

悬索桥跨缆吊机塔部悬拼安装施工技术

杨李¹ 熊蓉² 周鑫¹

1. 湖南路桥建设集团有限责任公司; 2. 湖南中大设计院有限公司

摘要: 传统的跨缆吊机安装需要在跨中地面桁架上拼成节段, 将桁架携跨缆吊机节段提升至高空后, 进行对接。该方法费时费力, 安全风险巨大, 且不适合于峡谷悬索桥跨缆吊机的安装。该原创的施工技术“悬索桥跨缆吊机塔部悬拼安装施工技术”针对悬索桥跨缆吊机安装施工进行创新, 具有高效、安全、适用范围广的特点, 可于各种悬索桥推广, 该技术在国内外领先地位。

关键词: 土木工程; 跨缆吊机; 塔部; 全软悬挂; 悬拼安装

一、前言

传统悬索桥跨缆吊机的安装是由另外加工的自提升桁架设备完成, 在桥正下方自提升桁架设备上完成跨缆吊机错位组拼, 携带跨缆吊机爬升到主缆高度后, 将跨缆吊机错位主桁架纵平移就位, 该方法成本高且不适于深切峡谷悬索桥的跨缆吊机安装。

湖南路桥建设集团有限责任公司在矮寨悬索桥主缆架设施工过程中, 首创悬索桥跨缆吊机塔部悬拼安装施工技术, 即利用自有的施工系统, 安全高效地完成了跨缆吊机的安装任务, 可推广运用。

二、技术特点

- 2.1 因地制宜利用自有的施工系统, 分节段减重提升。
- 2.2 与悬索桥跨缆吊机的自提升系统相比, 分节段提升吊机主桁节段, 所需措施费少, 施工安全, 不受设备制约。
- 2.3 与汽车吊、浮吊整体安装法相比, 不需要大型吊装设备, 不受江湖海运条件制约, 可以随时实施安装。
- 2.4 全软悬挂, 高空完成拼装。

三、适用范围

适用于悬索桥跨缆吊机拼装。

四、工艺原理

悬索桥钢桁加劲梁跨缆吊机安装施工时, 通过改造悬索桥自有的提升系统, 分节段提升吊机主桁节段, 全软悬挂, 高空进行主桁各节段对接, 完成主桁施工。

五、施工工艺流程及操作要点

(一) 施工工艺流程 (见图1):

