

UDC

MH

中华人民共和国行业标准

P

MH/T 5088—2025

民用机场飞机荷载桥梁结构监测 技术规范

Technical specification for structural monitoring of
aircraft bridge in civil airport

2025-04-24 发布

2025-06-01 施行

中国民用航空局 发布

中华人民共和国行业标准

民用机场飞机荷载桥梁结构监测 技术规范

**Technical specification for structural monitoring of
aircraft bridge in civil airport**

MH/T 5088—2025

主编单位：中国民航工程咨询有限公司
中交公路规划设计院有限公司
批准部门：中国民用航空局
施行日期：2025 年 6 月 1 日

中国民航出版社有限公司
2025 北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

民用机场飞机荷载桥梁结构监测技术规范 / 中国民航工程咨询有限公司, 中交公路规划设计院有限公司主编.
北京: 中国民航出版社有限公司, 2025. — ISBN 978-7-5128-1488-2

I. V351.11-65

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 202540NF59 号

中华人民共和国行业标准
民用机场飞机荷载桥梁结构监测技术规范
MH/T 5088—2025

中国民航工程咨询有限公司
中交公路规划设计院有限公司 主编

责任编辑 韩景峰
出版 中国民航出版社有限公司 (010) 64279457
地址 北京市朝阳区十里河桥东中国民航报社二层 (100122)
排版 北京愚人码字文化传媒有限公司
印刷 北京金吉士印刷有限责任公司
发行 中国民航出版社有限公司 (010) 64297307 64290477
开本 880×1230 1/16
印张 3
字数 87 千字
版印次 2025 年 5 月第 1 版 2025 年 5 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-5128-1488-2
定价 28.00 元

官方微博 <http://weibo.com/phcaac>
淘宝网店 <https://shop142257812.taobao.com>
电子邮箱 phcaac@163.com

中国民用航空局 公告

2025 年第 6 号

中国民用航空局关于发布《民用机场飞机荷载 桥梁结构监测技术规范》的公告

现发布《民用机场飞机荷载桥梁结构监测技术规范》（MH/T 5088—2025），自 2025 年 6 月 1 日起施行。

本标准由中国民用航空局机场司负责管理和解释，由中国民航出版社出版发行。

中国民用航空局

2025 年 4 月 24 日

前 言

飞机荷载桥梁结构监测是保证桥梁安全和可持续使用的重要手段，为规范飞机荷载桥梁结构监测工作，统一监测技术要求，编制本规范。

本规范编制过程中，编写组深入调研，借鉴国内外公路、铁路、市政等行业桥梁监测标准规范，总结北京大兴国际机场、青岛胶东国际机场等飞机荷载桥梁结构监测试点经验，并在此基础上广泛征求意见，经过反复讨论、修改，最终定稿。

本规范的主要技术内容包括9章：1. 总则；2. 术语和定义；3. 基本规定；4. 监测内容；5. 监测点布设；6. 监测方法；7. 监测系统；8. 数据管理；9. 数据应用。

本规范第1章由韩晓、刘希成编写，第2章由刘希成、惠先哲编写，第3章由韩晓、刘晓东编写，第4章由赵煜、药天运、刘希成、童岩、李宗贺编写，第5章由滕启杰、张晓光、王准、曹铁志、惠先哲编写，第6章由周勇军、药天运、王玲玲、李宜龙、程金星编写，第7章由韩晓、张照辉、李小龙、刘希成、刘洋编写，第8章由叶志龙、张照辉、时琳、王玲玲编写，第9章由向会伦、曹铁志、李小龙、刘洋编写，附录A由王玲玲、惠先哲编写，附录B由刘洋、刘希成编写，附录C由叶志龙、刘洋编写，附录D由滕启杰、张晓光编写，统稿工作由韩晓、刘晓东、刘希成完成。

本规范由主编单位负责日常管理。执行过程中如有意见和建议，请函告中国民航工程咨询有限公司（地址：北京市顺义区二纬路9号中国服务大厦C区三层；邮编100621；传真：010-64557534；电话：010-64557555；电子邮箱：chinacaec@caec.com），以及民航工程建设标准化技术委员会秘书处或机场司工程监督处（网址：www.caecs.org.cn；电子邮箱：mhgcjsbwh@163.com），以便修订时参考。

主编单位：中国民航工程咨询有限公司

中交公路规划设计院有限公司

参编单位：民航机场规划设计研究总院有限公司

长安大学

民航科研基地（北京）有限公司

主 编：韩 晓 刘晓东

参编人员：叶志龙 刘希成 滕启杰 赵 煜 向会伦 李 龙 李小龙

李宜龙 张晓光 张照辉 药天运 惠先哲 王玲玲 童 岩

程金星 刘 洋 周勇军 曹铁志 王 准 时 琳 李宗贺

王 淼

主 审：周海涛 郑 斐 吕 青

参审人员：张献民 吴 瑾 张立业 崔艾军 李世安 董汇标 闫 昕

袁 洪 杨晓滨 兰成明 张东昱 鲍跃全 周 毅 尹 京

费 磊 张 超 刘 雯 谢述鹏 顾时俊 李柏林 朱庆军

目 次

1	总 则	1
2	术语和定义	2
3	基本规定	3
4	监测内容	4
4.1	一般规定	4
4.2	监测内容	4
5	监测点布设	6
5.1	一般规定	6
5.2	环境与作用监测点	6
5.3	结构响应监测点	7
5.4	结构变化监测点	8
6	监测方法	9
6.1	一般规定	9
6.2	环境与作用监测	9
6.3	结构响应监测	10
6.4	结构变化监测	11
7	监测系统	13
7.1	一般规定	13
7.2	系统功能及架构	13
7.3	技术要求	14
7.4	其他要求	17
8	数据管理	18
8.1	一般规定	18
8.2	数据编码	18
8.3	数据预处理	19
8.4	数据接入	19
8.5	数据存储	20
8.6	数据安全	20

9 数据应用	21
9.1 一般规定	21
9.2 监测数据分析	21
9.3 超限报警	22
9.4 检查建议	23
9.5 特殊事件应急处置	24
附录 A 监测类别信息	25
附录 B 监测系统数据表定义	26
附录 C 监测报告基本格式	31
附录 D 监测点布置示意图	34
标准用词说明	36
引用标准名录	37

1 总 则

1.0.1 为规范和指导民用机场飞机荷载桥梁结构监测工作，统一标准和技术要求，保障飞机荷载桥梁安全运行，制定本规范。

【条文说明】当前，国内机场在役飞机荷载桥梁数量近 80 座，部分桥梁使用年限已超过 30 年。随着桥梁服役年限的增长，结构劣化、材料老化和性能退化凸显，个别桥梁处于“带病”工作状态。为进一步提升飞机荷载桥梁结构安全、耐久和韧性水平，提高桥梁的养护管理能力，强化开展桥梁结构监测工作。本规范旨在明确飞机荷载桥梁结构监测技术要求，对桥梁运行环境、所受作用、结构响应和结构变化进行监测，实时感知桥梁工作性能和使用状况，持续归集数字档案。

1.0.2 本规范适用于民用机场（含军民合用机场的民用部分）采用飞机滑行设计工况的桥梁。采用飞机着陆接地设计工况的桥梁结构监测应进行专项研究。

【条文说明】《民用机场飞机荷载桥梁设计指南》（MH/T 5063）对飞机荷载桥梁根据其所在机场区域进行了分类，并明确了不同类别飞机荷载桥梁所承担的荷载工况。目前，国内对采用飞机滑行设计工况的桥梁研究较为深入，飞机着陆接地设计工况的桥梁在荷载工况、飞机冲击作用等方面均与飞机滑行工况设计的桥梁存在较大差异。因此，桥梁结构监测中的监测方法、采集频率等需进行专项研究。

1.0.3 飞机荷载桥梁结构监测提倡采用新技术、新方法、新设备。

1.0.4 飞机荷载桥梁结构监测除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和定义

2.0.1 飞机荷载桥梁 aircraft bridge

位于机场内,供飞机滑行、起飞、着陆和停放的桥梁。

2.0.2 滑行道桥梁 taxiway bridge

位于机场滑行道、为跨越障碍而修建的构筑物,简称滑行道桥。

2.0.3 飞机荷载桥梁结构监测 aircraft bridge structural monitoring

一种可以对飞机荷载桥梁的关键参数进行连续、自动测量和记录,获取桥梁环境、作用、结构响应与结构变化定量数据,实现桥梁运营状态监测、数据超限报警及安全评估的多学科交叉融合技术。

