

DB36

江西省地方标准

DB36/T 1498—2021

基于振动测试法桥梁检测技术规程

Technical specification for bridge detection based on vibration test method

地方标准信息服务平台

2021 - 12 - 14 发布

2022 - 06 - 01 实施

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 基本规定.....	2
5 测试设备.....	2
6 桥梁振动测试.....	3
7 检测报告.....	7
附录 A（规范性）测试设备的技术要求.....	8
附录 B（资料性）桥梁结构行车舒适性.....	10
附录 C（资料性）索力振动法检测.....	12
附录 D（规范性）检测原始记录表.....	14
条文说明.....	15

地方标准信息服务平台

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江西省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：江西省交通科学研究院有限公司、江西省交通投资集团有限责任公司、江西省交通职业技术学院、江西省公路管理局、南昌市公路管理局、华东交通大学。

本文件主要起草人：伍建强、罗强、温永华、孙洋、陈浩、张志勇、周叶军、艾志勇、代力、朱泽文、刘永明、林旭、吴继锋、李德慧、程海根、邓泽城、龚昕、祝谭雍、陈瑛、程振华、叶武元。

地方标准信息服务平台

基于振动测试法桥梁检测技术规程

1 范围

本文件规定了基于振动测试法桥梁检测的术语和定义、基本规定、测试设备、桥梁振动测试、检测报告。

本文件适用于江西省高速公路运营桥梁的结构振动特性检测。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 14412 机械振动与冲击加速度计的机械安装

JTG D60 公路桥涵设计通用规范

JTG H11 公路桥涵养护规范

JTG/T J21-01 公路桥梁荷载试验规程

JTG/T J21 公路桥梁承载能力检测评定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自振特性 natural vibration characteristics

表示桥梁结构固有特性的基本物理量，如固有频率、振型和阻尼比等。

3.2

振动响应 vibration response

表示桥梁结构受振动荷载输入作用时的输出，如位移响应、速度响应、加速度响应等。

3.3

频率范围 frequency range

传感器或测振系统正常工作的频带，在这个频带内输入信号频率的变化不会引起它们的灵敏度发生超过指定的百分数的变化。

3.4

灵敏度 sensitivity

表示传感器信号输出幅值与被测信号的输入幅值之比。

3.5

信噪比 signal to noise ratio

表示放大器的输出信号的电压与同时输出的噪声电压的比。

3.6

振动测试 vibration test

通过激振测试桥梁结构的自振特性和振动响应。

3.7

冲击系数 impact factor

汽车过桥时对桥梁结构产生的竖向动力效应的增大系数。

3.8

行车舒适性 riding quality

车辆以适宜的速度通过桥梁时，不会产生过大的影响驾乘人员舒适性的振动特性。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 振动测试法可检测桥梁结构的状态。

4.1.2 桥梁结构振动测试实施前，依据现有的行业标准、设计文件，应编制检测方案。

4.1.3 桥梁振动测试法检测所需技术参数，宜依据竣工资料或设计文件按相关标准规范取用。

4.2 现场检测程序

4.2.1 检测前，应通过实地调查，并参考历年检测资料，掌握桥梁病害、使用荷载和养护维修情况，搜集相关技术资料，确定检测的技术参数。

4.2.2 桥梁结构的振动特性检测

一般按照以下步骤进行：

- 1) 根据检测对象及目的，选择合适的测量参数；
- 2) 根据桥梁结构形式和检测要求布置测点；
- 3) 选择并安装传感器；
- 4) 连接导线（包括屏蔽线和接地线），对整个测量系统进行调试；
- 5) 选择合适的激励；
- 6) 采集数据并保存。

4.2.3 现场检测时，检测设备均应有防风、防尘、防雨雪、防潮、防晒、防振和接地等保护措施。

4.2.4 检测环境应避开外界干扰振源，测点应注意桥下管道、电磁场、噪声、射线等因素的影响。

4.2.5 对桥梁结构的振动特性进行现场检测时，不得对结构造成损害。

4.2.6 现场检测应满足相应设备操作安全规程和相关国家安全规程。

4.2.7 实测数据应保存完整，按相关规定存档。

5 测试设备

- 5.1 测试设备宜选用先进设备，技术性能应符合相关标准的规定，应按规定进行定期检定、校准。
- 5.2 主要测试设备应满足附录 A 的要求。
- 5.3 测试设备的量程应满足检测要求。
- 5.4 同一次检测应选用同种类型或规格的测试设备。
- 5.5 测试设备安装完毕后，应进行系统调试，并进行不少于 15min 的稳定观测。
- 5.6 应采取必要的措施对检测现场的测试设备进行安全保护。

