



挂轨式防爆巡检机器人白皮书

2024 版

全文获取 www.shijie.com.cn

编写：防爆式巡检机器人专家组

北京玉麟科技有限公司

2024 01

合作咨询：13301381007

目录

一、 什么是工业巡检机器人 3

二、 国内外巡检机器人发展状况 5

三、 我国企业对巡检机器人的市场需求 5

四、 机器人巡检与人工巡检的效果对比 7

五、 机器人替代人工巡检的利弊 8

六、 什么是防爆巡检机器人 9

七、 哪些场合需要使用防爆式巡检机器人 10

八、 什么是挂轨式防爆巡检机器人 11

九、 什么是轮式防爆巡检机器人 12

十、 什么是履带式防爆巡检机器人 13

十一、 挂轨式防爆巡检机器人与防爆轮式巡检机器人的区别 14

十二、 挂轨式防爆巡检机器人的防爆等级 15

十三、 挂轨式防爆巡检机器人种类 19

十四、 挂轨式防爆巡检机器人的选型策略 19

十五、 模块化的挂轨式巡检机器人 21

十六、 挂轨式防爆巡检机器人工程实施的项目管理 23

十七、 挂轨式防爆巡检机器人的嵌入式软件系统 24

十八、 挂轨式防爆巡检机器人的上位机软件系统 25

十九、 挂轨式防爆巡检机器人与 DCS 的对接 27

二十、 挂轨式防爆巡检机器人的网络连接 28

二十一、 挂轨式防爆巡检机器人的轨道设计与施工 28

二十二、 挂轨式防爆巡检机器人在户外场景的选型 29

二十三、 挂轨式防爆巡检机器人的负载能力 31

二十四、 挂轨式防爆巡检机器人承担消防功能 31

二十五、 挂轨式防爆巡检机器人的自主无线充电功能 32

二十六、 挂轨式防爆巡检机器人的自主巡检能力 34

二十七、 挂轨式防爆巡检机器人的巡检传感器模块化扩展能力 35

二十八、 挂轨式防爆巡检机器人的数据上传实时性实现 36

二十九、 挂轨式防爆巡检机器人的数据存储与分析 37

三十、 挂轨式防爆巡检机器人的核心部件 38

三十一、 挂轨式防爆巡检机器人的必要性能指标 39

三十二、 挂轨式防爆巡检机器人的操作步骤 41

三十三、 挂轨式防爆巡检机器人的操作培训主要包括以下几个方面 43

三十四、 挂轨式防爆巡检机器人的操作注意事项 43

三十五、 挂轨式防爆巡检机器人的维护 44

三十六、 挂轨式防爆巡检机器人常见的故障类型及解决方案 45

三十七、 挂轨式防爆巡检机器人的研发和生产成本 46

三十八、 挂轨式防爆巡检机器人的未来形态 48

三十九、 挂轨式防爆巡检机器人会不会被人形机器人替代 49

四十、 挂轨式防爆巡检机器人的主要研制厂家 50

附件一 51

一、 总体目标和要求 51

二、 深化实施八大工程 52

三、 方法步骤 58

四、 工作要求 59

附件二 61

一、 工作目标 61

二、 主要任务 62

三、 组织实施 63

四、 有关要求 63

一、什么是工业巡检机器人



工业巡检机器人是一种能够自主移动、感知环境、执行任务并与人类进行交互的机器人。它们通常被设计用于执行特定的检查、监测和维护任务，以确保设施、设备或系统的正常运行。

在工业生产中，巡检是一项非常重要的任务。通过定期对设备、设施和生产线进行检查和监测，可以及时发现潜在的问题和故障，确保生产过程的连续性和稳定性。传统的人工巡检通常需要工作人员沿着生产线或设备进行定期巡视，观察设备的运行状态、检测关键参数、检查安全隐患等。

然而，人工巡检存在一些弊端。首先，人工巡检需要大量的人力资源，而且在一些危险或恶劣的环境中，人工巡检可能会对工作人员的人身安全造成威胁。其次，人工巡检的效率相对较低，容易出现漏检或误检的情况，而且无法实现 24 小时不间断的监测。

