

# 基于层次分析法的风雨桥价值评价体系与 分级保护研究<sup>\*</sup>

严钧<sup>1,2</sup>, 王丹妮<sup>2</sup>, 伏里为<sup>2</sup>

(1.长沙理工大学 桥梁工程安全控制技术与装备湖南省工程技术研究中心, 湖南 长沙 410114;

2.长沙理工大学 建筑学院, 湖南 长沙 410114)

**摘要:**风雨桥以其独特的建筑形式和所承载的特殊文化而有别于其他桥梁,然而随着城市化的发展,在新的价值观念和生活方式冲击下,风雨桥面临生死存亡之境。文中在现场调查的基础上,运用层次分析法,从历史文化、科学技术等 6 个角度构建风雨桥价值评价体系,并以湖南省溆浦县风雨桥为例进行验证,根据风雨桥价值评分差异划分所属价值阶梯,进而提出适合于该地区风雨桥的保护方法与策略。

**关键词:**桥梁;风雨桥;价值评价;分级保护;层次分析法

中图分类号:U445.6

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2023)06-0128-04

风雨桥在中国南方地区分布较广泛。湖南地区的风雨桥在结构运用、建筑造型及文化内涵方面都表现出强烈的多样性、民族性和地域性。溆浦位于湖南省西部,地处沅江中游,是怀化市下辖县,属亚热带湿润气候,光热并丰,雨水充足。县境周围重峦叠嶂,沅江流经西隅,常见山地、丘陵、河流、溪谷等多种地形<sup>[1]</sup>。风雨桥作为当地居民交通联系、生产发展的重要工具,呈现基数大、分布范围广、形制多的特点。

对风雨桥的研究,以往大都针对风雨桥这一建筑本体,如探索其建筑形式、结构和功能,或将风雨桥与其所在传统村落相结合,从社会学、民族学、历史学等相关领域展开研究,较少涉及风雨桥的保护与更新。而现实中风雨桥的修复、保护任重道远。对风雨桥进行调研和记录,提炼其营造技艺及智慧,运用科学的方法评估其生存价值,并在此基础上制定保护方案与对策,是一项非常必要且刻不容缓的工作。

## 1 风雨桥价值评价体系

### 1.1 评价指标

GB 50357—2018《历史文化名城保护规划标准》将历史建筑定义为有一定历史、科学和艺术价

值,反映城市历史风貌和地方特色的建(构)筑物<sup>[2]</sup>。以此为依据建立图 1 所示风雨桥建筑价值评价指标体系。

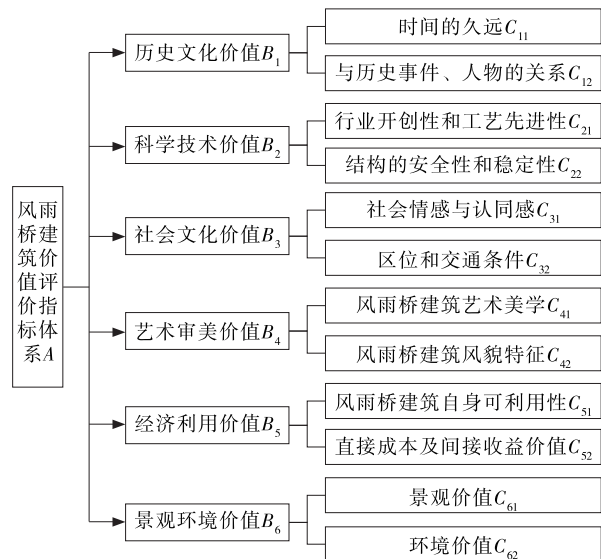


图 1 风雨桥建筑价值评价指标体系

### 1.2 评价过程

采用层次分析法对风雨桥建筑价值进行评价。层次分析法按照目标的需求,把问题拆解为不同的层次指标,并将指标按隶属关系及彼此的影响程度搭建层次集合,形成评价体系,最终把问题转化为指

<sup>\*</sup> 基金项目:湖南省教育厅资助科研项目(22A0214);长沙理工大学桥梁工程安全控制技术与装备湖南省工程技术研究中心开放基金项目(13KC01;14KC05)

