

基于 SPSS 的路面施工过程质量问题影响因素研究

万长利, 赵文军, 胡金龙

(河南省交通科学技术研究院有限公司, 河南 郑州 450006)

摘要: 针对高速公路路面施工过程中频繁暴露出的众多质量问题, 结合项目实际情况, 通过文献查阅对质量问题影响因素进行初步分类及指标体系构建, 然后通过专家访谈对指标体系进行筛选, 最终确定 18 个路面施工典型质量问题影响因素; 采用问卷调查法、主成分分析和因子分析法对 18 个影响因素的调查结果进行主成分提取, 通过综合得分排名对这些因素的影响程度作出排序, 结果表明, 18 个影响因素在提取主成分后分别归为五大类, 依据综合得分排名依次为施工技术因素、组织管理因素、环境及意外因素、质量管理因素、施工设施因素; 最后结合许平南(许昌—平顶山—南阳)高速公路路面更新改造工程的实际情况, 提出相关质量问题的防范措施及建议。

关键词: 工程管理; 高速公路; 路面; 施工质量; SPSS

中图分类号: U415.12

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)06-0172-05

高速公路项目具有建设投资大、周期长、参与主体多、技术复杂、一次性、不可逆性、环境多变和不确定因素多等特征, 建设过程中面临巨大的质量控制问题。许多新投入运营的路面在使用过程的早期便出现一定程度功能衰减和结构损坏等问题, 给路面的正常使用带来严峻考验, 由路面工程质量问题而导致的交通事故不断发生。因此, 高速公路路面施工过程中的质量控制尤为重要。该文依托许平南(许昌—平顶山—南阳)高速公路路面更新改造工程, 结合多年工程管理实践和高速公路建设经验, 采用 SPSS 23.0 软件研究路面施工过程质量问题影响因素, 为路面施工过程质量控制提供依据, 从而提高

施工过程中质量控制水平。

1 路面施工过程质量问题影响因素指标体系构建

许平南高速公路路面更新改造工程属于许平南高速公路中兰南(兰考—南阳)高速公路许昌至平顶山 S83 段, 位于河南省中南部, 全长 33.4 km。结合该项目的实际情况, 采用定量研究手段, 通过查阅相关文献, 分别从施工技术、组织管理、施工环境及施工设施等方面进行影响因素选取, 并对选取结果进行归纳整理, 初步确定表 1 所示 22 个施工过程质量问题影响因素指标。

表 1 高速公路路面施工过程质量问题影响因素指标体系

编号	影响因素指标	编号	施工过程中质量问题因素
X ₁	不可抗力突发因素	X ₁₂	施工单位工程进度款不能及时支付
X ₂	恶劣的气候和自然条件	X ₁₃	施工质量控制体系不完善
X ₃	复杂的施工环境	X ₁₄	质量管理机制运行不畅
X ₄	项目质量管理人员分配不足	X ₁₅	施工单位的资质不符合要求
X ₅	施工现场管理人员的资质与才能	X ₁₆	施工技术流程不熟悉
X ₆	施工单位类似施工经验较少	X ₁₇	原材料性能及配合比设计不合理
X ₇	工序交接不合理	X ₁₈	新技术的专项方案不完善
X ₈	施工质量技术交底不完善	X ₁₉	摊铺、碾压设备的操作和使用
X ₉	质量管理控制资料不齐全	X ₂₀	对劳务班组管理不到位
X ₁₀	为赶进度而降低质量标准	X ₂₁	施工设施的合理布局
X ₁₁	施工人员执行能力不足	X ₂₂	施工质量的自检自控

通过专家访谈对上述基于文献查阅法构建的施工过程质量问题影响因素指标体系进行筛选和最终确定。访谈对象包括大学教授 4 位、施工单位工程

师 8 名、建设单位工程师 6 名、监理单位监理工程师 3 名和检测单位检测工程师 4 名, 采取一对一的形式, 并对访谈内容进行记录整理, 结合采用文献查阅

法确定的施工过程质量问题影响因素指标体系进行分析整理,最终确定表 2 所示 18 个因素指标。

表 2 高速公路路面施工过程质量问题影响因素

编号	影响因素指标	编号	施工过程中质量问题因素
X ₁	新技术的专项方案不完善	X ₁₀	施工质量的自检自控
X ₂	摊铺、碾压设备的操作和使用	X ₁₁	为赶进度而降低质量标准
X ₃	原材料性能及配合比设计不合理	X ₁₂	施工现场管理人员的资质与才能
X ₄	项目质量管理人员分配不足	X ₁₃	施工质量控制体系不完善
X ₅	质量管理机制运行不畅	X ₁₄	施工技术流程不熟悉
X ₆	工程施工设施的合理布局	X ₁₅	复杂的施工环境
X ₇	工序交接不合理	X ₁₆	不可抗力突发因素
X ₈	对劳务班组管理不到位	X ₁₇	恶劣的气候和自然条件
X ₉	质量管理控制资料不齐全	X ₁₈	施工质量技术交底不完善

