

现行公路桥梁技术状况评定标准优化研究

彭松

(中南安全环境技术研究院股份有限公司, 湖北 武汉 430000)

**摘要:** 根据桥梁检测评定实践,指出实际运用中 JTG/T H21—2011《公路桥梁技术状况评定标准》存在桥梁部位权重分配、桥梁适应性、刚度退化及病害发展趋势无法合理考虑等问题;从这几方面着手提出建议,同时提出一种新的构件评定方法,并对该方法进行验证。结果表明,文中方法比 JTG/T H21—2011 中的计算方法更合理,可为该规范的修订提供借鉴。

**关键词:** 桥梁;技术状况;评定标准;部位权重;适应性;刚度

中图分类号:U445.7

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2020)05-0117-03

自“十二五”以来,全国各等级公路建设里程呈现翻番增长,伴随着的是桥梁建设飞速发展。随着桥梁投入运营,其技术状况如何准确、科学判定,成为桥梁后期养护管理中的首要任务。按现行规范要求,常用方法有定期检查、特殊检查、承载能力评定及健康监测系统。JTG/T H21—2011《公路桥梁技术状况评定标准》的实施,为桥梁工程建设提供了重要支撑,但在实际运用过程中也存在很多不足。该文主要针对桥梁评定过程中病害评价指标及计算方法的优化两方面展开研究。

1 现行规范评定中的不足

JTG/T H21—2011 以桥梁现有病害为基础,按分层综合评定的原则得到桥梁最终得分,根据得分所处界限判定桥梁等级类别,然后按照规范要求制定相应养护处治措施。但规范要求检测的病害之外的信息无法在评定报告中体现,且把桥梁技术状况等级作为后期养护的唯一依据,不合理。

按照 JTG/T H21—2011,当桥梁某个部件不存在时需对桥梁相应部位的权重重新分配,但分配仅局限于上部结构、下部结构及桥面系三者内部,缺失部件的影响不能体现到整个桥梁部件中。

桥梁刚度由于材料劣化、裂缝等病害的出现而发生变化,桥梁刚度减小直接导致其固有频率降低。

因此,在进行桥梁技术状况评定时,可考虑通过脉动试验得到桥梁基频,分析历次测得的固有基频找出桥梁整体刚度的变化规律,进而对最终评定结果进行修正。

JTG H10—2009《公路养护技术规范》中考虑了病害发展趋势的影响,但 JTG/T H21—2011 中未能体现。当病害发展较快时,按照该标准的扣分值进行评定不能反映桥梁的真实情况;反之,病害发展趋于稳定后,按该标准的扣分值进行扣分,评定结果偏大。因此,为使病害评定结果更能贴近桥梁实际情况,建议在该标准基础扣分值的基础上引入恶化系数进行修正。

2 桥梁评定中有待改善的问题

2.1 病害发展趋势修正

桥梁病害各检测指标扣分值  $DP_{ij}$  可采用基础扣分值 $\times$ 恶化系数  $\alpha$  的方式, $\alpha$  表示某病害发展对结构使用功能的影响程度,其建立在 2 次或 2 次以上检测数据的基础上(见表 1)。

实际工程应用中需建立长期的检测数据,掌握各类病害的发展情况,以便恰当运用恶化系数,使各类病害扣分值贴近实际。这部分工作的难点在于同一座桥梁同一种病害历次检测精度的保证及检测结果的归档。

表 1 构件各检测指标的扣分值

各病害所能达到的 最高标度类别	基础扣分值					恶化系数 $\alpha$		
	1 类	2 类	3 类	4 类	5 类	2 类	3 类	4 类
3 类	0	20	35	—	—	趋于稳定:0.9		
4 类	0	25	40	50	—	发展缓慢:1.1		
5 类	0	35	45	60	100	发展较快:1.2		



## 2.2 桥梁基频指标的确立

对于同一桥梁,理论基频相同,但桥梁运营过程中会出现不同类型病害,导致桥梁刚度有所降低,进而使桥梁基频有所损失。在桥梁检测评定中,有必要考虑桥梁基频损耗进行修正。公式如下:

$$PCCI_i = PMCI - u(100 - PMCI_{\min})/t \quad (1)$$

式(1)中系数  $u$  应满足下式:

$$u = 1 - \frac{f_n - f_0}{nf_0} \quad (n > 1) \quad (2)$$

式中:  $f_n$  为同一桥梁第  $n$  次所测基频;  $f_0$  为该桥理论计算基频。

## 2.3 桥梁评定中引入适应性结论

某桥等级评定为 3 类,规范中要求的养护措施是中修,但结合现场实际调查情况,该桥桥面宽度和通行荷载满足不了当地日益增长的交通量的需求,而且该桥之前进行过维修加固处治,目前还是达不到适应性的要求,同时检测发现主梁新增了部分结构性病害,桥梁安全风险依然存在。对于这种现象,建议在桥梁等级评定结果中增加广义的评定,引入有关桥梁适应性的结论。从养护条件、桥面宽度、通行荷载状况及桥头道路状况 4 个方面,通过养护病害的等级关系及多年的桥梁检测经验制定表 2 所示适应性评定标度。

