

公路路面病害自动化识别技术指南

编制说明

编制组

二〇二三年八月

目 录

一、工作简况	1
1、任务来源	1
2、制定标准的必要性和意义	1
3、主要工作过程	1
二、制定标准的原则和依据，与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	2
1、编写原则	2
2、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	3
三、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述	3
1、主要内容	3
2、主要内容的解释和说明	3
3、主要试验（或验证）综述	4
四、重大分歧意见的处理经过和依据	5
五、采用国际标准和国外先进标准的情况，与国际、国内同类标准水平的对比情况	5
六、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议	6
七、贯彻标准的要求和措施建议	6
八、废止现行有关标准的建议	6
九、其他应予说明的事项	6

一、工作简况

1、任务来源

本标准根据中国交通运输协会标准化技术委员会下达的 2022 年第二批拟立项团体标准项目，由东南大学负责此项标准的起草制定工作。

2、制定标准的必要性和意义

目前我国高速公路仍处于建设高峰期，在建成交付使用后的 1-3 年内，道路结构强度仍处于良好水平，但在大量高速行驶车辆特别是大型重载车辆作用下，道路路面质量和服务能力呈现下降趋势。对于沥青路面，公路路面的病害类型有裂缝、坑槽、松散、沉陷以及波浪拥包等，其中，裂缝类病害是其主要病害之一。根据各种公路路面病害采集方法提出时间的先后顺序以及所使用的自动化检测设备的技术水平可以大致将路面病害采集方法的发展历程划分为以下三个阶段：

（1）人工检测阶段；（2）基于二维线阵图像检测阶段；（3）基于三维深度图像的检测阶段。传统的人工检测需要工作人员现场勘测，危险性大、费用高、效率低，已不适合当今的实际需求。二十世纪九十年代开始研究，基于二维线阵图像的检测方法已经成熟，不仅能够自动完成公路路面病害自动检测和分类，还能够对公路车辙和平整度等指标进行具体评价。近年来，基于三维激光点云的路面病害感知技术在路面病害感知方面得到了飞速发展，并取得了实际的应用效果，不仅解决了二维视频检测系统无法区分路面病害和轮胎痕迹、油渍、阴影等非路面损害区域的缺点，同时对路面病害的类型和程度进行定量描述、并能提供 3D 路面模型，大大的提高了检测的精度，是目前路面病害感知的最新成就。

基于二维图像和三维深度图像的公路路面病害自动化识别具有速度快、效率高的突出优势。然而，现有的痛点问题体现为识别过程的规范性缺乏，在识别设备的技术参数、识别环境的气象条件、识别对象的量化指标等方面，国家标准、行业标准、地方标准和企业标准均没有统一的技术标准，各个企业的产品之间也存在不同的技术标准。因此，为适应我国公路养护的市场需求和规范市场行为，需要制定统一的技术指标体系来规范市场行为、指导路面病害自动化检测的实际工作。

3、主要工作过程

■ 起草工作阶段

我国现阶段已经全面对营运之中的道路路面采集的快检图像、路面精细图像

和三维点云数据，但从采集的数据中识别路面病害还采用人工判别的方法，本标准属于首次指定，在起草阶段进行了大量的数据收集和测试工作，同时兼顾国内道路检测车的数据采集现状以及道路营运企业对路面病害识别的现有状况。

