



中华人民共和国煤炭行业标准

MT/T 1263—2025

煤矿井下巡检机器人

Underground coal mine inspection robot

2025-06-30 发布

2025-12-30 实施

国家能源局 发布
中国标准出版社 出版

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 分类	2
4.1 行走机构	2
4.2 驱动方式	2
4.3 其他方式	3
5 型号编制	3
6 技术要求	3
6.1 环境条件	3
6.2 外观与结构	3
6.3 功能要求	3
6.4 电气安全	5
6.5 环境适应性	6
6.6 防爆性能要求	7
6.7 抗电磁干扰	7
7 试验方法	7
7.1 外观与结构	7
7.2 功能试验	8
7.3 电气安全	11
7.4 环境适应性	12
7.5 防爆功能试验	13
7.6 抗电磁干扰试验	13
8 检验规则	13
8.1 检验分类	13
8.2 出厂检验	13
8.3 型式检验	14
9 标志、铭牌、包装、运输及贮存	15
9.1 标志	15
9.2 铭牌	15
9.3 包装	15
9.4 运输、贮存	15
参考文献	16

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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿专用设备标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工集团上海有限公司、上海煤科检测技术有限公司、安标国家矿用产品安全标志中心有限公司、上海山源电子科技股份有限公司、中信重工开诚智能装备有限公司、南京双京电器集团有限公司、南京北路智控科技股份有限公司、上海电器科学研究所(集团)有限公司、北京中煤矿山工程有限公司。

本文件主要起草人：夏文刚、孟积渐、常琳、景杰、陆文涛、陈国辉、付文俊、吴峰、龙再萌、赵明辉、蔺道深、王琦、陈思忠、秦翥、于颖。

煤矿井下巡检机器人

1 范围

本文件规定了煤矿井下巡检机器人(以下简称“巡检机器人”)的分类、型号编制、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于在煤矿井下具有爆炸性气体环境中执行日常巡检任务的巡检机器人的生产、检验。

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 191 包装储运图形符号标志
- GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温
- GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温
- GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Db:交变湿热(12 h+12 h 循环)
- GB/T 3836.1—2021 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求
- GB/T 3836.4—2021 爆炸性环境 第4部分:由本质安全型“i”保护的的设备
- GB/T 3836.28—2021 爆炸性环境 第28部分:爆炸性环境用非电气设备 基本方法和要求
- GB 4208 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T 7247.1—2024 激光产品的安全 第1部分:设备分类和要求
- GB/T 12643—2025 机器人 词汇
- GB/T 17626.3—2023 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分:射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- AQ 1043—2007 矿用产品安全标志标识
- AQ 6207—2007 便携式载体催化甲烷检测报警仪
- MT/T 154.1—2011 煤矿机电产品型号编制方法 第1部分:导则
- MT/T 210—1990 煤矿通信、检测、控制用 电工电子产品基本试验方法

3 术语和定义

GB/T 12643—2025 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自主能力 autonomy

在预知的环境下,基于当前状态和感知信息,无人干预地执行预期任务的能力。

3.2

半自主 semi-autonomy

在预知的环境下,基于当前状态和感知信息,需要部分人工干预地执行预期任务的能力。

3.3

巡检 inspection

巡视掌握设备运行状况及周围环境的变化,自主或人工干预发现巡检区域设施缺陷和危及安全的隐患。

3.4

移动载体 mobile platform

能使巡检机器人实现运动的全部部件的组装件。

3.5

控制装置 control device

一套具有逻辑控制和动力功能并能与设备和使用者进行通信的系统。

3.6

巡检机器人 inspection robot

由移动载体、控制装置和机载设备等组成,具有依靠感知其环境和/或与外部资源交互、路径规划、调整自身行为来执行日常巡检任务能力,在煤矿井下通过人工干预、自主模式替代人工执行安全监测巡检的移动装置。

3.7

监控后台 monitoring system

由计算机(服务器)、通信设备、监控分析软件和数据库等组成的用于存储、分析监控数据并做出报警的系统。

3.8

导航 navigation

利用安全的信号引导机器人运行,依据定位和环境地图决定并控制行走方向的系统。

3.9

定位 localization

在环境地图上识别或分辨巡检机器人的位置。

3.10

自动模式 automatic mode

巡检机器人控制装置按照任务程序运行的一种操作。

3.11

手动模式 manual mode

通过软件、遥控器、人工干预等方式对巡检机器人进行的操作。

4 分类

4.1 行走机构方式

按行走机构方式可分为:

- a) 轮式;
- b) 履带式;
- c) 轨道式;
- d) 其他。

4.2 驱动方式

按驱动方式可分为:

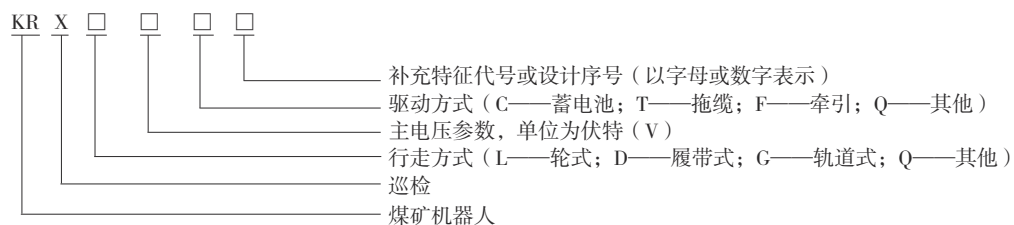
- a) 蓄电池驱动；
- b) 拖缆驱动；
- c) 机械牵引驱动；
- d) 其他。

4.3 其他方式

除 4.1 和 4.2 以外的方式。

5 型号编制

巡检机器人型号编制应符合 MT/T 154.1—2011 的规定,其组成和排列方式如下。



示例: 第 1 次设计, 48 V 蓄电池驱动轮式巡检机器人型号为 KRXL48C1。

6 技术要求

6.1 环境条件

巡检机器人在以下规定的条件下应能正常工作:

- a) 环境温度: 0 °C~+40 °C;
- b) 相对湿度: ≤95% (25 °C时);
- c) 大气压力: 89 kPa~106 kPa;
- d) 煤矿井下有甲烷和煤尘爆炸性混合物, 但无破坏绝缘的腐蚀性气体的场合。

6.2 外观与结构

6.2.1 外观

外观表面应有保护涂层或防腐设计, 外表应光洁、均匀, 不应有伤痕、毛刺等缺陷, 标识清晰。内部电气线路布置应排列整齐、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。

6.2.2 结构

不同种类的巡检机器人可以采用多种防爆型式构成, 紧固件应有防止自动松脱措施, 金属零部件应进行防锈和防蚀处理。防护性能应满足使用环境和用途。非电气部件的安全结构应符合 GB/T 3836.28—2021 中的规定。

6.3 功能要求

6.3.1 一般要求

巡检机器人工作过程中应具备以下一般要求:

- 感知周边环境状态或自动识别目标(故障)点,能够自主或半自主判断并自动执行相应动作;
- 应具备对巡检区域的图像、温度和危险气体参数进行数据采集和上传功能;
- 能接收监控后台控制指令,并根据监控后台任务设置和操控,进行人工干预或自主运动,在应用场景内实现直行、转弯、爬坡等移动;
- 所使用的激光类器件应符合 GB/T 7247.1—2024 中 I 类激光安全的要求。

6.3.2 运动性能

6.3.2.1 最大运动速度

最大运动速度应符合制造商规定的速度,最大运动速度不超过 7 m/s,直行速度应不小于 0.1 m/s。

6.3.2.2 制动距离

在最大运动速度下,制动距离应不大于 0.5 m。

6.3.2.3 停止与急停

应有保护性停止功能和独立的急停功能。这些功能应具有与外部保护装置连接的措施。紧急情况下应有手动急停功能。急停后只能手动复位。

6.3.2.4 爬坡能力与坡上驻停

巡检机器人的爬坡最大坡度应不小于 5°,可在斜坡上驻停 30 s。

6.3.2.5 最小转弯直径

在最小运动速度下,最小转弯直径应不大于其本身长度的 2 倍。

6.3.2.6 巡航能力

采用蓄电池供电的巡检机器人一次充电后,在正常速度下连续运行续航能力至少能完成 1 次制造商规定的巡航时间或距离,距离宜不小于 1 000 m。

6.3.2.7 避障能力

应至少配备接触式传感器或非接触式传感器,用于检测巡检机器人主要运动方向上的障碍物,以避免由碰撞引发的机器人故障、损伤和人身伤害,具体要求如下。

- 应具备固定的最小避障距离,最小避障距离的取值与巡检机器人的体积、质量和额定速度有关,最大取值应不超过 1 m;运动过程中应不与最小避障距离之外出现的物体发生碰撞。
- 非轨道式巡检机器人的可行驶路径被障碍物部分阻挡时,巡检机器人应规划绕行路径继续行驶。
- 非轨道式巡检机器人的可行驶路径被障碍物完全阻挡时,巡检机器人应停止运动并原地等待。

