

工程质量量化管理的探索与实践

——以某桥梁预应力工程为例

鲁理涛

(西安市政公用建设投资集团有限公司, 陕西 西安 710021)

摘要: 传统的建筑业工程质量控制主要依据是建设合同、设计文件和国家标准及规范等资料, 虽然这些资料对工程质量有明确的要求, 但是, 在工程可行性研究、工程勘察和设计、工程施工阶段难免存在偏差和不足, 均存在可能导致工程质量问题的因素。尤其是施工阶段, 工程施工单位的管理水平和作业人员质量意识是决定工程质量最重要的两个因素。具体到某一单位工程管理中, 如何将质量控制依据条文转化成精准的管理指令, 清晰明了地传达至作业人员是质量过程管控的关键工作。对工程质量控制实行精准的数字化管理, 即量化管理, 质量量化管理可以有效地解决传统依据质量标准条文进行“机械化”管理、效率普遍低下的问题。以市政梁式桥上部结构预制梁单位工程的分项工程预应力工程为例, 结合工程本身进行质量问题归类, 制定控制措施, 编制列表式的“数字化”质量控制量化管理表。经实践验证, 该质量量化管理是科学、合理、高效的方法, 可以为工程质量管理提供参考。

关键词: 工程质量; 问题等级; 量值; 管理实践; 桥梁工程

中图分类号: TU71

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)10-0244-05

Exploration and Practice of Quantitative Management of Engineering Quality for a Prestressing Project of Bridge

LU Litao

(Xi'an Municipal Public Construction Investment Group Co., Ltd., Xi'an 710021, China)

Abstract: The traditional quality control in the construction industry mainly relies on construction contracts, design documents, and national standards and norms. Although these data have clear requirements for engineering quality, in the stages of engineering feasibility study, the engineering survey and design, and the engineering construction, the deviations and deficiencies are inevitable, and all have factors that may lead to engineering quality problems. Especially in the construction stage, the management level of the construction unit and the quality consciousness of the workers are the two most important factors to determine the quality of the project. In the specific management of a certain unit project, how to transform the quality control basis provisions into precise management instructions and clearly convey them to the operation personnel is the key task of quality process control. The implementation of precise digital management for engineering quality control, that is, quantitative management, can effectively solve the problem of generally low efficiency in traditional "mechanical" management based on quality standard provisions. Taking the prestressing project of the sub-project of the prefabricated beam unit project of the superstructure of the municipal beam bridge as an example, the quality issues is classified, the control measures are formulated and a list-style "digital" quality control quantitative management table is compiled in combination with the project itself. Verified by practice, this quality quantification management is a scientific, reasonable and efficient method, which can provide a reference for engineering quality management.

Keywords: engineering quality; problem level; magnitude; management practice; bridge engineering

0 引言

自 2017 年中共十九大首次提出高质量发展的新

表述, 国务院办公厅发布《关于促进建筑业持续健康发展的意见》的文件, 首次明确建筑业支柱产业地位, 提出推进建筑产业现代化、深化“放管服”改革、强化工程质量安全监管等 20 条措施, 要求打造“中国建造”品牌, 将建筑业高质量发展推到最高位置。住房和城乡建设部根据国家高质量发展要求, 围绕

收稿日期: 2025-03-10

作者简介: 鲁理涛(1984—), 男, 本科, 高级工程师, 从事道路、桥梁、隧道及地下工程施工技术管理工作。

建筑业转型升级、绿色低碳发展,发布了一系列重要文件,如《关于加快新型建筑工业化发展的若干意见》《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》等,明确传统建筑业转型升级和数字化的举措,全力打造建筑业高质量发展新格局。其中,质量过硬的“中国建造”工程是高质量发展的目标。

