

V型峡谷钢管拱桥装配化钢结构组拼场施工关键技术研究

刘岸昆

四川沿江宜金高速公路有限公司 四川 成都 610000

摘要：本文以G4216线屏山新市至金阳段高速公路上乌角特大桥（中承式钢管混凝土拱桥）为研究背景，针对V型峡谷陡峭地形条件下的施工挑战，研发并实施了一种装配化钢结构组拼场施工技术。通过专项设计和现场实践，成功在复杂地形中搭建了装配化钢平台，有效解决了主拱肋、吊杆及格子梁等构件的安装问题，实现了施工效率的提升和成本的降低。本研究为山区复杂地形下的拱桥施工提供了新的参考和借鉴。

关键词：装配化；钢平台；现场施工；关键技术；V型峡谷；钢管拱桥

引言

随着国家对低碳、环保、绿色施工要求的提高，传统钢管桩施工平台因其现场作业量大、施工耗时长、安全问题频发而面临挑战。本项目通过采用装配化钢平台，实现了工艺上的创新，提高了施工效率和质量，为类似项目提供了可行的解决方案。

1 工程概况与组拼场核心特征

1.1 工程概况

本工程项目位于川西南横断山系的东北边缘地带，地处四川盆地与云贵高原的交界区域，隶属于大凉山山脉体系。此地区山脉走向多为南西至北东方向，整体地势呈现出西高东低的态势，向金沙江方向倾斜。地形复杂多变，山峦起伏，岭谷交错（参考图1）。桥区内地形切割极为剧烈，山势陡峭，属于典型的高中山强烈切割地貌。地势特点为北东方向高、南西方向低，整体构成单一斜坡，其横向坡度大约在25°至40°之间。一条名为栏木沟的冲沟穿越斜坡，沟谷狭窄且两岸极为陡峭，桥面至沟底深度达到约210米。区域内最高点的标高为1186.28米，而最低点的高程则为890.92米，相对高度差达到了295.36米。拟建大桥的走向与等高线方向基本保持一致，桥轴线横跨栏木沟。



图1 桥址区全装配化施工平台效果图

1.2 组拼场核心特征

组拼场的施工特点可以概括为以下几点：（1）地形复杂：组拼场所在区域地形切割剧烈，山势陡峭，地势北东高、南西低，形成单一斜坡，坡度较大。（2）交通限制：虽然临时施工便道可以通往施工现场，但大型构件无法直接运输至现场，需采取特殊措施。（3）地质条件：金阳岸地质条件较差，不宜进行大面积开挖。为避免滑坡风险，钢结构组拼场采用在坡地上搭设梁柱式钢平台的方式建设。（4）避让设施：金阳岸拱座下方有自来水管线，钢平台的设计需考虑避让这一设施。（5）空间优化：由于两侧地形陡峭，为减少场地占用面积，部分区域计划存放两层钢拱肋节段。（6）运输系统：受地形限制，总拼场内的钢拱肋及拱上钢格子梁将通过斜轨运输系统提升至起吊区域。（7）快速组装：钢平台采用装配式设计，以实现现场的快速组装和搭建。

2 钢平台施工技术特点

本工程所采用的钢平台施工技术，融合了工厂集中预制与现场拼装的双重优势，实现了高效、精准的施工作业。这一技术的核心特点体现在以下几个方面：

2.1 轻质高强，抗震性能卓越

钢结构因其固有的轻质高强特性，在构建施工平台时展现出了显著的优势。相较于传统材料，钢结构平台不仅自重轻，减轻了对地基的承载压力，而且其高强度特性确保了平台的稳固性和安全性。尤为重要的是，钢结构平台在抗震方面表现出色，通过科学的设计和精确的计算，其抗震性能相较于传统结构可提升30%至40%，为施工过程中的安全提供了有力保障。

2.2 构件生产的工厂化与标准化

钢构件的生产实现了高度的工厂化和标准化。在工厂内，利用先进的生产设备和工艺，可以精确控制构件的尺寸和形状，确保每一块构件都符合设计要求。这种

工厂化的生产方式不仅提高了生产效率，降低了生产成本，还大大简化了现场施工的复杂度，使得施工人员能够更专注于平台的组装和调试工作。

2.3 施工周期短，效率显著提升

钢平台的施工周期相较于传统施工方式大大缩短。由于钢构件已在工厂内预制完成，现场只需进行简单的组装工作，如销接或螺栓连接等。这一流程避免了传统施工中制作模板、绑扎钢筋等繁琐步骤，从而加快了施工进度。同时，钢平台的快速安装也减少了施工期间的人力需求，降低了施工成本，实现了时间、成本和劳动力的有效节约。