6.3.2.8 导航

6.3.2.8.1 地图构建

非轨道式巡检机器人对封闭式巡检区域进行建图,后台能建立二维或三维电子地图,并在电子地图的规划下移动。

6.3.2.8.2 自主定位

宜具备自主导航定位功能时,能实时定位并按照预先设定路线自主行进和停靠,非轨道式巡检机器

人在移动出现偏差时能自主纠正,重复导航定位误差不大于 ± 20 cm。

6.3.3 图像采集

巡检机器人的图像采集应具备如下功能:

- a) 能对巡检区域进行图像采集并将视频实时上传至监控后台;
- b) 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、抓图等功能;
- c) 采集图像在最低照度 10 lx 时水平清晰度不小于 350 线,灰度鉴别等级不小于 7 级。

6.3.4 温度采集

巡检机器人的温度采集应具备如下功能:

- a) 巡检机器人可配备温度传感器或红外热成像仪对巡检设备温度进行采集,并能将温度数据实时传输至监控后台;
- b) 温度检测范围不小于 150°C ,误差 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

6.3.5 气体监测

配置的气体监测应具备如下功能:

- a) 气体传感探测器应有适当保护措施以防止机械损伤;
- b) 能够监测巡检区域的甲烷浓度,并能够上传至监控后台;
- c) 应能对 0.0%~4.0% 范围内甲烷浓度进行采集,基本误差满足 AQ 6207—2007 中 4.8 的要求;
- d) 监测甲烷超标时,应能主动停止行走动作,Ma 防爆等级的除外。

6.3.6 警示功能

在巡检作业时提供声或光警示信号,声音响度不小于 85 dB(A),光信号应能在黑暗中 20 m 远处清晰可见。

采用蓄电池驱动巡检机器人应具有电量不足预警提示功能。

6.3.7 通信功能

巡检机器人应具有通信功能,能实现监控后台和巡检机器人之间的双向通信。

具备多台机器人协同工作功能时,应至少支持 2 台巡检机器人协同作用的功能,2 台或 2 台以上机器人在同一区域内工作时,其控制信号应不相互干扰,满足多机巡检时的要求。

6.3.8 其他功能

由制造商规定。

6.4 电气安全

6.4.1 供电电压与波动

直流供电时宜采用 48 V 及以下电压。交流供电时宜采用 127 V 及以下电压供电,控制电压宜采用 36 V 及以下。巡检机器人的供电电源在 90%~110% 的条件下,应能正常工作。

6.4.2 接地

巡检机器人的内部应有可靠的内接地。

为了防止静电电荷积累,车辆上所有的金属部件都应对地有良好的导电性。

巡检机器人上所有大于 100 cm² 的金属部件都应连接到主体结构上,以保持电位平衡。巡检机器人上所有的金属部件对地电阻不大于 10 Ω。

6.4.3 绝缘电阻和工频耐受电压

巡检机器人的各带电部位应能符合表 1 的绝缘电阻值和承受表 2 的工频耐受电压。
本质安全型电路中不同器件端的耐压要求应符合 GB/T 3836.4 的要求。

表 1 绝缘电阻值

额定绝缘电压 V	绝缘电阻/MΩ	
	湿热前	湿热后
$U_i \leq 60$	≥ 2.0	≥ 1.0
$60 < U_i \leq 127$	> 20	≥ 1.5

