ICS 01.040.93
CCS P 66

DB3205

苏 州 市 地 方 标 准

DB3205/T 1180—2025

城市桥梁无人机巡检管理规范

Management specification for unmanned aerial vehicle patrol of urban bridges

2025-06-23 发布　　2025-06-30 实施

苏州市市场监督管理局　发布

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　基本要求 2
4.1　环境 2
4.2　运营主体 2
4.3　人员 2
5　设备设施 2
5.1　无人机 2
5.2　挂载设备要求 3
5.2.1　相机 3
5.2.2　激光雷达 3
5.2.3　照明设备 3
5.3　无人机设备维护保养 3
5.4　无人机电池维护保养 4
5.5　挂载设备维护保养 4
6　安全要求 4
6.1　人员安全 4
6.2　无人机飞行安全 4
7　飞行作业 4
7.1　飞前准备 4
7.2　飞行要求 5
7.3　数据采集 5
7.4　设备故障处置 5
8　巡检内容及要求 5
8.1　一般要求 5
8.2　日常巡检 5
8.3　经常巡检 6
8.4　定期巡检 7
9　巡检成果 7
9.1　巡检报告 7
9.2　影像资料 7
附录A（资料性）　城市桥梁日常巡检报表 8
附录B（规范性）　定期巡检内容 9
参考文献 11

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。

本文件由苏州市交通运输局提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：清华大学苏州汽车研究院（吴江）、苏州大风技术有限公司、中国移动通信集团江苏有限公司苏州分公司、苏州空地网联科技有限公司、苏州市质量和标准化院、江苏云圣智能科技有限责任公司、苏州智能交通信息科技股份有限公司、苏州清猛智能科技有限公司、苏州市航空产业发展集团有限公司。

本文件主要起草人：张新钰、余力、王嘉捷、杨军、白利敏、沈彧、李婧、谢晓烽、鞠京梁、申灏文、董一帆、张梦凡、马兆捷、马辉、李肖图灵、王新新、刘俊、董金聪、周建光。

城市桥梁无人机巡检管理规范

1 范围

本文件规定了城市桥梁无人机巡检的基本要求、设备设施、安全要求、飞行作业、巡检内容及要求、巡检成果等内容。

本文件适用于城市桥梁无人机巡检。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 38909 民用轻小型无人机系统电磁兼容性要求与试验方法

GB/T 38930 民用轻小型无人机系统抗风性要求及其试验方法

GB/T 38997 轻小型多旋翼无人机飞行控制与导航系统通用要求

CJJ 99 城市桥梁养护技术标准

IEC 60825 激光产品的安全 第1部分：设备分类和要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自动巡检 automatic patrol