2.0.4 飞机荷载桥梁结构监测系统 aircraft bridge structural monitoring systems

一种通过网络集成技术将分布在飞机荷载桥梁现场的各类传感器、数据采集与传输、数据处理与管理、数据分析与应用的硬件设备、软件模块及配套设施连接在一起,具有对桥梁设定参数连续监测、自动记录、数据显示、报警评估的功能,辅助桥梁管理和养护决策的信息系统。

2.0.5 环境 environmental factors

影响飞机荷载桥梁安全和功能的桥址自然环境因素。

2.0.6 作用 action

施加在飞机荷载桥梁结构上的集中力或分布力和引起结构外加变形或约束变形的原因;前者为直接作用,也称为荷载,后者为间接作用。

2.0.7 结构响应 structural response

由作用引起的飞机荷载桥梁构件、部件、结构的静力或动力响应。

2.0.8 结构变化 structural variation

以飞机荷载桥梁结构成桥状态或某一规定时刻状态为基准,桥梁构件、部件、结构在使用中几何形态和表观、结构性能发生的相对变化。

2.0.9 监测点 monitoring point

直接设置在监测对象敏感位置,能够反映其环境、作用、结构响应、结构变化等特征的观测点。

2.0.10 超限阈值 alarming threshold

对飞机荷载桥梁环境、作用、结构响应、结构变化、关键结构构件可能出现的各种级别的异常或风险,各监测点数据特征指标所设定的临界状态警戒值。

2.0.11 超限报警 over-limit alarming

监测数据的特征指标达到或超过超限阈值时,系统自动发出相应级别的警报。

3 基本规定

3.0.1 飞机荷载桥梁结构监测应符合运输机场运行安全管理的相关规定。

【条文说明】飞机荷载桥梁结构监测实施包括现场传感器等硬件设备的安装，以及电缆敷设、信号引接等配套工程，工程实施过程中应严格遵照机场的运行管理要求；同时，当监测设备采用无线传输技术时，须满足《运输机场运行安全管理规定》（CCAR-140-R2）关于电磁环境保护的相关要求。

3.0.2 飞机荷载桥梁结构监测应结合运行环境、结构形式、受力特点、材料属性、技术状况及养护需求等，综合确定监测内容、监测点布设及监测方法，编制监测方案，必要时应进行专项论证。

【条文说明】监测工作实施前应编制监测方案，监测方案要充分考虑监测对象的特征和需求，监测方案的主要内容、监测方法的确定原则及监测实施要求等可参考《民用机场工程监测技术规范》（MH/T 5087）。

3.0.3 监测系统应适应机场建设运营环境，并宜统筹设计开发，接入全国飞机荷载桥结构监测数据平台，满足行业管理和机场监测需求。

【条文说明】本条规定参照中国民用航空局《关于开展民用运输机场边坡稳定性和飞机荷载桥结构安全监测工作的通知》（民航函〔2024〕670号），建成全国飞机荷载桥结构监测数据平台（以下简称行业监测平台）；机场有多座飞机荷载桥梁时，可根据需求建设机场端监测数据平台，并将监测系统接入行业监测平台。

3.0.4 监测数据应符合行业数据管理相关要求。

3.0.5 应按照相关规定或项目委托方要求，出具相应的数据分析报告。

4 监测内容

4.1 一般规定

4.1.1 监测内容应结合机场运行管理单位实际需求及监测应用目标进行确定。
【条文说明】飞机荷载桥梁通常跨越市政道路、机场内部道路、水域等不同种类障碍物，根据桥梁服役年限的长短及使用环境的差异，桥梁结构容易产生不同种类、不同程度的病害，导致机场运行管理单位日常管养中实际需求存在一定的差异。为确保桥梁结构监测可为机场运行管理提供有效支持，监测内容的确定应充分结合机场运行管理单位管养需求。

4.1.2 监测内容包括环境与作用、结构响应和结构变化，并分为应选监测项和可选监测项。
【条文说明】应选监测项可直接反映桥梁结构的安全性和稳定性，是监测内容的核心部分；可选监测项可为桥梁管理养护提供必要的支持性监测数据，辅助桥梁全生命周期的数字化养护。

4.2 监测内容

4.2.1 环境与作用监测内容应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 环境与作用监测内容

监测类别		监测内容	监测选项
环境	环境温度	桥址区环境温度	●
		主梁内环境温度 ^a	●
	环境湿度	桥址区环境湿度	○
		主梁内环境湿度 ^a	●
作用	飞机荷载	通行飞机的机型、滑行重量 ^b	—
	结构温度	主梁构件温度	●
	地震	桥墩底部或承台顶部加速度	○
		桥墩底部或承台顶部加速度	○
	车辆撞击	视频图像	○

注：●为应选监测项，○为可选监测项。
a 仅适用于有操作空间的封闭箱梁。
b 仅适用于监测数据出现报警后，需利用飞机荷载数据进一步分析桥梁结构安全状况的情况，飞机荷载数据可通过相关单位直接获取。

4.2.2 结构响应监测内容应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 结构响应监测内容

监测类别		监测内容	监测选项
结构响应	位移	主梁竖向位移	●
		支座位移	○
		梁端纵向位移	○
		梁端横向位移	○
	应变	主梁关键截面应变	●
	支座反力	支座反力	○
	振动	主梁竖向振动加速度	●
		主梁横向振动加速度	○
		主梁纵向振动加速度	○

注：●为应选监测项，○为可选监测项。

4.2.3 结构变化监测内容应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 结构变化监测内容

监测类别		监测内容	监测选项
结构变化	基础冲刷	基础冲刷深度	○
	桥墩沉降	桥墩竖向位移	●
	裂缝	结构裂缝宽度	○
	腐蚀	墩身、承台氯离子浓度	○
		墩身、承台侵蚀深度	○

注：●为应选监测项，○为可选监测项。

5 监测点布设

5.1 一般规定

5.1.1 监测点布设应准确把握监测内容的特征，应兼顾代表性、经济性和可操作性，并宜满足结构长期性能监测的要求。

5.1.2 监测点布设应基于桥梁设计资料、竣工资料、检查评估报告和养护维修记录等资料，结合结构分析确定，应明确传感器的数量、安装位置、方向等，对于较难施工或不可更换的监测点，宜做冗余设计。

【条文说明】飞机荷载桥梁宽度大，且飞机荷载集中，桥梁结构具有明显的空间受力特征，结构响应和结构变化监测点宜通过梁格或实体等精细化有限元分析方法确定极值或关键控制位置，宜考虑结构病害、损伤情况、加固措施等影响。

5.1.3 结构响应和结构变化监测点宜布设在受力或变形较大、已有病害损伤、影响结构安全耐久的位置。对病害损伤严重的构件，应针对性增加监测点。

5.1.4 监测点应采用一定的保护措施，避免外界干扰和破坏。

5.2 环境与作用监测点

5.2.1 桥址区环境温湿度的监测点宜布设在桥梁周边易安装的位置，条件允许时优先布设在桥梁跨中位置，可根据桥梁结构类型、联长、跨径等增设监测点。

5.2.2 主梁内的温湿度监测点应布设于对温湿度敏感或温湿度变化较大的部位。

5.2.3 主梁构件温度监测点位置应根据温度场分布特点并结合结构类型、联长、跨径、构件尺寸、铺装体系、日照情况等因素综合确定。监测点宜与应变监测的温度补偿监测点协同布设。

5.2.4 地震监测点宜布设于场区内长度最大桥梁的桥墩底部或承台顶部，也可利用机场场区内已有地震监测点。同一机场范围内的桥梁可共用地震监测点。

5.2.5 车辆撞击监测点宜布设在有车辆撞击风险的桥梁部位；视频图像监测点宜布设在桥梁下部通道道路侧的适当位置。

5.3 结构响应监测点

5.3.1 桥梁纵向监测点布设宜按表 5.3.1 确定。

表 5.3.1 桥梁纵向监测点布设

监测内容	结构形式	布设位置
主梁竖向位移	简支梁	跨中截面
	连续梁、连续刚构	跨中截面、最大正弯矩截面*
	闭合框架	各孔跨中截面
支座位移	简支梁、连续梁、连续刚构	支座
梁端纵向、横向位移	简支梁	支点截面
	连续梁、连续刚构	边支点截面
主梁关键截面应变	简支梁	跨中截面
	连续梁、连续刚构	跨中截面、中支点截面、最大正弯矩截面*
	闭合框架	各孔跨中截面、中墙及边墙顶截面
支座反力	简支梁	支点截面
	连续梁	中、边支点截面
	连续刚构	边支点截面
主梁竖向、横向 振动加速度	简支梁、连续梁、 连续刚构、闭合框架	跨中截面*
主梁纵向振动 加速度	简支梁、连续梁、 连续刚构、闭合框架	支点截面

