

拐脚龙门架在新孟河延伸工程桥梁施工中的应用

解云峰 胡淑文 冯德轩

江苏淮源工程建设监理有限公司 江苏 淮安 223005

摘 要: 根据湟里河东支河桥采用的拐角龙门安装箱梁的现场实践, 对拐角龙门在特殊环境中的安装技术、施工工艺、操作控制作了介绍。

关键词: 拐角龙门架; 道路工程; 桥梁吊装

新孟河延伸拓浚工程湟里河东支河桥位于新孟河桩号CS51+400与湟里河交接处。湟里河东支河桥设计跨径组合为16+30+16m, 设计桥宽5.2m, 桥梁上部结构第一、第三跨均采用16m先张法预应力砼空心板梁, 梁高80cm; 第二跨采用30m后张法预应力混凝土简支箱梁, 梁高160cm。先张法预应力砼空心板梁边梁最大安装重量17.9t, 中梁最大安装重量24.5t。后张法预应力砼简支梁最大安装重量98.7t。

根据施工现场实际情况和施工条件。桥梁上方为因桥位3#台(南桥台)上空110KV高压线(该高压线距离桥面高约14m、距离南桥台场地原地面高约18m)影响, 桥梁预制箱梁采用拐脚龙门安装。

1 拐脚龙门架结构

拐脚龙门组成: 拐脚龙门由龙门支腿、前横梁、后枕梁、主纵梁及前后天车组成。

龙门支腿: 由1.5m×1.5m×3.0m的桁架标准节组成, 在桁架顶部设置2根φ32.5cm无缝钢管作为前横梁及后枕梁支腿支撑点; 同时在无缝钢管上设置φ50mm销孔, 可上下调节支腿高度, 调节高度范围为2m。2根无缝钢管顶部设置2根32#b型工字钢, 作为前横梁及后枕梁的支撑梁;

前横梁: 由上加强单层双排贝雷桁架组成, 横梁顶部设置横移轨道, 与横梁焊接固定连成整体;

后枕梁: 由δ16mm钢板焊成宽50cm、高25cm的钢箱梁, 在钢箱梁顶部设置2根双拼32#工字钢组成, 轨道安装在双拼32#工字钢之间;

主纵梁: 由2组单层三排贝雷桁架组成, 每组每排由11片不加强贝雷桁架组拼(总长33m)而成, 2组桁架之间采用宽度为1.05m连接片联结; 主纵梁净跨31m。

天车: 由纵移轮箱及5T卷扬机组成, 天车固定安装在主纵梁上, 两台天车间距28m。

1.1 起重能力: 2×80t; 架设跨径: 30m;

1.2 喂梁方式: 侧方运梁车喂梁;

1.3 吊钩提升速度4m/min, 提升天车纵移速度3.1m/

min, 提升天车横移速度3.1m/min, 桥机纵移速度2.3m/min, 桥机横移速度2.3m/min。

1.4 适应纵坡: 3%; 适应横坡: 2%; 适应最小曲线: 150m; 适应斜交桥: 0~45°。

1.5 整机过孔方式: 步履式纵移, 无需尾部配重、无需桥机纵移轨道; 整机自重: 31t。

2 拐角龙门架验算

2.1 设计说明

2.1.1 本计算书拟对拐角龙门进行如下简化验算

对33m主纵梁两组三排单层不加强型贝雷片纵梁按正交简支梁进行计算。连接件、斜撑等起稳定作用的附属构件不作受力计算。

2.1.2 荷载

主纵梁使用中起吊30m箱梁自重98.7t, 考虑2%冲击系数后 $F = 98.7t \times 1.02 = 100.7t$; 拐角龙门33m长主纵梁自重(含天车、钢轨等)26.2t、支腿自重2t/个, 主纵梁自重均布荷载 $q = 26.2t/30m$ (有效跨径) $= 0.87t/m$ 。

2.2 主纵梁强度、刚度验算

在使用工况下, 主纵梁主要受箱梁荷载和自重的作用, 在跨中处产生最大弯矩, 在支腿处产生最大剪力。根据《装配式公路钢桥使用手册》:

两组三排单层不加强贝雷桁架的允许内力: $[M] = 4492.8kN \cdot m$, $[Q] = 1397.8kN$, 贝雷梁截面惯性矩 $I = 1502983.2cm^4$, 截面抵抗弯矩 $W = 21471.2cm^3$, 弹性模量 $E = 2.1 \times 105MPa$, $EI = 3156264.72kN \cdot m^2$ 。^[1]

2.2.1 主纵梁最大弯矩计算

计算跨径30m, 根据结构力学求解器求得荷载内力计算结果可得: 主纵梁跨中最大弯矩 $M_{max} = 1482.25kN \cdot m$ $< [M] = 4492.8kN \cdot m$, 故满足抗弯要求。

2.2.2 主纵梁最大剪力计算

计算跨径30m, 根据结构力学求解器求得荷载内力计算结果可得: 主纵梁支腿处最大剪力 $Q_{max} = 634kN$ $< [Q] = 1397.8kN$, 故满足抗剪要求。

结论：在最不利荷载作用时，主纵梁（两组单层三排贝雷桁架）能满足强度要求。

2.2.3 主梁挠度验算

计算跨径30m，根据结构力学求解器求得位移计算结果可得：主纵梁跨中最大挠度： $f_{\max} = 4.7\text{cm} < L/400 = 3000/400 = 7.5\text{cm}$ ，故满足要求。

结论：在最不利荷载作用时，主纵梁（两组单层三排贝雷桁架）能满足刚度要求。

2.3 支腿地基承载力计算

根据上述计算可知主纵梁在前横梁及后横梁处的支点反力为634kN，且拐脚龙门支腿下路基钢板箱板为1.5m*1.5m，则拐脚龙门每个支腿处地基受力 $P = (634\text{kN}/2 + 20\text{kN}\text{支腿自重}) / 2.25\text{m}^2 = 15\text{t}/\text{m}^2$ 。

拐脚龙门支腿落点处的地面向下40cm采用掺6%石灰分两层填筑压实（22t单钢轮振动压路机）加固处理后，然后在其顶面满铺1cm厚钢板，对应墩台拐脚龙门支腿落点处钢板顶面再铺设路基钢箱板（采用钢板焊接而成1.5m*1.5m*0.2m）形成支点平台，因此地基承载力最小为 $20\text{t}/\text{m}^2 > P = 15\text{t}/\text{m}^2$ ，故满足要求。

2.4 钢丝绳的选用及计算

箱梁跨径为30m，最大起吊重量为（考虑3%冲击系数） $F = 98.7\text{t} * 1.02 = 100.7\text{t}$ ，采用双肢单股吊索兜底捆绑吊装，钢丝绳规格6*61+1，绳径 $d = 66.5\text{mm}$ ，公称抗拉强度 $p = 1850\text{Mpa}$ ，钢丝绳断面积 1654.91mm^2 ，吊索与构件水平夹角 60° ，起重吊索钢丝绳受力 $F_1 = F/4 \div \sin 60^\circ = 1007 \div 4 \div 0.866 = 290.7\text{kN}$ 起重吊索钢丝绳破拉力 $P =$ 查表钢丝绳破断拉力总和*换算系数 $C = 3060 \times 0.8 = 2448\text{kN}$ 。

结论：吊索安全系数 $k = P/F_1 = 2448 \div 290.7 = 8.4 > 8$ ，故满足要求。

3 拐脚龙门拼装、工艺及控制

3.1 拐脚龙门拼装方法

根据施工现场情况，首先在便道上利用2部50t吊车辅助拼装前横梁（单层双排贝雷桁架），后枕梁（由816mm钢板焊成宽50cm、高25cm的钢箱梁在钢箱梁顶部设置2根双拼32#工字钢组成）；主纵梁（2组单层三排贝雷桁架），将后枕梁吊设置在已安装就位的北侧边跨16m板梁的1#墩顶位置，前横梁吊放在2#墩盖梁顶钢马墩上（2#墩盖梁上设置长、宽、高均为50cm钢马墩，间距1.5m），主纵梁（配行走电机及起吊天车，重约26吨）设置于前横梁及后枕梁的轨道上，伸出盖梁部位运用可调节高度的拐脚龙门支腿进行支撑。然后进行专业调试，检查各个电器设备、起重设备的运行情况，各个元件运行是否正常等检查及试运行。