基于城市桥梁的3D模型和地面控制系统的路径规划，通过预设程序或智能算法，使无人机在无需人工实时操控的情况下，自主完成对桥梁结构的系统性检测任务。

3.2

手动巡检 manual patrol

由操作人员人工控制无人机完成对桥梁结构的系统性检测任务。

3.3

粗飞方法 coarse flying method

使用大视场对桥梁结构表面开展粗略普查的巡检作业方法。

3.4

精飞方法 precision flying method

使用小视场对桥梁结构表面开展精细化检测的巡检作业方法。

3.5

云台 gimbal

一种用于固定和稳定摄影摄像设备（如相机、摄像机等）的机械装置。

3.6

姿态模式 attitude mode

无人机不依赖卫星和视觉系统进行定位，而是仅使用无人机内置的传感器，如气压计、陀螺仪等，来维持飞行高度和飞机的姿态稳定的飞行模式。

4 基本要求

4.1 环境

4.1.1 巡检线路沿线左右两侧 20 m 范围内应无爆破、射击、打靶、飞行物、烟雾、火焰和无线电干扰等影响飞行安全的因素。

4.1.2 起飞、降落点应选取平坦场地，面积应＞5 m*5 m，起降点上空无障碍物。

4.1.3 作业时空气相对湿度应≤80% RH。

4.1.4 作业现场瞬时风速应≤10 m/s。

4.1.5 作业环境能见度应符合《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》相关规定。

4.1.6 作业环境温度应在-20℃～50℃之间。

4.2 运营主体

4.2.1 开展无人机城市桥梁巡检的运营主体应具备下列条件：

a) 应具有法人资格；

b) 应具有与所从事运营活动相适应的运营能力；

c) 应在相关主管部门进行登记备案；

d) 应具有民用无人驾驶航空器运营合格证。

4.2.2 运营主体应为操作人员和飞行辅助人员应购买人身意外险，并为无人机购买第三者责任险。

4.2.3 运营主体应提前规划好巡检路线和频率，按照《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》的规定，向苏州市低空运行服务平台申请报备，并与苏州市低空飞行服务中心进行数据对接交互。

4.2.4 无人机进行铁路桥梁巡检时应向铁路公安部门报备。

4.3 人员

4.3.1 巡检作业应配备操作人员和飞行辅助人员。

4.3.2 操作人员应具备 CAAC 颁发的民用无人机驾驶员合格证及相应民用无人机操作执照，具备无人机系统的运行维护、突发情况处置及使用无人机进行桥梁检测的业务能力，并通过相应机型的操作培训，取得相应资质。

4.3.3 飞行辅助人员应具备协助操作人员维护无人机系统运行、处置突发情况的能力。

5 设备设施

5.1 无人机

5.1.1 运营主体宜选择多旋翼无人机进行巡检作业。

5.1.2 无人机应满足以下要求：

a) 续航时间≥30 min；

b) 应具备感知和避障功能包括障碍物感知、告警提示并采取自动悬停、避让或降落等措施；

c) 可搭载相机、激光雷达和照明设备等挂载设备；

d) 支持云台上置和云台下置；

e) 与地面控制设备间图像传输距离应＞0.3 km；
f) 电磁兼容应符合 GB/T 38909 的要求；
g) 抗风性能应符合 GB/T 38930 的要求；
h) 飞控算法与导航系统应符合 GB/T 38997 的要求。

5.1.3 地面控制设备应具备对无人机进行航线规划和任务规划的功能。

5.2 挂载设备要求

5.2.1 相机

相机应满足以下要求：

a) 控制云台具备三轴自动稳定功能，控制精度满足在-0.05°～0.05°之间；
b) 相机传感器分辨率≥2000 万像素，变焦相机的光学变焦倍数不低于 10 倍；
c) 拍摄视频分辨率≥1080 P；
d) 相机具备手动触发和自动触发功能，触发功能包括定点、等时间间隔和等距离间隔曝光；
e) 有效像素不低于 3.2 Mpx，RGB 模式下≥12.3 Mpx；
f) 飞行高度距地面 120 m 时，地面分辨率≤5.28 cm/px，彩色遥感影像分辨率≤2.60 cm/px；
g) 相机存储空间≥32 GB；
h) 支持通过地面站控制相机执行拍照、录像和变焦等指令。

5.2.2 激光雷达

无人机搭载的激光雷达应满足以下要求：

a) 测距精度（均方根误差 RMS 在 1σ 条件下）≤2 cm；
b) 最大支持回波数≥5 个；
c) 在 100 m 距离处测量时，激光光斑（半峰全宽）水平方向应≤4 cm、垂直方向应≤12 cm；
d) 激光脉冲重复频率 PRF≥240 kHz；
e) 激光安全等级应高于 IEC 60825-1 中规定的 Class1。

