

高速公路双层桥梁的发展分析

杨忠楠

西南林业大学土木工程学院

DOI : 10. 12238/j pm. v5i 7. 6946

[摘要] 高速公路双层桥梁形式多样、特色鲜明。本文在归纳总结几座高速公路双层桥梁技术特点的基础上,介绍了高速公路双层桥梁的工程实践经验。文章对高速公路双层桥梁的结构体系、结构选型、抗震技术、运营安全等关键技术和发展趋势进行了深入分析,与同行进行了交流。

[关键词] 高速公路双层桥梁; 工程实践; 抗震

Development analysis of double deck bridges on highways

Yang Zhongnan

School of Civil Engineering, Southwest Forestry University

[Abstract] Double deck bridges on highways have diverse forms and distinctive features. On the basis of summarizing the technical characteristics of several double-layer bridges on highways, this article introduces the engineering practice experience of double-layer bridges on highways. The article provides an in-depth analysis of the key technologies and development trends of the structural system, structural selection, seismic resistance technology, and operational safety of double-layer bridges on highways, and exchanges with peers.

[Keywords] Double deck bridges on highways; Engineering practice; anti-seismic

引言

高速公路作为现代交通系统的重要组成部分,在促进经济发展、提升城市功能和改善人民生活质量等方面发挥着关键作用。随着全球化进程的加快,交通运输需求日益增长,高效的交通网络成为经济发展的重要基础设施之一。高速公路以其快捷、便利的特点,不仅连接了城市与城市之间的经济纽带,更加快了货物流通和人员往来,从而推动了区域经济一体化进程。为了应对日益严峻的交通压力,双层桥梁作为一种创新的交通基础设施应运而生。双层桥梁通过上下两层的立体交通设计,有效增加了道路通行能力,减少了地面交通的负担。其独特的结构形式不仅能够在有限的空间内提供更多的通行能力,还能更好地适应城市复杂的交通需求。双层桥梁的建设在实际应用中展现出诸多优势^[1]。

随着城市化进程的推进和交通需求的不断增加,高速公路和双层桥梁的发展显得尤为重要。双层桥梁作为一种创新的交通基础设施,不仅在缓解交通压力方面发挥了重要作用,还为未来城市交通系统的规划和建设提供了新的思路和借鉴。通过进一步研究和推广双层桥梁的设计与应用,必将为实现更加高效、绿色和可持续的城市交通系统贡献力量^[2]。本文在总结几座双层高速公路桥技术特点的基础上,介绍莞番高速双层桥梁的工程实践经验,对高速公路双层高架桥梁的结构体系、结构选型、抗震技术、运营安全等关键技术和发展趋势做了分析,

与同行交流。

1 高速公路双层桥梁实例

1.1 旧金山-奥克兰海湾大桥 (San Francisco-Oakland Bay Bridge)



图1 旧金山-奥克兰海湾大桥

旧金山-奥克兰海湾大桥 (San Francisco-Oakland Bay Bridge) 全长约 13.5 公里,西段的主跨为 704 米,东段的新桥主跨为 385 米,桥面宽度约为 58.5 米,双层设计分别有 6 条车道,桥设计能够承载的最大荷载为每车道约 6000 辆车每日流量。桥梁采用双层设计,上层为西向车道,下层为东向车道。双层结构增加了通行能力,在有限的空间内提升了交通效率。大桥由悬索桥、自锚式悬臂桥和隧道组成,结合了多种桥梁结构形式,以适应不同的地理和工程条件。特别是东段新建

部分，采用了先进的抗震技术，在一些桥段使用了预应力混凝土，以提高桥梁的抗拉强度和整体稳定性。包括自锚式悬臂施工法和高精度监测系统，确保了施工的精确性和质量^[3]。

1.2 日本彩虹大桥 (Rainbow Bridge)



图2 日本彩虹大桥

日本彩虹大桥 (Rainbow Bridge) 位于日本东京湾，连接东京都港区芝浦和江东区台场，桥梁总长度 798 米，桥面宽度宽 22.6 米，桥塔高度：126 米，主跨跨度 570 米，建成时间：1993 年 8 月 26 日，上层为首都高速 11 号台场线(双向 4 车道)，下层为普通道路和步道(双向 3 车道)。采用先进的悬索桥施工技术，使用了钢缆和高强度钢材。桥塔的施工采用了精密的模板和浇筑技术，确保塔柱的垂直度和强度。桥面的施工采用了分段拼装和整体浇筑技术，以确保桥面平整和坚固。施工过程中采用了低噪音设备和技术，以减少对周边居民的影响其在施工过程中严格遵循环保和安全标准，采用了多项创新技术，确保了桥梁的耐久性和抗震性。通过详细的工程参数、施工特点和结构特征的分析，可以全面理解彩虹大桥在桥梁工程中的重要地位和独特价值。

1.3 厦门溪东大桥 (Xidong Bridge)



