

# 长江三角洲区域地方标准

DB34/T 310022—2024  
DB31/T 310022—2024  
DB32/T 310022—2024  
DB33/T 310022—2024

## 长大桥梁无人机巡检作业技术规程

Code of practice for UAV inspection technology of long span bridges

地方标准信息服务平台

2024 - 01 - 14 发布

2024 - 05 - 01 实施

安徽省市场监督管理局  
上海市市场监督管理局  
江苏省市场监督管理局  
浙江省市场监督管理局

联合发布



## 目 次

前言 .....	III
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 .....	1
4.1 环境 .....	2
4.2 人员 .....	2
4.3 设备设施 .....	2
4.4 无人机设备维护保养 .....	2
4.5 无人机电池维护保养 .....	3
4.6 云台相机维护保养 .....	3
4.7 人员安全 .....	3
4.8 设备安全 .....	3
5 工作流程 .....	3
6 飞行准备 .....	4
6.1 巡检方案制定 .....	4
6.2 准备工作 .....	4
7 飞行作业 .....	4
7.1 飞行要求 .....	4
7.2 设备故障处置 .....	4
7.3 突发事件处置 .....	4
8 数据采集 .....	5
9 数据处理 .....	5
9.1 一般要求 .....	5
9.2 数据类型 .....	5
9.3 数据处理方法 .....	5
9.4 巡检成果 .....	6
附录 A (资料性) 桥梁结构部位巡检路线制定 .....	7
A.1 梁底巡检路线制定 .....	7
A.2 墩柱巡检路线制定 .....	7
A.3 桥梁其他结构部位巡检路线 .....	7
附录 B (资料性) 像素标定方法 .....	8
B.1 标准结构物像素标定法 .....	8
B.2 相机内外参数像素标定法 .....	8
附录 C (资料性) 桥梁结构巡检内容及要求 .....	9

附录 D（资料性） 病害智能识别 .....	11
D.1 病害类型智能识别 .....	11
D.2 病害参数智能识别 .....	11

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。

本文件由安徽省交通运输厅、上海市交通委员会、江苏省交通运输厅、浙江省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：安徽省交通控股集团有限公司、上海市城建城市运营（集团）有限公司、江苏高速公路工程养护技术有限公司、浙江省交通运输科学研究院、中铁桥研科技有限公司、安徽圭目机器人有限公司、上海市交通发展研究中心、上海玄风航空科技有限公司、华设设计集团股份有限公司、苏交科集团股份有限公司、浙江沪杭甬高速公路股份有限公司、浙江交工高等级公路养护公司。

本文件主要起草人：熊亮、张立奎、鲍传富、李阿坦、连俊峰、吴巨峰、李洁、代树杰、王卫彬、桂仲成、曹威、杨洋、阮小丽、张旭、滕丽、沈刚、田浩、江禹、钟新然、张复宪、曹征、周敏、徐一超、徐祖恩、吴中鑫、苏东华、陆海珠、胡皓、董晓兵、肖唐杰、刘威、秦松、陈宇飞、张宇峰、史慧彬、徐春林、操莉、纵焱、刘刚、彭辉、黄蓉、黄成真、承宇、金晨、叶品。

地方标准信息服务平台



# 长大桥梁无人机巡检作业技术规程

## 1 范围

本文件规定了长大桥梁无人机巡检作业技术的基本要求、工作流程、飞行准备、飞行作业、数据采集、数据处理等内容。

本文件适用于长大桥梁使用无人机巡检作业。

## 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。

CJJ 99 城市桥梁养护技术标准  
JTG 5120 公路桥涵养护规范  
JTG/T 5214 在用公路桥梁现场检测技术规程  
JTG H10 公路养护技术规范  
JTG/T H21 公路桥梁技术状况评定标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**长大桥梁** long span bridge