2 问卷调查分析

2.1 问卷调查设计

Gorsuch R. L.提出样本量与变量的比例应为 5~10:1,问卷调查结果中有效问卷的数量不少于 100 份才能进行因子分析。根据每个因素对施工质量的影响程度量化评分规则,采用“里克特五分制量表”进行调查问卷设计,即 5~1 分别代表影响程度从高到低,分别对应非常重要、比较重要、重要、不太重要、可忽略 5 个选项。调查问卷采取现场和邮件形式发放,共发放 200 份,其中现场发放 82 份,邮件发送 118 份,问卷样本量与变量之比约为 11:1,符合要求。调查对象为建设单位、施工单位、监理单位、检测单位、科研单位、高校教师等直接从事工程项目管理的人员。共回收问卷 171 份,其中有效问卷 168 份,问卷调查结果有效率为 84%。

2.2 信度分析

通过 SPSS 23.0 克隆巴哈(Cronbach)模型,按照分析—降维—可靠性分析的步骤,对回收的 168 份有效问卷中的因素指标进行信度分析,分析每个题项对问卷整体信度的影响,计算删除或剔除该题项后剩余项的均值和方差,观察删除该题项前后均值和方差的变化。若变化不大,则考虑保留;若变化很大,则表明信度有很大提升,可考虑删除该项;若信度下降很大,则保留该项并作进一步分析。

如表 3 所示,各题项删除后的标度平均值和标度方差均波动不大,表明删除该题项前后均值和方差变化不大,经专家访谈确定的 18 个影响因素能较真实地反映工程项目施工过程中的实际质量问题;各题项修正后的项与总计相关性值均大于 0.5,总问卷的 Cronbach's Alpha 值为 0.974>0.85,且各题项

删除后的 Cronbach's Alpha 值均小于总体 Cronbach's Alpha 值,表明变量具有良好的信度,可以接受,问卷调查结果有效。

表 3 信度分析结果

影响 因素	删除项后 的标度 平均值	删除项后 的标度 方差	修正后的 项与总计 相关性	删除项后的 Cronbach's Alpha 值
X ₁	63.988 1	197.006	0.801	0.973
X ₂	63.767 9	189.736	0.855	0.972
X ₃	63.732 1	187.395	0.859	0.972
X ₄	64.035 7	195.639	0.790	0.973
X ₅	64.071 4	196.330	0.809	0.973
X ₆	64.006 0	195.802	0.815	0.973
X ₇	64.065 5	194.409	0.807	0.973
X ₈	63.732 1	190.856	0.827	0.973
X ₉	63.696 4	188.871	0.873	0.972
X ₁₀	63.726 2	189.146	0.853	0.972
X ₁₁	63.654 8	189.976	0.850	0.972
X ₁₂	63.976 2	196.574	0.794	0.973
X ₁₃	64.131 0	197.061	0.753	0.974
X ₁₄	64.035 7	197.053	0.763	0.974
X ₁₅	63.994 0	196.102	0.784	0.973
X ₁₆	63.648 8	188.277	0.849	0.973
X ₁₇	64.142 9	196.339	0.777	0.973
X ₁₈	64.029 8	194.257	0.829	0.973

2.3 因子分析

通过 SPSS 23.0 因子分析法对问卷调查结果进行效度分析。对数据进行 KMO 和 Bartlett's 球形检验,KMO 值越接近于 1,表明变量之间存在越强的相关性;Bartlett's 球形检验,当显著性值小于显著水平 0.05 时,表明数据变量之间存在较强的相关性。结果显示:KMO 值为 0.813>0.5;Bartlett's 球形检验的近似卡方值为 1 362.391,自由度为 153 的