进入21世纪,建筑业迎来高速增长期。2000—2012年,建筑规模持续扩大,2011年总产值突破10万亿元,2023年总产值达31.6万亿元,技术创新驱动和政策与市场双轮推动下精心化、科学化的质量管理迎来新的挑战。建筑业从业者们不断探索质量管理新方法。木旦西尔·尼亚孜^[1]提出了基于企业发展需求的质量管理体系,可以获得更好的经济效益。阎志愿^[2]从建筑工程的施工质量管理的问题入手,分析研究解决问题的方法。王涌阳^[3]对加强市政工程质量管理的意义进行分析,探究市政道路项目工程质量的影响因素和质量管理方法。蔡秋蓉^[4]对建筑工程中质量管理方面的整体概念和存在问题进行了相关说明,并且提出相关措施进行管理体系的升级。曾永霞^[5]提出实行质量全面管理,利用科学合理的工程施工规范,确保工程整体的建设水平,以及在未来城市建设中的真正作用,加强施工企业自身经济效益的全面提升。徐新权^[6]对新形势下我国市政道路桥梁工程的治理管理现状进行研究,同时对提高市政道路桥梁工程质量的策略进行探讨。薛松^[7]对市政道路和高架桥梁在建设过程中的质量问题进行探讨,结合自身工作经验,从项目管理者角度考虑,给出具体对策,提高建设管理水平。李林威^[8]从工程建设全生命周期出发,总结常见工程质量问题,以某高架桥建设为例,采用科学的工程质量管理方法,对提高工程质量提出有效措施。初立师^[9]分析了影响整个市政道路桥梁项目建设质量的主要因素,论述了市政道路桥梁项目质量管控过程中出现的问题,给出一系列市政道路桥梁项目的质量管控成效提升对策。闫华丽等^[10]分析了A大桥钻孔桩工程质量管理存在的问题,融入了六西格玛管理理论中DMAIC五个阶段的管理方法,六西格玛的管理理论与桥梁建设的有效结合,显著提高了桥梁工程质量管理水平。姜冰冰等^[11]认为在市政道路工程建设中,需结合相关工程质量的建构因素分析,将人员配置管理、工程材料选用管理、机械设备选用管理作为重点,有针对性地评估市政道路整体质量,分析市政项目工程建设的质量优化方案,优化

新产业配套服务过程中的各项措施。

综上所述,建筑业高质量发展的十多年来,人们针对工程质量管理的研究在不断深入,主要从影响工程质量的要素入手,分析工程质量问题,提出管理体系提升,主要集中在对生产要素提出的质量对策上。但类似于六西格玛管理理论中DMAIC五个阶段管理等管理方法的研究和实践比较少。质量量化管理方法就是打破传统仅基于规范和管理体系等的管理方法,针对影响工程结构安全的质量问题进行等级划分,分类对质量问题进行数字量化,即设置量值,再进行量化分析,为工程质量检查、质量考核工作提供依据,让管理人员精准管理、精准施策,切实把工程质量提升落到实处,为建筑行业工程质量管理提供科学、精细化的质量管理方法。

1 工程概况

某跨河市政桥梁全长450 m,下部结构为混凝土灌注桩和圆柱墩,预应力混凝土盖梁,上部结构为9×(5×30 m)先简支后连续预制箱梁,采用低松弛的 $\phi 15.24$ 钢绞线作为预应力筋,采用钢带压制的波纹管。该桥梁为所在区核心区,建成后将大大地缩短本区域与机场之间的距离,对发展临空经济具有至关重要的意义。另外,桥下的河堤上设置有亲水景观步道,用于市民日常观景和锻炼。多跨大桥、功能定位,以及兼具的景观功能决定了本桥要进行高标准、高质量的施工,故工程质量是本工程管理的一大重点。

2 常见质量问题

结合质量验收标准^[12]和设计文件要求,以桥梁预应力工程为例,按照子分项进行问题汇总。按照工程实体质量和质量行为两大块进行质量问题量化管理研究。

2.1 工程实体质量

2.1.1 预应力筋和管道加工及安装

钢绞线和锚具是预应力工程的重要原材料,同时加工质量也很关键。预应力筋和管道加工及安装质量检测主控项目有原材料、加工质量、安装偏差、观感质量。常见质量问题如下:

(1)钢绞线、管道、锚具套件等材料进场验收资料不齐,或者未经取样检测。

(2)采用电焊、气割等非物理切割钢绞线导致材料性能有变化。

(3)钢绞线、管道、锚具套件存在较严重生锈、裂纹、孔洞等缺陷。

(4)应力管道固定后坐标不准确,线形较差。

2.1.2 预应力筋张拉

预应力的张拉质量决定着桥梁承载能力,质量控制出现偏差可能导致结构安全事故发生。预应力张拉质量控制主控项目有张拉设备检测、张拉强度、张拉力和伸长值控制、切割和封锚。常见质量问题如下:

(1)张拉用千斤顶标定超过 6 个月或超过 200 次使用次数。

(2)千斤顶和压力表与检测报告上的一一对应关系不一致。

(3)混凝土张拉强度未达到设计强度进行张拉作业。

(4)钢绞线断丝数量超过 1%,或每束钢绞线的断丝数量超过 1 根。

(5)伸长值满足 $\pm 6\%$ 要求,但是压力表读数未达到计算值。

(6)未采用智能张拉、注浆设备进行施工。

(7)钢绞线切割后外露长度小于 30 mm。

(8)封锚混凝土强度达不到设计要求。

2.1.3 管道注浆

管道注浆作业质量对减小预应力损失有至关重要的作用,一定程度上影响着结构承载能力。管道注浆质量控制主控项目有注浆时间、浆液强度和饱满度。常见质量问题如下:

(1)张拉完成后 24 h 内未完成孔道注浆。

(2)孔道注浆浆液强度达不到设计要求。

(3)注浆压力或稳压时间不足导致注浆不饱满。

2.2 质量行为

人为因素导致的降低质量验收标准^[12]的质量行为对工程质量影响往往比较大,可能导致一批工程出现质量问题。常见质量问题如下:

(1)依据的质量验收标准不是现行标准或应用的标准错误。

(2)私自降低工程施工及验收质量标准导致或可能导致工程质量的行为。

(3)成品保护不力,导致结构或使用工程受损,需要进行补强或加固。

3 质量问题等级划分

3.1 工程实体质量

质量问题等级按照影响结构安全的程度进行划

分,直接影响或后期很可能影响结构安全的质量问题设定为“A”类问题,设定为红线质量问题;通过技术处理能避免或后期影响结构安全的程度为一般的质量问题设定为“B”类问题,设定为橙线质量问题;不会立即影响结构安全但是不符合质量验收标准的质量问题设定为“C”类问题,设定为黄线质量问题。

3.2 质量行为

人为降低质量标准已经导致或可能导致的质量行为设定为 P 类 (personal lowering of standards) 质量问题,设定为红线质量问题。

质量问题等级划分详见表 1。

表 1 质量问题等级划分

分项工程	质量问题	等级
预应力工程	钢绞线、管道、锚具套件、水泥等材料进场验收资料不齐,或者未经取样检测	A
	张拉用千斤顶标定超过 6 个月或超过 200 次使用次数	
	千斤顶和压力表与检测报告上的一一对应关系不一致	
	采用电焊、气割等非物理切割钢绞线导致材料性能有变化	
	钢绞线、管道、锚具套件存在较严重生锈、裂纹、孔洞等缺陷	
	混凝土张拉强度未达到设计强度进行张拉作业	
	钢绞线断丝数量超过 1%,或每束钢绞线的断丝数量超过 1 根	
	伸长值偏差 $\pm 6\%$ 和压力表读数不小于计算值有两个同时或任何一个未达到要求(未采用双控)	
	预应力管道固定后坐标不准确,线型较差	
	未采用智能张拉、注浆设备进行施工	
	张拉完成后 24 h 内未完成孔道注浆	B
	孔道注浆浆液、封锚混凝土强度达不到设计要求	
	注浆压力或稳压时间不足导致注浆不饱满	
	钢绞线切割后外露长度小于 30 mm	C
	钢绞线轻微生锈	
	依据的质量验收标准不是现行标准或应用的标准错误	
	降低工程施工及验收质量标准导致或可能导致工程质量的行为	
质量行为		P

4 各等级质量问题量化和分析

对各等级质量问题按照重要性划分的等级进行赋分数字化,即量化,并绘图进行质量控制分析。

4.1 量化(值)

4.1.1 A类问题

A类问题直接影响结构安全或后期引起结构安全事故的可能性很大,所以不允许出现。不可以跨

过红线,分值设定为 100 分/个。

4.1.2 B 类问题

B 类问题已经影响结构安全,但是通过技术处理能避免,且对后期结构安全影响一般,但是累计起来可能“量变达到质变”导致严重程度升级,直接影响结构安全或后期引起结构安全事故的可能性很大,所以严格控制 B 类问题出现。跨过橙线时,应立即进行处理,防止触碰红线,分值设定为 80 分/个。

4.1.3 C 类问题

C 类问题不会立即影响结构安全,但不符合质量验收标准,累计起来可能“量变达到质变”导致严重程度升级,需要通过技术处理才能避免,且后期对结构安全有影响。所以,重点控制 C 类问题出现。出现质量问题后尽快处理,防止触碰橙线,分值设定为 60 分/个。