表 2 桥梁适应性评定标度

标度	评定标准描述	得分
1	养护条件满足养护需求;桥面宽度及通行荷载满足当前或长时间通行需求;桥头道路状况完好,车辆上下桥不受任何影响	25
2	养护条件对桥梁运营有影响;桥面宽度及通行荷载满足当前或短时间通行需求;桥头道路状况存在局部问题,但车辆上下桥不受影响	20
3	养护条件对桥梁运营产生较大影响;桥面宽度及通行荷载只满足当前通行需求;桥头道路状况存在问题,车辆上下桥受到影响	15
4	养护条件对桥梁运营产生较严重影响;桥面宽度及通行荷载不满足当前通行需求;桥头道路状况存在较的严重问题,对车辆上下桥产生较大影响	10
5	养护条件完全不满足要求,有安全隐患;桥面宽度及通行荷载严重不满足当前通行要求;桥头道路状况存在很严重的问题,影响车辆及桥梁结构安全	0

桥梁最终适应性水平通过上述 4 项指标反映,计算方法为直接累加评定标度对应的得分,桥梁最

终的适应性等级可为该桥以后的养护维修提供重要依据。参照 JTG/T H21—2011,桥梁适应性等级评定类别界限值见表 3。

表 3 桥梁适应性等级评定界限

等级	适应性描述	评分值
1	完全适应	[95,100)
2	较好适应	[80,95)
3	基本适应	[60,80)
4	较难适应	[40,60)
5	完全不适应	[0,40)

## 2.4 桥梁部件权重调整

在实际桥梁检测评定中,会碰到无桥墩、无水下基础等情况,如果上部结构、下部结构及桥面系仍按 0.4、0.4、0.2 的权重来计算,结果可能会失真。桥梁部件权重调整计算方法采用层次分析法,该方法不仅考虑了桥墩缺失对部件的影响,也考虑了桥梁本身的安全及整体通行能力。以湖北省国省干线公路上一座梁桥为例,该桥上部结构包括上部承重构件、上部一般构件、支座,下部结构包括桥台、基础、锥坡,桥面系包括桥面铺装、栏杆、排水系统、标志。选取 3 位具有一定权威的专家按层次分析法原理计算部件间两两判断矩阵,经过检验,3 个矩阵的一致性指标均满足要求,进而得到 3 个对结果可靠程度评价的可信度,然后采用加权平均的方法得到桥梁最终评分。该桥各部件的权重见表 4。

表 4 某桥梁各部件的权重

部件	权重	部件	权重
上部承重构件	0.35	锥坡	0.02
上部一般构件	0.07	桥面铺装	0.09
支座	0.05	栏杆	0.04
桥台	0.16	排水系统	0.03
基础	0.16	标志	0.03

由表 4 可知:该桥上部结构权重为 0.47,下部结构为 0.34,桥面系为 0.19,与 JTG/T H21—2011 中的权重有所差别。因此,实际桥梁评定过程中,建议收集权威专家对某桥的意见,使用层次分析法计算缺失桥墩或水下基础桥梁权重的重分配,对于其他缺失部件权重分配问题还是按规范要求考虑。

## 3 桥梁构件评定新方法

JTG/T H21—2011 中各病害之间不存在影响,计算公式中对两种病害对同一构件的叠加考虑存在不确定和结果偏大的问题。下面通过研究病害与病



害之间的影响程度,得到相应的权重,提出一种新的构件扣分计算方法,并在评分中引入恶化系数。

采用以下方法进行叠加:选取桥梁构件中已经存在的扣分最大的病害作为基础扣分,构件存在的其他病害按对剩余分数的占比来计算,占比按相对权重来考虑。如某片梁存在 a、b、c、d、e 5 种病害,计算得到的该梁各病害权重和扣分见表 5。

表 5 桥梁部件权重结果

病害	权重	单项扣分 $DP_x$
a	$W_a$	$U_a$
b	$W_b$	$U_b$
c	$W_c$	$U_c$
d	$W_d$	$U_d$
e	$W_e$	0

