

3.6 其他保养维护措施

维护防尘风机,在运行过程中定期全面检测设备温度,把温度控制在合理范围内,避免温度过高烧毁机械内部线路;及时检查集尘袋中是否存在障碍物,防止影响防尘风机运行状态;定期维护风机连接和固定装置,避免风机出现位移、脱落问题;定期清洗风机叶片、叶轮,提高风机运行效率^[6]。选择合适的过滤器,确保其精度符合设计要求,避免污染物侵入液压系统,确保铜冶炼生产的顺利进行。制定良好的轴承保养维护工作计划,保证合金质量满足轧钢机械设备的标准,定期清洁保养轴承的保护层,清洁轴承表面的油渍、异物,减少轴承锈蚀。

4 液压系统的保养维护措施

4.1 控制内部固有污染源

在安装系统前,需要对各个零部件进行严格冲洗,首先要合理把控清洗液的比例和用量,如酸洗液、钝化液、中和液;此外还需要选择流量较大的冲洗装置,确保管道中的液流始终处于紊流状态。在此基础上对各个元件进行充分冲洗,尽量把内部固有污染物全部冲洗出来。完成冲洗作业后,需要在热态状态下把冲洗液排出去。为了提升保养维护效率,需要选择正规厂家购买液压元件,保障其规格、质量符合设计要求;同时要强化液压油管理工作,避免受到污染,才能充分发挥其应用价值。

4.2 控制外部污染物入侵

铜冶炼生产环境较为复杂且恶劣,往往出现高温、高湿、粉尘等问题,严重危害液压系统的正常运行,甚至加大故障发生概率。针对这种情况,需要严格控制外部污染物的入侵,如在油箱通气孔、活塞杆位置安装防尘装置,严禁外漏液压油回流到油箱内;在故障维修过程中,如果需要对整体设备结构进行解体,需要防控空气中的粉尘等污染系统内部元件;在对液压管路进行拆修过程中,需要对接头位置的污垢进行彻底清洗,防止在拆卸、安装过程中污垢进入系统中;在非必要情况下,严禁随意拆卸液压元件,如果必须拆卸的情况,就需要把零件进行彻底清洗,吹干后放置在干净整洁的地方,避免受到外界污染;维修人员要定期清除液压系统表面油污、尘土,并及时清洗和更换滤油器滤芯;严禁冷却器等装置中的水源渗入系统中,保障整体液压系统的正常运行^[7]。

4.3 强化保养维修

在铜冶炼产生过程中,液压系统往往需要在高温、多尘等恶劣环境中进行工作,容易受到外物污染,加快零部件磨损程度,降低铜冶炼生产精度,缩短设备使用寿命,加大了液压系统故障发生概率。为了保障铜冶炼生产的安全稳定运行,要编制完善的保养维修方案,明确日常维修内容,尤其需要制定标准的维修保养流程和规程,做好液压系统的日常保养维护工作,尤其要维护冷却系统,把液压泵入口温度控制在60℃以下,冷却液温度不超过40℃,这样才能避免液压系统发生温度过高现象。在日常保养过程中,需要日常检查液压管路、接口,避免出现泄漏、损坏问题,保障管路的完整性和密封性;检查液压缸、液压马达,避免出现泄漏、卡滞问题,促进整体液压系统的正常运行。

5 结论

综上所述,为了提升铜冶炼生产效率和产品质量,需要做好冶金设备机械与液压系统的保养维护工作,保障整体的安全可靠运行,减少外物入侵液压系统,强化液压冷却系统保养维护。此外要引进科学合理的故障诊断方法,如直观诊断法、仪器诊断法、智能诊断法等,针对机械设备,通过更换磨损零件、调整设备配置、加固松动部件、清理堵塞物等方式进行处理。针对液压故障,需要通过更换液压油和滤芯、修复或更换泄漏管路、调整或更换控制阀、密封液压缸等方式进行处理。

