

大跨度钢拱架制作安装施工技术

候亚林

中国水利水电第七工程局有限公司 四川成都 610213

摘要: TB主体砂石系统右岸成品料场封装钢结构拱架单榀最重为7.7t, 拱架拼接工艺较为复杂, 相贯焊接节点多、焊接工程量大、质量要求高, 在治安过程中采用现场地面拼装, 整体吊装的施工方法。右岸场地狭窄, 背靠山体面临沿江公路, 场内空间狭小, 相比常规吊装作业难度增大, 采取科学、合理可靠的施工技术, 顺利、安全完成大跨度钢拱架安装任务。

关键词: 大跨度; 钢结构拱架; 治安技术

Fabrication and Installation Technology of Large Span Steel Arch

Yalin Hou

China Water Resources and Hydropower seventh Engineering Bureau, Chengdu 610213, Sichuan, China

Abstract: The single truss weight of packaged steel structure arch in the finished material yard on the right bank of TB main sand and stone system is 7.7t. The arch stitching process is relatively complex, with many intersecting welding joints, large welding engineering and high quality requirements. The construction method of on-site ground assembly and overall lifting is adopted in the process of safety. The site on the right bank is narrow, backed by the mountain and facing the road along the river, and the space inside is narrow. Compared with the conventional lifting operation, the difficulty increases. Scientific, reasonable and reliable construction technology is adopted to complete the installation of the large-span steel arch smoothly and safely.

Keywords: Large span; Steel structure arch frame; Safety control technique

一、引言

TB水电站位于云南省迪庆州维西县中路乡境内, 是澜沧江干流上游河段(云南省境内)规划的第四个梯级, 其上游为里底梯级, 下游与黄登电站梯级相衔接。

TB电站主体工程混凝土量为292.5万 m^3 (其中碾压混凝土206.7万 m^3), 共需骨料约643.5万t。主体砂石加工系统布置在左岸TB沟内, 左岸主要承担破碎任务, 右岸主要承担成品砂石骨料储存任务。

左岸系统需大跨度钢结构拱架封装车间为半成品料场及混合料场。半成品料场位于系统内EL1679平台, 半成品料场封装拱架跨度均为39m, 地面至封装结构顶部标高25m, 为5跨连续拱形结构, 单榀拱架重5.5t。左岸混合料堆场位于系统EL1645平台, 由混合粗骨料堆场、成品砂堆场组成, 混合料场纵向封装长度62m, 横向最大封装跨度39.5m, 单榀拱架最大重量为5.7t。

右岸成品堆场位于坝址下游2km处, 布置在高程EL1640m

平台上, 由成品粗骨料堆场、成品砂堆场组成, 中间用挡料墙分隔。覆盖封装长度249m, 拱架跨度为40.6m, 拱架展开长度61.5m, 地面至封装结构顶部标高26m, 单榀拱架最大重量为7.7t。三个料场封装结构及安装条件类似, 其中右岸成品料场拱架跨度最大、施工难度最大, 具有代表性, 故本文以右岸成品骨料堆场封装拱架钢结构安装做大跨度钢结构拱架施工技术介绍。

二、背景

TB主体砂石加工系统右岸料场全长249m, 场地平均宽度约32m, 分别设置有大石料仓、中石料仓、小石料仓、碾压砂及常态砂料仓。由于土建项目先实施, 料场中间隔墙均已完成施工, 导致钢拱架制安过程更加困难, 在实施过程中存在以下几个难点:

一是钢结构拱架施工工期较紧且治安场地狭小, 受场地因素制约, 焊接拼装十分不便, 同时拱架焊接质量要求较高, 进度及安全管理难度较大。

二是拱架相贯节点多，精度要求高，安装难度大，需对焊接质量及时检查，对接精度精准把控，过程质量控制十分重要。

三是单榀拱架由206节系杆、腹杆等构件焊接而成，拱架体型大，重量大，且料场垂直空间上已安装完成输送带胶带机桁排架，因此整个制安装过程中，焊接拼装及拱架吊装施工难度大。

