

Application and Discussion of High-position Beam Dropping for Cast-in-place Simply Supported Beam in High-speed Railway

Penghu Tang

Beijing Supervision Station, Engineering Quality Supervision Nureau of China Railway Corporation, Beijing, 100860, China

Abstract

Due to insufficient construction space after in-situ pouring, the Huanggu Railway Super Large Bridge needs to pour the beam and return the beam body at the high position back to the design position. By designing the drop beam steel tube bracket, the block and the correcting device, the posture of the beam after the falling beam is in accordance with the design scheme. In the design process of the falling beam, the problems of foundation bearing capacity, bracket stability and position correction are considered, and combined with monitoring and measurement, the key difficulty problems such as the synchronization of the beam body and the high-precision high-position beam dropping are solved.

Keywords

high-speed railway; simply supported beam; high-position beam dropping

高速铁路现浇简支梁高位落梁应用与探讨

唐鹏虎

中国铁路总公司工程质量监督管理局北京监督站, 中国·北京 100860

摘要

黄固铁路特大桥由于在原位浇筑后施工空间不足,需将梁浇筑后,将处于高位的梁体落回设计位置。通过设计落梁钢管支架、垫块及纠偏装置保证落梁后梁体姿态符合设计方案。在落梁设计过程中考虑了地基承载力、支架稳定性、位置纠偏等问题,并结合监控测量,解决了梁体下降的同步性、高精度高位落梁等重点难点问题。

关键词

高速铁路; 简支梁; 高位落梁

1 工程概况

黄固特大桥起讫里程为改DK16+832.8~DK39+951.722,全长23.118Km;其中73#-74#墩之间40m单(双)线现浇梁,截面布置见图1、78#-79#墩之间24m单线现浇梁梁端均为连续梁,截面布置见图2,梁缝宽度为15cm,张拉无操作空间,需要采用高位落梁,落梁高度见表1。

桥位所在区域地层为第四系全新统冲洪积层(Q₄^{ol+pl})黏土、粉质黏土、粉土、粉砂、细砂、中砂、粗砂、细圆砾土、粗圆砾土、第四系上更新统冲洪积层(Q₃^{ol+pl})黏土、粉质黏土、粉土、粉砂、细砂、中砂、粗砂、砾砂、细圆砾土、粗圆砾土,下伏白垩系下统(K1)泥灰岩,局部地表覆盖第四系全新统

人工堆积层(Q₄^{pl})素填土、杂填土、填筑土。

表1 落梁高度表

序号	箱梁类型	梁截面高度(m)	落梁高度(m)
1	24m 双线简支梁	2.6	2.7
2	24m 单线简支梁	2.6	2.7
3	40m 双线简支梁	3.75	3.8
4	40m 单线简支梁	3.75	3.8

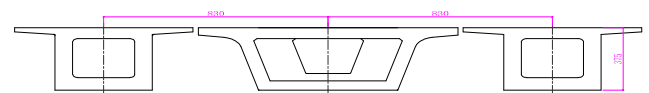


图1 73#-74#墩40m单、双线梁截面



图2 78#-79#墩24m单、双线梁截面

2 落梁装置设计

2.1 落梁施工方案

落梁施工前需在梁体两侧搭建钢管立柱,与现浇支架同时搭建。靠近墩一侧钢管立柱立于承台上,另一侧钢管立柱立于条形基础上,在墩上用设计的A、B两类垫块焊接件将千斤顶垫起。落梁采用4台500T千斤顶落梁。每个墩子放置两台落梁千斤顶,千斤顶位置预埋上钢板。当垫石顶空间不足放垫块时,墩顶垫石以外位置用型钢及钢板垫至与垫石同一高度,以保证垫块安装。