6 桥梁振动测试

6.1 一般规定

6.1.1 噪声干扰及控制措施如下：

- 1) 桥梁振动测试设备属弱电设备，需要远离电磁干扰源。
- 2) 为减少噪声干扰，一般采用静电屏蔽、电磁屏蔽、接地、浮置等措施。

6.1.2 根据结构特点、测试的精度要求及现场实际情况，选择合适的激振方法。

6.1.3 测试过程中应对数据进行实时分析，发现异常现象应及时查明原因并采取相应措施。

6.1.4 采用计算机自动采集数据时，应对控制点的测值进行监控。

6.1.5 应测试桥梁结构的自振特性参数和振动响应值。在检测过程中，应观察结构的响应现象。

6.1.6 按照相关标准和本文件的有关规定，对原始测试记录进行科学分析处理，提取有价值的信息，通过分析桥梁结构的振动参数，形成相应的检测报告。

6.2 测试内容

6.2.1 桥梁结构自振特性检测

桥梁结构自振特性检测内容：

- 1) 桥梁结构自振特性应包括固有频率、振型、阻尼比等参数。
- 2) 振动测试采集系统通频带应覆盖桥梁结构拟测振型对应的频率，频率范围应选择（0.1~200）Hz，信噪比应大于80dB。
- 3) 振动测试的采样频率宜设定为基频的20~30倍或检测结构最大关注频率的10倍以上，同时宜大于低通滤波截止频率的3~4倍。
- 4) 采用环境激振法测量结构自振特性时，每个测站的采样时间宜不少于30min。
- 5) 在所需测定桥梁结构振型的峰、谷点上布设测振传感器，采用放大特性相同的多路放大器和记录特性相同的多路记录仪，同时测记各测点的振动响应信号。
- 6) 当因传感器数量不足或其它因素而需要分多批测试时，可将结构分成若干测站，选择并共用一个相同的参考点，在参考点和各测点分别布设测振传感器，用特性相同的多路放大器和多路记录仪，同时测记各测点的振动响应信号。
- 7) 多测站采样时，每个测站的采样频率和采样时间应该保持一致。

6.2.2 桥梁结构振动响应检测

桥梁结构振动响应检测内容：

1) 桥梁结构振动响应检测是指桥梁结构在强迫振动荷载作用下的振动响应参数的测试,包括动挠度、动应变、速度及加速度等,通过这些测试参数可求得冲击系数及行车舒适性(见附录B)。

2) 检测前,应估计被测量参数的最大值,然后调整仪器的量程,最大值宜落在量程的1/2~2/3之间,以获得最大信噪比。

3) 现场检测的测点布置应按照检测的要求和目的,结合桥梁结构形式综合确定。在变形和应变较大的部位应布置测点,振动测点应避开拟测振型的零点。

4) 现场检测所采集的信息波形应不失真,采样频率宜大于所关心的结构自振频率的10倍以上,采样时间可根据信号衰减情况进行确定。

6.3 测试工况及测点布置

6.3.1 桥梁振动测试的工况应根据具体的测试参数和采用的激振方法确定,应说明有交通荷载工况或无交通荷载工况。

6.3.2 测点布置应符合下列规定:

1) 测试截面应根据桥梁结构振型特征和振动响应最大的原则确定。

2) 对简支梁桥、连续梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥等主要桥型,按图1~图12和表1~表6选择测试截面。

