

ICS
CCS

TMAC

团体标准

T/TMAC XXX-2026

桥梁结构视觉增强检测监测技术规范

Technical Specification for Vision-Enhanced Inspection and Monitoring of
Bridge Structures
(征求意见稿)

2026-07-30 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国技术市场协会

发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本规范实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本规范版权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本规范。第三方机构依据本规范开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲23号城乡大厦12层1217-1223

邮政编码：100036

电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn

电子信箱：136162004@qq.com

前 言

本规范按照《公路工程行业标准编写导则》（JTG1003-2023）的规定起草。

本规范在编制过程中，编制组进行了工程实例调研、视觉增强技术与装备性能检验，总结了公路桥梁结构微振动工程检测监测经验，选择参考了有关国际、国内先进标准，并广泛征求意见。

本规范共含有8章，主要技术内容包括总则，术语和符号，基本规定（不含设备），设备和系统要求，检测，监测（含数据传输）、数据处理、报告编制等。

请注意本规范中的某些内容可能涉及专利。本规范的发布机构不承担识别专利的责任。

本规范由中国技术市场协会交通运输专业委员会提出，由中国技术市场协会归口。受中国技术市场协会委托，由中交公路长大桥梁建设国家工程研究中心有限公司负责具体解释工作，请有关单位将实施中发现的问题与建议反馈至中交公路长大桥梁建设国家工程研究中心有限公司（地址：北京市西城区北三环中路29号院3号楼茅台大厦23层；联系电话：010-59270010；电子邮箱：hubo@bnerc.com），供修订时参考。

主编单位：中交公路长大桥梁建设国家工程研究中心有限公司

参编单位：广东省公路建设有限公司湾区特大桥养护技术中心、南京长江第二大桥有限责任公司、江苏高速公路工程养护技术公司、江苏苏通大桥有限责任公司、中交公路规划设计院有限公司、北京交通大学、河南交通投资集团有限公司、观为监测技术无锡股份有限公司。

主要起草人：朱尧于、冯良平、魏晓晨、刘涛、周旭东、杨楠、李捷、朱志伟、胡斌、付佰勇、李毅、付道兴、赵佳军、张鹏飞、左剑、吴海林、朱力、陶向华、何少阳、于奇、马笑潇、李佳欢、崔芷若、魏立国

主要审查人：刘家镇、王太、张继顺、赵君黎、王昌将、刘渊

目 次

前 言	IV
1 总则	1
2 术语和符号	1
2.1 术语	1
2.2 符号	2
3 基本规定	2
3.1 一般规定	2
3.2 测量原则	3
3.3 光照要求	3
3.4 精度要求	3
4 设备和系统要求	4
4.1 系统组成	4
4.2 摄像机要求	5
4.3 镜头要求	5
4.4 支撑及连接设备	5
4.5 系统性能要求	6
5 检测	6
5.1 一般规定	6
5.2 检测准备	7
5.3 测点布置	7
5.4 摄像设备架设	8
5.5 参数设置	8
5.6 视频采集	9
5.7 钢箱梁检测	9
5.8 斜拉索检测	9
5.9 索塔检测	10
5.10 约束装置检测	10

5.11 现场安全要求	10
6 监测	10
6.1 一般规定	10
6.2 自动采集要求	11
6.3 数据传输要求	11
6.4 数据同步	11
6.5 数据存储	11
6.6 异常报警	12
6.7 监测周期	12
7 数据处理	12
7.1 一般规定	13
7.1 数据检查	13
7.2 图像预处理	13
7.3 感兴趣区域选取	13
7.4 位移提取	13
7.5 信号处理	14
7.6 频谱分析	14
7.7 模态分析	14
7.8 运动放大	14
7.9 钢箱梁评估	14
7.10 斜拉索评估	14
7.11 索塔评估	15
7.12 约束装置评估	15
8 报告编制	16
8.1 一般规定	16
8.2 检测报告	16
8.3 监测报告	16
8.4 数据展示	17
8.5 结果评价	18
8.6 附件	18

1 总则

1.0.1 为规范视觉增强检测监测技术在桥梁领域的应用制定本规范。

1.0.2 本规范适用于公路桥梁结构微小位移、变形、振动的检测与监测。

1.0.3 桥梁结构视觉增强检测监测技术除应符合本规范规定外，尚应符合有关法律、法规及国家、行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 视觉增强 vision-enhanced

