

大跨度公路桥梁结构设计要点探讨

张全洋

中国公路工程咨询集团有限公司(中咨华科交通建设技术有限公司), 北京 100089

[摘要]文中综合分析了 K88+089 宁远河特大桥项目的关键设计要素。项目涉及大跨度预应力混凝土连续刚构桥梁, 跨越宁远河, 位于大隆水库下游。详细讨论了结构类型选择、桥梁地质与水文条件、环境影响与安全性以及施工技术与管理。文中指出, 连续刚构的选择是基于其跨越能力大, 结构稳定性好的优越性能, 而小箱梁则提高了施工效率和经济性。河床地质和水文条件对桥梁设计具有显著影响, 要求进行详细的地质勘查和水文分析。环境影响与安全性考量包括桥梁的生态兼容性、景观设计和交通安全。施工技术和项目管理策略的选择对确保工程质量和安全至关重要。整体上, 这些要点共同决定了桥梁的功能性、安全性和经济性。

[关键词]大跨度桥梁设计; 环境影响与安全性; 施工技术与管理

DOI: 10.33142/aem.v6i3.11306

中图分类号: U448.14

文献标识码: A

Exploration on Key Points in Structural Design of Large Span Highway Bridges

ZHANG Quanyang

China Highway Engineering Consulting Corporation (Zhongzi Huake Transportation Construction Technology Co., Ltd.), Beijing, 100089, China

Abstract: The article comprehensively analyzes the key design elements of the K88+089 Ningyuan River Extra Large Bridge project. The project involves a large-span prestressed concrete continuous rigid frame bridge, spanning the Ningyuan River, located downstream of the Dalong Reservoir. Detailed discussions were conducted on the selection of structural types, geological and hydrological conditions of bridges, environmental impact and safety, as well as construction techniques and management. The article points out that the selection of continuous rigid frames is based on their superior performance of large span capacity and good structural stability, while small box girders improve construction efficiency and economy. The geological and hydrological conditions of the riverbed have a significant impact on bridge design, requiring detailed geological exploration and hydrological analysis. Environmental impact and safety considerations include the ecological compatibility of bridges, landscape design, and traffic safety. The selection of construction technology and project management strategies is crucial for ensuring engineering quality and safety. Overall, these key points collectively determine the functionality, safety, and economy of the bridge.

Keywords: large span bridge design; environmental impact and safety; construction technology and management

引言

K88+089 宁远河特大桥项目是一项具有重要意义的基础设施工程, 旨在跨越宁远河, 提供重要的交通连接。该工程采用预应力混凝土连续刚构桥梁结构, 展现了现代桥梁工程的技术成就。桥梁设计考虑到了多个关键因素, 包括结构类型、地质与水文条件、环境与安全以及施工技术和管理。这些要素的综合考虑, 不仅对确保桥梁的功能性和安全性至关重要, 也反映了现代桥梁工程对环境保护和可持续发展的关注。

1 工程概况

该工程是拟建的 K88+089 宁远河特大桥项目, 这座大桥需要跨越宁远河, 这是项目中的一项重要控制工程。桥位上游大隆水库渡槽采用 5-60m 连拱结构, 结合经济性及景观要求, 桥梁采用(46+3x80+46)m 预应力砼连续刚构。此桥型方案的布孔左幅: 43x40+(46+3x80+46)+6x40+60+3x40, 右幅: 43x40+(46+3x80+46)+5x40+60+4x40。

上部结构采用装配式预应力混凝土小箱梁和悬浇箱梁, 桥梁中心桩号 K88+089, 桥梁长度 2480m, 下部构造桥墩采用柱式墩实体墩桩基础; 桥台采用柱式台肋板台桩基础。

整体工程环境方面, 宁远河始发于五指山南麓的保亭县红水岭, 全程长 83.5km。宁远河平均坡度为 4.62%, 总落差为 1101m。该桥位于大隆水库下游 3.75km 处, 并与大隆水库引水渡槽三次相交。此外, 路线还与大隆水利工程施工局所设渡槽、宁远河北岸平行的水渠、距宁远河北岸 100 余米的水渠交汇。这些相交点均提供了明确的中心桩号, 并详细描述了交汇接口的各项参数, 如交角, 渠宽, 深度, 壁厚, 结构类型等, 附有具体的地理位置和角度等信息。