注:权重指标满足  $W_a + W_b + W_c + W_d + W_e = 1$ ,且  $U_i$  参照 JTG/T H21-2011 中的病害定性、定量描述进行确定。

如果根据规范病害 a 最严重,则以病害 a 为基础扣分,该梁最后评分为:

$$PMCI_l (BMCI_l \text{ 或 } DMCI_l) = 100 - \alpha \sum_{x=1}^4 U_x \quad (3)$$

式中:  $U_1 = U_a$ ;  $U_x = DP_x / 100 \times W_x / (1 - W_e) \times$

$(100 - U_a)$ ;  $\alpha$  按表 1 取值。

运用该评定方法计算时,需注意以下几点:1) 两两病害判断矩阵的合理性;2) 某些病害常规检测很难发现,只有其他一些衍生病害出现后,在定期检查中才能被发现。

#### 4 实例验证

采用该评定方法计算圬工拱桥主拱圈得分,其他类型桥梁评分可以参考。由 JTG/T H21-2011 可知,主拱圈病害主要包括变形、裂缝、勾缝松散脱落、渗水、砌石断裂、风化、拱脚位移 7 种。根据 3 位权威专家的意见,合理准确地得到 3 个两两相关的判断矩阵,且其一致性指标均满足要求,进而可得到 3 个专家的可信度。各病害扣分值根据 JTG/T H21-2011 来确定,并综合考虑各病害的发展趋势(见表 6)。

由于该主拱圈存在裂缝类病害,选取裂缝病害作为基础扣分,按照式(3),得专家一关于主拱圈各病害叠加最终扣分为:

$$U_1 = 35$$

$$U_2 = 20/100 \times 0.072 \times 65 = 0.94$$

表 6 各病害指标的扣分

专家		变形	裂缝	勾缝松散脱落	渗水	砌石断裂	风化	拱脚位移	恶化系数 $\alpha$
专家一	扣分	0	35	20	20	35	20	0	1.10
	权重	0.235	0.347	0.038	0.027	0.084	0.031	0.238	
专家二	扣分	0	35	20	35	35	20	0	0.95
	权重	0.208	0.360	0.029	0.048	0.145	0.041	0.169	
专家三	扣分	0	35	20	20	35	20	0	1.20
	权重	0.266	0.322	0.029	0.028	0.151	0.046	0.158	

$$U_3 = 20/100 \times 0.051 \times 65 = 0.66$$

$$U_4 = 20/100 \times 0.159 \times 65 = 3.62$$

$$U_5 = 20/100 \times 0.059 \times 65 = 0.77$$

主拱圈得分为:

$$PMCI_1 = 100 - \alpha_1 \sum_{x=1}^5 U_x = 58.93$$

同理,另外两专家计算得到的相应得分为:

$$PMCI_2 = 100 - \alpha_2 \sum_{x=1}^5 U_x = 58.66$$

$$PMCI_3 = 100 - \alpha_3 \sum_{x=1}^5 U_x = 48.05$$

由于构件病害叠加扣分中存在不确定性,实际桥梁评定过程中,可采用按该构件评定方法计算得

到的专家可信度  $\omega = \{0.265, 0.378, 0.357\}$ ,通过加权计算消除这种不确定性。该桥主拱圈计算结果为:  $PMCI_{\pm} = 58.93 \times 0.265 + 58.66 \times 0.378 + 48.05 \times 0.357 = 54.94$ ,评定为 4 类构件。

#### 5 结语

实践证明 JTG/T H21-2011 中对构件评分、部位权重分配存在局限,对于后续桥梁养护管理措施制定不能提供更全面的保障。该文讨论了几种评定指标的修正,同时针对无桥墩类型桥梁提出调整桥梁 3 个部位权重分配的方法。结合检测工程师多

(下转第 128 页)



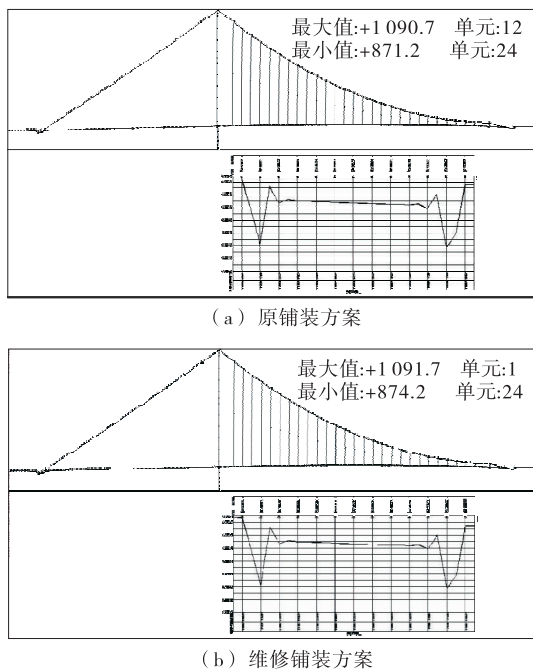


图8 桥面铺装维修前后吊杆内力包络图(单位:kN)

