

# 大跨度组合桥梁新结构关键技术及其应用

孙洪臣

中铁九局集团第七工程有限公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]随着交通运输方面的需求持续不断地增长,同时桥梁工程技术也在不断发展,大跨度组合桥梁凭借其出色的结构性能以及良好的经济效益,已然成为了现代桥梁建设极为重要的一个发展方向。围绕着大跨度组合桥梁的新型结构体系设计情况、关键技术的研究状况以及施工应用的实际开展情况进行深入且细致的探讨。着重去分析结构形式方面的创新之处、材料组合的选用考量、结构构造所具有的特点等方面,另外还对受力性能的优化处理、疲劳耐久性的设计思路、防腐耐久相关的技术以及智能监测健康评估所涉及的技术展开分析。通过针对施工工艺加以创新以及对施工组织做出合理的安排,清晰明确地指出了实现高效施工以及确保工程质量的关键途径所在。给大跨度组合桥梁的设计工作以及施工操作给予系统性的理论方面的依据以及技术层面的指导,从而推动该领域在技术层面的进步以及工程实践方面的进展。

[关键词]大跨度; 组合桥梁; 新结构; 关键技术; 应用

DOI: 10.33142/ec.v8i5.16655

中图分类号: U44

文献标识码: A

## Key Technology and Application of New Structures for Large-span Composite Bridges

SUN Hongchen

Seventh Engineering Co., Ltd. of China Railway No. 9 Group, Shenyang, Liaoning, 110000, China

**Abstract:** With the continuous growth of transportation demand and the continuous development of bridge engineering technology, large-span composite bridges have become an extremely important development direction in modern bridge construction due to their excellent structural performance and good economic benefits. Conduct in-depth and detailed discussions on the design of new structural systems for large-span composite bridges, the research status of key technologies, and the actual implementation of construction application. Emphasis is placed on analyzing the innovative aspects of structural form, considerations for material combination selection, and the characteristics of structural construction. In addition, analysis is conducted on the optimization of stress performance, design ideas for fatigue durability, technologies related to anti-corrosion durability, and technologies involved in intelligent monitoring and health assessment. By innovating construction techniques and making reasonable arrangements for construction organization, the key ways to achieve efficient construction and ensure project quality are clearly identified. Provide systematic theoretical basis and technical guidance for the design and construction operation of large-span composite bridges, thereby promoting technological progress and engineering practice in this field.

**Keywords:** large-span; composite bridges; new structure; key technology; application

### 引言

大跨度桥梁属于连接重要交通枢纽的基础设施,在保障区域经济发展以及促进社会交流方面担负着关键任务。传统桥梁结构随着跨度与荷载的增大,出现了材料使用效率不高、施工难度颇大以及维护成本较高等诸多挑战,迫切需要创新的结构体系以及关键技术来加以突破。组合桥梁凭借其灵活多样的结构组合方式,同时具备钢结构与混凝土结构各自的优势,正逐步变成破解大跨度桥梁技术瓶颈的一条有效途径。伴随材料科学、结构力学以及施工技术的持续发展,再加上现代信息技术所具备的智能监测手段,大跨度组合桥梁在设计理念以及施工工艺方面都迎来了全新的机遇与挑战。全面且细致地对大跨度组合桥梁的新型结构体系设计方法、关键技术研究进展以及施工应用经验展开梳理与总结,盼望着能够为相关工程给予科学方面的依据以及实践层面的参考,进而推动大跨度组合桥梁

技术实现高质量的发展态势。

### 1 大跨度组合桥梁新型结构体系设计

#### 1.1 结构形式创新

大跨度组合桥梁的结构形式创新对于满足现代桥梁工程的需求而言极为关键。传统单一结构形式像纯钢拱、纯混凝土梁已经很难应对跨度更大、荷载更复杂的状况。把钢和混凝土有机结合起来,可充分挖掘二者优势,提高桥梁整体承载能力以及稳定性。在结构形式方面,把拱、梁、索等多种体系相结合,达成结构多向受力且合理分布,这大大提升了材料利用效率以及结构韧性。创新设计还涵盖模块化构造、节段拼装以及整体预应力的应用,以此强化结构整体协调性能,降低施工难度。并且,借助合理的结构形态优化,能减少材料消耗,实现经济性和耐久性的有机结合。这类结构形式的突破,一方面满足了大跨度的设计要求,另一方面也为桥梁长期运营维护打下了稳固基础。