表 2 工频耐受电压值

单位为伏特

额定绝缘电压	工频试验电压(交流有效值)
$U_i \leq 60$	1 000
$60 < U_i \leq 127$	2 000

6.4.4 温升

巡检机器人载流回路以不引起载流部件本身损害及不影响相连或相邻部件的正常工作为限,导线连接的接线端温升极限及易近部件温升极限不应超过表 3 的数值。

表 3 温升

单位为开尔文

测量部位	温升	
主回路接线端	65	
辅助触头接线端	80	
外接接线端子	70	
手操作部件 (操作手柄、按钮)	金属	15
	非金属	25

6.4.5 最高表面温度

最高表面温度应不超过 150 °C。

6.5 环境适应性

6.5.1 交变温热

巡检机器人应能承受严酷等级为 +40 °C, 12 个周期的交变湿热试验。交变湿热试验后,巡检机器人

的隔爆外壳不应有锈蚀,巡检机器人行走、通信控制应正常。

6.5.2 高温和低温工作

6.5.2.1 高温工作

巡检机器人在高温严酷等级为+40℃环境中,2 h内巡检机器人移动、通信控制应正常。

6.5.2.2 低温工作

巡检机器人在低温严酷等级为0℃环境中,2 h内巡检机器人移动、通信控制应正常。

6.5.3 高温和低温贮存

6.5.3.1 高温贮存

巡检机器人应能承受严酷等级为+60℃、16 h的高温贮存试验,在产品恢复到试验环境温度后巡检机器人移动、通信控制应正常。

6.5.3.2 低温贮存

巡检机器人应能承受严酷等级为-20℃、16 h的低温贮存试验,在产品恢复到试验环境温度后巡检机器人移动、通信控制应正常。

6.6 防爆性能要求

巡检机器人防爆性能应满足 GB/T 3836.1—2021 规定的相关要求。巡检机器人由多种不同防爆型式构成时,不同部件需取得防爆合格证书和矿用产品安全标志证书,防爆标志应符合 GB/T 3836.1—2021 中 29.4 的规定。

巡检机器人搭载的本质安全装置和关联装置应按 GB/T 3836.1—2021 的设备分类要求进行分类关联,并符合 GB/T 3836.4—2021 的要求。

巡检机器人外露的非金属部件应防止静电荷的集聚,应符合 GB/T 3836.1—2021 中 7.4.2 的要求。

巡检机器人的运动、制动产生的机械温度应按 GB/T 3836.28—2021 中附录 B 进行要求点燃危险评定。

巡检机器人所使用的电池和电池组应符合 GB/T 3836.1—2021 中第 23 章的要求。电池管理系统应具备充电过压控制、放电电压控制、充电电流控制、放电电流控制、充放电温度控制、短路保护控制等功能。

6.7 抗电磁干扰

巡检机器人应能承受如下电磁干扰而正常工作:

- a) 应能承受 GB/T 17626.3—2023 中,严酷等级 3 的射频电磁场抗扰度,评定结果不低于 GB/T 17626.3—2023 中 9b);
- b) 应能承受 GB/T 17626.8—2006 中,稳定持续磁场试验等级为 5 级、1 s~3 s 短时试验等级为 4 级的工频磁场抗扰度试验,评定结果不低于 GB/T 17626.8—2006 中 9b)。

7 试验方法

7.1 外观与结构

7.1.1 外观

巡检机器人外观采用目测检查法。

7.1.2 结构

巡检机器人结构采用目测检查法。IP 防护等级试验按照 GB/T 4208 的要求进行。

7.2 功能试验

7.2.1 一般要求

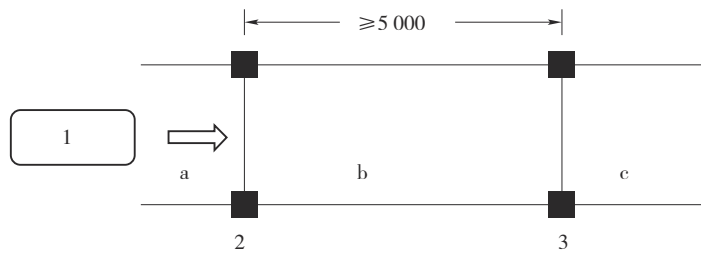
制造商应进行需要的检查和试验,以确保所生产的巡检机器人符合一般功能要求,提供技术性文件。

7.2.2 运动性能试验

7.2.2.1 最大运动速度

如图 1 所示,非轨道式巡检机器人速度测试在平整的水泥地面上进行,测试区域长度为 5 倍机器人长度(沿运动方向的长度),但不小于 5 m,宽度要保证巡检机器人能够正常移动。测试区域各端要保留足够的空间进行加速和减速。

单位为毫米



标引序号及符号说明:

- 1——机器人;
- 2——起始线;
- 3——终止线;
- a——加速区域;
- b——测试区域;
- c——减速区域。

图 1 测试场地

测试步骤如下:

- a) 将载有额定负载的巡检机器人放置在初始位置;
- b) 巡检机器人从初始位置开始加速,以便在起始线前达到最大运动速度;
- c) 巡检机器人通过速度测试区域的时间为 t ;
- d) 巡检机器人通过终止线后减速至停止;
- e) 按式(1)计算额定速度。

$$v = \frac{s}{1\ 000t} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- v ——匀速运动质点的速度的数值,单位为米每秒(m/s);
- s ——距离,单位为毫米(mm);
- t ——时间间隔的数值,单位为秒(s)。

取连续 3 次测试成功的最大速度值作为本测试中的最大运动速度值 v 。

注：轨道式巡检机器人在不小于 20 m 的地轨或挂轨测量区间进行。

7.2.2.2 制动距离

如图 1 所示的测试区域,测试步骤如下:

- 在水平干硬的试验地面或轨道上划出停止线;
- 机器人以最大速度移动至停止线后停车;
- 测量巡检机器人超出停止线部分的距离;
- 取 2 次试验的算术平均值记录制动距离。

取连续 3 次测试成功的制动距离平均值作为本测试中的制动距离值。

7.2.2.3 停止与急停

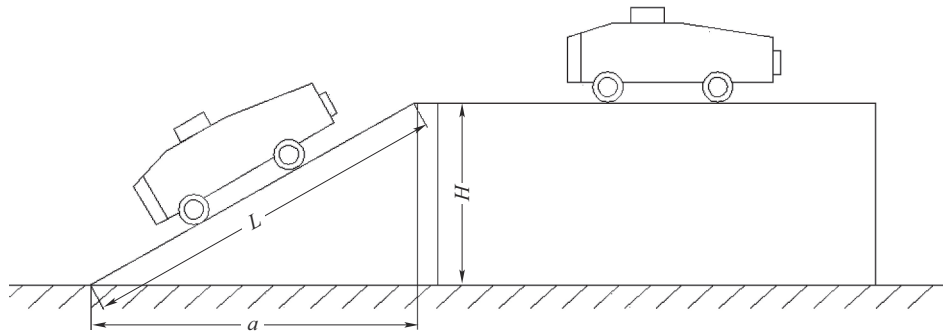
目视与手动操作操作检查。

7.2.2.4 爬坡能力和爬坡驻停

非轨道式巡检机器人爬坡试验装置如图 2 所示,测试步骤如下:

- 将爬坡试验装置调整至所需坡度位置,坡度可调节,不小于 5° ;
- 测量坡度起止点的高度差 h 和水平距离 a 计算坡度;
- 巡检机器人正对试验装置的斜坡坡道,匀速驶上坡道,在坡道中间端停车制动 30 s 后继续前行,坡道起步和驻停,留动不超过制定距离;
- 巡检机器人在坡道最高位置,向下移动,在坡道中间端停车制动 30 s 后继续前行至平滑端;
- 巡检机器人以最大速度开始驶入斜坡,记录驶入到进入水平状态时的时间。

轨道巡检机器人按照上述步骤在斜坡轨道上进行测试。



标引符号说明:

- a —— 斜坡底边长;
 L —— 斜坡长;
 H —— 斜坡高。

图 2 爬坡与驻停试验

7.2.2.5 最小转弯直径

非轨道式巡检机器人的转弯直径试验按下列步骤进行:

- 使机器人处于连续转弯移动状态,画出巡检机器人离转向中心最远点形成的轨迹圆,如图 3 所示;

- b) 在互相垂直的两个方向测量轨迹圆直径,取算术平均值作为试验结果;
- c) 巡检机器人左转和右转各测定一次,取算术平均值作为转弯直径结果。

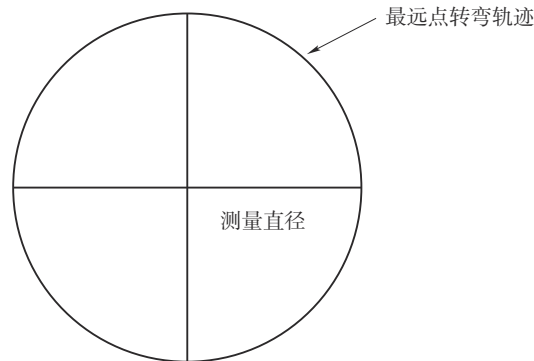


图3 转弯直径测量

7.2.2.6 运动巡航能力

蓄电池供电的巡检机器人,在干硬路面上选取一段可循环往复移动路线或轨道,充满电后控制其速度移动,记录巡检机器人的最大运动距离或时间。

7.2.2.7 避障能力

避障能力试验步骤如下:

- a) 在平整的试验地面上取 50 m 测量区间,设置高 20 cm、宽 10 cm 的模拟障碍物;
- b) 操作机器人自主导航行驶,使机器人保持最大速度,将高 20 cm、宽 10 cm 的模拟障碍物放置在距离机器人 5 m 的行驶道路上,试验机器人能否自动停止行驶,并保证不能接触障碍物;
- c) 发送遥控前行和自动导航前行命令,试验机器人能否保持停止状态;
- d) 发送自动导航命令,然后移除障碍物,试验机器人能否继续导航行驶;
- e) 上述试验不应少于 3 次。

注:采用护栏防碰撞的巡检机器人可采用模拟触碰护栏,触碰后测试机器人能否立即保持停止状态,复位后可继续行驶。

7.2.2.8 导航

7.2.2.8.1 地图构建

地图构建试验按下列步骤进行:

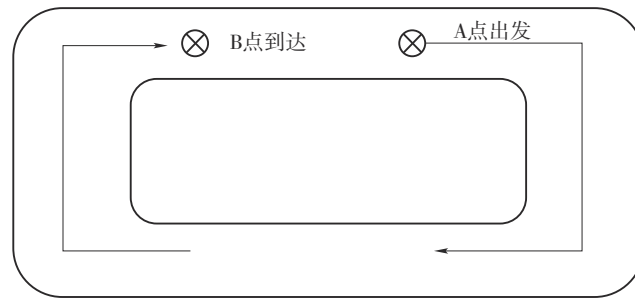
- a) 建立一个模拟封闭的测试场所,巡检机器人可预先扫描测试场所,做好建图准备;
- b) 巡检机器人后台可查询扫描建立的电子地图;
- c) 通过后台设置巡检机器人的巡检路线,标识起始定位目标。

7.2.2.8.2 自主定位

自主导航功能试验按下列步骤进行:

- a) 建立一个模拟封闭的测试场所,巡检机器人可预先扫描测试场所;
- b) 预先给定巡检机器人路径,巡检机器人按照给定的路径执行。
- c) 机器人沿预设路径移动,观察机器人往返位置,巡检机器人进行前进、转弯等动作。

示例:如图 4,机器人在模拟封闭的环形道上从定位点 A 按照预设方向自主移动到定位点 B。



标引符号说明：

A——出发起始点；

B——到达点。

图 4 自主导航功能示意

7.2.3 图像采集试验

通过照度计、清晰度测试卡、灰度测试卡测试采集图像在照度 10 lx 时记录水平清晰度、灰度鉴别等级。后方控制台显示巡检机器人采集的现场视频实时信息。

7.2.4 温度采集试验

在模拟实验场所设置加热体,巡检机器人探测加热体温度,观察和记录数据传输。

7.2.5 气体监测试验

将已知浓度的标准气体分别输入巡检机器人上搭载的气体监测设备进气口;后方控制台显示巡检机器人采集的气体参数的实时信息。

7.2.6 警示功能试验

采用声级计在巡检机器人 1 m 处测量巡检机器人发出的声音信号强度,在黑暗环境中 20 m 远处目测警示信号。

7.2.7 通信功能试验

双向通信试验在建立的模拟试验场上进行,记录配套的通信方式和通信路由设备,数据能正常传输。在试验地面或导轨上取一定测量区间,将 2 台巡检机器人置于测量区间进线通信控制,观察操作指令和通信数据的传输,记录应答情况。

7.3 电气安全

7.3.1 供电电压

利用外部电源调节巡检机器人的输入电压,在 90%~110% 的供电电压下,巡检机器人可进行正常运行。

7.3.2 接地

目测检查接地措施可以进行有效接触。

7.3.3 绝缘电阻和工频耐压试验

绝缘电阻试验按 MT/T 210—1990 第 7 章规定的测试方法进行。工频耐压试验按 MT/T 210—

1990 第 8 章规定的测试方法。

7.3.4 温升

巡检机器人中的载流件上施加相应的发热电流,测量载流件的发热温度,直到温度稳定在 2 K/h 及以下时记录该值。

7.3.5 最高表面温度

测定温升应在机器人施加 1.1 倍额定负载的条件下进行。建立可循环的试验场,如图 5 所示。巡检机器人循环移动,直到温度变化稳定在 2 K/h 及以下(记录该值),或蓄电池电量耗尽为止。试验测得的温度修正到 40 °C 环境温度。测试时记录环境风速,风速应在 3.3 m/s 以下。

