

桥梁感知数据的轻量化侦测与分析方法研究

陈以荣

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:随着桥梁智能感知云平台的运营,其感知数据量随时间呈线性增长。如何使感知数据轻量化并从中获取有价值的信息,以用于桥梁结构的安全评定,已成为迫切需要解决的问题。为此,以某内河航道大跨度连续刚构桥感知数据为例,探讨轻量化数据处理、分析以及数据可视化方法,以期为更好地处理、分析以及展示桥梁感知数据提供参考。

关键词:桥梁物联网;云平台数据管理;智能感知;数据轻量化

中图分类号:U446

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2021)03-0078-03

0 引言

随着我国基础设施建设日趋完善,对现有桥梁等结构的运营状态进行实时感知,并建立桥梁智能感知云平台统一管理,不仅可为众多桥梁结构的安全运营提供保障,还能为桥梁维护方案的制定提供依据。而随着平台运营时间的增长,积累的海量数据将给平台运营带来沉重压力。对数据进行合理分析以及轻量化处理以便更好的展示,是现今迫切需要解决的问题。

刘泽佳等^[1]针对珠江黄埔大桥北汊斜拉桥稳定运营阶段采集到的温度和应变数据进行特征分析,获取了温度和应变数据的基本特征,通过对监测数据进行傅里叶变换和小波变化分析,发现该桥温度与应变之间存在明显的正相关关系,为桥梁感知数据挖掘提供了参考。由于采用传感器获得结构运营数据,常出现因高水平噪声而难以处理的问题,Zhang等^[2]提出了一种基于支持向量回归增量学习算法的数据处理方法,该方法在处理受干扰感知树时表现出较高的准确性和鲁棒性。在数据挖掘方面,李雪莲^[3]以东海大桥为背景,通过各种类型的传感器获得了该桥周边的大气温度、结构温度和跨中挠度数据,并进行了分析,结果表明结构温度、大气温度以及桥梁跨中挠度与大气温度具有明显的时间滞后效应。

常用的数据挖掘方法有分类、聚类、时序分析等

方法。由于桥梁感知平台持续运营,每天均要产生大量数据,数据获取之后可能并没有得到太多应用,通过基于模型的聚类算法可较好地运用于工程项目中。在基于模型的聚类算法数据轻量化分析方面,孙文瑞^[4]通过基于Kohonen神经网络算法的数据挖掘方法,对海量感知数据进行分析计算,为桥梁后期评估以及预警提供了基础数据。谢维信等^[5]回顾了模糊聚类算法的研究进展,阐述了工程实际运用中基于目标函数的聚类方法,由于具有设计简单、解决问题范围广,且最终可归结为优化问题等优点而得到了广泛运用。

以上算法的分析步骤较多,对计算硬件的要求也较高,不便于广泛应用。本文通过对数据进行轻量化分析处理,以减轻桥梁智能感知云平台的负担,获得了较好的数据保存和展示方案。

1 项目简介

已建某内河航道大跨度连续刚构桥,设计车速为50~60 km/h,设计荷载为汽车-超20级,挂车-120。抗震设防标准按地震基本烈度7度设防。该连续刚构桥主桥为3跨预应力混凝土连续刚构桥,跨径布置50 m+80 m+50 m,中墩为双柱薄壁墩;引桥为跨径20 m小箱梁结构。桥梁现状情况如图1所示。该桥除主通航孔等重点桥跨采用连续刚构结构外,其余桥跨采用小跨径小箱梁、板梁结构。该桥日常运营的主要荷载为车辆荷载,上部结构挠度和关键部位应变是运维阶段重点关注的指标。

该连续刚构桥为上下行分幅设计,重车以右侧车道行驶为主。主桥为单箱单室箱梁结构,通常在重车荷载作用下,右侧腹板为荷载横向分布的承担主体。

收稿日期:2020-07-28

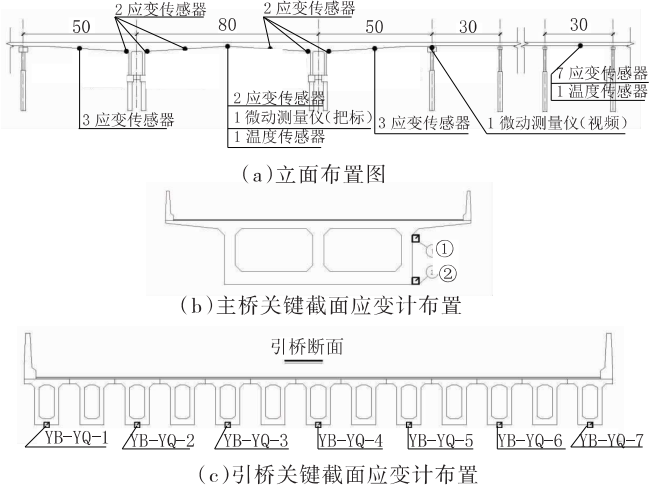
基金项目:上海市科委科研计划项目(18DZ1201206)

