

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.06.057

# 成熟度模型在市政路桥设施维护管理质量评价中的应用

阮积贤

(上海市杨浦区市政和交通管理事务中心, 上海市 200433)

**摘要:** 结合市政路桥设施维护管理的特点,将成熟度模型运用到市政路桥设施管理质量评价中。从职能和过程两个管理纬度识别市政路桥设施维护管理关键实践要素,构造了市政路桥设施维护管理成熟度概念模型,提出了成熟度测评方法,并将该方法应用于新江湾城市市政路桥设施管理质量评价,得出管理成熟度水平和改进方向,为提升市政路桥设施管理水平提供参考。

**关键词:** 市政路桥;设施维护管理;成熟度模型

**中图分类号:** U418

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2022)06-0224-04

## 0 引言

近年来,随着我国城市基础设施建设的不断完善,城市市政管理重心逐渐从大规模建设转向设施建设维护并重。当前,我国城市市政路桥设施维护管理的精细化程度不高,系统性存在不足。因此,建立系统性管理评价体系对于促进市政路桥设施维护管理工作标准化和规范化具有重要的意义。

成熟度模型是一种在事物发展过程中逐渐使其完善的过程评价和优化方法。美国卡耐基-梅隆大学软件工程研究院于 1987 年将软件过程成熟度框架升级为软件过程能力成熟度模型 CMM (Capability Maturity Model),此后逐步演化出组织的项目管理成熟度模型 OPM3 (Organizational Project Management Maturity Model)、知识管理成熟度模型 KMMM (Knowledge Management Maturity Model) 以及能力成熟度模型 CMMI (Capability Maturity Model Integration)<sup>[1-3]</sup>。根据市政路桥设施维护管理的特点,本文以 CMMI 成熟度模型为原型,构建了市政路桥设施维护管理成熟度模型。

## 1 市政路桥设施维护管理关键实践要素识别

### 1.1 市政路桥设施维护管理的关键实践识别

管理能力水平由成熟度模型中的成熟度等级表征,每个成熟度等级由多个关键实践过程域组成,每

个关键过程域的实现又对应一系列目标的实现;每个关键过程域由若干关键实践类组成,关键实践类的实现情况决定关键过程域的目标实现<sup>[4]</sup>。因此,市政路桥设施维护管理活动第一层次划分为多个关键过程域,第二层次划分为关键实践类,最后通过具体描述识别关键实践。

结合市政路桥设施维护管理的特点,从市政路桥设施维护管理职能与市政路桥设施维护管理服务过程两个维度,对市政路桥设施维护管理关键过程域进行划分,识别市政路桥设施维护管理关键实践类,见图 1。

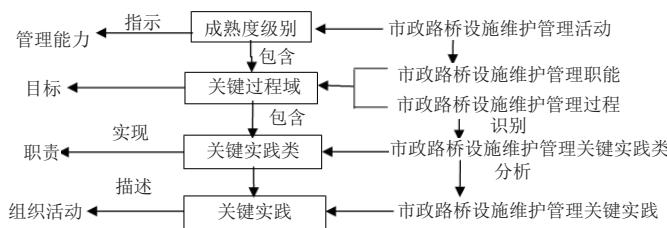


图 1 市政路桥设施维护管理关键实践识别思路

### 1.2 市政路桥设施维护管理关键实践分类

通过对市政路桥设施维护管理关键过程域的分析,将市政路桥设施维护管理的关键实践类从市政路桥设施维护管理过程、市政路桥设施维护管理职能两个维度进行分类,可分为 16 个类别,见图 2。图 2 中的横向表示每个市政路桥设施维护管理职能的过程组,分为计划、组织、控制和评价四个过程组;纵向表示每个市政路桥设施维护管理过程组所涉及的市政路桥设施维护管理活动,分为巡视管理、日常养护维修管理、应急管理和其他事项执行监督管理。对市政