注：* 结合项目情况，可在近 1/4、3/4 跨截面处适当增设监测点。

【条文说明】目前，我国已建成的飞机荷载桥梁主要为滑行道桥，其结构形式主要包括简支梁、连续梁、连续刚构和闭合框架。

5.3.2 结构横向监测点布设应考虑桥梁横向受力特点及横向联系方式，并通过计算确定监测点布设位置；飞机外轮间距范围内应布设监测点。

【条文说明】《民用机场飞机荷载桥梁设计指南》（MH/T 5063）对飞机荷载模型及主要参数进行了相关规定，飞机外轮间距见表 5.3.2。

表 5.3.2 飞机荷载模型及主要参数表

飞机荷载模型	飞行区指标	设计机型	总重/kN	主起落架/m			
				主起落架宽度	轮距	轮印宽度	外轮间距
I	3C	B737-700	705	5.72	0.86	0.28	6.86
II	4C	A321NEO	975	7.59	0.93	0.33	8.85
III	4D	B767-300ER	1 875	9.30	1.14	0.33	10.77
IV	4E	B747-400	3 990	11.00	1.12	0.34	12.46
V		B777-300ER	3 525	10.97	1.40	0.35	12.72
VI	4F	A380-800F	5 965	12.46	1.35	0.36	14.17

5.4 结构变化监测点

- 5.4.1 基础冲刷监测点位置应根据基础冲刷风险分析确定，必要时进行专题研究。
- 5.4.2 桥墩沉降监测点宜布设于墩顶处。
- 5.4.3 裂缝监测可依据技术状况评定结果和养护维修情况确定监测点位置和数量。
- 5.4.4 混凝土结构腐蚀监测点宜布设在墩台水位变动、浪溅区以及大气区的混凝土保护层内。监测点位置和数量可根据氯离子浓度梯度测试要求确定。
- 【条文说明】根据《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTJ 275），海水环境混凝土部位的划分类别分为大气区、浪溅区、水位变动区和水下区。

6 监测方法

6.1 一般规定

- 6.1.1** 监测方法应与桥梁环境、作用、结构响应、结构变化等监测内容相匹配。
- 6.1.2** 监测仪器设备的技术性能应符合相关标准的规定，并按规定进行检定和校准。鼓励采用技术性能完善、经济效益显著的新型监测仪器设备。
- 6.1.3** 监测采样频率应满足监测数据分析和应用的要求，并应符合采样定理。

6.2 环境与作用监测

6.2.1 温度监测宜采用热电偶、热电阻、光纤温度传感器等，传感器量程上限宜超出大气温度年极大值 30℃ 以上，量程下限宜低于年极小值 20℃ 以上，最大允许误差 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，分辨力不大于 0.1℃，温度监测方法应符合《建筑与桥梁结构监测技术规范》（GB 50982）的相关规定。

【条文说明】大气温度年极大值和年极小值参照中国气象网发布的当地城市温度数据。

6.2.2 湿度监测宜采用电阻电容湿度计、氯化锂湿度计、电解湿度计等，传感器量程应为 0~100% RH，最大允许误差 $\pm 2\%$ RH，监测方法应符合《建筑与桥梁结构监测技术规范》（GB 50982）的相关规定。

6.2.3 地震监测宜采用力平衡式加速度传感器，传感器量程宜大于 $\pm 2.0\text{ g}$ ，灵敏度不小于 2.5 V/g，分辨力不大于 $1\times 10^{-5}\text{ g}$ ，动态范围不小于 120 dB。

6.2.4 车辆撞击桥梁下部结构加速度监测宜与地震动监测协同，采用力平衡式加速度传感器，技术参数符合 6.2.3 条的规定。车辆撞击监测可采用视频监控的辅助手段，宜采用 IP 网络摄像机，像素应不小于 200 万，且应符合《交通信息采集视频交通流检测器》（GB/T 24726）的相关规定。

6.2.5 环境与作用监测设备采样频率应符合表 6.2.5 的规定。

表 6.2.5 环境与作用监测设备采样频率表

监测类别		监测内容	采样频率
环境	环境温度	桥址区环境温度	1/600 Hz
		主梁内环境温度	1/600 Hz
	环境湿度	桥址区环境湿度	1/600 Hz
		主梁内环境湿度	1/600 Hz
作用	结构温度	构件温度	1/600 Hz
	地震	桥墩底部或承台顶部加速度	触发采集：50 Hz
	车辆撞击	桥墩底部或承台顶部加速度	触发采集：50 Hz
		视频图像	在线：25 FPS

6.3 结构响应监测

- 6.3.1 主梁竖向位移监测传感器宜采用激光位移传感器、图像位移传感器、微波雷达、LVDT 位移传感器等，最大允许误差 $\pm 0.1\% F \cdot S$ 。
- 6.3.2 主梁端部纵向位移、支座位移监测传感器宜采用激光位移传感器、拉线式位移传感器和磁致伸缩位移传感器等，最大允许误差为预测最大值的 0.5%。
- 6.3.3 应变监测分为静应变监测和动应变监测。静应变监测可采用光纤应变传感器、振弦式应变传感器，动应变监测可采用光纤应变传感器、电阻应变传感器等，量程应不小于 1 000 $\mu\varepsilon$ ，分辨力应不大于 1 $\mu\varepsilon$ 。
- 6.3.4 支座反力监测传感器宜采用激光位移传感器、图像位移传感器、测力支座、轴力计等，量程和误差应满足桥梁支座受力要求，位移传感器误差不大于 0.1 mm，测力支座误差不大于被测支座竖向承载力的 5%。
- 6.3.5 振动监测宜采用加速度监测方法，应根据结构整体动力计算分析结果、环境适应性和耐久性等要求选择适宜的传感器。
- 6.3.6 结构响应监测设备采样频率应符合表 6.3.6 的规定。

表 6.3.6 结构响应监测设备采样频率表

监测类别		监测内容	采样频率
结构响应	位移	主梁竖向位移	动位移：不小于 20 Hz；静位移：1 Hz
		支座位移	1 Hz
		梁端纵向位移	1 Hz
		梁端横向位移	1 Hz
	应变	主梁关键截面应变	动应变：20 Hz；静应变：1 Hz
	支座反力	支座反力	1 Hz
	振动	主梁竖向振动加速度	100 Hz
		主梁横向振动加速度	100 Hz
		主梁纵向振动加速度	100 Hz

【条文说明】飞机荷载桥梁结构响应监测包括位移监测、应变监测、支座反力监测以及结构整体动力特性监测。位移监测传感器宜将安装、调试后监测仪器的初始值作为测量基准值，监测数据应进行温度修正。应变传感器应根据被测构件的材料和结构特点选择合适的标距和传感器类型，不同传感器类型最高采样频率不同，振弦式应变传感器一般只适合低频采样。采用激光位移传感器、图像位移传感器监测竖向位移反映支座反力，测力支座安装后不应改变桥面标高，不应改变桥梁结构与支座接触方式和接触面积，并应具备可更换性。

6.4 结构变化监测

6.4.1 基础冲刷监测应根据桥址处水流速度、含沙量等水文参数以及设计允许冲刷深度等综合选定监测设备类型，可选用超声波液位计、压力式水深传感器、雷达水位计等，水深测量误差不得大于 1 cm 且不超过 0.1% 水深，横向分辨力不得大于 10 cm，垂直分辨力不得大于 5 cm。

【条文说明】目前，我国在役飞机荷载桥梁主要是跨越道路的桥梁，个别桥梁跨越水域。深圳宝安国际机场三跑道扩建工程和澳门国际机场的滑行道桥梁为跨越水域的飞机荷载桥梁，针对桥底涉水的飞机荷载桥梁，需结合实际情况考虑下部结构冲刷监测。

6.4.2 桥墩沉降宜采用连续采集或定期采集方式。连续采集宜采用静力水准仪或 GNSS 等方式，误差宜不大于 ± 0.5 mm，分辨力宜不大于 0.1 mm；定期采集可采用全站仪或视频图像等方式。

6.4.3 裂缝监测宜采用振弦式裂缝传感器、电阻式裂缝传感器、视频图像传感器等，量程应大于裂缝宽度的 5 倍，误差不大于 0.02 mm，分辨力不大于 0.01 mm。