标相对于目标的权重次序排列<sup>[3]</sup>。

### 1.2.1 构建判断矩阵

采用 1~9 标度法构建判断矩阵。为避免个人主观因素对评价结果的影响,采用 12 位专家打分结果的平均值构建判断矩阵(见表 1~7)。

表 1 A—B 层评价指标判断矩阵

A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>
B <sub>1</sub>	1.000 0	3.194 4	3.604 2	3.833 3	5.250 0	5.041 7
B <sub>2</sub>	0.313 0	1.000 0	1.595 2	2.867 3	3.527 8	3.416 7
B <sub>3</sub>	0.277 5	0.626 9	1.000 0	2.162 4	2.826 3	2.316 0
B <sub>4</sub>	0.260 9	0.348 8	0.462 4	1.000 0	2.847 2	1.722 3
B <sub>5</sub>	0.190 5	0.283 5	0.353 8	0.351 2	1.000 0	0.256 8
B <sub>6</sub>	0.198 3	0.292 7	0.431 8	0.580 6	3.894 8	1.000 0

表 2 B<sub>1</sub>—C<sub>1</sub>层评价指标判断矩阵

B <sub>1</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>
C <sub>11</sub>	1.000 0	0.252 6
C <sub>12</sub>	3.958 3	1.000 0

表 3 B<sub>2</sub>—C<sub>2</sub>层评价指标判断矩阵

B <sub>2</sub>	C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>
C <sub>21</sub>	1.000 0	1.817 5
C <sub>22</sub>	0.550 2	1.000 0

表 4 B<sub>3</sub>—C<sub>3</sub>层评价指标判断矩阵

B <sub>3</sub>	C <sub>31</sub>	C <sub>32</sub>
C <sub>31</sub>	1.000 0	3.294 4
C <sub>32</sub>	0.303 5	1.000 0

表 5 B<sub>4</sub>—C<sub>4</sub>层评价指标判断矩阵

B <sub>4</sub>	C <sub>41</sub>	C <sub>42</sub>
C <sub>41</sub>	1.000 0	2.611 1
C <sub>42</sub>	0.383 0	1.000 0

表 6 B<sub>5</sub>—C<sub>5</sub>层评价指标判断矩阵

B <sub>5</sub>	C <sub>51</sub>	C <sub>52</sub>
C <sub>51</sub>	1.000 0	2.546 6
C <sub>52</sub>	0.392 7	1.000 0

表 7 B<sub>6</sub>—C<sub>6</sub>层评价指标判断矩阵

B <sub>6</sub>	C <sub>61</sub>	C <sub>62</sub>
C <sub>61</sub>	1.000 0	0.463 9
C <sub>62</sub>	2.155 6	1.000 0

### 1.2.2 层次单排序及一致性检验

计算某层指标对上一层指标的影响程度,对判断矩阵 A 对应最大特征值  $\lambda_{\max}$  的特征向量 W 经归一化处理后的权重比值进行排序。 $\lambda_{\max}$  的计算公式如下:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i} \quad (1)$$

式中:  $n$  为矩阵的阶次;  $(AW)_i$  为 AW 的第  $i$  个分量。

按式(2)计算一致性指标  $I_{CI}$ , 查询随机一致性指标  $I_{RI}$ , 按式(3)计算一致性比率  $R_{CR}$ , 若  $R_{CR} < 0.1$ , 则矩阵通过一致性检验。

$$I_{CI} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

$$R_{CR} = \frac{I_{CI}}{I_{RI}} \quad (3)$$

### 1.2.3 层次总排序及一致性检验

在层次单排序的基础上,自上而下逐层开展各层指标对目标的权重计算,求得底层指标对顶层指标的权重排序。为确保评价的有效性,对层次总排序也采用上述方法进行一致性检验<sup>[4]</sup>。经计算,  $I_{CI} = 0.065$ ,  $R_{CR} = 0.052$ , 均小于 0.1, 通过一致性检验。

### 1.2.4 计算结果及分析

各层指标的权重见表 8。

表 8 风雨桥价值评价指标的权重

因素层 B	B 对 A 的权重	因素层 C	C 对 A 的权重
历史文化价值 B <sub>1</sub>	0.475 1	时间的久远 C <sub>11</sub>	0.095 8
		与历史事件、人物的关系 C <sub>12</sub>	0.379 3
科学技术价值 B <sub>2</sub>	0.204 5	行业开创性和工艺先进性 C <sub>21</sub>	0.131 9
		结构的安全性和稳定性 C <sub>22</sub>	0.072 6
社会文化价值 B <sub>3</sub>	0.138 5	社会情感与认同感 C <sub>31</sub>	0.106 3
		区位和交通条件 C <sub>32</sub>	0.032 2
艺术审美价值 B <sub>4</sub>	0.084 4	风雨桥建筑艺术美学 C <sub>41</sub>	0.061 0
		风雨桥建筑风貌特征 C <sub>42</sub>	0.023 4
经济利用价值 B <sub>5</sub>	0.032 4	风雨桥建筑自身可利用性 C <sub>51</sub>	0.023 3
		直接成本及间接收益价值 C <sub>52</sub>	0.009 1
景观环境价值 B <sub>6</sub>	0.065 1	景观价值 C <sub>61</sub>	0.020 7
		环境价值 C <sub>62</sub>	0.044 4