2 大跨度公路桥梁结构设计的基本原则

2.1 承载力和刚度的平衡

在大跨度公路桥梁的结构设计中, 承载力和刚度的平衡是关键原则之一。承载力指的是桥梁的能力来承受各种荷载, 包括静态荷载(如自身重量和交通荷载)以及动态荷载(如

风荷载和地震荷载)。桥梁必须足够强大,以在各种情况下保持结构的完整性和稳定性。然而,仅仅追求承载力的增加可能导致结构过于僵硬,而不适应外部扰动。这就引出了刚度的概念,即桥梁在承受荷载时的变形程度。合适的刚度设计可以减轻荷载对桥梁的影响,确保结构在荷载下不会过度变形或破坏。因此,在大跨度桥梁设计中,工程师需要仔细平衡承载力和刚度。这通常涉及到优化结构的几何形状和截面,以确保在各种负载情况下都能保持平衡。使用现代的结构分析工具和材料性能数据,工程师可以精确计算出桥梁的承载能力和刚度,并进行必要的调整,以满足设计要求。

2.2 结构的可靠性和安全性

这包括考虑桥梁在各种极端情况下的性能,如自然灾害(地震、风暴等)和异常负载情况。工程师必须采用现代的结构分析方法,以评估桥梁的稳定性和安全性,并确保其在不同荷载条件下的性能达到或超过规定的安全标准。可靠性还涉及到材料的选择和质量控制。使用高质量的材料,并确保施工工艺符合规范,可以提高桥梁的可靠性。此外,定期检查和维修也是保持桥梁长期安全性的关键步骤。

2.3 整体性和美观性

大跨度公路桥梁通常不仅是交通基础设施,还是城市的标志性建筑物。因此,整体性和美观性也是设计原则之一。整体性要求桥梁的各个部分协调一致,形成一个统一的结构。这不仅有助于均匀分布荷载,还提高了桥梁的整体性能。美观性是指桥梁的外观设计,包括形状、颜色和材料的选择。设计师需要考虑桥梁在城市或自然环境中的融入度,以确保其不仅具有实用性,还具有艺术价值。美观的桥梁可以成为城市的地标,并提升城市形象。

3 大跨度公路桥梁结构设计的主要考虑因素

3.1 荷载特性

荷载特性是大跨度公路桥梁设计中至关重要的因素之一。不同地区和用途的桥梁承受不同类型的荷载,因此工程师必须仔细分析和考虑这些荷载。首先,静态荷载包括自身重量、桥面、道路材料和交通荷载等。这些荷载在桥梁的生命周期内都会存在,因此必须得到合理的考虑。其次,动态荷载是指由于行驶车辆的运动而引起的振动和冲击荷载,包括车辆的重量、速度、车辆间距和荷载分布。这些荷载会对桥梁的结构和稳定性产生重要影响,因此需要进行详细的荷载分析,以确定结构的响应和适当的设计截面。

3.2 地质和地形条件

地质和地形条件是大跨度公路桥梁设计的另一个重要因素。不同地区的地质条件会对桥梁的基础和支撑结构产生重大影响。工程师必须进行详尽的地质勘察,以了解地下地质层和地下水位等信息,以确定合适的基础类型和深度。地形条件也是关键因素,因为桥梁必须适应不同地形的特点。这可能涉及到桥梁的高度和跨越的距离,以适应山脉、河流、峡谷等地理特征。工程师必须根据地形条件来选择桥梁的类型和布局,以确保结构的稳定性和可靠性。

3.3 施工工艺和工期

大跨度公路桥梁的设计不仅需要考虑到结构的性能,还需要考虑到施工工艺和工期。施工工艺的选择会影响桥梁的建设进度和成本。工程师必须考虑施工中的空间限制、材料供应、施工设备和技术等因素,以确保施工能够按计划进行。工程的工期也是一个重要考虑因素,因为桥梁通常需要在规定的时间内完工,以满足交通需求。工程师必须合理规划工程进度,确保各个施工阶段的协调和顺利进行。同时,施工期间的监测和控制也是确保桥梁质量和安全的关键步骤。

3.4 经济性和可维护性

最后,大跨度公路桥梁的设计必须考虑到经济性和可维护性。经济性涉及到设计的材料选择、施工成本和维护成本。工程师必须在确保性能的前提下寻求成本效益,以保证项目的可行性。可维护性是桥梁长期运营的考虑因素,包括定期检查、维护和修复工作。设计师必须考虑桥梁结构的易于检查和维修性,以减少运营期间的维护成本和不便。

4 大跨度公路桥梁结构设计的主要方法

4.1 桁架结构设计

桁架结构是一种常见且经典的大跨度公路桥梁设计方法,其核心特点是由多个桁架单元组成的结构,这些单元在整个跨度上平行排列,支撑着桥梁的道路或铁路。桁架结构设计在解决大跨度挑战方面具有出色的性能。首先,桁架的轻巧和刚性使其能够有效地承受静态和动态荷载,包括自身重量、交通荷载和风荷载等。其承载能力强大,这使得桁架结构在大跨度桥梁中得到广泛应用。