落梁时保证单个墩子两台千斤顶同步,500T落梁顶采用一拖二双控系统同步落梁,双控系统即保证单个墩子两台千斤顶的压力和位移同时同步。同时保证两个相邻墩子4个顶的落梁高差控制在5cm以内,确保落梁稳定,相邻两个墩子同步精度为5cm,同步精度达到2mm。同时采用人工测量,确保精度。落梁到位后,复核梁体纵、横向轴线位置,如有偏差,在支撑钢管位置安装纠偏装置,对梁体进行偏差修正。

2.2 落梁支架设计

根据地基承载力检验结果,设计条形基础,条形基础宽2.5m,高1m,长度方向为每一侧基础边缘距离钢支撑净距不小于50cm。基础底部设置单层钢筋网片^[1],钢筋采用直径16mm螺纹钢,纵横向间距均为20cm。条形基础顶部钢管主要起稳定支撑梁体钢管作用,条形基础受力较小,采用C30混凝土。

钢管支架为前后两排,中间设置剪刀撑及横向连接。其中远离墩身一侧采用 $\Phi 500 \times 10 \text{mm}$ 钢管,主要起稳定作用,靠近墩身一侧钢管作为主要受力钢管。其中40m双线筒支箱梁采用 $\Phi 830 \times 14 \text{mm}$ 钢管,40m单线筒支箱梁和24m双线筒支箱梁采用 $\Phi 630 \times 12 \text{mm}$ 钢管,24m单线现浇梁采用 $\Phi 500 \times 10 \text{mm}$ 钢管。

钢管立柱顺桥向间距均为4m,40m双线筒支梁钢管横向间距为3.88m,40m单线筒支梁钢管横向间距为2.76m,24m双线筒支梁钢管横向间距为4.26m,24m单线筒支梁钢管横向间距为2m。钢管顶部在落梁高度范围内钢管均采用1m标准

钢管。钢管与钢管之间采用螺栓进行连接, $\Phi 500 \times 10 \text{mm}$ 钢管之间采用M20螺栓连接, $\Phi 630 \times 12 \text{mm}$ 钢管和 $\Phi 830 \times 14 \text{mm}$ 钢管均采用M22螺栓连接,连接螺栓均为8个。40m梁落梁钢管立柱布置图见图3、图4。

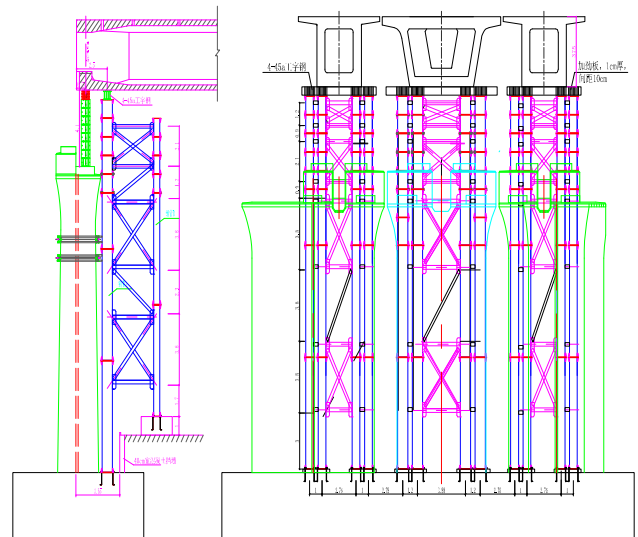


图3 40m梁落梁钢管立柱立面图

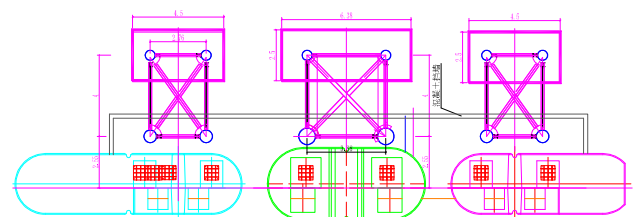


图4 40m梁落梁钢管立柱平面图

2.3 落梁垫块及纠偏装置设计

2.3.1 落梁垫块设计

在落梁过程中,需要垫块将千斤顶垫起,共将用到四种垫块。其中A类垫块焊接件尺寸为 $700 \times 700 \times 450 \text{mm}$,单层支点有7个型钢焊接件组拼;B类垫块采用型钢加筋焊接而成,尺寸为 $600 \times 300 \times 150 \text{mm}$;C类垫块为调节钢板,尺寸为 $500 \times 500 \times 20 \text{mm}$;D类垫块为调节钢板,尺寸为 $500 \times 500 \times 10 \text{mm}$ 。