条件下显著性概率为0.000,表明选取的样本适合进行因子分析,问卷数据的效度良好。

3 主成分分析

3.1 主成分提取

在进行因子分析和研究因子重要程度时,通常提取旋转载荷因子的特征值不低于1的成分作为主

成分。因子提取的方差解释率和特征根运行结果见表4,特征值见图1。由表4、图1可知:前5个因子的特征值变化非常陡峭,而5个以后变化相对较小,表明前5个因子对原始变量中的信息有很强的描述作用。这5个成分旋转后的方差解释率分别为23.004%、15.072%、12.888%、10.577%、7.252%,旋转后的累计方差贡献率为68.793%,5个因子包含

表4 各因素的特征根和方差解释率运行结果

成分	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	特征值 总计	方差解 释率/%	累计方差 贡献率/%	特征值 总计	方差解释 率/%	累计方差 贡献率/%	特征值 总计	方差解释 率/%	累计方差 贡献率/%
X_1	4.925	27.362	27.362	4.925	27.362	27.362	4.141	23.004	23.004
X_2	3.468	19.268	46.630	3.468	19.268	46.630	2.713	15.072	38.077
X_3	1.558	8.657	55.287	1.558	8.657	55.287	2.320	12.888	50.964
X_4	1.390	7.722	63.009	1.390	7.722	63.009	1.904	10.577	61.541
X_5	1.041	5.784	68.793	1.041	5.784	68.793	1.305	7.252	68.793
X_6	0.817	4.538	73.331						
X_7	0.708	3.932	77.263						
X_8	0.618	3.434	80.697						
X_9	0.558	3.099	83.796						
X_{10}	0.520	2.888	86.684						
X_{11}	0.430	2.386	89.070						
X_{12}	0.389	2.162	91.232						
X_{13}	0.324	1.798	93.030						
X_{14}	0.313	1.737	94.766						
X_{15}	0.262	1.456	96.222						
X_{16}	0.260	1.446	97.668						
X_{17}	0.220	1.222	98.890						
X_{18}	0.200	1.110	100.000						

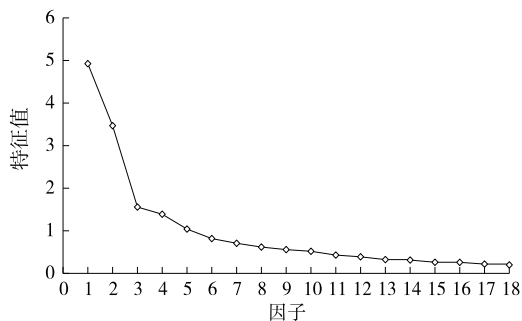


图1 各因子的特征值

了18个原始变量68.793%的信息。

通过SPSS 23.0统计分析软件,经过数据标准化处理,对18个影响因素的相关矩阵进行主成分及因子载荷值的分析解释。旋转方式采用Kaiser正态化最大方差法,旋转在8次迭代后已收敛,结果见表5。根据各因素对各成分的贡献程度(阈值大于

0.45),将路面施工过程质量问题影响因素的18个变量分为5组,分别为 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 (见表6)。

表5 旋转后的成分载荷矩阵

因素	成分贡献程度				
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
X_{12}	0.827	-0.012	-0.104	0.141	-0.250
X_{14}	0.811	0.012	-0.110	0.084	-0.218
X_{13}	0.804	-0.026	-0.128	0.207	-0.203
X_{11}	0.787	-0.095	-0.242	0.193	0.114
X_{10}	0.725	0.384	-0.093	-0.042	-0.035
X_9	0.719	0.034	-0.208	-0.035	0.386
X_1	0.080	0.775	0.108	0.060	-0.062
X_3	0.072	0.771	0.112	0.230	0.181
X_2	0.144	0.694	0.294	0.315	0.182
X_{18}	-0.191	0.599	-0.351	0.275	-0.330
X_7	-0.099	0.562	0.387	-0.136	0.120

续表 5

因素	成分贡献程度				
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
X_4	-0.170	0.219	0.781	0.085	-0.109
X_8	-0.211	0.172	0.780	-0.047	-0.071
X_5	-0.358	0.032	0.677	-0.040	0.267
X_{16}	0.150	0.292	0.042	0.759	-0.058
X_{17}	0.329	-0.006	0.218	0.716	-0.019
X_{15}	-0.023	0.130	-0.247	0.663	-0.046
X_6	-0.280	0.150	-0.006	-0.074	0.839

表 6 变量分组

主成分	质量问题影响因素	主成分	质量问题影响因素
F_1	X_{12} 、 X_{14} 、 X_{13} 、 X_{11} 、 X_{10} 、 X_9	F_4	X_{16} 、 X_{17} 、 X_{15}
F_2	X_1 、 X_3 、 X_2 、 X_{18} 、 X_7	F_5	X_6
F_3	X_4 、 X_8 、 X_5		