5.2.3 照明设备

无人机搭载的照明设备照度应达到 50 lx～200 lx。夜间或低光环境中至少需要 300 lx，并避免阴影干扰。

5.3 无人机设备维护保养

5.3.1 按照设备维护保养通用要求，分为日常检查保养和定期检查保养。

5.3.2 日常检查保养应包括但不限于以下内容：

a) 保持任务载荷设备清洁；
b) 保持数据存储空间充足。

5.3.3 定期检查保养应包括但不限于以下内容：

a) 机身外观完整无损；
b) 机身框架完好无裂纹；
c) 橡胶件状态良好；
d) 紧固件和连接件稳定可靠；
e) 桨叶外观完好无损；
f) 照明设备外观完好无破损；

g） 照明设备功能正常。

5.4 无人机电池维护保养

5.4.1 飞行结束后应及时拔出无人机电池，置于适宜的温度条件下。
5.4.2 对长期不使用的电池，宜将电池电量放电至40%～65%后存放。
5.4.3 对长期不使用的电池宜每隔2个月～3个月充放电一次，充电时应将电池和充电设备放置在周围无易燃物、可燃物的地面，充电应在10℃～30℃的温度下进行。
5.4.4 充电完毕后应断开充电器与电池间的连接，检查电池各个部件外观。

5.5 挂载设备维护保养

5.5.1 挂载设备连接部分应无松动、变形和破损，转动部分无卡顿。
5.5.2 挂载设备外观应无破损变形。相机镜头应无刮花破损。
5.5.3 挂载设备应供电充足，与机体通信可靠。

6 安全要求

6.1 人员安全

6.1.1 起飞和降落时，现场所有人员应与无人机保持≥6 m的安全距离，作业人员不应位于起飞和降落航线下。
6.1.2 现场人员应正确穿戴安全帽等个人劳动防护用品。
6.1.3 作业前12 h及作业过程中不应服用含酒精、麻醉剂、神经镇静类或助眠类药物。

6.2 无人机飞行安全

6.2.1 巡检作业时，无人机若需要跨越杆（塔），必须将无人机升高至安全跨越高度，从杆（塔）上方通过后下降进行作业。
6.2.2 无人机不应在强磁场区域上空飞行。
6.2.3 当无人机悬停巡视时，应顶风悬停。
6.2.4 若对无人机姿态进行调整时，辅助人员应提醒操作人员注意线路周围的障碍物。
6.2.5 操作人员、辅助人员应同时监控飞机姿态，判断离带电设备的距离及附近的干扰源。
6.2.6 在无人机进行桥梁巡检时，应评估环境风险、合理规划飞行策略，采取预防措施确保飞行安全。
6.2.7 夜间和低能见度条件下，无人机巡检作业时应搭载红外热成像镜头以保证无人机和周边人员的安全。

7 飞行作业

7.1 飞前准备

7.1.1 无人机桥梁首次巡检之前应对待检桥梁进行三维建模。三维模型应包含桥梁的所有关键结构，不应有缺失的部分。三维模型应准确反映桥梁的实际几何形态与表面纹理。
7.1.2 应根据不同桥型、待巡检部位结构特点、地理环境等制定巡检方案，包括设备选型、航迹规划、巡检方式、试验方案、现场安全管理办法、应急预案等，并制定特殊情况下停飞、避让等应对措施。
7.1.3 了解待巡检桥梁的作业环境，确定信号分布状态。
7.1.4 应检查确认无人机各项数据及功能正常，包括：无人机及遥控器电量、卫星数目、图传及拍照

测试、地磁校对等。

7.1.5 应检查确认相机存储空间≥32 GB。

7.1.6 应检查确认遥控器操作手方式，避免因遥控器操作手方式差异引发事故。

7.1.7 操作人员宜在待巡检结构周围 100 m 范围内，持遥控器控制无人机进行试飞，试飞时间≥10 min。

7.2 飞行要求

7.2.1 无人机与飞手之间应保持通信。

7.2.2 无人机靠近桥梁待检测部位时，提升及平移速度宜＜0.5 m/s。

7.2.3 巡检时无人机与桥面间的距离应≥80 cm。

7.2.4 无人机电量低于 30%时，飞手应收回无人机。

7.2.5 无人机与地面控制系统之间的通信链路中断超过 5 s，无人机应就近安全迫降。

7.3 数据采集

7.3.1 数据采集应包括图像采集与信号传输，信号传输包括图像传输和数据传输。

7.3.2 接收卫星信号弱时，可增设移动信号基站，进行无人机辅助定位。

7.3.3 数据采集方式可分为无人机自动巡检采集和无人机手动巡检采集，采用自动巡检方式时应在地面站控制系统中规划巡检任务及路线，保证无人机起飞后按照巡检任务规划及路线自动巡检。