6.4.4 混凝土腐蚀监测宜选用电化学方法，传感器宜选用多电极传感器，沿混凝土保护层深度安装。

【条文说明】通过监测混凝土保护层氯离子浓度和腐蚀侵蚀深度，判断钢筋腐蚀状态。

6.4.5 结构变化监测设备采样频率应符合表 6.4.5 的规定。

表 6.4.5 结构变化监测设备采样频率表

监测类别		监测内容	采样频率
结构变化	基础冲刷	基础冲刷深度	在线：1/600 Hz 离线：每年 1 次~2 次
	桥墩沉降	桥墩竖向位移	在线：1/600 Hz 离线：每年 1 次~2 次
	裂缝	结构裂缝宽度	触发采集：10 Hz 离线：每年 3 次~4 次
	腐蚀	墩身、承台氯离子浓度	在线：1/600 Hz 离线：每年 1 次~2 次
		墩身、承台侵蚀深度	

7 监测系统

7.1 一般规定

- 7.1.1 监测系统应具备可靠性、先进性及可扩展性，满足系统扩容升级的需要。
- 7.1.2 监测系统应定期维护，确保系统设备和功能工作正常，数据质量可靠。
- 7.1.3 监测系统硬件、系统软件的更换与升级期间，应保障监测数据的稳定性和完整性。
- 7.1.4 监测系统应预留相应传输接口，满足监测数据平台的数据交互与共享要求。

7.2 系统功能及架构

7.2.1 监测系统应具备持续获取桥梁结构安全性等状态信息数据的硬件设备（如传感器等），以及配套的数据采集分析软件和相关设施，实现实时监测、数据采集分析、评估预警等功能。行业监测平台应具备收集、汇总、处理、分析行业监管必需的信息，为监管提供数据服务和技术支持。

【条文说明】本规范主要针对监测系统的技术要求进行说明。

7.2.2 监测系统应包括系统硬件、系统软件及配套设施。系统组成宜符合图 7.2.2 的规定。

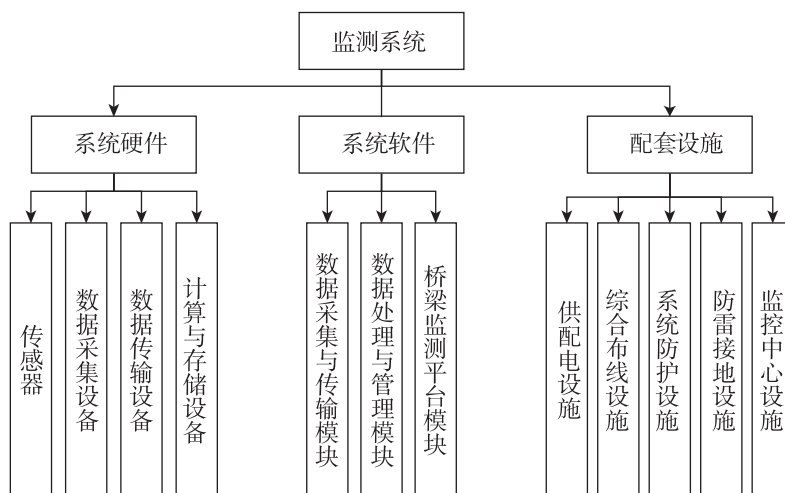


图 7.2.2 监测系统组成图

7.2.3 机场桥梁监测系统可直接接入行业监测平台，统一使用行业监测平台开展桥梁监测应用，也可通过企业监测平台汇聚后集中接入行业监测平台，系统架构应符合图 7.2.3 的规定。

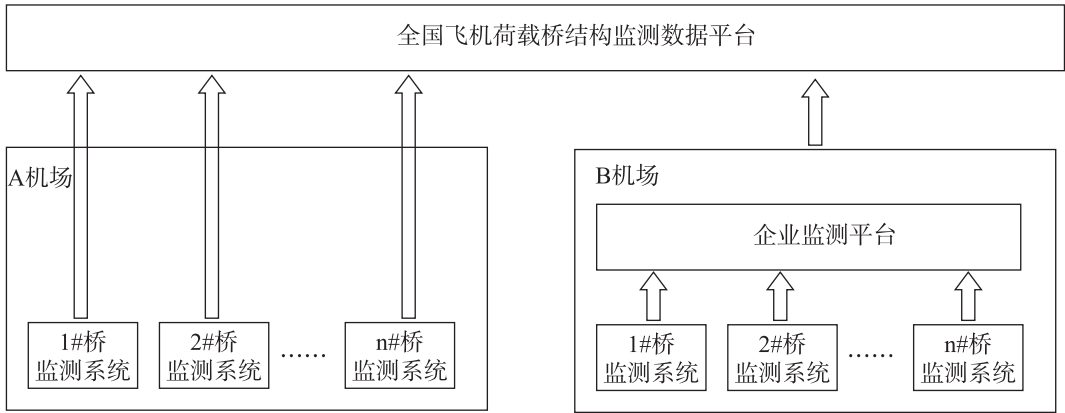


图 7.2.3 系统架构图

【条文说明】为解决监测平台重复建设导致的资金浪费、系统孤立及互联互通难题，为桥梁设计、建设、运维提供长期数据支持和指导，各机场桥梁监测系统宜统一使用行业监测平台开展桥梁监测应用。行业监测平台整合行业数据，打破信息壁垒，为各机场端开放访问权限，实现数据实时共享与交互、集约化、高效化，提升整体运营效率与协同水平。

7.3 技术要求

7.3.1 系统总体技术要求：

- 1 传感器应具有高精度、低故障率、高可靠性，能够适应恶劣环境条件。数据采集、传输和存储设备应具备抗干扰能力，采用防雷接地技术和屏蔽技术，提高信噪比。
- 2 软件核心处理单元应采用成熟度较高的操作系统，应能 24 h 连续工作。
- 3 在-25℃~55℃环境温度下应能长期正常工作，应能承受 10 Hz~200 Hz 频率范围的振动。设备防护等级应满足《外壳防护等级（IP 代码）》（GB/T 4208）要求，安装于室内的设备防护等级应不低于 IP20 的要求，安装于结构内部的设备防护等级应不低于 IP55 的要求，安装于结构外部的设备防护等级应不低于 IP65 的要求。
- 4 软件开发宜采用国产或开源的成熟可靠的软件开发技术和框架，内部各模块功能独立，且代码编写结构清晰、注释规范、易于维护。
- 5 软件测试宜由具备资质的软件测评单位进行，测试流程和内容应符合《计算机软件测试规范》（GB/T 15532）和《计算机软件测试文档编制规范》（GB/T 9386）的相关规定，并编制软件测试报告。软件测试报告应描述每个测试用例的测试结果，对于重大功能偏离、缺陷和逻辑错误，应修复完善后再次测试，最终总体测试通过率宜不低于测试用例总数的 95%。
- 6 系统信息安全保护应符合《信息安全技术—网络安全等级保护基本要求》（GB/T 22239）和《民用航空网络安全等级保护基本要求》（MH/T 0076）的相关规定。

7 监测系统验收前应进行不少于 1 个月的试运行，试运行期内应开展系统使用培训、功能完善、设备基准值校正、超限阈值设置等工作。

7.3.2 系统硬件技术要求：

1 传感器安装应考虑维护的便捷性和易保护性，宜采用预埋、附着式安装方式，不应影响桥梁结构安全。

2 传感器的数量、规格型号、技术参数等应满足系统设计文件要求，合格证、质保卡、说明书及出厂检验报告等应齐全。

3 传感器安装应按系统设计文件要求进行安装定位，安装姿态牢固、端正，表面平整，位置偏差宜小于 3 mm，角度偏差宜小于 2°，设备安装完成后应设置固定标识牌并进行相应等级的固定防护。

4 数据采集器设备选型应与传感器设备选型相匹配，且满足采集频率、采集分辨力、数据精度、时钟同步等要求。

5 光信号数据采集应采用专用的光纤解调设备，光纤光栅波长分辨力应不大于 1 pm，扫描频率应不小于 50 Hz。振弦式传感器信号应选用专用振弦式采集仪，频率信号误差应不小于 0.1 Hz。电阻式传感器信号应选用惠斯登电桥调理信号放大。静态信号分辨力不小于 16 位，动态信号分辨力不小于 24 位。

6 采集机柜应根据元器件的环境温度工作适宜性进行配置，光纤光栅解调仪低于 0℃ 或高于 40℃ 时，宜配置温控机柜。机柜内电力线、信号线、元器件等应布线平直、整齐、固定可靠，插头牢固，标识清晰。