1) 2022 年 6 月成立标准编制组，明确了工作的职能和任务。

2) 2022 年 7 月~2022 年 9 月对车载采集设备的硬件现状进行相关资料收集和总结，并对同类型的硬件设备进行对比分析。

3) 2022 年 10 月~2022 年 12 月对道路路面病害识别的现状进行资料收集和总结，对采用的技术手段、识别精度和精度指标进行了分析和总结。

4) 2023 年 1 月~2023 年 7 月草稿编制，形成了《公路路面病害自动化识别技术指南》征求意见稿，开始进行征求意见工作。

■ 征求意见阶段

本标准以召开专题会议、发送标准邮件、线上会议、标委会网站公开挂网等多种形式进行广泛的征求意见。

根据试验数据分析整理，2023 年 6 月底前完成《公路路面病害自动化识别技术指南》团体标准编制意见征求稿，9-10 月份，通过以下方式进行广泛征求意见：

(1) 将标准编制说明和征求意见稿通过行业协会组织专家征求意见。

(2) 将标准编制说明和征求意见稿向各起草单位发出征求意见。

到 2023 年 10 月，将各意见汇总修改后形成完整的标准编制说明和征求意见稿，根据流程 10 月底再组织专家集中审核。

■ 审查阶段

起草工作组对会议收集到的意见进行认真分析和处理，对征求意见稿进行最后修改，形成标准送审稿初稿，将 2023 年 10 月底召开送审稿会审会议，对送审稿初稿进行研讨，会后根据会议研讨意见对标准进行完善，于 2023 年 12 月形成报批稿，报标准主管单位审查。

二、制定标准的原则和依据，与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

1、编写原则

■ 编写规则

本标准的制定工作遵循“统一性、协调性、适用性、一致性、规范性”的原则，本着先进性、科学性、合理性和可操作性的原则，按照 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》给出的规则编写。

■ 标准内容

本标准规定了公路路面病害自动化识别的全过程，主要包括：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语和定义；4 公路路面病害分类；5 设备组成及要求；6 检路面病害图像标注；7 自动化识别方法；8.自动化识别评价方法；9 自动化识别评价指标要求；附录。

本标准编制过程中应用和参照的相关规范性文件。

2、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与相关法律、法规、规章及相关标准协调一致，没有冲突。

三、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

1、主要内容

本标准分为九个组成部分，分别为：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语；4 公路路况数据要求；5 公路路面病害图像标注；6 公路路面病害图像自动化识别；7 公路路面病害图像自动化识别评定指标；附录 A（资料性） 公路路面病害二维图像采集设备；附录 B（资料性） 公路路面病害三维点云数据采集设备。

2、主要内容的解释和说明

■ 标准名称

标准名称为“公路路面病害自动化识别技术指南”。

■ 范围

介绍本标准的主要内容以及标准所适用的领域。

■ 规范性引用文件

本标准编制过程中应用和参照的相关规范性文件。

■ 术语和定义

对本标准中的规范性术语进行定义。

■ 公路路况数据要求

对采用自动化识别的数据内容及格式提出了相关的技术要求。

■ 公路路面病害图像标注

对采集的路面图像数据和点云数据进行标注标准的有关规定。

■ 公路路面病害图像自动化识别

根据最新研究成果，提出自动化识别路面病害的卷积神经网络模型的内容。

■ 公路路面病害图像自动化识别评定指标

路面病害自动化识别的结果必须达到的最低指标。

■ 附录 A（资料性） 公路路面病害二维图像采集设备 错误！未定义书签。

结合最新科学技术发展状况，对路面检测车二维图像采集的硬件组成进行规定，并提出相应的技术指标，以满足不影响交通现状的情况下采集路面数据。

■ 附录 B（资料性） 公路路面病害三维点云数据采集设备

结合最新科学技术发展状况，对路面检测车三维点云采集的硬件组成进行规定，并提出相应的技术指标，以满足不影响交通现状的情况下采集路面数据。

3、主要试验（或验证）综述

随着我国国民经济的快速增长，交通量增加、车辆大型化和超载等现象导致高速公路路面病害的出现，严重影响了道路交通的安全性和舒适性。目前，高速公路路面病害检测多采用道路检测车对路面进行扫描成像，例如：加拿大的 ARAN 系统、英国的 HARRIS、RAV 系统、澳大利亚的 NSV 系统、瑞典的 PAVUE 系统、我国的 CICS 系统和 ZOYON-RTM 系统等。扫描成像后的路面图像通常由专业技术人员进行人工检查、标注和分类识别等工作，其劳动强度大（痛点），每人一天只能完成 5000~6000 张路面图像的工作量；存在较高主观性，从而造成漏检率高、识别率低（难点）的结果，例如：微细裂纹的人工检测率低于 30%，平均识别率低于 70%。