7.3.4 应根据不同巡检需求，分别采用粗飞和精飞两种方法采集桥梁缺陷数据，具体情况如下：

a) 粗飞方法适用于桥梁巡检部位表观三维模型建立、明显缺陷以及缺陷集中区域发现。航向重叠率和旁向重叠率均不宜低于 50%，可根据巡检现场实际情况，适当提高重叠率。精飞方法适用于缺陷精细化检测。其图像分辨率不宜低于 0.1 mm/px；

b) 定期巡检采用精飞和粗飞相结合的方法采集桥梁缺陷数据，日常巡检、经常巡检宜采用粗飞方法采集桥梁缺陷数据。

7.4 设备故障处置

7.4.1 无人机在预定时间内未返航，应根据无人机失去联系前的地理坐标和机载追踪器发送的报文信息进行搜寻。

7.4.2 设备出现报警故障无法恢复，应立即停止巡检作业，操作无人机返航。

7.4.3 设备卫星信号丢失时，应采用姿态模式，无人机就近降落。

7.4.4 无人机坠落，应立即上报并妥善处置，避免发生次生事故。

7.4.5 遇天气突变等不可抗力情况时，不再满足飞行条件，应立即停止作业，操作无人机返航或就近降落。

7.4.6 遇操作人员身体不适，应由辅助人员协助操作无人机返航或就近降落。

7.4.7 遇空中交通管制部门发布空域管制要求，应立即停止作业，待管制结束后重新申请。

8 巡检内容及要求

8.1 一般要求

8.1.1 城市桥梁养护等级根据 CJJ 99 的要求进行划分。

8.1.2 无人机可对城市桥梁进行日常巡查、经常检查和定期检查。

8.2 日常巡检

8.2.1 日常巡检频次应符合以下要求：

a) 养护等级为Ⅰ、Ⅱ级的桥梁，日常巡查每天不应少于 1 次；
b) 对有特殊照明需求(功能性及装饰性照明、航空航道指示灯等)的桥梁，应适当开展夜间巡查；
c) 养护等级为Ⅲ级的桥梁，日常巡查每周不应少于 1 次；
d) 遇地震、地质灾害或极端气象时应增加检查频率。

8.2.2 日常巡检采用自动或手动的方式，粗飞方法。

8.2.3 日常巡检应包括下列内容，城市桥梁日常巡检报表见附录表 A.1：

a) 桥路连接处是否异常；
b) 桥面铺装、伸缩缝是否有明显破损；
c) 伸缩缝位置的桥面系是否存在异常；
d) 护栏有无明显缺损；
e) 标志标牌是否完好；
f) 桥梁线形是否存在明显异常；
g) 桥梁安全保护区是否存在侵害桥梁安全的情况。

8.3 经常巡检

8.3.1 经常巡检频次应符合下列规定：

a) 养护等级为Ⅰ级的桥梁，经常巡检每个月不应少于 1 次；
b) 养护等级为Ⅱ级的桥梁，经常巡检每两个月不应少于 1 次；
c) 养护等级为Ⅲ级的桥梁，经常巡检每季度不应少于 1 次；
d) 在汛期、台风、冰冻等自然灾害频发期，应提高经常巡检频率；
e) 养护巡检等级为Ⅱ、Ⅲ级的桥梁，在定期巡检中发现存在 4 类构件时，加固处置前应提高经常检查频率；
f) 对支座的经常巡检每季度不应少于 1 次。