总长大于 1000 m 或单孔跨径大于 150 m 的桥梁。

### 3.2

**自动巡检** automatic patrol

由飞行控制系统控制无人机并开展桥梁自主巡检作业。

### 3.3

**手动巡检** manual patrol

由操作人员人工控制无人机开展桥梁巡检作业。

### 3.4

**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。

### 3.5

**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。

## 4 基本要求

## 4.1 环境

- 4.1.1 无人机应在视距内飞行且无遮挡。
- 4.1.2 巡检线路沿线左右两侧 1 km 范围内应无爆破、射击、打靶、飞行物、烟雾、火焰、无线电干扰等影响飞行安全的因素，并制定特殊情况下停飞、避让等应对措施。
- 4.1.3 起飞、降落点应选取平坦的地方，选取面积应  $\geq 2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 。
- 4.1.4 作业相对湿度应  $\leq 95\% \text{ RH}$ 。
- 4.1.5 现场瞬时风速应  $\leq 7 \text{ m/s}$ 。
- 4.1.6 作业环境云下能见度应  $\geq 3 \text{ km}$ 。
- 4.1.7 作业环境温度应满足  $[-20^\circ\text{C}, 50^\circ\text{C}]$ 。

## 4.2 人员

- 4.2.1 数据采集作业应配备操作人员、飞行辅助人员等。
- 4.2.2 操作人员应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。
- 4.2.3 飞行辅助人员应具备协助操作人员维护无人机系统运行、处置突发情况及使用无人机进行桥梁检测的业务能力，并基本掌握无人机相关操作。

## 4.3 设备设施

- 4.3.1 宜选择多旋翼无人机进行巡检作业。
- 4.3.2 无人机应满足以下要求：
  - a) 无人机续航时间  $\geq 30 \text{ min}$ ，标配载荷  $\geq 2.5 \text{ kg}$ ；
  - b) 无人机具备上、下、左、右、前、后六向全方位避障功能，避障距离  $\geq 2 \text{ m}$ ；
  - c) 搭载定焦相机、变焦相机、照明设备；支持云台上置和云台下置；
  - d) 与地面站间图像传输距离应  $\geq 1 \text{ km}$ 。
- 4.3.3 应支持通过地面站控制相机执行拍照、录像指令、变焦相机变焦倍数及进行航线规划和任务规划。
- 4.3.4 云台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  $[-0.05^\circ, 0.05^\circ]$ ；
  - b) 单个相机拍摄照片分辨率  $\geq 2000$  万像素（定焦）或 200 万像素（ $\geq 10$  倍变焦），拍摄视频分辨率  $\geq 1080 \text{ P}$ ；
  - c) 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、等距离间隔曝光等；
  - d) 相机存储空间  $\geq 32 \text{ G}$ 。

## 4.4 无人机设备维护保养

- 4.4.1 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。
- 4.4.2 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。
- 4.4.3 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、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) 照明设备照明功能正常。

#### 4.5 无人机电池维护保养

- 4.5.1 飞行结束后应及时拔出无人机电池，置于阴凉通风处，待冷却后装入密闭保温的箱体中。
- 4.5.2 对长期不使用的电池，宜将电池电量放电至 40%~65% 后存放。
- 4.5.3 对长期不使用的电池宜每隔 2 个月~3 个月充放电一次。
- 4.5.4 充电时应将电池和充电设备放置在水泥等周围无易燃物、可燃物的地面，电池充电时应有人在场看管。
- 4.5.5 充电完毕后应断开充电器与电池间的连接，经常检查电池外观等各个部件。

#### 4.6 云台相机维护保养

- 4.6.1 云台连接部分应无松动、变形、破损，转动部分无卡顿。
- 4.6.2 相机外观应无破损、变形等。
- 4.6.3 镜头应无刮花、破损等。
- 4.6.4 相机应拍照正常，照片清晰度正常。
- 4.6.5 相机应拍视频正常，视频清晰度正常。
- 4.6.6 相机应供电充足，与机体通信可靠。

#### 4.7 人员安全

- 4.7.1 起飞和降落时，现场所有人员应与无人机始终保持足够的安全距离，安全距离  $\geq 5$  m，作业人员不应位于起飞和降落航线下。
- 4.7.2 现场人员应正确佩戴安全帽和穿戴个人防护用品，正确使用劳动防护用品。
- 4.7.3 现场作业人员应穿戴长袖服装。
- 4.7.4 作业前 12h 及作业过程中不应饮用含酒精饮品。
- 4.7.5 作业时，操作人员不应使用手机。除必要的对外联系外，现场其他作业人员不应使用手机。

#### 4.8 设备安全

- 4.8.1 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。
- 4.8.2 无人机不应在变电站（所）、电厂上空穿越。
- 4.8.3 当无人机悬停巡视时，应顶风悬停。
- 4.8.4 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。
- 4.8.5 操作人员、辅助人员应同时监控飞机姿态，判断离带电设备距离及附近的干扰源。
- 4.8.6 无人机水面飞行时宜距离水面  $\geq 10$  m。
- 4.8.7 无人机不应在梁底净空高度  $< 5$  m 的桥下巡检。