垫块安装前,要对垫块位置标高进行复核,确保每一片梁的几个垫块标高一致,以控制垫块顶标高,保证垫块均匀受力。为保证落梁的安全可靠性,临时支点垫块A之间通过4个M20螺栓栓接,底部与墩顶采用4个M20膨胀螺栓连接,保证临时支点落梁稳定。

2.3.2 纠偏装置设计

纠偏装置由纠偏底座、反力座、纠偏千斤顶、纠偏滑块组成。纠偏底座由3-I32工字钢组成，反力座由钢板焊接而成，纠偏滑块与纠偏底座之间设置聚四氟乙烯滑板，纠偏底座具体结构如图5所示。

纠偏时，梁体落在纠偏滑块上，两台纠偏千斤顶同时启动，推动纠偏滑块移动以达到纠偏目的。纠偏时先进行纵向纠偏，再进行横向纠偏。纵向纠偏完成后，落梁千斤顶工作，将梁体顶起1-2cm，然后将纠偏底座旋转90度，落梁千斤顶工作，梁体下落支撑与纠偏装置上，进行横向位置纠偏。

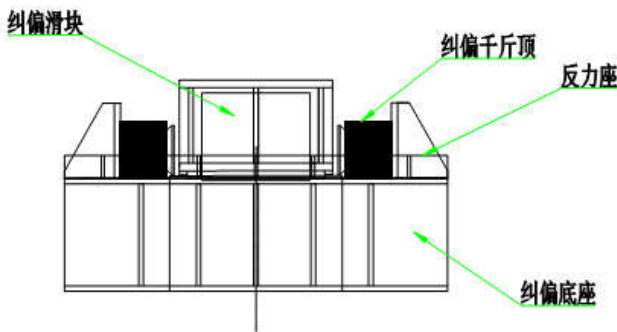


图5 纠偏装置图

3 落梁装置检算

3.1 钢管支架检算

落梁支架主要承受上部现浇梁的梁体重量，支架中4根靠近墩身侧的钢管承受重量，而远离墩身侧钢管主要起稳定作用。落梁梁体主要重量见表2。

表2 箱梁主要参数表

序号	箱梁类型	C50 砼 (m ³)	钢筋 (t)	φ15.2 钢绞线 (t)	梁截面高度 (m)	梁体重量 (t)
1	24m 单线筒支梁	125	29	2.4	2.6	331
2	24m 双线筒支梁	216	48	4.8	2.6	571
3	40m 双线筒支梁	462	81	15.6	3.75	1206
4	40m 单线筒支梁	275	57	8.6	3.75	725