收稿日期: 2022-02-28

作者简介: 阮积贤(1984—), 女, 硕士, 工程师, 从事市政设施管理工作。

路桥设施维护管理能力进行评价时,既可以通过横向分析了解各类市政路桥设施维护管理职能的成熟度水平,也可以通过纵向比较,找到市政路桥设施维护管理过程组中的薄弱环节,制定相应的改进策略。

|            |                         |                         |                         |                         |              |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|
|            | 计划过程组                   | 组织过程组                   | 控制过程组                   | 评价过程组                   | 市政路桥设施维护管理职能 |
| 巡视管理       | 1.1 巡视管理计划过程组关键实践       | 1.2 巡视管理组织过程组关键实践       | 1.3 巡视管理控制过程组关键实践       | 1.4 巡视管理评价过程组关键实践       |              |
| 日常养护维修管理   | 2.1 日常养护维修管理计划过程组关键实践   | 2.2 日常养护维修管理组织过程组关键实践   | 2.3 日常养护维修管理控制过程组关键实践   | 2.4 日常养护维修管理评价过程组关键实践   |              |
| 应急管理       | 3.1 应急管理计划过程组关键实践       | 3.2 应急管理组织过程组关键实践       | 3.3 应急管理控制过程组关键实践       | 3.4 应急管理评价过程组关键实践       |              |
| 其他事项执行监督管理 | 4.1 其他事项执行监督管理计划过程组关键实践 | 4.2 其他事项执行监督管理组织过程组关键实践 | 4.3 其他事项执行监督管理控制过程组关键实践 | 4.4 其他事项执行监督管理评价过程组关键实践 |              |
|            | 市政路桥设施维护管理过程组           |                         |                         |                         |              |

图2 市政路桥设施维护管理关键实践两维分类

## 2 构建市政路桥设施维护管理成熟度模型

### 2.1 市政路桥设施维护管理成熟度模型维度

各成熟度等级对关键实践的要求不同,不同关键实践对成熟度的影响程度也不同,而市政路桥设施维护管理的关键实践需要从职能和过程组两个角度进行划分。因此,从市政路桥设施维护管理职能、市政路桥设施维护管理过程和市政路桥设施维护管理成熟度三个维度构造了市政路桥设施维护管理成熟度三维评价模型,见图3。

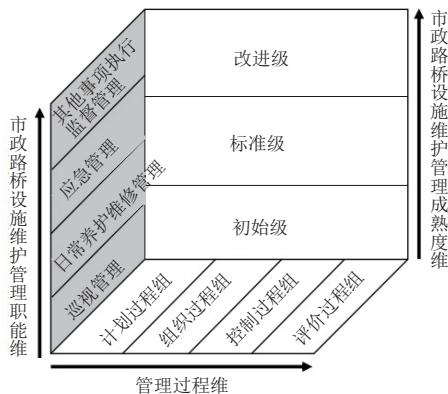


图3 市政路桥设施维护管理成熟度评价三维模型

#### 2.1.1 市政路桥设施维护管理职能维

市政路桥设施维护管理主要涉及巡视管理、日常养护维修管理、应急管理和其他事项执行监督管理四个职能,但是出于资源和业务需要等原因,并非所有管理方对这四个职能都给与统一的重视,所以,在进行成熟度评价时,不一定要对四个职能的关键实践全部进行评价,可以根据需要选择相应的关键实践进行评价。

#### 2.1.2 市政路桥设施维护管理过程维

通过对市政路桥设施维护管理服务分析,识别出市政路桥设施维护管理四个过程组:计划、组

织、控制和评价。任何一个市政路桥设施维护管理职能的实现都不能离开这四个过程组,过程组的关键实践要素决定了管理的服务水平,也影响了管理方自主学习、自改进的能力。

#### 2.1.3 市政路桥设施维护管理成熟度维

市政路桥设施维护管理的成熟度维分为初始级、标准级和管理级三个层次,每个成熟度等级的管理过程组都表现出一定的特征。市政路桥设施维护管理成熟度模型通过对关键实践的每个成熟度等级特征进行描述,来实现市政路桥设施维护管理关键实践的评价。