7 数据传输设备应支持数据的同步采集、实时传输和即时反馈，满足数据的实时性、连续性、可靠性和安全性。网络传输的带宽宜预留冗余，带宽应根据测点数量、采样频率、数据分析计算量、业务功能复杂度、并发访问量等确定。

8 现场安装的采集计算机应采用工业级产品，应满足《工业控制计算机系统 通用规范 第 1 部分：通用要求》（GB/T 26802.1）相关规定，同时满足数据采集和存储需求，支持远程运维和管理，具有抗振、防水、耐高温等性能，宜采用 SSD 固态硬盘。监控中心服务器计算能力和存储容量应根据数据量、业务功能复杂度、并发访问量等确定。

7.3.3 系统软件技术要求：

1 数据采集和传输模块技术要求：

- 1) 软件宜安装在桥梁现场采集前端；
- 2) 应支持自动采集传感器信号和数据实时上传，连续稳定运行，MTBF 宜不小于 720 h；
- 3) 应支持数据采集频率、采集通道和采集参数的自定义设置功能；
- 4) 应支持原始数据本地存储功能，能够在网络故障和突发事件情况下将数据自动存储在本地计算机，并可在恢复后续传数据，本地数据存储时间应符合第 8 章“数据管理”的有关规定；
- 5) 数据上传应支持 TCP/IP、MQTT 等传输协议，能够接入监测数据平台，且数据完好率宜不低于 90%；

6) 通过公网传输监测数据时，应根据管理要求进行加密传输，加密过程应使用国家密码管

理部门批准使用的算法。

2 数据处理与管理模块技术要求：

1) 应能接收并解析采集到的原始数据，换算成反映桥梁环境、作用、结构响应及变化的特征数据，应能够定义处理后监测数据的数据单位、数据方向、数据精度，并具有数据预处理、特征值提取以及数据持久化存储功能。不同监测内容的数据单位、数据方向见附录 A。

2) 数据编码、数据预处理、数据接入、数据存储、数据安全应符合第 8 章“数据管理”的有关规定。

3 桥梁监测平台模块技术要求：

- 1) 宜选用浏览器/服务器（B/S）架构，满足并发访问需求；
- 2) 宜采用视角友好的数据看板，清晰直观展示数据变化；
- 3) 应具备监测内容、监测点的分类管理功能，支持按照监测内容筛选监测点；
- 4) 应具备实时数据查看功能，能够直观查看监测点名称、实时数据、采集时间、安装位置等信息；
- 5) 实时数据界面应具备数据自动刷新功能，刷新间隔不超过 5 s；
- 6) 应支持通过监测点名称查询指定时间范围的特征值数据，单个监测点特征值数据查询起止范围不低于 90 d；单个监测点查询 30 d 以内数据，响应时间不超过 3 s；单个监测点查询 90 d 以内数据，响应时间不超过 10 s；
- 7) 宜支持特征值数据的导出功能，数据导出格式宜为 EXCEL 或 CSV；
- 8) 宜通过监测点布置图、BIM 模型、VR 影像等方式展示监测点安装位置信息；
- 9) 宜具备高频采样原始数据图形化动态展示功能；
- 10) 宜具备数据相关性分析、对比性分析、趋势性分析等统计分析结果展示功能；
- 11) 应具备超限报警提醒功能，当数据超过超限阈值时，宜通过颜色变化、消息推送、声光警报等多种方式进行报警；
- 12) 宜具备传感器设备状态展示功能，能够显示设备运行状态信息；
- 13) 应具备用户角色管理、权限控制功能，能够根据用户身份控制系统访问权限；
- 14) 应具备桥梁基础信息管理、监测点信息管理功能，支持新增、修改、查询、删除功能；
- 15) 宜具备特殊事件的信息录入和查询功能；
- 16) 宜具备数据分析报告管理功能，支持按照月度、季度、年度、特殊事件报告等类型进行分类管理，支持报告的上传和下载。

【条文说明】桥梁监测平台包括行业监测平台和企业监测平台。

7.3.4 系统配套设施技术要求：

1 监测系统供电应满足电压 AC 220 V（ $\pm 10\%$ ）、频率 50 Hz（ $\pm 5\%$ ），功率符合系统正常运行使用要求。

2 综合布线应核对接入点与安装设备的位置对应关系，确保位置准确。应进行表面和安装质量检查，表面检查宜包括线缆、桥架是否有损伤、变形、锈蚀，安装质量检查宜包括安装位置、支撑点设置、固定是否牢固。

3 防雷接地设施应采用等电位连接和接地、磁场屏蔽、合理布线、能量配合的浪涌防护器防护等措施，接地装置应进行冗余设置。

4 监控中心应具备良好的环境适应能力，能够应对温度、湿度等外部环境变化。

5 配套设施附属钢构件应进行防腐涂装，具体要求按《钢结构设计标准》（GB 50017）执行。

【条文说明】防雷接地实施要求参考《建筑物电子信息系统防雷技术规范》（GB 50343）。

7.4 其他要求

7.4.1 系统调试应满足如下要求：

1 桥梁现场传感器模块和数据采集硬件应进行数据采集集成调试，数据输出通道、数据流、方向、精度等与外场设备安装保持一致；

2 桥梁现场数据采集与传输软件应进行数据对接，数据接收、处理和存储满足设计要求；

3 桥梁监测平台用户界面数据展示流畅，数据值、数据单位、数据精度、数据方向满足设计要求。

7.4.2 系统验收应包括传感设备标准、设备安装质量、设备采集状态、平台数据展示验收。

1 传感设备的数量、规格型号、技术参数等应与系统设计文件一致，合格证、质保卡、说明书及出厂检验报告等应齐全；

2 设备安装位置应与系统设计文件一致，安装姿态牢固、端正，表面平整，应进行必要的防护措施；

3 数据采集设备应能正常采集、连续存储、实时转发监测数据，机柜内电力线、信号线、元器件等应布线平直、整齐、固定可靠，插头牢固，标识清晰；

4 监测平台应能正常展示实时数据、统计分析数据、监测报警数据、静态基础数据等。

7.4.3 系统维护应满足如下要求：

1 日常检查包括传感设备的在线率、网络连通测试、监控中心设备状态检查，日常检查频率宜不少于每月1次；

2 定期检查包括传感设备的表观完好性、稳固性、传输线路的接头状态检查，采集站、监控中心内等设备的除尘处理，软件系统时间同步检查、磁盘存储空间检查及清理、数据库异地备份及软件运行日志检查等，定期检查宜不少于每年1次；

3 在地震、洪水、火灾等特殊事件发生后，应在24 h之内对所有设施的完好性、工作状态等进行应急维护。

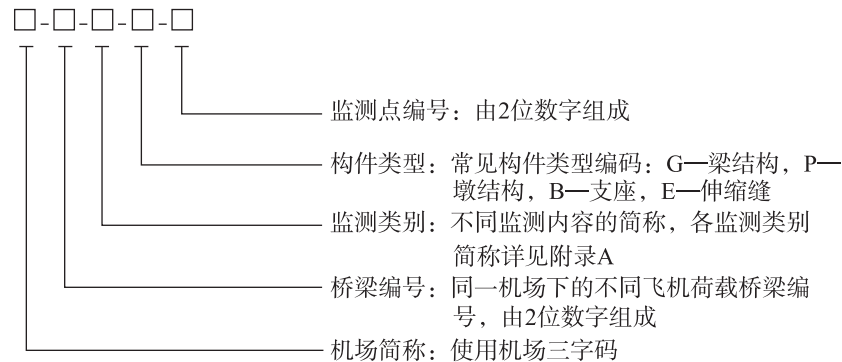
8 数据管理

8.1 一般规定

- 8.1.1 数据管理包括数据编码、数据预处理、数据接入、数据存储和数据安全。
- 8.1.2 监测系统结构化数据包括飞机荷载桥梁基础数据、实时数据、特征值数据、超限报警数据；监测系统非结构化数据包括图像、音视频及相关图纸等。

8.2 数据编码

- 8.2.1 桥梁基础数据宜包括桥名、结构类型、桥长、跨径组合、荷载等级、材料类型等。
- 8.2.2 实时数据宜包括监测点编号、采集时间、数值、数据单位等。
- 8.2.3 特征值数据宜包括最大值、最小值、平均值、均方根值、频率等。
- 8.2.4 超限报警数据宜记录监测点编号、报警级别、超限值、超限时间、报警处置信息等。
- 8.2.5 监测系统数据编码表见附录 B。
- 8.2.6 监测点编号应由“机场简称-桥梁编号-监测类别-构件类型-监测点编号”组成。