利用工业相机采集结构运动图像，并通过图像处理与运动放大算法增强图像中微小运动信息，用于结构微小位移、变形、振动等响应检测与分析的技术。

2.1.2 摄像机 camera

用于采集桥梁结构图像信息的相机设备。本规范中特指工业流媒体摄像机，用于获取结构运动过程中的连续图像序列。

2.1.3 单片机 microcontroller unit

一种具有中央处理器、存储器及输入输出接口的集成控制器件。用于控制工业相机数据采集的集成电路设备，以保障图像采集过程的稳定性。

2.1.4 焦距 focal length

镜头光学中心至图像传感器成像平面之间的距离。焦距为镜头的固有成像特性，影响图像视场范围和目标区域放大倍率。

2.1.5 帧率 frame rate, FPS

单位时间内摄像机采集图像帧的数量，单位为帧/秒（frames per second, FPS）。

2.1.6 曝光时间 exposure time

摄像机图像传感器接收光信号的持续时间。曝光时间影响图像亮度和成像效果，应根据目标运动特征和帧率进行设置。

2.1.7 增益 gain

用于调节摄像机图像传感器信号放大程度的参数。提高增益可增强图像亮度，但可能增加图像噪声并降低测量精度。

2.1.8 增强倍数 magnification factor

通过视觉增强算法对结构运动响应幅值放大的倍率，用于表征运动增强的程度。

2.1.9 感兴趣区域 region of interest, ROI

数字图像中选定用于计算分析的局部区域。

2.1.10 硬触发 hardware trigger

通过摄像机硬件触发接口接收外部触发信号，用于同步启动摄像机并输出图像数据的采集控制方式。

2.2 符号

k — 摄像机标定系数；

α — 摄像机像元尺寸；

f — 镜头焦距；

x_{RMS} — 振动加速度均方根；

D — 工作距离；

Δf — 频率分辨率；

T — 有效采集时长。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 视觉增强振动检测与监测应采用非接触式光学测量方法，通过采集被测结构表面图像信息，利用图像处理和运动分析技术获取结构振动位移、频率、振型等参数。

3.1.2 对于微小振动、低幅值形变及人眼难以直接辨识的动态变化，应采用运动放大和微观运动可视化等视觉增强技术，对图像序列中特定频带或运动特征进行选择性地放大，在保持结构整体几何形态基本不变的前提下，提高微小振动、局部变形及异常响应的可观测性，用于结构动态响应的直观显示与辅助分析。

3.1.3 微小振动是指在当前光学成像系统空间分辨率下，结构表面特征点运动位移小于 1 个像素的动态响应。

3.1.4 视觉增强应避免引入明显伪影、运动失真及频率混叠，宜结合亚像素运动估计、频域滤波、多尺度图像分解及相位分析等方法，保障微弱振动信息的提取精度和可视化效果，并确保放大结果能够真实反映结构实际响应特征。