4.1.4 P 类问题

P 类问题不直接影响结构安全或安全事故,但是可能导致一批工程出现质量问题而影响结构功能和安全,可能为工程带来“灾难性”的危害。所以不允许出现,分值设定为 100 分/个。

4.1.5 量值

定义每类问题总量化分值为个数与分值的乘积,简称量值。计算公式如下:

$$S = n \cdot y \quad (1)$$

式中: S 为量值; n 为数量; y 为量化值。

4.2 分析

4.2.1 比例分析

$$K_A : K_B : K_C : K_P = 100 : 80 : 60 : 100 = 1.67 : 1.33 : 1 : 1.67$$

式中: K_A 、 K_B 、 K_C 、 K_P 为量化系数。

经对比,系数数量上 2 个 C 类会升级到 B 类,2 个 B 类会升级到 A 类,质量行为的 P 类与 A 类质量问题系数相同,符合“质量至上”的从严控制要求,故量化较合理。

4.2.2 整体分析

(1) 计算量值

根据量值定义计算如下:

$$\left[\begin{array}{l} S_A = 8 \times 100 = 800 \text{ 分} \\ S_B = 5 \times 80 = 400 \text{ 分} \\ S_C = 2 \times 60 = 120 \text{ 分} \\ S_P = 2 \times 100 = 200 \text{ 分} \end{array} \right] \Rightarrow \sum_{i=1}^4 = 1520 \text{ 分}$$

式中: S_A 、 S_B 、 S_C 、 S_P 分别为 A、B、C、P 类问题的量值; Σ 为分项工程总量值。

(2) 分析分布情况

a. 计算各类问题的量值占比,计算如下:

$$P_A = S_A / \Sigma = 800 / 1520 = 52.6\%$$

$$P_B = S_B / \Sigma = 400 / 1520 = 26.3\%$$

$$P_C = S_C / \Sigma = 120 / 1520 = 7.9\%$$

$$P_P = S_P / \Sigma = 200 / 1520 = 13.2\%$$

b. 绘制分布图

绘制柱状-折线图和占比饼图,分别如图 1、图 2 所示。

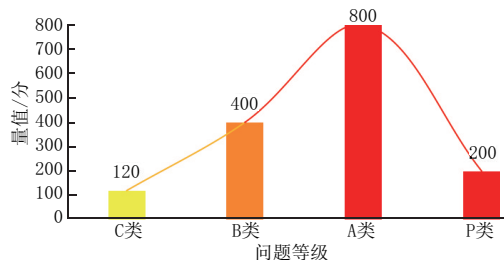


图 1 柱状-折线图

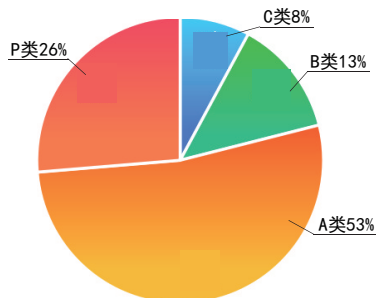


图 2 占比饼图

经绘制分布图进行分析,红线的 A 类、P 类问题量值合计 1000 分,占比为 78.9%,应集中全部技术力量进行控制;B 类问题占比 13.2%,利用量化系数进行折算,全部转化成 A 类问题的比例为 10.6% [13.2%/(K_A/K_B)],占 A 类比例的 20.1%,故管控不严,上升到 A 类问题后,可能引起质量事故的程度是“特别严重”的,与前文提出的严格控制相匹配。C 类问题占比 7.9%,利用量化系数进行折算,全部转化成 B 类问题的比例为 5.9% [7.9%/(K_B/K_C)],再全部转化成 A 类比例 4.7% [5.9%/(K_A/K_B)],占比相对较小,但转化成 B 类问题的比例占 44.7%,上升到 A 类问题后可能引起质量事故的程度是“严重”的,与前文提出的重点控制相匹配。

5 质量过程管理

5.1 制作检查表

检查表检查的项目是质量行为和实体质量两项,要说明具体质量问题,要记录分级登记,再记录整改意见,最后设置签字栏和复查栏。检查表样式见表 2。

表2 质量问题检查表

项目	质量问题	判定级别	整改意见
质量行为		P	
			
实体质量		A/B/C	
			
签字栏	检查人: 日期:		
	责任人: 日期:		
复查意见:			
签字: 日期:			