参考文献

- [1] 李玉峰. 关于冶金设备机械与液压系统的保养与维护分析 [J]. 冶金与材料, 2025, 45 (11): 64-66.
- [2] 孟孝洲. 冶金设备机械与液压系统的保养及维护分析 [J]. 中国设备工程, 2023, (24): 85-87.
- [3] 白铭. 冶金设备机械与液压系统的保养与维护探讨 [J]. 中国设备工程, 2023, (22): 50-52.
- [4] 郑开方. 冶金设备机械与液压系统保养维护分析 [J]. 冶金管理, 2022, (03): 79-81.
- [5] 王业新. 浅谈冶金设备机械与液压系统的保养与维护 [J]. 中国金属通报, 2020, (07): 284-285.
- [6] 杨喆. 浅谈如何保养与维护冶金设备机械与液压系统 [J]. 冶金与材料, 2019, 39 (04): 184+186.
- [7] 刘海. 浅谈如何保养与维护冶金设备机械与液压系统 [J]. 世界有色金属, 2019, (03): 33-34.

(130+305+130)m Double-Tower Single-Cable-Span Concrete Cable-Stayed Bridge: Overall Design

Xingyao Chen Sheng Tan

China Railway Second Survey and Design Institute Engineering Group Co., Ltd., Mianyang, Sichuan, 610031, China

Abstract

The Helong Extra-large Bridge, located in Sangzhi County, Zhangjiajie City, Hunan Province, spans the Yuquan River and Lishui River. This research focuses on the bridge's overall design, including span layout, structural system, main girder, and tower design. The main girder adopts a single-box five-chamber inclined web section, while the tower features a single-column hollow section with a pier-tower consolidation system. The main piers use double-leg rectangular thin-walled piers, supported by 20 piles beneath the abutment. A spatial model was established using Midas to verify the bridge's strength, stiffness, and seismic performance. Results indicate that the maximum compressive stress during construction reaches 16.0MPa, with a vertical deflection of 0.132m (below $L/500$) during operation. The cable stress amplitude meets fatigue requirements, and seismic design effectively controls earthquake responses through the tower-pier-beam consolidation system and seismic isolation bearings. The bridge design balances safety, economy, and aesthetics, providing a reference for similar projects.

Keywords

concrete cable-stayed bridge; overall design; single-box five-chamber main girder; pier-tower consolidation; seismic design; double-leg rectangular thin-walled pier

(130+305+130)m 双塔单索面混凝土斜拉桥总体设计

陈兴尧 谭晟

中铁二院工程集团有限责任公司, 中国·四川 绵阳 610031

摘 要

贺龙特大桥位于湖南省张家界市桑植县, 跨越玉泉河与澧水河, 是一座(130+305+130)m双塔单索面混凝土斜拉桥。本文基于工程实际, 从桥跨布置、结构体系、主梁与桥塔设计等方面展开研究。主梁采用单箱五室斜腹板截面, 桥塔为单柱式空心截面, 墩塔固结体系, 主墩采用双肢矩形薄壁墩, 承台下设20根桩基础。通过Midas建立空间模型, 对桥梁强度、刚度及抗震性能进行验算。结果表明: 主梁施工阶段最大压应力16.0MPa, 运营阶段竖向挠度0.132m(小于 $L/500$), 斜拉索应力幅满足疲劳要求; 抗震设计通过塔墩梁固结体系与减隔震支座有效控制地震响应。该桥设计兼顾安全、经济与景观需求, 可为同类项目提供参考。

关键词

混凝土斜拉桥; 总体设计; 单箱五室主梁; 墩塔固结; 抗震设计; 双肢矩形薄壁墩

1 工程概况

桥址位于湖南省张家界市桑植县回龙村、南岔村境内, 属构造溶蚀、低山地貌。拟建桥梁为跨越玉泉河、澧水河以及村庄而设。

桥址范围内地层为第四系全新统人工填土层(Q_4^{ml}), 冲洪积层(Q_4^{al+pl})粉质黏土、卵石, 坡残积层(Q_4^{dt+cl})粉质黏土、碎石, 下伏基岩为三叠系中统巴东组(T_2b)泥质粉砂岩、灰岩, 嘉陵江组(T_j)泥灰岩。

