

城市外环立交桥施工组织及其质量模糊综合评价研究

廖文龙

(深圳市路桥建设集团有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要: 城市外环立交桥施工需在有限时间内完成,传统质量评价方法难以满足实时性需求,为实现对施工质量的快速、准确评价以便及时发现问题并采取措施,提出了一种城市外环立交桥施工组织及其质量模糊综合评价方法,能将施工组织分为施工计划、资源分配计划、风险管理计划、技术方案、安全管理以及质量控制这几个方面,据此构建施工质量模糊综合评价体系,建立一级模糊评价的高斯隶属度函数以完成质量二级综合评价。实验结果表明,研究方法下的 Kendall 协调系数始终高于 0.9,这说明该方法的施工质量评价结果符合实际情况,具有较强的应用性,可有效对城市外环立交桥施工质量进行实时监控与评价,有助于及时解决施工中的质量问题并确保施工进度。

关键词: 城市外环; 立交桥; 施工组织; 质量评价; 模糊体系

中图分类号: U445.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)04-0234-05

Research on Fuzzy Comprehensive Evaluation of Construction Organization and Quality of Urban Outer Ring Overpass

LIAO Wenlong

(Shenzhen Road and Bridge Construction Group Co., Ltd., Shenzhen 518000, China)

Abstract: The construction of urban outer ring overpasses needs to be completed within a limited time, and the traditional quality evaluation methods are difficult to meet the real-time requirements. In order to achieve the rapid and accurate evaluation of construction quality so as to timely identify the problems and take measures, a fuzzy comprehensive evaluation method for the construction organization and quality of urban outer ring overpass is proposed to divide the construction organization into construction plan, resource allocation plan, risk management plan, technical scheme, safety management and quality control. Based on this, a fuzzy comprehensive evaluation system for construction quality is established. A Gaussian membership function for the first level fuzzy evaluation is established to complete the second level comprehensive evaluation of quality. The experimental results show that the Kendall coordination coefficient under the research method is always higher than 0.9, which shows that the construction quality evaluation results of this method are in line with the actual situation and have the strong applicability, can effectively monitor and evaluate the construction quality of urban outer ring overpasses in real time, and helps to solve the quality problems in construction in time and ensures the construction progress.

Keywords: urban outer ring; overpass; construction organization; quality evaluation; fuzzy system

0 引言

在现代城市化进程中,交通基础设施的建设是推动经济发展和提升城市功能的关键因素之一^[1]。城市外环立交桥作为连接城市各区域的重要交通枢纽,其建设质量和效率直接影响到城市的交通流畅性、安全性和居民的生活质量。因此,对城市外环立

交桥施工组织及其质量进行科学、系统的评价,成为城市规划和建设领域的重要课题^[2]。随着城市规模的不断扩大、交通需求的日益增长,外环立交桥的建设面临着前所未有的挑战。施工过程中需要协调多方面的资源和利益,包括土地使用、环境保护、交通管理、安全保障等,这些因素都可能对施工质量和进度产生影响^[3]。此外,施工技术的复杂性和施工环境的多样性也要求施工组织必须具备高度的灵活性和适应性。

在此背景下,有很多学者针对施工质量评价问

收稿日期: 2024-11-25

作者简介: 廖文龙(1993—),男,本科,工程师,从事道路与桥梁工程技术研究工作。

题,提出了一些较好的方法,例如:文献[4]以施工止水帷幕墙为研究对象,通过强度、连续性、均匀性等对其施工过程的质量完成评价。但是,止水帷幕墙的性能会受到外界影响,例如雨天降水量、晴天光照幅度等等,因此其评价结果缺乏客观性,且无法综合性评价施工的质量。文献[5]应用改进层次分析法与模糊综合评价法,提出了一种装配式建筑施工质量评价。但是,层次分析法在确定权重时依赖于专家的主观判断,这导致评价结果受到个人偏见的影响。

