

ICS 25.040

CCS Q 81

团 体 标 准

T/CAMETA XXXXX-20XX

排水管道内窥检测机器人系统 通用技术条件

General Technical Requirements for Drainage Pipeline Endoscopic Inspection Robot
System

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国机电一体化技术应用协会 发布

目 次

前言.....	III
1 范围	错误！未定义书签。
2 规范性引用文件	错误！未定义书签。
3 术语及定义	1
3.1 机器人本体.....	1
3.2 缆车	1
3.3 控制终端	2
3.4 闭路电视检测	2
3.5 声呐检测	2
3.6 激光雷达检测	2
3.7 检查井	2
3.8 排水管道	2
3.9 管段	2
4 排水管道内窥检测机器人系统分类及组成	2
4.1 根据排水管道应用环境分类	2
4.2 根据机器人驱动方式分类	3
4.3 排水管道内窥检测机器人系统	3
5 适用场景及用途	3
6 主要技术参数	3
6.1 一般要求	3
6.2 外观和结构	3
6.3 功能	4
6.4 性能指标	5
6.5 检测功能	6
6.6 缆车及通信性能	11
6.7 电池及充电	12
6.8 安全防护性能	12
6.9 文字	13
6.10 成套性	14
6.11 使用寿命	14
7 试验方法	14
7.1 工作环境适应性检测	14
7.2 外观和结构检测	14

7.3 运动性能检测 15

7.4 定位及姿态实时显示性能检测 17

7.5 检测功能检测 18

7.6 线缆车及通信性能检测 错误！未定义书签。

7.7 电池及充电检测 23

7.8 安全防护性能检测 错误！未定义书签。

8 检验规则 错误！未定义书签。

8.1 检验分类 错误！未定义书签。

8.2 定型试验及型式试验 错误！未定义书签。

8.3 出厂检验 错误！未定义书签。

8.4 检验项目 25

9 标志、包装、运输及贮存 26

9.1 标志 26

9.2 包装 26

9.3 运输 27

9.4 贮存 27

前 言

本文件的编写，符合GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》。

本文件由中国机电一体化技术应用协会归口。

本文件某些内容可能涉及专利，本文件发布单位不承担识别这些专利的责任。

本文件主要编写单位：

合肥哈工智灵智能科技有限公司

合肥市智能机器人研究院

本文件参加编写单位：

广东工业大学

合肥工业大学

山东大学

中国科学技术大学

深圳市施罗德工业集团有限公司

上海京佳实业有限公司

郑州九泰科技有限公司

中城智通科技有限公司

合肥市经济技术开发区公用事业发展有限公司

上海城市环境集团有限公司

智百会（北京）科技有限公司

宁波博海深衡科技有限公司

本文件主要起草人员：

于振中，孙强，赵修林，杨泽瀚，杨静

本文件参加编写人员：

王和平，陈远龙，万熠，张永亮，吴怡锋，吴新恒，葛东，邹超，赵胜岭，念兴宇，郑岩，丁少春，周倩倩，梁西昌，王旭，陈力萍、黄磊、陈思文、汪伟、程传星、刘红建、孙业中、薛江涵、刘少华、江成龙

本文件主要审核人：

本文件首次发布。

排水管道内窥检测机器人系统通用技术条件

1 范围

本文件规定了排水管道内窥检测机器人系统的分类及组成、适用场景及用途、主要技术参数、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存等。

本文件适用于排水管道内窥检测机器人系统。

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。引用文件中，除国家强制性条款外，与本文件不符部分内容以本文件为准。

GB/T191-2008《包装储运图示标志》

GB/T13384-2008《机电产品包装通用技术条件》

GB/T4208-2017《外壳防护等级（IP 代码）》

GB/T2423-2008《电工电子产品环境试验》

GB/T 50034-2024《建筑照明设计标准》

GB/T5023.8-2008《额定电压 1kV(U0/U)绝缘电缆 第 8 部分：试验方法》

GB/T 18380.1-2015《电线电缆拉伸性能试验方法第 1 部分：拉伸试验》

GB/T 31484-2015《电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法》

GB31241-2022《便携式电子产品用锂离子电池和电池组安全技术规范》

GB3805-83《安全电压》

GB 8978-2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》

GB3836-2017《爆炸性环境》

CJJ181-2012《城镇排水管道检测与评估技术规程》

T/CECS1507-2023《室外排水管道检测与评估技术规程》

T/CAS428-2020《综合管廊智能化巡检机器人通用技术标准》

ATEX(94/9/EC)《潜在爆炸环境用的设备及保护系统》

EN 60079 系列《爆炸性环境》

IEC 60598-1:2020《灯具 第 1 部分：一般要求和测试》

国家质量监督检验检疫总局第 117 号《强制性产品认证管理规定》

市场监管总局 2023 修订《强制性产品认证目录描述与界定表》

3 术语及定义

本文件除采用上述规范性引用文件中已界定的术语和定义外，下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机器人本体 robot body

