

山东省工程建设标准



DB37/T 5250-2023

J × × × × × -2023

中小型桥梁承载力快速评定标准

Standards for Rapid Assessment of Load-Bearing Capacity of
Medium-and Small-Span Bridges

2023- 7- 3 发布

2023- 8- 1实施

统一书号:155160 ·
定 价: 30.00 元

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局 联合发布

山东省工程建设标准

中小型桥梁承载力快速评定标准

Standards for Rapid Assessment of Load-Bearing Capacity
of Medium-and Small-Span Bridges

DB37/T 5250—2023

住房和城乡建设部备案号：J × × × ×—2023

主编单位：山东泉建工程检测有限公司

哈尔滨工业大学

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

山东省市场监督管理局

施行日期：2023 年 8 月 1 日

中国建材工业出版社

2023 北 京

山东省工程建设标准
中小型桥梁承载力快速评定标准

Standards for Rapid Assessment of Load-Bearing Capacity
of Medium-and Small-Span Bridges

DB37/T 5250—2023

J × × × × ×—2023

*

出版：中国建材工业出版社

地址：北京市海淀区三里河路11号

各地新华书店、建筑、建材书店经销

印刷：廊坊市博林印务有限公司

开本：850mm×1168mm 1/32 印张： 字数： 千字

2023年 月第1版 2023年 月第1次印刷

*

统一书号：155160·

定价： 30.00元

版权所有 翻印必究

(邮政编码 100831)

本社网址：www.jcbs.com

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发〈2019 年山东省工程建设标准制修订计划〉的通知》（鲁建标字〔2019〕11 号），标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内有关标准，在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分 6 章，主要内容包括：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 桥梁准静载试验；5 桥梁动载试验；6 试验报告编制。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东泉建工程检测有限公司公司负责具体技术内容的解释。若执行过程中对本标准有任何意见和建议，请寄送山东泉建工程检测有限公司《中小型桥梁承载力快速评定标准》编制管理组（地址：济南市历下区浆水泉路 22 号，邮编：250014，电话：0531-82979727，传真：0531-82970073，邮箱：quanjianjiance@126.com），以供今后修订时参考。

本 标 准 主 编 单 位：山东泉建工程检测有限公司
哈尔滨工业大学

本 标 准 参 编 单 位：济南城建集团有限公司
济南城市建设集团有限公司
中建山东投资有限公司
东营市住房和城乡建设发展服务中心
济南能源工程集团有限公司
济南轨道交通集团有限公司
济南城市建设投资集团有限公司
济南海河建设项目管理有限公司

本标准主要起草人员：许为民 刘 洋 张提勇 许 庚

刘 锋	翟 彬	王有标	窦松涛
赵世超	冯继军	张海明	王 选
尹承磊	刘纪田	翟庆振	高庆飞
李忠龙	孙 杰	黄智焱	陈允泉
李 虎	门燕青	宁 彬	董艳涛
宋广骞	王永亮	扈玉坤	于曰江
戴鸿哲	赵 斌	徐 玮	吕 晨
张本麒	陈免宇	郭亚妮	王恩国
刘智江	高 影	韩玉德	邢玉姣
梁丽娟	孟晓玮	李 亮	齐 美
彭 霞	孙海波	侯和涛	王显根
张光桥	王广洋	刘 治	尚志强
高遵斌			

本标准主要审查人员：

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
3.1	一般规定	5
3.2	试验程序	6
3.3	试验仪器	7
3.4	试验环境	7
4	桥梁准静载试验	8
4.1	一般规定	8
4.2	试验方案	8
4.3	现场试验	12
4.4	试验结果分析	13
5	桥梁动载试验	17
5.1	一般规定	17
5.2	试验方案	17
5.3	现场试验	18
5.4	试验结果分析	19
6	试验报告编制	21
	本标准用词说明	24
	引用标准名录	25
	条文说明	27

1 总 则

1.0.1 为规范中小型桥梁检测评定工作，指导中小型桥梁承载能力快速评定，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、改建或加固中小型桥梁的承载力快速评定。

1.0.3 桥梁承载力快速评定应遵循科学、客观、严谨、安全的原则。

1.0.4 中小型桥梁承载力快速评定检测工作，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和山东省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 中小型桥梁 medium-and small-span bridges

单孔跨径不大于 50m 的桥梁，以下简称桥梁。

2.1.2 准静力加载方式 quasi-static loading mode

采用单辆加载车或多辆加载车同步沿指定车道以恒定速度缓慢通过桥梁的加载方式。

2.1.3 准静力影响线 quasi-static influence line

在准静力加载方式下，桥梁某一截面结构位移变化曲线。

2.1.4 准静力影响线法桥梁静力荷载试验 static load test of the bridge using the quasi-static influence line

在准静力加载方式下，施加与控制荷载等效的外加荷载，利用检测仪器测试桥梁结构控制截面变形的现场试验，简称准静载试验。

2.1.5 准静载试验控制荷载 control load of quasi-static load test

确定准静载试验荷载效率所依据的荷载，可以采用设计荷载或目标荷载，以下简称控制荷载。

2.1.6 准静载试验荷载效率 load efficiency ratio of quasi-static load test

准静载试验所产生的荷载效应与相应控制荷载效应的比值，以下简称荷载效率。

2.1.7 准静载试验结构校验系数 verification coefficient of quasi-static load test

准静载试验荷载作用下，实测结构位移影响线的积分值与理论计算值的比值，以下简称校验系数。

2.2 符号

- L ——简支梁桥的计算跨径或连续梁桥所有跨的计算跨径总和；
- N ——测试准静力位移影响线的采样点数总和；
- C ——测点的支点沉降修正量；
- S_{stat} ——试验荷载作用下，某一加载试验工况对应的加载控制截面内力或位移的最大计算效应值；
- S_k ——控制荷载作用下，同一加载控制截面内力或位移的最不利效应计算值（不计冲击）；
- D_a ——控制测点的理论计算位移影响线积分值；
- D_e ——控制测点的测试准静力位移影响线积分值；
- D_a ——控制测点的理论计算位移影响线积分值；
- D_{emax} ——控制测点准静力位移影响线积分测试值的最大值
- l ——测试桥跨的计算跨径；
- a ——A 支点的沉降量；
- b ——B 支点的沉降量；
- s ——挠度测点到 A 支点的距离；
- k ——测试准静力位移影响线的第 k 个采样点；
- f_{ek} ——第 k 个采样点的测试准静力位移影响线幅值；
- f_{ak} ——第 k 个采样点的理论计算准静力位移影响线幅值；
- d_{max} ——车辆行驶时，动态车辆荷载作用下测点的最大动挠度值；

d_{stat} ——车辆静止时，静态车辆荷载作用下测点的最大静挠度值；

η_q ——桥梁准静载试验荷载效率；

ζ ——控制测点的校验系数；

x ——横向增大系数；

m ——设计冲击系数；

m_t ——实测冲击系数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 新建、改建或加固后的中小型桥梁，可通过承载力快速评定来检验中小型桥梁结构的承载能力是否符合设计要求。