## 2.2 市政路桥设施维护管理关键实践

### 2.2.1 市政路桥设施管理关键活动

根据市政路桥设施维护管理活动的分析,本文共识别出22个市政路桥设施维护管理关键实践,分别涉及计划、组织、控制 and 评价四个过程,见表1。

表1 市政路桥设施维护管理关键实践描述

| 管理职能         | 管理过程             | 关键实践               |
|--------------|------------------|--------------------|
| 1 巡视管理       | 1.1 计划           | 1.1.1 预测巡视需求       |
|              | 1.2 组织           | 1.2.1 建立巡视管理制度     |
|              |                  | 1.2.2 组建巡视管理团队     |
|              | 1.3 控制           | 1.3.1 巡视管理监控       |
|              | 1.4 评价           | 1.4.1 巡视管理评价       |
| 2 日常养护维修管理   | 2.1 计划           | 2.1.1 日常养护维修需求识别   |
|              |                  | 2.1.2 制定养护维修计划     |
|              | 2.2 组织           | 2.2.1 制定养护维修考核方案   |
|              |                  | 2.2.2 建立养护维修管理团队   |
|              |                  | 2.2.3 建立养护维修管理沟通机制 |
|              | 2.3 控制           | 2.3.1 日常养护维修监控     |
|              | 2.4 评价           | 2.4.1 日常养护维修管理评价   |
|              | 3 应急管理           | 3.1 计划             |
| 3.2 组织       |                  | 3.2.1 组建应急响应管理团队   |
|              |                  | 3.2.2 建立应急响应管理沟通机制 |
| 3.3 控制       |                  | 3.3.1 应急事件控制       |
| 3.4 评价       | 3.4.1 应急事件响应评价   |                    |
| 4 其他事项执行监督管理 | 4.1 计划           | 4.1.1 行政审批事项需求预测   |
|              | 4.2 组织           | 4.2.1 组建其他事项执行监管团队 |
|              |                  | 4.2.2 建立其他事项执行监管机制 |
|              | 4.3 控制           | 4.3.1 其他事项执行监控     |
| 4.4 评价       | 4.4.1 其他事项执行监管评价 |                    |

### 2.2.2 市政路桥设施管理关键表现水平

本文借鉴现有成熟度模型对关键实践的度量方法,采用了CMMI成熟度模型中,对关键实践进行等级划分并分别进行描述的方法,将市政路桥设施维护管理成熟度等级划分为三个层次:初始级、标准级

和改进级。相应的,市政路桥设施维护管理各项关键实践的表现水平划分为三个等级。当市政路桥设施维护管理能力的成熟度处于初始级时,管理部门内部缺少相应规范和制度,对个人经验的依赖度高,其关注点为服务的正常提供。当建立了相应的制度规范后,内部秩序得以形成,这是组织的关注焦点转移到服务水平的可靠性。市政路桥设施维护管理成熟度达到标准级时,若能建立良好的对外沟通与改进机制,即可实现自组织、自学习能力,从而提高服务水平,满足管理方需求的变化,达到改进级。

在评价过程中,对市政路桥设施维护管理关键实践评价集  $C=\{\text{初始级,标准级,改进级}\}$  赋值,分别对应得分集  $V=\{1,2,3\}$ ,从而实现关键实践评价量纲的标准化,方便对市政路桥设施维护管理整体成熟度及各项管理职能成熟度进行评价和描绘。

### 2.3 市政路桥设施维护管理成熟度等级演化

市政路桥设施维护管理成熟度的演化取决于关键实践表现水平的提高,因此根据关键实践表现制定市政路桥设施维护管理演化路径后,根据市政路桥设施维护管理成熟度模型对每个关键实践进行相应的描述和分析,管理方通过邀请专家对各项关键实践要素的表现和权重进行评价<sup>[5]</sup>,优先考虑发展最薄弱和最重要的关键实践,制定相应的演化路径,以实现成熟度的发展。

### 2.4 市政路桥设施维护管理成熟度评价

#### 2.4.1 关键实践权重确定

采用德尔菲打分法邀请专家对市政路桥设施维护管理关键实践的重要程度和完善程度进行打分,本文利用层次分析法对各项关键实践进行数据分析。层次分析需要相关指标是递阶层次的,则应通过一级指标之间和每个一级指标下属的二级指标形成判断矩阵,用  $A=(a_{ij})_{n \times n}$  表示。