由驱动、控制、感知等各种元器件和行进器组成，实现排水管道内窥巡检的移动运行设备。行进器包括爬行器、漂浮筏、螺旋推进器、动力船、潜航器等装置。

3.2

缆车 winding equipment

收放电缆并为机器人本体提供有线控制、通讯、供电等功能的可移动设备。

3.3

控制终端 control terminal

控制终端是指能够控制一套或几套设备的终端控制器。具备运动控制、图像处理、数据采集、人机交互等各种功能。

3.4

闭路电视检测 CCTV inspection

采用闭路电视系统进行管道检测的方法，又称 CCTV 检测。

3.5

声呐检测 sonar inspection

采用声波探测技术对水面以下的状况进行检测的方法。

3.6

激光雷达检测 lidar inspection

采用激光探测技术对管道内水面以上的状况进行检测的方法。

3.7

检查井 manhole

排水管道系统中连接管道以及供维护工人或设备检查、清通和出入管道的附属设施的统称。

3.8

排水管道 drainage pipeline

用于将废水、雨水和其它污水从建筑物、道路或其它源头输送到污水处理厂或自然水体中的通道管道。

3.9

管段 pipe section

两座相邻检查井之间的管道。

4 分类及组成

4.1 根据排水管道应用环境分类

包括：满水型、带水型和无水型三种类型。

满水型排水管道内窥检测机器人系统，是一种在充满度 100%、软泥淤积深度不超过管道直径的 20%且不大于 100mm 的排水管道中进行浮潜或沉底检测的机器人。

带水型排水管道内窥检测机器人系统，是一种在充满度 20%~100%且水深不低于 300mm、软泥淤积深度不超过管道直径的 20%且不大于 100mm 的排水管道中进行漂浮检测的机器人。

无水型排水管道内窥检测机器人系统，是一种在无水或水位不超过管道直径的 20%且不高于 300mm、软泥淤积深度不超过管道直径的 20%且不大于 100mm 的排水管道中进行检测的机器人。

4.2 根据机器人本体驱动方式分类

包括：有动力型和无动力型两种类型。

有动力型可通过机器人本体自身动力移动运行。

无动力型又称流动型。自身无动力，随管体内水流移动运行。

4.3 排水管道内窥检测机器人系统（以下简称机器人系统）

一般由机器人本体、线缆车、控制终端等三部分组成。

5 适用场景及用途

主要用于城镇排水管道及其附属设施的健康状况检测和工程验收。也可用于箱涵、隧道、湖泊、池塘、河流等工程探查和应急救援。

6 主要技术参数

6.1 一般要求

6.1.1 作业环境要求

6.1.1.1 井上环境：温度-10℃~50℃。

6.1.1.2 检查井及排水管道环境：

a) 当机器人本体无法移动运行、传感器无法成像或通过性受影响时，应中止检测。

b) 管道内温度 0℃~40℃。

6.1.1.3 机器人系统适用作业环境应在产品说明书中注明。

6.2 外观和结构

6.2.1 外观

6.2.1.1 紧凑性：机器人本体的外观应设计得尽可能紧凑，以减少在管道内移动时的空间占用，便于在狭窄的管道中穿梭。

6.2.1.2 流线型设计：采用流线型设计可以减少机器人本体在管道内移动时的阻力，提高行进效率，并降低能耗。

6.2.1.3 耐腐蚀性：由于排水管道内可能含有腐蚀性物质，机器人本体的外壳材料应具有良好的耐腐蚀性能，以保证长期使用的稳定性和可靠性。对于需要密封的部件，如电缆入口、传感器接口等，应使用耐老化、耐磨、耐油的橡胶材料，以确保密封效果并防止腐蚀。并应选用具有防腐性能的电气元件和连接件。

6.2.1.4 内部布局：机器人本体内部布置的元器件及电气线路应排列整齐、固定牢靠、走向合理，便于安装、维护，并用醒目的颜色和标志加以区分。

6.2.1.5 外部连接与紧固：机器人本体应外壳坚固、内部元器件不得外露。各连接件应固定牢靠，紧固件应有防松脱措施。结合部、连接处应有效密封，运动零部件润滑和冷却状况良好。