3) 将大型桥梁结构分成几个单元分别测试,整个试验布置同一个固定参考点,将几个单元的测试数据通过固定参考点关联,拟合得到全桥结构振型图。

4) 测试桥梁结构行车响应时,应选择桥梁结构振动响应幅值最大部位为测试截面。简单结构宜选择跨中1个测试截面,复杂结构应增加测试截面。

5) 动挠度在每个测试截面应至少布置1个测点。动应变在每个测试截面应布置不少于2个测点。

表1 简支梁桥前3阶模态的传感器布置方案

模态阶数	至少需要传感器数	测点布设位置
1	1	L/2
2	2	L/4, 3L/4
3	3	L/6, L/2, 5L/6

注1: L-简支梁桥的计算跨径。

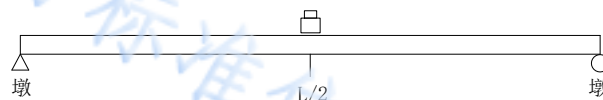


图1 简支梁桥前1阶模态的传感器布置方案

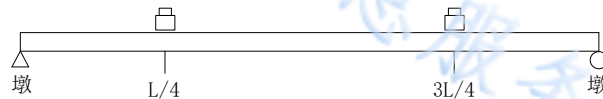


图2 简支梁桥前2阶模态的传感器布置方案

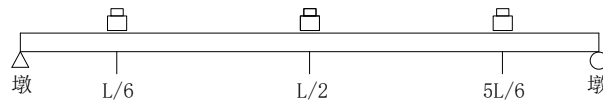


图3 简支梁桥前3阶模态的传感器布置方案

表 2 两等跨连续梁桥前 3 阶模态的传感器布置方案

模态阶数	至少需要传感器数	测点布置位置
1	2	$L/4, 3L/4$
2	4	$L/8, 3L/8, 5L/8, 7L/8$
3	6	$L/12, L/4, 5L/12, 7L/12, 3L/4, 11L/12$

注2: L-桥梁跨径总长。

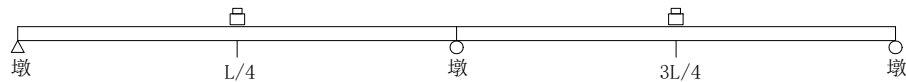


图 4 两等跨连续梁桥前 1 阶模态的传感器布置方案

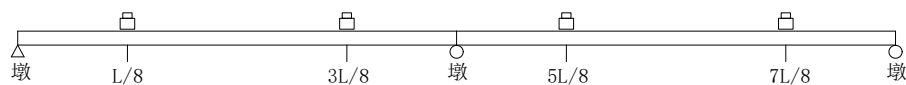


图 5 两等跨连续梁桥前 2 阶模态的传感器布置方案

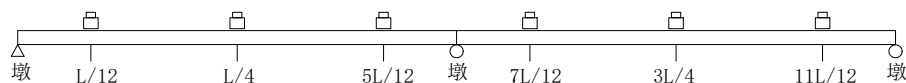


图 6 两等跨连续梁桥前 3 阶模态的传感器布置方案

表 3 三等跨连续梁桥前 3 阶模态的传感器布置方案

模态阶数	至少需要传感器数	测点布置位置
1	3	$L/6, L/2, 5L/6$
2	6	$L/12, L/4, 5L/12, 7L/12, 3L/4, 11L/12$
3	9	$L/18, L/6, 5L/18, 7L/18, L/2, 11L/18, 13L/18, 5L/6, 17L/18$