3.1.1 40m 梁跨荷载计算

40m 双线梁总重 12060kN，考虑 1.2 分项系数， $1.2 \times 12060 = 14472\text{kN}$ 。

平均单根立柱承受的力(按4根计算)为 $14472/4 = 3618\text{kN}$ 。

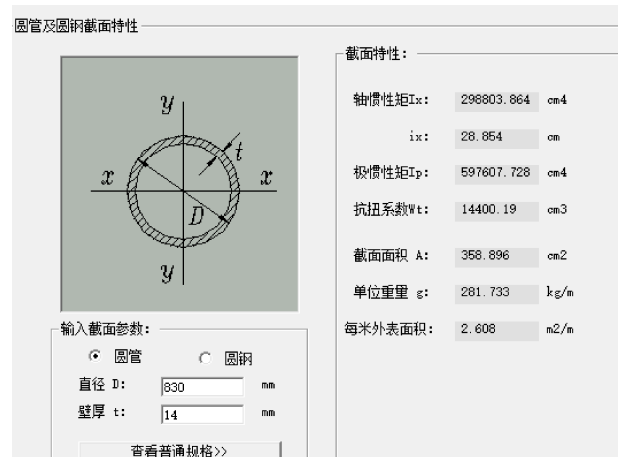


图6 φ830 钢管参数图

单根立柱计算长度 l_0 按 3.84m 考虑， $\lambda = l_0/i = 3840/288.54 = 13.3$ ，查表 $\varphi = 0.986$ ， $N = \varphi fA = 0.986 \times 215 \times 35889.61 = 7608\text{kN} > 3628\text{kN}$ ，满足要求。φ830 钢管参数见图6。

同理，可计算 40m 单线梁采用 φ630*12mm 钢管、24m 双线梁采用 φ630*12mm 钢管、24m 单线梁采用 φ500*10mm 钢管结构设计检算满足要求。

3.1.2 垫块检算

临时支垫结构受力计算如图7。

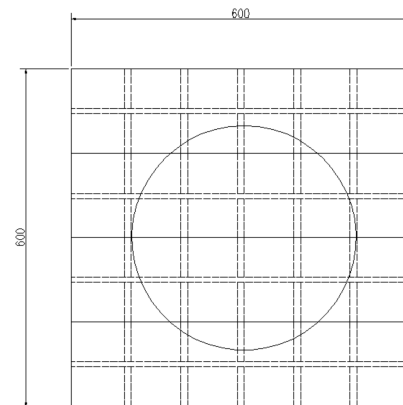


图7 B 垫块图

500T 顶 B 垫块尺寸 $600 \times 600 \times 150\text{mm}$ ，筋板厚度 12mm 钢板，材质 Q235。

垫块 B 竖向受压：

$$A_{s1} = 21750\text{mm}^2, \sigma = \frac{N}{A_{s1}} = \frac{361 \times 10^4}{21750} = 166\text{MPa} \leq 170\text{MPa}, \text{ 满足要求。}$$

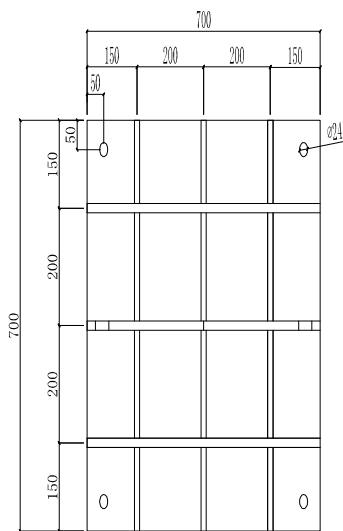


图8 A 垫块图

A 垫块尺寸为 $700 \times 700 \times 450\text{mm}$ ，见图8，筋板厚度20mm 钢板，材质 Q235。

垫块 A 全截面竖向受压：

$$A_2 = 84000\text{mm}^2, \sigma = \frac{N}{A_{s1}} = \frac{361 \times 10^4}{84000} = 43\text{MPa} \leq 170\text{MPa}，\text{满足要求。}$$

4 落梁施工

4.1 基础施工

落梁靠近墩身主要受力一排钢管直接支撑在承台上，与承台之间采用地脚螺栓连接，地脚螺栓直径为22mm，长度为50cm，地脚螺栓在承台上利用锚固钢筋进行锚固。

远离墩身一排主要起稳定作用，钢管立柱支撑在条形基础上，地基承载力不小于250KPa，当地基承载力不足时，对不符合要求部分土层进行挖除换填砖渣并分层碾压至符合要求。条形基础采用C30混凝土浇筑，条形基础宽2.5m，高1m，长度方向为每一侧基础边缘距离钢支撑净距不小于50cm。基础底部设置单层钢筋网片，钢筋采用直径16mm螺纹钢，纵横向间距均为20cm。条形基础上预埋地脚螺栓与钢管支撑进行连接，地脚螺栓直径为20mm，长度为70cm。