(1)计算判断矩阵  $A$  每行元素的几何平均值:

$$W_i = \sqrt[n]{a_{i1} \times a_{i2} \times a_{i3} \times \dots \times a_{in}}, i=1-n$$

(2)计算权重

对向量  $W=[W_1 W_2 W_3 \dots W_n]$  进行归一化处理:

$$\sum_{j=1}^n W_j = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n \quad (1)$$

$$\bar{W}_j = \frac{W_j}{\sum_{j=1}^n W_j} \quad (2)$$

得到特征向量  $\bar{W}=[\bar{W}_1 \bar{W}_2 \bar{W}_3 \dots \bar{W}_n]$ ,即指标  $A_1 \sim A_2$  相对于指标  $A$  的权重。

(3)计算最大特征值  $\lambda$

$$A \bar{W} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & a_{ij} & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \cdot [\bar{W}_1 \bar{W}_2 \bar{W}_3 \dots \bar{W}_n]^T$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^n \frac{(A \bar{W})_j}{n \bar{W}_j} \quad (3)$$

(4)计算各权重间的相似系数  $A_{ij}$  以及相似系数矩阵  $P$

$$A_{ij} = 1 - \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (W_{ik} - W_{jk})^2} \quad (4)$$

$$P = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \vdots & \dots & A_{ij} & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \dots & A_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中: $A_{ij}$  为专家  $i$  与专家  $j$  权重的相似度; $n$  为指标权重的维数,也即所评价指标的个数; $m$  为参加权重评估专家的总人数。

#### 2.4.2 基于模糊综合评价法的成熟度测评

本文采用模糊综合评价法作为市政路桥设施维护管理成熟度的测评研究方法,把定性评价转化为定量评价。

(1)建立因素集

用  $U=\{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6\}$  表征市政路桥设施维护管理成熟度评判的因素集,每个  $u_i$  因素集亦为下一层指标因素的集合,  $u_1=\{u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}, u_{16}\}$ 。

(2)建立模糊评判矩阵

根据市政路桥设施维护管理成熟度评价准确性的要求和现实的可能性,选取一定数量专家,专家对关键实践水平  $u_{ij}$  在评判集中的各个评语处进行指标评价,评判每个功能层的关键实践,得出模糊评判矩阵  $R$ 。

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \vdots & r_{ij} & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

式中: $r_{ij}$  为对第  $i$  个要素作出第  $j$  评价的专家人数 / 参加评价的专家总人数。

(3)一级模糊综合评价

通过模糊评价矩阵,得出一级模糊综合评判集为:

$$B = A \circ R = (a_1 \ a_2 \ \dots \ a_n) \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \vdots & r_{ij} & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

$$=(b_1 b_2 \cdots b_n) \tag{7}$$

式中: $b_j$ 为综合考虑所有因素影响时评判对象对于被选择集第 $j$ 个元素的隶属度。

(4)二级模糊综合评价

考虑到市政桥梁设施维护管理各类功能之间的综合影响,二级模糊综合评判集为:

$$D=W \cdot B=W \cdot \begin{bmatrix} A_1 \cdot A_1 \\ A_2 \cdot A_2 \\ \dots \\ A_m \cdot R_m \end{bmatrix}=(d_1 d_2 \cdots d_l) \tag{8}$$

式中: $d_k$ 为二级模糊综合评判指标,表征评判对象按各类功能评判时,对于被选择集第 $k$ 个元素的隶属度。

(5)采用模糊向量单值化法对市政路桥设施维护管理进行整体成熟评分:

$$M=\sum_{k=1}^n d_k v_k \tag{9}$$

式中: $v_k$ 为市政路桥设施维护管理关键实践评价得分集 $V$ 内固定分值。

### 3 实例应用

#### 3.1 项目概况

本研究以新江湾城市政道路桥梁维护管理为例进行模型应用研究。新江湾城区域内市政道路37条,其中主干道1条,次干道6条,支路30条,道路总长37 913 m;市政桥梁25座,荷载等级B级。设施管理方年度市政道路桥梁养护资金投入约980万元。新江湾城作为高起点高水准的国际化生态化社区,连接宝山和杨浦两个城区,市政路桥设施日常运营保障尤为重要,相应对管理方的要求较高。