### 3.2.5 主梁位移计算结果与分析

图9为维修前后主梁位移计算包络图。由图9可知:原铺装方案主梁位移最大为16.5 cm,维修铺装方案主梁位移最大为16.5 cm,主梁挠度几乎不变,满足规范要求。

## 4 结语

正交异性钢桥面板的桥面铺装容易发生损坏,及时对桥面铺装进行维修加固,有利于桥梁结构的安全和运营。基于广东佛山平胜大桥桥面铺装病害检查结果,提出采用双层环氧沥青混合料铺装整体重铺的维修方案。通过有限元模拟,维修前后结构各内力和挠度数值相差不大,对桥梁安全性的影响很小。经过长时间运营,维修后正交异性钢桥面板

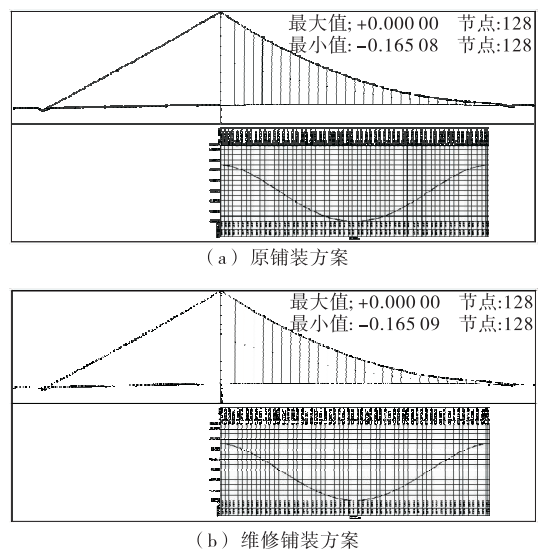


图9 桥面铺装维修前后主梁位移包络图(单位:m)

桥面铺装未发现明显病害,维修效果较好。

### 参考文献:

- [1] 黄卫.大跨径桥梁钢桥面铺装设计[J].土木工程学报, 2007,40(9):65-77.
- [2] 黄卫,钱振东,张磊.钢桥面铺装局部修复方案试验研究[J].土木工程学报, 2006,39(8):87-90.
- [3] 王迎军,朱桂新,陈旭东.虎门大桥钢桥面铺装的使用和维护[J].公路交通科技, 2004,21(8):64-67.
- [4] 程珊珊.高速公路沥青路面养护与维修方案的选择与设计[J].公路交通科技, 2005,22(5):24-28.
- [5] 林任生.高速公路桥梁病害分析及防治[J].公路与汽车, 2008(5):131-133.
- [6] 黄晓明.水泥混凝土桥面沥青铺装层技术研究现状综述[J].交通运输工程学报, 2014,14(1):1-10.
- [7] 周湘亮.桥面维修加铺沥青层结构的安全性分析[J].公路与汽车, 2017(4):157-160.

收稿日期:2020-05-18

(上接第119页)

年经验,文中所提出的观点在桥梁技术状况评定中更贴合实际。实例证明,文中所提出的构件评定方法比JTG/T H21-2011中的计算方法更合理,在该规范以后的修订中可予以借鉴。

### 参考文献:

- [1] 陕西省公路局.公路桥涵养护规范:JTG H11-2004[S].北京:中华人民共和国交通部,2004.
- [2] 交通运输部公路科学研究院.公路桥梁技术状况评定标

准:JTG/T H21-2011[S].北京:人民交通出版社,2011.

- [3] 高志波.《公路桥梁技术状况评定标准》中构件评分方法探讨[J].四川理工学院学报(自然科学版), 2013,26(1):64-66.
- [4] 王宗林,高庆飞,李钧,等.关于现行规范桥梁构件技术状况评定的合理性讨论[J].公路, 2015(9):135-139.
- [5] 李滢浩.现行规范和标准关于公路拱桥技术状况评定方法的对比研究[D].重庆:重庆交通大学,2014.

收稿日期:2019-12-25