿束过程中如遇到阻碍, 则退回反复进行试穿, 直至通过, 如仍不能穿过, 则检测是否管道有堵塞现象, 分析原因并以处理后再行穿束。

在预应力张拉完成后, 解除箱梁顶、底板临时预应力钢筋, 并采用真空压浆工艺对预应力管道压浆。但临时预应力必须滞后体内纵向预应力两个节段才能拆除, 边跨节段临时



预应力和中墩“T”构最后两个悬拼节段临时预应力需待张拉合拢束后方能拆除。



第四步：依次对桥墩中墩2#块~6#块，并张拉各节段顶板预应力束。

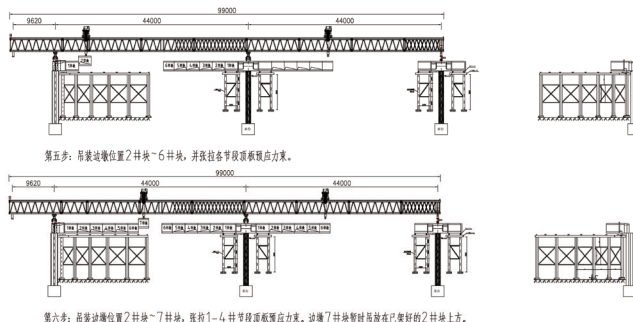
图 6 悬拼预应力束张拉压浆施工示意图

#### 4.1.6 梁段数据采集

在每对梁段拼装完成后采集箱梁顶面控制点测量数据，作为温差对线型影响的参考依据；采集的数据输入专业监控数据库，经程序对安装数据进行判断、预测、修正后，输出下一梁段拼装指令。正常情况下，箱梁节段每对称安装 2~3 块监控一次；在异常情况下，可酌情增加监控频率。

#### 4.2 边跨悬拼段施工

在相邻“T”构拼装至最大悬臂状态后，用架桥机逐块将边跨梁段吊起进行拼装，节段梁吊放在提前搭设好的  $\phi 426$  钢管柱支架上，梁体下部设千斤顶，以便于梁段调位与涂胶。边跨支架提前进行设计，确保满足承载要求。如图 7 所示。



第五步：吊装边墩位置2#块~6#块，并张拉各节段顶板预应力束。

第六步：吊装边墩位置2#块~7#块，张拉1~4#节段顶板预应力束。张拉7#块暂时吊放在已架好的2#块上方。

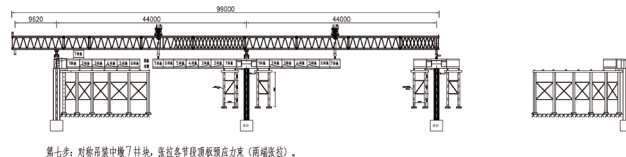
图 7 边跨悬拼段施工示意图

#### 4.2.1 节段梁逐段胶拼

边跨节段梁以从稳固段起拼为原则，因此首边跨与末边跨节段梁胶拼从尾节段向跨中节段逐段进行，由于节段预制梁与现浇墩顶块接缝处无法胶接，在此处设置一道 15cm 湿接缝。中跨合拢处设置一道 60cm 湿接缝。

#### 4.2.2 湿接缝施工

边跨在 0# 节段与 1# 节段之间同样设置一道 15cm 湿接缝；现浇湿接缝混凝土采用 C60 补偿收缩混凝土，由搅拌车运输至箱梁架设部位，用吊车进行浇筑。混凝土浇筑应在 1 天中气温最低时段，并及时进行养护。待湿接缝混凝土强度达到设计张拉强度后，张拉永久预应力束，如图 8 所示。