6.2.1.6 观感质量：外表光洁、均匀，不应有划痕、毛刺等缺陷，标识清晰。

6.2.2 结构

6.2.2.1 模块化设计：机器人本体的各个组成部分应采用模块化设计，便于维护和升级。这种设计允许在不影响其它模块的情况下更换或维修故障模块，提高维修效率并降低维护成本。

6.2.2.2 高强度材料：机器人本体的主要结构部件应采用高强度材料制成，如铝合金或不锈钢等，以确保在承受管道内复杂环境压力的同时保持结构的稳定性和耐用性。

6.2.2.3 驱动系统：

a) 行走模块：为了适应不同直径和形状的管道以及可能遇到的障碍物，机器人本体应配置满足需求的行走模块，以实现灵活的运动和姿态调整。

b) 高扭矩电机：应使用高扭矩电机作为动力源，确保机器人本体在恶劣环境中稳定移动，并能有效克服管道内的阻力。

c) 变速控制：应设计变速控制系统以适应不同速度和负载的需求，提高机器人本体在不同管道条件下的适应能力。

6.3 功能

6.3.1 运动控制功能

机器人系统应具备精确的运动控制和定位能力，可在管道内部进行自主或遥控操作。基于传感器数据，通过先进算法实现行走、变速、转弯、防侧翻等功能。并实时反馈位置、姿态和速度信息，确保检测过程的连续性和稳定性。

6.3.2 内窥检测功能

机器人系统应配置高清摄像头、照明、陀螺仪，选配声呐、雷达等设备，深入管道内部进行巡检。捕捉管道内部的实时图像，通过有线或无线传输技术将图像数据实时传输至地面控制终端。

6.3.3 缺陷识别和评价功能

机器人系统应配置管道缺陷识别和评价系统，识别管道内的功能缺陷和结构缺陷。通过对缺陷的定性和定量分析，判断问题的严重程度，精确定位缺陷的具体位置和范围。

6.3.4 环境监测功能

6.3.4.1 机器人系统应配置多种传感器，监测并记录机器人本体内部的环境参数，如温度、湿度、压力等。用于评估机器人本体防护潜在的安全风险。

6.3.4.2 机器人系统可配置便携式井下探测器，辅助检测井下气体成分、水位、水流速，检查井健康状况、淤积深度和排水管道管径及方位。

6.3.5 数据记录与报告生成功能

机器人系统应能够实时记录检测过程中所收集的图像、视频等数据，并生成详细的检测报告。为后续的维修、改造和管理工作提供有力支持。

6.3.6 适应功能

机器人系统应具备较高的适应性。可根据被检测管道的环境进行更换或调整行走模块，满足多种尺寸、形状、材质、不同水流速和充满度等复杂环境的检测需求。可配置辅助工具、设备，满足应急救援、高水流速检测等特殊作业需求。

6.4 性能指标

6.4.1 外形尺寸

机器人本体设计长度不大于最小适用检查井井室直径的 $4/5$ ，横截面轮廓尺寸不大于最小适用管径的 $4/5$ 且能顺利进出检查井。

6.4.2 整备重量

机器人本体最大装备重量在空气中和水下分别不宜超过 35Kg 和 20Kg。

6.4.3 运动性能

6.4.3.1 通过性能

满水型、带水型机器人系统应具备排水管道无水、半水、满水、淤积等两项及以上工况的自适应通过能力。可根据被检测管道环境，快速更换不同尺寸、结构的车轮或履带等行走模块，实现行走方式、作业范围的转换。

a) 水面移动运行型机器人应具备在排水管道非板结或轻度板结，单件浮渣体积不大于 0.05m^3 且未在管壁生根、占水面面积不大于 60% 的静水环境正常移动运行性能。平均移动运行速度不应低于规定检测运行速度的 50%。

b) 水中悬浮移动运行型机器人应具备在排水管道高悬浮物污染（GB 8978-2002 第二类污染物三级排放浓度）环境正常悬浮移动运行性能。应用螺旋推进器或泵喷推进器技术做动力的应具备防止缠绕螺旋桨叶片或阻塞进水口影响机器人本体正常运行的性能。平均移动运行速度不应低于规定检测运行速度的 50%，且不应出现持续大于 15° 的滚角、俯仰角及航向角。

c) 水底移动运行型机器人应具备较好的软泥层通过能力。在 DN400 及以上规格排水管道移动行走，最大适应软泥厚度不宜低于 100mm。平均移动运行速度不应低于规定检测运行速度的 50%。

d) 满水型、带水型机器人系统宜具备高水流速、满水工况环境下快速定位排水管道口位置，并顺利进、出垂直井和排水管道口的功能。定位排水管道口和进入检查井及排水管道口时间合计不得大于 10min，出管道口及检查井管道口时间合计不得大于 10min。

