



T/CECS G XXXX: 20XX

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路隧道机器人巡检技术 规程

Technical specification for robot inspection of highway
tunnel

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

(空白)

征求意见稿

中国工程建设标准化协会标准

公路隧道机器人巡检技术规程

Technical specification for robot inspection of highway
tunnel

T/CECS G:

主编单位:

发布机构: 中国工程建设标准化协会

实施日期: 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《2021 年第二批协会标准制订、修订计划》的要求，标准编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分为 6 章，主要技术内容包括：总则、术语、巡检技术要求、巡检作业模式及内容、数据平台。

本标准由中国工程建设标准化协会负责管理，由交通运输部公路科学研究院负责具体技术内容的解释。本标准在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关意见和建议寄送解释单位(地址：北京市西土城路 8 号；邮政编码：100088)，以供修订时参考。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本标准提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本标准相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本标准由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由吉林省松原市交通运输局或吉林中路新材料有限责任公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或李兴（地址：吉林省长春市高新区繁荣路 5299 号；邮编：130012；传真：0431-81036542；电子邮箱：Guhuaji_ZL@163.com），以便修订时研用。

主 编 单 位：交通运输部公路科学研究所

参 编 单 位：北京交跃通达检测科技有限公司

广东省南粤交通投资建设有限公司

广东省公路建设有限公司

福建省高速公路集团有限公司

招商局重庆交通科研设计院有限公司

中铁城市发展投资集团有限公司

北京交科公路勘察设计院有限公司

西南交通大学

成都标美交通设施工程有限公司

浙江交投高速公路运营管理公司

主 编：孙传姣

主要参编人员：周志伟 廖军洪 李 溯 焦 静 丛 林 余长春 赵梓城 郑
仙才 涂耘 向骏 赵爱军 杨秀军 张晋阳 王鼎媛 罗霞 刘
春禹 黄学宁 曾海鸿 周先平应昶

主 审：李志厚

参与审查人员：

参 加 人 员：

目 次

1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本功能	3
3.1 一般规定	3
3.2 扩展功能	4
4 巡检技术要求	6
4.1 人员要求	6
4.2 设备要求	6
4.3 环境要求	7
5 巡检作业模式及内容	8
5.1 巡检作业要求	8
5.2 巡检内容及手段	8
6 数据平台	11
6.1 数据接收	11
6.2 数据融合	11
6.3 分析与处理	11
6.4 管理与导出	11
引用标准名录	12

1 总 则

1.0.1 本标准规定了采用隧道巡检机器人对公路隧道进行巡检的技术原则。主要包括巡检系统、巡检作业要求、巡检方式、巡检内容和数据平台。

条文说明：随着智能化、自动化技术的发展，机器人越来越广泛的应用于各个场景。而公路隧道巡检工作中也引入了机器人，越来越多的隧道正在尝试使用机器人进行日常的巡检工作，本标准就对采用隧道机器人进行巡检的工作进行了规定。

1.0.2 本标准适用于公路隧道机器人巡检作业。

条文说明：本标准的适用范围为公路隧道采用机器人进行巡检作业。

1.0.3 采用公路隧道机器人进行巡检，除应遵守本标准外，应遵守国家现行有关标准的规定。

条文说明：采用公路隧道机器人进行巡检需要满足有关的巡检技术要求以及国家现行关于隧道设施的标准要求。

2 术 语

下列术语和定义适用于本文件。

2.0.1 公路隧道机器人巡检系统 road tunnel robot inspection system

由隧道巡检机器人和数据平台组成，可配备定位、成像、测速、气体监测、温湿度监测、声音采集和报警装置等，能够通过全自主或遥控模式进行公路隧道巡检作业的系统。

2.0.2 隧道巡检机器人 tunnel inspection robot

由移动载体、通信设备和检测设备等组成，采用遥控或全自主运行模式，用于公路隧道巡检作业的移动巡检装置。

2.0.3 数据平台 data platform

由计算机(服务器)、通信设备、监控分析软件和数据库等组成，用于控制隧道巡检机器人运动、存储、分析监控数据并做出报警的系统。

3 基本功能

3.1 一般规定

3.1.1 公路隧道机器人巡检系统由行走机构、定位模块、通讯模块、环境监测模块、执行模块、视觉模块组成。实现对隧道内交通流特征、异物识别隧道洞体、隧道内设备的检测与监测等功能。