注3: L-桥梁跨径总长。

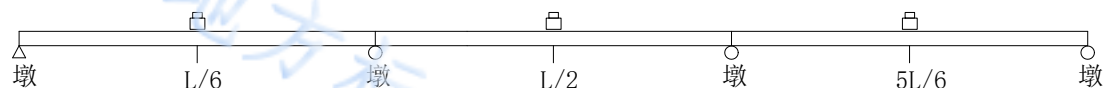


图 7 三等跨连续梁桥前 1 阶模态的传感器布置方案

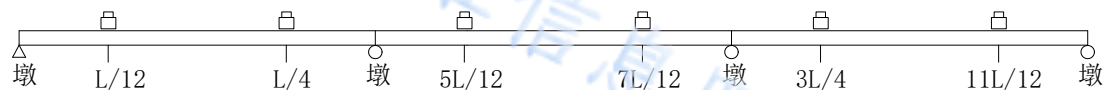


图 8 三等跨连续梁桥前 2 阶模态的传感器布置方案

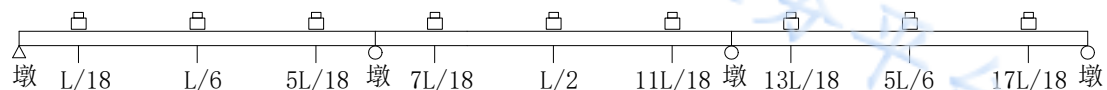


图 9 三等跨连续梁桥前 3 阶模态的传感器布置方案

表 4 拱桥模态的传感器布置方案

主梁或主拱	至少需要 (竖向或横向) 传感器数	测点布设位置
主跨主梁	7	L/8, L/4, 3L/8, L/2, 5L/8, 3L/4, 7L/8
边跨主梁	3	L/4, L/2, 3L/4
主拱	3	L/4, L/2, 3L/4

注4: L-桥梁各跨的计算跨径。

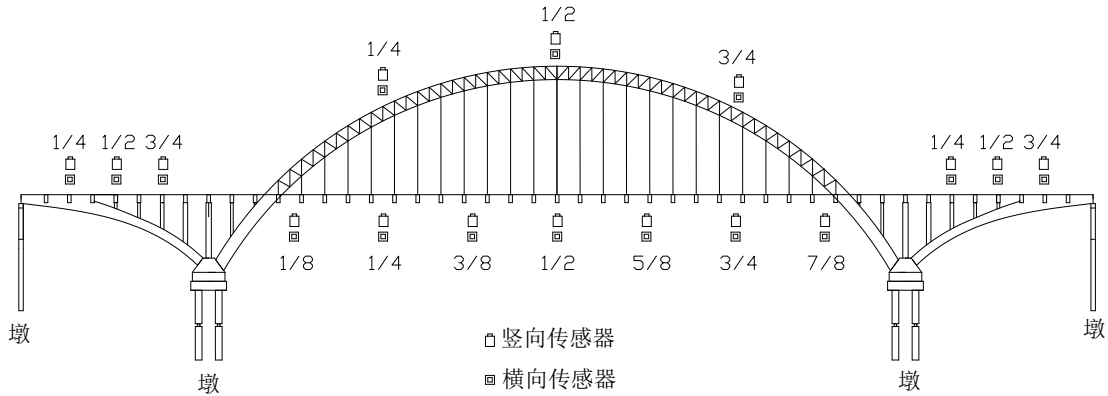


图 10 拱桥模态的传感器布置方案

表 5 斜拉桥模态的传感器布置方案

主梁或桥塔	至少需要 (竖向或横向) 传感器数	测点布设位置
主跨主梁	7	L/8, L/4, 3L/8, L/2, 5L/8, 3L/4, 7L/8
次边跨主梁	3	L/4, L/2, 3L/4
边跨主梁	1	L/2
桥塔	1	塔顶

注5: L-桥梁各跨的计算跨径。

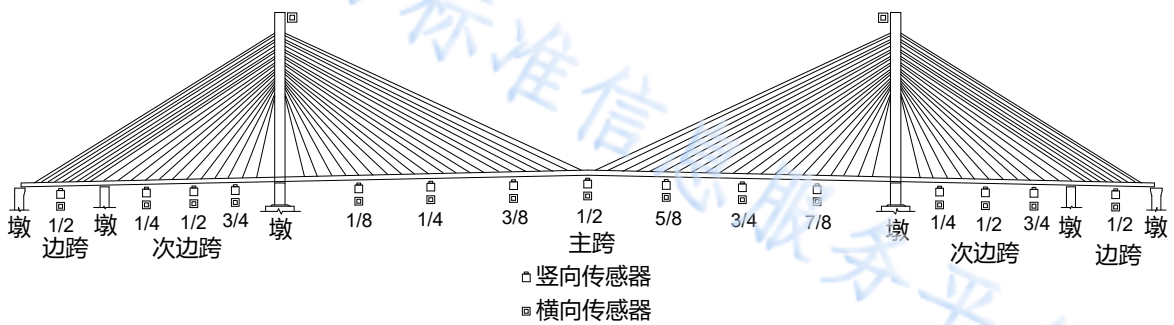


图 11 斜拉桥模态的传感器布置方案

表 6 悬索桥模态的传感器布置方案

主梁或桥塔	至少需要 (竖向或横向) 传感器数	测点布设位置
主跨主梁	7	L/8, L/4, 3L/8, L/2, 5L/8, 3L/4, 7L/8
桥塔	1	塔顶