国内外研究机构和学者都对高速公路路面病害的检测及识别技术展开了相关研究，并报道了相关研究成果，但由于路面病害图像的复杂性和多样性，现在未形成系统性高速公路路面病害图像智能识别理论和方法。随着机器视觉和人工智能的蓬勃发展，基于卷积神经网络的目标检测算法开始走入人们的视线之中，并被广泛应用于多个领域。基于卷积神经网络的目标检测算法是通过分割多个位置、不同尺寸大小的图像，用卷积神经网络判断该图像是否为某物，相较于传统的 DPM 算法采用滑动窗口依次判断所有可能的区域，目标检测卷积神经网络预先提取候选区域，之后仅通过遍历候选区域进行特征提取及判断，计算量大大减少，并且特征也由 HOG、SIFT 等传统特征提取替换为深度卷积神经网络特征提取，提取的特征更充分全面，从而极大提高了目标检测的效率和精度。目标检测卷积神经网络大致可以分为两种类型。第一种类型为两阶段算法，代表性的网络模型有 R-CNN，Fast R-CNN，Faster R-CNN 和 FPN 等，这类网络大多采用启发式方法或者 CNN 网络产生候选区域，然后对候选区域进行分类和回归，即第一阶段产生候选框，第二阶段对候选框上的目标进行分类回归，其中以 Faster R-CNN 最为稳定与成熟，并且在检测和分类的精度与实时性上表现出色。第二种类型为一阶段算法，代表性的网络模型有 SSD、Yolo 系列，这类网络仅采用 CNN 网络

直接预测目标的类别和位置，完成回归分类任务。

实验中标志标志小组调研、收集了江苏高速公路 1422 万余幅路面图像，构建了东南大学高速公路路面病害图像集，主要包括三类未修补病害图像（未修补横裂、未修补纵裂、未修补网裂）、三类修补病害图像（修补横裂、修补纵裂、修补网裂）和其他类型病害图像。

利用网络模型均基于 python3.6 和深度学习框架 tensorflow、pytorch 进行编译，计算机显卡配置为 NVIDIA GeForce GTX1080。实验基于构建并标注好的高速公路沥青路面病害图像数据集，按照 8：1：1 的比例分为训练集、验证集和测试集，即 2802 张用来训练，350 张用作验证集，350 张用作测试集，数据集格式采用 VOC2007。其中，训练集用于训练神经网络模型的参数，验证集不参与训练，主要是辅助完成网络模型超参数的调节，调节过程需要在训练的模型上通过验证集数据的表现来提供一个反馈信号，去修改网络模型及参数，主要根据损失函数曲线来进行参数调整，包括迭代次数、网络层数、学习率、改变权重等。测试集是用来测试网络模型最终达到的精度或者准确率，在目标检测网络中，主要测试分类器的性能和回归框的准确度。

实验中开展了实验研究，实验结果表明 FR-PDD、Yolov5s-PDD 和 SSD-PDD 三个网络模型的平均检测和分类精度 mAP 均优于 92%，其中 Yolov5s-PDD 网络训练得到的路面病害检测模型性能最好，其平均识别精度 mAP 达 98.1%，实时性为 0.010s。

表 1 三种卷积网络模型自动化识别结果比较

	FR-PDD	Yolov5s-PDD	SSD-PDD
横裂 (transverse_crack)	89.94	92.8	88.12
纵裂 (longitudinal_crack)	90.81	99.1	83.58
AP(%) 其他 (others)	90.91	99.5	99.93
坑槽 (pit_slot)	99.91	99.5	100
网裂 (net_crack)	90.91	99.5	99.63
平均精度 (mAP) (%)	92.50	98.1	94.25
实时性 (s)	0.053	0.010	0.041

四、重大分歧意见的处理经过和依据

无

五、采用国际标准和国外先进标准的情况，与国际、国内同类标准水平的对比情况

- 1、本标准没有采用国际标准。
- 2、本标准制定过程中未查到国外相关标准。

3、本标准水平为国内先进水平。

六、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

建议团体标准《公路路面病害自动化识别技术标准》作为推荐性标准颁布实施。

七、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准在批准发布 3 个月后实施。

本标准发布后，应向公路管理部门等相关单位进行宣传、贯彻，向相关单位和个人推荐执行本标准。

八、废止现行有关标准的建议

无

九、其他应予说明的事项

无

标准起草工作组

2023 年 8 月 28 日