6.4.3.2 运行速度

机器人系统稳定运行速度应满足检测功能和效率需求。

a) 无水型机器人系统无水或低水位最高运行速度不应低于 0.5m/s （干净硬实管道）；

b) 带水型机器人系统水面最高运行速度不应低于 0.15m/s （静水）；

c) 满水型机器人系统潜水最高运行速度不应低于 0.3m/s （静水）；

d) 满水型、带水型机器人系统满水及半水作业，水流速不宜超过 0.5m/s 。水流速高于规定检测速度时，机器人系统应具备阻尼限速功能。线缆张力超过 5N 时应配置专用工具辅助作业，防止电缆线及机器人本体刮蹭管壁导致损伤。

6.4.3.3 爬坡及越障能力

无水型机器人系统在干净排水管道内移动运行，最大越障能力不应低于 80mm。拖缆长度不大于 120m 时，爬坡能力应不小于 10° 。拖缆长度大于 120m 时，最小爬坡能力应不小

于 5°。

6.4.3.4 转弯半径

- a) 无水型机器人系统的最小转弯半径不应大于自身长度的 1 倍。
- b) 满水型、带水型机器人系统的最小转弯半径：无水环境作业时不应大于自身长度的 1 倍，满水及带水作业时不宜大于自身长度的 3 倍（静水）。

6.4.3.5 直线行走

- a) 无水型机器人系统直线移动运行时，机器人本体中心线与运行轨迹的中心线应一致，跑偏量（两中心线偏距）不应大于直行距离的 10%（四级公路）。
- b) 满水型、带水型机器人系统直线移动运行跑偏量不应大于直行距离的 30%（静水）。

6.4.3.6 制动性能

无水型机器人系统应具备移动行走制动和停机制动功能。干净管道完全制动时间不大于 1s，急停响应时间不大于 0.5s，制动距离不大于 0.2m。硬实干燥 30° 坡度停机制动不能滑坡。

6.4.3.7 定位及姿态监控性能

- a) 机器人系统宜配置卫星定位系统的线缆车或终端设备宜配置 GNSS 定位模块支持 BDS、GPS 等导航卫星系统中的任何一种，模块定位精度小于 CEP3.0M。并可将定位信息显示在检测视频或图片中。支持连接控制中心、并入智慧管网管理系统数字化信息平台。
- b) 机器人系统应配置多轴陀螺仪和计米器（旋转编码器）等姿态、位置监控系统，具备姿态实时显示功能（俯仰角、滚角、航向角），俯仰角、滚角超过 ±30° 报警提示。
- c) 机器人系统宜具备三维空间姿态实时显示功能。
- d) 陀螺仪主要技术参数应符合表 1 规定。

表 1 陀螺仪技术指标

项目	技术指标
量程	加速度 ±6G，陀螺仪 ±2000° /S 角度 XZ ±180°，Y ±90°
精度	XY 轴 ±0.05°

- e) 计米器（旋转编码器）主要技术参数应符合表 2 规定。

表 2 计米器技术指标

项目	技术指标
分辨率	≥1000 脉冲/圈
输出项	A、B、Z
启动转矩	<0.98mN.m
最大轴负载	径向 30N，轴向 20N

- g) 机器人系统应具有纵向和环向行走定位功能。计量单位不应大于 0.1m，且在行进出现偏差时能自动或手动纠正。以起始井管口纵向定位，定位误差不超过 1%及 0.5m，以时钟零点垂直向上环向定位，定位误差小于 30°。

- h) 机器人系统宜具备坡度测量功能，测量误差不应大于 ±1%。

- i) 机器人系统宜具备声呐、雷达探头姿态偏转 ±45° 自动补偿纠正图像的功能。

6.5 检测功能

6.5.1 闭路电视检测系统

6.5.1.1 机器人系统应配置闭路电视检测系统。包括前置云台摄像机(无水型和带水型机器人系统)、前视广角摄像机(满水型机器人系统)、后视广角摄像机,选配顶视广角摄像机。前置云台摄像机及前视广角摄像机用于机器人本体前部环境观察和缺陷检测,后视广角摄像机用于机器人本体后部环境观察,顶视广角摄像机用于顶部环境观察。