2 技术标准

- 1) 道路等级: 高速公路(双向四车道)。
- 2) 设计速度: 100km/h。
- 3) 设计荷载: 公路-I级。
- 4) 桥梁宽度: 主桥宽29.2m, 引桥标准宽度 $2 \times 12.5m$ 。
- 5) 设计洪水频率: 特大桥1/300(洪水位274.2m)。
- 6) 地震设防: 地震动加速度峰值为0.05g, 抗震设防基本烈度为VI, 主桥抗震设防类别为A类, 抗震设防措施等级为二级。
- 7) 基本风速:
W1设计重现期10年, 基本风速为22.2m/s(湖南省桑植县1/10);

【作者简介】陈兴尧(1993-), 男, 中国四川绵阳人, 硕士, 工程师, 从事桥梁工程研究。

W2设计重现期100年,基本风速为26.6 m/s(湖南省桑植县1/100)。

3 总体设计

3.1 桥跨布置

贺龙特大桥所在线位分左右线,标准线间距为3.5m。综合环水保、行洪、抗震等多方面建设条件考虑,桥梁孔跨布置如下:

左线桥梁全桥共6联: $2 \times 30 + 3 \times 35 + (44 + 78 + 44)$

$+ 3 \times 35 + (130 + 305 + 130) + 2 \times 35$;右线桥梁全桥共6联: $2 \times 25.951 + 3 \times 35 + (44 + 78 + 44) + 3 \times 38 + (130 + 305 + 130) + 2 \times 35$ 。主桥采用(130+305+130)m混凝土斜拉桥,左右线合修。引桥第3联采用预应力混凝土连续刚构、其余联采用预应力混凝土T梁。塔柱采用单柱式桥塔,双塔均为墩塔固结体系。下部结构主墩采用双肢矩形薄壁墩,顺桥向采用双肢,每肢采用单箱双室截面;其余桥墩采用矩形薄壁空心墩、圆柱墩、桩基础。桥台采用桩柱式桥台、桩基础。桥型布置图如图1所示。

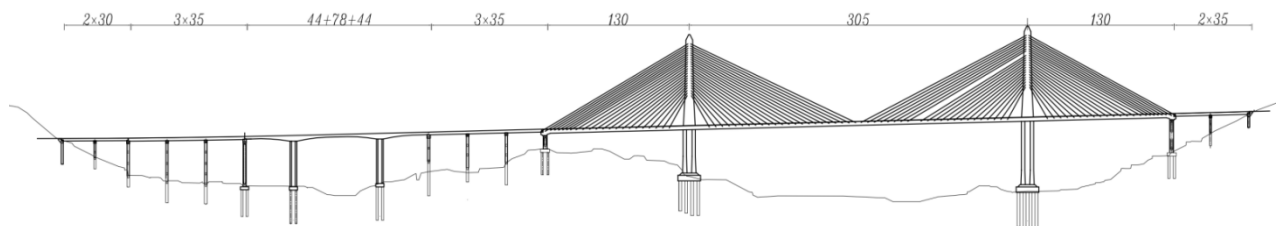


图1 桥型布置图(m)

3.2 主梁

3.2.1 结构设计

一般情况下,斜拉桥可选择的主梁形式有混凝土梁、钢箱梁、钢桁架梁、组合梁,以及边中跨分别采用不同形式混合梁等^[1]。本桥主跨设计跨径为305m,主梁采用C60混凝土浇筑。其中,箱梁的标准节段长度依据悬臂浇筑段的索距确定为6m,而边跨现浇段长度则为29.25m。

主梁横断面设计为单箱五室斜腹板形式。在标准段,主梁中心线处梁高为3.5m,顶板宽度29.2m,底板宽度10m,悬臂长度3.6m,顶面设有2%的双向横坡。

主桥为左右线合修,主梁箱梁中心线为直线,右幅翼缘等厚加宽0~38.4cm。其中右幅部分长度位于超高段,梁顶面横坡由1.13%~2%。

主梁标准索距6m设置一道横隔板,斜拉索锚固对应中间箱室隔板厚度为0.6m,边箱室隔板厚度为0.4m。边跨现浇段隔板间距3.6m,横隔板厚度均加厚至0.6m。

主梁梁端设置牛腿横梁,支座处中心梁高5.5m,牛腿中心高度2.43m

主梁检修人孔设置于两侧梁端及两个主塔位置。

3.2.2 预应力体系

主梁采用纵、横、竖三向预应力体系。

纵向预应力包括顶、底板通长束,采用悬浇分段张拉、连接器连接。边跨设顶、底板合拢束,中跨设跨中顶、底板合拢束。钢束采用 $\Phi^{15.2\text{mm}}$ 的高强度低松弛钢绞线;钢束管道采用塑料波纹管;锚具采用圆形群锚。