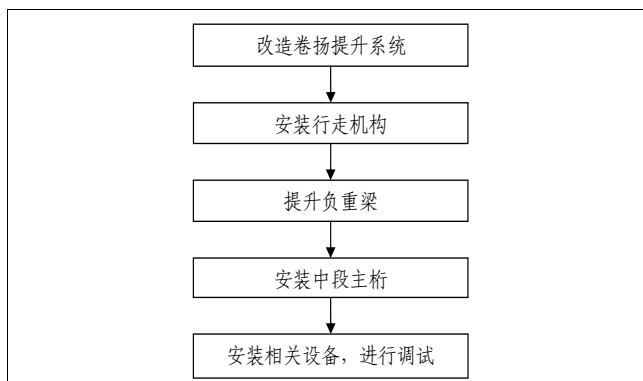


图1 施工工艺流程图

(二) 操作要点

5.2.1 改造卷扬提升系统

塔顶门架增加横向悬挑分配梁, 用于安装吊耳及滑车。门架与主缆间必须留足8m净空安装滑车组, 在塔顶门架上布置四

台10t卷扬机 (吊装能力需大于50t)。见图2。

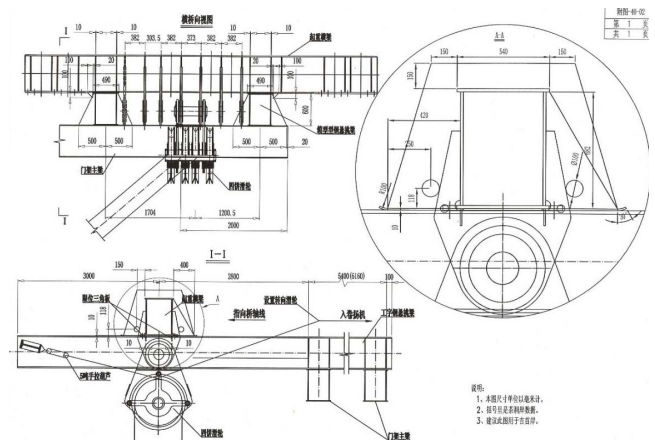


图2 塔顶门架改造示意图

5.2.2 安装行走机构

- 1 将行走机构主体移至起吊位置下方, 做好起吊相关准备工作。
- 2 用滑车组垂直起吊行走机构, 同步拉四根缆风绳。
- 3 当行走机构平主缆高度时, 用另一滑车组配合, 将行走机构荡移至主缆正上方, 吊钩卸力。
- 4 行走机构支撑靴和主缆接触后停止落钩, 增加钢丝绳缆风绳将行走机构固定于塔鞍。行走机构起吊示意图图3。

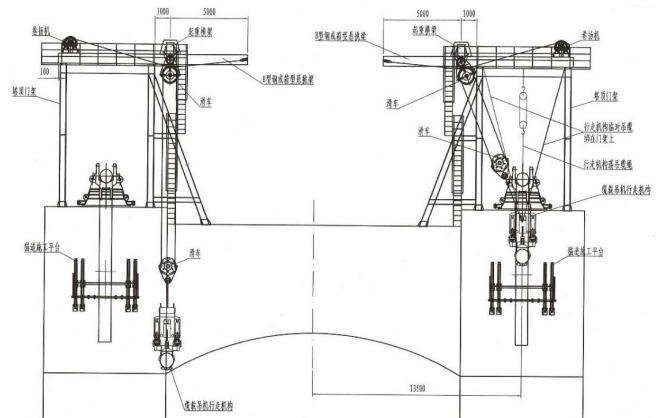


图3 行走机构起吊示意图

5.2.3 提升负重梁 (见图4)

- 1 负重梁搬运至起吊位置, 做好起吊相关准备工作。因其重心偏于内侧。用两根钢丝绳挂吊, 另用一个倒链葫芦调节重心。
- 2 利用塔顶门吊滑车组垂直起吊, 并拉好缆风绳。
- 3 当负重梁起吊平猫道时, 用塔顶另一滑车组配合荡移, 将负重梁横拉到安装位置。
- 4 微调整负重梁与行走机构销轴孔, 并安装连接销。用倒链葫芦、钢丝绳将调整好位置的负重梁悬挂在门架上。
- 5 两主吊钩下降使钢丝绳不受力, 收紧吊挂的倒链葫芦并摘钩。