为了解决这些问题，工业巡检机器人应运而生。相比传统人工巡检，工业巡检机器人具有明显的优势。首先，机器人可以在危险或恶劣的环境中进行巡检，减少了对工作人员的风险。其次，机器人可以实现 24 小时不间断的监测，提高了巡检的效率和准确性。此外，机器人可以通过传感器和摄像头等设备获取更详细和准确的数据和图像，有助于更早地发现潜在问题。

工业巡检机器人可以通过自主导航、自主充电和自主决策等功能，实现高效、精准的巡检。它们可以快速地移动到指定位置，执行任务，并自动记录和报告数据。通过使用先进的传感器和图像识别技术，机器人可以准确检测设备的异常情况，并及时发出警报。

目前，工业巡检机器人的种类和应用场景越来越广泛。它们可以根据不同的应用场景和需求进行定制化设计，例如室内巡检机器人、室外巡检机器人、管道巡检机器人等。这些机器人广泛应用于煤矿、电力、石油、化工、交通、制造业等领域。

总的来说，工业巡检机器人在工业生产中扮演着重要的角色，它们可以提高生产效率、降低成本、提高安全性，并为工业生产的智能化和自动化发展提供了新的思路 and 方向。随着人工智能和机器学习技术的不断发展，未来的工业巡检机器人将会更加智能化和自主化。

二、国内外巡检机器人发展状况

随着我国工业的快速发展，安全问题已成为制约企业发展的重要因素之一。近年来，由于安全问题造成的事故屡见不鲜，除了客观原因，人员安全意识和专业能力还有待提高。在这种背景下，巡检机器人在我国工业企业的需求显得尤为急迫。

我国作为工业大国，对巡检机器人的需求非常大。同时，我国科技企业在机器人领域也出现了一大批的创业公司和转型做巡检机器人的公司。这些公司的出现，推动了巡检机器人在我国的发展。

相比之下，包括美国、日本、德国在内的大多数国家，巡检机器人的研制和产品种类多数还在实验室阶段。例如波士顿公司的巡检机器人狗或核能企业的侦查机器人，虽然技术原理先进，但仍处于实验室状态，尚未实现大规模应用。

而我国巡检机器人已经出现井喷式的市场需求。可以预见的是，巡检机器人创业将成为继大疆无人机之后，又一个中国企业遥遥领先世界的一类机器人产品。

综上所述，我国工业企业对巡检机器人的需求非常急迫，同时我国科技企业在机器人领域的发展也非常迅速。随着技术的不断进步和市场的不断扩大，巡检机器人将成为我国工业企业提高生产效率、降低成本、保障安全的重要手段。

三、我国企业对巡检机器人的市场需求

我国企业对巡检机器人的市场需求呈现出以下几个特点：

1. 市场需求大：随着工业化进程的加快，机器人巡检作为智能制造的重要组成部分，正受到越来越多的企业和政府部门的关注和需求。由于人工巡检存在效率低下、精度不高、劳动强度大等问题，而巡检机器人能够实现 24 小时不间断工作，提高巡检效率和精度。尤其是

中国企业对人员安全的诉求越来越高，危险界区减人要求迫切，因此市场需求不断扩大。

2. 技术水平不断提高：近年来，中国巡检机器人技术水平不断提高，产品逐步成熟，越来越多的企业开始投入研发和生产。类似北京玉麟科技为代表的模块化和大功率化技术的不断创新和改进，使得巡检机器人能够更好地适应各种复杂环境和任务，提高了其可靠性和稳定性。
3. 应用场景不断扩大：巡检机器人已广泛应用于煤矿、电力、石化、铁路、城市管廊等行业。随着技术的不断发展，巡检机器人的应用场景将进一步扩大，包括但不限于城市管理、公共安全、环保监测等领域。
4. 市场竞争加剧：随着越来越多的企业进入巡检机器人行业，市场竞争也越来越激烈。价格、品质、服务等方面的竞争都十分激烈，企业需要不断提高自身的技术和服务水平，以赢得市场份额。
5. 各地政府高度重视机器人减人，并出台政策鼓励和支持企业引进和研发机器人技术，以提高生产效率、降低人工成本、保障生产安全。此外，政府还加强了对机器人产业的规划和监管，推动机器人产业的健康发展。这些政策的出台，为机器人技术的发展和应用提供了有力的支持和保障。