6.5.1.2 闭路电视检测系统的前置云台摄像机应具有平扫与旋转、俯仰与旋转、变焦功能。摄像镜头高度宜通过主控制器自由调整。

6.5.1.3 闭路电视检测系统的摄像机应具备防止产生水雾或自动去除水雾功能。

6.5.1.4 闭路电视检测系统宜具备光学测距功能,计量单位不大于 0.1m,精度误差不应大于 5%。

6.5.1.5 闭路电视检测系统的摄像机主要技术参数应满足下表需求:

a) 无水型及带水型机器人系统闭路电视检测系统前置摄像机主要技术参数应符合表 3 规定。

表 3 前置云台摄像机技术指标

项目	技术指标
摄像机图像传感器	彩色 CCD 或 CMOS, $\geq 1/4"$, ≥ 400 万像素
灵敏度	$\leq 0.01\text{LUX}$
视场角	对角线方向 $\geq 45^\circ$
分辨率	$\geq 1920 \times 1080$
图像变形	$\leq \pm 5\%$
最低照度彩色	$\geq 0.005\text{Lux}@F1.6$
最低照度黑白	$\geq 0.0005\text{Lux}@F1.6$
存储格式	视频 MP4/AVI 图像 JPEG/PNG

b) 带水型机器人系统前置摄像机主要技术参数应符合表 4 规定。

表 4 前置云台摄像机技术指标

项目	技术指标
摄像头图像传感器	彩色 CCD 或 CMOS, $\geq 1/4"$, ≥ 200 万像素
灵敏度	$\leq 0.01\text{LUX}$
视场角	$\geq 45^\circ$
分辨率	$\geq 1920 \times 1080$
最低照度彩色	$\geq 0.005\text{Lux}@F1.6$
存储格式	视频 MP4/AVI 图像 JPEG/PNG

c) 机器人系统的广角摄像机技术参数应符合表 5 规定。

表 5 广角摄像机技术指标

项目	技术指标
摄像头图像传感器	≥ 200 万像素
广角	$\geq 90^\circ$

分辨率	≥1920 x 1080
最低照度彩色	≥0.01Lux@F1.2

6.5.2 照明灯

- 6.5.2.1 无水型机器人系统应配置前照明灯，灯光强度不低于 1500 坎德拉（cd）。
带水型机器人系统应配置前照明灯，灯光强度不低于 1000 坎德拉（cd）。
满水型机器人系统应配置前照明灯，灯光强度不低于 500 坎德拉（cd）。
- 6.5.2.2 各类型机器人系统均应配置后置照明灯，灯光强度不低于 500 坎德拉（cd）
- 6.5.2.3 照明灯寿命不低于 20000h，可调节灯光强度。

6.5.3 声呐检测系统

- 6.5.3.1 满水型机器人系统应配置单波束管道环扫声呐，带水型机器人系统宜配置单波束管道环扫声呐，对管道内壁水面以下部分图像进行采集并将视频、图片实时上传至控制终端。可选配多波束图像声呐、侧扫型声呐、三维声呐等。
- 6.5.3.2 单波束管道环扫声呐系统的主要技术参数的应符合表 6 规定。

表 6 单波束管道环扫声呐技术指标

项目	技术指标
扫描模式	360° 可调
每密位均匀采样点数量	≥250 个
频率	2.25MHZ
刷新率	1Hz@1m
开角	1.4°
分辨率	125mm 范围≥0.5mm
测量半径	150~3000mm
发射强度	0-20dB 可调
声波信号强度	不同颜色显示
适用水深	≥10m
工作温度	0~40℃

- 6.5.3.3 声呐检测系统应水平安装、箭头标志朝上，移动运行过程中不易滚动或倾斜。宜结合姿态传感器（陀螺仪）补充声呐的数据畸变。
- 6.5.3.4 探头安装、防护或机器人本体其它结构应避免或减少对声波发射、接收部位的遮挡。
- 6.5.3.5 声呐检测系统宜具备沉积层软泥、硬泥区分和测量功能，测量精度不低于 10mm。
- 6.5.3.6 声呐检测系统应根据声呐探头行进距离自动触发声呐影像的采集和保存且触发间距不得大于 0.1m。
- 6.5.3.7 声呐检测系统应实时显示水下检测数据和图像。可结合机器人本体位置、姿态数据输出三维模型及展开图像。

6.5.4 激光雷达检测系统

- 6.5.4.1 机器人系统宜选配激光雷达检测系统。
- 6.5.4.2 激光雷达检测系统分类
包括激光剖面检测、三维激光扫描检测等类型。激光检测应满足 DBJ/T15-269-2024 第 9、10 条规定。