4.2 钢管支架施工

钢管支架与现浇支架同时施工。钢管利用吊车安装，首先安装底部一节6m钢管，当第一节安装完成后，先焊接剪刀撑，待第一节管节范围内剪刀撑焊接完成后，再安装上一节钢管。钢管与钢管之间采用螺栓进行连接， $\Phi 500 \times 10\text{mm}$ 钢管之间采用 M20 螺栓连接， $\Phi 630 \times 12\text{mm}$ 钢管和 $\Phi 830 \times 14\text{mm}$ 钢管均采用 M22 螺栓连接，连接螺栓均为8个。每安装一节

钢管，对钢管垂直度进行检查，检查无误后方可进行剪刀撑及顶部下一节钢管的安装。当基础底部不平整时，钢管底部利用薄钢板进行垫塞，以确保钢管垂直度，钢管安装完成后，对钢管底部利用支座灌浆料对底部缝隙进行封堵。

钢管与钢管间纵、横、水平方向利用 [20a 槽钢焊接剪刀撑，剪刀撑与钢管之间利用耳板进行焊接。其中40m单（双）线筒支梁剪刀撑竖向间距不大于3.8m，24m单（双）线筒支梁剪刀撑竖向间距不大于4m，顶部一道剪刀撑加密。在距离墩顶4m位置设置两道抱箍与钢管进行连接，两道抱箍间距为1m，抱箍采用2[20a槽钢设置，抱箍通过墩身拉杆孔进行加固。抱箍与钢管之间采用2[20a槽钢进行连接。抱箍设置示意图见图9、图10。