为此,提出城市外环立交桥施工组织及其质量模糊综合评价方法。

1 城市外环立交桥施工组织

城市外环立交桥施工组织分为施工计划、资源分配计划、风险管理计划、技术方案、安全管理以及质量控制这几个方面完成。

(1)施工计划是城市外环立交桥施工组织的核心,它详细规划了项目的时间表、资源分配和风险管理。首先,施工进度计划是基于项目的设计和预期目标制定的,它将整个施工过程分解为一系列可管理的阶段,并为每个阶段设定了明确的开始和结束时间^[6-7]。这有助于确保项目按期完成,并允许项目经理监控进度,及时调整计划以应对任何延迟或问题,步骤如图1所示。

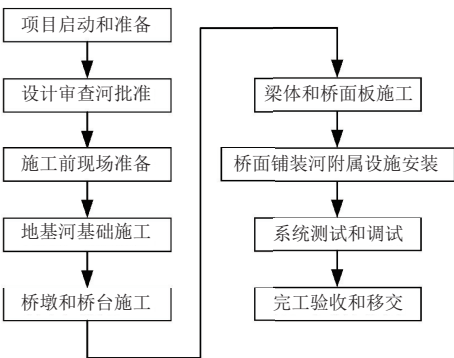


图1 施工计划步骤

(2)资源分配计划则关注于如何有效地利用人力、材料、设备和资金。这包括确定所需资源的数量、类型和供应时间,以及如何优化资源的使用以提高效率并降低成本。例如,合理安排施工高峰期的人力需求,确保关键材料和设备的及时供应,以及合理分配资金以满足各个施工阶段的需求。

(3)风险管理计划是施工计划中的另一个关键组成部分,它涉及识别潜在的风险因素,如天气变

化、材料短缺、技术故障等,需制定相应的预防和应对措施,这可能包括建立应急储备、制定替代方案、加强供应链管理以及定期进行风险评估和更新风险管理计划^[8]。

(4)技术方案则是施工组织的技术支柱,它详细描述了立交桥的设计和施工要求。设计图纸和技术规范提供了施工的蓝图,确保所有参与方对项目的最终目标有清晰的理解。施工方法和技术选择则基于项目的具体需求和条件,考虑如桥梁的结构类型、施工环境、成本效益等因素。此外,临时结构设计,如支撑结构、模板和脚手架,也是技术方案的重要组成部分,它们为施工提供了必要的支持和稳定性。立交桥的技术方案平面图如图2所示。



图2 立交桥的技术方案平面图

(5)安全管理是施工组织中不可或缺的一环,它确保施工过程中的安全措施能得到有效执行。安全计划详细规定了施工现场的安全标准、操作程序和应急预案,以及如何进行安全培训和监督。安全监督则是通过定期检查和评估施工现场的安全状况,确保所有工作人员遵守安全规定,并及时纠正任何安全隐患。

(6)质量控制则是确保施工质量符合设计要求和标准的关键。质量检查计划包括定期进行的质量检查和测试,以验证施工成果是否满足预定的质量标准。质量记录则详细记录了施工过程中的质量检查结果和任何必要的整改措施,这有助于追踪质量问题并确保问题得到及时解决。

2 施工质量模糊综合评价

质量模糊综合评价方法能够全面考虑施工过程中的多维度因素,如施工计划、资源分配计划、风险管理计划、技术方案、安全管理以及质量控制,从而更准确地反映施工组织的整体效果和质量水平^[9]。其次,模糊综合评价能够处理评价过程中的不确定性和模糊性,通过定量与定性分析相结合,为决策者

提供更为科学、合理的评价结果,有助于识别施工过程中的关键问题和潜在风险,进而采取有效的改进措施。此外,这种评价方法还能够促进施工组织的标准化和规范化,提升施工管理的效率和质量,确保外环立交桥项目能够按时、按质完成,为城市的交通流畅和居民的出行安全提供有力保障。

本研究构建的模糊评价体系共包含两个层级^[10]。在第一个层级,对施工质量进行单因素的模糊评价。确定一级模糊评价的隶属度,如式(1)所示:

$$Q=e^{-\frac{(\hat{x}-O)^2}{2\varepsilon^2}}$$

(1)

