

预应力砼连续刚构桥主梁施工关键技术研究

杨 都

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：随着我国基础设施建设的迅猛发展，特别是高速铁路和高速公路的广泛应用，预应力砼连续刚构桥作为一种经济合理、结构稳定、行车平顺的桥型，得到了广泛推广和应用。本文通过分析预应力砼连续刚构桥主梁施工中的关键技术，探讨了其在施工过程中的具体应用与效果，旨在为后续同类桥梁的施工提供技术借鉴。

关键词：预应力砼；连续刚构桥；主梁施工；关键技术

引言

预应力砼连续刚构桥以其跨越能力强、行车舒适度高、结构整体性好等特点，成为大跨度桥梁建设的首选方案。尤其是在高速铁路和高速公路中，该桥型能够显著降低车辆通过时的颠簸，提高行车安全性和舒适度。然而，该类桥梁的施工过程复杂，涉及多种关键技术，如高墩模板设计与施工、挂篮设计与悬臂浇筑技术、合拢段施工技术等。本文旨在研究这些关键技术，提出合理施工方案，以确保施工质量。

1 预应力砼连续刚构桥概述

预应力砼连续刚构桥，作为现代桥梁工程中的杰出代表，巧妙地融合了T型刚构与连续梁的优势，开创了一种全新的桥梁结构形式。这种桥型不仅继承了连续梁无伸缩缝、行车平稳舒适的特性，还保留了T型刚构无需设置支座、无需复杂转换体系的优点，从而实现了桥梁结构的优化与升级。从结构特点来看，预应力砼连续刚构桥呈现出梁体连续、墩梁固结的独特风貌。这种设计不仅增强了桥梁的整体性，还显著提升了其顺桥向抗弯刚度和横向抗扭刚度，使得桥梁在承受巨大荷载时依然能够保持稳定^[1]。因此，预应力砼连续刚构桥特别适用于特大跨径的桥梁建设，能够满足现代交通对桥梁结构强度、稳定性和耐久性的高要求。此外，预应力砼连续刚构桥的施工过程也体现了高度的技术性和专业性。从材料的选择、预应力的施加，到结构的组装与调试，每一个环节都需要严格遵循技术规范，以确保桥梁的质量和安全性。因此，预应力砼连续刚构桥不仅在现代桥梁工程中占据重要地位，还成为了展现桥梁工程技术创新能力的重要标志。

2 预应力砼连续刚构桥主梁施工关键技术

2.1 高墩模板设计与施工技术

(1) 整体模板设计：高墩模板的设计是施工的首要环节，其关键在于确保模板的精度、稳定性和变形控制

能力。空间变曲面整体模板是一种创新的解决方案，特别适用于瓶胆式空间三维变曲面墩身的施工。这种模板通过精确的计算和设计，能够完美贴合墩身的曲面形状，确保模板在安装后的尺寸精度高、变形小。同时，整体模板的设计还考虑了安装的便捷性，通过合理的结构布局 and 连接设计，使得模板的组装和拆卸过程更加高效、安全。

(2) 模板安装：模板的安装过程需要严格控制模板的垂直度和水平度，以确保墩身的垂直性和水平性。在安装过程中，首先需要对模板进行精确的测量和定位，确保模板的位置准确无误。然后，采用专业的安装工具和工艺，将模板逐一拼接到位，并严格控制模板之间的拼缝宽度，防止在浇筑混凝土时出现漏浆现象。同时，还需要对模板进行支撑和固定，确保模板在浇筑过程中不会发生变形或位移。

(3) 模板变形控制：在模板安装完成后，需要对模板进行变形控制。这主要包括对模板的支撑系统进行加强和监控，以及对模板的变形情况进行实时监测。通过合理的支撑布局和强度设计，可以确保模板在浇筑混凝土时能够承受足够的压力而不发生变形^[2]。同时，利用现代测量技术和监测设备，可以实时监测模板的变形情况，及时发现并处理潜在的变形问题。

(4) 模板拆除：当混凝土强度达到设计要求后，即可进行模板的拆除工作。模板的拆除需要按照一定的顺序进行，以避免对墩身造成损伤。在拆除过程中，首先需要确保混凝土的强度已经足够支撑自身重量和外部荷载，然后逐步拆除模板的支撑和连接件，最后小心地将模板从墩身上取下。在拆除过程中，还应注意保护墩身的表面和棱角，避免造成不必要的损伤。