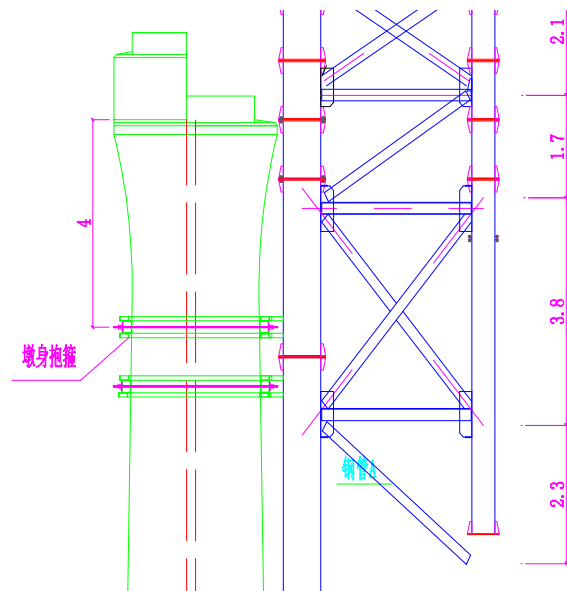


图9 抱箍设置立面示意图

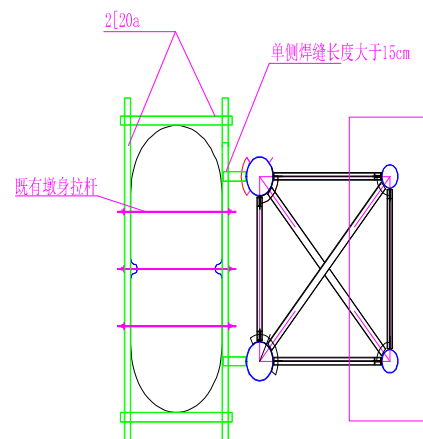


图10 抱箍设置平面示意图

4.3 落梁施工

4.3.1 设备的安装和拆除

(1) 设备安装和拆除采用搭设脚手架的方法, 采用脚手架钢管搭设滑道, 采用手拉葫芦进行设备安装和拆除。见图 11。

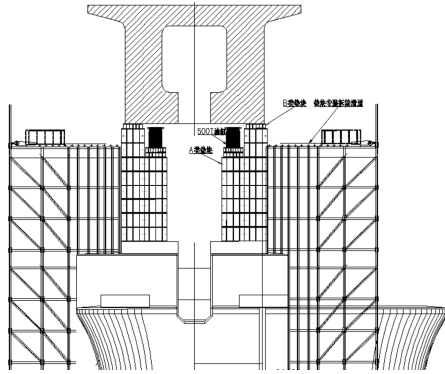


图 11 设备安装平台立面图

(2) 设备分为落梁临时支点和千斤顶支点, 液压控制系统和设备管线及辅助设施。支撑垫块支撑在支座预埋钢板上, 千斤顶支撑在防移落梁位置, 设备布置图见图 12。

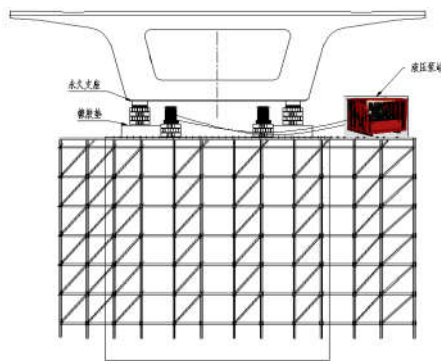


图 12 设备布置图

(3) 两侧墩各布置两台 500T 双作用千斤顶和落梁垫块, 落梁垫块采用焊接件组拼而成, A 类垫块焊、B 类垫块采、C 类垫块、D 类垫块。落梁设备布置图见图 13、图 14。