示例：大兴机场3号滑行道桥主梁振动监测项 G01 梁段第 01 个监测点编号为：PKX-03-VIB-G01-01。

- 8.2.7 传感器唯一编码应由“行政区划代码-机场数字代码-桥梁序号-传感器序号”组成。传感器唯一编码规则见表 8.2.7。

表 8.2.7 传感器唯一编码规则

码段	码位	含义	取值说明
行政区划代码	1, 2	省	由机场所在行政区划代码确定, 符合《中华人民共和国行政区划代码》(GB/T 2260) 的规定
	3, 4	市	
	5, 6	区	
机场数字代码	7, 8	机场编号	两位数字, 从 01 开始
桥梁序号	9, 10	桥梁编号	两位数字, 从 01 开始
传感器序号	11, 12, 13, 14	传感器序号	四位数字, 从 0001 开始

示例: 北京大兴机场 3 号滑行道桥第 0001 号传感器编号为: 11011501030001。

8.3 数据预处理

8.3.1 数据预处理应包括数据采集设备预处理和软件预处理。

8.3.2 数据采集设备预处理应对传感器信号进行调理、滤波和转换, 应与传感器的分辨力、精度、抗电磁干扰等性能相匹配, 应剔除错误数据并将原始数据换算成反映桥梁环境、作用、结构响应、结构变化的特征数据, 并宜符合《物联网感知控制设备接入 第 2 部分: 数据管理要求》(GB/T 38637.2) 的相关规定。

8.3.3 软件预处理应结合监测内容, 宜采用阈值法、平均值法以及其他滤波算法等。

8.4 数据接入

8.4.1 监测数据接入桥梁监测平台, 应满足如下要求:

- 1 监测设备应在桥梁监测平台完成注册, 由平台分配身份验证信息, 用于设备与行业监测平台建立连接时进行身份验证;
- 2 监测设备与桥梁监测平台传输数据, 宜采用 MQTT 传输协议;
- 3 应接入原始采样频率的监测数据;
- 4 前端摄像机接入应符合现行国家标准《公共安全视频监控联网系统 信息传输、交换、控制技术要求》(GB/T 28181) 的有关规定。

8.4.2 宜采用运营商虚拟专网或 4G/5G 无线网络等方式实现前端采集站与行业监测平台的网络通信。当采用无线传输技术时, 应符合机场无线电管理的相关规定。

8.4.3 应采用 SSL/TLS 协议、传输通道加密认证、数字证书、完整性校验等方式保证各级数据传输的安全性和完整性。

8.4.4 监测系统数据应满足统一的数据标准、传输链路、网络安全等要求。

8.5 数据存储

8.5.1 监测数据存储模式宜分为采集站存储、企业监测平台存储和行业监测平台存储。

8.5.2 采集站存储应存储原始采样频率的监测数据，宜采用文件存储方式。

8.5.3 采集站数据存储宜采用循环更新存储方式，存储结构化原始数据应不小于 90 d，存储视频图像等非结构化数据应不小于 30 d。

8.5.4 企业监测平台存储、行业监测平台存储应采用数据库技术，应支持主流硬件及操作系统平台、异构数据库及数据的互联互通、多层体系结构，宜对桥梁结构信息、监测系统信息和监测数据进行分层、分类存储和管理。

【条文说明】数据库应根据数据类型的不同采用相应的存储方式。对于周期性采集的大规模时序数据，宜采用时序数据库存储；对于关系型业务数据，宜采用关系型数据库存储；对于非结构化数据，宜采用对象存储服务存储。

8.5.5 企业监测平台存储、行业监测平台存储结构化原始数据宜不少于 5 年，经处理后的特征值数据存储时间宜不少于 20 年。特殊事件数据和超限报警数据宜在桥梁生命周期内永久保存。

8.6 数据安全

8.6.1 监测系统宜按照《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》（GB/T 22239）的要求进行定级、备案、建设、测评和保护。

8.6.2 监测系统应按照《民用运输机场信息集成系统技术规范》（MH/T 5103）的要求，实现系统身份鉴别、接入认证、访问控制和数据传输加密等功能。

8.6.3 监测系统敏感字段或业务数据应采用数据脱敏算法对敏感信息加密，保障信息安全。

8.6.4 监测平台操作用户应通过多种安全认证方式进行登录，应提供应用权限控制功能，应用权限应基于最小化原则配置。

9 数据应用

9.1 一般规定

- 9.1.1 数据应用包括监测数据分析、超限报警、检查建议和特殊事件应急处置。
- 9.1.2 数据应用可结合桥梁养护检查及技术状况评定等相关数据开展。
- 9.1.3 数据应用中鼓励使用机器学习、大语言模型、数据融合等新技术。

9.2 监测数据分析

- 9.2.1 监测数据分析应包括环境、作用、结构响应和结构变化数据分析，并应与桥梁检测数据分析进行协同和融合。
- 9.2.2 监测数据宜进行预处理，数据分析宜采用统计分析、相关性分析、趋势性分析、比对性分析和机器学习等方法。
- 9.2.3 监测数据分析样本时长应根据监测内容特征和监测应用的需求确定。
- 9.2.4 环境与作用监测数据分析应符合下列规定：
 - 1 温度监测数据分析应包括最高温度、最低温度、最大温差等；
 - 2 湿度监测数据分析应包括最大值、平均值、超限持续时间等；
 - 3 结构温度监测数据分析应包括最大值、最小值、最大梯度和年极值等；
 - 4 地震监测数据分析应包括均方根值、峰值、频谱等；
 - 5 车辆撞击监测数据分析应包括车辆撞击时间、车辆类型、撞击加速度均方根值等。
- 9.2.5 结构响应监测数据分析应符合下列规定：
 - 1 主梁竖向位移监测数据分析应包括平均值、累计值、最大值、最小值等；支座位移监测数据分析应包括平均值、最大值、最小值等；梁端纵向、横向位移监测数据分析应包括平均值、最大值、最小值、累计值及温度相关性变化规律等；
 - 2 主梁关键截面静应变监测数据分析应包括平均值、最大值、最小值；动应变监测数据分析宜包括平均值、最大值、最小值；
 - 3 支座反力监测数据分析宜包括平均值、最大值、最小值；
 - 4 主梁振动监测数据分析宜包括最大值、均方根值和频谱，宜进行模态参数识别与分析；

模态参数识别应剔除环境因素的影响。

9.2.6 结构变化监测数据分析应符合下列规定：

- 1 基础冲刷监测数据宜分析累计冲刷量及冲刷速率等；
- 2 桥墩沉降监测数据宜分析累计沉降量、差异沉降量、沉降变化速率和趋势等；
- 3 混凝土结构裂缝监测数据宜分析裂缝宽度及变化规律，可分析裂缝与环境、作用和结构构造的相关性等；
- 4 腐蚀监测数据宜分析混凝土保护层内氯离子浓度、侵蚀深度最大值、最小值、梯度及其变化趋势等。

9.2.7 监测数据分析报告应采用季度报、年报和特殊事件专项分析报告等形式，具体要求参照附录 C。

9.3 超限报警

9.3.1 监测系统超限报警功能应符合下列规定：

- 1 系统应具有报警参数设置、报警信息发布和解除功能，宜支持终端界面、声光报警、即时通信软件、电子邮件等报警方式；
- 2 报警级别根据超限严重程度和影响范围的递增分为一级和二级；
- 3 报警信息宜包括报警级别、报警监测点编号和位置、报警监测值、超限阈值和报警时间。

9.3.2 各级超限阈值确定应符合下列规定：

- 1 超限阈值应根据监测内容历史统计值、变化量值、材料允许值、仿真计算值、设计值和规范容许值设定；
- 2 宜考虑飞机通行管控要求、特殊事件应急处置等监测需求；
- 3 宜根据桥梁维护状况或技术状况评定等级进行调整。

9.3.3 超限阈值的设定宜符合表 9.3.3 的规定。

表 9.3.3 超限阈值设定表

类别	报警内容	超限阈值	报警级别
环境与 作用	环境最高温度、最低温度、 最大温差	达到 1.2 倍设计值	一级
	构件封闭空间内相对湿度	1 个月内相对湿度超过 80% RH 的累计时间占比达到 50%	一级
	结构温度	构件温度达到设计值	一级
	地震动加速度	达到设计 E1 地震作用加速度峰值	一级
		达到设计 E2 地震作用加速度峰值	二级
	车辆撞击	发生车辆撞击	一级