2.2 挂篮设计与悬臂浇筑技术

(1) 挂篮设计：挂篮作为悬臂浇筑过程中的关键设备，其设计需全面考虑安全、可靠性、经济性以及操作

便捷性。主桁架作为挂篮的承重骨架，主桁架的设计需确保足够的强度和刚度，以支撑整个挂篮及浇筑过程中的混凝土重量。同时，其结构形式应便于安装和拆卸，以提高施工效率。悬挂系统负责将挂篮悬挂在已浇筑的主梁上，其设计需确保挂篮在浇筑过程中的稳定性和安全性。悬挂系统通常采用高强度钢材制成，并通过精细的计算和设计来确保悬挂点的合理分布和承重能力。模板系统用于浇筑新混凝土时的成型，其设计需确保模板的精度和刚度，以避免浇筑过程中出现变形或漏浆现象。模板通常采用钢板或木质材料制成，并可根据实际需要定制。行走系统使挂篮能够在已浇筑的主梁上移动，以进行下一阶段的浇筑工作。其设计需确保挂篮在移动过程中的平稳性和安全性，同时还应考虑行走速度的控制和调节。附属设施包括安全设施、操作平台、照明设备等，它们为施工人员提供安全保障和便利条件。在设计挂篮时，还需特别注意挂篮的自重、承载能力以及抗风稳定性。自重过大会增加挂篮的移动难度和能耗，而承载能力则直接关系到挂篮能否安全、可靠地完成浇筑任务。抗风稳定性则确保了挂篮在恶劣天气条件下的安全施工。

(2) 悬臂浇筑：悬臂浇筑是预应力砼连续刚构桥主梁施工中的一种重要方法。在浇筑过程中，需严格控制混凝土的浇筑速度和振捣强度，以确保混凝土的均匀性和密实度。浇筑速度过快或振捣强度过大都可能导致混凝土出现离析和分层现象，从而影响混凝土的强度和耐久性。为确保混凝土的质量，还需做好混凝土的养护工作。养护过程中，需保持混凝土表面的湿润状态，以避免混凝土因水分蒸发过快而出现干裂现象。同时，还需根据混凝土的强度发展情况和天气条件来制定合适的养护时间和养护方法。

2.3 合拢段施工技术

(1) 合拢段施工方案：合拢段的施工方案需根据桥梁的具体设计、施工环境以及现场条件进行综合考虑。通常，合拢段施工可采用对称合拢或不对称合拢两种方式。对称合拢是一种较为常见的施工方案，它要求两侧悬臂端的标高和线性必须保持一致。这种方案有助于减少施工中的不平衡荷载，降低桥梁在合拢过程中的应力变化，从而确保桥梁的整体稳定性。在实施对称合拢时，需密切关注两侧悬臂端的施工进度和质量，确保两侧悬臂端的标高和线性误差控制在允许范围内^[1]。在某些特殊情况下，如桥梁设计或施工环境对两侧悬臂端的标高和线性有特殊要求时，可采用不对称合拢方案。这种方案需根据具体情况进行灵活调整，确保桥梁在合拢后

的整体线性和受力状态符合设计要求。在实施不对称合拢时，需进行详细的计算和模拟分析，以确定合理的合拢顺序和工艺参数。

(2) 合拢段混凝土施工：合拢段混凝土施工是合拢段施工中的核心环节，其施工质量直接关系到桥梁的整体耐久性和安全性。在合拢段混凝土施工过程中，需严格控制混凝土的浇筑温度和浇筑速度。浇筑温度过高或过低都可能导致混凝土内部产生过大的温度应力，从而引发裂缝等质量问题。因此，在施工前需对混凝土的浇筑温度进行精确计算和控制，确保浇筑温度在规定范围内。同时，浇筑速度也需进行合理控制，以避免混凝土因浇筑速度过快而产生过大的浇筑冲击力，影响混凝土的均匀性和密实度。混凝土养护是确保混凝土强度达到设计要求的关键措施。在合拢段混凝土施工完成后，需及时对混凝土进行养护，保持混凝土表面的湿润状态，以避免混凝土因水分蒸发过快而出现干裂现象。养护时间需根据混凝土的强度发展情况和天气条件进行适当调整，确保混凝土在养护期间得到充分的水分和温度保护。

2.4 预应力施加方法及其控制技术

2.4.1 预应力施加方法

在预应力砼连续刚构桥的主梁施工中，常用的预应力施加方法主要包括先张法和后张法两种。先张法是在混凝土浇筑之前，对预应力筋进行张拉的一种施工方法。具体步骤为：首先，将预应力筋张拉到预定的应力水平，并保持稳定；然后，进行混凝土的浇筑和振捣；待混凝土达到设计强度后，放松预应力筋，此时混凝土因受到预应力筋的回缩作用而产生预压应力。这种方法适用于小型构件或构件数量较少的情况，因为它能够确保预应力筋在混凝土浇筑前就已经达到预定的应力状态，从而有效避免混凝土在浇筑过程中因受力不均而产生裂缝。后张法则是在混凝土浇筑并达到设计强度后，对预应力筋进行张拉的一种施工方法。具体步骤为：首先，进行混凝土的浇筑和振捣，待混凝土达到设计强度后；然后，对预应力筋进行张拉，并借助锚具将预应力筋固定在混凝土中。这种方法适用于大型构件或构件数量较多的情况，因为它能够确保混凝土在达到设计强度后再进行预应力筋的张拉，从而避免混凝土在未达到设计强度前因受力过大而产生破坏。