### 5 工作流程

无人机巡检作业工作流程可参见图1。

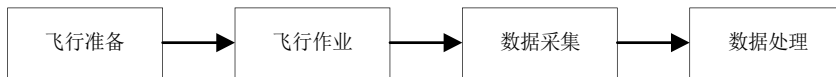


图1 无人机巡检作业工作流程

## 6 飞行准备

### 6.1 巡检方案制定

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、方法选择、试验方案、现场安全管理办法、应急预案等。

### 6.2 准备工作

6.2.1 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、指南针校对等。

6.2.2 应检查确认相机存储空间  $\geq 32$  G。

6.2.3 光线较暗时，可在待巡检结构周围 3 m 范围内安装照明设备，保证待巡检结构各个面光照亮度均匀。

6.2.4 应提前了解待巡检结构部位所在区域的禁飞情况，在禁飞区域进行巡检作业，应按规定提前申请，获得批准后才能作业。

6.2.5 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。

6.2.6 应将无人机设置为与遥控器之间通信异常情况下，无人机失控自动返航。

6.2.7 宜在待巡检结构周围 3 m 范围内，控制无人机飞行，相对无人机起飞地点飞行高度  $\geq 2$  m，试飞时间  $\geq 2$  min。

## 7 飞行作业

### 7.1 飞行要求

7.1.1 无人机与桥梁待检测部位的距离宜  $\geq 3$  m。

7.1.2 无人机靠近桥梁待检测部位时，提升及平移速度宜  $\leq 0.5$  m/s。

### 7.2 设备故障处置

7.2.1 遇设备电量不足、设备无信号等情况，应立即点击一键返航，与无人机设备进行连接。

7.2.2 遇无人机通信链路长时间中断，且预定时间内未返航，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。

7.2.3 遇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。

7.2.4 遇设备信号丢失，应采用姿态模式，控制无人机就近降落。

7.2.5 遇无人机失去机械动力，应控制无人机就近降落。

7.2.6 遇无人机坠落，应立即上报并妥善处置，避免发生次生事故。

### 7.3 突发事件处置

7.3.1 遇天气突变，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。

7.3.2 遇操作人员身体不适，应由辅助人员协助操作人员操作无人机返航或就近降落。

7.3.3 遇航空主管部门发布空域管制要求，应立即停止作业，待管制结束，重新申请。

## 8 数据采集

8.1 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。

8.2 接收卫星信号数量  $\leq 8$  组，可增设移动信号基站，进行无人机辅助定位。

8.3 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，具体情况如下：

- 接收卫星信号数量  $> 8$  组，宜采用自动巡检；接收卫星信号数量  $\leq 8$  组，宜采用手动巡检；
- 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。

8.4 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病害数据，具体情况如下：

- 粗飞方法适用于桥梁巡检部位表观三维模型建立、明显病害以及病害集中区域发现。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。桥梁结构部位巡检路线制定可参见附录 A；
- 精飞方法适用于病害精细化检测。其图像像素点分辨率不宜低于 0.1 mm/pixel。像素标定法可参见附录 B；
- 定期检查、特殊检查宜采用精飞方法采集桥梁病害数据，日常巡查、经常检查宜采用粗飞方法采集桥梁病害数据。

8.5 无人机巡检内容应包括水面或地面以上桥梁上部结构、桥面系、桥梁下部结构和附属设施，具体要求如下：

- 桥梁结构巡检内容及要求可参见附录 C，应符合 CJJ 99、JTG 5120、JTG H10、JTG/T 5214、JTG/T H21 的相关规定；
- 无人机巡检对象为水面、地面以上的桥梁结构部位，无人机搭载相机采集病害数据宜满足以下条件：
  - 无人机需要垂直向上拍摄图片，采集桥梁结构表面病害时，搭载上置摄像头；
  - 无人机需要垂直侧面拍摄图片，采集桥梁机构表面病害时，搭载上置或下置摄像头；
  - 无人机需要垂直向下拍摄图片，采集桥梁结构表面病害时，搭载下置摄像头。

