

连续钢结构桥梁结构控制方法

陈培芳, 张韬

(山东泰山路桥工程公司, 山东 泰安 271000)

摘要: 连续钢结构桥梁在实际生活中获得了广泛的应用, 如何通过测算连续钢结构桥梁施工结构预拱度误差以达到控制桥梁结构的目的, 是很有意义的研究课题。本文基于误差控制灰度系统理论, 用系统建模的方法对预拱度和标高误差进行了测算和分析, 进而对桥梁结构进行了优化设计。经工程项目实践证明, 这种方法具有一定的科学性和准确性, 具有很好的推广价值。

关键词: 连续钢结构桥梁; 结构控制; 误差控制灰度系统理论

中图分类号: U448.23

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2020) 07—0144—03

近年来, 随着我国综合国力的增强和经济形势的好转, 各类基础建设工程项目相继开始实施, 其中高速铁路、高速公路建设项目是其他各类工程项目的基础和纽带, 占据着优先和重点发展的地位。这“两路”的建设自然离不开桥梁, 只有通过桥梁才能跨越各种“障碍”, 我国的桥梁工程建设由此更加如火如荼地开展起来。有学者研究指出, 当前我国桥梁建设向着跨径不断增大、类型越来越丰富、结构越来越轻型化、更加注重美学和环保的方向持续发展, 并且结构形式涵盖梁式桥、拱式桥、斜拉桥和悬索桥等^[1]。

在当前桥梁建设中, 钢结构桥梁越来越受到重视, 开工建设的项目越来越多。相比于传统的混凝土桥梁, 钢结构桥梁具有很大的优势, 比如结构更加轻巧、建设周期更加短、结构越来越稳定、安全性能比较高等^[2]。在钢结构桥梁得到广泛应用的同时, 如何做好结构控制, 是一个很重要的课题。

本文结合具体工程项目背景, 研究了误差控制灰度系统理论在连续钢结构桥梁结构控制中的应用, 以期对相关工程提供理论借鉴。

1 连续钢结构桥梁简介

连续钢结构桥梁是大跨径桥梁建设中常用的一种结构体系, 主要应用在跨径在 100~300m 的设计需求中^[3]。这种结构桥梁综合了连续梁桥和 T 型钢结构桥的受力特点, 主梁为连续梁体, 并与桥墩固结, 形成墩梁固结的结构。连续钢结构桥既保持了连续梁无伸缩缝、行车平顺的特点, 又具有 T 型钢结构不设支座、无需体系转换的优点, 便于施工。典型的连续钢结构桥有广东虎门大桥辅航道桥、挪威 Stolma 桥等, 如图 1 所示。



图 1 典型连续钢结构桥梁

连续钢结构桥梁在设计和施工过程中, 随着跨径的增大, 要使结构的成桥线形满足受力要求, 就必须对桥梁结构进行有效的控制。

连续钢结构桥梁的结构控制涉及两方面问题: 一方面是正确计算结构的施工预拱度, 这在工程实践中多根据施工顺序对结构进行正装计算和倒装计算后得出; 另一方面是对施工结构的预拱度误差进行控制和调整, 这在工程实践中多采用对应的数学算法对施工误差进行测量、估计后进行相应计算。关于连续钢结构桥梁结构的施工预拱度计算, 目前有很多成熟的计算和测量方法; 而关于后者的研究, 目前成果不多。本文着眼于后者, 即测算连续钢结构桥梁施工结构预拱度误差, 并对其开展研究, 以期达到控制桥梁结构的目的。

2 误差控制灰度系统理论概述

误差控制灰度系统理论是现代控制工程中的一种反馈控制典型算法, 基于整体进程分阶段处理的思想, 通过对研究对象建立一阶、单变量的微分方程数学模型, 利用模型获得灰度预测值, 与实测值之间进行比较得出误差, 通过对误差进行分析来控制下一阶重要变量的调整。