3.1.5 检测监测前应根据被测目标运动特性检测目的以及现场环境条件制定相应检测监测方案，明确检测监测位置、设备和系统参数要求、数据采集和处理方法等。

3.1.6 检测监测过程中应保证被测目标具有良好的成像条件，包括适宜的光照、清晰的目标边界和足够的图像对比度。

3.1.7 检测监测结果受拍摄距离、镜头焦距、环境振动、光照条件以及图像质量影响，应根据现场条件合理选择测量参数。

3.2 测量原则

3.2.1 摄像机布置时，宜使相机成像平面平行于被测结构主要运动平面，使结构振动位移能够在图像平面内有效呈现。

3.2.2 当无法确定结构主要振动方向时，应通过多个方向布置测点进行测试，并根据测试结果确定主要振动方向。

3.2.3 在满足检测监测范围要求的条件下，应尽量缩短摄像设备与被测目标之间的距离，并采用较大焦距镜头，保证测量分辨率。

3.3 光照要求

3.3.1 被测区域应具有均匀稳定的光照条件，避免强反光、阴影以及背景干扰。

3.3.2 检测区域应避免图像像素过度饱和，重点分析区域像素不应达到 100%饱和状态。

3.3.3 当自然光不足时，应采用无频闪直流补光设备。

3.3.4 存在交流照明时，应设置采样频率为交流电频率整数倍，避免频闪影响。

3.4 精度要求

3.4.1 视觉增强检测监测系统的精度应根据相机标定参数确定。

3.4.2 像素物理尺寸换算公式如下：

$$k = \frac{D \times \alpha}{1000f} \quad (3.4.1)$$

式中：

k ——相机标定系数，单像素对应实际物理尺寸(mm/pixel)；

D ——摄像机至被测目标距离(mm)；

α ——相机像元尺寸(μm)；

f ——镜头焦距(mm)。

3.4.3 检测精度主要受工作距离和镜头焦距影响，距离越小、焦距越大，测量精度越高。

4 设备和系统要求

4.1 系统组成

4.1.1 视觉增强检测监测系统应包括：

- 1 摄像机；
- 2 镜头；
- 3 便携式计算机；
- 4 数据连接线；
- 5 稳定支撑设备；
- 6 图像采集与分析软件。

4.1.2 视觉增强监测系统应包括：

- 1 摄像机；
- 2 镜头；
- 3 工控机；

- 4 数据连接线;
- 5 稳定支撑设备;
- 6 图像采集与分析软件。
- 7 应急电源
- 8 室外防护装置

4.1.3 根据现场检测监测需求，可配置：

- 1 激光测距仪;
- 2 补光设备;
- 3 IO 触发设备;
- 4 单片机控制模块;
- 5 标记物。

4.2 摄像机要求

4.2.1 摄像机宜采用工业数字摄像机，应支持高速、稳定图像采集。

4.2.2 摄像机应支持：

- 1 外部硬触发采集;
- 2 高速连续采集;
- 3 原始图像保存;
- 4 参数可调。

4.3 镜头要求

4.3.1 镜头焦距应根据与目标的距离和目标尺寸选择。

4.3.2 目标距离较远时宜采用大焦距镜头，目标距离较近时宜采用小焦距镜头。

4.3.3 检测监测过程中应保证目标结构在图像中具有足够像素比例。

4.4 支撑及连接设备

4.4.1 三脚架应具有足够刚度和稳定性。

4.4.2 检测监测过程中应使用隔震垫降低设备自身振动影响。

4.5 系统性能要求

4.5.1 系统测量精度应符合计量检定规程 JJG (交通) 143- 2020《桥梁挠度检测仪》的相关要求。

4.5.2 系统工作环境温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，防护等级 IP66 及以上。

5 检测

5.1 一般规定

5.1.1 桥梁结构视觉增强检测工作的一般程序应符合图 5.1.1 的规定

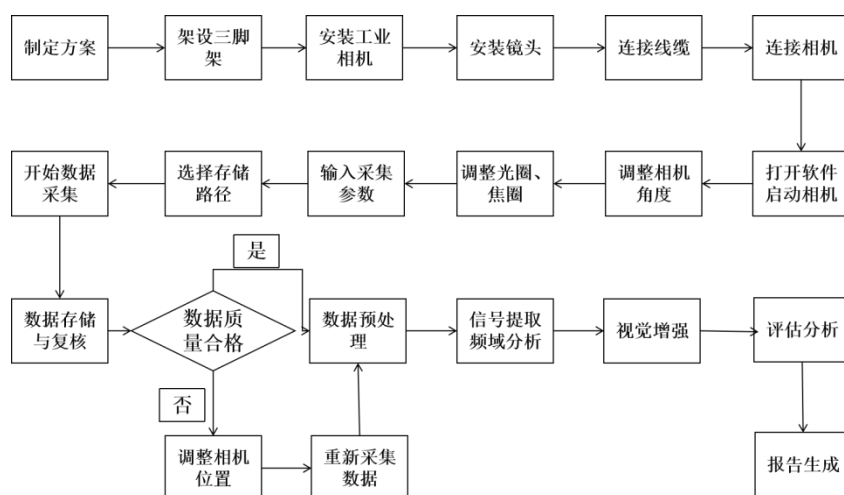


图 5.1.1 桥梁结构视觉增强检测一般程序图

5.1.2 采用视觉增强进行桥梁结构检测时，应根据桥梁结构形式、构件类型、检测目的及现场环境条件，合理确定检测对象、设备架设位置、拍摄距离、采集参数和检测时长。检测过程中应保证成像清晰、视场稳定，并尽量降低设备自身振动及外部环境振动对检测结果的影响。