总体来说，我国企业对巡检机器人的市场需求呈现出持续增长的趋势。未来，随着技术的不断进步和应用场景的不断扩大，巡检机器人的市场需求还将继续增长。

附件一 《山东省化工行业安全生产整治提升专项行动总体工作方案》

附件二 《全省危险化学品安全生产 “机械化换人、自动化减人” 工作方案》

四、机器人巡检与人工巡检的效果对比

机器人巡检与人工巡检的效果对比表现在以下几个方面：

1. 安全性：机器人巡检在危险、恶劣环境中具有明显优势，可以有效减少对工作人员的人身安全风险。人工巡检在某些特殊环境下可能存在安全隐患，如高空、易燃易爆、有毒有害、狭窄空间、该低温恶劣环境等区域。
2. 效率与准确性：机器人巡检具有 24 小时不间断监测的能力，提高了巡检的效率和准确性。相比之下，人工巡检受到疲劳、注意力不集中等因素影响，容易出现漏检或误检。在人工巡检条件下多数企业要求每 1 小时同时 2 人完成一次巡检任务，全天则需要安排 48 人次巡检，全年需要 17520 人次巡检，同样任务交给 1—2 台巡检机器人即可以完成。
3. 数据采集与处理：机器人巡检通过携带人员无法携带的传感器和摄像头等设备，可以获取更详细和准确的数据和图像，有助于更早地发现潜在问题。人工巡检在数据采集和处理方面相对局限，仅凭经验或手持设备难以发现很多隐蔽性问题。
4. 成本：虽然机器人巡检设备的一次性投入较高，但长期来看，其降低了人工成本、培训成本和事故赔偿成本。避免了人工巡检在长期运营过程中，人力成本不断增加的问题。也减少了企业高密度安装传感器的成本。
5. 适应性：机器人巡检可根据不同场景和需求进行定制化设计，如室内、室外、管道巡检等。人工巡检在适应不同环境和任务方面相对局限。
6. 智能化与自动化：随着人工智能和机器学习技术的发展，机器人巡检具备更高的智能化和自主化水平，实现实时分析、实时报警、提前

预警、自动生成报表等功能。人工巡检在智能化和自动化方面的发展相对滞后。

综上所述，机器人巡检在多个方面优于人工巡检，对于提高工业生产效率、降低成本、保障安全具有重要作用。

五、机器人替代人工巡检的利弊

机器人替代人工巡检的利弊表现在以下几个方面：

1. 有利于：降低企业成本。机器人巡检可以减少企业在人力资源、培训和事故赔偿等方面的投入。同时，机器人具备较高的稳定性和可靠性，能够在恶劣环境下持续工作，降低了因环境因素导致的事故风险。
2. 弊端：机器人巡检设备的一次性投入较高，对于部分企业来说，初期成本压力较大。此外，虽然机器人巡检在很大程度上提高了巡检效率和准确性，但仍有一定的技术局限性，如现场发现问题，立刻进行操作，如关闭或开启阀门、切断电源等。
3. 利弊共存：机器人巡检在数据采集、处理和分析方面具有优势，有助于更早地发现潜在问题。但人工巡检在某些情况下仍具有不可替代的作用，如对突发状况的快速应对和人际沟通能力。
4. 社会影响：机器人巡检的大规模应用可能对相关行业的人员就业产生一定影响。然而，随着技术的不断发展，机器人巡检或将创造新的就业机会，如机器人研发、维护和管理等。
5. 法律法规：机器人巡检在实际应用中涉及诸多法律法规问题，如责任归属、数据安全和隐私保护等。企业在推广机器人巡检时，需充分考虑法律法规的完善和跟进。
6. 技术瓶颈：虽然我国巡检机器人技术取得了显著成果，但在某些方面仍存在技术瓶颈，如传感器小型化、低成本化、机器人防爆技术改造技术等。突破这些技术难题，将有助于机器人巡检在更多领域得到