有学者研究指出, 这种过程控制的算法适用于大跨径连续钢结构桥梁的结构控制^[4]。利用这种算法进行桥梁结构控制的流程如图 2 所示。

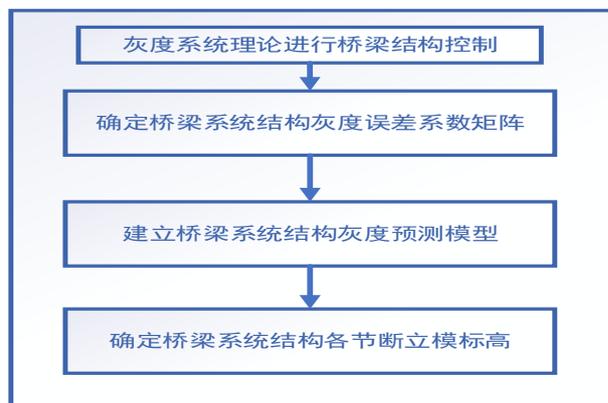


图 2 桥梁结构灰度系统理论控制流程

2.1 确定桥梁系统结构灰度误差系数矩阵

桥梁系统结构灰度误差系数矩阵可以表示为：

$$Y^0(k) = X(k) - X'(k) + C \quad (1)$$

其中， k 表示桥梁悬臂施工的中间节段，根据施工顺序和结构特点进行划分， $k=1,2,3,\dots,n$ ； $Y^0(k)$ 表示灰度误差系数， $Y^0(k)=[Y^0(1),Y^0(2),Y^0(3),\dots,Y^0(n)]$ ； $X(k)$ 表示桥梁悬臂施工中间阶段的预拱度理论计算值序列， $X(k)=[X(1),X(2),X(3),\dots,X(n)]$ ； $X'(k)$ 表示桥梁悬臂施工中间阶段的预拱度实测值序列， $X'(k)=[X'(1),X'(2),X'(3),\dots,X'(n)]$ ； C 是常数， $C = \max_{k=1,\dots,n} |X(k) - X'(k)|$ 。

2.2 建立桥梁系统结构灰度预测模型

基于灰度误差系数 $Y^0(k)$ ，对其进行一步预测，得出误差系数一步预测值：

$$Y^1(k) = \sum_{i=1}^k Y^0(i) \quad (2)$$

式中， $Y^1(k)$ 表示误差系数一步预测值， $Y^1(k)=[Y^1(1),Y^1(2),Y^1(3),\dots,Y^1(n)]$ 。

对 $Y^1(k)$ 进行均值变化，得到误差系数一步预测值的均值变化值：

$$Z^1(k) = \frac{[Y^1(k) + Y^1(k-1)]}{2} \quad (3)$$

式中， $Z^1(k)$ 表示均值变化值，

$$Z^1(k)=[Z^1(1),Z^1(2),Z^1(3),\dots,Z^1(n)]$$

根据灰度系统理论， $Z^1(k)$ 与 $Y^0(k)$ 中的部分参数满足如下关系式：

$$X_N = -Z_N \bar{a}(k) \quad (4)$$

式中， $X_N = [X^0(2), X^0(3), \dots, X^0(n)]^T$ ；

$$Z_N = [Z^1(2), Z^1(3), \dots, Z^1(n), 1]^T$$
； $\bar{a}(k) = [a, u]^T$ 。

建立桥梁系统结构灰度微分方程：

$$dy^{(1)} / dt + a \otimes y^{(1)} = u \quad (5)$$

对其进行白化，得：

$$dy^{(1)} / dt + ay^{(1)} = u \quad (6)$$

对白化方程求解，可得桥梁结构灰度预测模型的解为：

$$y^{(1)}(k+1) = [y^{(0)}(1) - u/a]e^{-ak} + u/a \quad (7)$$

2.3 确定各节段立模标高

桥梁立模标高方程为：

$$H_{lm} = H_{sj} + Y_{n+1} + \Delta h \quad (8)$$

式中， H_{lm} 为立模标高； H_{sj} 为设计标高； Y_{n+1} 为经过误差调整后的预拱度值； Δh 为挂蓝变形值。

Y_{n+1} 满足关系式：

$$Y_{n+1} = Y(n+1) + (y^{(0)}(n+1) - C) \quad (9)$$

预计标高为：

$$H_{yj} = H_{lm} + \Delta f - \Delta h \quad (10)$$

式中， H_{yj} 表示预计标高， Δf 表示桥梁钢结构浇筑当前块件的下挠值。

3 工程背景

本文基于误差控制灰度系统理论选取某市某连续钢结构桥梁进行结构控制分析。该桥梁双向三车道标准设计，设计载荷为汽-超20、挂-120，具体参数见表1。

表1 某市某连续钢结构桥梁参数

| 参数名称 | 数值 |
|--------|------------------|
| 全长 | 1024m |
| 长度分布 | 137m+3×250m+137m |
| 南侧坡升 | 2.3% |
| 北侧坡升 | 1.1% |
| 桥面宽度 | 28m |
| 箱梁类型 | 单箱单室断面 |
| 箱梁顶面宽度 | 14m |
| 箱梁底面宽度 | 6m |
| 箱梁根部梁高 | 12m |

4 基于灰度系统理论进行结构控制

该型连续钢结构桥梁单幅钢构用挂篮分28段对称悬臂浇筑，跨中合拢段在吊架上现浇，边跨现浇段在落地支架上浇筑。该型桥梁的结构控制，主要包括箱梁的标高及控制截面应力等，以实测参数预测施工预拱度，根据各梁段立模标高，确保成桥线型符合设计要求。

根据误差控制灰度系统理论，输入 $Y(n)$ 、 $Y'(n)$ 、 $H_{yj}(n)$ ，计算出 $X^{(0)}(k)$ 和 $X^{(1)}(k)$ ，然后再识别出参数 a 和 u ，再计算出灰度微分方程的响应值 $\bar{y}^{(0)}(n+1)$ 和预测值 $y^{(1)}(k+1)$ ，最后综合计算出调整后的预拱度值 Y_{n+1} 和立模标高 H_{lm} ，据此进行桥梁结构控制。