图3 厦门溪东大桥

厦门溪东大桥 (Xidong Bridge) 位于中国福建省厦门市，总长度：5926 米 (含引桥)，主桥长度 648 米，桥面宽度 31.5 米，桥塔高度 151.3 米，主跨跨度 480 米，上下两层各 4 车道。主缆架设利用直升机将牵引索铺设到位，再通过牵引索牵引主缆，确保主缆的准确定位。主缆采用分段滑移安装技术，通过专门的滑移设备将主缆分段安装到位，减少对环境的影响。吊索采用分段吊装的方式，将吊索逐段安装到位，并进行精确的张拉和调整，以确保吊索的受力均匀。使用先进的快速接头技术，加快吊索的安装速度，保证施工进度。采用液压爬升模板

进行桥塔的浇筑施工，模板可以随着桥塔的高度逐步上升，提高了施工效率和质量。高强度钢筋混凝土预制桥面板采用高强度钢筋混凝土，提高了桥面的承载能力和耐久性。部分桥面采用整体浇筑法，确保桥面与主缆和吊索的整体连接，增强桥面的稳定性。在桥面浇筑过程中，设置多层防水层，防止雨水渗透，保护桥面结构。

2 高速公路双层桥梁发展实践

寒溪河双层桥梁长约 4.5km，上层是莞番高速，下层是环莞快速路三期，桥墩采用中央双柱墩式，呈“干”字，为了实现双层桥结构而专门设计的“干”字型双层大悬臂预应力盖梁。桥面 22 采用预制钢箱梁，长 48 米，顶板宽 3.7 米、底宽 2.2 米、高 2.4 米、重 118 吨，采用四点起吊进行架设。双层桥的结构可节约大量土地资源，减少了征地拆迁，该方案共减少征地约 600 亩、减少拆迁约 4.5 万平方米。

桥墩采用中央双柱式桥墩设计，结合预应力箱梁结构，使受力更加明确，提高了桥梁的抗震性能。桥梁上部结构采用预制安装工艺，大大提高了施工效率和质量控制。预制构件在工厂制造后运至现场进行拼装，减少了现场施工的工作量和环境影响，确保了施工进度和安全性。



图4 目前正在建的寒溪河双层桥梁

3 高速公路双层桥梁的关键技术及发展趋势

3.1 结构体系

双层桥梁的结构体系是指桥梁结构的总体布置和构造形式。其设计需考虑上层和下层桥面的承载力、桥墩的承重能力以及桥梁整体的稳定性。常见的双层桥梁结构形式包括钢箱梁、预应力混凝土箱梁、斜拉桥和悬索桥等。这些结构形式各有优缺点，应根据具体工程需求和环境条件进行选择。在设计双层桥梁结构体系时，应综合考虑桥梁的使用功能、荷载作用和施工条件等因素。合理选择结构形式，确保桥梁在使用寿命内具有足够的承载力、刚度和稳定性^[4]。

3.2 荷载组合

双层桥梁的荷载包括恒载、活载、风载、地震荷载、温度荷载和车辆荷载等。在桥梁设计时应按照规范要求进行分析，常见的荷载组合包括基本组合、地震组合和特殊组合等。设计时需考虑最不利的荷载组合情况，确保桥梁在各种极端条件下的安全性和可靠性。双层高架桥梁不仅需要分别对上下层桥梁进行荷载组合计算，还需将各项最不利的荷载组合在同一桥墩上进行综合分析。由于上下层桥梁的汽车制动力方向相反，以及汽车活载在横桥向偏心布置和顺桥向错孔布置等因素，桥墩会产生更大的偏心和扭转。上层桥梁需考虑冰雪荷载，并分别计算汽车冲击系数、小半径曲线汽车离心力、横桥向风

荷载等因素。整体上，双层桥墩应作为一个空间框架，全面分析其受力状态，进行结构设计。通过有限元分析等方法，对双层桥梁在不同荷载组合下的受力情况进行详细分析，确定桥梁各构件的内力和变形，指导结构设计和构造措施。

3.3 抗震性能和减隔震技术

双层高速公路桥梁的抗震性能是桥梁设计中的关键要素，关系到桥梁在地震中的安全性和稳定性。在抗震设计中，双层桥梁通常采用“强柱弱梁”的设计原则，以确保桥墩在地震中具有足够的承载力和变形能力。桥墩的设计需具备较高的抗剪和抗弯能力，同时桥梁的连接部分需具备较强的抗震性能，以防止在地震中发生连接破坏。此外，为了提高桥梁的抗震性能，还需在设计中考虑桥梁的塑性变形能力，通过设置塑性铰来耗散地震能量，减少桥梁的震动响应。

减隔震技术在双层桥梁抗震设计中起着至关重要的作用。减隔震装置如减震器和隔震垫能够显著降低地震动对桥梁结构的影响。减震器通过吸收地震能量，减少桥梁的振动和变形，而隔震垫则通过隔离地震动的传递，降低地震对桥梁的直接冲击。这些装置能够有效提升桥梁在地震中的安全性能，减少地震对桥梁结构的破坏^[5]。