条文说明： 本条规定了隧道巡检机器人的传感器要求以及可实现的基本功能。这些模块是支撑巡查内容的重要条件，否则无法完成有关巡检工作要求。

3.1.2 公路隧道机器人巡检系统应具有行走功能，根据搭载设备满足行走的要求，具备相应的负载能力、走行速度、定位精度、稳定性、以及满足设备正常工作的供电方式。

条文说明： 公路隧道机器人重要的功能是具有行走功能，而且需要搭载相关的传感设备，在应急条件下对运行的速度和定位都有相关的要求。同时需要保证运行的稳定性以及供电要求完成日常的巡检任务。

3.1.3 公路隧道巡检机器人应具备遇到障碍会停止前进并报警的功能。

条文说明： 公路隧道机器人必须保障其运行的平稳性与连续性，如果遇到障碍物需要相关的避障和提醒功能。有助于管理人员更好的对设备进行管理和使用。

3.1.4 公路隧道机器人巡检系统应具备双向数据存储功能，采集到传感器数据以及前端计算结果数据应实时上传并具备现场储存功能，以保证数据安全。

条文说明： 公路隧道巡检机器人需要对采集到的数据进行存储，存储的内容既包括传感器直接获得的视频、图像、原始数据等，也包括经过前端计算获取的结果信息，存储方式既在数据平台也在现场的边缘存储中。

3.1.5 公路隧道机器人巡检系统应具备扩展能力，便于功能扩展及与隧道内其他辅助系统进行接口及联动。

条文说明： 系统必须可拓展，有利于后面根据实际工作要求调整和扩展有关的功能，并根据其他设备、系统等 要求进行连接与数据传递。

3.1.6 隧道巡检机器人应具备自检功能，检测并记录自身工作状态，在隧道巡检机器人发生故障时能记录故障时间、故障模块及故障类型。

条文说明： 自检功能也是隧道机器人保证其正常顺利平稳工作的非常重要的方面。通过自检发现功能模块的内容，便于管理人员尽快修复。

3.2 扩展功能

3.2.1 公路隧道机器人巡检系统可具备辅助消防功能。根据隧道巡检机器人检测到火灾位置信息，搭载超细干粉灭火器，前往火灾地点进行应急消防工作。

条文说明： 隧道里发生事故中非常紧急的事件就是火灾事件，公路隧道机器人巡检系统可扩展相关的功能，完成位置确定、搭载灭火器将对隧道的应急救援工作是极大的帮助。

3.2.2 公路隧道机器人巡检系统可具备导引功能。隧道巡检机器人在检测到隧道内环境、设备、安防情况等出现异常或出现火灾、管道爆裂等事故时，能迅速做出反应并发出警报，并对隧道内的人员进行应急出口导引功能。

条文说明： 由于隧道环境特殊，如果发生异常事件、火灾等事故或者到隧道内漏水、坍塌等异常时间，人员由于环境限制不知道出口方向，隧道机器人提供对应紧急疏散出口的导引功能，将对人员的救助极有帮助。