根据以上算法，列出部分结算结果（即1号桥墩13~15号块件预拱度调控值）如表2所示。

表2 部分计算结果

| 快件号 i | 预拱度观测值 $Y_{(i-1)}$ | | 预拱度预测值 Y_k | | 预抛高调整值 | |
|-------|--------------------|-------|--------------|-------|--------|--------|
| | 东岸 | 西岸 | 东岸 | 西岸 | 东岸 | 西岸 |
| 13 | 0.043 | 0.032 | 0.145 | 0.129 | -0.009 | -0.021 |
| 14 | 0.139 | 0.158 | 0.120 | 0.208 | -0.006 | -0.017 |
| 15 | 0.132 | 0.147 | 0.102 | 0.117 | -0.009 | -0.014 |

根据最后合拢资料，1号墩与2号墩之间，合拢区两悬臂端之间相对高差1.3cm；2号墩与3号墩之间，合拢区两悬臂端之间相对高差1.5cm；3号墩与4号墩之间，合拢区两悬臂端之间相对高差0.6cm。

5 结论

从本项目的实践经验来看，误差控制灰度系统理论对于测算连续钢结构桥梁施工结构预拱度误差、基于减小误差进行结构控制具有较好的效果，值得在工程实践

综合交通运输体系 应急保障工作现实问题及措施

王文李

(福州市交通运输综合执法支队水路大队, 福建 福州 350000)

摘要:《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》(以下简称《规划》)对建设现代综合交通运输体系提出了要求,并且具体部署综合交通运输体系应急保障工作的方针和建设方向。本文立足于《规划》内容,从综合交通运输体系的应急保障体系的内涵出发,针对综合交通运输体系的应急保障体系的现实问题,提出了新阶段下的新措施,为交通运输部门开展应急保障和应急治理提供科学的参考内容。

关键词:新阶段;综合交通运输体系;应急保障体系;问题;措施

中图分类号: U11

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2020) 07—0146—03

十九大报告提出供给侧结构性改革,指出加快推进高铁、公路、桥梁、港口、机场等基础设施建设。《规划》指出,“十三五”期间,我国交通运输发展处于全面建成小康社会的攻坚期、优化网络布局的关键期、提质增效升级的转型期,将进入现代化建设新阶段;必须加快构建现代综合交通运输体系,更好地发挥交通运输的支撑引领作用,为全面建成小康社会奠定坚实基础。《规划》还重点提出了加强安全应急保障体系建设的方针,对安全生产管理、监管体系建设及应急体系建设作出了具体要求。交通运输部安委会2020年第一次全体会议,部署保障加快建设交通强国稳步推进,推进安全生产治理体系和治理能力现代化。

随着《规划》稳步推进,新形势、新事件、新问题不断涌现,对现有综合交通运输体系的应急保障工作的整体性和系统性提出了挑战。本文分析了我国综合交通运输体系应急保障体系的内涵和现实问题,并提出了新的措施。

1 我国综合交通运输体系的应急保障体系的内涵和现实问题

1.1 综合交通运输体系的应急保障体系的内涵

综合交通运输体系的应急保障体系是处置现代交通运输的突发公共事件的资源、组织、制度、行为的统一,主要包括应急预案体系与设施体系、应急保障法律法规体系、应急保障体制和机制、应急保障措施和创新

中进一步推广。

参考文献:

[1] 刘晓军. 论我国桥梁建设基本发展状况与走向[J]. 四川建材, 2017(5).

[2] 王文荣. 钢结构桥梁施工管理及质量控制措施[J]. 公

等^[1]。经过多年建设,我国综合交通运输体系的应急保障体系已经形成区别于农业农村、市场监管、城市管理、环境生态、公安海关等部门的一套系统的应急标准,成为降低交通运输单位和个人的安全生产风险,提升处置突发事件能力,保护人身和财产安全的指导性规范^[2]。

1.2 综合交通运输体系的应急保障体系现实问题

1.2.1 不同运输方式的特质性,影响应急预案体系与设施体系的构建

在综合交通运输体系中,五种交通运输方式:铁道、公路、航空、水路、管道,各有特点,满足不同需求。铁道运输的特点是环保、运量大与安全,缺点是基础设施投入大,铁路枢纽管理复杂;公路运输可以满足小规模、中短距离运输,不足是污染、非法运输不好治理;航空运输很好满足长距离、贵重物品运输需求,但是单位运营成本高,安保要求高;水路运输是低碳、运载量大的运输方式,速度慢、船队专业化低、管理成本大是明显的短板;管道运输运输货物局限明显,能源运输是其主要需求,缺点是运输距离太长,管理专业化程度高^[3]。

不同运输方式内应急预案的风险或主体与应急设施具有显著差异,例如在马航事件和“7·19”沪昆高速危险品爆燃事故中,事故发生过程中的运输方式、危险源、责任主体、救援设施都不同。现行应急预案体系和设施体系框架内具体预案仍存在风险种类不全、

路交通科技:应用技术版,2018,000(011):P.30-31.

[3] 陈明究. 湖南桥梁建造技术的新成就[C]//中国土木工程学会桥梁及结构工程分会年会. 2002.

[4] 张永水,顾安邦. 灰度系统理论在连续刚构桥施工控制中的应用[J]. 公路, 2001(6):42-44.