4 结语

本文介绍的几座双层桥梁造型独特、新颖，特点鲜明，设计匠心独运。在面临特殊地形地质条件和城市空间限制时，双层桥梁方案无疑是一个理想的选择。中央双柱墩设计在国内率

先应用于双层桥梁项目，成功地将双层高架桥梁应用于高速公路建设中，充分考虑各种最不利的荷载组合，确保结构体系的可靠性和安全性。双层高速公路桥梁的上部结构发展趋势是采用钢结构或钢混组合结构，跨径可达100米左右。下部结构则倾向于异形桥墩和钢桥墩，不同的桥墩造型赋予双层高架桥梁独特的风格和特色。双层桥梁的抗震设计应遵循“强梁弱柱、强弱弱弯、桩强柱弱、节点超强”的原则，通过减隔震设计有效分解地震力，提升桥梁的抗震性能。

[参考文献]

- [1]杨宝林, 韩友续, 马胜午, 等. 山区高速公路双层高架桥梁设计探讨. 公路, 2010(2)
 - [2]杨宝林, 艾杰, 刘允中. 山区高速公路双层高架桥双层框架式桥墩拟静力试验分析. 公路, 2013(8).
 - [3]袁晶. 美国旧金山海湾大桥项目计划编制[J]. 电焊机, 2016, 46(07): 112-115.
 - [4]孙建渊, 陈阶亮. 城市桥梁双层交通的概念设计. 桥梁建设, 2006
 - [5]傅吉兴, 王明晔, 徐俊. 高烈度区城市双层高架桥梁抗震设计新方案[J]. 城市道桥与防洪, 2023(02)
- 作者简介: 杨忠楠(2001.3.5), 男, 白族, 贵州六盘水, 西南林业大学土木工程学院, 22级在读研究生, 硕士学位, 专业: 土木水利, 研究方向: 桥梁抗震。

上接第2页

控制涉及多个方面, 包括人工费、材料费、机械费、管理费等, 需要合理安排施工人员、优化采购计划、提高机械化程度等, 以降低项目成本。此外, 工程变更与索赔管理、材料设备采购的造价控制以及提高施工效率和管理水平等方面也是降低项目成本的有效途径。通过综合实施这些措施, 可以更加精准和有效地控制项目成本, 为项目的顺利完成和经济效益的实现提供有力保障, 同时增强企业的竞争力和长期发展潜力。

(五) 项目竣工结算与后评价阶段的造价控制

在项目竣工结算与后评价阶段, 造价控制不仅是对项目成本管理的总结, 更是对未来项目提供宝贵经验和改进的契机。首先竣工结算的编制与审核是确保项目实际成本准确反映的关键步骤。编制过程中需依据合同、设计文件等全面核算实际工程量与费用, 并在审核中确保数据的完整性和合理性。其次竣工结算的准备工作必不可少, 包括收集项目相关资料、整理数据以及与各方充分沟通, 以确保结算的顺利进行。最后项目造价后评价是对整个造价管理过程的回顾与反思, 涉及造价管理效果、过程以及风险的评价。通过定量、定性和对比分析等方法, 可以全面了解项目造价管理的表现, 找出存在的问题和不足, 并提出改进措施, 为今后的项目造价管理提供有益的参考。这些步骤共同构成了项目竣工结算与后评价阶段的造价控制体系, 为项目的成功收尾和持续优化提供了坚实基础^[4]。

结论

总而言之, 建筑工程造价管理中项目全过程造价控制是确

保项目经济效益最大化的核心策略。在项目启动之初, 就需要高度重视造价管理工作, 从项目决策阶段开始, 通过深入的市场调研和风险评估, 为投资决策提供科学依据, 奠定坚实的成本基础。设计阶段通过优化设计方案和选择经济合理的建筑材料与施工技术, 有效降低项目成本^[5]。进入招投标阶段, 详尽准确的招标文件与严格的投标报价审核确保投标报价的合理性。施工阶段则通过建立严格的成本控制体系, 加强对各项成本的监控和管理, 确保项目成本始终在预算范围内。最后竣工结算与后评价阶段全面核算项目实际成本, 总结经验教训, 为未来的项目提供宝贵参考。因此, 将全过程造价控制作为项目管理的核心内容, 对于降低项目成本、提高投资回报率以及实现企业的可持续发展具有重要意义。

[参考文献]

- [1]付金玉. 建筑工程造价管理中项目全过程造价控制分析[J]. 低碳世界, 2024, 14(04): 169-171.
- [2]徐德贤. 住宅建筑工程项目管理中全过程造价控制措施探析[J]. 居舍, 2024, (09): 162-165.
- [3]尹书霞. 建筑工程管理中全过程造价控制策略分析[J]. 黑龙江科学, 2022, 13(20): 119-121.
- [4]张潮. 建筑工程管理中全过程造价控制对策分析[J]. 上海建设科技, 2021, (06): 74-75.
- [5]乔子霖. 建筑工程管理中的全过程造价控制策略分析[J]. 建筑与预算, 2021, (09): 26-28.