## 1.2 材料选用与组合设计

材料的科学选用对于实现大跨度组合桥梁结构性能的提升而言,称得上是极为关键的一个方面。钢材由于自身具备高强度这一特点,并且还拥有良好的可塑性,所以在主要承载构件方面得到了广泛的运用;相比之下,混凝土有着优越的抗压性能,同时其耐久性方面的优势也比较突出,所以它往往会被当作次要构件或者保护层来使用。将钢材和混凝土合理地组合起来,能够促使它们各自的优势得以充分发挥,进而起到互补的作用。现代所采用的高性能钢材以及混凝土,其使用情况更是进一步推动了桥梁结构承载能力的提升,同时也让桥梁结构的耐久性有了明显提高,还使得桥梁的自重得以降低,并且有效降低了后续的维护成本。除此之外,材料的组合设计并不是仅仅着眼于力学性能这一个方面,而是需要全面且充分地去考量材料的热膨胀系数、疲劳性能以及耐腐蚀特性等诸多因素,如此一来才能够确保结构在那种较为复杂的环境当中依旧能够保持稳定的状况。通过对材料搭配的比例以及连接的方式加以优化,便能够达成应力传递既高效又协调的效果,从而在很大程度上提高结构的安全性以及经济性。而且,材料的组合设计还应当综合考虑到施工时的便捷程度以及后期维修操作的便利程度,以此为基础来为结构整体性能的可持续发展筑牢根基。

## 1.3 结构构造特点

新型大跨度组合桥梁结构,在构造设计方面呈现出多样性和协调性这两个特点。其结构构造把主承载构件的设计囊括其中,同时还将连接节点、支座以及附属设施的系统集成也包含在内。钢拱和混凝土主梁在连接时运用了高强度节点技术,这一技术可有效地对局部应力集中以及变形加以控制,进而确保整体结构具备连续性与韧性。构造设计会充分考量温度变化、荷载作用以及施工过程中出现的变形需求,借助设置伸缩缝、采取抗震措施以及实施预应力调节等方式,赋予结构自适应调整的能力。桥面系还有慢行道悬臂梁等次结构在设计时和主结构紧密结合起来,以此来保证使用功能以及结构安全都能够得到满足。整体构造着重强调模块化与标准化,如此一来便于制造与安装,既能提升施工效率,又能降低工程风险。

# 2 大跨度组合桥梁新型结构关键技术研究

## 2.1 受力性能与结构优化

大跨度组合桥梁结构安全性和稳定性得以保障的根本所在便是受力性能分析。唯有全面且准确地知晓桥梁于各类工况之下的受力状况,才能够给合理设计以及优化给予科学方面的依据。借助构建高精度的有限元模型,再结合多种复杂工况所涉及的动态与静态模拟,可细致地将桥梁整体结构以及关键构件在不同荷载作用之下呈现出的应力分布情况、变形规律,还有可能出现的应力集中区域都揭示出来,进而精准地对潜在的薄弱环节做出判断。而

结构优化是以受力分析所得结果为基础,运用多目标优化算法,综合考量结构的安全性、经济性以及施工的可行性,对桥梁的几何形态、材料选用、构件截面以及连接方式等关键参数展开合理的调整。这一过程既涵盖了对整体结构刚度和稳定性的提升,也针对在不同工况之下出现的非线性行为、局部屈曲以及疲劳损伤等问题,制定出了专门的优化策略,以此来强化桥梁的抗变形能力以及承载效率。经过优化设计,合理安排钢材与混凝土材料的比例,在减轻结构自重的同时提升承载力,达成资源的高效利用。受力性能的深入剖析与结构优化的有机结合,不但大幅度延长了桥梁的使用寿命,提升了其安全保障的水平,而且降低了日常维护与修复的成本,推动着大跨度组合桥梁设计理念持续革新以及技术不断取得进步,促使桥梁工程朝着更为智能化以及高性能的方向去发展。