3.2 影响因素评价

对提取的 5 个主成分 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 的得分矩阵进行分析,结果见表 7。

表 7 成分得分系数矩阵

因素 指标	各成分的得分系数				
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
X_1	0.011	0.339	-0.040	-0.130	-0.104
X_2	0.043	0.202	0.077	0.084	0.132
X_3	0.004	0.283	-0.044	0.016	0.116
X_4	0.033	-0.015	0.371	0.034	-0.132
X_5	0.001	-0.088	0.302	0.052	0.170
X_6	-0.035	0.027	-0.092	0.052	0.656
X_7	0.031	0.228	0.107	-0.172	0.020
X_8	0.038	-0.012	0.368	-0.037	-0.115
X_9	0.216	0.006	-0.033	-0.068	0.359
X_{10}	0.203	0.188	-0.007	-0.193	-0.020
X_{11}	0.195	-0.075	-0.010	0.071	0.177
X_{12}	0.209	-0.018	0.069	-0.026	-0.139
X_{13}	0.194	-0.038	0.054	0.029	-0.091
X_{14}	0.211	0.003	0.058	-0.065	-0.121
X_{15}	-0.120	-0.033	-0.141	0.414	0.039
X_{16}	-0.043	-0.021	0.017	0.431	0.028
X_{17}	0.049	-0.185	0.177	0.450	0.082
X_{18}	-0.168	0.307	-0.285	0.040	-0.285

将各因素指标标准化后的数据乘以成分得分系数,经过因子提取和因子旋转等过程得到各主成分的得分:

$$M_1 = 0.011X_1 + 0.043X_2 + 0.004X_3 + \dots - 0.168X_{18}$$

$$M_2 = 0.339X_1 + 0.202X_2 + 0.283X_3 - \dots + 0.307X_{18}$$

$$M_3 = -0.04X_1 + 0.077X_2 - 0.044X_3 + \dots - 0.285X_{18}$$

$$M_4 = -0.13X_1 + 0.084X_2 + 0.016X_3 + \dots + 0.04X_{18}$$

$$M_5 = -0.104X_1 + 0.132X_2 + 0.116X_3 - \dots - 0.285X_{18}$$

式中: X_1 、 X_2 、 X_3 、 \dots 、 X_{18} 为各项指标标准化后的数值; M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 、 M_5 分别为 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 的得分。

根据因素分析结果,按式(1)计算综合得分 M 。系数由各主成分旋转后的方差解释率与旋转后的累计方差贡献率的比值计算得到。

$$M = \frac{\sum_{i=1}^5 \lambda_i \cdot M_i}{\sum_{i=1}^5 \lambda_i} \quad (1)$$

按式(1)计算,得 $M = 0.334M_1 + 0.219M_2 + 0.187M_3 + 0.154M_4 + 0.105M_5$,经过计算得出成分综合得分及排名(见表 8)。

表 8 成分综合得分及排名

因素 指标	M 综合 得分	排名	因素 指标	M 综合 得分值	排名
X_6	2.244	1	X_8	0.802	10
X_{17}	2.183	2	X_7	0.785	11
X_2	1.905	3	X_{15}	0.576	12
X_{16}	1.734	4	X_{10}	0.538	13
X_9	1.483	5	X_{13}	0.538	14
X_3	1.362	6	X_{12}	0.352	15
X_5	1.360	7	X_{14}	0.313	16
X_{11}	1.253	8	X_1	0.271	17
X_4	0.991	9	X_{18}	-1.296	18

由表 8 可知:路面施工过程质量问题影响因素的排名依次为施工技术因素>组织管理因素>环境及意外因素>质量管理因素>施工设施因素。 F 值越高,表明该影响因素的影响程度越大,在施工过程中应引起重视,并采取必要的控制措施。

3.3 主成分命名

X_{12} 、 X_{14} 、 X_{13} 、 X_{11} 、 X_{10} 和 X_9 在第一个主因子 F_1 上占有较高的载荷,包括施工现场管理人员的资质与才能、施工技术流程不熟悉、施工质量控制体系不完善、为赶进度而降低质量标准、施工质量的自检自控、质量管理控制资料不齐全,主要与施工过程中

