

Research on key construction technology of steel longitudinal beam addition in concrete tied arch bridge

Longhua Zhang Jian Tao

Hangzhou Luda Highway Engineering Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311112, China

Abstract

In recent years, the safety performance of large-span bridges has drawn increasing attention. Concrete tied-arch bridges, due to their unique structural characteristics, have made reliability assessment and reinforcement technologies a crucial aspect of modern traffic safety operations. However, construction defects in some bridges, combined with multiple factors during operation such as vehicle overloading, delayed maintenance, and improper management, have caused various structural failures in load-bearing components of serviceable concrete tied-arch bridges, significantly compromising their safety reliability. Therefore, during reinforcement and repair processes, adding longitudinal beams to concrete tied-arch bridges can enhance their load-bearing capacity and bending resistance. Based on the author's experience in reinforced concrete tied-arch bridge reinforcement projects, this paper proposes key construction techniques and quality control measures for adding longitudinal beams to reinforced concrete tied-arch bridges, offering practical suggestions for industry peers.

Keywords

reinforced concrete; arch bridge; steel longitudinal; beam increase

混凝土系杆拱桥钢纵梁增设施工关键技术研究

张龙华 陶剑

杭州路达公路工程总公司, 中国·浙江 杭州 311112

摘 要

近几年来, 大跨度桥梁的安全性能越来越引起人们的注意, 混凝土系杆拱桥因其结构的特殊性, 其桥梁结构的可靠性评价及加固修复技术, 已经成为现代交通安全运营的一个重要方面。同时, 部分桥梁在施工时可能存在的施工缺陷, 在运营过程中的各种车辆超载、或养护不及时、或管理不当等多重因素, 不同程度的诱发了在役的混凝土系杆拱桥中受力构件的种种病害, 其安全可靠性能将会大大降低。因此在加固修复过程中, 通过混凝土系杆拱桥纵梁增设, 以增强桥梁的承载能力和抗弯性能。本文基于作者在近几年来参与钢筋混凝土系杆拱桥加固施工的相关工作, 对钢筋混凝土系杆拱桥增设纵梁施工要点及质量控制提出一些想法与建议, 供同行参考。

关键词

钢筋混凝土; 拱桥; 钢纵梁; 增设

1 引言

近年来, 国内外学者和工程师们针对混凝土系杆拱桥的加固修复技术进行了广泛的研究与实践, 积累了丰富的经验。钢纵梁增设技术作为其中的一种重要手段, 因其具有施工周期短、加固效果显著、对交通影响小等优点, 而受到了广泛的关注和应用。然而, 在实际工程中, 由于桥梁结构的多样性、病害的复杂性以及施工环境的特殊性等因素, 使得钢纵梁增设技术的实施面临诸多挑战。

【基金项目】杭州市交通运输学会科技项目(项目编号: Hzjt202402)。

【作者简介】张龙华(1985-), 男, 中国江苏南京人, 本科, 高级工程师, 从事土木工程研究。

为了应对这些问题, 在桥梁的加固修复过程中, 人们采取了一系列有效的技术措施。其中, 通过在混凝土系杆拱桥的纵梁部分增设新的钢纵梁, 可以有效增强桥梁的承载能力和抗弯性能, 从而提升其整体稳定性。这种增设工艺的实施需要综合考虑多方面因素, 特别是新钢纵梁与原有结构之间的连接方式, 必须确保新旧结构能够紧密配合、协同工作, 共同承担桥梁所承受的各种荷载。同时, 通过对工艺参数进行优化调整, 以及及时更换和调整支座等关键部件, 可以恢复混凝土系杆拱桥的正常使用功能, 进一步保证桥梁在长期运营中的稳定性和安全性, 从而延长其使用寿命, 确保交通运输的顺畅和安全。

因此, 深入分析混凝土系杆拱桥钢纵梁增设施工的关键技术, 对于提高桥梁加固修复的质量、效率和安全性具有重要意义。

2 基本要求

增设的钢纵梁首先应满足图纸要求。即在工厂中，不仅要完成纵梁的制作，还需处理连接钢板和加劲钢板的制作，并将这些部件整体焊接，构成一个坚固的结构体系。

严格控制焊接质量。包括桁架间的连接，作业时应用埋弧焊技术，根据需要，应对各焊缝进行全面检测。同时，还需对 10% 的焊缝进行射线检测，通过多种检测方法的结合使用，最大程度地确保焊接品质。

在涂装方面，除最后一道面漆喷涂工序需在施工现场执行外，其他所有涂装工序均应在车间或特定的涂装室内进行。这样可以有效管理涂装环境，防止外界因素影响涂装品质。根据设计规范，所选用的涂层系统必须具备足够的耐久性，其保护期限不得低于 25 年，以确保结构在长期使用中获得充分的保护。

做好成品保护工作，即在钢纵梁运输过程中，做好构件吊装、运输与安装过程中进行专门的运输架进行固定，严格控制作业过程中因振动和冲击对构件产生的损伤。

严格施工定位与安装。施工时一方面对各结点进行高精度连续定位，包括平面位置与标高的精度控制。同时，需要充分考虑环境变化对安装精度的影响，包括温度、湿度变化进行动态调整。