广泛应用。

综合来看，企业在推广应用过程中还需充分考虑其局限性和潜在风险，逐步完善相关技术和法律法规体系。

六、什么是防爆巡检机器人

防爆巡检机器人是一种专门用于在易爆、易燃、有毒、高压等危险环境中进行巡检、监测和作业的机器人。它集成了先进的传感器、控制器和通信系统，具备高度的智能化、自主化和自动化水平。防爆巡检机器人在工业生产领域，特别是在煤矿、化工、石油、天然气等高风险行业，具有重要的应用价值。

防爆巡检机器人的主要特点如下：

1. 隔爆性能：防爆巡检机器人采用特殊材料和设计，能够在危险环境下正常工作，并不会给巡检现场带来危险因素。
2. 自主导航与避障：防爆巡检机器人具备自主导航能力，能够在复杂环境中自动避开障碍物，确保巡检路线的准确性。
3. 多种传感器集成：防爆巡检机器人配备了多种防爆或本安型传感器，如温度、压力、气体浓度等，用于实时监测环境参数，及时发现异常情况。
4. 远程操控与实时通信：防爆巡检机器人支持远程操控，操作人员可在安全距离外进行实时监控和指挥。同时，机器人具备高速通信模块，确保数据传输的实时性和稳定性。
5. 高度适应性：防爆巡检机器人可根据不同场景和任务进行定制化设计，如地面、管道、罐体等巡检作业。
6. 智能化与自动化：防爆巡检机器人运用人工智能、机器学习等技术，不断提高巡检、监测和作业的智能化水平，减轻人工干预负担。

随着我国工业生产领域的不断发展和安全要求的提高，防爆巡检

机器人的市场需求将持续增长。未来，我国应加大对防爆巡检机器人技术的研发投入，突破关键核心技术，提高产品性能和质量，以满足高风险环境下的安全监测与作业需求。同时，加强产业政策引导，推动防爆巡检机器人产业的规范化、标准化发展，确保其在工业生产领域发挥更大的作用。

七、哪些场合需要使用防爆式巡检机器人

防爆式巡检机器人在以下场合具有重要的应用价值：

1. 化工行业：化工企业生产过程中，涉及大量易燃、易爆、有毒和腐蚀性物质，人工巡检存在较高的安全风险。使用防爆巡检机器人可以有效降低事故风险，保障人员安全。
2. 石油、天然气行业：在油气开采、储存和输送过程中，环境条件恶劣，存在爆炸和火灾风险。防爆巡检机器人可以实时监测环境状况，及时发现异常，确保生产安全。
3. 矿业：矿井环境复杂，存在瓦斯、煤尘等易燃易爆危险场景和巷道破坏等情况对井下人员带来危险。使用防爆巡检机器人可以明显实现井下减人，提高矿井安全管理水平，降低事故发生的风险。
4. 核工业：核电站、核燃料加工厂等场所存在核辐射风险，人工巡检受限。防爆巡检机器人可以在辐射环境下正常工作，提高巡检效率，保障核设施安全。
5. 火电厂：火电厂的锅炉、管道等高温、高压设备，以及燃气轮机、核电站等场所，存在火灾和爆炸风险。使用防爆巡检机器人可以实现对这些设备的智能监测和巡检，降低事故隐患。
6. 仓储物流：易燃易爆物品仓库、危险品运输等场景，人工巡检难以满足安全要求。防爆巡检机器人可以实时监测环境状况，确保仓储物流安全。

7. 城市天然气管廊：对管廊进行全面的检查，有效保障了工作人员的安全。防爆巡检机器人可以 24 小时不间断地进行巡检，提高了巡检的效率和准确性。城市天然气管廊采用防爆巡检机器人是十分必要的。

8. 其他各种对人员生命安全和健康存在风险的场所。

总之，在各类高风险场合，防爆巡检机器人具有重要的应用价值。随着技术的发展和市场需求的扩大，防爆巡检机器人在我国工业生产领域的应用将越来越广泛，为安全生产提供有力支持。同时，我国应继续加大对防爆巡检机器人技术的研发投入，提高产品性能和质量，满足不断增长的市场需求。

