

# 大跨径悬索桥重力式锚碇基础施工关键技术研究

马继文

新疆生产建设兵团交通建设有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

**[摘要]** 大跨径悬索桥作为现代桥梁工程的重要组成部分, 其锚碇基础的施工质量直接关系到桥梁的整体安全性和稳定性。在大跨径悬索桥的建设过程中, 广泛采用了结构简约、施工便捷的重力式锚碇。文中首先对重力式锚碇在大跨径悬索桥中扮演的关键角色及其独特设计特性进行了剖析, 随后, 文章深入讨论了在实际施工过程中遭遇的种种技术难题, 包括复杂的地质状况、多样的施工材料、繁复的施工技术以及施工对环境造成的影响等。为此, 提出了一系列关键技术, 涵盖了精确的施工位置确定、合理的土壤移除、高效的混凝土构建以及完成的维护等关键环节。同时, 通过具体案例, 证实了技术手段的实际功效。文中指出, 未来应在新材料应用、智能化施工技术以及环境保护等方面进一步探索, 以提高重力式锚碇基础的施工质量和效率。

**[关键词]** 大跨径悬索桥; 重力式锚碇; 施工技术; 地质条件; 混凝土浇筑

DOI: 10.33142/ect.v2i12.14805

中图分类号: U448.25

文献标识码: A

## Research on Key Technologies for Construction of Gravity Anchored Foundation of Long span Suspension Bridge

MA Jiwen

Xinjiang Production and Construction Corps Transportation Construction Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

**Abstract:** As an important component of modern bridge engineering, the construction quality of the anchorage foundation of long-span suspension bridges directly affects the overall safety and stability of the bridge. In the construction process of long-span suspension bridges, gravity type anchorages with simple structure and convenient construction are widely used. The article first analyzes the key role and unique design characteristics of gravity anchorages in long-span suspension bridges. Subsequently, the article delves into various technical challenges encountered during actual construction, including complex geological conditions, diverse construction materials, complex construction techniques, and the impact of construction on the environment. To this end, a series of key technologies have been proposed, covering precise construction location determination, reasonable soil removal, efficient concrete construction, and completed maintenance. Meanwhile, through specific cases, the actual effectiveness of technical means has been confirmed. The article points out that in the future, further exploration should be conducted in the application of new materials, intelligent construction technology, and environmental protection to improve the construction quality and efficiency of gravity anchor foundations.

**Keywords:** long span suspension bridge; gravity anchorage; construction technology; geological conditions; concrete pouring

### 引言

大跨径悬索桥因其优雅的结构和优良的通行能力, 已成为现代交通工程的重要选择。然而, 悬索桥的稳固性和安全性关键取决于其锚碇基础的精心设计和施工质量, 在大跨径悬索桥的建设中, 广泛采纳了一种名为重力式锚碇的构造, 它以复杂的施工流程和卓越的承重表现获得青睐<sup>[1]</sup>。尽管如此, 在实际施工过程中, 重力式锚碇的建设经常遭遇因地质复杂性与施工环境不确定性所带来的众多技术难题。针对大跨径悬索桥这一工程结构, 本研究聚焦于其重力式锚碇基础的施工关键技术, 分析了影响施工质量的诸多因素, 并在此基础上提出了相应的优化解决方案, 旨在提高施工效率及工程安全性能。

### 1 重力式锚碇的设计特点

重力式锚碇是一种广泛应用于大跨径悬索桥的基础结构, 其设计特点主要体现在结构稳定性、承载能力和施

工便利性等多个方面。重力式锚碇依靠自重来抵抗悬索产生的拉力, 因此其设计强调了足够的质量和稳定性。设计时需充分考虑锚碇的形状、尺寸以及所使用材料的物理性能, 以确保其在极端条件下仍能有效发挥作用。通常, 重力式锚碇采用较为简洁的几何形状, 如矩形或梯形, 以减少施工难度并提高整体的承载能力<sup>[2]</sup>。