6.5.4.3 2D 激光剖面检测

a) 机器人本体宜搭载激光雷达或激光投线仪，进行横剖面检测。激光剖面检测适用于检测管道变形率、沉积量或过水断面损失率。

b) 2D 激光剖面检测宜在干净环境进行。激光雷达或激光投线仪表面不得浸入水中或黏附油污、垃圾。

c) 结合软件算法，横剖面检测应计算并输出：管道内径、管径变形量、管径变形率、沉积高、沉积率、过水断面损失率等参数。

d) 2D 激光剖面检测系统应实时显示水面以上检测数据的轮廓图像。可结合机器人本体位置、姿态数据输出三维模型及展开图像。或与声呐图像拟合输出水面上下完整的三维模型及展开图像。

e) 激光剖面检测结果不作为结构性缺陷的最终依据，应人工核实或以电视检测作为复核的标准。

6.5.4.4 3D 激光扫描检测

a) 机器人本体上宜搭载多线激光雷达传感器，通过三维激光扫描周围环境，收集密集的三维点云数据。

b) 检测适用于直径 $\geq 1000\text{mm}$ 的管道或高度 $\geq 1000\text{mm}$ 的渠箱。

c) 三维激光扫描检测系统可用于主管、支管、排放口的纵横剖面、平面尺寸与位置、缺陷位置等检测。

6.5.4.5 三维激光扫描宜产出以下数据结果

a) 三维点云数据：包含了扫描对象表面每个测量点的空间三维坐标(X,Y,Z)以及反射强度信息。点云数据可以用于后续的建模、分析和可视化工作。

b) 三维模型：基于点云数据，可以通过专业软件进行数据处理和建模，生成精确的三维几何模型。

c) 二维图纸：从三维模型中可以导出二维平面图、剖面图和立面图等传统工程图纸，满足设计、施工和维护等环节的需要，提高图纸的准确性和效率。

d) 测量结果：包括长度测量、面积测量、体积计算等，为结构健康监测、工程验收等提供科学依据。

6.5.4.6 激光雷达检测系统测量误差

距离误差不大于 $\pm 50\text{mm}$ ，角度误差不大于 $\pm 0.1^\circ$ ，反射率误差不大于 10%。

6.5.5 缺陷判读系统

6.5.5.1 机器人系统应配置缺陷判读系统，满足 DBJ/T15-269-2024 和 T/CECS1507-2023 第 4.4 款规定。

6.5.5.2 影像判读（摄像机采集的影像资料）

a) 缺陷的类型、等级应在现场初步判读并记录。现场检测完毕后，应由复核人员对检测资料进行复核。

b) 缺陷尺寸的判定可依据管径或相关物体的尺寸。

c) 无法确定的缺陷类型或等级应在评估报告中加以说明。

d) 缺陷图片宜采用现场抓取最佳角度和最清晰图片的方式获取，特殊情况下也可采用观看录像截图的方式获取。

e) 对直向摄影和侧向摄影，每一处结构性缺陷抓取的图片数量应分别不少于 1 张。

f) 宜支持管道缺陷智能判读。

6.5.5.3 轮廓判读（声呐、激光雷达采集的影像资料或数据文件）应满足 DBJ/T15-269-2024 和 T/CECS1507-2023 第 5.4、9.4 款规定。

- a) 采样间隔和图形变异处的轮廓图应现场捕捉并进行数据保存。
- b) 声呐或激光检测截取的轮廓图应标明管道轮廓线、管径、变形率、断面沉积等信息，并宜与电视检测图像做对比分析。经校准过的轮廓线检测误差不应大于±3%。
- c) 缺陷尺寸宜通过轮廓数据分析和图像测量，并依据管径或相关物体的尺寸判定。
- d) 管道沉积状况纵断面图中应包括：工程名称、检测地点、起始井及终止井编号、管径、管段长度、流向、图像截取点纵距及对应的积泥深度、积泥百分比等文字说明。纵断面线应包括：管底线、管顶线、积泥高度线和管径的 1/5 高度线（虚线）。
- e) 轮廓图不应作为结构性缺陷的最终评判依据，应采用电视检测方式予以核实或以其它方式检测评估。

6.5.6 环境参数监测系统

6.5.6.1 机器人系统应配置内部环境参数监测设备，实时检测机器人本体内部防护潜在的安全风险。主要性能应满足以下规定：

- a) 温湿度传感器的主要技术指标应符合表 7 规定。

表 7 温湿度传感器技术指标

项目	技术指标
温度	-10~60℃
湿度	0~100%RH

- b) 压力传感器的主要技术指标应符合表 8 规定。

表 8 压力传感器技术指标

项目	技术指标
量程	绝压 0~200KPa
静态精度	1%
工作温度	-10~60℃

6.5.6.2 机器人本体宜配置便携式声呐探测器，满水及带水工况配合机器人系统检测检查井室状况和排水管道方位、管径。主要性能应满足以下规定：

- a) 声呐：符合本文件 6.5.3 项规定，且声呐设备应具备一定的旋转自由度，能够通过其自身的旋转功能，有效地扩大扫描范围，全面覆盖检查井室。
- b) 陀螺仪：同本文件 6.4.3.6 项相关规定。
- c) 供电：自备电池，续航能力不低于 4h。
- d) 通讯：有线或无线。
- e) 显示：连接机器人系统控制终端，实时显示声呐扫描轮廓、方位、电量等数据。
- f) 探杆：多节高强度轻质材料组合式结构。单节长度 1~2.5m，可快速拆装、方便收存。