注6: L-桥梁主跨的计算跨径。

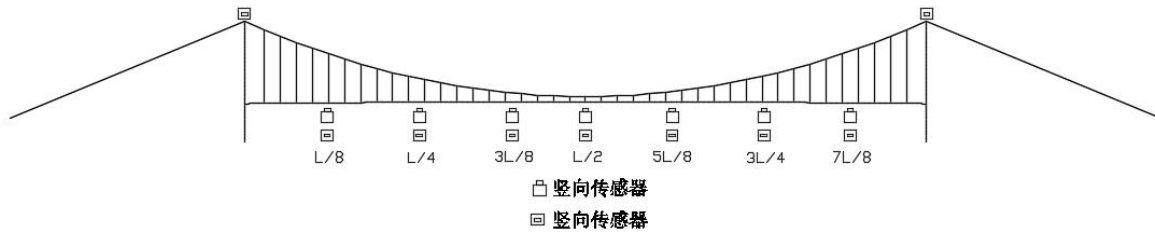


图 12 悬索桥模态的传感器布置方案

7 检测报告

7.1 工程概况

桥梁工程概况描述:

1) 桥梁的所属工程、名称、建设或服役龄期、起止点或中心桩号、结构形式、跨径组合、桥跨结构横断面形式、下部结构形式、设计荷载、运营车道数等主要技术指标。

2) 结构整体外貌照片, 含主要尺寸的桥跨结构的立面图、平面图及横断面图。

7.2 检测目的及依据

桥梁检测目的及依据如下:

1) 应按桥梁结构类型和设计荷载说明检测的目的。

2) 应列出检测所依据的标准规范、规程、设计图纸、竣工图纸及其他相关资料。

7.3 检测仪器设备应包括仪器设备的名称、型号、设备编号、主要技术参数等, 可列表给出。

7.4 桥梁检测内容:

1) 测试截面的选择及传感器测点布置, 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。

2) 荷载工况应依次说明有交通荷载工况或无交通荷载工况。

3) 对现场采集的振动信号进行数据处理, 分析得出结构自振频率、阻尼比、索力(见附录C)、冲击系数及行车舒适性, 对比自振频率的实测值与理论值。

4) 检测结论应包括测试的关键参数及结构的状态。

7.5 检测报告应突出重点、文理通顺、表达清楚、结论正确、信息完整。

7.6 技术建议应根据检测结论对结构提出有针对性建议, 如限速、限载、封闭交通、养护、维修加固或改扩建等。

附 录 A
(规范性)
测试设备的技术要求

A.1 自振特性测试设备应满足表 A-1 的技术要求

表 A-1 自振特性参数测试设备的技术要求

测量内容	测量系统		数据采集分析系统	
	仪器名称	适用范围	仪器名称	技术参数
自振特性参数	磁电式拾振器及放大器	①测量范围：位移±20mm；加速度±0.5g； ②频率响应：0.3Hz~20Hz； ③可用于行车试验、脉动试验	由计算机与相应软件构成的采集系统	①输入电压范围0V~±5(10)V； ②频率响应：0kHz~5kHz； ③采样频率不低于1kHz
	应变式加速度计及动态应变仪	①测量范围：±5g； ②频率响应：0Hz~100Hz； ③可用于行车试验		
	压电式加速度计及电荷放大器	①测量范围：±100g； ②频率响应：0.5kHz~1kHz； ③可用于行车试验，索力测量，高灵敏度的也可用于脉动试验		
	伺服式加速度计及放大器	①测量范围：±5g； ②频率响应：0Hz~100Hz； ③可用于行车试验、脉动试验		
	电容式加速度计及放大器	①测量范围：±5g； ②频率响应：0Hz~100Hz； ③可用于行车试验、脉动试验		