5.1.2 视觉增强检测技术宜用于钢箱梁、斜拉索、索塔及约束装置等桥梁结构的位移、变形、振动检测和异常状态识别，可通过非接触方式获取结构的位移、振幅、频率及振型等动力响应信息，并结合结构设计参数、理论计算结果及历史监测数据，对结构振动特性及运行状态进行分析。

5.1.3 视觉增强检测应根据检测对象的运动特性和预期目标合理设置采集参数。对于柔性结构，宜重点关注低频、大幅值振动响应；对于刚性结构及局部构件，宜重点关注局部振动及异常响应。检测过程中应保证具有足够时长和有效采样点数。

5.1.4 采用视觉增强检测技术发现结构存在异常振动、异常位移或其他异常响应时，应结合结构设计资料、既有检测资料及现场实际情况进行综合分析。必要时，应采用常规人工检测、无损检测或专项检测等手段进行复核，不应仅依据视觉增强检测结果直接判定结构存在具体病害或安全隐患。

5.1.5 视觉增强检测结果宜形成结构振动特征参数及历史数据记录，并可通过与既有检测结果或长期监测数据进行对比，分析结构动力特性的变化趋势，为桥梁结构状态评估、异常预警及养护决策提供依据。

5.1.6 视觉增强检测前应根据桥梁结构类型、检测目的及现场条件编制检测方案，检测方案宜包括下列内容：

- 1 检测对象及测点布置；
- 2 检测工况；
- 3 摄像设备布置；
- 4 图像采集参数；
- 5 数据处理方法；
- 6 检测安全措施。

5.1.9 检测前应完成摄像设备标定，并测量摄像设备至被测目标之间的工作距离。

5.2 检测准备

5.2.1 检测前应检查摄像设备、镜头、采集计算机、供电系统及数据连接状态。

5.2.2 镜头及图像传感器表面应保持清洁，不应存在影响图像质量的灰尘、水雾及污渍。

5.2.3 现场环境应满足设备正常工作要求。

5.2.4 检测区域宜避开明显振源、强电磁干扰及遮挡区域。

5.3 测点布置

5.3.1 测点布置应满足结构动力特性识别要求。

5.3.2 测点宜布置于结构运动响应较明显的位置。

5.3.3 当进行模态识别时，应布置多个测点。

5.3.4 测点编号应统一编码，并保持与检测记录一致。

5.4 摄像设备架设

5.4.1 摄像设备应安装于稳定支撑装置。

5.4.2 支撑装置宜设置隔振措施。

5.4.3 摄像设备视场应完整覆盖检测区域。

5.4.4 摄像设备安装完成后应检查：

- 1 成像范围；
- 2 对焦状态；
- 3 光照条件；
- 4 图像清晰度；
- 5 图像稳定性。

5.5 参数设置

5.5.1 图像采集参数应根据检测对象动态特性确定。

5.5.2 采集参数应包括：

- 1 图像分辨率；
- 2 曝光时间；
- 3 增益；
- 4 采样帧率；
- 5 采集时长。

5.5.3 采样帧率应满足奈奎斯特采样要求，并宜为目标最高分析频率的 2.5 倍及以上。频率分辨率计

算公式如式 5.5.1：

$$\Delta f = \frac{1}{T} \quad (5.5.1)$$

式中： Δf —为频率分辨率；

T—有效采集时长。

5.5.4 采集时长应满足频率分辨率要求。

5.6 视频采集

5.6.1 视频采集前应确认图像质量符合要求。

5.6.2 采集过程中不得调整摄像设备位置。

5.6.3 采集完成后应检查：

- 1 图像完整性；
- 2 图像清晰度；
- 3 图像稳定性；
- 4 数据连续性。

5.6.4 采集数据不满足要求时，应重新采集。

5.7 钢箱梁检测

5.7.1 钢箱梁视觉增强检测宜用于获取钢箱梁整体及局部区域的振动响应，分析其振幅、频率及振型等动力特征。对于大跨径钢箱梁，宜重点关注整体结构的竖向、横向及弯曲振动特性；对于局部结构，宜重点关注局部构件及连接区域的异常振动响应。

5.7.2 钢箱梁检测应根据检测对象和拍摄距离合理选择镜头焦距，并保证目标结构在图像中具有足够的有效像素。当进行局部结构检测时，应确保目标区域具有清晰、稳定的成像条件；当进行整体结构检测时，应保证目标结构处于有效视场范围内。