4.2 悬索结构设计

悬索结构是一种在大跨度桥梁设计中广泛使用的方法,其特点是由一系列悬挂在主塔上的索索支撑的桥梁梁面。悬索桥通常用于跨越较长的距离,具有出色的跨越能力和稳定性。其主要构成部分是索索和主塔(见图1),索索通常由高强度钢缆制成,能够承受巨大的拉力,而主塔则起到支撑和分配荷载的作用。悬索结构设计需要仔细考虑多个关键因素。首先是索索的长度和角度,这会影响到桥梁的跨越能力和外观。合理的索索设计可以确保桥梁在静态和动态荷载下保持稳定。

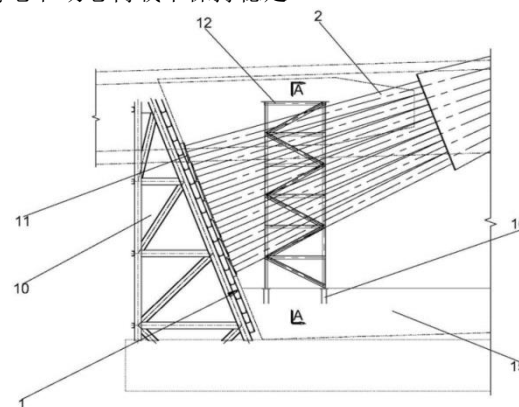


图1 悬索结构力学分析

4.3 拱桥结构设计

拱桥结构是一种古老而经典的大跨度桥梁设计方法，其主要特点是由拱形支撑的桥墩或拱顶，支撑着桥梁的道路或铁路。拱桥通常具有出色的承载能力和稳定性，因为拱形结构能够有效地分散荷载。拱桥的设计通常需要考虑多个关键因素，其中之一是拱的形状和跨度，这些参数会影响到桥梁的性能和外观。拱形的选择可以根据桥梁跨越的地形和美学要求进行调整。其次是拱桥的支撑结构，包括桥墩的位置、高度和形状，这些因素会影响桥梁的稳定性和荷载分布。拱桥的美学设计也常常受到重视，以满足城市规划和美观性要求。

4.4 斜拉桥结构设计

斜拉桥结构设计（见图2）是用于大跨度桥梁的一种常见方法，其主要特点是由斜索支撑的桥梁梁面。斜索通常以斜角连接到主塔上，通过拉力支撑桥面。这种设计方法通常用于中等到大跨度的桥梁，具有较高的承载能力和稳定性。在斜拉桥结构设计中，工程师需要考虑多个关键因素。首先是斜索的布置、角度和张力，这些参数会影响到桥梁的性能和外观。合理的斜索设计可以确保桥梁在各种荷载情况下保持稳定。

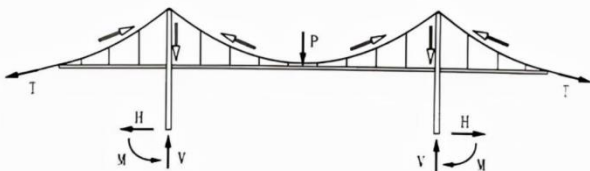


图2 斜拉桥力学分析

5 K88+089 宁远河特大桥结构设计要点

5.1 结构类型选择

(1) 连续刚构选择。连续刚构是一种常见的大跨度桥梁结构类型，其特点在于能有效地传递和分布荷载，降低桥梁的弯曲和扭曲。在K88+089宁远河特大桥项目中，选择连续刚构结构，主要是基于跨越能力大、稳定性好的特点，此外，有效减少了支座数量，从而降低维护成本和提高耐久性。连续刚构在视觉上也更为流畅，有助于满足该项目的景观设计要求。然而，这种结构类型也要求精确的施工技术和严格的质量控制，以确保桥梁的结构安全性和功能性。

(2) 小箱梁结构的选择。小箱梁在现代桥梁上部结构选型中较为常见，其主要优点在于自重轻、外观优美、装配化施工。小箱梁易于制造和运输，有助于加快施工进度。这些特性使得小箱梁成为K88+089宁远河特大桥引桥的理想选择，不仅提高了施工效率，还有助于实现结构的经济性和美观性。