5.2 质量检查

施工过程中,质量检查分质量行为和实体质量两项进行。质量问题填写应具体、翔实,质量问题等级判定应严格依据分级表执行。整改意见要填写整改措施和整改时限,需要依据设计等单位技术处理意见处理的,填写“按照××单位意见进行处理”等意见,检查人和质量责任方双方签字齐全。整改完成后,检查人或者委托人进行复查,形成问题整改闭环管理。

5.3 质量处罚与考核

质量量化管理可以结合质量管理制度执行或单独执行。制度中可以明确各级质量问题处罚的条款。另外,总承包单位对施工单位进行月度或季度质量考核时,可以汇总检查单上出现问题的数量,根据式(1)计算量值。量值低的单位为质量好的单位。

本案例中,对A类、P类红线质量问题设置了总承包单位项目部总工程师签字批示确认制度条款,把重视程度提到最高级。另外,对A类、P类红线质量问题设置了最低5万~20万元的罚款条款。总工程师签字批示时根据实际情况把握处罚额,明确处罚意见。B类、C类设置了3万元和1万元的处罚条款。制定量化管理过程中,管理人员对照量化分级表能快速地找到问题,及时下发检查单,管理效率最佳。质量考核时,工程部门能依据检查单迅速计算出量值,排名清晰、无可争议。

6 结 论

(1)质量分级阶段对设计文件、国家标准等进行全面查阅,汇总结合本工程质量管理的要点、重点、难点,再列入分级表,是技术人员对本工程技术、质量要点全面熟悉的过程。通过对工程引起的影响程

度进行清晰分级,能为管理人员提供一份科学合理、可操作性极强的依据。

(2)赋分和量化计算过程经简单数学计算就能实现,针对不同工程类型赋分可以结合本桥梁案例适当调整。应用证明,A类、P类红线质量问题设置100分较合理,也可以按照10分值赋10分,但分应顶格设置。B类和C类可以根据整体分析情况灵活调整[方法见结论(3)]。

(3)量值分析中,通过绘制图表可以清晰看出各类问题占比情况和整体分布情况。尤其重视A类、P类红线问题量值占比情况。经案例桥梁质量管理执行证明,量值占比不小于50%比较合理,但也应根据具体情况调整,如燃气管道等重点安全质量控制项目,必须做调高处理,主要通过调低B类、C类问题赋分进行。

(4)把量化管理结合质量管理制度执行,能把各方质量意识调动到最高,加上提高了管理效率,工程质量能够得到极大的保障,为“高质量发展”背景下成功的管理方法。

(5)量化管理实现了数字化、清单化的管理,去除了传统人为因素经常导致判断偏差较大,引起质量事故发生的严重管理漏洞。

(6)质量量化管理方法可以在建筑业各种类型的工程施工管理过程中应用,也可以为其他行业提供借鉴。

参考文献:

[1] 木旦西尔·尼亚孜.对工程质量管理分析[J].水能经济,2015(7):106.
[2] 阎志愿.建筑工程质量管理与控制[J].环球市场,2016(33):246.
[3] 王涌阳.试析市政道路项目工程质量管理的方法[J].建筑知识,2017(增刊2):84.
[4] 蔡秋蓉.建筑工程质量管理探讨[J].区域治理,2018(22):82.
[5] 曾永霞.加强市政工程质量管理的探讨[J].丝路视野,2019(12):96.
[6] 徐新权.新形势下市政道路桥梁工程质量管理措施分析[J].居业,2019(11):156-157.
[7] 薛松.市政道路与高架桥梁工程质量管理问题的分析与监控[J].中华建设,2020(8):20-21.
[8] 李林威.市政道路与高架桥梁工程质量管理问题的分析与监控[J].河南建材,2021(2):94-96.
[9] 初立师.市政道路桥梁工程质量管理研究[J].工程技术研究,2022,7(20):131-133.
[10] 闫华丽,吕疆红.铁路桥梁工程质量管理的研究[J].价值工程,2023,42(10):13-15.
[11] 姜冰冰,田伟康.新形势下市政道路桥梁工程质量管理措施分析[J].门窗,2024(12):196-198.
[12] CJJ 2—2008,城市桥梁工程施工与质量验收规范[S].