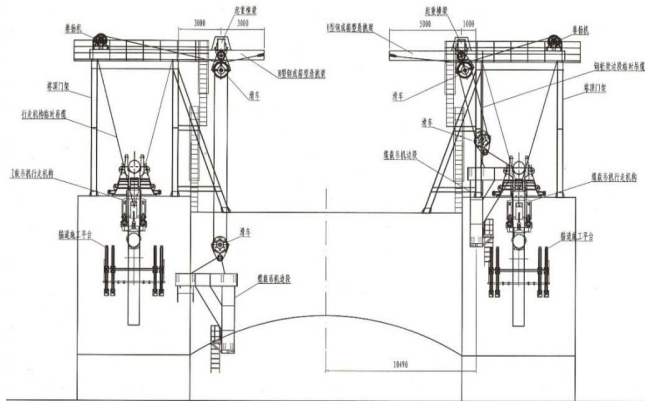


图4 负重梁起吊示意图

5.2.4 提升中段主桁（见图5）

- 1 在起吊位置组装中间桁架梁。
- 2 将主控操作室，液动力站，吊入桁架内并固定牢靠。
- 3 安装栏杆、爬梯等。
- 4 钢丝绳、吊点、滑车确认安全后挂钩。两滑车组同时起吊，提升过程中保持桁架水平。
- 5 与负重梁的销孔接近时，微调对接位置，使两者尽量接近。利用葫芦和钢丝绳等装置来控制主桁梁实现两者销孔的拼接。
- 6 调节吊挂的手拉葫芦，安装销轴。
- 7 主桁连接高栓先用梅花扳手带紧，做好初拧及终拧标识，再进行初拧和终拧，初拧扭矩值为终拧扭矩值的50%。

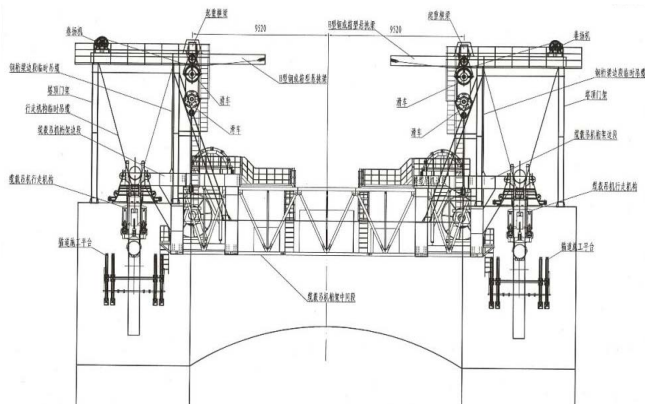


图5 提升跨缆吊机中段主桁示意图

5.2.5 安装相关设备，进行调试

主桁架安装完成后，进行电气线路、液压系统以及提升系统的总体调试。仪表需有计量单位鉴定，调试按下列项目依次进行试验：

- 1 进行液压系统的静密封试验、耐压试验、油液清洁度取样检测、功能试验、泵的试运转试验。
- 2 静荷载试验以重物作为反力，按设计载荷20%，40%，60%，80%，100%分级加载，稳载10分钟后，观察相关部件运转情况并记录。
- 3 动荷载试验以设计荷载的1.1倍将重物提升2m，然后下放，重复3次，观察跨缆吊机相关部件运转情况并记录。
- 4 荷载试验完成后，检查所有结构连接；
- 5 以行走时间、抱夹安装时间、反力点的转移时间以及抱

夹拆除时间，计算出行走速度。

六、材料与设备

(一) 材料

本施工技术所使用的主要材料见表1：

表1 主要材料表

序号	材料名称	数量	型号	材料性能	用途
1	型钢	30t	36b	GB/T 706-2008 热轧型钢	门架改造
2	滑车组	4	50t	GB 13308-1998 起重滑车 安全要求	组件提升
3	钢丝绳	200m	28mm	GB 8918-2006 重要用途钢丝绳	提升体系
4	倒链葫芦	4	5t	SHT3536-2002《石油化工工程起重施工规范》	高空微调
5	卸扣	4	50t	GB 25854-2010-T 一般起重用D形和弓形锻造卸扣	提升体系

(二) 设备及工装

本施工技术需使用的主要设备见表2：

表2 主要设备表

序号	设备名称	数量	型号	规格	用途
1	塔吊	2台	30m	5613	门架改造
2	卷扬机	6台	5t	快速	提升体系
3	平板运输车	1台	20t	/	大型构件运输
4	扭力扳手	2台套	/	/	高栓施拧

七、质量控制

(一) 本施工技术遵照执行的主要标准、规范、规程：

- 《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50-2011；
- 《公路工程质量检验评定标准》第一册（土建工程）；
- 《钢结构工程施工验收规范》
- 《特大跨悬索桥施工监控指南》（报批稿）。