由表 8 可知:因素层 B 的指标权重排序为历史文化价值>科学技术价值>社会文化价值>艺术审

美价值>景观环境价值>经济利用价值,历史文化价值的权重最大(达 0.475 1),经济利用价值的权重最小(仅 0.032 4)。因素层 C 的指标权重排序为与历史事件、人物的关系>行业开创性和工艺先进性>社会情感与认同感>时间的久远>结构的安全性和稳定性>风雨桥建筑艺术美学>环境价值>区位和交通条件>风雨桥建筑风貌特征>风雨桥建筑自身可利用性>景观价值>直接成本及间接收益价值,与历史事件、人物的关系对风雨桥价值的影响最大(权重达 0.379 3),直接成本及间接收益价值的影响最小(权重仅 0.009 1)。风雨桥建筑的历史及所

蕴含的地域文化、相关事件和历史人物对其具有重要意义。

## 2 溆浦县风雨桥价值评价

### 2.1 溆浦县风雨桥的现状

在溆浦县开展实地调研、考察、走访,获得风雨桥的图纸及测绘数据,基于 Google Earth(GE)确定风雨桥的坐标,建立溆浦县风雨桥数据库<sup>[6]</sup>。再通过田野调查进行现场验证,历时一周深入探寻 11 个村落的风雨桥建筑,最终确认保存良好的风雨桥有 7 座(见图 2)。



图 2 溆浦县保存良好的风雨桥

### 2.2 评价结果与分析

向相关领域的专家及高校师生发放调查问卷,共发放问卷 40 份,回收 40 份。评价范围为 0~1,衡量尺度划分为绝对重要、非常重要、比较重要、略

微重要、一般重要 5 个等级,分别对应 1.0、0.8、0.6、0.4、0.2<sup>[6]</sup>。将问卷调查数据导入 Excel 进行整合处理,得出各评价指标的平均值,再与对应指标权重相乘并进行累加,得到风雨桥的价值评分(见表 9)。

表 9 溆浦县风雨桥的价值评价

评价指标	下列风雨桥的价值评分						
	锡泥桥	马头亭	河底江桥	万寿桥	小黄村桥	回龙桥	芙蓉亭
时间的久远	0.742 5	0.712 5	0.720 0	0.877 5	0.647 5	0.827 5	0.690 0
与历史事件、人物的关系	0.782 5	0.690 0	0.712 5	0.870 0	0.585 0	0.785 0	0.680 0
行业开创性和工艺先进性	0.732 5	0.685 0	0.700 0	0.835 0	0.602 5	0.762 5	0.670 0
结构的安全性和稳定性	0.737 5	0.710 0	0.705 0	0.812 5	0.607 5	0.795 0	0.687 5
社会情感与认同感	0.725 0	0.667 5	0.690 0	0.820 0	0.630 0	0.760 0	0.690 0
区位和交通条件	0.655 0	0.635 0	0.660 0	0.815 0	0.615 0	0.735 0	0.625 0
风雨桥建筑艺术美学	0.692 5	0.690 0	0.672 5	0.817 5	0.582 5	0.805 0	0.677 5
风雨桥建筑风貌特征	0.742 5	0.720 0	0.712 5	0.805 0	0.675 0	0.797 5	0.685 0
风雨桥建筑自身可利用性	0.735 0	0.697 5	0.685 0	0.812 5	0.620 0	0.720 0	0.695 0
直接成本及间接收益价值	0.705 0	0.702 5	0.710 0	0.787 5	0.617 5	0.752 5	0.687 5
景观价值	0.755 0	0.697 5	0.707 5	0.805 0	0.587 5	0.780 0	0.702 5
环境价值	0.710 0	0.690 0	0.685 0	0.817 5	0.580 0	0.745 0	0.677 5
总得分	0.746 6	0.690 0	0.702 6	0.844 4	0.603 6	0.780 5	0.680 3