重力式锚碇在施工过程中具有较高的灵活性, 可以根据现场实际情况进行调整。这种适应性使得在复杂地质条件下也能较为顺利地完成任务。重力式锚碇在施工材料中的应用, 通常依赖于高强度混凝土的特性, 通过结合适宜的骨料和外加剂, 以保证其在长期使用中展现出的耐久性与稳定性。在重力式锚碇的设计过程中, 已经预先考虑了施工之后的维护与监测需求, 并在设计图纸上特意标注了检测孔和观测点的设置, 这样做的目的是方便在锚碇基础施工完成后, 对其进行健康状态的持续监测和必要的

维护作业。例如，在极端气候条件下，为确保安全，锚碇设计必须考虑抵御地震及风力等各项荷载的需求。在重力式锚碇的设计过程中，重视环境保护成为一个显著的特点，此种设计要求在施工阶段，必须周详考虑选址问题，并重点降低噪音和污染，以最大程度地减少对周围生态环境的负面影响。在进行重力式锚碇的设计时，不仅应满足力学性能的需求，还应考虑到施工的便捷性和对环境的影响，从而确保桥梁的安全性、经济性和可持续性。

## 2 重力式锚碇施工面临的技术挑战

在大跨径悬索桥的建设中，重力式锚碇的施工面临诸多技术挑战，这些挑战主要源于复杂的地质条件、施工环境、材料选择和施工工艺等方面。地质条件的多样性是重力式锚碇施工中的首要挑战。在不同的施工地点，土壤类型、地下水位、岩层结构等因素均可能存在显著差异，导致施工难度增加。例如，在软土或易于液化的地区，锚碇的稳定性可能受到威胁，必须采取特殊的地基加固措施，以确保锚碇的安全性和可靠性。施工环境的复杂性也是一大技术挑战。施工现场常常面临恶劣的气候条件，如暴雨、洪水或强风等，这些自然因素不仅影响施工进度，还可能对施工质量产生负面影响<sup>[3]</sup>。

在重力式锚碇的结构中，尽管高强度混凝土是关键的建筑材料，但该材料的品质好坏将直接决定锚碇的结构安全和使用寿命。合理配置混凝土的配合比及遵循浇筑工艺的规范性是实际施工中不可或缺的环节，稍有差池可能导致锚碇在使用时产生裂缝或强度不够。重力式锚碇面临施工工艺复杂性的挑战，在建筑施工全过程中，必须严格控制各个环节，包括精确的工地定位、恰当的土壤挖掘、混凝土施工的质量监督，以及完成后的维护保养。在混凝土浇筑过程中，对振捣和养护环节进行细致控制，是避免出现蜂窝和裂缝等质量缺陷的关键。技术挑战的解决需依赖施工团队的专业知识技术和现场经验，同时，现代化的施工设备与技术，以及科学的施工管理和质量控制是必不可少的，它们共同确保重力式锚碇施工的顺利进行，并保障后续桥梁的安全。在进行重力式锚碇的建设时，技术上遭遇的难题需在设计阶段进行彻底分析与预案制定，并且施工时须采纳恰当的方案与手段予以解决。

## 3 重力式锚碇基础施工的关键技术

### 3.1 精确的施工定位

精确的施工定位是重力式锚碇施工中至关重要的环节，它直接关系到锚碇的质量和后续桥梁的整体结构安全。在实际施工中，施工定位的精确性不仅要求严格的测量技术，还需要对施工环境和地质条件有深入的了解。施工现场的详细勘察和测量工作是实现精确定位的基础。这包括对地形、土壤类型、地下水位和岩层分布等的全面分析，以确保锚碇能够在最合适的地点建造。通过使用高精度的测量仪器，如全站仪、激光测距仪和GPS定位系统，施工

团队可以在施工前确定锚碇的确切位置，并为后续施工提供准确的基准线和控制点<sup>[4]</sup>。

施工人员在建筑活动期间，必须恪守严谨的作业准则，以便确保施工活动的每一步骤均建立在精准的位置信息基础上。例如，在进行锚碇基础挖掘作业时，必须依据精准的测量数据执行土方开挖，以防位置偏差引起后续施工的难题。在进行混凝土浇筑作业时，施工人员必须严格遵循设计图纸指示的位置进行，以确保锚碇结构的受力特性及其稳定状态不受干扰。施工现场的作业进度可能受到如风速、温度及湿度等环境因素的干扰，故施工队伍需对上述参数进行实时跟踪，并以此灵活调整施工方案。

