

# 公路桥梁裂缝处理预算定额编制研究

常丁,于利存

(中交第一公路勘察设计研究院有限公司,陕西 西安 710075)

**摘要:**针对目前缺少统一的混凝土结构裂缝处理预算定额的问题,采用大量实测数据以及模糊层次分析法,通过施工定额幅度差系数综合计算预算定额的消耗量。依据公路桥梁加固工程施工技术规范确定合理的裂缝处理方法和工程内容,使用实物量法对结构裂缝处理定额进行编制,并且通过实际工程案例对该定额造价进行对比分析。结果表明:该定额造价和实际工程发生费用基本在一个水平,能够准确地反映公路桥梁结构裂缝处理的实际造价。

**关键词:**桥梁加固;结构裂缝处理;模糊层次分析法;预算定额;费用测评

**中图分类号:**U445.2

**文献标志码:**A

## 0 引言

中国运营桥梁中,每年有相当数量的桥梁产生不同程度的损伤,裂缝是混凝土梁桥典型的病害<sup>[1-6]</sup>,这种病害直接影响桥梁的耐久性和安全性。公路桥梁加固工程预算文件是施工图设计文件的重要组成部分<sup>[7-10]</sup>,裂缝处理作为常见的分项工程,在中国缺少统一的预算定额,目前仅以各省养护定额为参考,但该项定额内容一般以简单封闭或压力注浆为主,存在工程内容、计量单位、消耗量的一致性及与现行的行业规范矛盾的现象。

该文基于现行技术规范对裂缝处理的预算定额进行编制研究,在定额幅度差系数的计算中采用了模糊层次分析法(FAHP)。通过对施工工时、施工机械幅度差系数进行分析计算,构建能反映真实情况的模型<sup>[11]</sup>,最后通过费用测算来评价该定额是否满足工程项目要求。这样确定出来的预算定额具有平均性和一致性的特点,为桥梁加固工程施工图预算、投标报价编制奠定了基础,具有实际工程意义。

## 1 裂缝处理定额子目划分及工作内容

### 1.1 定额子目划分

《公路桥梁加固设计规范》(JTG/T J22—2008)和《公路桥梁加固工程施工技术规范》(JTG/T J23—2008)规定,裂缝的处理方法主要分为3种:①表面封闭法,适用于缝宽 $<0.15\text{ mm}$ 的裂缝;②自动低压渗注法,适用于裂缝数量较多、宽度为 $0.1\sim 1.5\text{ mm}$ 的裂缝;③压力灌注法,适用于宽度为 $0.15\text{ mm}$ 左右且较深裂缝的处理。现行技术规范对裂缝处理的方法进行统一,因此在确定裂缝处理定额的子目时,可分为封缝胶封闭裂缝、自动低压渗注、压力注浆3个子目。

### 1.2 工作内容

裂缝表面封闭法是一种简单、常见的修补方法<sup>[12]</sup>。首先对混凝土表面进行处理,再采用专用胶黏剂等材料修补构件表面细小的混凝土裂缝。自动低压渗注借助较小的压力装置,利用注浆材料良好的渗透性能进行修补。压力注浆以一定的压力将裂缝修补胶注入裂缝腔内,达到充填密实的效果。在加固设计以及施工中应根据裂缝实际情况选择裂缝处理方式。

收稿日期:2022-05-30(修改稿)

基金项目:交通运输部行业标准《公路桥梁养护工程预算定额》(JTG/T 5612—2020)(编号:JTG-C-201004);陕西省重点研发计划项目(编号:2019GY-211);交通运输行业重点科技项目(编号:2020-MS1-060)

作者简介:常丁,男,硕士,高级工程师.E-mail:249001068@qq.com

定额在编制过程中首先确定工作内容,根据工作内容再测定定额各项消耗。裂缝封闭的工作内容为:① 裂缝内灰尘吹净、清洁;② 封缝胶涂抹、压刮、养生。后两种灌注裂缝的工作内容为:裂缝处理,注浆嘴粘贴、封缝、密封检查、灌胶、清除。

### 1.3 编制重点

裂缝处理方式的选择根据裂缝的宽度来进行<sup>[13]</sup>,在材料定额的消耗上,应按照施工现场实际消耗和理论计算两者相结合的方法进行。由于各类胶在密度、流动性上有所差异,故选取了市场上常见的结构胶密度进行重量计算,并且胶的性能指标应满足《公路桥梁加固设计规范》(JTG/T J22—2008)的规定。在裂缝处理工艺、注浆嘴粘贴间距的选择上也应根据规范规定取值,定额单位取 100 m。在人工以及机械台班定额的消耗上,采用施工定额和幅度差系数综合的方法确定预算定额。