6.5.7 数据记录与报告生成系统

6.5.7.1 机器人系统应配置数据记录与报告生成系统，满足 DBJ/T15-269-2024 和 T/CECS1507-2023 第 12、14 条要求。

6.5.7.2 项目信息：项目相关的信息能进行编辑保存。

6.5.7.3 井段信息：检查井段相关信息能进行编辑保存。

6.5.7.4 视频信息：支持检测视频录制，且能通过回放进行缺陷复核，针对遗漏缺陷进行截图保存。

6.5.7.5 缺陷信息：对缺陷图能进行查看、编辑、关联项目信息等操作。

6.5.7.6 点云信息：针对声呐或雷达采集的点云数据，宜进行保存和回放。

6.5.7.7 检测报告：宜支持多版本报告导出。

6.5.8 控制终端及机器人控制系统

6.5.8.1 机器人系统应配置控制终端及控制系统。

6.5.8.2 高性能嵌入式系统：控制终端及机器人控制系统应使用高性能嵌入式系统，确保快速响应和处理复杂任务的能力。

6.5.8.3 用户友好界面：应设计用户友好的控制软件界面，提供直观的操作体验和先进的运动控制算法，帮助操作员轻松控制机器人本体完成检测任务。

6.5.8.4 控制终端应具有在显示器上同步显示日期、时间、管径、行进距离、电量、气压、温湿度、行走状态、报警、工作状态等信息的功能。

6.5.8.5 控制终端应能存储采集到的视频，支持视频的开始录像、停止录像、播放、停止、回放、抓图、全屏显示等功能，并可拷贝或传输至计算机上进行相关操作。

6.5.8.6 控制终端应实时显示管道检测图像，可根据工况进行传感数据界面和位姿图像主界面切换显示。

6.5.8.7 控制终端宜支持采集数据经处理后呈现管道全景图（内壁展开图）、色谱图等，并与视频、轮廓数据关联对应，实现对管道缺陷直观展示和量化分析。

6.5.8.8 控制终端应具备字符叠加功能，在检测影像中叠加显示并录制版头。

6.5.8.9 机器人系统宜遵从通用标注协议，实现采集数据共享，确保在多平台间实现无缝对接与高度兼容，提升互操作性与实用性。

6.5.8.10 机器人系统应采用加密技术，全方位保障数据在传输过程中的安全性，有效抵御未授权访问及数据泄露风险。

6.5.8.11 机器人本体控制性能。

a) 机器人应具备手动和自动控制两种控制模式，并在两种控制模式间任意切换。

b) 手动模式应实现对机器人本体、云台、电源、照明灯、摄像机的控制，操作动作延迟时间不超过 1s。

6.5.8.12 控制终端的主要技术指标应符合表 9 规定。

表 9 控制终端技术指标

项目	技术指标
屏幕亮度	≥700nits, 可调节
运行内存	≥4GB
存储内存	≥128GB
刷新率	≥60HZ
分辨率	≥1080P
运行温度	-10~50℃
续航能力	≥4H, 可通过机器人系统充电或外接电源, 充电期间不影响正常使用
通讯配置	无线通讯和有线通讯
存储格式	视频 MP4/AVI 图像 JPEG

6.5.8.13 控制终端应符合国家相关产品标准，且通过 3C 认证。

6.6 线缆车及通信性能

6.6.1 机器人系统应配置线缆车及通信系统。

6.6.2 机器人本体在全部巡检区域内巡航和作业时,始终能与控制终端**实时有线或无线传输**通信,正确执行任务指令。

6.6.2.1 控制终端与线缆车间**无线通讯**最大范围不小于 5m。

6.6.2.2 线缆车与机器人本体通过**线缆通信**。线缆应具备足够的强度,良好的耐腐蚀、密封、绝缘性能。有效长度不小于 120m。

6.6.2.3 无水型检测机器人应选用光面护套电缆,满水型、带水型检测机器人宜选用**漂浮电缆**。

6.6.3 线缆上宜有刻度标记,刻度计量单位不大于 0.1m。根据刻度数值对检测工程中控制终端显示计米数据进行校准、修正。

6.6.4 线缆车应具备**手动、自动收放线功能**。启用机器人系统自动收放线功能,机器人本体前行时不得因线缆过度张紧拉动线缆车移动运行,后退时线缆不得因过度放松缠绕在车轮、履带或螺旋轮等行走组件上。