作者简介:陈以荣(1994—),男,硕士,助理工程师,从事桥梁工程数字化技术研发工作。



2 传感器布设情况

该连续刚构桥的柱墩为双薄壁式桥墩，墩顶主梁在主跨和边跨侧两端的弯矩和应力分布不同，主跨主梁亦存在负弯矩向正弯矩的过渡，应力分布复杂。对上部结构主跨，选取跨中、双 1/4 跨、双根部共 5 个关键界面；对边跨，选取跨中、根部共 4 个关键界面。系统传感器总体布置见图 2。关键截面处布设的传感器类型为光纤光栅式传感器，光纤光栅传感器通常通过度量反射光的峰值波长漂移量，来实现对温度、应力等物理量实时变化的监测。

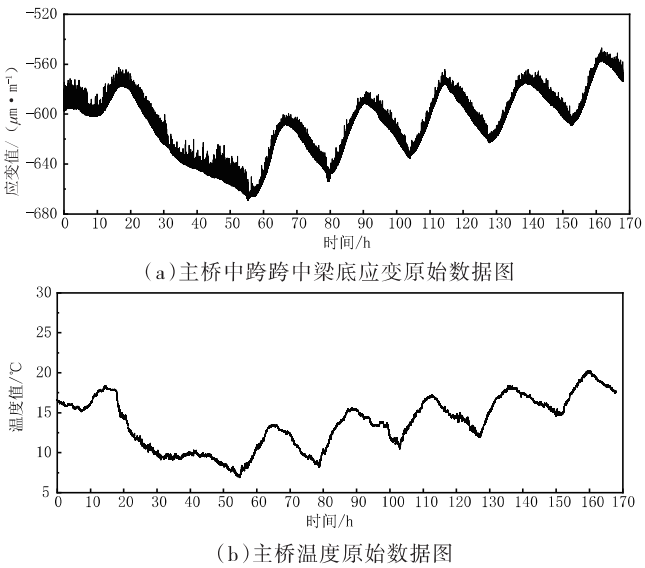


分别选取典型位置主桥中跨跨中梁底位置的应变实测数据以及主桥处温度 1 周实测数据(见图 3)。由图 3 可知,主桥中跨跨中应变指标总体呈现周期性变化,且变化趋势与温度变化趋势接近,但稍有滞后,这与混凝土结构整体传热以及相关变形速率有关。

3 数据处理与分析

对结构运维指标实施高频度动态采集的同时,从平台能力层面考虑数据传输、云平台访问能力等要素,力求在获得工程所需频度的同时,不至于造成过高的数据传输成本。因此,计算算法的选用也主要遵循轻量、实用等原则。此外,为不造成数据过度冗余,在运行先期设定 1 Hz 的全系统采集频率。

采集得到的数据具有较大的波动,数据分析时



关系到数据变化趋势、数据波动显著值大小以及发生的时间。为获得数据变化趋势曲线,采用滑动平均方法对传感器采集的原始数据进行更新。滑动平均方法相较于其他动态测试数据处理方法具有算法简便、计算量小、可采用递推形式来计算、可节约存储空间、快速且便于实时处理非平稳数据等优点,因此该算法基本满足数据轻量化处理原则。

根据滑动平均的计算原理,结合平台数据特点,定义计算式(1)对各个传感器采集的数据进行计算。

$$\overline{d_m} = \frac{\sum_{j=i}^{j=i+\Delta s} d(j)}{\Delta s}$$

(1)

式中: $\overline{d_m}$ 为进行滑动平均计算后的数据值; $d(j)$ 为原始采样数据值; Δs 为每次计算平均值时的采样点数。

由于城市高速公路中的混凝土箱式梁桥采用封闭式管理,车辆特别是重型车辆经过桥梁时,结构将产生不同程度的应变,为获得由车辆造成的应变值大小,需要计算得到应变传感器采集得到的波动情况,重点关注由于重型车辆造成的显著波动值及其发生的时间。

采用滑动平均方法得到数据趋势之后,根据原始数据即可计算得到数据的纯波动响应情况 R_e ,计算方法为:

$$R_e = d - \overline{d_m}$$

(2)

根据数据纯波动响应情况,通过算法设置阈值来过滤掉细小的波动,即可得到显著响应波动值。此外,根据显著波动产生的时间进行计次,可得到全天 24 h 内不同时段内的显著波动产生次数,用以分析桥梁运营峰值的时间。选取前述 1 周的应变数据进

