

桥梁技术状况检测及评定方法浅析

赵 懿

温州信达交通工程试验检测有限公司 浙江 温州 325102

摘 要：随着我国经济发展、物质生活及科技水平的不断提高，交通运输行业也获得了突飞猛进的发展。桥梁工程的规模和数量逐渐扩大，对桥梁施工技术的要求也精益求精。但“重建设、轻养护”的传统理念还未及时转变，近年来桥梁坍塌、梁板断裂、墩柱倾斜等质量安全事故频频发生，严重威胁人民的生命财产安全。为了加强对运营桥梁的技术状况进行评定，本文综述了几种常用的桥梁技术状况评估标准与检测方法，以供参考和借鉴。

关键词：技术状况；检测技术；评定方法

桥梁工程竣工服役后，随着时间的推移以及交通荷载的增加、气候与环境变化的影响，桥梁结构易出现耐久性、安全性退化等问题^[1]，继而埋下安全隐患。部分桥梁的结构设计存在缺陷，长期受到外部荷载的影响而产生疲劳，服役时间越长，梁体的刚度与强度就越差。为了保证桥梁结构的稳定性、安全性、适用性，定期检测桥梁的技术状况、承载力、病害情况是必要的。

1 桥梁技术状况评估规范

1.1 《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99-2017

此规范检测桥梁技术状况主要采用层次分析法，理清控制指标后，并对其进行层次划分，然后构建层次分析模型。各指标总分100分，发现技术问题后则扣分。底层部件的扣分值以桥梁外观的检测结果为依据，中层部件的评定，需要充分考虑全构件的技术状况，以此获得桥梁技术状况的最终评价结果。采用此规范评价桥梁技术状况，桥梁状况指数 (m_{bci}) 的作用至关重要， m_{bci} 值可以充分体现桥梁各部件的技术状况，并对部件进行分

层次逐渐加权，以此得到技术状况的最终值。规范中已经给出各个构件的权重，构件评分时，应结合桥梁外观的检查结果扣分，再利用层次分析模型计算出细部构件的评定值，最后通过加权计算获得桥梁结构的 m_{bci} 值，并划分桥梁技术状况等级。此规范把桥梁技术状况值分为5个等级：A级Dr为90~100；B级80~90；C级66~80；D级50~66；E级0~50。

1.2 《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011)

此标准由我国交通运输部制定，正式实施时间是2011年9月1日。JTG/T H21-2011根据不同的桥梁类型对桥梁技术的评定进行分类与细化，并提出了具体的评定细则，细化了评定指标，提出了量化标准。

此标准采用单项指标控制与层次分析法相结合的方法，实现了对桥梁技术状况从单项到整体的综合评价，适用范围较广。评价流程如图1所示：

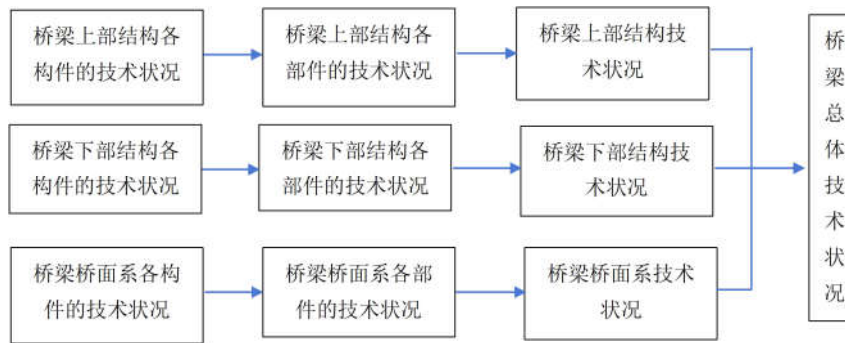


图1 桥梁技术状况评定流程图

此标准充分考虑了桥梁各结构的主要部件和次要部件，并根据不同的权重值与评定标度对构件→部件→上部结构→下部结构→桥面系→全桥的技术状况进行评分。标准把桥梁技术状况等级同样分为5类：1类Dr为

95~100；2类80~95；3类60~80；4类40~60；5类0~40。

2 桥梁技术状况评价方法

2.1 承载能力的评定

2.1.1 承载能力不足的后果

当桥梁的承载能力不满足当前的交通车辆荷载时,最直接的影响是桥梁结构可能出现裂缝、变形甚至坍塌。这些结构问题不仅影响桥梁的正常使用,还可能导致交通中断,进一步引发严重的交通事故,对人们的生命和财产安全构成威胁。

2.1.2 承载能力评定方法

(1) 荷载试验法:

静载试验:在桥梁上施加静态的模拟荷载,通过测量桥梁的变形、裂缝等响应来评估其承载能力。这种方法可以直观地了解桥梁在特定荷载下的性能。

动载试验:通过施加动态的模拟荷载(如行驶的车辆),观测桥梁的振动、位移等动态响应来评估其动态性能和承载能力。这种方法更接近实际交通情况。

(2) 结构缺损分析法:

使用无损检测技术(如超声波、雷达等)对桥梁结构进行扫描,识别出裂缝、锈蚀等缺损,并根据缺损的程度和位置来间接评估桥梁的承载能力。

(3) 结构分析计算法:

利用有限元分析(FEA)或其他计算工具,建立桥梁的数值模型,并对其进行力学分析。通过比较理论计算结果和实际测量数据,评估桥梁的承载能力。

2.1.3 综合评判法的应用

模糊综合评判法是一种基于模糊数学理论的评估方法,它考虑了影响桥梁承载能力的多种不确定性因素。以下是该方法具体阐述:

(1) 因素识别与分析:首先,需要识别和分析影响桥梁承载能力的各种因素,如桥梁结构类型、材料性能、使用年限、交通荷载等。这些因素可能对桥梁的承载能力产生正面或负面的影响。

(2) 模糊集合建立:将每个因素根据其影响程度划分为不同的等级或类别,并建立相应的模糊集合。例如,材料性能可以分为“好”、“一般”、“差”等模糊集合。

(3) 权重确定:根据每个因素对桥梁承载能力的影响程度,确定其在模糊综合评判中的权重。这通常需要根据专家经验或统计分析来确定。

(4) 隶属度函数构建:对于每个因素的不同等级或类别,构建相应的隶属度函数。隶属度函数描述了某个因素属于某个等级或类别的程度。

(5) 模糊综合评判:根据模糊集合、权重和隶属度函数,进行模糊综合评判计算。通过计算得出桥梁承载能力的模糊综合评判结果,通常为一个模糊集合或模糊数。

(6) 结果解读:将模糊综合评判结果转换为具体的

承载能力等级或数值。这需要根据实际情况和评定要求来确定转换规则或标准。

在实际应用中,综合评判法可以结合其他评定方法(如荷载试验法、结构缺损分析法等)进行综合评估,以提高评定结果的准确性和可靠性。此外,技术人员还需要根据桥梁的实际情况选择合适的评定方法和参数设置,并遵循相关的评定标准和规范进行操作。

2.2 缺损状况的评定

2.2.1 缺损状况的定义

桥梁缺损主要指的是桥梁结构的某部分或各个构件出现变形、裂缝、位移等缺陷的严重程度。这些缺损状况不仅影响桥梁的外观和正常使用,还可能对桥梁的结构安全和使用寿命构成威胁。

2.2.2 缺损状况的检测方法

在评定桥梁缺损状况时,常用的检测方法是层次分析法(AHP)。这种方法通过构建一个递阶层次结构,将复杂的桥梁缺损问题分解为若干个相对简单的子问题,然后利用专家的经验 and 判断来确定各因素对桥梁缺损情况评价的权重。具体来说,层次分析法的应用过程如下:

(1) 建立递阶层次结构:将桥梁缺损状况评价作为一个总目标,然后将影响总目标的各种因素按照不同的层次进行划分,形成一个递阶层次结构。例如,可以将桥梁缺损状况评价划分为桥梁结构、桥梁材料、桥梁施工等多个方面,每个方面下再细分出更具体的因素。

(2) 建立判断矩阵:在递阶层次结构的基础上,根据专家经验或统计分析等方法,建立各层次因素之间的判断矩阵。判断矩阵反映了各因素之间的相对重要性或优先级关系。

(3) 计算权重:利用数学方法(如特征值法、几何平均法等)计算各因素在递阶层次结构中的权重。这些权重反映了各因素对桥梁缺损状况评价的影响程度。

(4) 合成权重:将各层次因素的权重进行合成,得到各因素在总目标下的合成权重。合成权重综合考虑了各因素对桥梁缺损状况评价的影响,为后续的技术打分提供了依据。

2.2.3 技术打分与指数计算

在获得各因素的合成权重后,需要由业内专家对桥梁缺损的各个因素进行技术打分。技术打分通常根据桥梁缺损的实际情况和评定标准来确定,可以采用百分制、五分制等不同的打分方式。获得每个因素的评分值(z_i)后,根据以下公式计算描述桥梁缺损状况的指数(BCI):

$$BCI = u_1z_1 + u_2z_2 + \dots + u_iz_i + \dots + u_nz_n \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