8.6 原始数据及处理数据应加密保存在数据库中，并进行备份。图像存储文件应按照桥梁名称-部位-处理数据名称-年月日时间作为命名，如寿春桥-第 200 跨钢板梁-病害检测效果图 1-2021-08-20 10:30:45，巡检数据存储年限不低于 6 年，并指定专门的数据保管责任人。

## 9 数据处理

### 9.1 一般要求

9.1.1 数据处理方法应包含病害智能识别和人工干预修正。

9.1.2 病害智能识别应包括病害类型智能识别、病害参数智能识别。

### 9.2 数据类型

9.2.1 图片数据格式宜为 jpg，包含位置、大小、时间等属性信息。

9.2.2 视频数据格式宜为 MP4，应先进行采样处理，得到病害图片，病害图片应满足 8.4 要求。

### 9.3 数据处理方法

DB34/T 310022—2024、DB31/T 310022—2024、DB32/T 310022—2024、DB33/T 310022—2024

9.3.1 病害智能识别内容应包括病害类型以及位置、数量、尺寸等病害参数，可参见附录D。

9.3.2 应采用人工干预方法对病害智能识别中的漏检、误检结果进行修正。

## 9.4 巡检成果

### 9.4.1 巡检报告

内容如下：

——工程概况；

——检测目的；

——检测依据；

——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）；

——构件编号及病害描述规则：对应构件、病害位置描述的编号规则；

——桥梁病害检查结果；

——结论及建议。

### 9.4.2 影像资料

内容如下：

——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；

——外业采集的有效原始病害图片、视频等；

——病害智能识别结果图等。

地方标准信息服务平台

附录 A  
(资料性)  
桥梁结构部位巡检路线制定

A.1 梁底巡检路线制定

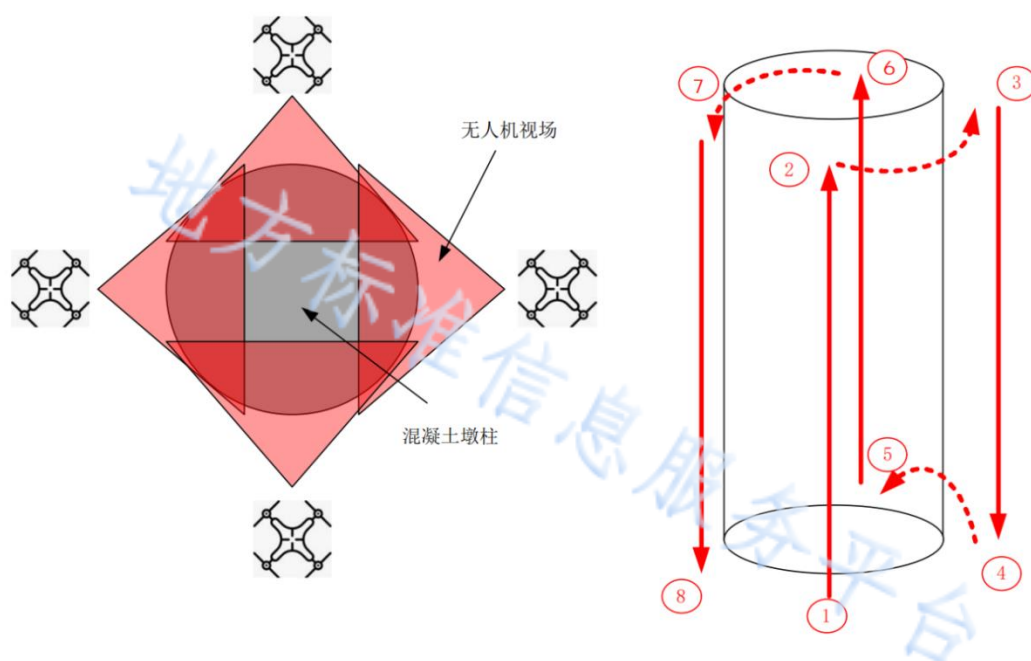
梁底巡检采用之字形回形路线，航向重叠度和旁向重叠度应  $\geq 50\%$ ，如图A.1所示。