## 2 工料机消耗分析

### 2.1 幅度差系数计算

定额的人工和机械消耗指标根据全过程实物量法测算确定,并且参照施工定额中人工、机械消耗指标计算,即通过幅度差系数将施工定额综合为预算定额消耗。即预算定额的人工(机械)消耗量=施工定额人工(机械)消耗量×幅度差系数。

该文以人工消耗为例,采用模糊层次分析法计算裂缝处理定额人工幅度差系数。根据影响因素建立层级结构模型<sup>[14]</sup>,通过施工现场调研和技术专家经验,首先确定影响裂缝处理预算定额的幅度差系数影响因素,见表 1。

表 1 裂缝处理预算定额人工幅度差影响因素

幅度差	内容指标	裂缝处理工序影响因素
	准备与结束时间	准备结构胶、拌和工具、空压机等的时间
		施工结束,清扫现场
	休息时间	工人正常劳动休息
人工	工作面转移间断	施工工序衔接以及转移相关工具
幅度差	配合机械作业时间	配合相关机械移动的时间
	检查质量间断时间	各工序完成后质量检查
	临时排除设备故障	判断故障的时间
	零星工作	由于天气影响等其他因素造成的停工时间

首先,利用模糊层次分析法对各影响因素打分,

影响因素最大的 10 分,最小的 1 分。分值的大小说明该类影响因素的程度大小。5 位专家对 7 个影响因素指标打分情况见表 2。

表 2 裂缝处理预算定额人工幅度差打分

序号	准备与 结束 时间	休息 时间	工作面 转移 间断	配合机 械作业 时间	检查质 量间断 时间	临时排 除设备 故障	零星 工作
1	9	7	7	8	7	6	7
2	10	6	8	6	7	6	7
3	8	7	6	6	6	6	6
4	9	7	7	6	8	5	6
5	8	6	6	6	7	5	6
均值	8.8	6.6	6.8	6.4	7	5.6	6.4

其次,根据专家准则对评分的均值按照  $P_{ij}=a_i/a_j$  构造判断矩阵,其中  $a_i, a_j$  表示均值中任意两个元素。

$$P = \begin{pmatrix} 1.000 & 1.333 & 1.294 & 1.375 & 1.257 & 1.571 & 1.375 \\ 0.750 & 1.000 & 0.971 & 1.031 & 0.943 & 1.179 & 1.031 \\ 0.773 & 1.030 & 1.000 & 1.063 & 0.971 & 1.214 & 1.063 \\ 0.727 & 0.970 & 0.941 & 1.000 & 0.914 & 1.143 & 1.000 \\ 0.795 & 1.061 & 1.029 & 1.094 & 1.000 & 1.250 & 1.094 \\ 0.636 & 0.848 & 0.824 & 0.875 & 0.800 & 1.000 & 0.875 \\ 0.727 & 0.970 & 0.941 & 1.000 & 0.914 & 1.143 & 1.000 \end{pmatrix}$$

按照下式将矩阵  $P$  转化为模糊判断矩阵  $Q$ :

$$q_{ij} = \begin{cases} 0.5, p_{ij} \in [1, \max P - 4L] \\ 0.6, p_{ij} \in [\max P - 4L, \max P - 3L] \\ 0.7, p_{ij} \in [\max P - 3L, \max P - 2L] \\ 0.8, p_{ij} \in [\max P - 2L, \max P - L] \\ 0.9, p_{ij} \in [\max P - L, \max P] \end{cases}$$

式中:  $L = (\max P - 1)/4, P_{ij} = 1 - P_{ji}$ 。

$$Q = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.6 & 0.9 & 0.5 & 0.6 & 0.8 & 0.5 \\ 0.3 & 0.5 & 0.8 & 0.5 & 0.4 & 0.5 & 0.3 \\ 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.6 & 0.3 & 0.5 & 0.6 \\ 0.2 & 0.3 & 0.6 & 0.2 & 0.6 & 0.6 & 0.2 \\ 0.1 & 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0.5 & 0.7 & 0.5 \end{pmatrix}$$

各项指标权重  $W_i = \frac{1}{n} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{na} \sum_{k=1}^n r_{ik}, i=1,$

$2, \dots, n, a=(n-1)/2$ 。得到指标权重:

$$W_1 = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n) = (0.1789, 0.080, 0.2028, 0.1206, 0.080, 0.0668, 0.0922)^T$$