续表

类别	报警内容		超限阈值	报警级别
结构 响应	位移	主梁竖向位移	达到 0.8 倍结构分析计算值	一级
			达到 1.0 倍结构分析计算值	二级
		支座位移	绝对值达到 0.8 倍设计值	一级
			绝对值达到设计值	二级
		梁端纵向位移	绝对值达到 0.8 倍设计值	一级
			绝对值达到设计值	二级
		梁端横向位移	达到 0.8 倍设计值	一级
			达到设计值	二级
	关键截面应变		超过历史最大值或超过设计最不利工况计算值	一级
	支座反力	绝对值达到 0.8 倍设计值	一级	
		绝对值达到设计值	二级	
	主梁振动加速度	10 min 加速度均方根达到 0.5 m/s ²	一级	
		幅值持续增大，呈现发散特征	二级	
结构 变化	基础冲刷深度		达到设计冲刷深度	一级
	桥墩沉降		桥墩总沉降达到 30 mm，或相邻桥墩沉降差值达到 10 mm，有特殊情况根据计算确定	一级
	裂缝		受弯构件出现结构性裂缝	一级
	腐蚀		腐蚀深度达到钢筋的混凝土保护层厚度	一级

【条文说明】当最高温度、最低温度缺乏实际调查资料时,可参照《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60);竖向位移结构分析计算值应由监测方案编制单位根据桥梁设计竣工资料计算分析确定。

9.3.4 监测数据超过超限阈值时应对超限数据进行研判,同时核查监测设备的工作状态,进行系统检查和维护,并根据研判结果启动报警处置。

9.4 检查建议

9.4.1 一级报警:

- 1 向桥梁所在机场运行管理单位及时发布报警信息;
- 2 对报警提示的监测部位、部件、构件进行使用性能检查及处置。

9.4.2 二级报警:

- 1 向桥梁所在机场运行管理单位及时发布报警信息,并及时上报监管部门;
- 2 对全桥进行特殊检查,评定桥梁技术状况;

- 3 对相应监测类别和监测内容进行持续关注，重点监控结构安全性。

9.5 特殊事件应急处置

- 9.5.1** 桥梁在遭受台风、火灾、地震、车辆撞击、积水洪涝等特殊事件时，应进行特殊事件数据分析，辅助应急管理决策，并评估结构技术状况等级，必要时组织专家研判。
- 9.5.2** 特殊事件数据分析报告内容应以数据分析报告为基础，宜包括特殊事件概况、特殊事件前后的数据对比分析结果。
- 9.5.3** 特殊事件的确认和审核应结合监测数据、视频图像、现场检查的结果综合研判。
- 9.5.4** 特殊事件的归档应包括监测数据、桥梁检查和处置情况等。

附录 A 监测类别信息

A.0.1 监测类别基本信息定义见表 A.0.1。

表 A.0.1 监测类别基本信息定义表

监测类别		监测类别简称	监测内容	数据单位	数据方向
环境作用	环境温度	RTS	桥址区环境温度	摄氏度（℃）	/
			主梁内环境温度		
	环境湿度	RHS	桥址区环境湿度	百分比（%）	/
			主梁内环境湿度		
	飞机荷载	—	通行飞机的机型、滑行重量		
	结构温度	TMP	主梁构件温度	摄氏度（℃）	/
	地震	VIE	桥墩底部或承台顶部加速度	米每二次方秒（m/s ² ）	
	车辆撞击	VID	桥墩底部或承台顶部加速度	米每二次方秒（m/s ² ）	/
视频图像			/		
结构响应	位移	DIS	主梁竖向位移	毫米（mm）	下挠为负，上拱为正
			支座位移		/
			梁端纵向位移		/
			梁端横向位移		/
	应变	RSG	主梁关键截面应变	微应变（μ ε ）	负值为压应变，正值为拉应变
	支座反力	STF	支座反力	千牛（kN）	/
	振动	VIB	主梁竖向振动加速度	米每二次方秒（m/s ² ）	/
			主梁横向振动加速度		
主梁纵向振动加速度					
结构变化	基础冲刷	SCO	基础冲刷深度	毫米（mm）	/
	桥墩沉降	AND	桥墩竖向位移	毫米（mm）	/
	裂缝	CRK	结构裂缝宽度	毫米（mm）	/
	腐蚀	COR	墩身、承台氯离子浓度	千克每立方米（kg/m ³ ）	/
			墩身、承台侵蚀深度	毫米（mm）	

附录 B 监测系统数据表定义

表 B.0.1 桥梁基本信息表

字段名称	数据类型	字段含义
ID	字符型	桥梁 ID
桥梁编码	字符型	桥梁唯一编码
桥梁名称	字符型	
桥梁简称	字符型	
所属机场名称	字符型	机场名称
桥梁全长（米）	浮点型	
跨径组合	字符型	
桥梁全宽（米）	浮点型	
主桥上部结构类型	字符型	
主桥上部结构材料	字符型	
桥墩类型	字符型	
墩台防撞防护	字符型	
跨越类型	字符型	
飞机荷载	字符型	
建成日期	日期时间型	如：“2025-01-01”
桥梁照片	字符型	桥梁照片 ID
备注	字符型	

表 B.0.2 桥梁文件信息表

字段名称	数据类型	字段含义
ID	字符型	文件 ID
桥梁 ID	字符型	桥梁 ID
文件名称	字符型	
文件类型	字符型	PDF、Word、JPG 等
文件类别	字符型	文件类，如：监测报告、竣工图纸等
文件大小	长整型	

续表

字段名称	数据类型	字段含义
文件存储路径	字符型	
文件创建时间	日期时间型	
文件创建人 ID	字符型	
文件摘要	字符型	
备注	字符型	

表 B.0.3 监测内容基本信息表

字段名称	数据类型	字段含义
ID	字符型	监测内容 ID
桥梁 ID	字符型	桥梁 ID
监测内容名称	字符型	见附录 A
监测内容简称	字符型	见附录 A
监测类别	字符型	环境、作用、结构响应、结构变化
监测目的	字符型	描述该监测内容主要监测部位和目的
备注	字符型	

表 B.0.4 监测点基本信息表

字段名称	数据类型	字段含义
ID	字符型	监测点 ID
桥梁 ID	字符型	桥梁 ID
监测内容 ID	字符型	监测内容 ID
传感器 ID	字符型	传感器 ID
通道名称	字符型	如：温度、湿度
通道物模型键值	字符型	通道对应物模型的键值，如：temperature、humidity
通道编码	整型	传感器通道编号 code
数据单位	字符型	
数据精度	整数	小数位数
分辨力	浮点型	传感器采集分辨力
K 值	浮点型	转换参数 K 值
B 值	浮点型	转换参数 B 值
采样周期（毫秒）	长整型	传感器两次采样时间间隔，如：10 Hz 采样，采样周期为 100 毫秒

续表

字段名称	数据类型	字段含义
上报周期（毫秒）	长整型	传感器数据上报到平台的时间间隔，如：1 秒上报一次，上报周期为 1 000 毫秒
超限一级阈值上限	浮点型	
超限一级阈值下限	浮点型	
超限二级阈值上限	浮点型	
超限二级阈值下限	浮点型	
当前状态	整型	0—正常；1—故障
是否开启报警	布尔型	真—开启；假—未开启
备注	字符型	

表 B.0.5 传感器基本信息表

字段名称	数据类型	字段含义
ID	字符型	传感器 ID
桥梁 ID	字符型	桥梁 ID
传感器名称	字符型	传感器名称
传感器唯一编码	字符型	传感器唯一编码
传感器类型	字符型	
传感器型号	字符型	
生产厂家	字符型	
信号类型	字符型	电流、电压、电阻、光纤、数字式等
安装位置	字符型	
安装时间	字符型	
传感器照片	字符型	传感器照片 ID
传感器物模型	字符型	传感器数据传输物模型 ID
当前状态	整型	0—正常；1—故障；2—离线
备注	字符型	

表 B.0.6 实时监测数据表

字段名称	数据类型	字段含义
ID	字符型	实时监测数据 ID
监测点 ID	字符型	监测点 ID
数据采集时间	长整型	如：采集时间“2025-01-01 12: 15: 10.100”对应的长整型时间戳（毫秒）表示：1735704910100

续表

字段名称	数据类型	字段含义
当前值	浮点型	
数据状态	整型	0—正常；1—异常
备注	字符型	

表 B.0.7 特征值数据表

字段名称	数据类型	字段含义
ID	字符型	特征值数据 ID
监测点 ID	字符型	监测点 ID
数据采集时间	长整型	长整型时间戳，按照统计间隔的开始时间
统计间隔	长整型	特征值统计时间间隔，单位为秒，如：10 分钟统计，间隔为 600 秒
最大值	浮点型	统计时间范围内的最大值
最小值	浮点型	统计时间范围内的最小值
平均值	浮点型	统计时间范围内的平均值
均方根值	浮点型	统计时间范围内的均方根值
方差	浮点型	统计时间范围内的方差值
数据状态	整型	0—正常；1—异常
备注	字符型	