8.3.2 经常巡检采用自动或手动的方式，粗飞方法。

8.3.3 经常巡检应包括以下内容：

a) 桥梁结构有无异常的变形及其他异常状况；
b) 外观是否整洁，构件表面是否完好，有无损坏、开裂、剥落、起皮和锈迹等，混凝土主梁裂缝是否有发展，箱梁内是否有积水；
c) 钢结构主梁抽查焊缝有无开裂，螺栓有无松动或缺失；
d) 斜拉索、吊杆(索)、系杆等索结构锚固区的密封设施是否完好，有无积水或渗水痕迹，密封材料等有无老化和开裂；
e) 主缆最低点是否渗水；
f) 索鞍是否有异常的位移、卡死、辊轴歪斜以及构件锈蚀、破损;鞍座混凝土是否开裂;鞍室是否渗水、积水；
g) 支座是否有明显缺陷，使用功能是否正常；
h) 桥面铺装是否存在缺陷；
i) 伸缩缝是否堵塞、卡死，连接部件有无松动、脱落、局部破损；
j) 人行道、缘石有无破损、剥落、裂缝、缺损和松动；
k) 栏杆、护栏有无破损、缺失、锈蚀、移动或错位；
l) 排水设施有无堵塞和破损；
m) 墩台有无明显的倾斜、损伤、开裂及是否受到车、船或漂流物撞击而受损；基础有无冲刷、损坏、悬空；台与基础是否受到生物腐蚀；

n) 翼墙(侧墙、耳墙)、锥坡、护坡、调治构造物有无缺损、开裂、沉降和塌陷；
o) 悬索桥锚碇是否存在渗水、积水；
p) 交通信号、标志、标线、照明设施以及桥梁其他附属设施是否完好、正常工作；
q) 永久观测点及标志点是否完好。

8.4 定期巡检

8.4.1 定期巡检频次应符合以下规定：
a) 养护等级为Ⅰ级的桥梁，定期检查周期不得超过1年；
b) 养护等级为Ⅱ、Ⅲ级的桥梁，定期检查周期不得超过3年。

8.4.2 定期巡检采用无人机自动或手动方式与人工巡检共同完成的方式，粗飞和精飞结合的方法。

8.4.3 定期检查上部结构巡检内容要求见附录表B.1，桥面系巡检内容见附录表B.2，下部结构巡检内容见附录表B.3，附属设施巡检内容及要求见附录表B.4。

9 巡检成果

9.1 巡检报告

巡检报告应包括但不限于以下内容：
a) 任务概况；
b) 检测目的；
c) 检测依据；
d) 检测内容与方法：包括所检查的内容、范围及无人机检测方案（硬件设备型号、巡检路线规划、数据处理方法等）；
e) 桥梁的三维数字模型；
f) 构件编号及缺陷描述规则：对应构件、缺陷位置描述的编号规则；
g) 桥梁缺陷检查结果及缺陷可视化定位；
h) 结论及建议。

9.2 影像资料

需记录的影像资料内容如下：
a) 操作人员、飞行辅助人员现场操作无人机采集数据的工作照；
b) 采集的有效原始缺陷图片、视频等；
c) 缺陷识别结果图片等。

附 录 A
（资料性）
城市桥梁日常巡检报表

城市桥梁日常巡检报表见表A.1。

表 A.1 城市桥梁日常巡检报表

桥梁名称			巡查单位		
巡检设备					
巡检项目	完好	损坏类型	损坏程度	损坏位置	备注
桥铭牌					
限高牌、限载牌					
车行道					
人行道					
伸缩缝					
栏杆					
排水设施					
桥路链接位置					
上部结构					
支座					
下部结构					
桥梁保护区域内施工					
其他危及行人行船行车安全的缺陷					
巡检人			巡检日期		