八、什么是挂轨式防爆巡检机器人

挂轨式防爆巡检机器人是一种专门设计用于在易爆、高压、高温等危险环境中进行巡检和监测的机器人。这种机器人通过挂轨式设计，能够在固定轨道上自动运行，实现对危险区域的智能巡检。以下是挂轨式防爆巡检机器人的主要特点：

1. 轨道行驶：挂轨式防爆巡检机器人依靠轨道行驶，能够在复杂环境下保持稳定的移动性能，提高巡检效率。轨道可以根据巡检现场环境，采用水平直线、水平转弯、小坡度上下或垂直上下方式安装轨道，为机器人提供运动路线。北京玉麟科技公司的挂轨式机器人，可以实现垂直的轨道升降，目前是国内外首创，解决了减少巡检机器人由于需要楼层跃升或快速达到巡检点的目的，还同时节省了轨道的投资。
2. 防爆性能：挂轨式防爆巡检机器人采用特殊材料和设计，能够在爆炸危险环境下正常工作，有效降低事故风险。
3. 多种传感器集成：挂轨式防爆巡检机器人配备了多种防爆或本安传感器，如温度、压力、气体浓度等，用于实时监测环境参数，及时发现异常情况。北京玉麟科技公司创新性的为传感器提供了独立的模块

化设计，使得机器人可以通过快速更换传感器模块，任意适应巡检需求，避免了对机器人整机的改造和重复申请防爆证书认证的时间和费用。

4. 自主导航与避障：挂轨式防爆巡检机器人具备自主导航能力，能够在复杂环境中自动探测障碍物，自动停止或执行避障程序，确保巡检过程中自身的安全或对方的安全。

5. 远程操控与实时通信：挂轨式防爆巡检机器人采用防爆 WIFI 基站或 5G 通信支持远程操控，操作人员可在安全距离外进行实时监控和指挥。同时，机器人具备高速通信模块，确保数据传输的实时性和稳定性。

6. 高度适应性：挂轨式防爆巡检机器人可根据不同场景和任务进行定制化设计，如地面、管道、罐体等巡检作业。需要注意的是，有毒有害或易燃易爆气体的比重不同，有的沉降在地面，有的升浮在设备上端，机器人轨道的安装要注意高度，最大限度的有效采集泄漏气体指标。所以，轨道不是总在一个平面安装，有可能是上下起伏的轨道形式，这就要求机器人具备良好的爬升能力和机动能力。

7. 智能化与自动化：挂轨式防爆巡检机器人运用人工智能、机器学习等技术，不断提高巡检、监测和作业的智能化水平，减轻人工干预负担。包括但不限于语音指令控制，智能安排巡检任务等。

在我国工业生产领域，特别是在煤矿、化工、石油、天然气等高风险行业，挂轨式防爆巡检机器人具有重要的应用价值。

九、什么是轮式防爆巡检机器人

轮式防爆巡检机器人是一种专门设计用于在易爆、高压、高温等危险环境中进行巡检和监测的地面运动机器人。这种机器人采用轮式行走方式，能够在工矿企业地面自主移动，实现对危险区域的智能巡

检。以下是轮式防爆巡检机器人的主要特点：

1. 灵活行走：轮式防爆巡检机器人采用轮式设计，使其在复杂地形中具有较高的移动灵活性，提高巡检效率。
2. 防爆性能：轮式防爆巡检机器人采用特殊材料和设计，能够在爆炸危险环境下正常工作，有效降低事故风险。
3. 多种传感器集成：轮式防爆巡检机器人配备了多种传感器，如温度、压力、气体浓度等，用于实时监测环境参数，及时发现异常情况。
4. 自主导航与避障：轮式防爆巡检机器人具备自主导航能力，能够在复杂环境中自动避开障碍物，确保巡检路线的准确性。
5. 远程操控与实时通信：轮式防爆巡检机器人支持远程操控，操作人员可在安全距离外进行实时监控和指挥。同时，机器人具备高速通信模块，确保数据传输的实时性和稳定性。
6. 高度适应性：轮式防爆巡检机器人可根据不同场景和任务进行定制化设计，如地面、管道、罐体、巷道等巡检作业。
7. 智能化与自动化：轮式防爆巡检机器人运用人工智能、机器学习等技术，不断提高巡检、监测和作业的智能化水平，减轻人工干预负担。
8. 轮式防爆巡检机器人无法检测到 2 米以上的设备状况和气体样本，行动路线有时会与人员通过路线重合而相互干扰。轮式巡检机器人对地面条件要求较高，大部分厂家的轮式巡检机器人一般越障能力在 10CM。
9. 北京玉麟科技公司设计的轮式巡检机器人采用创新的结构设计，可以跨越 2 米以上的障碍物和罐区围堰，并保持传感器平台始终保持水平，是一种全地形的轮式巡检机器人。