表 B.0.8 视频属性信息表

字段名称	数据类型	字段含义
ID	字符型	特殊事件 ID
桥梁 ID	字符型	桥梁 ID
视频编号	字符型	摄像机名称
安装位置	字符型	摄像机安装位置
摄像机唯一编码	字符型	按照 GB/T 28181 规范，摄像机唯一编码
当前状态	整型	0—正常；1—故障；2—离线
备注	字符型	

表 B.0.9 超限报警信息表

字段名称	数据类型	字段含义
ID	字符型	特殊事件 ID
监测 ID	字符型	监测点 ID

续表

字段名称	数据类型	字段含义
报警级别	整型	报警级别（1—超限一级；2—超限二级）
当前超限值	浮点型	
报警开始时间	日期时间型	
报警结束时间	日期时间型	
报警处置状态	整型	0—未处理；1—已处理
报警处置措施	字符型	
备注	字符型	

表 B.0.10 特殊事件信息表

字段名称	数据类型	字段含义
ID	字符型	特殊事件 ID
桥梁 ID	字符型	桥梁 ID
特殊事件名称	字符型	
特殊事件类型	字符型	特殊事件类型，如：台风、火灾、地震、车辆撞击、积水洪涝等
特殊事件开始时间	日期时间型	特殊事件发生时间
特殊事件结束时间	日期时间型	特殊事件结束时间
事件描述	字符型	
录入人	字符型	
录入时间	日期时间型	
处置状态	整型	0—未处置；1—已处置
处置措施	字符型	
备注	字符型	

表 B.0.11 桥梁技术状况评定信息表

字段名称	数据类型	字段含义
ID	字符型	技术状况评定 ID
桥梁 ID	字符型	桥梁 ID
技术状况评定等级	字符型	
技术状况评定日期	字符型	
技术状况评定报告 ID	字符型	
备注	字符型	

附录 C 监测报告基本格式

C.0.1 封面宜采用下列格式。

××机场
××桥梁结构监测系统数据分析报告
(×年×月)

监测单位：
(报告日期)

C.0.2 扉页宜采用下列格式。

××机场
××桥梁结构监测系统数据分析报告

项目负责人：（签字）
报告编写人：（签字）
报告审核人：（签字）
报告审定人：（签字）

（监测单位名称及盖章）
（报告日期）

C.0.3 监测报告满足 9.2.7 要求，正文目录应包括以下内容：

- 1 工程概况；
- 2 监测目的及依据；
- 3 监测系统设计，包括总体设计原则、系统功能组成、监测内容、监测点布设、监测方法等；
- 4 监测系统实施及运行，包括监测设备、仪器安装、电力引接、网络传输、质量保障措施等；
- 5 监测数据汇总分析，包括监测数据的整理、统计、分析，超限报警分析及结论、专项评估及结论；
- 6 结构状态评估，包括目前桥梁的评估结果，以及与历年评估结果的对比，分析桥梁状况发展变化情况；
- 7 结论与建议，总结监测数据汇总分析的主要结论，并根据监测结果提出相应的养护、维修或加固建议。

附录 D 监测点布置示意图

表 D.0.1 主梁竖向位移（挠度）测点布置

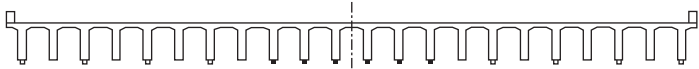
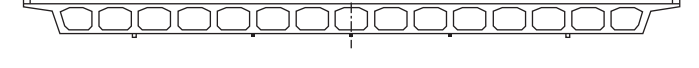
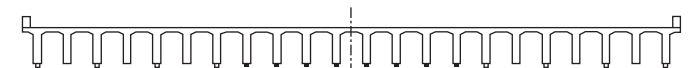
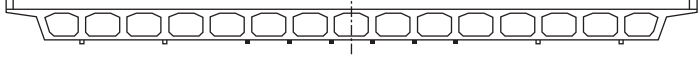
构件名称	主要截面类型	挠度测点布置示意	备注
混凝土主梁	整体式实心板		1 滑行中线位于主梁横截面对称轴处； 2 ■表示飞机外轮间距范围内应设监测点，□表示飞机外轮间距范围以外可设监测点
	预应力混凝土T梁		
	分离式箱梁		
	整体式箱梁		

表 D.0.2 应变监测点布置

构件名称	关键截面类型	应变监测点布置示意图	备注
混凝土主梁	整体式实心板		1 滑行中线位于主梁横截面对称轴处； 2 ■表示飞机外轮间距范围内应设监测点，□表示飞机外轮间距范围以外可设监测点
	预应力混凝土T梁		
	分离式箱梁		
	整体式箱梁		

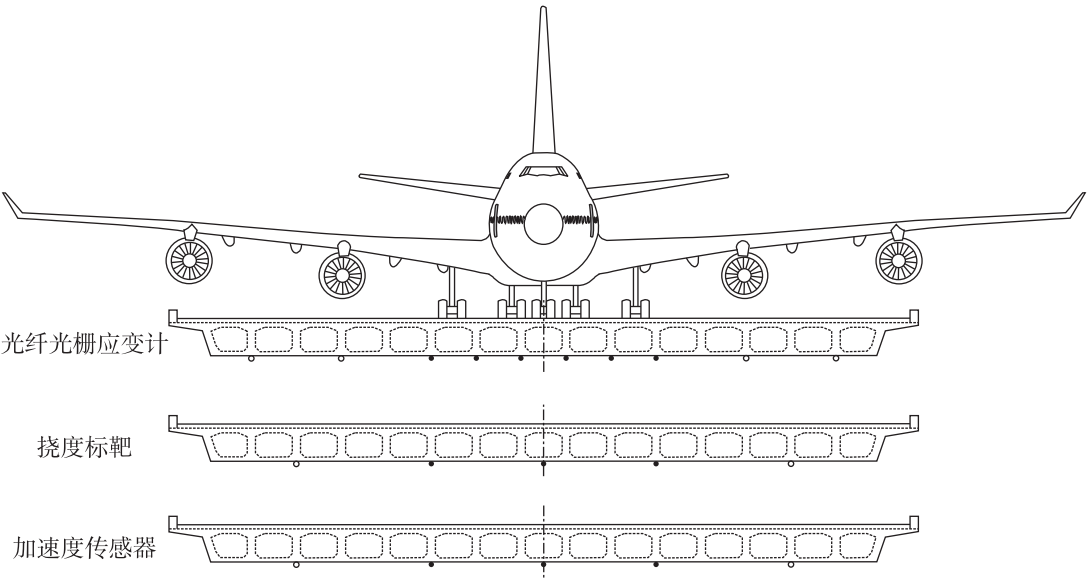


图 D. 0. 1 波音 747-400 飞机荷载桥梁监测点布设示意图

标准用词说明

1 为了便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词，说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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的用词：

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，在条件许可时首先这样做的用词：

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 本规范中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……的规定执行”。非必须按所指定的标准、规范和其他规定执行时，写法为“可参照……”。

引用标准名录

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。

- [1] 《民用机场飞机荷载桥梁设计指南》（MH/T 5063）
- [2] 《民用机场工程监测技术规范》（MH/T 5087）
- [3] 《公路桥梁结构监测技术规范》（JT/T 1037）
- [4] 《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTJ 275）
- [5] 《建筑与桥梁结构监测技术规范》（GB 50982）
- [6] 《民用运输机场信息集成系统技术规范》（MH/T 5103）
- [7] 《外壳防护等级（IP 代码）》（GB/T 4208）
- [8] 《工业控制计算机系统 通用规范 第1部分：通用要求》（GB/T 26802.1）
- [9] 《建筑物电子信息系统防雷技术规范》（GB 50343）
- [10] 《钢结构设计标准》（GB 50017）
- [11] 《信息安全技术—网络安全等级保护基本要求》（GB/T 22239）
- [12] 《民用航空网络安全等级保护基本要求》（MH/T 0076）
- [13] 《公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求》（GB/T 28181）
- [14] 《物联网 感知控制设备接入 第2部分：数据管理要求》（GB/T 38637.2）
- [15] 《中华人民共和国行政区划代码》（GB/T 2260）
- [16] 《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）