3.1.2 承载力快速评定荷载试验包括准静载试验和动载试验，符合下列情况之一的既有桥梁，应进行承载力快速评定：

1 按照现行行业标准《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 评定桥梁结构状况等级为 C 级或 D 级的中小型城市桥梁。

2 按照现行行业标准《公路桥梁技术状况评定标准》JTG/T H21 评定桥梁技术状况评定等级为三类或四类的中小型公路桥梁。

3 遭受重大自然灾害或意外事件，且满足前两条之一的桥梁。

4 桥墩较高或跨越江河湖海等不易通过现行相关行业标准进行技术状况与承载能力评定的桥梁。

3.1.3 承载力快速评定应由业主单位委托具备桥梁检测资质的检测机构开展。

3.1.4 承载力快速评定应保证桥梁结构整体及局部受力安全。

3.1.5 新建桥梁结构计算所需技术参数应根据设计文件和国家相关标准取用，改建、扩建及既有桥梁结构构件的几何尺寸与材料参数宜取用现场检测结果。

3.1.6 桥梁承载力快速评定的技术资料应归入桥梁养护技术档案和桥梁管理系统。

3.2 试验程序

3.2.1 承载力快速评定应按照试验准备、现场实施和试验结果分析三个阶段进行。

3.2.2 试验准备应符合下列规定：

1 通过实地调查与相关资料收集整理，掌握桥梁主要病害、材料性能、几何参数、桥面平整度、养护维修等情况；

2 应根据控制荷载作用下的桥梁结构内力、冲击系数、频率、振型等分析结果，确定试验控制截面、测点布设方案和试验工况，并应在确保安全行驶的前提下按照等效原则拟定试验荷载；

3 应计算试验荷载作用下结构位移影响线的理论积分值；

4 应对试验桥梁进行试验荷载作用下的抗倾覆验算。

3.2.3 现场试验应符合下列规定：

1 试验测点应放样布设，测试系统应安装调试，并进行车辆荷载组织与现场交通组织等；

2 应按照试验方案进行准静载试验和动载试验，记录各测点的测试结果；

3 应监测主要控制截面最大荷载效应的实测值，并应与相应的理论计算值进行对比分析；

4 试验过程中及结束后，应对结构薄弱部位进行详细检查。

3.2.4 试验结果分析应符合下列规定：

1 应对准静载试验测试数据进行分析，计算结构位移响应影响线的实测积分值和校验系数；

2 应对动载试验的测试数据进行分析，计算桥梁结构频率、振型和冲击系数，并应与理论分析结果进行比对。

3.3 试验仪器

3.3.1 同一次试验应采用相同规格或型号的测试仪器，试验实施前应对测试仪器进行核查与标定。

3.3.2 测试设备精度应不大于承载力快速评定预计测量值的5%。

3.3.3 测试设备的量程和动态范围应满足试验要求。

3.3.4 测试传感器选用应符合下列规定：

1 接触式传感器宜采用基于电学、声学、光学、机械式等原理的测试仪器；

2 非接触式传感器宜采用基于立体视觉或者高分辨微波雷达的测试仪器；

3 桥梁动力特性量测应选用加速度传感器。

3.4 试验环境

3.4.1 承载力快速评定应在短暂封闭交通状态下实施。

3.4.2 桥梁承载力快速评定不宜在大雾、严寒、强降雨、5级及以上风力等恶劣环境下实施，不满足试验要求时应暂停试验。

3.4.3 当遇到冲击、振动、强磁场干扰等严重影响桥梁准静载试验效果的条件时不宜进行试验。

4 桥梁准静载试验

4.1 一般规定

4.1.1 试验方案应在桥梁调查、技术状况检查、结构检算的基础上制订。

4.1.2 对于多跨桥梁，应根据桥梁技术状况评定结果选择受力不利、结构技术状况较差的桥跨进行准静载试验，试验桥跨尚应满足本标准第 3.1.2 条款的规定。

4.1.3 试验工况应包括中载加载工况与偏载加载工况。对横向支撑不对称的直桥、斜弯桥、异型桥等应通过计算确定试验工况的加载位置。

4.2 试验方案

4.2.1 测试截面确定应符合下列规定：

1 根据桥梁结构内力包络图，应按最不利受力原则确定测试截面、拟定相应的试验工况，常见测试截面宜按表 4.2.1 确定。

表 4.2.1 不同结构形式桥梁的测试截面位置

结构形式	测试内容	主要测试截面	附加测试截面
简支梁桥	位移影响线 支点沉降	跨中截面	1/4 跨截面
连续梁桥	位移影响线 支点沉降	主跨最大正弯矩截面 边跨最大正弯矩截面	主跨 1/4 跨截面 边跨 1/4 跨截面

续表 4.2.1

结构形式	测试内容	主要测试截面	附加测试截面
三铰拱桥	位移影响线 支点沉降	拱顶两侧 1/2 梁高截面	主拱 1/4 跨截面
两铰拱桥	位移影响线 支点沉降	拱顶截面	主拱 1/4 跨截面
无铰拱桥	位移影响线 支点沉降	拱顶截面	主拱 1/4 跨截面
门式刚架桥	位移影响线 支点沉降	跨中截面	1/4 跨截面
斜腿刚架桥	位移影响线 支点沉降	主跨最大正弯矩截面	边跨最大正弯矩截面

