

金建铁路 80m 主跨连续梁造桥机（竖向先张法） 施工关键技术研究

朱宏斌

中铁二十四局集团浙江工程有限公司

摘要：连续梁是铁路跨越各类障碍物的主要桥梁结构形式，目前铁路混凝土连续梁面临的主要安全隐患有竖向预应力筋断裂和悬臂灌注施工装备失稳等风险，危及施工、行车安全。金建铁路大洋溪特大桥首次采用将铁路先张法竖向预应力技术用于悬灌连续梁，在材料、设备、技术工艺上均进行了创新，本文结合金建铁路大洋溪特大桥80m主跨连续梁施工实例，介绍了工程施工方法与工艺流程、造桥机构造与安装、竖向预应力施工，最后提出了施工时注意的具体事项。

关键词：桥梁工程；特殊孔跨；先张法；造桥机；关键技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.23.056

引言

目前大跨度连续梁采用纵、横、竖三向预应力体系，其中竖向预应力是减少主拉应力、克服腹板斜裂缝的最有效技术手段，以提高桥梁的耐久性，保证行车安全。

根据调研以及参考文献[1]、[2]均反映出目前大多数混凝土连续梁竖向预应力均采用后张法精轧螺纹钢施工，由于竖向预应力材料延性差、安装垂直度控制困难、后张法压浆质量难保证、张拉应力不可控等因素，造成预应力管道的锚固区常出现空洞，导致预应力筋不断锈蚀，直接降低预应力筋的有效预应力，进而对桥梁的耐久性、安全性产生极其不利影响，形成严重的安全隐患，成本较高，经济性相对比较差，例如2021年某高铁竖向预应力螺纹钢从箱梁隔板中断裂窜出，影响行车安全；苏嘉杭高速公路在施工时发生竖向预应力筋断裂事故等。

文献[3]、[4]提及有先张法应用在空心板梁、U型梁工程案例，且综合效果良好。目前国内外铁路悬灌连续梁竖向预应力筋施工暂无先张法竖向预应力技术的应用工程案例，金建铁路大洋溪特大桥首次采用将铁路先张法竖向预应力技术用于悬灌连续梁，关键技术为：采用钢绞线代替精轧螺纹钢，通过混凝土与预应力钢绞线的黏结施加预应力，无须预埋管道和压浆，可规避铁路预应力混凝土连续梁竖向预应力筋的现有问题；同时结合本技术提出一种融竖向预应力施工及梁段悬臂灌注为一体的造桥机装备，其通过特制锚具可张紧竖向预应力钢筋，此装备采用刚度大的箱型主梁，可适应一定梁跨范围、节段长度，稳定性好、通用性强，能重复循环使用。

一、工程概况

大洋溪特大桥中心里程DK46+380.945，线路于DK46+608处以（48+80+48）m双线预应力混凝土连续梁跨越湖店塘山塘水库，湖店塘山塘水库位于建德市大洋镇胡店村，与线路夹角为78°。

连续梁梁体为单箱单室、变高度、变截面结构，箱梁顶宽12.2m。

梁全长为177.3m，计算跨度为（48+80+48）m，全梁共分47个梁段，A0号梁段长度8.0m，一般梁段分成3.0m、3.5m、4.0m，合龙段长2.0m，边跨现浇段长7.65m，最大悬臂浇筑梁段重1511kN。

二、施工方法与工艺流程

（一）施工方法

大洋溪特大桥（48+80+48）m连续梁边跨现浇直线段采用支架法施工，1#-10#节段悬灌块采用造桥机悬灌施工，利用造桥机边跨合龙后，再进行中跨合龙段施工，直至完成全桥受力转换。

（二）施工工艺流程

1. 连续梁施工总工艺流程

施工流程为：0#块支架搭设、预压及调整→安装永久支座，浇筑临时支墩→0#块施工→造桥机拼装→造桥机荷载试验→循环施工全部悬臂梁段、拆除造桥机→安装边跨合拢段支架及底模，配重、合龙段锁定→解除两边T构临时支墩固结→边跨合拢段安装钢筋、立模浇筑砼、张拉、压浆→安装中跨合拢吊架及底模→中跨合拢段配重→中跨合拢段临时约束锁定→中跨合拢段安装钢筋、立模浇筑砼、张拉、压浆→体系转换→桥面系施工。

2. 悬灌块施工工艺流程

本桥悬臂梁段标准节块共分10个节段，采用造桥机对称施工，造桥机定位加固完成后，调整模板，连续梁悬臂浇筑从1#块开始，每块悬臂浇筑的长度按照设计要求进行，每块采用一次浇筑完成，其工艺流程为：架桥机拼装验收，预压完成→调整、固定→钢筋、模板、预应力管道安装、竖向预应力筋安装→竖向预应力张拉→混凝土浇筑→纵向预应力张拉压浆，竖向预应力放张→造桥机走行→全部标准节块施工完毕→合龙段施工→拆除造桥机。

三、关键施工技术

（一）造桥机施工

1. 造桥机结构

造桥机是兼容混凝土箱梁竖向预应力筋采用先张法施工的一种悬灌施工装备，主要有承重系统、悬吊系统、走行系统、后锚系统、模板系统、平台及防护系统等部分组成，如图1所示。