A.2 振动响应测试设备应满足表 A-2 的技术要求

表 A-2 振动响应测试设备的技术要求

测量内容	测量系统		数据采集分析系统		备注
	仪器名称	适用范围	仪器名称	技术参数	
应变	电阻应变计(片)及动态应变仪	①测量范围: $\pm 15000 \mu \varepsilon$; ②频率响应: 0kHz~10kHz; ③可用于行车试验	由计算机与相应软件构成的采集系统	①桥压范围 0V~ ± 5 (10) V; ②频率响应: 0kHz~5kHz; ③采样频率不低于 1kHz	可预埋或后装
	光纤光栅式应变计及调制解调器	①测量范围: $\pm 6000 \mu \varepsilon$; ②分辨率 $1 \mu \varepsilon$; ③可用于行车试验	光纤光栅式解调器	采样频率: 不低于 100Hz	
位移	电阻应变式位移计及动态应变仪	①测量范围: $\pm 15000 \mu \varepsilon$; ②频率响应: 0Hz~20Hz; ③可用于低速行车试验	由计算机与相应软件构成的采集系统	①桥压范围 0V~ ± 5 (10) V; ②频率响应: 0kHz~5kHz; ③采样频率不低于 1kHz	接触式测量, 需要表架
	光电位移测量装置	①测量距离: 500m; ②测量范围: ± 2.5 m (当最大测距时); ③频率响应: 20Hz; ④可用于行车试验			非接触式测量
	光电动挠度仪	①测量距离: 5m~500m; ②测量精度: ± 0.02 mm~ ± 0.03 mm, 与测量距离有关	---	---	非接触式测量

附 录 B
(资料性)
桥梁结构行车舒适性

车桥耦合振动会对人体产生心理和生理效应，狄克曼（Diekmann）指标K、斯佩林（Sperling）舒适性指标 W_z 的舒适性指标可以评价桥梁结构行车下的舒适性。车辆在桥上运行时，桥梁将产生振动，会引起司机、旅客及行人不舒适或不安全感。

①狄克曼（Diekmann）指标K

K的计算及判定标准见表B.1~表B.2。

表 B.1 狄克曼指标 K 的计算

振动方向	K 计算公式
横向振动	$f < 2\text{Hz}, K = 2Df^2$ $2\text{Hz} \leq f \leq 25\text{Hz}, K = 4Df$ $f > 25\text{Hz}, K = 100D$
竖向振动	$f < 5\text{Hz}, K = Df^2$ $5\text{Hz} \leq f \leq 40\text{Hz}, K = Df$ $f > 40\text{Hz}, K = 200D$

注：D为振动幅值（单位mm）； f 为强振频率。

表 B.2 人体对振动敏感度区域与 K 值对应表

K 值	人体对振动敏感度区域
0.1	能感受到振动的下限
1.0	能忍受任意长时间的振动
10	能忍受短期振动
100	人体对振动过分疲劳的上限

②斯佩林指标 W_z （用于司乘人员舒适性评价）

$$W_z = 2.7 \times \sqrt[10]{Z^3 f^2 F(f)} \dots\dots\dots(1)..$$

式中：

Z —振动幅值，单位为厘米（cm）；

f —强震频率；

$F(f)$ —频率修正函数，计算公式见表 B.3。

W_z 判定标准见表 B.4。

表 B.3 $F(f)$ 计算公式

振动方向	$F(f)$ 计算公式
横向振动	$0.5 < f \leq 5.4\text{Hz}, F(f) = 0.8f^2$
	$5.4 < f \leq 26\text{Hz}, F(f) = 650/f^2$
	$26 < f, F(f) = 1$
竖向振动	$0.5 < f \leq 5.4\text{Hz}, F(f) = 0.325f^2$
	$5.4 < f \leq 26\text{Hz}, F(f) = 400/f^2$
	$26 < f, F(f) = 1$

表 B.4 车辆舒适性评价标准

W_z	舒适性（司乘人员感觉）
1.00	感觉稍有振动
2.00	感觉明显振动
2.50	明显感觉振动，但无不适感
3.00	振动强烈不规则，但能忍受
3.25	振动非常不规则，感觉不舒适
3.50	振动极端不规则，时间长则不能忍受
4.00	极端不舒适，时间长则对人有害

附 录 C
(资料性)
索力振动法检测

C.1 一般规定如下:

- 1) 振动法测试索力时, 采用随机环境激振法, 并采集索的振动信号。当测试系统灵敏度不够时, 通过人工激振产生横向响应的余振信号。
- 2) 采集信号系统应符合本规程附录A的技术要求。
- 3) 测试温度宜与桥梁合拢时温度一致, 两者温度差宜控制在±5° C范围内。
- 4) 采样频率、分析点数、低通滤波器的截止频率等参数的选择应能有足够的分辨率, 保证测试精度, 采样时间一般不少于300秒。