3.2.3 公路隧道机器人巡检系统可具备互动功能。实现数据平台和隧道巡检机器人之间的双向通信，如喊话、识音、智能对话等。

条文说明： 根据需求，隧道机器人可以实现隧道内人员与管控平台之间的交互，对于异常事件中人员的处置具有帮助。

3.2.4 公路隧道机器人巡检系统可具备应急救援功能。在隧道出现事故造成堵塞时，隧道巡检机器人可运载消防物品、救援物资。

条文说明：当隧道出现堵塞，人员无法从地面进入隧道的情况下，可以采用隧道机器人从上方运载消防物品、救援物资等，实现救援快速化。

征求意见稿

4 巡检技术要求

4.1 人员要求

4.1.1 作业人员应具有公路隧道巡检经验,熟悉《电力安全工作规程》(GB 26859)和现行有关技术标准。

条文说明: 作业人员应熟悉电力安全工作规程和隧道巡检的有关要求,经过相关培训,一旦巡检机器人发现了问题,作业人员根据自己的经验可以快速判断和反应。

4.1.2 作业人员应通过公路隧道机器人巡检系统的相关操作培训和考核。

条文说明: 采用公路隧道机器人进行巡检是比较新颖的做法,相关人员一定经过相关的培训和考核,熟悉系统,明白相关的操作要求。发现故障可以快速及时排除,这对利用机器人进行巡检是非常必要的条件。

4.1.3 作业人员应熟悉公路隧道机器人巡检系统的基本工作原理、技术参数和性能,掌握系统的操作程序和日常维护方法。

条文说明: 作业人员需要有相关的技能,保证维持隧道机器人的正常运行,操作和维护工作要符合规定,保持隧道机器人的稳定性。

4.2 设备要求

4.2.1 投入巡检作业的公路隧道机器人巡检系统应检测合格,并获得 3C 认证和三防认证。

条文说明: 由于轨道式巡检机器人安装于隧道壁或者隧道顶部,其安全性要求很高,必须保证系统的检测合格,要求获得 3C 认证,并考虑隧道的环境,要求满足防尘、防水、防震等要求。

4.2.2 公路隧道机器人巡检系统应由专人负责,定期进行维护和保养,保证设备处于良好的工作状态。

条文说明: 隧道机器人必须由专人进行维护和保养,定期进行检查,保证设备处于良好的状态,满足日常巡查的要求。

4.2.3 隧道巡检机器人应具备市电连接和备用电池供电两种方式的组合，保证在紧急情况下机器人电力的可持续供应。

条文说明：在特殊情况下，若电力出现故障，为保证隧道机器人的正常运转，建议有市电和备用电池两种方式，保证在特殊应急情况下设备可用。

4.3 环境要求

4.3.1 应按照现行《公路隧道设计规范》JTGD70/2-2014 的相关要求进行设计、施工，必要时可设置相应的标志。

条文说明：采用隧道机器人进行巡检的隧道必须满足隧道设计的规范要求，并可在相应的位置设置标志提醒，以防司机因为隧道机器人运行产生分心行为，影响驾驶安全。

4.3.2 隧道内需检测的设备、仪表、环境缺陷不宜被遮挡。

条文说明：如果需要利用隧道机器人进行巡检工作，特别是隧道内固定设施的检测，必须保证其不被遮挡，以免影响传感器的工作，出现数据误差。

5 巡检作业模式及内容

5.1 巡检作业要求

5.1.1 根据公路隧道状态及巡检要求，编制公路隧道机器人的巡检计划，指导巡检工作。

条文说明： 根据公路隧道养护技术规范 JTGH12 的巡查检查频次要求。高速公路隧道的日常巡查至少要满足每天 1 次，夜间巡查至少每月 1 次，特殊巡查根据要求开展。经常性检查，隧道养护等级一级，要 1 次/月；养护等级二级，要 1 次/两月；养护等级三级，要 1 次/季度；隧道机器人可根据巡检工作的要求，设置相应的频率和工作时间，要至少满足人工巡检的频次要求。