其中， u_i 表示第*i*个因素在总目标下的权重， z_i 表示对应桥梁的第*i*个因素的评分值。通过计算BCI指数，可以直观地了解桥梁的缺损状况，为后续的维护和管理提供科学依据。

2.2.4 评定结果的应用

桥梁缺损状况的评定结果可以应用于多个方面。首先，评定结果可以为桥梁的维修加固提供科学依据，指导维修加固工作的重点和方向。其次，评定结果还可以用于桥梁的安全评估和风险管理，帮助管理部门及时发现和解决桥梁安全隐患。此外，评定结果还可以为桥梁的养护管理提供指导，提高养护工作的针对性和有效性。

2.3 适应性的评定

2.3.1 桥梁适应性的定义

桥梁适应性主要评估的是桥梁结构在当前交通条件下，特别是在桥面宽度方面，是否能够满足车流量的通行需求。简而言之，它衡量的是桥面宽度与当前交通量之间的匹配程度或适应程度^[2]。

2.3.2 影响桥梁适应性的因素

影响桥梁适应性的因素主要包括以下几个方面：

(1) 桥面宽度：桥面宽度直接决定了桥梁能够容纳的车辆数量，是影响桥梁适应性的关键因素。(2) 交通量：特别是高峰小时的交通量，它反映了桥梁需要承受的交通压力。交通量越大，对桥梁适应性的要求就越高。(3) 桥梁设计荷载标准：这决定了桥梁在设计时考虑的车辆通行能力。不同的设计荷载标准对应着不同的车辆通行能力。

2.3.3 桥梁适应性的计算方法

桥梁适应性可以通过BFI-f (v/c) 这一模型进行计算。在这个模型中：

BFI (Bridge Fitness Index)：桥梁适应性指数，是一个量化指标，用于表示桥梁在当前交通条件下的适应程

度。BFI的值越高，表示桥梁的适应性越好。

v ：当前高峰小时的交通量，反映了桥梁实际承受的交通压力。

c ：桥梁设计荷载标准下的车辆通行能力，表示桥梁在设计时预期能够承受的最大交通量。

通过计算 v/c 的比值，可以得到一个无量纲的系数，这个系数反映了当前交通量与设计通行能力之间的相对关系。当 v/c 接近或超过1时，表示当前交通量已经接近或超过桥梁的设计通行能力，桥梁的适应性较差；反之，当 v/c 远小于1时，表示当前交通量远低于桥梁的设计通行能力，桥梁的适应性较好。

在实际应用中，可以根据具体情况对BFI-f (v/c) 模型进行调整和优化，以更准确地评估桥梁的适应性。例如，可以考虑加入其他影响因素（如桥面铺装质量、伸缩缝质量等）作为修正因子，以提高评估结果的准确性和可靠性。

2.4 桥梁技术状况的综合评定

桥梁承载能力、缺损状况、适应性三个指标对桥梁综合技术状况的评定价值有所不同，因此可以考虑将三者各自的评分分别与一个权值相乘，最终得出桥梁技术状况的综合评价结果。计算公式如下：

$$S_i = r_1Z_i + r_2C_i + r_3T_i$$

公式中， S_i 表示第*i*座桥梁的综合技术状况评分；

r_1 表示桥梁技术状况的权重；

r_2 表示桥梁承载能力的权重；

r_3 表示桥梁适应力的权重。

由此： $r_1 + r_2 + r_3 = 1$

Z_i 、 C_i 、 T_i 分别表示第*i*座桥梁承载能力、缺损状况、适应性的得分情况。

计算出桥梁技术状况的综合评分后，可采取相应的维修养护措施。具体评分等级所对应的分值范围与维修措施如表1所示：

表1 桥梁技术状况综合评分表

评分等级	很好	良好	一般	差	很差
分值范围	90~100	75~90	60~75	45~60	< 45
维修措施	日常维护	日常维护或小修	小修或中修	中修或大修	重建

结束语

综上所述，不同的桥梁技术状况评定规范、标准，均有各自的优势与不足。《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99-2017能够对桥梁结构技术状况进行定量评价，缺点是评分偏高；《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011)十分详细的论述了评定过程，但没有准确反映出病害的严重程度。具体选择哪种评定规范与方法，还需

依靠技术人员根据桥梁工程的特点、服役年限、施工技术而做出准确判断。

参考文献

[1]叶见署.公路旧桥病害与检查[M].北京：人民交通出版社2012.

[2]邢涛.浅谈桥梁技术状况检测评价系统的使用[J].科学之友,2011(32):42-43.