2.4 绿色环保，可持续发展

钢结构的另一大优势在于其可回收性和环保性。钢构件在使用完毕后可以进行回收利用，避免了废弃物的产生。同时，钢结构施工现场几乎不产生污染物，对周边环境的影响极小。在搭设和拆除过程中，钢平台能够最大限度地减少对环境的破坏，符合当前绿色施工和可持续发展的理念。

3 钢平台施工方法

3.1 基础施工

在基础施工阶段，针对不同岩层条件采取了不同的处理措施。对于较完整的岩层，通过设置类似法兰盘的定位板，并采用钻孔植筋技术，将钢筋撑脚焊接固定，以确保钢管立柱的稳固性。而对于较破碎的岩层，则先浇筑C30混凝土调节段，使基础保持在同一水平面上，并通过增大基础平面尺寸及厚度的方式来提高地基的承载力，从而确保施工质量的可靠性。

3.2 下部结构安装

下部结构的安装采用了25吨汽车吊，并运用了“钓鱼法”工艺逐孔进行钢平台的安装。下部结构主要由立柱和主横梁组成。立柱选用了新购的720x10mm和720x8mm钢管，标准长度为9m，底部采用调节段钢管，并通过法兰盘及螺栓进行连接，实现了装配式钢管的快速安装。主横梁则采用了2工40b工字钢，标准长度为12m，根据实际需要裁剪至24.02m，并在中间预留了2cm的间隙，以便于后续的安装和调整工作。

3.3 上部结构安装

上部结构的安装同样采用了25吨汽车吊和“钓鱼法”工艺。上部结构由贝雷梁、分配梁和桥面板组成。贝雷梁选用了321型，跨径包括9m和2m两种，根据实际需求进行组合使用，并通过调整贝雷梁间距来满足不同的承载要求。分配梁采用了1工25b工字钢，间距为75cm，根据实际需要裁剪至适当长度，如24.34m（适用

于除钢平台与施工便道连接区）和28.15m等。这些组件的精确安装为后续桥面板的铺设提供了坚实的基础。

3.4 桥面板安装

桥面板采用了装配式设计，根据设计图纸进行精确安装。在安装过程中，注重桥面板与下部结构的紧密连接，确保整个钢平台的稳定性和安全性。

3.5 连接细节处理

在钢平台的安装过程中，特别注重连接细节的处理。每个钢管法兰盘上设有20个螺栓孔，实际安装时，根据设计要求，每个法兰盘均安装10颗螺栓，并采用间隔布置的方式。这种连接方式不仅确保了钢管之间的紧密连接，还提高了整个钢平台的抗震性能和稳定性。通过精心的连接细节处理，为钢平台的长期安全使用提供了有力保障^[1]。

4 常见安全、质量问题及处理措施

4.1 C30混凝土支架基础失稳问题

C30混凝土支架基础，因其较小的平面尺寸（1m×1m）和变化的厚度（10cm~100cm），在高达25m的支架安装阶段，常常面临稳定性不足的困扰，存在倾倒的潜在风险。为有效应对这一问题，采取了增设锚固钢筋的措施。具体而言，设置了20根 $\phi 20\text{mm}$ 规格的锚固钢筋，这些钢筋深入混凝土50cm，混凝土段长度根据实际需求调整在10cm至100cm之间，外露部分长10cm，并在锚筋顶部15cm处加工出丝口，以便通过套筒与钢管立柱底部的法兰盘实现紧密连接，从而大幅提升基础的稳定性。

4.2 基础锚固钢筋平面位置偏差问题

在实际施工过程中，由于法兰盘眼孔（ $\phi 23\text{mm}$ ）与锚固钢筋（ $\phi 20\text{mm}$ ）的直径差异，以及凿岩机钻头直径（ $\phi 30\text{mm}$ ）的较大尺寸，往往导致基础锚固钢筋的钻孔平面位置出现较大偏差。为解决这一难题，创新性地设计了双层定位工装。该工装的上下定位板眼孔与法兰盘眼孔精确匹配，通过套筒进行连接固定，并配备了激光笔进行精确定位。工装的支撑脚采用可伸缩设计，以适应不同高度的需求。此外，还使用水平靠尺对工装顶面进行平整度检测，确保安装精度。

4.3 钢管立柱法兰盘间隙过大问题

钢管立柱法兰盘间隙过大是一个常见的问题，主要由焊接过程中的高温变形和法兰盘定位方法不当所致。为解决这一问题，采取了多项措施。首先，法兰盘的焊接工作全部在工厂进行，采用均匀焊接技术以避免局部高温变形。其次，对钢管法兰盘进行X、Y方向的垂直度检测，确保安装时的精度。最后，在现场安装过程中，如发现法兰盘间隙过大，及时填塞薄钢板，使法兰