5.1.2 当隧道内出现紧急情况时，隧道巡检机器人应满足在规定的时间内到达事发现场的速度要求。

条文说明： 隧道机器人相对于人工巡检的优势在于可以快速的抵达紧急事故的现场，因此需要在特殊情况下满足规定时间的要求。

5.2 巡检内容及手段

5.2.1 日常巡检项目可包含内容、问题描述及巡检手段见表 1。

表 1 正常巡检内容及问题描述

巡检 部位	问题类别	问题描述	巡检手段
公路 隧道	防水失效	渗漏水	视频
	内壁裂纹	拱门、边墙、施工缝等存在明显裂纹	视频+红外
	内壁变形	隧道内壁出现明显形变	视频+红外
	异常停留	人员、动物出现在隧道内	视频
	能见度	能见度过低影响车辆正常行驶或局部出现能见度异常	能见度仪
	温度	局部异常温升	传感器
	湿度	湿度状况	传感器
	异常气体	出现有毒、有害气体	传感器
	颗粒物含量	颗粒物含量超过安全值	传感器
	路面完整度	路面是否出现塌陷、明显破裂等情况	视频+红外
	路面标识	标识未标记或者标识不完整或者标识错误	视频
	路面积水	路面有明显积水	视频+激光
	路面是否结冰	路面结冰	湿滑度仪
	隧道明火	隧道内部出现明火	视频+红外
	路面遗撒物	路面存在遗撒物	视频+激光
车辆 及装 载 物	车辆号牌	车辆号牌识别	视频
	车辆速度	车辆实时速度检测	激光
	车辆型号	车辆型号识别	视频
	货车轴型	货车轴型识别	视频
	车辆温度	车辆局部位位置温度明显过高	红外

	交通事故	隧道内发生交通事故	视频
照明系统	部件缺损	照明灯具损坏	视频+照度仪
		电源箱损坏	视频
	部件发热	照明控制箱温度升高	红外
消防系统	工作状态异常	消防电源开关位置异常	视频
		隧道防火门状态异常	视频+激光
		隧道的疏散标志异常或缺失	视频
		手提式灭火器缺失	视频+激光
	部件损坏	消防电话损坏	视频
		感温电缆断线	视频
		手动报警器损坏	视频
		防火槽盒破损	视频
通风系统	工作状态异常	风机无法正常工作	视频
	部件损坏	风机壳体破损、风机叶轮断裂、风机支架断裂等	视频
		风机电缆破损、断裂	视频

条文说明： 巡检的内容可以根据配置的巡检机器人的功能，基本上可以实现对公路隧道本体、车辆运行、照明系统、消防系统以及通风系统的巡查与检测，主要依靠视频、激光、红外以及各类传感器。

5.2.2 当巡检系统产生报警，为查明公路隧道内异常或者故障的具体情况、详细原因等，可采用隧道巡检机器人抵近观察辅助巡检。

条文说明： 对于巡检发现的异常情况，如果需要进一步进行确定异常原因或者故障类型等，可以采用手动模式控制巡检机器人抵近异常点位，对有关情况进行详细探查，确定具体情况后再进行处置。

6 数据平台

6.1 数据接收

数据平台与隧道巡检机器人通信连接，能够实时、稳定获得机器人采集到的隧道内数据，控制隧道巡检机器人巡检作业。

条文说明： 数据平台与隧道巡检机器人之间必须进行良好的通讯联系，保证采集到数据的上传到平台，平台发出的处置措施可以到达巡检机器人。

6.2 数据融合

数据平台可根据采集到数据进行事件的检测、记录、管理，并能够与隧道管理其他系统数据共享融合，实现数据相互推送。

条文说明： 数据平台必须能够检测、记录、管理隧道内的各种事件。同时由于现在各种管理系统很有多，必须保证隧道巡检系统的数据与其他平台可以进行交互与推送，实现数据的融合处理。

6.3 分析与处理

数据平台能够分析采集的隧道内的数据，判断异常的发生、位置、程度，对隧道本体结构、隧道内设施及运行状况进行监测和识别，异常时触发预警信号，为隧道的维修、养护与管理决策提供依据和指导。

条文说明： 数据平台的功能之一，就是对数据进行处理和分析，根据设置的阈值情况，对有关的异常进行预警，发挥隧道机器人巡检的作用。

6.4 管理与导出

数据平台能对采集的数据进行系统化的整理、统计，对隧道内发生的事件进行流程管理并形成事件统计报表，且能够实现多种类型的报表导出。

条文说明： 数据平台的重要作用就是对数据进行统计分析，形成有关的事故报表，提供长期的运营管理支持。

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。

JTG D70/2-2014 公路隧道设计规范

征求意见稿