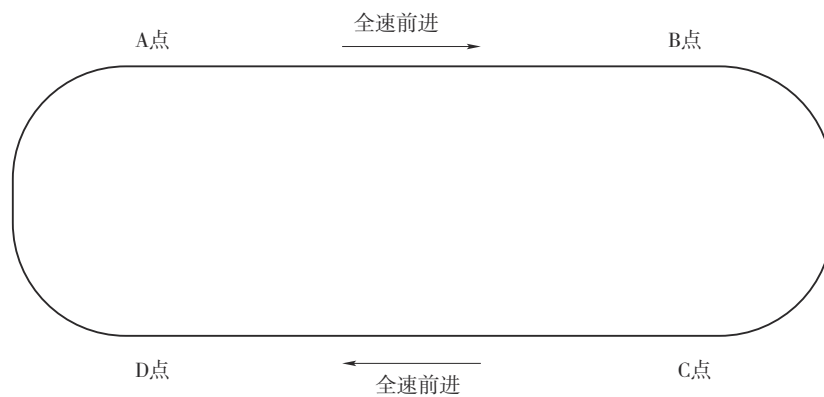


图 5 机器人温度试验循环路径

试验可采用手动遥控方式进行,一旦开始不应停止。采用红外测温方式,测试巡检机器人外壳表面的最高温度值。巡检机器人使用蓄电池动力时,应使蓄电池充满电量。

测试步骤如下:

- a) 试验从 A 点开始,巡检机器人以安全且尽可能快的速度,前进 50 m 行驶至 B 点;
- b) 巡检机器人在 B 点以最小转弯半径转弯 180°或原地转弯至 C 点,然后以安全且尽可能快的速度,前进 50 m 行驶至 D 点;
- c) 机器人在 D 点以最小转弯半径转弯 180°或原地转弯至 A 点,以上为一个试验循环;
- d) 轨道式巡检机器人可在 20 m 或以上的轨道上往复循环进行。

7.4 环境适应性

7.4.1 交变湿热试验

按 GB/T 2423.4 的规定进行。

7.4.2 高温和低温工作试验

7.4.2.1 高温工作试验

按 GB/T 2423.2—2008 中“试验 Be”进行,温度为 40 °C,试验时间为 2 h。

7.4.2.2 低温工作试验

按 GB/T 2423.1—2008 中“试验 Ae”进行,温度为 -20 °C,试验时间为 2 h。

7.4.3 高温和低温贮存试验

7.4.3.1 高温贮存试验

按 GB/T 2423.2—2008 中“试验 Bb”进行。

7.4.3.2 低温贮存试验

按 GB/T 2423.1—2008 中“试验 Ab”进行。

7.5 防爆功能试验

依据巡检机器人采用的防爆型式,按照相应标准测试。

7.6 抗电磁干扰试验

射频电磁场抗扰度试验应按照 GB/T 17626.3—2023 中第 8 章规定的方法进行。

工频磁场抗扰度试验应按照 GB/T 17626.8—2006 中第 8 章规定的方法进行。

8 检验规则

8.1 检验分类

产品检验分出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

出厂检验应按表 4 的检验项目逐台进行。当全部出厂检验项目均符合本文件规定时,则判定出厂检验合格。若任何一个试验项目不符合规定时,可进行重新检验。若重新检验合格,则仍判定出厂检验合格;若重新检验仍不符合规定,则判定出厂检验不合格。

巡检机器人应经出厂检验合格,并附有产品质量合格证方可出厂。

表 4 检验规则

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
1	外观	6.2.1	7.1.1	√	√
2	结构	6.2.2	7.1.2	√	√
3	一般要求	6.3.1	7.2.1	√	√
4	最大运动速度	6.3.2.1	7.2.2.1	√	√
5	制动距离	6.3.2.2	7.2.2.2	√	√
6	停止与急停	6.3.2.3	7.2.2.3	√	√
7	爬坡能力与爬坡驻停	6.3.2.4	7.2.2.4	—	√
8	最小转弯半径	6.3.2.5	7.2.2.5	—	√
9	运动巡航能力	6.3.2.6	7.2.2.6	—	√
10	避障能力	6.3.2.7	7.2.2.7	√	√
11	地图构建	6.3.2.8.1	7.2.2.8.1	—	√