2 改建后的桥梁宜根据桥梁加固、改造或置换区域增加相应的试验工况或测试截面；

3 加固后的桥梁宜在典型裂缝位置处增加测试截面，并应确定相应的试验工况。

4.2.2 试验应采用准静力加载方式进行加载，应根据设计要求和桥梁状况确定控制荷载和试验荷载。

4.2.3 桥梁准静载试验荷载效率 η_q ，对验收性荷载试验，宜为 0.85 ~ 1.05；对鉴定性荷载试验，宜为 0.95 ~ 1.05。 η_q 应按式计算：

$$\eta_q = \frac{S_{\text{stat}}}{S_k (1 + \mu)} \quad (4.2.3)$$

式中： S_{stat} ——试验荷载作用下，某一加载试验工况对应的加载控制截面内力或位移的最大计算效应值；

S_k ——控制荷载作用下，同一加载控制截面内力或位移的最不利效应计算值（不计冲击）。

μ ——按设计规范取用的冲击系数值（设计冲击系数）。

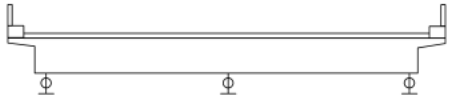
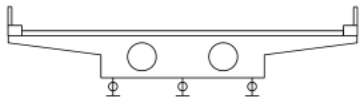
4.2.4 试验荷载确定应符合下列规定：

- 1 加载车辆宜采用三轴载重汽车，且装载的重物应稳妥置放；
- 2 加载车辆单轴重量不应超过现行国家标准《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》GB 1589 的规定，必要时验算桥面板等局部构件的承载能力和裂缝宽度；
- 3 试验前应记录加载车辆的车重、轴重、轴距及轮重；
- 4 宜单排布置车辆，若多排车辆则应保持安全距离。

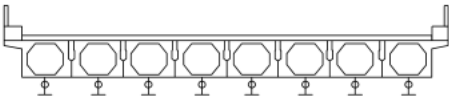
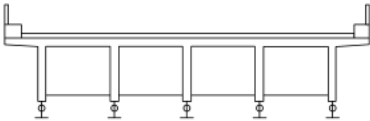
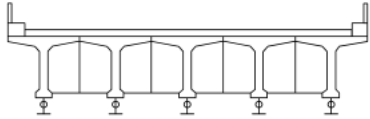
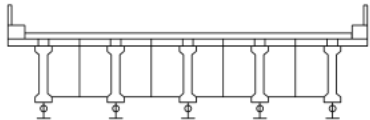
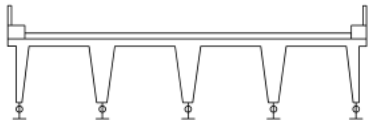
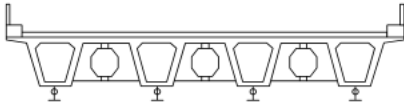
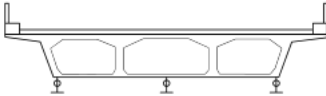
4.2.5 测点横向布置应符合下列规定：

- 1 测点应能反映准静力加载方式下桥梁主梁竖向位移变化规律；
- 2 测点横向布置应反映桥梁横向挠度分布特征，整体式截面的测点横向布置不宜少于3个，多梁式（分离式）截面的测点横向布置宜逐片梁布置；
- 3 对于常见结构形式，测点横向布置宜按表4.2.5确定。

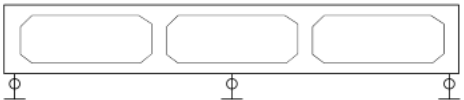
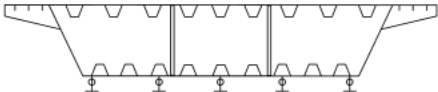
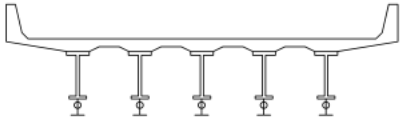
表 4.2.5 主梁位移测点横向布置

结构类型	位移测点横向布置图	位移测点数
整体式 实心 板梁		横桥向不少于 3个
整体式 空心 板梁		横桥向不少于 3个

续表 4.2.5

结构类型	位移测点横向布置图	位移测点数
装配式 空心 板梁		横桥向每片梁底 不少于1个
钢筋 混凝土 T梁		桥向每片梁底 不少于1个
预应力 钢筋混凝土 T梁		横桥向每片梁底 不少于1个
I形梁		横桥向每片梁底 不少于1个
π 形梁		横桥向每片梁底 不少于1个
装配式 小箱梁		横桥向每片梁底 不少于1个
整体式 箱梁		横桥向不少于 3个
矩形 肋拱		横桥向每个肋底 不少于1个

续表 4.2.5

结构类型	位移测点横向布置图	位移测点数
箱形肋拱		横桥向每个箱底 不少于 1 个
整体式板拱		横桥向不少于 3 个
整体式箱拱		横桥向不少于 3 个
钢箱梁		横桥向不少于 5 个
钢混组合梁		横桥向每片梁底 不少于 1 个

4.3 现场试验

4.3.1 试验前应检查测试仪器的接电、接地、防雨、防尘、防风、防雷等措施。

4.3.2 现场测点布置应符合下列规定：

1 当采用有线传感器时，应控制电缆线长度，避免因电缆线电阻过大而干扰信号精度；

2 当采用接触式传感器时，应根据现场条件确定传感器与桥梁的连接方式，保证传感器与桥梁结构紧密连接；

3 当采用接触式传感器时,位移传感器支座应与结构完全脱离,传感器量程应满足测试结构变形的要求;

4 当采用非接触式测试仪器时,支架应牢固可靠;

5 测试仪器安装完毕后,应进行系统调试,当数据稳定后开始试验。

4.3.3 加载车的恒定车速应不超过 10km/h。

4.3.4 加载车沿桥梁纵向行进路线应标记明确,夜间实施加载试验时,应采用必要的照明设施或使用具有反光功能的标记材料。

4.3.5 正式加载之前应进行预加载试验。

4.3.6 试验的数据采集与记录应符合下列规定:

1 数据测试采样频率不宜低于 10Hz,保证数据分析所需的足够数据长度;

2 应记录测试时间、环境温湿度、测试工况等信息,人工记录部分应及时、准确记录在专用表格上。

4.3.7 当试验过程中发生下列情况之一时,应终止试验:

1 控制截面位移影响线曲线变化规律异常;

2 位移影响线幅值超过计算值;

3 桥梁结构发生异常响动;