图A.1 梁底巡检路线制定

A.2 墩柱巡检路线制定

墩柱巡检路线采用之字形回形路线，航向重叠度和旁向重叠度应  $\geq 50\%$ ，如图A.2所示。



图A.2 墩柱巡检路线制定

A.3 桥梁其他结构部位巡检路线

可参照梁底和墩柱巡检路线制定。

附录 B  
(资料性)  
像素标定方法

B.1 标准结构物像素标定法

标准结构物标定法，即根据图片中标准结构物的物理长、宽大小，图片中标准结构物长、宽所占像素个数，得到单个像素代表的实际物理尺寸大小，见公式 (B.1)。

$$\delta = \frac{M}{m} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- $\delta$ ——像素标定值，mm；
- $M$ ——标准结构物物理长度尺寸，mm；
- $m$ ——标准结构物长度方向所占像素个数。

B.2 相机内外参数像素标定法

根据相机的内外参数，计算单个像素代表的实际物理尺寸，见公式 (B.2)。

$$\delta = \varepsilon * \frac{h}{f} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

- $\delta$ ——像素标定值，mm；
- $\varepsilon$ ——相机传感器尺寸（宽）/图片像素（宽），mm/pixel；
- $h$ ——是物距，mm；
- $f$ ——是焦距，mm。

地方标准信息服务平台

附录 C

(资料性)

桥梁结构巡检内容及要求

C.1 上部结构巡检内容及要求见表 C.1。

表C.1 上部结构巡检内容及要求

巡检结构	内容	方式	方法	病害检测信息
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	病害类型、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

C.2 桥面系巡检内容及要求见表 C.2。

表C.2 桥面系巡检内容及要求

巡检结构	内容	方式	方法	病害检测信息
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	自动/手动	精飞	数量、类型、位置、面积
			粗飞	类型、位置



C.3 下部结构巡检内容及要求见表 C.3。

表C.3 下部结构巡检内容及要求

巡检结构	内容	方式	方法	病害检测信息
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

C.4 附属设施巡检内容及要求见表 C.4。

表C.4 附属设施巡检内容及要求

巡检结构	内容	方式	方法	病害检测信息
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



附录 D  
(资料性)  
病害智能识别

D.1 病害类型智能识别

D.1.1 病害类型智能识别应包括人工智能算法模型选择、桥梁病害数据集收集、数据集制作、模型训练、模型测试和模型应用。

D.1.2 宜根据目标大小、模型大小、检测速度等不同需求场景选择人工智能算法模型，然后采集桥梁病害数据，制作数据集，进行模型训练、测试，若模型测试平均精度  $MAP \geq 0.5$ ，可认为该模型有效，否则，重新选择模型，得到病害类型智能识别模型，输入无人机采集待识别病害图像，输出病害检测结果图像及病害检测位置信息等，流程可参见图 D.1。