2.4.2 预应力控制技术

预应力控制是确保预应力施加准确性和均匀性的关键。在预应力施加过程中，需要实时监测预应力筋的张拉力和伸长量，以确保预应力施加的准确性和均匀性。在预应力施加过程中，应使用专业的张拉设备和传感器

对预应力筋的张拉力和伸长量进行实时监测。通过实时监测数据,可以及时发现并纠正预应力施加过程中的偏差和错误,确保预应力施加的准确性和均匀性。预应力损失是预应力砼连续刚构桥在长期使用过程中不可避免的问题^[4]。为了确保预应力在长期使用过程中保持稳定,需要对预应力损失进行预测和控制。具体方法包括:通过试验和计算确定预应力筋的松弛系数和混凝土的徐变系数等参数;根据这些参数和桥梁的使用条件,预测预应力损失的大小和趋势;然后,通过调整预应力施加量或采取其他措施来控制 and 减少预应力损失。

3 工程实例深度分析:渝怀铁路黄草乌江大桥

渝怀铁路黄草乌江大桥,作为一座典型的预应力砼连续刚构铁路双线桥,其全长达到410.65米,主跨更是跨越了168米的宽阔江面,展现了桥梁工程技术的精湛与宏伟。在施工过程中,大桥成功融入了多项创新技术和施工方法,确保了工程质量和施工效率的双赢。

3.1 高墩施工技术的革新应用

黄草乌江大桥的高墩施工面临了极大的挑战,尤其是瓶胆式空间三维变曲面墩身的施工。为了解决这一难题,项目团队采用了高墩空间变曲面整体模板设计与施工技术。这一技术通过精确计算和三维建模,实现了模板尺寸的精准控制,确保了墩身曲线的平滑过渡。模板采用高强度钢材制作,具有良好的刚度和稳定性,有效减少了施工过程中的变形。同时,模板设计还充分考虑了安装和拆卸的便捷性,通过模块化设计,大大缩短了施工周期。在施工过程中,项目团队还采用了先进的测量技术和监控手段,确保了墩身施工的精度和安全性。

3.2 轻型挂篮施工技术的突破

在黄草乌江大桥的双线铁路大跨度连续刚构梁悬灌施工中,轻型挂篮的应用成为了一个重要的创新点。挂篮的设计充分考虑了桥梁的结构特点和施工需求,采用了轻量化材料和优化结构设计,使得挂篮在保证承载能力和安全性的同时,实现了更轻的重量和更高的灵活性。在施工过程中,挂篮可以方便地沿桥梁纵向移动,满足悬灌施工的需求。同时,挂篮还配备了先进的操作系统和监控设备,确保了施工过程的精确控制和安全

性。通过轻型挂篮的应用,项目团队成功解决了大跨度连续刚构梁悬灌施工的难题,提高了施工效率和质量。

3.3 合拢段施工技术的精细管理

合拢段施工是黄草乌江大桥建设中的关键环节之一。为了确保桥梁的整体线性和受力状态符合设计要求,项目团队在合拢段施工前进行了详细的施工方案设计和施工技术准备。在施工过程中,项目团队严格控制了混凝土的浇筑温度和浇筑速度,通过精确计算和实时监测,确保了混凝土的均匀性和密实度。同时,项目团队还采用了科学的养护措施,包括保持混凝土表面的湿润状态、控制养护温度和湿度等,确保了混凝土强度的逐步提升。在合拢段施工过程中,项目团队还密切关注了桥梁的变形和应力状态,通过实时监测和数据分析,及时调整施工方案和工艺参数,确保了合拢段施工的顺利进行和桥梁的整体稳定性。

结语

预应力砼连续刚构桥主梁施工关键技术研究与应用,对于提高桥梁的施工质量和安全性具有重要意义。通过高墩模板设计与施工、挂篮设计与悬臂浇筑技术、合拢段施工技术、预应力施加等关键技术的应用,能够有效解决施工中的技术难题,确保施工质量和进度。未来,随着新材料、新技术的不断涌现,预应力砼连续刚构桥的施工技术将得到进一步发展。同时,随着智能化、信息化技术在桥梁施工中的应用,施工过程中的监测与控制将更加精确和高效,为桥梁的施工质量和安全性提供更加有力的保障。

参考文献

- [1]刁先觉,刘怀刚.某预应力混凝土连续刚构桥主梁关键施工技术[J].建筑机械,2022,(01):123-126.
- [2]赵永伟.预应力混凝土连续刚构桥构件施工要点及主梁施工质量控制[J].四川水泥,2024,(01):266-268.
- [3]周辉.浅析预应力混凝土连续刚构桥主梁施工技术[J].中国设备工程,2023,(04):203-205.
- [4]卢朝勇.预应力混凝土连续刚构桥主梁线形控制及次内力分析[D].西南石油大学,2019.