式中: Q 为一级隶属度; e 表示自然常数; O 为高斯函数中心值; ε 为标准差。

在按照公式(1)建立一级模糊评价的高斯隶属度函数的基础上,构建一级模糊评价矩阵,如式(2)所示:

$$R=\begin{bmatrix}\hat{x}_{11}&\hat{x}_{12}&U&\hat{x}_{1n}\\\hat{x}_{21}&\hat{x}_{22}&U&\hat{x}_{2n}\\\hline Q&Q&O&Q\\\hline\hat{x}_{m1}&\hat{x}_{m2}&E&\hat{x}_{mn}\end{bmatrix}_{mn}$$

(2)

式中: R 为一级模糊评价矩阵; U 为广义模糊算子。

定义二级模糊评价矩阵的S型隶属度函数,如式(3)所示:

$$S=\frac{1}{1+e^{-\alpha(\hat{x}-O)}}$$

(3)

式中: S 为二级隶属度; α 表示曲线斜率。

基于此,构建二级模糊评价矩阵,如式(4)所示:

$$T=(R,S)\begin{bmatrix}S_1\\S_2\\\vdots\\S_q\end{bmatrix}$$

(4)

式中: T 为二级模糊评价矩阵; q 为施工质量状态评价因素的数量。

将该结果一分值计算的方式量化,如式(5)所示:

$$\zeta=30\Im+70\Re$$

(5)

式中: ζ 为施工质量状态的评价分值; $\Im$ 为一级模糊评价矩阵的评价值; $\Re$ 为二级模糊评价矩阵的评价值。

3 实例验证

以城市外环立交桥施工现场为实例,位置在该城市的新城开发区,连接主要高速公路与城市快速

路。全长 2.5 km,包括 4 层立交桥结构,设计通行能力为每小时 8 000 辆标准车。最高桥墩达 30 m,最大跨度为 60 m,标准桥面宽度为 25 m,包括双向 4 车道和两侧人行道。材料主要使用高强度混凝土和预应力钢筋。预计总工期为 36 个月,施工团队由 200 名专业施工人员组成,包括工程师、技术人员、安全监督员和现场操作工人。立交桥施工现场如图 3 所示。



图3 立交桥施工现场

由于该城市外环立交桥需要承受巨大的交通荷载,根据现场勘查可知,需要对该桥梁进行钻孔灌注桩施工。为此,本文以该项施工为例,利用研究方法综合评价施工的质量。

正式施工前,要先清除施工场地内体积较大的石砾,再用平整设备将凹凸不平的场地碾压平整,清除场地上的所有障碍。根据建设需求,设置合适大小的沉淀池和泥浆池,并在其周围设置安全防护结构,以提高施工安全性。

在施工区域建立坐标控制网后,合理布置测量设备,由工作负责人确定钻孔位置。加工钢筋笼,用吊装设备将其吊运至钻孔处。混凝土正常配置,无需考虑水泥的产地和型号。

选用 5~10 mm 钢板制作钢护筒,其直径应比钻孔孔径大 15 cm,高度需超过 1.1 m,埋设深度为 1.1~1.5 m。护筒埋设好后,在其周围填筑黏土,确保安装稳定、安全。

钻孔灌注桩高质量施工的详细流程如图 4 所示。

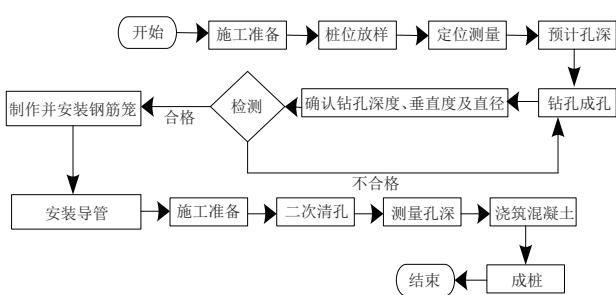


图4 施工流程

(1)桩位放样及定位测量
使用徕卡 TS15 全站仪在施工场地的坐标控制网

基础上进行桩位的放样。全站仪通过发射和接收激光束,能够精确测量水平角、垂直角和距离,从而确定桩位在平面上的位置。然后,使用苏一光 DS05 水准仪进行标高测量,确定桩位的高程,以确保桩的深度符合设计要求。在桩位放样完成后,需要设置明显的标记,并进行多次复核,以保证桩位的准确性。