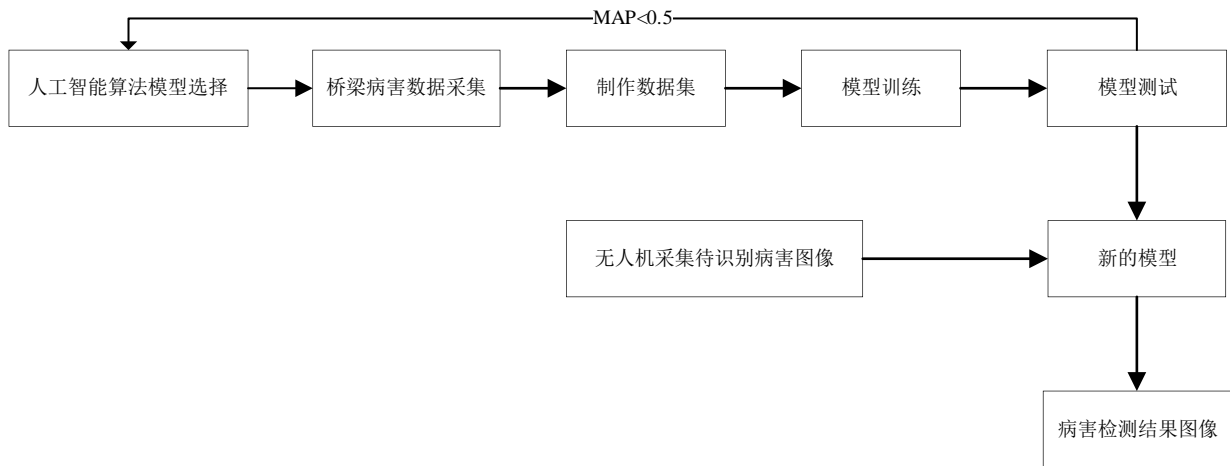


图 D.1 病害类型智能识别流程

D.1.3 桥梁病害数据集应为基于无人机巡检采集的真实数据。

D.1.4 数据集中每种类型病害照片数量宜不少于 300 张，正样本数量不少于负样本数量，宜根据样本特点及数据集大小合理选择。

D.1.5 宜通过收集漏检、误检样本制作新数据集的方式，对模型进行迭代优化，提高病害检测准确率。

D.2 病害参数智能识别

D.2.1 病害定量参数智能分析宜包括病害检测结果图像输入、病害检测结果灰度化、病害检测结果二值化、病害定量参数计算。

D.2.2 病害定量参数智能分析可参考以下流程：将病害检测结果图像作为输入，然后进行灰度转换变为灰度图，将病害检测结果灰度图转换为多幅只包含一种病害的二值化图像，对每幅二值化图像进行病害定量参数计算得到病害参数识别结果，流程可参见图 D.2。

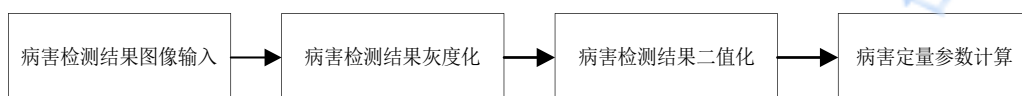


图 D.2 病害定量参数智能分析流程

D. 2. 3 病害面积可按公式 (D.1) 计算:

$$S = N_0 \times a \dots\dots\dots (D. 1)$$

式中:

$S$ ——病害面积,  $\text{mm}^2$ ;

$N_0$ ——病害像素个数;

$a$ ——单个像素实际面积,  $\text{mm}^2$ 。

D. 2. 4 病害定量参数计算病害数量根据病害连通区域个数进行计算。若  $S < s_t$ , 该连通区域面积过小, 可认为该连通区域不是病害, 应过滤掉, 式中  $s_t$  为最小病害面积阈值, 宜根据待检测结构部位病害的特征进行取值, 病害区域较小时,  $s_t$  应取较小值, 病害区域较大时,  $s_t$  应取较大值。

D. 2. 5 裂缝实际长度可按公式 (D.2) 计算:

$$L = l_0 \times \delta \dots\dots\dots (D. 2)$$

式中:

$L$ ——裂缝实际长度,  $\text{mm}$ ;

$l_0$ ——裂缝骨架线像素个数;

$\delta$ ——像素标定值,  $\text{mm}$ 。

D. 2. 6 若  $L < l_t$ , 该连通区域过短, 不符合裂缝细长的特点, 可认为该病害不是裂缝, 应过滤掉, 式中  $l_t$  为最短裂缝长度阈值, 宜根据待检测结构部位裂缝的特征进行取值, 裂缝较短时,  $l_t$  应取较小值, 裂缝较长时,  $l_t$  应取较大值。

D. 2. 7 裂缝平均宽度可按公式 (D.3) 计算:

$$W = \frac{S}{L} \dots\dots\dots (D. 3)$$

式中:

$W$ ——裂缝实际平均宽度,  $\text{mm}$ ;

$S$ ——病害面积,  $\text{mm}^2$ ;

$L$ ——裂缝实际长度,  $\text{mm}$ 。

D. 2. 8 若  $W > w_t$ , 该连通区域的平均宽度过大, 不符合裂缝细长的特点, 可认为该病害不是裂缝, 应过滤掉, 式中  $w_t$  为最大裂缝宽度阈值, 宜根据待检测结构部位裂缝的特征进行取值, 裂缝较窄时,  $w_t$  应取较小值, 裂缝较宽时,  $w_t$  应取较大值;

D. 2. 9 任一点裂缝宽度等于该点裂缝骨架线的垂线到裂缝两侧边缘的距离; 裂缝最大宽度等于任一点裂缝宽度的最大值。

D. 2. 10 单个像素实际面积可按公式 (D.4) 计算:

$$a = \delta^2 \dots\dots\dots (D. 4)$$

式中:

$a$ ——单个像素实际面积,  $\text{mm}^2$ ;

$\delta$ ——像素标定值,  $\text{mm}$ 。

D. 2. 11 智能识别病害模型准确率应  $\geq 80\%$ 、病害几何尺寸检测精度应符合 JTG/T 5214 规范要求。