行分析,得到的数据分析结果如图4所示。

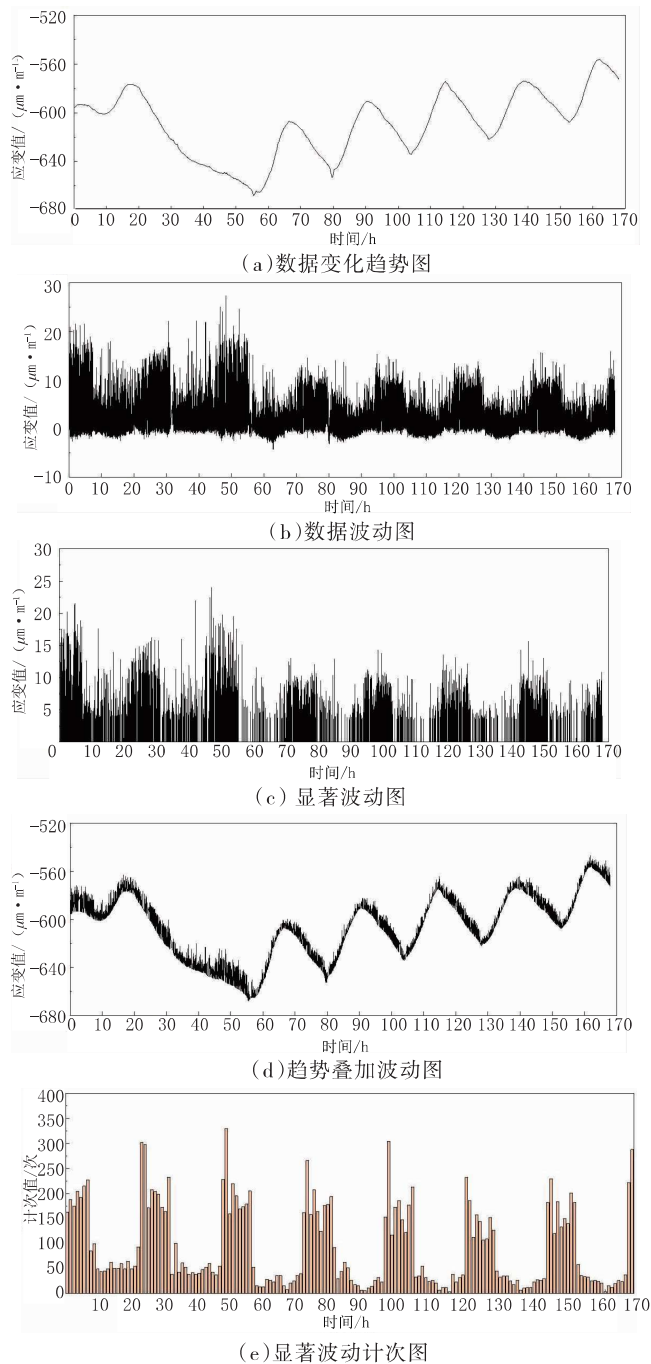


图4 数据分析结果

由图4可知,在对原始数据图3(a)进行滑动平均处理之后,可得到数据的变化趋势值(见图4(a));除去趋势数据,即可得到数据的波动值(见图4(b));对应运营指标过滤掉微小波动后保留显著波动值以及对应时刻,即得到显著波动图(见图4(c));将趋势值叠加显著波动值,即得到图4(d)的趋势叠加波动值图;对各时段内产生的显著波动次数进行计次,即得到图4(e)的显著波动计次图。

4 结 语

(1)数据趋势值在夜间达到峰值状态,且主跨跨中等一些关键位置的应变响应波动次数总数呈现周期性变化,在白天7点~18点范围内,各时段内的显著响应次数较小,而在夜间各时段内的显著响应次数明显增大,这与夜间重载交通通行数量多有关。

(2)对比应变与温度变化趋势图可知,应变与温度变化趋势接近,但应变变化相比温度变化约有2 h左右的滞后,这与混凝土结构整体传热以及相关变形速率有关。

参考文献:

- [1] 刘泽佳,陈溢涛,周立成,等.桥梁长期健康监测大数据温度与应变特征及关联性分析[J].科学技术与工程,2018,18(35):72-79.
- [2] ZHANG J, SATO T, IAI S. Support vector regression for on-line health monitoring of large-scale structures [J]. Structural Safety, 2006, 28(4): 392-406.
- [3] 李雪莲.温度与斜拉桥跨中挠度的关联性分析[J].城市道桥与防洪, 2013(12):66-69, 10.
- [4] 孙文瑞.基于模糊 kohonen 聚类算法的桥梁健康监测数据挖掘模型的建立[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2014.
- [5] 谢维信,高新波,裴继江.模糊聚类理论发展及其应用[J].中国体视学与图像分析,1999(2):113-119.

(上接第64页)

参考文献:

- [1] 万明坤.钢桁梁起拱方法的探讨[J].长沙铁道学院学报,1981,(1): 43-58.
- [2] 曾永平,陈天地,袁明,等.大跨度铁路钢桁梁斜拉桥预拱度设置[J].铁道工程学报,2010,32(10):78-81.
- [3] 胡步毛,艾宗良,袁明,等.基于非线性规划实现钢桁连续梁预拱度
- [4] 李绍龄.三角形钢桁梁桥的预拱方法[J].铁道标准设计,1995(9): 13-14.
- [5] 陈玉骥.下承式钢桁结合梁在双线对称荷载作用下的近似解[J].铁道学报,2008,30(1):48-52.
- [6] 蔺鹏臻,刘世忠.桥梁结构有限元分析[M].北京:科学出版社,2008.