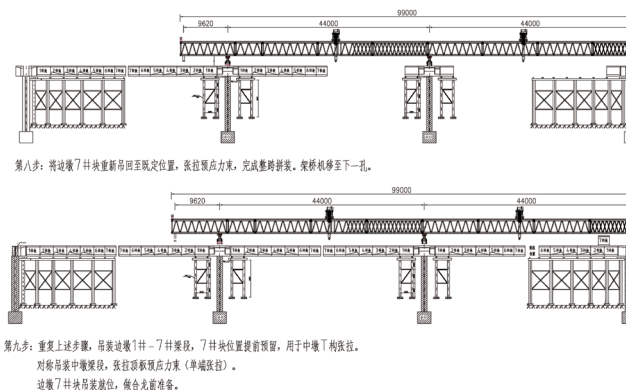


第七步：对桥墩中墩7#块，张拉各节段顶板预应力束（两端张拉）。

图 8 湿接缝施工示意图

#### 4.3 架桥机移位

边跨施工完成后，架桥机移至下一孔跨，进行下一孔“T”构及边跨悬拼段施工，施工方法同上，为合拢做准备，如图 9 所示。



第八步：张拉墩7#块重新吊回至既定位置，张拉预应力束，完成整跨拼装，架桥机移至下一孔。

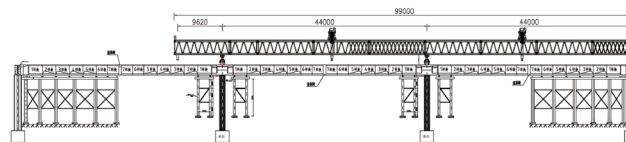
第九步：重复上述步骤，吊装边墩1#块~7#块，7#块位置提前预留，用于中墩T构张拉。对称吊装中墩梁段，张拉顶板预应力束（单端张拉）。边墩7#块吊装就位，检查充能准备。

图 9 架桥机移位示意图

#### 4.4 合拢段施工

中墩“T”构及边墩悬臂端施工完成后，进行合拢段的施工。合拢段遵循先边跨、后中跨的原则，合拢温度范围为  $6^{\circ}\text{C} \sim 23^{\circ}\text{C}$ 。

合拢段施工主要包括以下施工内容：①节段梁目标数据采集及拼装指令下达；②合拢段吊装及定位骨架安装固定；③湿接缝预应力管道连接及钢绞线穿束；④湿接缝混凝土施工；⑤体内纵向预应力束张拉压浆施工。如图 10 所示。



第十步：按图纸要求，张拉各节段顶板及底板预应力束（合拢位置除外）。

对合拢位置进行围筑，提前穿设钢绞线，拼装桥、支撑模板，按先边跨后中跨的顺序进行合拢。待混凝土强度达到设计要求后张拉合拢位置底板预应力束。该跨桥梁施工完成，架桥机移位，进行下一联施工。

图 10 合拢段施工示意图

### 5 梁段纠偏措施

根据规范要求，安装过程中可采取的调整措施包括：临时预应力的调整；临时配重调整；拼接缝涂胶层的厚度调整；必要时对主梁增加现浇层等。

这些处理措施均在监控计算中予以考虑,如临时预应力大小的调整在有限元模型中模拟,再将计算结果返回线形控制程序得到坐标的变化量;胶层厚度调整及增加现浇缝相当于改变了梁段的无应力长度,需要在线形控制软件中模拟。

线形控制是通过调整两节匹配节段平面及立面内的转角来实现。预制过程中的轴线控制是施工过程控制的先决条件,很大程度上决定了悬臂拼装施工中轴线定位的偏移程度。

在节段拼装过程中确定了调整后,一般可通过张拉力筋或控制力筋张拉力进行调整,必要时可通过增加配重进行调整,通过计算逐步调整。当在拼装过程中梁段线形误差过大,难以用其他方法进行补救时,可以增设一道湿接缝来调整,所增设的湿接缝宽度必须用凿除节段梁端面混凝土厚度的办法来完成。

若测量结果超出几何控制数据允许的误差范围,则须对后续梁段的拼装进行调整。根据规范和参照其它短线法桥梁的施工经验,误差调整方法有改变胶层厚度、调整临时预应力、架桥机吊点调整、增加湿接缝等。必须强调的是:增加湿接头是不得已的办法。由于增加湿接头会增加节段梁的拼接长度,造成预制时的节段空间“六点坐标”在悬拼时的差别,需要找出二者的准确差异,并计算新的悬臂拼装控制坐标值,

会增加悬拼线形控制的难度。

## 6 结语

通过装配式节段拼装梁在该项目的成功实施,为我们总结了一套完整的施工技术,并通过因地制宜调整工艺步骤,解决了施工过程中梁段拼接、边跨0#块安放、节段吊装工序冲突等问题,为类似工程起到了很好的借鉴作用。同时,装配式施工作为未来发展的趋势,因其优质、高效、快捷、环保的自身属性,必将在未来施工建设领域取得一席之地。

## 参考文献

- [1] 朱明磊. 大跨径预应力混凝土斜拉桥主梁预制拼装施工技术的研究 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2015.
- [2] 杨树民. 节段拼装梁胶接法施工梁段预制关键技术分析 [J]. 铁道建筑技术, 2016(04):54-55.
- [3] 蒋海里. 桥梁预制节段拼装技术在城市建设中的应用 [J]. 城市道桥与防洪, 2010(09):121-122.
- [4] 中华人民共和国国家标准 .CJJ/T111-2006 预应力混凝土桥梁预制节段逐跨拼装施工技术规程 [S].2006.
- [5] 中华人民共和国国家标准 .GB26469-2011 架桥机安全规程 [S].2011.