图1 造桥机构造示意图

为一体。

4. 造桥机预压

造桥机进行预压的荷载值应取悬臂浇筑最大节段重量的120%，预压试验荷载分布模拟梁体实际结构布置，对称加载，荷载分布宜与节段自重一致。

试验过程中采用分级加载和卸载，分4级即：0→60%→80%→100%→120%（持荷4h）→卸载。

造桥机按最大施工荷载的1.2倍进行预压，A1节段总长3m，混凝土总方量58.1m³，A1节段自重：58.1m³×2.6t=151.06t；施工荷载20t。

造桥机预压总重量：1.2×（151.06t+20t）=205.27t。

(二) 先张法预应力施工

1. 施工程序

以下以浇筑1#梁段混凝土为例进行说明浇筑施工程序：

(1) 造桥机锚固在A0段上，调节模板至指定高程（依据设计标高值及造桥机预压挠度值确定）。

(2) 绑扎底板、腹板钢筋及安装预留孔、纵向预应力管道、竖向预应力筋等。

先张法竖向预应力筋安装顺序应先把上端竖向预应力连接杆从主梁底板穿入，利用主梁上端穿心顶及配套螺母固定，其次将竖向预应力筋定位并与上端连接杆连接，最后将预应力张拉底楔中的吊环与竖向预应力筋连接，插入销轴固定，调整竖向预应力筋标高。

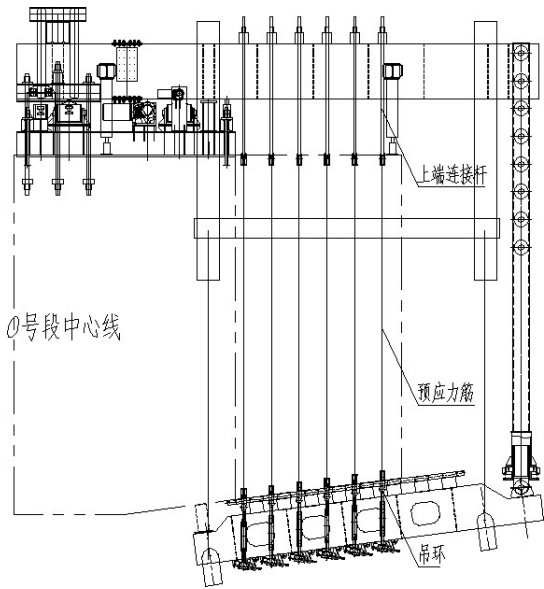


图3 竖向预应力体系图示

(3) 安装内模就位，调整内模标高。

(4) 绑扎顶板钢筋及安装顶板位置预留孔、纵向预应力管道等。

(5) 微调竖向预应力筋标高，张拉竖向预应力筋，张拉力应达到设计值，且不应超过40t。

(6) 将0#梁段混凝土接茬处的混凝土凿毛、充分润湿，然后对称浇筑1#段混凝土。

(7) 待混凝土达到设计强度及弹模后拆端模、处理砼接茬面，然后张拉纵向预应力筋并压浆。

(8) 放张竖向预应力筋。

(9) 拆内模、松外模、底模，前移造桥机就位至

下一梁段。

(10) 1#梁段混凝土完成。

2. 预应力筋

本桥主梁采用纵、横及竖向预应力体系，节段0#段设置竖向预应力钢棒，竖向预应力采用φ16-2无黏结预应力钢棒。

节段1-6段设置用抗拉强度标准值为 $f_{pk}=1860\text{MPa}$ 、弹性模量为 $E_p=1.95\times 10^5\text{Mpa}$ ，公称直径为21.6mm的高强度低松弛钢绞线。

3. 预应力筋张拉

(1) 预应力施工的顺序

钢筋绑扎完成之后，进行竖向预应力的张拉，然后混凝土浇筑，待到强度达到95%和弹模达到100%，进行纵向预应力张拉压浆，之后进行竖向预应力的放张。

(2) 张拉设备

本连续梁采用架桥机自带张拉设备，设备与千斤顶油表配套使用，千斤顶额定张拉力宜为预应力筋张拉力的1.2倍~1.5倍，油泵额定油压宜为使用油压的1.4倍，油泵容量宜为张拉千斤顶总输出油量的1.5倍以上。

(3) 竖向预应力筋先张施工

① 竖向预应力筋左右对称单端张拉，从施工端顺序进行张拉。

② 竖向预应力筋张拉采用张拉力和伸长量双控，以张拉力为主，伸长量进行校核，实际伸长量与理论伸长量的差值应控制在6%以内。

四、施工中应注意的事项

(1) 注意由于梁底为曲线变化，需核实竖向预应力筋是否能穿过底模，以便提前预留孔洞。

(2) 造桥机纵梁与外模桁架必须连接成整体，以防外模在造桥机走行过程中发生侧翻。

(3) 造桥机总重量的变化不超过设计重量的10%，以保证施工安全。

(4) 预压时每套造桥机测量断面不应少于3个，并应合理设置测点。

(5) 放张时应保证每束竖向预应力筋上下端卸载后再依次卸载下一束竖向预应力钢筋，卸载上端竖向预应力时，拧横移丝杠上的螺母，然后松上端连接杆；卸载下锚梁承受的竖向预应力时，松滑块上丝杠的螺母。

(6) 与千斤顶配套的压力表采用防震型，其精度等级不低于1.0级，最小分度值不大于0.5MPa，量程在工作最大油压的1.25倍-2.0倍之间。

(7) 根据参考文献[5]提示，先张法构件同样需处理好锚固端与张拉端防水问题，以免引起结构病害。

参考文献

[1] 王雯. 后张法预应力在桥梁施工中的应用[J]. 交通世界, 2011(13): 259-260.

[2] 王文刚. PC梁桥预应力检测技术的探索与发展[J]. 交通世界, 2014(14): 210-211.

[3] 董谢明. 缓黏结预应力筋施工技术及其应用[J]. 上海公路, 2001(1): 31-36.

[4] 晁庚奇. 4先张法U形梁快速施工与机械设备配套技术[J]. 铁道标准设计, 2015(2): 69-73.

[5] 张军. 硅烷浸渍技术在先张法预应力混凝土空心板梁端防腐中的应用[J]. 铁道建筑, 2016(8): 57-59.