### 2.3 价值阶梯及保护措施

设置表10所示风雨桥价值阶梯,根据风雨桥价值评分对其进行分级,以便针对不同阶梯的风雨桥采取相应措施进行维修、保护。

表10 风雨桥价值阶梯设置

阶梯等级	价值评分	保护方案	保护措施
1	[0.85,0.80)	间接保护	日常保养
2	[0.80,0.75)	间接保护	定期维护
3	[0.75,0.70)	直接保护	防护加固
4	[0.70,0.65)	直接保护	现状整修
5	[0.65,0.60)	直接保护	重点修复

万寿桥作为红军长征、抗日战争及解放战争行经地,其价值评分为0.844 4,位于第一阶梯。该桥是怀化市文物保护单位,日常保养由文物保护单位负责,主要是对可能存在问题的地方进行检查、记录并整理成册,采取防范、化解外力破坏的有效措施,着重对损害多发、易发部位进行保养。日常保养不采取任何干预建筑本体的手段,以最大程度维持其现状。

回龙桥也是红军长征行经地,其价值评分为0.780 5,位于第二阶梯。该桥为溆浦县文物保护单位,文物保护单位最首要的任务是做好风雨桥的定期维护。定期维护除监测桥体健康并采取预防手段外,还要对实施现代工艺后的风雨桥的保存状态进行跟踪反馈。定期维护不额外添加新材料和新部件,一切按照技术规范的要求有计划进行。

锡泥桥和河底江桥以其下部独特的木桁架结构和石拱桥结构共处第三阶梯,两桥在积年累月的使用中出现建筑风化破损或构件存在安全隐患等问题,可以利用现代工艺对风雨桥进行加固或支撑。防护加固过程中尽量坚持保存现状和恢复原状的基本原则,尽可能避免对风雨桥造成破坏。

马头亭和芙蓉亭近年曾被翻修,桥体虽然焕然一新,但改变了其原始风貌,桥身部分研究价值也被抹去,两桥位于第四阶梯。两桥的经验教训是采取不当的措施进行修缮,会对传统建筑造成无法挽回的破坏。在进行整修前必须经过缜密的分析和严谨的论证,确定合理方案。

小黄村桥年久失修,存在桥身上部倾斜、瓦片破损、木柱开裂、封檐板糟朽、格栅缺失等问题,其价值评分为0.603 6,位于第五阶梯。可采取重点修复措施,修复过程中尽可能保留建筑原有痕迹,对遭受损伤的部位不轻易拆卸,无法避免拆卸时做好充分的保护措施,其余良好部位在修复后按原状归安<sup>[7]</sup>。

### 3 结语

本文采用层次分析法对风雨桥的价值进行科学评估。对风雨桥的保护与更新提出如下建议:深入挖掘风雨桥的历史文化,了解它背后优秀的历史人物和故事;加强对其科学技术的探究,探索其建造逻辑,传承建造技艺;尊重风雨桥的社会文化,了解当地的风土人情,感悟它被寄托的精神世界;培养人们对风雨桥的艺术审美,强化其观赏价值;重视风雨桥的景观环境,做到建筑与周边环境相融合;适当提高其经济利用性,完善建筑周边基础设施,并进行合理的旅游开发。

#### 参考文献:

- [1] 溆浦县人民政府网.溆浦[EB/OL]. [2021-11-25]. [http://www.xp.gov.cn/xp/c110076/index\\_xupu.shtm](http://www.xp.gov.cn/xp/c110076/index_xupu.shtm).
- [2] 中国城市规划设计研究院,上海同济城市规划设计研究院,成都市城市规划设计研究院,等.历史文化名城保护规划标准:GB 50357—2018[S].北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [3] 赵焕臣.层次分析法:一种简易的新决策方法[M].北京:科学出版社,1986.
- [4] 许树柏.实用决策方法:层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1988.
- [5] 严钧.湖南风雨桥建筑:研究与展望[A]//何旭辉,蒋响元.2019年古桥研究与保护学术研讨会论文集[C].长沙:中南大学出版社,2019:48—54.
- [6] 邵惠鑫,杨玉兰,沈黎,等.历史建筑价值评估中的指标权重研究[J].浙江工业大学学报,2021,49(3):300—307.
- [7] 贺欢.我国文物建筑保护修复方法与技术研究[D].重庆:重庆大学,2013.

收稿日期:2022-04-15