4 操作平台支架发生异常变形。

4.4 试验结果分析

4.4.1 试验过程中,当支点出现沉降时,竖向位移影响线数据应考虑整体修正,修正量的计算方法应按下式计算:

$$C = \frac{l-s}{l} \times a + \frac{s}{l} \times b \quad (4.4.1)$$

式中：C——测点的支点沉降修正量；

l ——测试桥跨的计算跨径，A支点到B支点的距离；

a ——A支点沉降量；

b ——B支点沉降量；

s ——挠度测点到A支点的距离。

4.4.2 校验系数应符合如下规定：

1 控制测点的校验系数应按下式计算：

$$\zeta = \frac{D_e}{D_a} \quad (4.4.2-1)$$

式中： ζ ——控制测点的校验系数；

D_e ——控制测点的测试准静力位移影响线积分值；

D_a ——控制测点的理论计算位移影响线积分值。

2 控制测点的测试准静力位移影响线积分值应按下式计算：

$$D_e = \sum_{k=1}^N \left(|f_{ek}| \frac{L}{N-1} \right) \quad (4.4.2-2)$$

式中： L ——简支梁桥的计算跨径或连续梁桥所有跨的计算跨径总和；

k ——测试准静力位移影响线的第 k 个采样点；

N ——测试准静力位移影响线的采样点数总和；

f_{ek} ——第 k 个采样点的测试准静力位移影响线幅值。

3 控制测点的理论计算位移影响线积分值应按下式计算：

$$D_a = \sum_{k=1}^N \left(|f_{ak}| \frac{L}{N-1} \right) \quad (4.4.2-3)$$

式中： f_{ak} ——第 k 个采样点的理论计算准静力位移影响线幅值。

4 采用控制测点准静力位移影响线积分测试值的最大值 D_{emax} 与横向各控制测点准静力位移影响线积分测试值的平均值

$\bar{D}_e$ ，应按下式计算实测横向增大系数：

$$\xi = \frac{D_{e\max}}{\bar{D}_e} \quad (4.4.2-4)$$

式中： ξ ——横向增大系数；

$D_{e\max}$ ——横向多个测点时，各测点对应数值的最大值；

$\bar{D}_e$ ——横向多个测点时，各测点对应数值的平均值。

4.4.3 试验数据分析时，为了保证测试准静力位移影响线具备足够精度，宜采用低通滤波法或减弱噪声算法对数据进行预处理。

4.4.4 试验分析计算和资料整理应包括下列内容：

1 绘制各加载工况下主要控制测点理论计算、测试位移影响线图；

2 控制测点位移影响线积分测试值与理论计算值的对比分析；

3 其他必要的数据和图片资料。

4.4.4 控制测点的校验系数 z 应符合下列规定：

1 对于钢结构桥梁，控制测点的校验系数 z 应不大于 1.0；

2 对于混凝土桥梁，控制测点的校验系数 z 应不大于 0.8；

3 常见桥梁结构，控制测点的校验系数 z 可参考表 4.4.5 所示的取值范围。

表 4.4.5 常见桥梁结构试验校验系数常值表

结构形式	桥梁类型	校验系数
简支梁桥	钢筋混凝土板桥	0.16 ~ 0.40
	钢筋混凝土梁桥	0.40 ~ 0.72
	预应力混凝土梁桥	0.56 ~ 0.80

续表 4.5.5

结构形式	桥梁类型	校验系数
连续梁桥	钢筋混凝土板桥	0.16 ~ 0.40
	钢筋混凝土梁桥	0.40 ~ 0.72
	预应力混凝土梁桥	0.56 ~ 0.80
拱桥	圬工拱桥	0.64 ~ 0.80
	钢筋混凝土拱桥	0.40 ~ 0.80
钢桥	钢桥	0.75 ~ 1.00

5 桥梁动载试验

5.1 一般规定

- 5.1.1** 桥梁动载试验应测试桥梁结构动力特性与冲击系数。
- 5.1.2** 动力特性测试应采用运营条件下的交通荷载或短暂封闭交通条件下的无障碍行车作为激励，应包括桥梁结构的自振频率、振型、阻尼比。
- 5.1.3** 冲击系数测试应采用短暂封闭交通条件下的无障碍行车作为激励。

5.2 试验方案

- 5.2.1** 桥梁动力特性的测试截面应根据结构振型特征确定，宜按照桥梁跨径进行 8 等分或 16 等分。
- 5.2.1** 典型梁式桥动力特性的测试截面宜按表 5.2.2-1 ~ 表 5.2.2-3 确定。

表 5.2.2-1 简支梁桥动力特性测试截面选取方案

模态阶数	至少需要传感器数	测点布设在桥跨中的位置
1	1	$L/2$
2	2	$L/4$ 、 $3L/4$
3	3	$L/6$ 、 $L/2$ 、 $5L/6$

注：表中 L 为简支梁桥的计算跨径。

表 5.2.2-2 两等跨连续梁动力特性测试截面选取方案

模态阶数	至少需要传感器数	测点布设在桥跨中的位置
1	2	$L/4$ 、 $3L/4$
2	4	$L/8$ 、 $3L/8$ 、 $5L/8$ 、 $7L/8$
3	6	$L/12$ 、 $L/4$ 、 $5L/12$ 、 $L/2$ 、 $7L/12$ 、 $3L/4$ 、 $11L/12$

注：表中 L 为连续梁桥的跨径总长。

表 5.2.2-3 三等跨连续梁动力特性测试截面选取方案

模态阶数	至少需要传感器数	测点布设在桥跨中的位置
1	3	$L/6$ 、 $L/2$ 、 $5L/6$
2	6	$L/12$ 、 $L/4$ 、 $5L/12$ 、 $L/2$ 、 $7L/12$ 、 $3L/4$ 、 $11L/12$
3	9	$L/18$ 、 $L/6$ 、 $5L/18$ 、 $7L/18$ 、 $L/2$ 、 $11L/18$ 、 $13L/18$ 、 $5L/6$ 、 $17L/18$