十、什么是履带式防爆巡检机器人

履带式防爆巡检机器人是一种专门设计用于在易爆、高压、高温

等危险环境中进行巡检和监测的履带底盘机器人。这种机器人采用履带式行走方式，能够在各种复杂地形中稳定移动，实现对危险区域的智能巡检。履带式防爆巡检机器人的主要优势是比轮式巡检机器人有更大的越障高度和通过性能，但履带式机器人的自重往往比较大，行走里程受限。不易运输和维护。

十一、挂轨式防爆巡检机器人与防爆轮式巡检机器人的区别

挂轨式防爆巡检机器人与防爆轮式巡检机器人在设计和功能上存在一定的区别，主要表现在以下几个方面：

1. 行走方式：挂轨式防爆巡检机器人采用轨道行走，而防爆轮式巡检机器人采用轮式行走。挂轨式机器人更适合在固定轨道上进行巡检，适用于直线或曲线轨道，适应性强。轨道式巡检机器人适合在稳定和固定巡检路径上长期执行巡检任务，维护量小，故障率低，数据采集稳定，容易使用。
2. 适应性：挂轨式防爆巡检机器人对巡检环境的地面没有要求，地面利用率不受影响，如工厂生产线、仓储物流等领域；而防爆轮式巡检机器人则更适用于各种复杂变化的接近地面的巡检目标场景。
3. 巡检效率：挂轨式防爆巡检机器人由于采用轨道行走，速度较稳定，可实现高效巡检；防爆轮式巡检机器人虽然适应性强，但完全依赖轨道行走。
4. 操控方式：挂轨式防爆巡检机器人一般采用远程操控，操作人员可在安全距离外进行实时监控和指挥；防爆轮式巡检机器人同样支持远程操控，并具备自主导航与避障功能。
5. 智能化水平：两种类型的防爆巡检机器人都采用了人工智能、机器学习等技术，不断提高巡检、监测和作业的智能化水平。但挂轨式机器人受限于轨道行走方式，智能化应用场景相对有限；而防爆轮式机

器人在各类环境中具有较强的智能化应用潜力。

6. 定制化程度：挂轨式防爆巡检机器人和防爆轮式巡检机器人均可根据不同场景和任务进行定制化设计，如地面、管道、罐体等巡检作业。但挂轨式机器人在轨道方面的定制化需求较高，而防爆轮式机器人则需考虑地形适应性等方面的定制化需求。