三、钢结构拱架制作

(一) 钢结构拱架制作工艺流程

下料加工→分段拼接点焊→分段焊接加固→校正→焊缝及外形尺寸验收→总拼接→总拼接质量验收→防腐刷漆→单位构件总验收。

(二) 拱架结构制作

1. 放样及号料

①拱形钢结构应根据施工详图进行放样。放样和号料预留焊接收缩量及切割、端铣等加工余量；②放样和样板（样杆）的允许偏差，须需符合规范规定；③需要弯曲的构件在号料时按工艺规定的方向取料弯曲的受拉部位钢材表面，不应有冲眼和划痕等缺陷；④结构杆件空间关系复杂、连接节点呈空间定位、杆件之间或者杆件与相邻建筑体干涉较多的管桁架结构，采用三维实体放样，节点局部实体放样。

2. 钢结构拱架的矫正和弯曲成型加工

①对原材料变形或加工及焊接引起的变形，宜采用冷矫正或热矫正方法进行矫正；②由钢板组装焊接而成的构件采用直接下料成型，钢管和型材宜采用成品弯曲，弯曲加工可采用冷弯曲和热弯曲；③碳结构钢在环境温度低于 -16°C 、低合金高强度结构钢在环境温度低于 -12°C 时，不应进行冷矫正和冷弯曲。冷弯曲加工可采用压力机、折弯机、弯管机、弯角机等机械设备；④采用加热加压法时， $250^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ 时不可锤打，避免发生脆断；⑤确定加热位置、加热范围、加热温度和加热顺序，考虑是否需加外力。一般先矫正刚性大的方向和变形大的部位；⑥长跨度的管桁架或其他构件必须按施工图所示要求进行预拱；⑦采用热弯曲加工成型时，加热温度宜控制在 $900^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ；碳素结构钢和低合金结构钢在温度分别下降到 700°C 和 800°C 之前，应结束加工，低合金结构钢应自然冷却，不得在蓝脆温度区（蓝脆是指某些钢材在 $200^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 时颜色发蓝而脆性增加的现象，在此温度区间强度达最大）段进行弯曲加工；⑧焊接钢管的纵向焊缝应避免开受拉区域，钢管及型材弯曲部位的螺栓孔宜在弯曲加工

后再开孔；⑨弯曲成型后的曲线应光滑，构件表面不应有明显褶皱，且局部凹凸度不大于 1mm ，弯曲部位不应存在裂纹、过烧、分层等缺陷。

3. 钢管对接

①管材对接，必须按标准规定进行焊接工艺评定，确定焊接材料、焊接方法以及焊接工艺参数，以保证接管的质量；②管材对接焊缝，通常采用加内衬管（板）的等强度全熔透焊接以及加外套筒和插入式的等强度角焊缝焊接，焊缝的质量等级必须达到设计图纸具体要求；③不同管材对接形式分为：内径相同壁厚不同、外径相同壁厚不同和内径外径均不同三种情况。不同管材对接，分别应采取措施达到管材之间的平缓过渡；④钢管对接焊缝的坡口形式，在管壁厚度不大于 6mm 时，其坡口宽度应控制在 $4\text{mm}\sim 8\text{mm}$ 。在管壁厚度大于 6mm 时，间隙应控制在 $2\sim 5\text{mm}$ 内，坡口角度应根据管壁厚度和使用焊条或焊丝直径，在 $55^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 内选择，内衬管一般选用壁厚 $4\sim 10\text{mm}$ ，长度 $40\sim 60\text{mm}$ 为宜；⑤管材焊接，可以采用二氧化碳气体焊和手工电弧焊。接管焊缝应冷却到环境温度后进行外观检查，Q195、Q235、20#材质的管材应在焊接后焊缝自然冷却到环境温度，Q295、Q345、16Mn材质的管材应在焊接完成24h后；Q390、Q420、Q460材质的管材应在焊接完成48h后，进行超声波探伤检查；⑥管材的最短接长为二倍D（管材外径）且不得小于 600mm 。管材接管后，每 10000mm 的对接接头不得超过3个，每 5000mm 的对接接头不得超过2个，每 3000mm 的对接接头不得超过1个，且对接接头处焊缝应与节点焊缝错开为1D并不得小于 200mm 的距离；⑦相同管材（同管径同壁厚）对接，接口错边小于 $0.15t$ （ t 为壁厚）且小于等于 3mm ；⑧钢管的弯曲成型加工应在直管验收合格后进行；⑨钢管的弯曲成型方法应根据设计要求、设备条件、钢管规格等确定，宜采用冷弯曲成型。当冷弯曲不能满足要求时，可采用中频加热弯曲成型。