6.6.5 线缆车绕线盘应**透明可视**。排线宜整齐有序、具备清除线缆表面污垢功能。

6.6.6 线缆车应设计车轮、拉杆、把手等器件,方便**移动或搬运**。

6.6.7 线缆车宜配置**便携式防雨、防晒设备**,减少雨淋和阳光照射对设备性能的影响。

6.6.8 线缆车宜配置**声光警示装置**,通过灯光长亮、闪烁或喇叭声响警示周边车辆、行人及故障报警。

6.6.9 线缆车宜配置**显示屏**,辅助显示相关参数和控制机器人系统的部分功能。

6.6.10 线缆车应配置**启动、暂停(急停)、复位按键**,辅助控制机器人系统。

6.6.11 线缆车和路面间的摩擦阻力不宜低于机器人本体最大牵引力的 60%,否则应采用人工干预措施,防止被机器人拖入检查井。

6.6.12 线缆车配置离合器结构完成手动、自动收放线功能转换时,离合器应分离彻底,机器人本体最大牵引力不得打滑。

6.7 电池及充电

6.7.1 机器人系统应配置**电池和充电装置**作为系统电源并为电源补充充电。

6.7.2 机器人本体最大续航作业能力不应低于 8h(允许中间更换备用电池)。

6.7.3 电源电量低于安全设定值应有**报警提示**。

6.7.4 机器人系统电池完全充电时间不应超过 4h,充放电次数不应低于 1000 次。

6.7.5 机器人系统宜配置**备用电池**。电池应能快速拆装,并在安全防护环境充电。

6.7.6 充电装置应具备**过压、过流、短路、漏电保护**的功能。

6.8 安全防护性能

6.8.1 机械强度及电气安全

6.8.1.1 机器人系统应具备足够的**机械强度和抗挤压、抗碰撞及跌落抗摔性能**。摄像机、照明灯、声呐、激光雷达等外露元器件应设计有效防护装置。防护装置抗静压能力不小于 100N,

机器人最高行驶速度撞击试验，防护装置无永久变形，系统应能工作正常。

6.8.1.2 抗振动性能。机器人系统应具备足够的抗振动性能，振动试验无异常。

6.8.1.3 机器人系统应具备有效的过压过流保护性能，确保不会对设备和人身安全造成伤害。

6.8.1.4 机器人系统选用 3C 目录范畴的电气元件，应通过第三方机构安全认证，满足《强制性产品认证管理规定》（国家质量监督检验检疫总局第 117 号）、《强制性产品认证目录描述与界定表》（市场监管总局 2023 修订）要求。

6.8.1.5 机器人系统宜选用特低电压电源供电。交流电源不大于 36V/10mA、直流电源不大于 120V/50mA，并有防止直接接触带电体的防护措施。宜通过第三方机构质量认证（CQC 认证），满足《安全电压》GB3805-83 要求。

6.8.1.6 线缆与机器人线缆接头间应有抗拉结构设计，接头不得承受线缆拉力。

6.8.2 外壳防护

6.8.2.1 线缆车

应具备室外日晒、风雨、沙尘等多环境作业能力，满足 GB/T 4208-2017 要求。防护等级不低于 IP54，宜通过第三方机构认证。

6.8.2.2 机器人本体、线缆及接头

应具备 10m 水深稳定可靠作业能力，满足 GB/T 4208-2017 要求。防护等级不低于 IP68，宜通过第三方机构认证。

6.8.3 气体防爆

机器人应具备气体防爆性能。内销产品宜满足 GB 3836-2017 要求，取得第三方机构颁发的《防爆合格证》。出口产品宜满足 ATEX(94/9/EC)或 IECEx 体系 EN 60079 系列《爆炸性环境》等标准要求，通过第三方机构检测或认证。

6.8.4 控制终端

宜选用国标“三防”电脑。防护等级不低于 IP65，具备 1.5m 自由坠落在硬质地面的防摔性能。

6.8.5 数据保存

机器人系统因电量过低或其它突发故障停机，应有数据断电保存功能。

6.8.6 正压气密保护

机器人本体宜做正压气密保护。相对保护气压 150~200KPa，150h 内压力下降不应低于最低设定值。气体应为干燥空气或惰性气体。

6.8.7 线缆抗拉强度

线缆应具备的足够抗拉强度，抗拉力不小于 2kN。

6.8.8 辅助器具

机器人系统宜配置有效避免线缆及机器人本体在井壁交界处刮蹭的辅助器具，防止线缆及设备损伤。

6.9 文字

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/778140115005006134>