5.2 桥梁地质与水文条件

(1) 河床地质。在桥梁设计中，河床地质的考量是至关重要的。对于K88+089宁远河特大桥而言，河床地质

的稳定性、承载能力以及对长期侵蚀的抵抗力是重要的设计考虑因素。地质调查需详细评估河床的土壤类型、岩石结构、地下水位以及潜在的地质灾害（如滑坡、地震）。这些信息对于确定桥墩和桥台的最佳类型、位置以及所需的加固措施至关重要。桥梁的地基必须足够稳固，以承受长期的荷载和环境影响，特别是在多变的河流环境中。

(2) 水文条件。水文条件对桥梁设计的影响同样不容忽视。K88+089宁远河特大桥所跨越的宁远河流速、水位变化和洪水频率等因素需纳入考量。这些因素不仅影响桥梁的结构设计，还影响施工计划和安全性。例如，高水位和强流速可能要求特别的施工方法和临时结构，以确保施工安全和质量。此外，桥梁设计还需考虑长期水文条件的变化，如全球气候变化导致的极端天气事件频率增加，确保桥梁具备足够的适应性和耐久性。

5.3 环境影响与安全性

(1) 生态与景观。K88+089宁远河特大桥的设计需综合考虑对当地生态环境的影响和桥梁的景观效果。桥梁位于生态敏感区域，例如上游的大隆水库，因此，在设计和建造过程中需要采取措施以减少对周围生态的干扰。这包括在施工期间控制污染排放，保护河流生态系统，以及在桥梁设计中融入自然景观，使其与周围环境和谐相融。例如，可以选择与自然景观协调的颜色和材料，以及设计优雅的桥型，从而增强桥梁的美学价值和地区特色。

(2) 交通安全。交通安全是大跨度公路桥梁设计的关键要素。对于K88+089宁远河特大桥来说，需要确保桥梁设计满足所有安全标准和规定，包括承载能力、抗震设计、防撞性能以及紧急情况下的安全疏散。此外，桥面的设计应考虑车辆的行驶安全，例如防滑路面、足够的行车道宽度、安全栏杆以及适当的照明设施。由于桥梁位于交通要道，还需考虑在施工和维护期间对交通的影响，并制定相应的交通管理计划，以减少对周围交通的干扰。

5.4 施工技术与管理

(1) 施工方法。K88+089宁远河特大桥的施工方法需考虑桥梁的特殊地理位置和设计要求。鉴于桥梁跨越宁远河，施工团队需采用适合水上施工的技术和设备，如浮吊和打桩机。此外，考虑到桥梁的长度和复杂性，采用模块化施工方法可能更为有效，例如在工厂预制部分构件，然后在现场进行装配。这种方法不仅可以提高施工效率，还可以在在一定程度上降低现场施工所带来的环境影响。

(2) 项目管理。有效的项目管理对于确保K88+089宁远河特大桥工程的顺利进行至关重要。项目管理包括预算控制、时间管理、质量监控以及风险管理等多个方面。项目团队需要定期审查工程进展，并对可能出现的问题及时采取措施。同时，良好的沟通机制对于项目的各个利益相关方之间的协调也非常重要。此外，项目管理还应包括对工程影响的持续监测，如环境影响、安全性能以及社区反馈等，确保工程的可持续性和社会责任。

6 结论

K88+089 宁远河特大桥的设计和建造展示了大跨度桥梁工程在技术创新、环境保护和社会责任方面的综合考量。通过选择适宜的结构类型和施工技术,结合对地质与水文条件的深入分析,以及对环境影响和交通安全的周到考虑,该项目不仅提高了交通便利性,还兼顾了生态保护和景观美化。此外,有效的项目管理策略确保了工程质量和安全,凸显了现代大型基础设施项目的复杂性和挑战。K88+089 宁远河特大桥项目因此成为桥梁工程设计和施工的典范,展示了综合性工程解决方案的力量。

[参考文献]

[1]刘克蛟.大跨度公路桥梁结构设计要点探讨[J].散装水泥,2023,3(3):194-196.

[2]尤佳,陈晓羽,侯冬冬.大跨度公路桥梁结构设计要点探讨[J].工程技术研究,2022,3(4):188-190.

[3]曹杰.大跨度公路桥梁结构设计分析[J].交通世界,2021,2(29):99-100.

[4]张帅.大跨度桥梁结构设计问题分析[J].交通世界,2020,2(21):106-107.

[5]文峰,田华飞.大跨度桥梁脉动风场模拟[J].北方交通,2011,3(2):46-48.

[6]胡晓燕.大跨度公路桥梁车桥耦合振动响应研究[D].武汉:武汉理工大学,2009.

者简介:张全洋(1991.8—),男,石家庄铁道大学,桥梁与隧道工程,中咨华科交通建设技术有限公司,桥梁工程师,中级工程师。