5.8 斜拉索检测

5.8.1 斜拉索视觉增强检测宜用于获取拉索的振动位移、振幅、频率及振型等动力响应，并可根据振动特性分析拉索的异常振动状态。检测时应根据拉索长度、直径、布置形式及现场拍摄条件合理确定检测范围和目标拉索数量。

5.8.2 采用视觉增强检测技术进行多根斜拉索同步检测时，应保证各被测拉索在图像中具有足够的有效像素，并应避免相邻拉索之间发生明显遮挡或目标混淆。拉索数量较多时，应根据成像条件适当调整拍摄距离和镜头焦距。

5.8.3 斜拉索索力检测可根据相关规范采用基于振动频率的索力计算方法。采用视觉增强检测技术获取拉索振动频率时，应保证采集数据满足索力计算及相关分析的要求。

5.9 索塔检测

5.9.1 索塔检测宜用于获取索塔整体或局部区域的振动响应，分析其振幅、频率及振型等动力特征。检测时应根据索塔结构形式及检测目标合理选择拍摄区域和设备架设位置。

5.9.2 索塔刚度较大，采用视觉增强检测技术进行检测时，应根据结构振动特性合理设置采集参数，并采取必要的减振、隔振措施，降低桥面交通、设备架设平台及其他外部振源对检测结果的影响。

5.10 约束装置检测

5.10.1 约束装置检测宜用于支座、阻尼器、销轴、螺栓及其他连接和约束构件的振动、位移及转动响应检测。检测时应根据约束装置的结构形式、工作状态及检测目标合理确定拍摄区域。

5.10.2 约束装置检测宜重点关注其与桥梁主体结构之间的相对运动及协同工作状态。通过视觉增强检测获取约束装置的振动响应后，宜结合桥梁主体结构的振动特性，对约束装置与主体结构之间的振动关系进行分析。

5.10.3 约束装置视觉增强检测宜用于结构状态的持续跟踪和趋势分析。对同一检测对象进行周期性检测时，宜保持相对一致的检测条件，并通过不同检测时段的结果对比，分析其动力特性及运动状态的变化趋势。