附 录 B
（规范性）
定期巡检内容

B.1 上部结构巡检内容

上部结构巡检内容见表B.1。

表 B.1 上部结构巡检内容

巡检结构	内容	方式	方法	缺陷监测信息
塔柱	裂缝	自动/手动	精飞	数量、类型、位置、走势、长、宽
	剥落、掉漆、锈蚀			数量、类型、位置、面积
	裂缝、剥落、掉漆、锈蚀		粗飞	类型、位置
斜拉索、吊索	护套破损、脱落	自动/手动	精飞	数量、类型、位置、面积
			粗飞	类型、位置
主拱圈	裂缝	手动	精飞	数量、类型、位置、走势、长、宽
	剥落、掉漆、锈蚀			数量、类型、位置、面积
	裂缝、剥落、掉漆、锈蚀		粗飞	类型、位置
主缆	主缆防护损坏	自动/手动	精飞	数量、类型、位置、面积
			粗飞	缺陷类型、位置
主梁	裂缝	手动	精飞	数量、类型、位置、走势、长、宽
	蜂窝、麻面、剥落、露筋、空洞、孔洞、锈蚀			数量、类型、位置、面积
	裂缝、蜂窝、麻面、剥落、露筋、空洞、孔洞、锈蚀		粗飞	类型、位置
支座	开裂	手动	精飞	数量、类型、位置、走势、长、宽
	锈蚀			数量、类型、位置、面积
	开裂、锈蚀		粗飞	类型、位置

B.2 桥面系巡检内容

桥面系巡检内容见表B.2。

表 B.2 桥面系巡检内容

巡检结构	内容	方式	方法	缺陷监测信息
桥面铺装	裂缝	自动/手动	精飞	数量、类型、位置、走势、长、宽
	破损、坑洞、凹凸不平			数量、类型、位置、面积
	裂缝、破损、坑洞、凹凸不平		粗飞	类型、位置
伸缩缝	错台、堵塞、渗水、破损		精飞	数量、类型、位置、面积
			粗飞	类型、位置

B.3 下部结构巡检内容

下部结构巡检内容及要求见表B.3

表 B.3 下部结构巡检内容及要求

巡检结构	内容	方式	方法	缺陷监测信息
桥墩	裂缝	手动	精飞	数量、类型、位置、走势、长、宽
	蜂窝、麻面、剥落、露筋、空洞、孔洞、钢筋锈蚀			数量、类型、位置、面积
	裂缝、蜂窝、麻面、剥落、露筋、空洞、孔洞、钢筋锈蚀		粗飞	类型、位置
桥台	裂缝	手动	精飞	数量、类型、位置、走势、长、宽
	蜂窝、麻面、剥落、露筋、空洞、孔洞、钢筋锈蚀			数量、类型、位置、面积
	裂缝、蜂窝、麻面、剥落、露筋、空洞、孔洞、钢筋锈蚀		粗飞	类型、位置
锚室	裂缝	手动	精飞	数量、类型、位置、走势、长、宽
	剥落、露筋、锈蚀、空洞			数量、类型、位置、面积
	裂缝、剥落、露筋、锈蚀、空洞		粗飞	类型、位置

B.4 附属设施巡检内容

附属设施巡检内容及要求见表 B.4。

表 B.4 附属设施巡检内容及要求

巡检结构	内容	方式	方法	缺陷监测信息
栏杆、护栏	缺失、破损	自动/手动	精飞	数量、类型、位置、面积
			粗飞	类型、位置
照明、标志	脱落、缺失、锈蚀、损坏	自动/手动	精飞	数量、类型、位置、面积
			粗飞	类型、位置
防排水系统	破损、缺件、管体脱落、漏水	手动	精飞	数量、类型、位置、面积
			粗飞	类型、位置

参 考 文 献

[1] JTG 5110 公路养护技术规范
[2] JTG/T 5120 公路桥涵养护规
[3] JTG/T 5214 在用公路桥梁现场检测技术规程
[4] JTG/T H21 公路桥梁技术状况评定标准
[5] 无人驾驶航空器飞行管理暂行条例