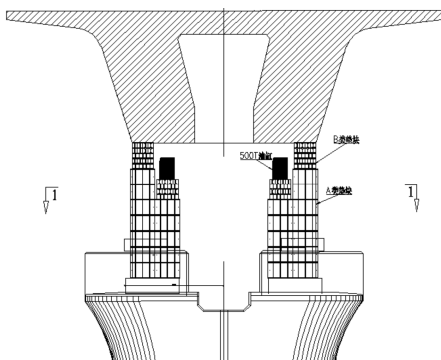


图 13 落梁临时支点立面布置图

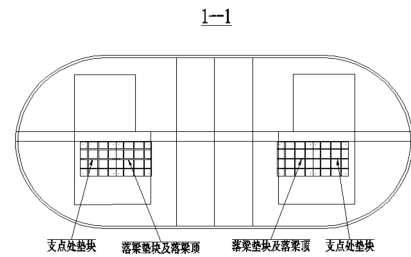


图 14 落梁临时支点平面布置图

4.3.2 梁及纠偏步骤

(1) 步骤一: 安装落梁垫块和 500T 落梁顶见图 15。

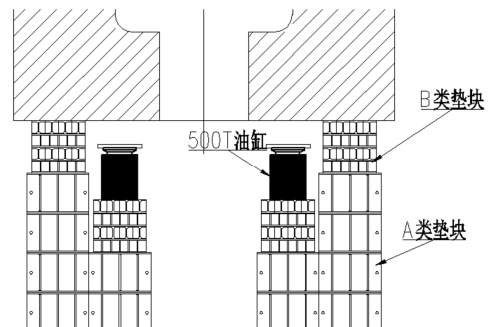


图 15 油缸安装

(2) 步骤二: 将梁体同步顶升见图 16, 拆除支架, 拆除支撑钢管顶部横梁。

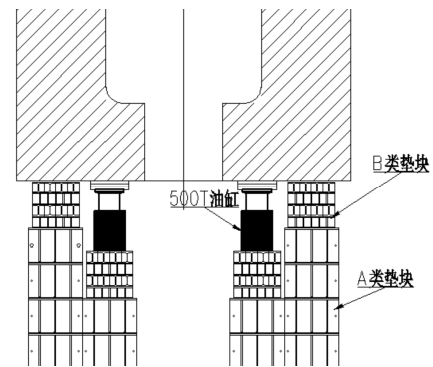


图 16 油缸顶升

(3) 步骤三: 临时支点拆除一块垫块 B, 落顶见图 17, 然后拆除顶下部一块垫块 B。

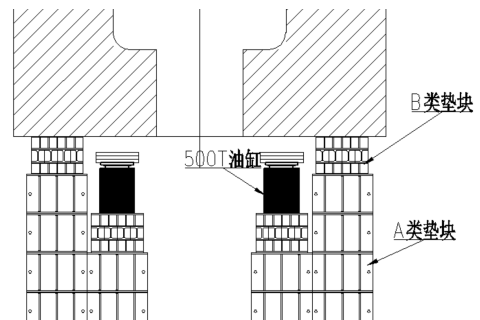


图 17 拆除 B 垫块

(4) 步骤四: 重复步骤三, 继续落梁, 直至落至拆除最后一个 B 垫块, 落梁过程中, 逐步拆除支撑钢管。

(5) 步骤五: 拆除最后一个 B 垫块, 安装永久支座, 复核支座位置。

(6) 步骤六: 继续落梁至设计标高, 复核梁体高程及轴线位置, 如有偏差时进行纠偏, 复核无误后, 进行支座灌浆料灌注。

(7) 步骤七: 待支座灌浆料强度达到 20Mpa 后, 拆除千斤顶及其他垫块等临时支撑, 完成梁体施工。

(8) 纠偏步骤: 落梁到位后, 复核梁体纵、横向轴线位置, 如有偏差, 在支撑钢管位置安装纠偏装置, 纠偏时先进行纵向纠偏, 纵向纠偏完成后, 落梁千斤顶工作, 将梁体顶起 1-2cm, 然后将纠偏底座旋转 90 度, 落梁千斤顶工作, 梁体下落支撑与纠偏装置上, 进行横向位置纠偏。

4.4 施工要点

(1) 千斤顶的安装位置应准确, 各个方向的偏差不得超过 5mm, 并确保千斤顶中心在同一直线上。

(2) 梁体两端高差应控制在 50mm 以内, 确保在施工过程中梁体不会出现开裂及下落过程中的纵向偏移。

(3) 严格控制标高、中线, 确保梁体同端支点在同一个平面, 其高差不能大于 2mm。

(4) 油泵操作应做到给油、回油均匀一致。

5 保证安全和质量的措施

5.1 保证安全的措施

(1) 施工及管理人员进场前按工种进行安全教育培训和安全技术交底。

(2) 制定施工临时用电方案和大型起重设备操作规程。

(3) 梁体周围设置好围栏及临边防护, 于醒目位置悬挂警示标示标牌。

(4) 落实好高空防坠落及夜间照明视线清晰的措施。

(5) 跨路施工按照交通导行方案设置必要的照明灯、警示灯、警示牌、安全锥以及交通安全员, 保证交通安全。

5.2 保证质量的措施

(1) 技术人员对落梁支架施工的每道工序进行认真检查, 确保支架施工质量。

(2) 落梁施工前对千斤顶进行试顶, 测试各千斤顶在顶升和回缩过程中步调一致性及设备性能。

(3) 落梁施工前, 对全体参与人员要熟悉落梁的每一步骤和技术要求, 并进行任务分工, 做到各司其职。

6 结语

(1) 在黄固特大桥施工中, 自主设计了落梁钢管支架, 通过增加横、纵向连接系等措施, 提高钢管支架的整体刚度及稳定性。对钢管支架各部位 A、B 垫块及纠偏装置进行检算, 确定设计的合理性。

(2) 制定了详细的落梁施工方案, 通过对落梁千斤顶同步控制、控制梁体的空间位置、精确测量控制落梁误差、落梁就位梁体纠偏, 形成一套高精度高位落梁施工技术, 保证了落梁之后桥梁整体结构符合设计。

参考文献

- [1] 赵天文. 高速铁路现浇简支梁改为预制梁施工技术研究 [J]. 建筑技术开发, 2017, 44(03): 63-64.