根据各工序影响因素和指标权重计算结果再次

计算组合权重,结果见表3。

表3 裂缝处理预算定额人工幅度权重计算

准则层权重	指标层权重	
	$W_1$	$C_1$ $C_2$
	0.178 9	0.038 0.051
	0.080 0	0.045 0.068
	0.202 8	0.022 0.032
	0.120 6	0.056 0.043
	0.080 0	0.048 0.059
	0.066 8	0.065 0.056
		0.046 0.052

由表1可知:影响裂缝处理工序中人工幅度差的内容,主要包括:准备结构胶、拌和工具、空压机等的时间;工人正常劳动休息;施工工序衔接以及转移相关工具;各工序完成后质量检查等。这些指标在计算人工幅度差系数时难以量化,且影响大小不能十分准确描述,具有一定的模糊性。因此采用模糊层次分析法,运用该数学方法首先构建模型,通过专家对指标影响大小的打分,计算指标权重,最后得到的指标层权重系数比值 $\lambda = C_2/C_1$ ,即为幅度差系数。计算得出人工幅度差系数为:0.052/0.046=1.128。

2.2 人工消耗

模糊层次分析法计算得出人工幅度差系数后,参照施工定额中人工消耗指标计算,即预算定额的用工数量=施工定额×人工幅度差系数,其中人工幅度差系数考虑了工序搭接、交叉作业、质量检查、配合施工机械移动、其他零星工作等因素对功效的影响。根据测算,综合取定为封缝胶封闭裂缝需 $23.5 \times 1.128 = 26.5$ 工日,自动低压渗注需 $55.4 \times 1.128 = 62.5$ 工日,压力注浆需 $61.8 \times 1.128 = 69.8$ 工日。

2.3 材料

材料消耗依据理论计算以及实测数据综合确定,根据实际用料情况,该定额材料消耗计算结果见表4。

表4 裂缝处理主要材料消耗(100 m)

裂缝处理方法	材料	作用	消耗量	备注
封缝胶封闭裂缝	封缝胶	主材	21.55 kg	密度 1 350 kg/m <sup>3</sup> 计损耗
	封缝胶	主材	22.35 kg	密度 1 350 kg/m <sup>3</sup> 计损耗
自动低压渗注	灌缝胶	主材	29.66 kg	密度 1 350 kg/m <sup>3</sup> 计损耗
	渗胶嘴	辅材	350 个	间距 200~400 mm
压力注浆	封缝胶	主材	25.86 kg	密度 1 350 kg/m <sup>3</sup> 计损耗
	灌缝胶	主材	35.15 kg	密度 1 350 kg/m <sup>3</sup> 计损耗
	渗胶嘴	辅材	350 个	间距 200~400 mm

其他零星材料如手套、铲子、灰刀等计入其他材料费。

2.4 机械

机械台班消耗根据工程内容及实测数据综合确定,计入该种机械幅度差系数,考虑了如机械空转、闲置台班、机械转运、工程质量检查等影响。该定额机械台班消耗见表5。

表5 裂缝处理主要机械消耗(100 m)

裂缝处理方法	机械	消耗量/台班	作用
封缝胶封闭裂缝	0.6 m <sup>3</sup> /min 以内电动空压机	2.86	动力输出
	0.6 m <sup>3</sup> /min 以内电动空压机	4.50	动力输出
自动低压渗注	100 L 以内低速搅拌器	0.18	结构胶搅拌
	0.6 m <sup>3</sup> /min 以内电动空压机	6.90	动力输出
压力注浆	100 L 以内低速搅拌器	0.20	结构胶搅拌

3 定额组成

根据工料机实际消耗最终得到裂缝处理加固预算定额如表6、7所示,其中各项消耗的单价和现行部颁预算定额一致。

表6 封缝胶封闭裂缝预算定额(100 m)

项目	单位	数值
人工	工日	26.50
封缝胶	kg	21.55
其他材料费	元	17.80
0.6 m <sup>3</sup> /min 以内电动空压机	台班	2.86
小型机具使用费	元	12.00

表7 灌注裂缝预算定额(100 m)

项目	单位	灌注裂缝	
		自动低压渗注	压力注浆
人工	工日	62.50	69.80
封缝胶	kg	22.35	25.86
灌缝胶	kg	29.66	35.15
渗胶嘴	个	350.00	—
灌浆嘴	个	—	350.00
其他材料费	元	35.00	35.60
0.6 m <sup>3</sup> /min 以内电动空压机	台班	4.50	6.90
低速搅拌器	台班	0.20	0.20
小型机具使用费	元	13.00	25.00