拐脚龙门在桥梁西侧过河施工便道上拼装，测量人员按照铺轨图详细尺寸，利用全站仪将轨道中心线放样到桥面上，准确测出前后支腿位置。

拐脚龙门的安装组拼顺序：拼装主纵梁及前横梁贝雷架→测量定位→铺设支腿路基钢箱板→安装龙门钢支腿→吊装前横梁、后枕梁→吊装主纵梁、液压系统、操作台、接通电源→初步运行检查调试^[2]。

3.1.1 安装后枕梁及前横梁钢支腿

用汽车吊将后枕梁及前横梁外侧钢支腿安装稳固，支墩下铺设路基钢箱板。

3.1.2 吊装后枕梁及前横梁

用汽车吊将后枕梁及前横梁安装在墩台及钢支腿上，同时将主纵梁行走轨道安装连接固定。

3.1.3 吊装后枕梁（桥台或盖梁上）

后枕梁及主纵梁行走轨道摆放：用汽车吊将后枕梁及主纵梁行走轨道各节摆放在桥台背墙或已安装就位的16m预制梁端头上，底部不平时用方木或钢板支垫；并用螺栓把各节主纵梁行走轨道连成一体，且尽可能保持轨道见无错台。

3.1.4 吊装前横梁（盖梁上）

钢马墩摆放：用汽车起重机将长宽高各为50cm钢马墩按照间距1.5m逐个安放在桥墩盖梁上；

前横梁及主纵梁行走轨道安装：用汽车吊将前横梁（单层双排贝雷桁架）及主纵梁行走轨道拼放至已安设好的钢马墩上，底部不平时用钢板支垫；并用螺栓把各节主纵梁行走轨道连成一体，且尽可能保持轨道见无错台。

3.1.5 吊装主纵梁及天车

行走电机减速机总成的安装：用螺栓把电机减速机总成安装在主纵梁下部电机横梁上，添加齿轮油；

起重天车的安装：把起重天车安放固定在主纵梁上；

卷扬机的安装：把卷扬机摆放在起重天车上，用螺栓固定，添加齿轮油；

吊具的安装：卷扬机松绳，缠绕钢丝绳，用绳扣固定钢丝绳，把吊具与滑轮连接；

主纵梁的安装：用2部50T吊车将拼装好的主纵梁（包括天车等）吊至后枕梁及前横梁主纵梁行走轨道上。

3.1.6 全面安检

对有开口销的地方进行全面检查，补上遗漏的，修改错误的；

对桥机上的全部螺栓进行紧固，补上遗漏的螺栓；

对有齿轮的地方检查是否遗漏涂抹润滑脂；

检查卷扬机是否有足够的齿轮油；

3.1.7 拼装完成后试运行

在拐脚龙门试车前,必须检查电动机的转向是否正确。同一运行机构各电动机转向是否相同,调整天车卷扬机制动瓦块与制动间隙,检查各减速机内油量是否充足,待检查确认后方可试车运行。

3.2 空载实验

①主纵梁空载沿前横梁及后枕梁轨道来回走数次,车轮无明显打滑现象。

②开动提升机构,空钩升降数次,开关动作灵敏准确。

3.2.1 静载实验

把主纵梁两台提升天车载边跨边梁离地面100mm处,悬停一分钟,检查主梁是否有残余变形,反复数次后,主梁不再有残余变形。

3.2.2 动载实验

以1.1倍最大梁重使起升机构和提升天车在5m内慢速反复运转、启动各制动机构的制动器,电器控制灵敏,准确、可靠,主梁震动正常,机构运转平衡。卸载后各机构和主梁无损伤和变形。