(2) 钻机安装

在桩位确定后,开始进行钻机的安装。根据地质条件和桩径等要求,选择合适的钻机型号,例如 GPS-10 型回旋钻机就适用于多种地质条件下的钻孔作业。首先,要平整钻机的安装场地,确保钻机在工作过程中保持稳定。然后,使用起重机(如徐工 QY25K-II 型汽车起重机)将钻机吊运至安装位置,并进行精确的对位调整。在安装过程中,要确保钻机的底座水平,通过水准仪测量并调整底座的水平度,误差应控制在规定范围内。同时,要将钻机与地面进行牢固的连接,如使用地脚螺栓固定,以防止在钻孔过程中钻机发生晃动或位移。

(3) 钻孔施工

钻机安装调试完成后,开始钻孔施工。对于较软的土层,可以采用较高的转速和较小的钻进压力,而对于较硬的岩石层,则需要降低转速并增加钻进压力。在钻孔过程中,要不断地向孔内注入泥浆。泥浆使用 ZJ-400 型泥浆搅拌机制备,同时,要使用 JJC-1A 型井斜仪定期检测钻孔的垂直度,确保钻孔垂直偏差在允许范围内。如果发现钻孔偏斜,要及时调整钻机的钻进方向。

(4) 清孔处理

当钻孔达到设计深度后,需要利用换浆法进行清孔处理。清孔的目的是清除孔底的沉渣,以保证桩端的承载能力。将孔内原有的泥浆逐步替换为性能指标符合要求的新泥浆,新泥浆通过 3PNL 型泥浆泵注入孔内,同时将含有沉渣的旧泥浆抽出。

(5) 加工并安装钢筋笼

根据设计要求,选用合适规格的 HRB400 级钢筋,使用 GQ40 型钢筋切断机将钢筋按照设计长度切断,然后使用 GW40 型钢筋弯曲机将钢筋弯曲成设计的形状。将加工好的钢筋按照设计要求进行焊接或绑扎,形成钢筋笼。在钢筋笼制作过程中,要注意钢筋笼的尺寸精度、钢筋的间距和焊接质量等。钢筋笼加工完成后,使用 QY25K-II 型汽车起重机将钢筋笼吊运至钻孔位置,在吊运过程中要确保钢筋笼的平稳,防止钢筋笼变形。钢筋笼下放到孔内时,要

对准孔位缓慢下放,同时要注意避免碰撞孔壁。如果钢筋笼较长,需要采用分段制作、分段下放、孔内对接的方式进行安装。

(6) 混凝土灌注

混凝土应按照设计配合比进行配置,在配置过程中要严格控制原材料的质量,包括水泥、砂、石子和外加剂等。使用 JS500 型强制式混凝土搅拌机搅拌混凝土,确保混凝土的搅拌均匀性。在灌注前,要对孔底沉渣厚度进行再次检测,如不符合要求要进行二次清孔。灌注时,采用导管法灌注,直径为 250 mm 的钢制导管下口距离孔底 30 cm)。混凝土通过 HBT60 型混凝土输送泵灌入孔内,灌注过程中要保持导管的埋深在 2~6 m 范围内,防止导管拔出混凝土面造成断桩,同时也要避免导管埋深过大导致混凝土灌注困难。随着混凝土的灌注,要逐步提升导管,直至混凝土灌注到设计桩顶标高以上 0.8 m 的高度,以保证桩头混凝土的质量。