为了增强建筑定位的精确度，利用现代技术方法乃一良策，施工管理系统通过实时捕获与剖析施工过程中的数据，保障了信息的开放性与可追踪性，这极大地促进了管理效率的提升。同时，先进设备如无人机，在实施空中测量与监控的过程中，为施工活动提供了直观且精确的视角。技术应用的推广，不仅确保了施工过程中的精确度，同时也加强了安全防护措施。在重力式锚碇的建设过程中，精确的施工定位扮演了至关重要的角色，这要求结合现代测量技术、施工管理的科学方法以及对施工环境的精细感知，精确的定位技术和严密的监控系统，是减少施工过程中潜在风险、提升建设质量的关键，它们保障了桥梁结构的稳固与安全，从而确保了长期使用的可靠性。

### 3.2 合理的土方开挖技术

合理的土方开挖技术在重力式锚碇施工中扮演着至关重要的角色，它不仅影响锚碇的稳定性和承载能力，还关系到施工的安全和效率。在进行土方开挖之前，必须对施工现场进行详尽的地质勘察，了解土层的分布、土质的特性以及地下水位等信息。这些数据能够为后续的开挖方案制定提供科学依据。合理的土方开挖技术要求施工人员根据地质条件的不同，采取灵活的开挖方式，以确保开挖作业的安全与高效<sup>[5]</sup>。

土方开挖过程中，开挖设备的合理选用，对施工效率和安全保障具有重大影响。依据开挖深度及土壤类别，挑选适宜型号的土方机械，以保障工程进展的流畅性，在建筑施工阶段，必须连续清除土壤，防止水分与泥浆积聚，以免干扰挖掘工作，并维持作业区域的稳定状态。此外，施工队伍必须制订一套周详的建筑施工方案，并以此对挖掘作业实行精细化管理，各项工程活动须得到合理布局，以防止施工进度的失调引发重复施工或资源的不当消耗。

在土方开挖过程中，环保意识也不可忽视。围绕建筑施工领域的专业集体，必须执行相应策略，最大程度地降低其活动对周围自然和社会环境的负面影响，包括控制尘埃、声音以及有害物质的扩散。此外，在挖掘作业区域，部署降尘网格、实施水雾喷射，此类措施有助于降低颗粒物悬浮，并配合对建筑设备的常规保养，以减缓机械运作

时的声响污染。开挖土方后,需立刻执行回填作业并修复开挖区域,以维护施工场所的清洁与安全。在重力式锚碇工程的施工过程中,科学的开挖突防技术是必不可少的,它不仅直接影响到工程质量和安全,而且展现了施工过程中的科学性和对环境保护的认识。选择恰当的设备,通过地质勘察和科学管理,能显著提高土方开挖的效率与安全性,从而为接下来的建筑施工奠定坚实的基底<sup>[6]</sup>。

### 3.3 高质量的混凝土浇筑方法

高质量的混凝土浇筑方法在重力式锚碇基础施工中具有重要意义,它直接关系到结构的强度、耐久性和整体稳定性。混凝土浇筑是一个系统性过程,首先必须选择合适的混凝土配合比,以确保其在强度、工作性和耐久性等方面满足设计要求。

在浇筑作业中,适宜的施工机械与工艺的选择,是施工人员职责所在。借助于现代化的泵送、输送以及振动设备,不仅可以提升混凝土浇筑的工作效率,同时还能确保浇筑过程中混凝土的均匀性和致密性。在混凝土浇筑过程中,采取分层施工法,是提升混凝土品质的关键策略。在建筑施工过程中,每一层的混凝土厚度需符合设计规范,且考虑到具体的施工环境。浇筑动作完成后,迅速执行振动捣实作业,目的是驱逐混凝土内部存在的气泡,进而提高其整体结构的密实度和承载力。在浇筑作业中,保持混凝土的持续性是关键,以防止冷缝及层间不良接触等情况的发生,这对于锚碇的结构受力表现至关重要。