## 2.2 疲劳耐久设计技术

大跨度组合桥梁在长时间的运营进程里会承受数量众多的交变荷载,所以疲劳性能已然变成设计环节中极为关键的一环。疲劳耐久设计技术把理论分析、试验研究以及数值模拟相互结合起来,以此来精准地预测结构那些关键部位的疲劳寿命。运用高性能的钢材还有混凝土材料,并且配合上合理的节点设计以及应力控制手段,进而让疲劳裂纹出现的概率得以降低。在设计的时候把有限寿命以及无损检测技术综合起来,达成对疲劳风险展开动态评估的目的。对于结构的细部设计,着重于消除应力集中的情况,对焊接工艺以及连接方式进行改进,以此提升疲劳抗力。借助科学的疲劳设计以及监测预警举措,保证桥梁结构在使用的整个期间都能够拥有足够的安全裕度,大幅度提升了桥梁的可靠性以及运营的安全性。

## 2.3 防腐与耐久性技术

大跨度组合桥梁结构能够长期正常服役,防腐设计是其中极为重要的一环。桥梁结构常常处于多种腐蚀环境之下,像大气腐蚀、海洋盐雾以及工业污染等,这些情况对结构材料的性能产生了相当大的影响。就钢结构而言,因其有自身的腐蚀特点,所以会采用多层涂装的方式,还会使用防腐蚀合金,并且运用阴极保护技术,如此一来便能形成一个较为系统的防护体系。对于混凝土部分,则会采用高性能混凝土配比的方法,同时对表面进行密封处理,以此来提高它的抗渗透性以及抗碳化的能力。在构造设计方面,会着重去避免水汽以及腐蚀介质出现滞留的情况,从而确保结构细节的防护能够保持连续性。耐久性设计把材料选型以及结构细部优化结合起来,这样能够有效地让结构寿命得以延长,同时还能降低维护的频次以及相关费用,进而提升桥梁整体所具有的经济效益以及安全方面的水平。

## 2.4 智能监测与健康评估

随着信息技术不断发展起来,智能监测系统在大跨度组合桥梁当中获得了广泛的应用,已然成为桥梁健康管理

极为重要的一种手段。借助布置多种多样的传感器,像是应变计、加速度计、温湿度传感器以及光纤传感器等,可实时对结构的受力情况、变形状况、振动状态以及环境参数加以采集,进而达成全方位的动态监测效果。把大数据和人工智能算法结合起来,针对所采集的数据展开分析与评估,能够及时察觉到结构出现的异常情况以及潜在存在的风险,以此来预防安全事故的发生。智能监测系统不但提升了桥梁维护工作的科学性与及时性,而且还为疲劳寿命评估、防腐维护等相关事宜提供了相应的数据支撑。在未来,智能化技术会推动桥梁管理朝着数字化、智能化的方向不断发展,进一步提升结构安全保障的水平。

### 3 施工技术与工程应用

#### 3.1 施工工艺创新

大跨度组合桥梁施工技术要求高,工艺创新是保障质量、推进进度关键。融合现代模块化设计,施工用预制节段拼装和整体吊装,减少现场作业时间,降低复杂度和风险。钢拱肋制造拼装精准,预应力系统施加调控有突破。引入 BIM 和数字化管理,促信息共享,降低误差和隐患<sup>[1]</sup>。针对复杂地理环境,研发多种临时支撑和转体方案,提升施工安全性。与此同时,注重环保和节能,推动绿色施工理念的落实。