横向预应力含桥面板横向预应力、横梁横向预应力。横向预应力钢束采用 $\Phi^{15.2\text{mm}}$ 的高强度低松弛钢绞线;

横梁横向预应力采用圆形群锚。

竖向预应力设置在各梁段腹板处,采用直径32mm的PSB1080级预应力高强螺纹钢筋,采用单向张拉,张拉端设在桥面端。

预应力张拉顺序原则为先长束后短束对称张拉,张拉力与伸长量双控。除桥面横向预应力钢束滞后一个节段张拉,其余纵向、横向、竖向钢束按节段张拉。

3.3 斜拉索

本桥斜拉索采用以环氧涂层防护的钢绞线拉索体系,单根钢绞线的抗拉强度标准值为1860MPa。全桥斜拉索总计184根,按空间扇形进行布置。

在主梁上,斜拉索的横桥向索间距为2m;顺桥向索间距则根据位置不同,分别采用6.0m、5.0m及3.6m三种尺寸。在索塔上,斜拉索的竖向间距自上而下分布为:10×2.0m、1×2.13m、5×2.15m、3×2.2m、3×2.35m。斜拉索共分为四种规格,具体为:M280-43型24根、M280-55型48根、M280-61型48根、M280-73型64根。为抑制风与雨引起的振动,斜拉索表面设有双螺旋线形防风雨激振结构,该设计可确保在设计风速下其风阻系数Cd不高于0.6。

3.4 主塔

采用单柱式桥塔,采用C60混凝土,双塔高均为76.8m,塔冠5m,总高81.8m,如图2所示。

塔柱采用单箱室矩形空心截面,四角采用圆倒角,塔柱顶横桥向宽4m、壁厚1m,纵桥向宽6m、壁厚1.65m;斜拉索范围内塔壁壁厚保持不变,在距离桥面25.2m处塔柱横桥向宽4m、壁厚1m,纵桥向宽8m、壁厚1.65m;塔柱底横桥向宽4m、壁厚1.5m,纵桥向宽10.68m、壁厚2.5m。

为了方便维修检查,索塔内设置了检修爬梯和人孔。

2) 斜拉索锚固

每个上塔柱均布置了23对斜拉索,采用混凝土齿块锚固的形式。斜拉索塔上竖向索距从上至下依次为10个2.0m、1个2.13m、5个2.15m、3个2.2m、3个2.35m。在斜拉索索塔锚固区塔壁内设置井字形布置直径40mm的PSB1080级低回缩高强螺纹钢筋,单端交替张拉,锚具回缩量不大于1mm。

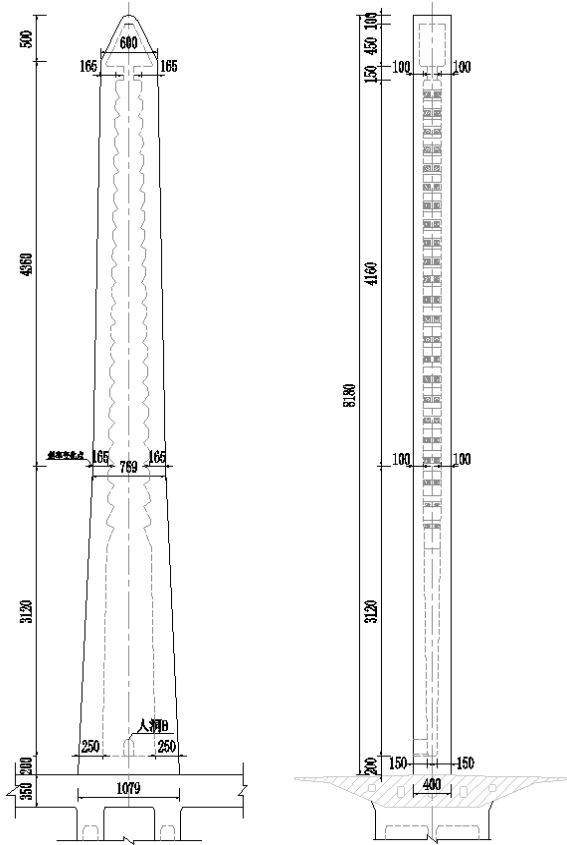


图2 主塔立面图 (单位: cm)