注：表中 L 为连续梁桥的跨径总长。

5.2.3 结构冲击系数测试应按照行车动力响应最大的原则选取测试截面。

5.2.4 结构动力特性试验的每个测试截面加速度测点不应少于 1 个。

5.2.5 结构冲击系数测试的每个测试截面动挠度测点不应少于 1 个。

5.2.6 结构冲击系数测试应采用单辆或多辆车加载，每个试验工况宜重复 2 次 ~ 3 次。

5.3 现场试验

5.3.1 动载试验的现场测点布置规定应参照本标准 4.3.2 条

内容。

5.3.2 结构冲击系数测试加载车的行车速度宜在 5km/h ~ 80km/h 范围内选取，车速宜在桥联（孔）上保持恒定。

5.3.3 动载试验过程中，应根据测试结果，实时判断测试数据是否存在异常，当出现幅值异变、零点严重偏离与异常电磁干扰时应终止试验，排除异常情况后再进行试验。

5.4 试验结果分析

5.4.1 在测试数据采集完成后，应对测试动挠度与加速度数据进行预处理，包括异常数据剔除、重采样分析、滤波等。

5.4.2 在加速度数据的预处理后，应采用与环境激励技术相结合的模态参数识别方法分析得到桥梁结构自振频率、阻尼比及振型。

5.4.3 测试冲击系数应根据动挠度曲线进行分析，并应按照下列公式计算：

$$\mu_t = \frac{d_{max}}{d_{stat}} - 1 \quad (5.4.3)$$

式中： μ_t ——实测冲击系数；

d_{max} ——车辆行驶时，动态车辆荷载作用下测点的最大动挠度值；

d_{stat} ——车辆静止时，静态车辆荷载作用下测点的最大静挠度值。

5.4.4 试验分析计算和资料整理应包括下列内容：

1 各试验工况下动挠度和加速度的实测时程曲线及相关统计数值；

- 2 桥梁结构频谱图；
- 3 桥梁测试自振频率和计算频率的数值对比分析；
- 4 冲击系数和车速的相关曲线图；
- 5 其他必要的数据和图片资料。

6 试验报告编制

6.0.1 试验报告内容应包括以下内容：

- 1 试验桥梁工程概况；
- 2 试验目的及依据；
- 3 试验仪器设备；
- 4 桥梁准静载试验内容；
- 5 桥梁动载试验内容；
- 6 试验结论；
- 7 技术性建议；
- 8 附件。

6.0.2 工程概况部分内容应包括以下内容：

1 试验桥梁的所属工程、名称、建设或服役龄期、结构形式、跨径组合、桥跨结构横断面形式、下部结构形式、控制荷载、运营车道数等主要技术指标。

- 2 提供至少一张试验桥梁结构整体外观照片。

6.0.3 试验目的及依据部分内容符合下列规定：

- 1 应按桥梁结构类型和控制荷载的性质说明试验的目的；
- 2 应列出试验所依据的标准规范、设计图纸、竣工图纸及其他相关资料。

6.0.4 试验仪器设备部分内容应包括试验仪器设备的名称（型号）、设备编号、主要技术参数等。

6.0.5 桥梁准静载试验部分内容符合下列规定：

- 1 准静载试验报告内容应包括结构内力分析结果，测试截

面选择,挠度测点布置,试验加载车辆、试验工况及加载位置说明,试验测试过程,试验结果及分析。

2 应简要说明桥梁结构内力分析选用的程序、材料主要参数、内力分析主要结果,并给出有关计算图式。

3 应依据计算结果选定测试截面,说明荷载试验截面的测试项目。

4 应按测试截面说明挠度测点数量、布置,并给出图示。

5 应说明试验加载车辆的型号、轴重分配,给出试验荷载效率。

6 应依据测试截面次序分工况依次列出纵、横桥向加载位置,并辅以图示说明。

7 应简要说明试验准备、试验加载等主要试验过程。

8 应以图表形式给出各工况下挠度测试截面实测值、理论计算值及校验系数。

6.0.6 桥梁动载试验部分内容符合下列规定:

1 动载试验报告内容应包括结构动力分析、测试截面的选择及传感器测点布置、试验荷载选择、试验工况、试验结果及分析。

2 结构动力分析应根据相关规范或利用设计图纸建立有限元模型计算结构自振频率理论值及振型。

3 应图示说明测试截面位置及传感器在纵、横断面上的布置状况。

4 应说明车辆数、车重等试验荷载信息。

5 应分工况依次说明试验车辆荷载无障碍行车速度及跳车等状况。

6 试验结果及分析应包括动力信号处理方法、结构自振频率、阻尼比、冲击系数测试结果及图示，并与理论计算值进行对比。

6.0.7 试验结论应符合下列规定：

1 试验结论应包括准静载试验结论、动载试验结论。

2 准静载试验结论应根据准静载试验数据进行分析，给出试验测试截面的校验系数，依据实测数据判断结构运营状态是否满足设计要求或目标荷载的要求。

3 动载试验应以主要的动力测试参数说明结构的动力性能和结构响应，在理论值与实测值对比的基础上对结构做出评价。

6.0.8 技术性建议应根据试验的结论对结构提出有针对性建议，如补充静载试验、限速、限载、封闭交通、养护、维修加固或改扩建等。

6.0.9 附件应包括下列内容：

1 典型的原始测试数据和工作照片；

2 必要的桥梁准静载、动载试验照片；

3 正文中需要说明的其他资料。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应该这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 为条文中指明应按照其他有关标准执行的写法为：“应符合……规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》
GB 1589
- 2 《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99
- 3 《公路桥梁技术状况评定标准》JTG/T H21
- 4 《公路桥梁荷载试验规程》JTG/T J21 -01
- 5 《公路桥梁承载能力检测评定规程》JTG/T J21
- 6 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》
JTG 3362

山东省工程建设标准

中小型桥梁承载力快速评定标准

DB37/T XXXX—2023

条文说明

制订说明

《中小型桥梁承载力快速评定标准》DB37/T ××××，经山东省住房和城乡建设厅××××年××月××日以第××号公告批准、发布。

本标准在制定过程中，编制组进行了广泛调查研究，总结了中小跨径桥梁检测与评定工作的实践经验，同时参考国内外有关标准，通过模型试验、工程验证及征求意见，制定了桥梁快速荷载试验的相应规定。

为便于广大从事中小跨径桥梁检测、设计、施工、管养、科研、教学等单位的有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《中小型桥梁承载力快速评定标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明。对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 录

1	总则	31
2	术语和符号	32
2.1	术语	32
3	基本规定	33
3.1	一般规定	33
3.2	试验程序	34
3.3	试验仪器	34
3.4	试验环境	35
4	桥梁准静载试验	37
4.1	一般规定	37
4.2	试验方案	37
4.3	现场试验	39
4.4	试验结果分析	40
5	桥梁动载试验	42
5.1	一般规定	42
5.2	试验方案	43
5.3	现场试验	44
5.4	试验结果分析	44