C.2 检测方法如下:

- 1) 索上安装有阻尼器, 测量时应临时解除索的阻尼器。
- 2) 测试传感器应用专门的夹具或绑带固定在索股上, 测量拉索的横向振动信号。
- 3) 采样频率应大于或等于索股第5阶自振频率的5倍, 应不低于100Hz。
- 4) 采集振动信号时, 应注意观察信号质量, 同时进行实时频谱分析, 以确认测试效果。
- 5) 采用自谱分析法, 获取索的多阶自振频率, 应获取前5~10阶自振频率。

C.3 索力计算如下:

- 1) 根据实测前5阶自振频率值, 按每一阶自振频率计算索力, 取平均值作为索力实测值。
- 2) 当索的抗弯刚度可以忽略时, 按下式计算索力:

$$T = \frac{4\rho L^2 f_n^2}{n^2} \dots\dots\dots(2)$$

- 3) 当索的抗弯刚度不可忽略时, 且索两端约束条件可简化为简支时, 按下式计算索力:

$$T = \frac{4\rho L^2 f_n^2}{n^2} - \frac{n^2 \pi^2 EI}{L^2} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

T — 索力;

f_n — 索的第 n 阶自振频率;

L — 索的计算长度；

n — 自振频率阶数；

EI — 索的抗弯刚度；

ρ — 索的线密度。

4) 对于索的物理参数无法明确时，换算索力存在较大误差时，可直接采用频差和历史数据对比，可根据其变化情况来判断索力变化状况。

地方标准信息服务平台

附 录 D
(规范性)
检测原始记录表

表 D-1 检测原始记录表

工程项目					
检测依据					
检测工况					
检测仪器			检测环境		
检测地点			测点数量		
采样频率			检测时间		
采集仪通道号	测点编号	传感器编号	检测位置	文件名	备注
测点位置示意图					
数据文件名及存储位置					
检测人员		校核人员		检测日期	

条文说明

1 范围

该文件作为桥梁养护技术，归入桥梁养护技术的文档，按本文件对运营桥梁不中断交通情况下进行振动测试，快速检测高速公路运营桥梁的状况，普通公路桥梁及城市桥梁检测也可参照此文件执行。

振动测试法桥梁检测除应遵守本文件外，尚应符合交通部有关标准规范的规定。

3 术语和定义

3.7 冲击系数

当车辆以一定速度通过桥跨或以一定的速度越障时，将引起桥梁的振动，从而使桥梁结构在静应力和静挠度的基础上承受较大的动应力和动挠度。这种动荷载对应力和挠度增大的影响，通常采用冲击系数来衡量。冲击系数的大小综合反映了桥跨结构的动力性能、桥面平整度及运行车辆的动力特性、车速等因素的影响。因此冲击系数往往成为确定车辆载荷对桥梁动力作用的重要参数。振动测试中的冲击系数计算采用桥梁无障碍行车下的动挠度或动应变时程曲线进行计算。冲击系数计算公式如下：

$$\mu = \frac{f_{dmax}}{f_{jmax}} - 1 = \frac{f_{dmax}}{\frac{f_{dmax} + f_{dmin}}{2}} - 1 = \frac{f_{dmax}}{f_{dmax} - \frac{f_{p-p}}{2}} - 1 \dots \dots \dots (4)$$

式中：

f_{dmax} — 最大动挠度（动应变）幅值；

f_{jmax} — 取波形振幅中心轨迹的顶点值，或通过低通滤波求取；

f_{dmin} — 与 f_{dmax} 对应的动挠度（动应变）波谷值；

f_{p-p} — 挠度（应变）振动分量的峰-峰值。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.3 对缺失设计资料的桥梁，可根据桥梁检测资料，结合参考同年代类似桥梁设计文件或标准图取用。

4.2 现场检测程序

4.2.1 检测前要搜集有关桥梁勘察设计、施工、监理、运营、养护、试验检测及维修加固等方面的技术资料。调查了解桥梁病害史、使用中的特殊事件、限重限速原因、交通状况、改扩建计划、水文、气候、环境等方面情况，有针对性地确定检测内容和工作重点。