4. 拱形钢结构组装

①拱形钢结构组装应在胎架上进行，胎架应有足够的承载力和刚度并稳定可靠，当拱形钢结构尺寸较大时可分段制作，采用分段制作时应在场内进行整榀预拼装；②组装前应对零部件进行严格检查，填写实测记录；③组装时根据焊接等收缩变形情况，预放收缩余量；对有预变形要求的构件，应在组装前按要求做好预变形；④组装应按制作工艺规定的顺序进行，构件的隐蔽部位应在焊接完成，并经检查合格后方可封闭；⑤组装过程应避免零部件间的强制性装配，避免装配过程造成较大的结构内力。

四、钢结构拱架安装

(一) 吊装方法的选择

针对本工程钢结构跨度大、自重大、高度高等特点并结合施工场地情况,结合以往类似工程的施工经验和国内大跨度钢结构安装施工的工程实例,进行了多方案的比较分析;目前国内大跨度、大吨位钢构件的安装一般采用高空散拼成形、整体吊装、整体提升及整体顶升、分段吊装高空拼接、高空滑移等方法,并可分为跨内吊装和跨外吊装。

综合本工程的具体情况,对比各种吊装方法的特点和优缺点,并考虑现机械设备情况、施工工期等要求,确定了地面总拼再整体吊装的施工方案,即将拱架事先在地面焊接拼装成整体,再采用起重机将拱架吊装至设计位置,然后完成辅助结构的安装。

(二) 吊点的选择

吊点的选择直接关系到吊装的安全,在吊装前充分进行吊装过程中受力情况分析。经论证分析,认为本工程拱架吊点设置在左起第7节节点处,右起第10节节点处时,吊装过程中整体受力最为合理安全。

(三) 拱架安装

拱架安装时,先从端部1号轴线拱架开始,汽车吊位于距1号轴线一定距离处施工,吊装完成后,依次吊装后续拱架,吊车站位根据现场施工情况及时调整。1号拱架吊装完成后,将支座孔穿入过渡板的螺栓内,初拧,作为临时固定,并用120t汽车吊稳定桁架。校准拱架位置后,拧紧全部高强螺栓,固定拱架。相邻两跨拱架安装完成后,安装拱架之间系杆,系杆安装完成后安装檩条及屋面支撑。当拱架安装完成后,开始铺设屋面板。当有屋面支承两跨拱架安装完成后,优先安装屋面支承,再安装系杆等其他结构。

(四) 拱架安装定位控制

每榀拱架吊装就位后,立即采用全站仪测量技术来进行整体结构安装的定位测量,通过对各主要节点坐标的控制,

进行全局监测。

桁架结构安装测量定位主体包括以下内容:

①控制点、网的建立;②支座预埋板坐标、轴线的复测;③安装就位过程的检测;④构件吊装过程的监控;⑤吊装就位的监测;⑥钢结构体系完成后的监测;⑦放线、测量定位数据的统计、归纳、分析与处理。

(五) 经验与建议

通过TB主体砂石加工系统封装钢结构项目的实施,总结出以下经验与建议:①施工前务必做好场地作业顺序规划,充分利用现有场地施工,避免占用公共资源,实施吊装作业时按照计划进行,工序衔接不当,易造成窝工;②拱架构架整体外形较大,安装高度较高,吊装作业时需选择相应起重设备,常规起重设备无法满足安装需求;③拱架制作时选择合适地点进行焊接,制作完成后就近摆放,拱架外形大,场地有限,避免二次倒运增加工作量及施工难度。

参考文献:

- [1]张鹏军,高维元,刘志伟.弓式支架结构的可拆卸特性及其在大跨度临时展馆工程中的应用[C]//全国现代结构工程学术报告会.中国土木工程学会,2001.
- [2]葛家琪,刘邦宁,王树,等.预应力全索系整体张拉结构设计研究[J].建筑结构学报,2019,40(11):8.
- [3]张忠凯.大跨度钢结构管桁架的施工安装技术[J].建筑工程技术与设计,2016,000(007):00033-00033.
- [4]周敬.大跨度拱形空间管桁架制安关键技术[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2021(9):4.
- [5]李东,李雅娣,吴少林.大跨度钢桁架加工制作技术[J].建筑技术,2007,38(7):2.

作者简介:

侯亚林(1997.10-),男,汉族,陕西延安人,本科,助理工程师,研究方向:建筑工程。