1 总 则

1.2.1 针对现有桥梁荷载试验方法需要长时间中断交通、现场检测工序复杂、经济成本高等问题，同时，考虑自然灾害、重大交通事故、恐怖袭击等突发应急状况下桥梁结构安全快速检测评定的需求以及高墩或跨线桥梁不易进行技术状况评定的难题，制定《中小型桥梁承载力快速评定标准》。

与现有桥梁荷载试验技术相比：本标准所提技术能够大幅缩短交通封闭时间、快速检测桥梁结构安全状况、降低桥梁荷载试验检测成本；同时，本标准所提技术检测结果能够为桥梁结构承载力的评定提供依据，一般适用于中小型桥梁承载能力的快速筛查，更为具体的承载力评定需要参考《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJT 233 等其他现有标准。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 桥梁分类指标中，单孔跨径反映了桥梁的技术复杂程度，在一定程度上反映了我国的桥梁建设综合水平。一般而言，中小跨径桥梁的结构形式主要为混凝土板梁、肋板式梁、箱梁等，随着材料强度、设计水平、施工技术的提升，桥梁的建设跨度也得到了相应提高。因此，本标准将单孔跨径不大于 50m 的桥梁定义为中小型桥梁。

2.1.3 如图 1 所示，在准静力荷载试验中，控制加载车辆以恒定速度缓慢通过桥梁，采集桥梁待检测关键截面的变形，绘制得到的变形时程即为对应关键截面的准静力影响线。

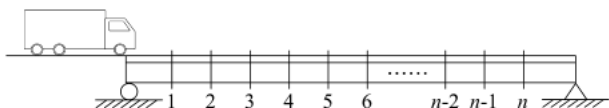


图 1 准静力影响线加载示意图

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.2 根据《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 规定，对于被评定为 D 级或 E 级的城市桥梁，定期检测中难以判明安全的桥梁，以及遭受洪水冲刷、流冰、漂流物、船舶或车辆撞击、滑坡、地震、风灾、火灾、化学剂腐蚀、超载车辆等特殊灾害造成结构损伤的桥梁，应进行特殊检测；根据《公路桥梁承载能力检测评定规程》JTG/T J21 规定，对于技术状况为四、五类的桥梁，以及遭受自然灾害或突发事件等造成桥梁损害时，应进行特殊检测；特殊检测包含了桥梁结构承载能力评定。

调查发现，被评定为 E 级的城市桥梁与五类的公路桥梁，破损较为严重，建议直接按照《公路桥梁荷载试验规程》JTG/T J21—01 进行传统的荷载试验；但是，对于城市桥梁中的 C 级与 D 级、公路桥梁中的三类与四类，由于一些主观因素，往往容易造成误判。为此，本标准重点针对城市桥梁中的 C 级与 D 级、公路桥梁中的三类与四类，给出承载力快速评定的方法。

此外，对于桥墩较高或跨越江河湖海的桥梁，现场操作条件艰难，依据现行相关行业标准不易进行技术状况与承载能力评定，也可采用本标准提出的承载力快速评定方法，为桥梁承载能力评定提供依据。

3.1.3 为避免试验过程中所检测桥梁结构发生局部破坏或严重开裂，桥梁结构的薄弱部位、修补后的部位、试验荷载作用下

的受力集中部位应进行结构检算，以确保结构局部受力不超过结构设计要求。

3.2 试验程序

3.2.2 对本条第4款作如下说明：

为保证试验过程中桥梁结构横向稳定性，应按现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 对试验桥梁进行抗倾覆稳定性验算。

3.2.3 对本条第3款作如下说明：

为保证试验安全，试验过程中应对实测数据与理论计算结果进行对比分析，当实测值超过理论计算值时，应暂停试验并查找原因，确认桥梁结构安全后，可继续进行试验。

3.3 试验仪器

3.3.1 选择相同规格或型号的测试仪器，可减少针对不同测试内容更换测试仪器的环节；同时，可减小不同测试仪器间的仪器误差，提高测试工作的可靠性和试验效率。

3.3.3 对本条第2款作如下说明：

非接触式位移测试仪器宜采用基于立体视觉、基于高分辨微波雷达的两类设备。基于立体视觉的位移测试是摄影测量的一种，即通过单个或多个摄像机拍摄到的图像，建立结构的客观信息，能够精准测试结构挠度变形。基于高分辨微波雷达的位移测试是利用高分辨雷达遥感成像和相位干涉测量技术，以电磁波为媒介对结构的微小形变量进行实时、动态、非接触的测量，数据精度高、无需部署靶标、环境适应性好。

3.3.4 测试传感器及动载试验数据采集仪器应满足表 1、2 中的技术要求：

表 1 测试仪器技术要求

量测内容		仪表名称	最小分划值及精度	常用量测范围	备注
位移	接触式测量	位移计	0.01 mm ~ 0.03mm	20mm ~ 100mm	配置安装配件
		连通管	0.1mm	< 300mm	配备测读仪器
	非接触式测量	微波测量雷达	< 0.1mm	< 500mm	最大探测视角 > 30°
		立体视觉	0.1mm	≤ 10mm	—
桥梁结构动力特性		低频振动加速度传感器	$5 \times 10^{-7}g$	-2g ~ 2g	测试正常运营状况下桥梁结构振动加速度灵敏度：≥ 0.3V/m/s ² 通频带：0.25 ~ 100Hz

表 2 桥梁动载试验数据采集仪器技术要求

测量内容	仪器名称	技术参数	试验应用
桥梁结构动力特性	动态数据采集分析系统	1. 工作温度范围：-40℃ ~ +60℃； 2. 工作湿度范围：10% ~ 90%； 3. 电压或电流输入通道数可扩展； 4. 电压输入范围：-10V ~ +10V； 5. 单通道最高采样率：1kS/s； 6. 通道分辨率：≥16 位	采集桥梁振动加速度电信号

3.4 试验环境

3.4.1 现有桥梁静力荷载试验步骤复杂、前期准备多、加载过程缓慢、加载过程时间长，需要在长时间封闭交通状态下实施。本标准提出的承载力快速评定仍然需要在封闭交通条件下实施，

但试验工序简单，试验过程持续时间短，根据近 100 座桥梁准静载试验封闭桥面交通时间的统计结果，平均需要封闭交通 30min。

3.4.2 大雾、严寒、强降雨、强风等极端恶劣环境容易影响试验测试结果精度，尤其当采用非接触式测试仪器时，测试数据精度受极端环境影响大，宜选择天气条件平稳的时段进行试验。