5.11 现场安全要求

5.11.1 检测人员应遵守现场安全管理规定。

5.11.2 检测设备应采取防跌落、防雨、防尘措施。

5.11.3 检测过程中不得影响桥梁正常运营安全。

6 监测

6.1 一般规定

6.1.1 视觉增强长期监测应采用固定监测点位，并保持摄像设备安装位置和姿态一致。

6.1.2 监测系统应具备连续自动采集、自动分析、自动存储和远程访问功能。

6.1.3 监测系统应支持全天候连续运行。

6.2 自动采集要求

6.2.1 系统应支持定时采集、周期采集及事件触发采集。

6.2.2 采集时间应统一采用标准时间。

6.2.3 连续监测过程中不得随意修改采集参数。

6.3 数据传输要求

6.3.1 监测数据可采用有线网络、无线网络或工业通信网络进行传输。

6.3.2 数据传输应满足下列要求：

- 1 数据完整；
- 2 时间同步；
- 3 自动校验；
- 4 断点续传；
- 5 数据加密。

6.3.3 视频数据宜采用 H.264、H.265 或无损视频编码格式。

6.3.4 监测数据宜采用 TCP/IP、HTTPS、MQTT 或 WebSocket 等通信协议进行传输。

6.4 数据同步

6.4.1 多摄像设备同步监测时，应采用统一时间基准。

6.4.2 时间同步误差宜小于 10 ms。

6.4.3 多设备同步宜采用 GPS 授时、北斗授时或网络时间同步方式。

6.5 数据存储

6.5.1 监测数据库应至少包括：

- 1 原始视频；
- 2 图像序列；

3 位移数据；

4 频率数据；

5 振型数据；

6 参数配置；

7 日志信息；

8 报警信息。

6.5.2 数据库应支持历史数据查询、统计分析及数据备份。

6.5.3 原始视频数据不应直接覆盖。

6.6 异常报警

6.6.1 系统应具备自动报警功能。

6.6.2 报警条件宜包括：

1 固有频率变化超过预警阈值；

2 振动幅值持续增大；

3 振型发生明显变化；

4 图像采集异常；

5 通信中断；

6 设备离线。

6.6.3 报警信息应自动记录发生时间、测点编号、报警类型及处理状态。

6.7 监测周期

6.7.1 监测周期应根据桥梁结构类型及监测目的确定。

6.7.2 运营桥梁宜采用定期监测；重要桥梁宜采用连续在线监测。

6.7.3 特殊工况、极端天气及突发事件后应及时开展专项监测。

7 数据处理

7.1 一般规定

数据处理工作的一般程序应符合图 7.1.1 的规定

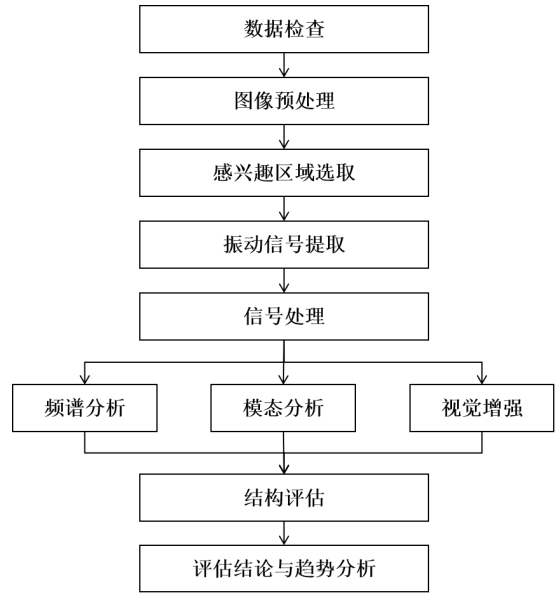


图7.1.1 数据处理一般程序图

7.1 数据检查

7.1.1 采集完成后应检查图像完整性、连续性、清晰度及稳定性。

7.2 图像预处理

7.2.1 图像预处理宜包括：

- 1 图像裁剪；
- 2 去噪；
- 3 图像稳定；
- 4 图像增强；
- 5 视频生成。

7.3 感兴趣区域选取

7.3.1 感兴趣区域应位于纹理清晰、亮度均匀区域。

7.4 位移提取

7.4.1 应采用亚像素位移跟踪算法提取结构微小位移、变形或振动。

7.5 信号处理

7.5.1 位移信号应根据数据质量和结构评估诊断需求进行：

- 1 去趋势；
- 2 滤波；
- 3 加窗；
- 4 去噪。

7.6 频谱分析

7.6.1 频谱分析应采用傅里叶变换或其他频域分析方法。

7.7 模态分析

7.7.1 模态分析应提取结构的频率结果，当结构覆盖范围较大时宜同时提取振型识别结果。

7.8 运动放大

7.8.1 运动放大应根据目标频率范围设置滤波参数及增强倍数。

7.9 钢箱梁评估

7.9.1 钢箱梁评估宜基于振动响应数据开展模态参数分析，获取结构的固有频率、振型及振幅等动力特征，当结构频率、振幅或振型出现明显异常变化时，应结合现场环境、荷载工况及其他检测资料进行综合判断。

7.9.2 采用视觉增强运动放大技术进行钢箱梁检测时，宜重点分析结构整体及局部区域的异常、位移、变形及振动响应。对于检测发现的异常响应，应结合现场外观检查及必要的专项检测，进一步判断其可能原因。

7.9.3 钢箱梁视觉增强检测监测结果宜作为结构技术状况评估和长期健康监测的辅助依据。通过对不同同时段的振动特征参数进行对比，可分析结构动力特性的变化趋势，并为结构异常预警及养护决策提供参考。

7.10 斜拉索评估

7.10.1 斜拉索评估宜通过分析拉索的频率、振型和振幅等动力响应参数，判断拉索振动状态是否存

在异常。检测结果应结合拉索设计参数、环境条件及历史检测数据进行综合分析。

7.10.2 斜拉索索力计算及评估应符合《公路缆索结构体系桥梁养护技术规范》（JTGT 5122—2021）的规定。采用视觉增强检测技术获取拉索振动频率时，应根据实测振动频率及相关参数进行索力分析，并结合既有索力检测结果进行对比。

7.10.3 斜拉索振动加速度均方根可按下式计算：

$$x_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i^2} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 \cdots x_i^2}{N}} \quad (7.9.1)$$