质量控制的主体即人相关,命名为组织管理因素。

X_1 、 X_3 、 X_2 、 X_{18} 和 X_7 在第二个主因子 F_2 上具有较高的载荷,包括新技术的专项方案不完善、原材料性能及配合比设计不合理、摊铺和碾压设备的操作与使用、施工质量技术交底不完善、工序交接不合理,说明第二个主因子基本反映施工技术,故命名为施工技术因素。

X_4 、 X_8 、 X_5 在第3个主因子 F_3 上具有较高的载荷,包括项目质量管理人员分配不足、对劳务班组管理不到位、质量管理机制运行不畅,是由质量管理所引起,将其命名为质量管理因素。

X_{16} 、 X_{17} 和 X_{15} 在第4个主因子 F_4 上具有较高的载荷,包括不可抗力突发因素、恶劣的气候和自然条件、复杂的施工环境,主要由自然环境及突发意外所引起,将其命名为环境及意外因素。

X_6 在第5个主因子 F_5 上具有较高的载荷,说明第5个主因子主要反映施工设施的布局,将其命名为施工设施因素。

4 结语

该文基于因子分析法对路面施工过程质量问题影响因素进行分析及评价。依据项目实际情况,采用文献查阅法及专家访谈法确定路面施工过程质量问题影响因素,最终确定18个质量问题影响因素指标。对质量问题影响因素进行主成分提取,归类为5个质量问题影响因子,并根据其综合得分大小进行排名,分值越高的质量问题因素应在施工过程中着重管理。分析结果表明,路面施工过程中的质量问题主要集中在施工技术方面,施工单位在路面施工中应着重加强自身技术水平建设和人员素质建设,制定并完善质量控制体系,并采取提高质量标准

的措施;对于其他影响因素,按照分值的排名,依次做好质量管理与控制,从而提升工程质量。

参考文献:

- [1] 沙庆林.高速公路沥青路面早期破坏现象及预防[M].北京:人民交通出版社,2001:79—113.
- [2] 徐士磊.宁杭公路工程项目质量管理和控制研究[D].大连:大连海事大学,2016.
- [3] 杜大星.G公路集团质量管理存在的问题及优化改进[D].南宁:广西大学,2019.
- [4] 李林林.长临高速公路全面质量控制与管理研究[D].西安:长安大学,2017.
- [5] 王世涛.G204公路莱阳改建段项目质量评价体系研究[D].青岛:青岛大学,2018.
- [6] GORSUCH R L.Exploratory factor analysis:its role in item analysis[J].Journal of Personality Assessment, 1997,68(3):532—560.
- [7] BONETT D G, WRIGHT T A.Cronbach's alpha reliability: interval estimation, hypothesis testing, and sample size planning[J].Journal of Organizational Behavior, 2015,36(1):3—15.
- [8] 殷辉,张砚,李道芳.我国区域物流节点城市发展的统计评价分析[J].现代管理科学,2011(3):43—45.
- [9] 王俊月.基于数据挖掘的卢传坚教授治疗寻常型银屑病外洗方药物配伍规律研究[D].广州:广州中医药大学,2019.
- [10] JAVED A.Face recognition based on principal component analysis[J].International Journal of Image, Graphics and Signal Processing (IJIGSP), 2013,5(2):38.
- [11] 张翠娟,冯学军,盛敏.因子分析开发步骤及R语言程序代码实现[J].安庆师范学院学报(自然科学版), 2013,19(2):28—31.

收稿日期:2021-01-18

(上接第171页)

- [6] HOSSAIN M I, GOPISETTI L S P, MIAH M S. Prediction of international roughness index of flexible pavements from climate and traffic data using artificial neural network modeling[C]//Airfield and Highway Pavements: International Conference on Highway Pavements and Airfield Technology, 2017:256—267.
- [7] 武建民,刘大彬,李福聪,等.基于时间序列分析法的沥青路面使用性能预测[J].长安大学学报(自然科学版), 2015,35(3):1—7.
- [8] 杨博,侯明业,毛海臻,等.基于参数自跟踪的沥青路面

使用性能预测研究[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2020,44(6):90—93.

- [9] 孙立军,刘喜平.路面使用性能的标准衰变方程[J].同济大学学报(自然科学版), 1995,23(5):512—518.
- [10] 上海市公路管理处.公路沥青路面养护技术规范:JTJ 073.2—2001[S].北京:人民交通出版社,2001.
- [11] 杜二鹏,马松林,景海民.基于灰色系统理论的沥青路面使用性能预测[J].同济大学学报(自然科学版), 2010,38(8):1161—1164.

收稿日期:2021-03-26