3.4.3 冲击、振动、强磁场干扰等恶劣试验环境会影响试验测试设备的正常工作，宜选择试验环境良好的时段进行试验。

4 桥梁准静载试验

4.1 一般规定

4.1.2 试验桥跨选择应考虑如下情况：

1 对于新建桥梁，应选择具有代表性的桥跨或受力不利的桥跨进行试验；

2 对于既有桥梁，应选择具有代表性、并且桥梁技术状况评分较低或桥梁结构状况指数较低的桥跨进行试验。

试验桥跨应结合桥梁现场实地调查和结构检算情况进行选择，建议兼顾考虑以下因素：

1 试验桥跨计算受力最不利或受力复杂；

2 试验桥跨具备良好的试验实施条件；

3 试验桥跨容易进行现场交通组织。

4.1.3 桥梁的最不利受力工况往往是偏载，偏载加载工况能够反映桥梁结构实际内力、变形与设计要求的差异；中载加载工况能够反映一般情况下的桥梁结构受力特性。

4.2 试验方案

4.2.1 对本条第1款作如下说明：

对选定的试验桥梁，应按该桥最不利受力原则确定试验工况，并根据试验工况荷载条件下的结构响应，选择具有代表性截面为测试截面。对于横向支撑不对称的直桥、斜弯桥、异型桥，根据结构有限元受力分析结果，选择最不利受力截面为测试

截面。

4.2.2 当评定桥梁结构在原设计荷载作用下的承载能力状况时，应采用设计荷载作为控制荷载；当评定桥梁结构在拟改变荷载等级作用下的承载能力状况时，应采用所期望的目标荷载作为控制荷载。

4.2.3 验收性荷载试验针对新建、改建或加固的桥梁，鉴定性试验针对既有桥梁。受加载车行驶安全条件的限制，实际试验荷载布置与控制荷载会有所不同，为保证试验效果，采用试验荷载效率控制。冲击系数与桥面平整度、车辆动力特性、行车速度等因素有关，在准静载试验的实际工况荷载作用下，加载车辆以低速通过桥梁产生的冲击效应非常小，计算试验荷载效应时忽略不计冲击系数。

本标准的准静载试验荷载效率与现行标准《公路桥梁荷载试验规程》JTG/T J21—01 的规定保持一致。但是，本标准重点在于快速评定，介于传统的技术状况评定与荷载试验之间的一种方法。因此，若满足试验荷载效率规定，则可一定程度上取代传统的荷载试验；若达不到试验荷载效率规定，则试验结果仅用于判别是否需要进行传统的荷载试验。

4.2.4 在我国，四轴及以上车辆主要用于长途运输，数量较少，不宜作为试验用车。三轴及以下货车主要为地方车辆，数量众多，在各地较为普及，且不同车辆车重、轴距偏差较小，对荷载效率的确定影响不大。因此，本条推荐采用三轴车辆为试验加载车辆。

装载重物时，应稳妥置放，避免车辆行驶时因晃动而改变重物的位置，引起轴（轮）重的改变。

4.3 现场试验

4.3.1 确保测试仪器的正确连接和保护，避免环境因素对测试信号产生干扰。

4.3.2 对本条第 1、2 两款作如下说明：

1 过长的传感器连接电缆会对降低测试数据精度，需要根据试验现场实际条件，确定数据采集系统与传感器之间的合理距离，且最大长度不宜大于 100m；

2 传感器与结构的连接方式不同会影响测试结果的精度，根据试验现场的实际情况，确定可靠合理的连接方式，确保试验测试数据的精度；

4.3.3 当采用准静力加载方式时，为了确保加载车的激励频率低于桥梁结构基频，即加载过程中桥梁无限接近静力状态，根据近 100 座中小型桥梁准静力加载方式的测试结果，确定应控制加载车辆的速度在 10km/h 范围内选取。

4.3.5 通过预加载，使结构进入正常工作状态，一方面可以检查桥梁支座工作状况，另一方面可检测测试仪器的可靠性和工作性能。

4.3.6 对本条第 1 款作如下说明：

为了保证准静力位移影响线测试积分值的准确性，根据近 100 座中小型桥梁准静载试验的测试结果，准静力位移影响线的测试采样频率不宜低于 10Hz。

4.3.7 对本条第 1 款作如下说明：

控制截面位移影响线曲线变化规律异常现象包括：曲线恒定不变、曲线异常上升、曲线异常下降、曲线局部出现明显波动、曲线数据缺失等。

4.4 试验结果分析

4.4.1 支点沉降会导致测点竖向位移值偏大，在进行试验结果分析前，应首先去除支点沉降带来的误差，根据测点到两端支点的距离，采用差值计算方法得到支点沉降对测点的修正值，并对测点测试数据进行修正。

4.4.2 一方面，由于准静载试验工况持续时间较短，所以可以忽略环境温度变化对测试结果的影响；另一方面，为了便于计算准静力位移影响线的实测积分值，在保证采样频率足够高的条件下，详见本标准 4.3.6 条第 1 款的规定，采用近似计算的方式获得该实测积分值，具体简化的过程描述如下：

控制测点的测试准静力位移影响线积分值按照下式计算：

$$D_e = \int_0^L f_e(x) dx \quad (4-1)$$

式中： $f_e(x)$ ——测试准静力位移影响线；

x ——为沿试验桥梁纵向的位置坐标 $0 \leq x \leq L$ ；

$\int_0^L f_e(x) dx$ ——测试准静力位移影响线的线积分，采用下式

简化近似计算：

$$\int_0^L f_e(x) dx = \sum_{k=1}^N \left(|f_{ek}| \frac{L}{N-1} \right) \quad (4-2)$$

因此，控制测点的测试准静力位移影响线积分值可按照正文中式（4.4.2-2）进行数值计算。

控制测点的理论计算位移影响线积分值按下式计算：

$$D_a = \int_0^L f_a(x) dx \quad (4-3)$$

式中： $f_a(x)$ ——理论计算的准静力位移影响线；

$\int_0^L f_a(x) dx$ ——理论计算的准静力位移影响线的线积分，作为结构等效弹性位移值，采用下式简化近似计算：

$$\int_0^L f_a(x) dx = \sum_{k=1}^N \left(|f_{ak}| \frac{L}{N-1} \right) \quad (4-4)$$