## 4 定额费用测评

定额中各个子目的划分充分考虑实际公路桥梁加固工程项目以及《公路桥梁加固设计规范》(JTG/T J22—2008)、《公路桥梁加固施工技术规范》(JTG/T J23—2008)中规定的加固方法,做到统一、规范。在定额的费用测评中,通过已经完成的桥梁加固工程预算费用以及预算文件来进行比对测评。这些项目的预算费用通常以工程所在地的各省养护定额为依据进行编制或工程决算费用,有一定的代表性。由于暂时没有配套使用的编制办法,具体测评过程中,采用和原预算文件相同的费率、单价,做到分析口径统一<sup>[15]</sup>,计算得到工程总预算费用对比如表 8 所示。

表 8 裂缝处理造价对比

加固 内容	原费用/ (元·m <sup>-1</sup> )	该定额计 算费用/ (元·m <sup>-1</sup> )	差值/ (元·m <sup>-1</sup> )	比例/%	项目名称
封闭裂缝	58.80	59.20	0.40	0.7	银川绕城立交 加固工程
	52.90	50.30	-2.60	-4.9	广安大桥维修 加固工程
裂缝压力 注浆	148.00	156.32	8.32	5.6	池河大桥加固 工程
	151.00	137.50	-13.50	-8.9	广安大桥维修 加固工程

注:表中的原费用指竣工决算后的工程直接费。

通过和工程案例对比,该定额造价和实际工程发生费用基本在一个水平,能够较好地反映公路桥梁结构裂缝处理的实际造价,对提高桥梁加固的工作效率、设计方案进行技术经济比较和技术经济分析、合理编制标底、投标报价等具有重要意义。

## 5 结语

在编制桥梁结构裂缝处理的预算定额过程中,采用实物量法和模糊层次分析法进行消耗量计算。

并利用已经竣工桥梁裂缝处理工程案例,对该文定额进行费用比对测评,结果表明两者费用基本在一个水平,工料机消耗及幅度差系数在合理范围内,定额具有较强的适用性、操作性,满足施工图预算编制的需要。

## 参考文献:

- [1] 余加勇,李锋,薛现凯,等.基于无人机及 Mask R-CNN 的桥梁结构裂缝智能识别[J].中国公路学报,2021,34(12): 80-90.
- [2] 杨心蕊,许辰扬,郑玉莹,等.基于遗传算法的阈值分割桥梁裂缝检测算法研究[J].广东土木与建筑,2021,28(10): 5-9.
- [3] 段明义,卢印举,李祖照,等.一种改进的桥梁裂缝图像分割方法[J].公路交通科技,2020,37(11):63-70.
- [4] 高庆飞,王宇,刘晨光,等.基于卷积神经网络算法的混凝土桥梁裂缝识别与定位技术[J].公路,2020,65(9):268-274.
- [5] 邵永军,王小雄,任晓辉,等.基于计算机视觉的桥梁裂缝半自动检测方法[J].公路交通科技(应用技术版),2019,15(11):176-179.
- [6] 常丁,党李涛.混凝土梁桥裂缝可视化检测系统技术方案[J].筑路机械与施工机械化,2019,36(7):105-109.
- [7] 王首绪,李栋,胡汉渝,等.基于层次分析的公路定额幅度差计算模型的设计和实现[J].中外公路,2009,29(1): 260-263.
- [8] 何华,吴海军,高宇,等.国内外标准中基于耐久性的混凝土裂缝限值分析[J].重庆交通大学学报(自然科学版), 2011,30(6):1282-1286.
- [9] 冉敬爱.裂缝对西北地区桥梁结构耐久性能影响的研究[D].兰州:兰州交通大学,2018.
- [10] 吴少亮.基于裂缝扩展计算的在役 RC 桥梁剩余承载力及耐久性研究[D].重庆:重庆交通大学,2011.
- [11] 胡振山,徐红领,于泉,等.基于层次分析法与熵权法的定额幅度差[J].北京工业大学学报,2014,40(9):1371-1378.
- [12] 杨修志.混凝土桥梁裂缝修补方法及工序质量控制[J].华东公路,2016(5):43-47.
- [13] 常丁.增设体外预应力转向装置预算定额取值及费用测评[J].建筑工程技术与设计,2014,35(12):107.
- [14] 朱熹,钱超,许宏科,等.高速公路机电设备养护预算定额幅度差分析与计算[J].公路交通技术,2016,32(2): 131-137.
- [15] 戚云生.高速公路养护预算定额编制及费用标准研究[D].西安:长安大学,2010.