3.3 前横梁抗倾覆措施

前横梁贝雷片组安装时,底部横设3m长加强弦杆,弦杆两头用Φ22精轧螺纹钢固定于盖梁上,防止前横梁贝雷片组倾覆,抗倾覆设施每片盖梁设置2组,分别于盖梁两端处设置,注意避开支座垫石位置设置。

3.4 箱梁架设与就位

3.4.1 拐脚龙门主纵梁空载横移至侧方喂梁处

拐脚龙门已在安装调试完毕,首先将主纵梁横移至侧方喂梁辅道上。

3.4.2 喂梁

用运梁车将待架设的梁运至桥梁西侧便道龙门支腿和盖梁之间起梁位置,横向移动主纵梁至梁体正上方。

3.4.3 起吊箱梁,并垂直提梁

前后天车放下吊具,同时起吊箱梁两端,并垂直提梁至梁底高度超过盖梁挡块后即可。起吊时应慢速,当箱梁脱离运梁车约100mm时停止提升梁板:一方面指挥两端起梁天车调整,使箱梁在起吊过程中同步升降和保持水平;另一方面检查拐脚龙门各部及整体稳定。确认正常后指挥运梁车驶离现场,再继续缓慢提升板梁。

3.5 横移

箱梁两端高度超过盖梁挡块后,开动横移走行轮箱,主纵梁携梁整体横移至具体箱梁安装位置。

3.6 落梁就位

梁体停止横移,并稳定后下落就位。就位时横向通

过纵梁横移调整,纵向通过天车前后纵移调整落梁就位。就位后检查支座位置,上垫板位置是否安装正确,检查梁体理论支承线与支座中心是否重合,梁轴线等是否符合规范要求,并焊接梁体间部分湿接缝钢筋后形成整体稳定,方可取走挂架,按设计固定好箱梁将主纵梁横移到侧方喂梁区,准备下一片梁的架设。

4 结语

拐角龙门架在根据施工现场地形和条件限制,现场吊装高度无法满足吊装需求,拐角龙门架可以对现场箱梁、板梁进行吊装,可以安装任意一孔,任意梁体,拐角龙门架大大缩短了施工准备时间,提高了施工效率。同时,其灵活的移动性也使得在有限空间内的操作变得更为便捷。

实践证明,湟里河东支河桥采用拐角龙门架凭借其独特的拐角设计和灵活的移动性,成功解决了施工难题,提高了施工效率,确保了项目的顺利进行。同时,拐角龙门架的安全保护系统也确保了施工过程中的安全性,为项目的成功实施提供了有力保障。如图1所示:

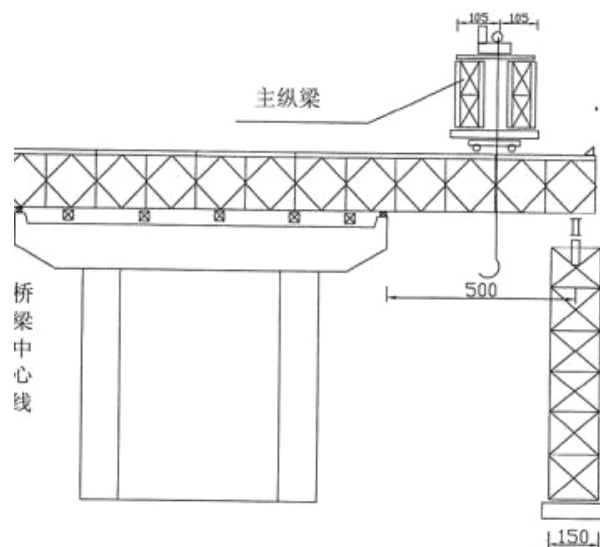


图1 拐角龙门架结构图

参考文献

- [1]《建筑地基基础设计规范》:中华人民共和国住房和城乡建设部.(GB50007—2011).《建筑地基基础设计规范》北京,中国建筑工业出版社,标准发布于2011年。
- [2]《龙门架安全技术规范及条文说明》:天津市建筑工程局(JGJ—92):《龙门架及井架物料提升机安全技术规范》.北京,中国建筑工业出版社.1993年1993年8月1日起施行。