利用研究方法对上述施工的质量完成模糊评估。以 Kendall 协调系数为指标,测试提出的城市外环立交桥施工质量模糊综合评价方法的有效性。Kendall 协调系数是一种统计指标,用于衡量多个评估者在评价同一组对象时的一致性程度。在城市外环立交桥施工质量模糊综合评价方法的测试中,Kendall 协调系数可以作为一个有效的工具,来评估不同专家或评估者对于施工质量评价结果的一致性。如果 Kendall 协调系数较高,表明评估者之间的评价结果高度一致,这通常意味着评价方法具有良好的内部一致性和可信度。因此,Kendall 协调系数在验证城市外环立交桥施工质量模糊综合评价方法的有效性方面,是一个重要的统计指标。采用文献[4]方法、文献[5]方法对比方法。结果如图 5 所示。

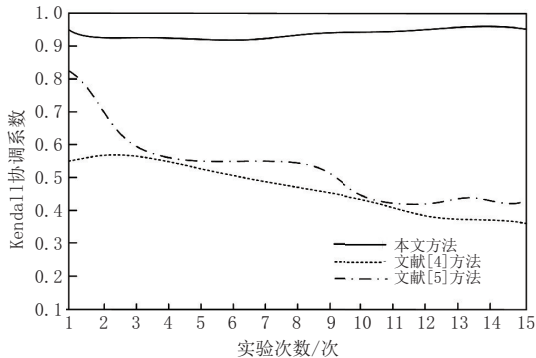


图 5 Kendall 协调系数对比

根据图 5 可知,研究方法下的 Kendall 协调系数最接近最大值 1,说明研究方法评价下的立交桥施工

质量是和实际情况最接近的。

4 结 论

综上所述,本研究提出的城市外环立交桥施工组织及其质量模糊综合评价方法,通过细致的施工计划、合理的资源分配、全面的风险管理、先进的技术方案、严格的的安全管理和精准的质量控制,构建了一个全面且动态的质量评价体系。该体系采用高斯隶属度函数进行一级模糊评价,并在此基础上完成了二级综合评价,确保了评价的准确性和实时性。实验结果显示,Kendall 协调系数持续保持在 0.9 以上,充分证明了该方法的有效性和实用性。这一研究成果不仅为城市外环立交桥施工质量的实时监控提供了强有力的工具,也为类似工程项目的施工管理和质量评价提供了宝贵的经验和参考。未来,随着技术的进步和实践的积累,该评价体系有望进一步优化,以适应更加复杂多变的施工环境和质量要求。

参考文献:

- [1] 和焯龙,张鹏飞,赵永娟,等.基于 CRITIC 和 AHP 组合赋权的 TOPSIS 法蜂群威胁评估研究[J].火炮发射与控制学报,2024,45(1):28-35.
- [2] 罗慧丰,陈菊香.基于 AHP-模糊综合评价法煤化工储运装置安全风险评估研究[J].化工管理,2022(7):129-133.
- [3] 张志雄,叶雪云,罗鹏辉,等.系统科学视角下的工程造价专业课程施工过程质量评价[J].系统科学学报,2023,31(4):113-119.
- [4] 周伟威,刘波,杨辉,等.临江富水高渗透性卵砾石地层基坑止水帷幕施工质量检测及其评价[J].工业建筑,2023,53(增刊2):553-555;582.
- [5] 焦红,于莹莹,王松岩,等.基于 IAHP - FUZZY 的装配式建筑施工质量风险评价[J].建筑技术,2023,54(11):1381-1386.
- [6] 吴林娟,赵国俊.基于结构 CRITIC 法的学术期刊评价指标的赋权方法及比较[J].统计与决策,2024,40(1):56-62.
- [7] 周南杰,颜俊键,李伟雄,等.基于三维探地雷达和数字图像分析的沥青路面施工质量评价研究[J].公路,2022,67(12):100-106.
- [8] 陈志杰.基于数据挖掘的道桥施工质量评价模型构建研究[J].四川水泥,2022(4):236-238.
- [9] 肖丽平,田紫君,田景文.基于隐马尔科夫算法的课程施工过程质量评价的研究[J].黑龙江高教研究,2022,40(1):151-155.
- [10] 王智涵,汪西华,黄运林,等.基于变异函数模型的钢桥面防腐层施工质量评价[J].武汉大学学报(工学版),2023,56(3):322-328.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadfloodbridge@163.com