3 施工工艺流程及操作要点

3.1 施工工艺

混凝土系杆拱桥钢纵梁增设施工工艺如下：

加工准备—零件制造与组装—焊接—焊接检测—试拼装—防腐涂装—运输—现场安装。

3.2 施工要点

3.2.1 纵梁加工准备

(1) 钢板的定尺、工艺流程、施工方式、运输和吊装方案以及现场状况，是制造加工厂家在划分结构工厂预制部分和现场焊接部分时必须考虑的因素。根据施工图纸要求，厂家应进行加工工艺的系统设计，包括加工工艺要求、制造工艺流程、质量控制、验收程序等。

(2) 钢结构加工厂应根据实际情况，合理划分制作节段，并与设计、监理共同研究确定节段划分及对接焊缝的位置，确保避开应力集中区域。

(3) 在将钢纵梁构件节段拼装成整体时，构件节段间的顶、底板对接焊缝应保持至少 150mm 的错位距离。原则上，构成单元构件的各板件不应进行拼接。

(4) 在钢板到货并准备下料前，必须检查钢板的几何尺寸、平整度以及表面是否有锈蚀或异常锈蚀现象，并记录在案以备后续查验。

(5) 做好材料的信息化管理。包括对材料牌号、板号等信息进行详细的记录和标识。一方面能快速准确地识别和材料定位，避免因材料混淆而导致的错误和损失。同时，标

识还可以帮助我们更好地了解材料的来源、规格、性能等信息，为后续的材料使用和管理提供依据。

3.2.2 零件制造与组装

①钢板在进行样板制作、下料以及切割过程中，必须确保其几何尺寸的精确性。在这一过程中，需要全面且正确地考虑到多种因素的影响，包括但不限于构件的弯曲变形、边缘的精细加工以及电焊过程中可能产生的收缩等。

②做好钢板的切割质量。如果在预加工过程中发现钢板存在任何异常情况，如变形、瑕疵等，应立即采取特殊的加工处理措施，以消除这些异常，确保后续切割工作的顺利进行。

③对于本桥所使用的所有钢结构钢板，包括已经成型的型钢（如矩形钢管、剖分 T 型钢等），严格禁止采用剪切的方式进行加工。对于需要通过气割开坡口进行焊接的板边，必须在气割后使用砂轮进行细致打磨，彻底去除表面生成的氧化皮，以确保焊接质量和强度。

④在进行气割操作之前，必须先将钢板表面的浮锈以及各种脏物彻底清除干净。这一步骤至关重要，因为表面的锈迹和污物不仅会影响气割的精度，还可能对焊接质量造成不利影响。

⑤防止切割出现缺口。对于主要受力构件的零件边缘，严格要求不得出现任何缺口。而对于一般构件的零件边缘，若不可避免出现缺口，其最大允许尺寸也应严格控制在 2mm 以内，以确保构件的整体强度和稳定性。

⑥对于待焊接的表面以及邻近焊缝的表面，必须保持其清洁和干燥，施工时不得存在松散、氧化、锈蚀、油污或其它质量缺陷。

⑦为了确保涂装后漆膜的均匀性和美观性，钢梁的外露边缘部分需要进行精细的打磨打磨后的圆角半径应控制在 $R=2 \sim 3\text{mm}$ 之间，以延长钢梁的使用寿命。

3.2.3 焊接

焊接是钢结构工程的重要环节，施工时应充分考虑焊接类型选择、焊接环境控制及焊接工艺选择与优化。

钢梁的焊接工艺可以采用坡口对接的方式进行，确保焊缝能够完全熔透，以达到结构的高强度和稳定性；同时，在腹板、加劲板以及钢纵梁之间的连接处，则采用角焊缝的技术进行处理，以保证各部件之间的牢固结合和整体结构的可靠性。

焊接作业时禁止雨天户外作业，有条件时推荐室内焊接，且加工时湿度在 80% 以下，温度不低于 5 摄氏度。

对端部位置进行全面的围焊处理，以保证焊接的完整性和结构的稳定性。焊缝部分应当填充得足够饱满，避免出现任何形式的空洞或缺陷，从而确保焊接接头的强度和可靠性。此外，在焊接过程中，还需要严格控制和调节电焊机的电流大小，防止因电流过大而对钢结构造成不必要的损伤，影响整体结构的承载能力和使用寿命。

T型接头角焊缝与对接接头平焊缝的两端应装设引弧板和引出板,其材质及坡口要与工件相匹配,焊接完毕后用火焰去除并打磨,禁止锤击。

进行焊钉焊接作业,特别是焊钉处于水平位置时,每班次作业人员开始工作或作业条件变化(如换设备、调参数等),须先试焊。试焊剪力钉检验合格后,作业人员才能按规范正式开展后续焊接工作,确保焊接质量与安全。