表 4 检验规则（续）

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
12	自主定位	6.3.2.8.2	7.2.2.8.2	—	√
13	图像采集	6.3.3	7.2.3	√	√
14	温度采集	6.3.4	7.2.4	√	√
15	气体监测	6.3.5	7.2.5	√	√
16	警示功能	6.3.6	7.2.6	√	√
17	通信功能	6.3.7	7.2.7	√	√
18	供电电压与波动	6.4.1	7.3.1	√	√
19	接地	6.4.2	7.3.2	√	√
20	绝缘电阻与工频耐压	6.4.3	7.3.3	√	√
21	温升	6.4.4	7.3.4	—	√
22	最高表面温度	6.4.5	7.3.5	—	√
23	交变湿热	6.5.1	7.4.1	—	√
24	高温工作	6.5.2.1	7.4.2.1	—	√
25	低温工作	6.5.2.2	7.4.2.2	—	√
26	高温贮存	6.5.3.1	7.4.3.1	—	√
27	低温贮存	6.5.3.2	7.4.3.2	—	√
28	防爆要求	6.6	7.5	—	√
29	抗电磁干扰	6.7	7.6	—	√
注1：标“√”为应进行检验；“—”为无须检验。					
注2：出厂检验中防爆要求只要求隔爆参数检查和本安参数测量。					

8.3 型式检验

8.3.1 凡属下列情况之一,应进行型式检验:

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型;
- b) 已定型生产后,如关键结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- c) 正常生产时,应每隔5年进行一次型式检验;
- d) 产品停产超过3年后,恢复生产时;
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时;
- f) 国家有关部门提出要求时。

8.3.2 型式检验应按表4检验项目进行。

8.3.3 型式检验判定规则:

- a) 所有检验项目均合格,判定该产品为合格品;
- b) 若检验时有1台一项检验项目不合格,则应取加倍数量的产品按程序进行复检,如在复检中仍有一项不合格,则判定该批产品为不合格。

9 标志、铭牌、包装、运输及贮存

9.1 标志

每台巡检机器人外壳上的明显处应有永久的、清晰的、牢固的、耐腐蚀材料的防爆标志和“MA”矿用产品安全标志及警告牌。矿用产品安全标志应符合 AQ 1043 的规定。

明显位置应设有严禁带电开盖。

9.2 铭牌

每台巡检机器人外壳上的明显处,应设置耐化学腐蚀材料的产品铭牌,并可靠固定。铭牌应包括下列内容:

- a) 产品型号和名称;
- b) 防爆标志;
- c) 本质安全型电路参数(有必要时);
- d) 防爆合格证号;
- e) 矿用产品安全标志编号;
- f) 电池参数(有时);
- g) 产品编号和出厂日期;
- h) 制造厂名称;
- i) 重量。

9.3 包装

9.3.1 包装文字及标志

巡检机器人的包装应能防止产品在运输中遭受损坏和雨水的浸蚀。包装储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。包装箱箱面上的文字及标志应包括:

- a) 收货单位名称和地址;
- b) 产品型号和名称;
- c) 制造厂名称;
- d) 毛重(kg);
- e) 包装箱外形尺寸“长×宽×高”(mm×mm×mm);
- f) 标志“向上”“防潮”“防震”等字样或符号。

9.3.2 随同产品出厂技术文件

随同产品出厂的技术文件应包括:

- a) 合格证书或质量保证书;
- b) 产品使用说明书;
- c) 装箱单。

9.4 运输、贮存

运输过程中包装箱不应倒置,不应遭受强烈的颠簸、震动、碰撞及雨、雪的侵袭。产品应贮存于没有雨雪侵入、空气流通、相对湿度不大于 90%(+25℃)、环境温度-20℃~+40℃以及没有腐蚀性气体的仓库中。

参 考 文 献

- [1] GB/T 3836.2—2021 爆炸性环境 第2部分:由隔爆外壳“d”保护的设备
 - [2] GB 5226.1—2008 机械电气安全机械电气设备 第1部分:通用技术条件
 - [3] GB/T 12642—2013 工业机器人 性能规范及其试验方法
 - [4] MT/T 661—2011 煤矿井下用电器设备通用技术条件
 - [5] MT/T 899—2000 煤矿用信息传输装置
-