3.5 下部结构及基础

3.5.1 主墩

主墩采用C60混凝土,主墩最大墩高为57m。

主墩顺桥向采用双肢,每肢采用单箱双室截面,四角采用圆倒角如图3所示。

1号主墩墩顶横桥向宽12m、纵桥向宽2.8m,墩底横桥向宽12m、纵桥向宽2.93m。

2号主墩墩顶横桥向宽12m、纵桥向宽3m,墩底横桥向宽12m、纵桥向宽3.32m,如图4所示。

3.5.2 主墩基座

为了改善承台受力,在墩底设置基座,基座高2m,基座顶设1m襟边,采用1:1放坡与承台顶相交。

3.5.3 主墩承台与基础

承台采用C45混凝土,承台厚5m,横桥向宽25.8m,顺桥向宽20.4m。单个承台下设20根直径2.5m的钻孔灌注

桩,采用C35混凝土,按嵌岩桩设计。承台与桩基之间设置20cm厚C30混凝土垫层作为施工平台。

3.5.4 交接墩

采用C40钢筋混凝土矩形墩、群桩基础,每个交接墩横桥向设置两个墩柱。承台、桩基采用C30混凝土。

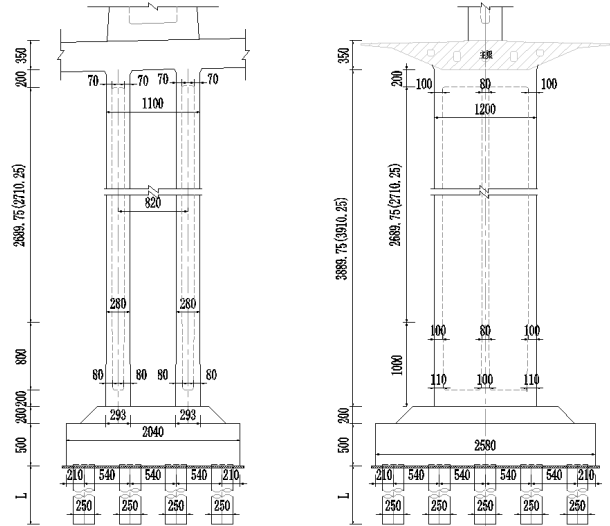


图3 主墩立面图 (单位: cm)

4 结构分析计算

采用MIDAS/CIVIL 2020 (V1.2)有限元软件建立桥梁的空间计算模型。该模型选用鱼骨梁式建模思路,其中主梁与斜拉索的对应节点通过刚性连接进行耦合。索塔和主梁均使用空间梁单元进行模拟,并在分析中计入了剪切变形的影响。主梁部分按单主梁模式处理,将其整体刚度、分布质量及质量惯矩集中于轴线位置,并通过向两侧伸出的刚性臂与斜拉索相连;斜拉索则采用桁架单元模拟。在施工阶段模拟中,主梁综合运用悬臂浇筑与支架现浇两种施工方法。

4.1 主要计算结论

4.1.1 主梁

1、主梁施工阶段最大压应力为16.0MPa,最大拉应力为1.0MPa,满足设计规范要求。

2、主梁运营阶段基本组合下主梁抗弯承载能力、抗剪承载力满足设计规范要求。

3、频遇组合与准永久组合下全截面受压,跨中最小压应力为2.3MPa,满足设计规范要求。

4、标准组合下最大压应力为16.9MPa,位于主梁根部附近,满足设计规范要求。

5、根据《公路斜拉桥设计规范》(JTG/T3365-01-2020)^[1],斜拉桥主梁由车道荷载(不计冲击力)引起的最大竖向挠度应不大于L/500(L为主跨跨径)。本桥汽车荷载作用下的竖向最大位移为0.022m,竖向最小位移为-0.110m,双向为0.132m,均小于305m/500=0.61m,满足设计规范要求。