盘之间实现密实接触。

4.4 连接撑加工误差问题

连接撑的加工误差,尤其是孔位偏差,是影响其使用效果的关键因素。针对这一问题,采取了严格的控制措施。对于孔位偏差过大的连接撑,要求其返厂重新加工。同时,在批量生产前,进行工艺性试验,以确保加工工艺的成熟和稳定。此外,还建议在大批量生产前进行小批量的试制,以便及时发现并解决问题^[2]。

4.5 主横梁支点翼缘变形问题

主横梁支点翼缘在受力过程中容易发生变形,这是影响钢平台整体稳定性的一个重要因素。为解决这一问题,在支点位置设置了加劲肋,以增强翼缘的承载能力和抗变形能力。这一措施有效地提高了主横梁的整体刚度和稳定性。

4.6 主横梁装配式固定连接可靠性问题

传统的主横梁固定方式依赖于现场焊接,这不仅工作量大,而且质量难以保证。为解决这一问题,采用了装配式固定连接方式。这种方式减少了现场焊接工作,提高了施工效率和质量。在进行大批量生产前,进行现场工艺性试验,以确保连接件的可靠性和稳定性。同时,还会对连接件进行严格的质量检测,以确保其满足设计要求。

4.7 贝雷梁失稳问题

贝雷梁在使用过程中可能面临竖腹杆应力过大、未进行转动约束以及花架数量不足等问题,这些问题都可能导致贝雷梁的失稳。为解决这些问题,采取了多项措施。首先,采用了装配式贝雷梁竖腹杆,便于安拆和调试。其次,在贝雷梁的上、下弦杆处设置了压梁和U型螺栓,分别与I25b工字钢分配梁和2I40b工字钢主横梁连接固定,以防止贝雷梁的转动。最后,每3m设置一道竖向、顶面和地面的花架,以增强贝雷梁的整体稳定性和承载能力。

5 钢平台拆除

钢平台的拆除工作遵循与搭设相反的顺序进行,即先拆除面板及其附属设施,接着是面板本身的拆除,随后是型钢分配梁、贝雷梁、桩顶分配梁、风撑以及钢管立柱的逐一拆除。拆除方法与搭设时相似,但操作顺序相反。具体拆除时,从钢平台的末端开始,逐步向起始点推进,采用后退式拆除方式。拆除下来的构件会被小心地运输到预先指定的存放区域。在整个拆除过程中,始终严格遵守各项安全保障措施,确保拆除工作的安全进行^[3]。

6 监测监控措施

6.1 监测目的综述

钢结构组拼场的监测工作旨在多维度确保其施工安全与稳定性。具体而言,监测目的包括:判断组拼场的位移及沉降趋势,评估施工对自身及周边建构筑物的影响,并提供预警;通过实时数据反馈,灵活调整施工工序与工艺,优化支护措施,确保施工的高效与安全;掌握组拼场稳定性参数随时空的变化,为动态设计与方案调整提供依据;检验并评价组拼场的整体稳定性;积累量测数据,为同类工程提供经验借鉴,助力提升陡坡地段钢结构组拼场的设计与施工水平。

6.2 监测工作内容概述

监测工作全面覆盖钢平台位移、基础沉降以及人工巡视等多个方面。通过系统的监测,确保对组拼场的全面把控,及时发现并处理潜在问题。

6.3 监控量测方法详解

6.3.1 量测核心目标

在钢结构组拼场平台上精心设置监测点,并运用专业设备进行精确观测。通过对收集到的数据进行深入分析,揭示组拼场几何外观的变化规律,绘制出各点在施工过程中的水平位移变化图,从而直观了解平台的位移范围与变形状况,为及时预警提供有力支持。

6.3.2 测点科学布置

为确保监测数据的准确性与全面性,监测基点被精心设置在钢结构组拼场的面板顶面,并采取有效保护措施,以防止在施工过程中受到破坏或遗失。同时,在钢管混凝土基础上也合理布置了监测点,以全面监测基础的沉降情况。这样的测点布置方式,为全面、准确地掌握组拼场的稳定性状况提供了坚实保障。

结语

本研究通过上乌角特大桥的施工实践,验证了装配化钢平台在V型峡谷陡峭地形条件下的可行性和优越性。装配化设计提高了施工效率,降低了成本,减少了材料浪费和作业风险。同时,本研究还积累了宝贵的施工经验和参考依据。未来,应进一步推广和应用装配化施工技术,推动建筑工程行业的绿色发展。

参考文献

- [1]王大将.中承式钢管混凝土拱桥吊杆更换技术研究[D].重庆交通大学,2022.
- [2]杜宝军,重载铁路中承式大跨钢管混凝土提篮拱桥关键技术.天津市,中国铁路设计集团有限公司,2022-04-22.
- [3]任运豪.中承式钢管砼拱桥钢混结合梁桥道系施工与力学行为研究[D].重庆交通大学,2019.