因此，控制测点的理论计算准静力位移影响线积分值可按照正文中式（4.4.2-3）进行数值计算。

横向增大系数反映了桥梁结构荷载不均匀分布程度。 ξ 值越小，说明荷载横向分布越均匀，横向联系构造越可靠； ξ 值越大，说明荷载横向分布越不均匀，横向联系构造越薄弱。

4.4.3 为了保证准静力位移影响线实测积分值的精度，位移影响线的测试采样频率不宜低于 10Hz，导致试验数据不可避免地混有测试噪声。采用低通滤波及减弱噪声的算法对试验数据进行预处理，以减弱测试噪声及信号中动力变化成分的干扰，提高试验结果分析的精度。

4.4.5 本表中校验系数取值为桥梁准静载试验的统计结果。本标准所提出方法为车辆缓慢通过桥梁，钢桥变形较快，可沿用现行行业标准《公路桥梁荷载试验规程》JTG/T J21—01 中的指标；但是，对于混凝土桥变形有一定的滞后性，需要考虑 0.80 的折减系数。若计算的校验系数结果超过限值，则需要根据现行行业标准《公路桥梁荷载试验规程》JTG/T J21—01 开展桥梁静载试验，对桥梁承载能力进行复核。

5 桥梁动载试验

5.1 一般规定

5.1.1 动力试验主要包括两方面试验检测内容：一方面，检测桥梁结构动力特性；另一方面，检测汽车荷载作用下桥梁结构动力响应性能。

5.1.2 (1) 桥梁结构自振频率可由以下方法计算得到：

a) 随机子空间法：当利用运营条件下的结构振动信号进行分析时，可采用随机子空间法识别结构自振频率。

b) 波形分析法：适用于单一频率自振信号。取若干周期自振波形，通过时间坐标计算自振频率均值。当测试信号包括多阶自振信号叠加时，通常利用带通滤波进行信号分离，得到单一频率的自振信号，再进行频率计算。

c) 频谱分析法：通常用于确定自振信号的各阶频率。用于分析的数据块中不包括强迫振动成分。

d) 行车激振法：采用行车激振法激励时，通常要确定车辆驶离桥梁的准确时刻，以免将强迫振动当作自由振动进行处理，导致自振频率误判。一般根据同时采集的动挠度、动应变实测信号中静态分量的起始位置判定余振起点，再利用分析仪中的数据截断功能将强迫振动响应舍弃。截断后的数据块长度通常要满足频率分辨率的要求。

(2) 桥梁结构振型参数识别可采用的计算方法较多，也较复杂。当采用环境激振法进行模态参数识别时，优先采用随机子

空间法。

(3) 桥梁结构阻尼比无法通过有限元计算, 仅能通过实测数据分析得到, 可由以下方法计算:

a) 波形分析法: 多阶自振信号叠加的波形通常首先分离为单一频率的自振信号, 再按下式计算阻尼比:

$$D = \frac{1}{2\pi n} \ln \frac{A_i - A'_i}{A_{i+n} - A'_{i+n}} \quad (5-1)$$

式中: D ——阻尼比;

n ——参与计算的波的个数, 不小于 3;

A_i ——参与计算的首波峰值;

A'_i ——参与计算的首波波谷值;

A_{i+n} ——参与计算的尾波峰值;

A'_{i+n} ——参与计算的尾波波谷值。

b) 半功率带宽法: 在自振频谱图上对每一阶自振频率采用半功率点带宽求取阻尼参数的方法。采用此方法时频率分辨率 Δf 一般不大于 1% 的自振频率值, 以保证插值计算的精度, 阻尼比计算方法见下式:

$$D = \frac{n}{\omega_0} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2\omega_0} = \frac{f_2 - f_1}{2f_0} \quad (5-2)$$

式中: f_0 ——自振频率;

f_1 、 f_2 ——半功率点频率, 即 0.707 倍功率谱峰值所对应的频率。

5.2 试验方案

5.2.4 对于桥面较宽的桥梁, 应考虑桥梁结构的扭转振型, 增加每个测试截面加速度测点。

5.2.6 采用两辆或多辆加载车进行试验时，应注意车辆间的配合，并保证试验安全。

5.3 现场试验

5.3.2 加载车速宜按 10km/h 的间隔递增选取。

5.3.3 桥梁动态数据采集设备属于弱电设备，容易受到其他电磁干扰源的影响，因此需要采取必要的屏蔽措施；同时，在试验过程中注意观察采集信号，避免数据异常波动现象出现。

5.4 试验结果分析

5.4.1 桥梁动力响应测试由于采样频率较高，试验数据会有测试噪声干扰，可采用异常数据剔除、重采样分析、滤波等方法，提高测试数据的精度。采用异常数据剔除方法可剔除测试数据中的异常值，提高测试数据质量；重采样技术可提高采样分辨率，建立多种采样频率的信号，提高信号的采样精度；低通滤波算法可去除高频率不相关信号数据，减弱噪声的影响，提高测试数据信噪比。

5.4.2 环境激励技术与运营模态分析方法相结合可解决不中断交通条件下的桥梁结构模态参数（频率、阻尼比、振型）识别问题。首先，采集不中断交通条件下桥梁结构振动加速度响应；然后，分别做任意测点加速度响应的自相关函数，并选定任意一个测点为参考点，计算其他测点与参考点测试加速度响应的互相关函数；最后，利用上述测点响应之间的自相关函数与互相关函数构造桥梁结构脉冲响应函数，进而识别桥梁结构模态参数。环境激励下运营模态分析方法应采用随机子空间方法、特征系统实

现算法及频域分解法等。

5.4.3 最大动挠度值 $d_{\max}$ 可通过动挠度曲线直接读取，最大静挠度值 $d_{\min}$ 宜通过如下三种方法获取：有限元模型计算法、低通滤波法与经验模态分解法。

5.4.4 对本条第 2、3、4 三款作如下说明：

2 频谱图对于识别桥梁结构的频率具有指导作用，利用该曲线可以对识别得到的模态参数进行初步校验；

3 比较实测自振频率与理论计算频率值，当实测频率小于计算频率时，说明桥梁结构实际刚度可能小于理论刚度；

4 桥梁结构测试冲击系数是与桥面平整度、加载车辆车速等因素相关的随机变量，应综合比较不同车速下桥梁结构的测试冲击系数，确定鲁棒性较好的测试结果。