#### 3.2 施工组织与质量控制

合理的施工组织方案乃是达成大跨度组合桥梁建设目标的关键保障所在。在施工组织方面,着重强调工序衔接需保持顺畅的状态,资源的配置务必要做到合理无误,并且要对关键工序以及节点予以重点把控,以此来保证整个施工过程能够始终处于稳定且有条不紊的态势当中。质量控制这一环节是贯穿于施工的各个阶段之中的,要设立起十分严格的检测标准以及验收流程,借助先进的检测仪器还有非破坏性检测技术,来对构件的质量以及安装精度展开实时的监测工作<sup>[2]</sup>。施工团队还需不断强化针对人员的培训以及内部的管理工作,以此提升作业人员在技术水平方面以及安全意识方面的水准,尽力将施工过程中可能出现的缺陷以及事故发生的几率降到最低限度<sup>[3]</sup>。凭借科学的组织管理举措以及严格的质量控制手段,可充分保障工程的质量能够切实达到设计所规定的标准以及满足安全方面的要求,进而有力地推动桥梁实现安全的运营状态。

#### 3.3 应用前景与推广价值

大跨度组合桥梁的新结构以及关键技术的应用方面,其带来的成效是多方面的,它让桥梁的性能以及耐久性都得到了颇为明显的提升,它也有力地推动了施工效率与经济效益的提高。城市化推进的速度不断加快,交通运输的

需求也呈现出多样化的态势,在这样的情况之下,采用新型组合结构体系的桥梁会逐渐成为大型交通枢纽建设当中极为重要的一种发展方向。该技术体系自身有着不错的适应性以及扩展性,能够在多种不同的地质环境以及复杂的工况下适用,所以它有着十分广阔的应用推广空间<sup>[4]</sup>。通过不断地对设计理念加以优化,同时对施工工艺予以改进,再结合智能监测技术的应用,便可以达成对桥梁结构进行全生命周期管理的目标,如此一来,能够大幅度地降低维护成本,同时也能够让安全保障得以提高。在未来的发展进程中,大跨度组合桥梁技术会在国内外的基础设施建设领域里发挥出更为重要的作用,进而推动桥梁工程相关技术持续不断地向前发展。

### 4 结语

大跨度组合桥梁新结构的设计以及其关键技术展开研究,这无疑是在推动现代桥梁工程朝着高性能、高效益的方向不断发展的一项极为重要的内容。就结构形式方面的创新情况、材料组合的具体设计状况、受力方面的优化事宜、疲劳耐久性相关情况、防腐技术的应用状况以及智能监测等方面的核心技术展开了较为系统的探讨,并且把施工工艺方面的创新成果同科学合理的组织管理方式相结合起来,由此也清晰明确地指出了实现桥梁高质量建设所应遵循的技术路径。随着时间的推移,伴随技术不断地走向成熟,其应用范围也在不断地得以拓展,未来的日子里,大跨度组合桥梁在实际的工程实践当中将会呈现出更为旺盛的生命力以及更强的竞争力。持续不断地开展技术创新活动并深入进行实践探索,会给桥梁工程这个领域带来源源不断的更为安全可靠、更为经济实惠且更为智能化的解决办法,进而为社会经济的发展筑牢坚实稳固的基础保障。

#### [参考文献]

- [1]吴巨军,黄勇,杨平等.大跨度蝶形钢结构组合桥梁设计与施工[J].浙江建筑,2024,41(3):36-39.
- [2]金亚东.大跨度高铁梁-拱组合桥梁施工控制与分析研究[D].安徽:合肥工业大学,2020.
- [3]邵国攀.大跨度吊拉组合桥梁结构行为及抗风稳定性研究[D].四川:西南交通大学,2020.
- [4]王强.大跨度铁路连续梁拱组合桥梁大节段钢管拱肋整体同步提升拼装技术[J].中国铁路,2020(6):65-70.

作者简介:孙洪臣(1987.12—),毕业院校:国家开放大学,所学专业:土木工程,当前就单位:中铁九局集团第七工程有限公司太原项目部,职务:副总工程师,职称级别:工程师。