(二) 跨缆吊机安装施工质量控制措施

7.2.1 安装时对桥梁结构保护的质量控制

跨缆吊机安装于永久结构——桥梁的主缆以及索夹上，需要对此部位的结构进行重点保护，严禁磕碰，电焊，以及将桥梁主缆作为搭铁等行为。同时需要对主缆进行防护，以防止液压油对其污染。

7.2.2 液压系统安装质量控制

- 1 液压站的装配必须符合相关图样和技术文件的规定。
- 2 所用部件、管路、接头和泵等安装元件必须在安装之前进行彻底的清洗，安装中所有未与其他结构相连并敞开的孔眼应使用盲板和丝堵等将其封堵，以保证液压系统的可靠运行。
- 3 密封圈和各种橡胶件的飞边要仔细清除干净，密封面不得有撕裂的缺陷，并抽检部分密封圈及沟槽尺寸，严禁用刮刀或砂轮磨，装配后不得有渗漏。
- 4 零件的搬运、装配应小心轻放，严防碰、划伤，特别是配合表面不允许有损伤。
- 5 管路敷设前，应认真熟悉配管图，明确各管路的排列顺序、间距与走向，在现场对照配管图，确定阀门、接头、法兰及管夹的位置，并稳妥定位。

7.2.3 主桁梁起吊安装质量控制

- 1 按专项方案施工顺序对钢梁进行运输、吊装，吊装过程中应该采取可靠措施保护构件以防止变形、碰撞或损坏油漆。
- 2 施工的紧固件必须符合设计及技术规范要求。
- 3 高强螺栓连接毛擦面的抗滑系数应对随梁发送的试板进

行检查,检查结果必须符合设计要求。高强度螺栓连接施工质量检查应由专职质量检查员进行。

4 对复拧后的全部高强度螺栓连接副,用重约0.3kg的小锤敲击螺母对面的一侧,用手指紧按住螺母对边的另一侧进行检查,以防漏拧。

5 观察全部终拧后的高强度螺栓连接副,检查复拧后用油漆标记的螺栓与螺母相对位置是否发生转动,以检查终拧有否漏拧。

八、安全措施

(一) 本施工技术遵照执行的主要安全标准、规范:

《建筑施工安全检查标准》(JGJ59—2011);
《建筑施工高处作业安全技术规范》(JGJ80—1991);
《建筑机械使用安全技术规程》(JGJ33—2012);
《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ46—2005)。

(二) 安全控制措施:

8.2.1 施工时要严格执行高空、临边、用电等相关规程的要求。根据施工场地布局和作业特点,划分红、黄、蓝三种不同级别的安全管制区域,对工地人员流动进行正确引导和限制。红色区域系高危施工区,黄色区域系危险施工区,蓝色区域系安全施工区。

8.2.2 严格高空悬拼转换过程,施工人员必须系好安全带;由于各组件重量较大,所以要系好保险绳,防止组件坠落。

8.2.3 跨缆吊机组件起吊之前,应进行试吊,确保系统处于安全工作状态后才准许缓慢起吊。

8.2.4 跨缆吊机组件起吊过程中,必须保证四个吊点高度尽量相同。组件就位时,应缓慢下放,有微小调整偏差时,应用倒链葫芦或撬棍调整,禁止使用大锤打击。

8.2.5 施工现场临时用电必须由持证电工专管,临时用电线路采用三相五线制。三级配电,二级漏电保护。

8.2.6 组件起吊前,必须在地面安装好安全网以及临边栏杆,用以保证高空作业人员安全。

九、环保措施

(一) 本施工技术遵照执行的环保法律、法规:

《中华人民共和国环境保护法》(主席令第九号,2015年1月1日起施行)。

《中华人民共和国水污染防治法》(主席令第八十七号,2008年6月1日起施行);