式中： x_i —第 i 个采样点的加速度值， $i=1, 2, 3 \dots n$ ；

N —振动加速度的采样点数。

7.10.4 振动加速度均方根宜用于表征斜拉索在一定时间段内的振动强度。进行长期监测时，宜结合正常运行状态下的历史监测数据建立基准值或变化范围。当振动加速度均方根较正常状态出现持续或显著增大时，应结合风荷载、车辆荷载、温度及其他环境因素进行分析，并根据需要开展进一步检测。

7.11 索塔评估

7.11.1 索塔评估宜通过分析振动响应数据，获取索塔的振幅、频率、振型等动力特征，并结合结构设计参数及历史监测数据，判断索塔动力特性是否存在异常变化。

7.11.2 索塔整体刚度较大，检测过程中宜重点关注较大位移及异常振动。对于检测发现的异常响应，应结合桥梁运行工况、环境因素及现场检查结果进行综合分析。

7.11.3 当索塔振幅或位移出现明显异常，或其动力特性与历史正常状态存在较大差异时，应进一步开展现场检查或专项检测，必要时结合结构计算分析判断其对桥梁结构安全性和正常使用性能的影响。

7.12 约束装置评估

7.12.1 约束装置评估应根据不同类型约束装置的工作特点，分析其振动、位移及转动响应，判断其运动状态是否正常，并结合设计参数或历史监测数据分析其动力特性变化。

7.12.2 约束装置评估宜考虑约束装置与桥梁主体结构之间的耦合作用，通过分析两者之间的相对运动及振动响应，判断约束装置是否能够满足设计工作状态要求。

7.12.3 当约束装置出现异常振动、异常转动、异常位移或与桥梁主体结构运动状态不协调等现象时，应结合现场检查结果进一步分析其可能原因，并根据需要开展专项检测。

7.12.4 约束装置视觉增强检测监测宜用于结构状态的长期跟踪。通过对不同检测时段的检测结果进行对比分析，可识别约束装置结构状态及动力特性的变化趋势，为结构维护和管理提供依据。

8 报告编制

8.1 一般规定

8.1.1 检测、监测完成后应形成正式报告。

8.2 检测报告

8.2.1 检测报告应包括：

- 1 工程概况；
- 2 检测目的；
- 3 检测依据；
- 4 检测设备；
- 5 测点布置；
- 6 检测工况；
- 7 数据分析；
- 8 检测结果；
- 9 结论及建议。

8.3 监测报告

8.3.1 监测报告除应符合 8.2 规定外，还应包括：

- 1 工程概况

- 2 监测目的
- 3 监测依据
- 4 监测设备
- 5 测点布置
- 6 监测工况
- 7 数据统计；
- 8 趋势分析；
- 9 异常事件；
- 10 健康状态评价；
- 11 结论及建议。

8.4 数据展示

8.4.1 检测成果宜包括：

- 1 位移、变形或振动时程曲线；
- 2 振动测点频谱曲线；
- 3 运动放大视频；
- 4 最大位移、变形或振幅、频率、振型等特征参数统计结果。

8.4.2 监测成果宜包括：

- 1 位移、变形或振动时程曲线；
- 2 振动测点频谱曲线；
- 3 位移、变形、振幅、频率、振型等特征参数统计结果；
- 4 特征参数随时间变化曲线及趋势分析结果；
- 5 典型工况及异常时段运动放大视频；
- 6 异常事件及相关参数变化记录；
- 7 不同监测时段及历史监测数据的对比结果。

8.5 结果评价

8.5.1 应根据设计文件及相关标准，通过对检测结果中给出的时程曲线、频谱曲线、运动放大结果、特征参数等进行综合评价，判定结构状态是否存在异常，并提出维护建议。

8.5.2 应根据设计文件、相关标准及历史监测数据，通过对监测结果中给出的时程曲线、频谱曲线、运动放大结果、特征参数统计结果、变化趋势及异常事件等进行综合评价，并结合环境条件、运营工况及不同监测时段的对比结果，分析结构动力特性及运行状态的变化规律，判定结构状态是否存在异常或异常发展趋势，评价结构运行状态，并提出预警、持续跟踪、专项检测或维护建议。

8.6 附件

8.6.1 报告附件宜包括：

- 1 原始视频；
- 2 数据文件；
- 3 图像成果；
- 4 参数配置文件；
- 5 异常报警记录；
- 6 现场记录。