#### 3.2 应用过程

根据市政路桥设施维护管理成熟度模型,设计了市政路桥设施维护管理关键实践的成熟度问卷调查,邀请设施管理方专家、养护单位技术管理人员以及服务对象参与打分。通过层次分析法计算各市政路桥设施维护管理关键实践权重,检验专家评价结果的一致性,将不满足一致性检验的打分结果进行重新修正评价,直至满足一致性要求为止,最终得到市政路桥设施维护管理职能及其关键实践的权重系数(见表2)。

表2 市政路桥设施维护管理关键实践权重

| 职能 | 巡视管理    | 日常养护<br>维修管理 | 应急管理    | 其他事项<br>执行监督管理 |
|----|---------|--------------|---------|----------------|
| 权重 | 0.194 4 | 0.154 4      | 0.260 5 | 0.390 8        |

通过一级模糊综合评价,得到评价矩阵:

$$B=\begin{bmatrix} 0.153 8 & 0.496 3 & 0.349 9 \\ 0.261 3 & 0.563 7 & 0.364 7 \\ 0.232 6 & 0.597 3 & 0.170 1 \\ 0.355 7 & 0.512 7 & 0.131 7 \end{bmatrix}$$

通过公式8对一级模糊综合评价矩阵 $B$ 进行二级模糊综合评价,得到二级模糊综合评价矩阵:

$$D=[0.194 4 \ 0.154 4 \ 0.260 5 \ 0.390 8]$$

$$\begin{bmatrix} 0.153 8 & 0.496 3 & 0.349 9 \\ 0.261 3 & 0.563 7 & 0.364 7 \\ 0.232 6 & 0.597 3 & 0.170 1 \\ 0.355 7 & 0.512 7 & 0.131 7 \end{bmatrix}=[0.27 \ 0.539 4 \ 0.220 1]$$

根据二级模糊综合评价矩阵,采用模糊向量单值化法对市政路桥设施维护管理的整体成熟度 $M$ 进行评分:

$$M=0.27 \times 1+0.539 4 \times 2+0.220 1 \times 3=2.009$$

因此,该市政路桥设施维护管理整体成熟度得分为2.009,属于标准级。新江湾城区域市政路桥设施建成时间为2005~2012年,设施较新、运行状态良好,维护工作量不大。另一方面,市政路桥设施维护管理实践活动模仿较多、缺少创新意识,所以其成熟度演化方向应当为建立改进机制,向改进级成熟度层次发展。

### 4 结论与建议

综上所述,本研究结合市政路桥设施维护管理的特点,对市政路桥设施维护管理的职能和过程进行分析论述,通过二维模型识别出市政路桥设施维护管理关键实践;通过分析市政路桥设施维护管理成熟度模型的,建立市政路桥设施维护管理成熟度模型,为后续管理部门对市政路桥设施维护管理质量的评价、发展目标的制定以及组织结构改进提供了科学依据和方法。

参考文献:

[1] Carnegie Mellon University/SEI,Mark Paulk.Capability Maturity [J]. Model,1991(8):59-68.  
 [2] Khalid Hafeez, YanBing Zhang,Naila Malak.Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process[J].International Journal of Production Economics,2002:110-117.  
 [3] 江汉臣,强茂山.四种项目管理成熟度模型比较研究[J].项目管理技术,2013(7):17-22.  
 [4] 曹吉鸣,刘亮,缪莉莉,等.公共建筑设施管理成熟度模型构建[J].工程管理学报.2017,31(2):59-63.  
 [5] 刘亮,陈佩,缪莉莉,等.公共建筑设施管理成熟度模糊综合评价[J].土木工程与管理学报.2017,35(2):59-65.