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(主席令第三十一号,自2005年4月1日起施行)。

(二) 控制措施

9.2.1 设置固定机修点,确保无废油污染周边农田。

9.2.2 设置固定废弃物堆放点,工程废料集中处理。

9.2.3 合理安排施工,避免夜间作业。

9.2.4 电焊作业时设置防护网,避免焊渣飞溅,影响周边环境。

9.2.5 油漆喷涂采用固定地点,工厂化施工,对周边环境污染少。

十、效益分析

(一) 经济效益

悬索桥跨缆吊机塔部悬拼安装技术,具有安全高效、操作简单、施工成本低、节约造价、缩短工期等特点,经济效益明显。以矮寨大桥为例,采用本施工技术进行跨缆吊机安装,跟

国内同等规模桥梁相比,节约工期5天,节约了施工成本=5天×5万元/天=25万元;节约钢材150t,按市场价格节约了材料成本150t×3500元/t=52.5万元,节省液压提升设备2×5万元=10万元,共计节约成本87.5万元。

(二) 社会效益

本方案在既有施工条件下,实施技术创新为今后悬索桥跨缆吊机安装施工提供了一种安全、高效、经济效益明显,适用范围广的施工技术,大大推动了悬索桥施工技术的进步,具有广泛的推广应用前景。

(三) 节能环保效益

本施工技术实施索塔门架的再次利用,同时省去了大吨位的自提升设备,大幅度缩短工期减少了钢材资源的较大需求,对保护生态环境起到积极的作用。

十一、应用实例

11.1 吉茶高速C6A合同段矮寨特大悬索桥(简称矮寨大桥)

11.1.1 工程概况

矮寨大桥是长沙至重庆西部大通道湖南省吉首至茶洞高速公路上的一座特大型钢桁加劲梁悬索桥,主缆孔跨布置为242m+1176m+116m,在跨峡谷的悬索桥中居世界第一。该桥跨越“U”字形的德夯大峡谷,桥面距峡谷底部355m。大桥分茶洞岸、吉首岸两大工区施工,钢桁加劲梁全长1000.5m,共分为69个节段,每节段长14.5m,宽27m,标准节段重量150t。所有加劲梁用轨索滑至安装位置后,用跨缆吊机安装。大桥于2007年10月28日开工,2012年3月31日建成通车。

11.1.2 应用效果

2011年8月-2011年11月,湖南路桥建设集团有限责任公司矮寨大桥跨缆吊机安装施工中,通过技术创新,采用“悬索桥跨缆吊机塔部悬拼安装”新技术,安全、经济、高效地完成了跨缆吊机安装的施工任务。整个安装过程安全可靠、操作简便,仅用3天就完成施工,缩短工期5天,减少钢材150t,创造直接经济效益约87.5万元。经检验,矮寨大桥跨缆吊机主桁梁拼装,各项质量指标均满足设计要求,主梁高栓过孔率100%。

本施工技术经过矮寨大桥的实桥施工验证,所监测的结构内力与变形均与理论分析相吻合,本安装方案在满足结构内力满足设计要求前提下,大幅度减少了临时钢材数量,实现了缆索空间立体多作业面同步施工,索夹吊索完成即完成了所有跨缆吊机安装,施工效率巨大,为矮寨大桥的顺利通车提供了保障。并为今后的悬索桥跨江、跨峡谷桥梁施工提供了一种新思路。

参考文献

[1] 刘传乐,张国刚.某特大跨径悬索桥跨缆吊机静载试验研究[J].中外公路,2018,05:105-108.

[2] 梁进达,赵强,先正权.山区大跨径悬索桥缆索吊机设计研究[J].筑路机械与施工机械化,2016,11:88-92.

[3] 马燕,张超群,杨世好.大跨度悬索桥钢箱梁吊装之跨缆吊机吊装探讨[J].中国公路,2017,19:108-109.

[4] 严国敏,现代悬索桥.北京,人民交通出版社,1998.

[5] 第十六届全国桥梁学术会议论文集.上海,同济大学出版社,2004.

2013年,应用工程矮寨大桥获“湖南省新技术应用示范工程”“湖南省优质工程奖”“湖南省建设工程芙蓉奖”。