调查的资料主要包括：

(1) 勘察设计资料，主要包括：桥位地质钻探资料及水文勘测资料、设计计算书及有关图纸、变更设计计算书及有关图纸等；

(2) 施工、监理、监控与竣工技术资料，主要包括：材料试验资料、施工记录、监理资料、施工监控资料、地基与基础试验资料、竣工图纸及其说明、交工验收资料、交工验收荷载试验报告、竣工验

收有关资料等；

(3) 养护、试验检测及维修与加固资料，主要包括：桥梁检查、荷载试验、桥梁维修与加固等资料；

(4) 调查收集桥梁运营荷载的资料，主要包括：交通量、交通组成、车重、轴重等情况。

4.2.2 桥梁结构振动特性检测一般按照以下步骤进行：

合理设置检测参数，包括对采样频率、数据采集时间、传感器灵敏度、数据采集系统量程、几何参数、低通滤波器截止频率等参数进行设置。要求小信号不失真、大信号不超出量程，采用频域分析法时要求频率不混叠、谱线频率间隔不大于实测自振频率的1%。

传感器的安装应与检测目的相一致并遵循现行国家标准《机械振动与冲击加速度计的机械安装》(GB/T 14412)的要求。传感器安装须与主体结构保持良好接触，确保无相对振动。

5 测试设备

5.3 通常预计实测值处于测试设备量程的15%~85%。

5.5 测试设备安装完毕后通常进行检查，利用过往车辆来观察测试设备工作是否正常。在检测之前对各测点进行一段时间的稳定观测。观测结果用于衡量外界气候条件对测试结果的误差影响，或用于测点的温度影响修正。

5.6 测试设备容易受到碰撞扰动的部位，通常设置保护设备、系保险绳或设置醒目的标志。野外条件下，温度、湿度影响比较大，应采取防潮措施。

6 桥梁振动测试

6.1 一般规定

6.1.1 噪声干扰及控制措施

静电屏蔽可消除或消弱寄生分布电容耦合的干扰，电磁屏蔽可防止高频电磁场的干扰，如果屏蔽层接地，则可同时起到电磁屏蔽和静电屏蔽的作用；接地可以避免公共地线各点电位不均匀所产生的干扰；浮置是使测量系统的某一部分或全部与大地无直接联系，以阻断干扰电流的通路。

6.1.2 激振方法包括环境随机激振法、行车激振法及起振机激振法。

环境随机激振法（脉动法）：是指在桥面无任何交通荷载以及桥址附近无规则振源的情况下，通过测定桥梁由风荷载、地脉动、水流等随机激励引起的微幅振动来识别结构自振特性参数的方法。该方法需对采集的长样本信号进行能量平均，以便消除随机因素的影响。对悬索桥、斜拉桥等自振频率较低的桥型，为保证频率分辨率和提高信噪比，采集时间一般不小于30min。对小跨径桥梁，采集时间可以酌情减少。环境激振法更适合大跨柔性桥梁。

行车激振法：是利用车辆驶离桥面后引起的桥梁结构余振信号来识别结构自振特性参数，对小阻尼桥梁效果较好。

起振机激振法：是指利用起振机采用可控的定点正弦激励或正弦扫描激励使结构产生稳态振动。该方法测试精度高，但需要较为庞大的起振机设备，运输不方便，同时安装起振机对桥面将产生一定的损伤。在需要高精度识别桥梁结构动力特性时，可以采用此方法。

6.1.5 自振特性参数包括结构的自振频率、阻尼比和振型。桥梁振动响应指桥梁在振动荷载作用下的动应力、动挠度、速度、加速度、冲击系数。

6.2 测试内容

6.2.1 桥梁结构自振特性检测

- 1) 桥梁振动分竖向弯曲、横向弯曲以及扭转振动，应根据试验目的和需要确定测试桥梁振动的自振特性。
- 2) 对于特大跨度斜拉桥和悬索桥需要特别注意选用超低频传感器。

6.3 测试工况及测点布置

6.3.2 测点布置

- 2) 图1~图12和表1~表6适用于简支梁桥、连续梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥等主要桥型，其余桥型也可参考使用。

地方标准信息服务平台