混凝土的养护是确保其质量的关键步骤。混凝土浇筑完成后,需即刻执行遮盖保湿措施,以防水分迅速流失,引起混凝土开裂问题。为了确保混凝土在凝固阶段维持合适的湿度和温度条件,以便增强其强度。在浇筑作业中,应对混凝土的品质实施严格监督,同时,施工者需详细记载浇筑的时刻、气候以及环境的湿度,以便之后对质量进行评定和追查<sup>[7]</sup>。

### 3.4 后期养护与监测

后期养护与监测是确保重力式锚碇基础施工质量和长期稳定性的重要环节。混凝土在浇筑完成后,其强度和耐久性的发展不仅依赖于初期的浇筑工艺,还与后期的养护措施密切相关。养护的主要目标是保持混凝土内部的适宜湿度,防止水分蒸发导致混凝土表面干裂和强度下降。常见的养护方法包括覆盖保湿、洒水养护以及采用养护剂等。特别是在高温、强风等不利天气条件下,及时采取有效的养护措施至关重要。

除了养护,后期监测同样不可忽视。监测工作应涵盖混凝土强度、裂缝发展、沉降变形和环境因素等多个方面。通过安装传感器和监测设备,可以实时获取锚碇的受力状

态和变形情况,及时发现潜在的问题。特别是在重力式锚碇施工后,由于周边环境和地质条件的变化,锚碇的受力和稳定性可能受到影响,因此建立一个系统的监测机制显得尤为重要。此外,定期对监测数据进行分析 and 评估,能够为后续的维护决策提供依据。

在工程项目完工后的维护保养及监控阶段,施工方需制定并完善一套管理制度,以保障维护工作符合既定标准并确保监控活动有序进行。整理并分析养护及监测所收集的数据,据此构建反馈机制,进而对养护策略进行及时调整,并优化施工管理,满足各个养护阶段的需求及应对环境的变化。养护与监测工作同步进行,需要施工团队、设计单位以及监测机构之间建立紧密的沟通与合作关系。在重力式锚碇基础施工过程中,后续的维护保养及对其进行严格监控是至关重要的环节,采取科学的维护策略和体系的观测方法,不仅能显著提高混凝土的质地及持久性,而且能保障锚碇的稳固安全,从而为桥梁的长期使用奠定坚实基础<sup>[8]</sup>。

## 4 结语

综上所述,大跨径悬索桥重力式锚碇基础的施工关键技术涵盖了设计、施工、质量控制和后期监测等多个方面。通过深入研究这些技术,可以有效提高重力式锚碇的施工质量,确保悬索桥的安全运营,为大跨径桥梁的建设提供了坚实的技术保障。

### [参考文献]

- [1] 韩会生. 悬索桥重力式锚碇沉井基础下沉施工监控技术[J]. 西部交通科技, 2023(10): 130-132.
- [2] 武守信, 李小刚, 冯君. 大跨度悬索桥嵌桩式重力锚碇承载机理和稳定性分析[J]. 铁道建筑技术, 2023(9): 55-58.
- [3] 关键, 刘李君. 超大跨径悬索桥重力式锚碇稳定性数值分析[J]. 江西建材, 2023(3): 158-159.
- [4] 王超, 李丹, 张川龙. 大跨度悬索桥重力式锚碇基础结构优化分析[J]. 城市建筑, 2021, 18(18): 172-176.
- [5] 何亚东. 大跨度悬索桥齿坎式重力锚碇承载机理和稳定性研究[D]. 四川: 西南交通大学, 2021.
- [6] 郑洪能. 悬索桥锚碇施工技术特点及应用[J]. 交通世界, 2020(33): 106-107.
- [7] 王军, 代明净. 悬索桥重力式锚碇的结构设计要点[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2019, 15(3): 209-211.
- [8] 黄文, 徐邛崃. 悬索桥隧道式锚碇研究现状[J]. 四川建材, 2019, 45(2): 152-154.

作者简介: 马继文(1990.6—), 毕业院校: 北京工业大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 新疆生产建设兵团交通建设有限公司, 职称级别: 工程师。