3.2.4 焊缝检验

焊缝等级划分是重要工艺标准,施工时按焊缝特点与要求分级,分为一级和二级焊缝。一级焊缝包括坡口熔透焊缝和主梁与横梁上下翼缘板现场拼接焊缝,后者对结构稳定性和承载能力至关重要。二级焊缝是主梁、腹板和加劲板角焊缝,不要求完全熔透,但在结构中也很重要。虽然二级焊缝要求相对较低,但仍需保证质量、避免缺陷,以确保结构稳定与安全。

在焊缝冷却至室温之后,必须进行外观检查,以确保焊缝表面没有肉眼可见的裂纹、气孔、夹渣等缺陷。外观检查是焊缝检验的第一步,它可以帮助我们发现一些明显的焊接问题,从而及时修复,保证焊接质量。

在检验过程中,焊缝的外形尺寸和外观质量是两个重要的检验指标,应满足《钢筋焊接及验收规程》等现行标准的要求。焊缝质量应符合两千《钢结构工程施工质量验收规范》(GB50205)的规定。

一级焊缝要进行系统的超声波探伤检测,确保内部质量符合设计要求。Ⅱ级焊缝相对次要,虽无需全面检测,但须按规定抽样检查,抽检比例不低于20%。另外,钢腹板对接焊缝特殊,采用射线探伤抽检,抽检比例为10%,以此确保焊缝内部质量和结构整体安全。

3.2.5 试拼装

钢结构制造加工厂内应开展试拼工作,保证过程安全可控,利于及时察觉与处理潜在问题。

试拼用胎架需有足够强度、刚度和稳定性,基础部分要有足够承载能力,线形设计依主梁竖曲线,制作完成后严格验收,合格后方可试拼。

在试拼装之前,需要逐一对构件进行检查,涵盖焊缝质量、尺寸及形状等方面,确保其满足设计要求与标准规范之后,才能够开展试拼装。

试拼时所有构件都要参与,不同试拼部分用相同衔接过渡构件,保证整体结构完整、一致和稳定。

试拼完成后,对构件及部件详细编号、登记,有助于现场安装,避免混淆和错误,提高安装效率。

试拼允许偏差范围须严格符合《公路桥涵施工技术规范》相关条款要求,确保试拼结果准确可靠,为施工提供技术保障。

3.2.6 防腐涂装

(1)选涂料优先选有国家标准的,无法满足需求时选

有企业标准的,严禁采用无标准产品。

(2)涂膜由底漆、中间漆和面漆三层构成,三者配合形成防护体系,严禁单一品种涂装。

(3)涂膜各层的层数设置须按设计图纸要求,确保每层厚度和层数达标。若总厚度未达设计标准,可增加面漆层数弥补,保证整体性能和效果。

(4)涂膜各层施工要保证质量,不得出现咬底、裂纹等缺陷,外观应均匀、平整、丰满且有光泽。

(5)涂装质量不符合要求要及时返修,合格后才能验收。

(6)钢构件埋入混凝土部分表面严禁涂漆,但要彻底除锈糙化,涂装向埋入部分延伸2cm增强防护可靠性。

3.2.7 运输与安装

(1)所有钢构件需分类、编号,按使用需求顺序存放。存放场地要地面坚实、表面平整、通风良好,且有完善排水设施,确保不积水。钢构件支撑部位要有足够承载能力,受力均匀,存放时严禁出现不均匀沉降,保障其稳定性和安全性。

(2)构件的支点垫点应放置在经过设计方认可且允许的特定部位,一般情况下,不建议将构件进行叠放处理。

(3)在运输过程中。运输过程中,必须严格遵守相应运输方式的安全规定,特别是钢锚梁在运输过程中,要采取有效措施防止其倾倒和碰撞,确保支点平稳、多点支撑且可靠,以最大程度地保障运输安全。

桥梁上部结构的现场安装总体顺序如下:

(1)首先根据实际需要搭设临时支架,并对原有的横梁顶面进行彻底清理和找平处理,确保安装基础的平整度。

(2)钢梁节段应按设计要求和施工专项方案实施,实施时各部件准确就位,整体强度与稳定性满足设计要求。

(3)在钢梁节段安装完成后,应逐步拆除临时支架,拆除时要确保施工安全,避免对已安装结构造成任何不利影响。完成后还需第二次调整索力,确保桥梁的整体稳定性和安全性。

4 结语

实践证明,新增纵梁成功实施,需深入理解桥梁结构并精细施工。一方面严格把控施工工序,确保质量;同时,长期监测和维护新增纵梁很重要,利于及时处理潜在问题,保障桥梁持续安全运行。未来,随桥梁加固技术进步创新,新增纵梁有望在更多桥梁中广泛应用推广,为加固维护提供更多选择,不仅能提升桥梁强度和寿命,还能为日常管理带来便利和灵活性。

参考文献

- [1] 罗舟滔.桥梁下部结构病害检测及加固技术研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(003):000.
- [2] 张雨.某上承式拱桥病害分析及加固方案研究[D].大连交通大学,2023.
- [3] 曾洋,李蒙.上承式混凝土系杆拱桥病害分析和加固[J].黑龙江交通科技,2024,47(2):90-93.