总之，挂轨式防爆巡检机器人和防爆轮式巡检机器人各有优势，适用于不同场景和任务。

十二、挂轨式防爆巡检机器人的防爆等级

防爆等级说法

防爆设备定义：在规定条件下不会引起周围爆炸性环境点燃的电气设备。

分为三类

I 类：煤矿井下电气设备；

II 类：除煤矿、井下之外的所有其他爆炸性气体环境用电气设备。

II 类又可分为 IIA、IIB、IIC 类，标志 IIB 的设备可适用于 IIA 设备的使用条件；IIC 可适用于 IIA、IIB 的使用条件。

III 类：除煤矿以外的爆炸性粉尘环境电气设备。

IIIA 类：可燃性飞絮；IIIB 类：非导电性粉尘；IIIC 类：导电性粉尘。

最高表面温度：电气设备在规定范围内的最不利运行条件下工作时，可能引起周围爆炸性环境点燃的电气设备任何部件所达到的最高温度。最高表面温度应低于可燃温度。

例如：防爆传感器环境的爆炸性气体的点燃温度为 100°C ，那么传感器在最恶劣的工作状态下，其任何部件的最高表面温度应低于 100°C 。

温度组别

爆炸性环境用电气设备按其最高表面温度划分为 T1-T6 组别

T1	T2	T3	T4	T5	T6
450 °C	300 °C	200°C	135 °C	100 °C	85°C

名词解释：

ia 等级：在正常工作、一个故障和二个故障时均不能点燃爆炸性气体混合物的电气设备。

正常工作时，安全系数为 2.0；一个故障时，安全系数为 1.5；二个故障时，安全系数为 1.0 。

注：有火花的触点须加隔爆外壳、气密外壳或加倍提高安全系数。

ib 等级：在正常工作和一个故障时不能点燃爆炸性气体混合物的电气设备。

正常工作时，安全系数为 2.0 ；一个故障时，安全系数为 1.5 。

正常工作时，有火花的触点须加隔爆外壳或气密外壳保护，并且有故障自显示的措施，一个故障 时安全系数为 1.0 。

EExd：是指将爆炸包起来的意思；

IIC：是指点燃能量 uJ,280,大于 180,60,小于 80,60;T6:是指温度组别，即电气设备按其最高表面温度被分在不同的温度组别。气体的温度组别按不同的点燃温度划分。T6 是 85 度。

隔爆型电气设备（d）：是指把能点燃爆炸性混合物的部件封闭在一个外壳内，该外壳能承受内部爆炸性混合物的爆炸压力并阻止和周围的爆炸性混合物传爆的电气设备。

增安型电气设备（e）：正常运行条件下，不会产生点燃爆炸性

混合物的火花或危险温度，并在结构上采取措施，提高其安全程度，以避免在正常和规定过载条件下出现点燃现象的电气设备。

本质安全型电气设备（i）：在正常运行或在标准试验条件下所产生的火花或热效应均不能点燃爆炸性混合物的电气设备。

无火花型电气设备（n）：在正常运行条件下不产生电弧或火花，也不产生能够点燃周围爆炸性混合物的高温表面或灼热点，且一般不会发生有点燃作用的故障的电气设备。

防爆特殊型（s）：电气设备或部件采用 GB3836-2010 未包括的防爆型式时，由主管部门制订暂行规定。送劳动人事部备案，并经指定的鉴定单位检验后，按特殊电气设备“s”型处置。

客观上很多工业现场满足爆炸条件。当爆炸性物质与氧气的混合浓度处于爆炸极限范围内时，若存在爆炸源，将会发生爆炸。因此采取防爆就显得很必要了。

易爆物质：很多生产场所都会产生某些可燃性物质。煤矿井下约有三分之二的场所存在爆炸性物质；化学工业中，约有 80%以上的生产车间区域存在爆炸性物质。

氧气：空气中的氧气是无处不在的。

（1）爆炸性物质（flammable air flammable dust）：能与氧气（空气）反应的物质，包括气体、液体和固体。（气体：氢气，乙炔，甲烷等；液体：酒精，汽油；固体：粉尘，纤维粉尘等。）

（2）空气或氧气（air or oxygen）。

（3）点燃源（source of ignition）：包括明火、电气火花、机械火花、静电火花、高温、化学反应、光能等。

防爆

防止爆炸的产生必须从三个必要条件来考虑，限制了其中的一个

必要条件，就限制了爆炸的产生。

在工业过程中，通常从下述三个方面着手对易燃易爆场合进行处理：

- (1) 预防或最大限度地降低易燃物质泄漏的可能性；
- (2) 不用或尽量少用易产生电火花的电器元件；
- (3) 采取充氮气之类的方法维持惰性状态。

区域分类

危险场所区域的含义

是对该地区实际存在危险可能性的量度，由此规定其可适用的防爆型式。

1、国际电工委员会/欧洲电工委员会划分的危险区域的等级分类

0 区 (Zone 0)：易爆气体始终或长时间存在；连续地存在危险性大于 1000 小时/每年的区域；

1 区 (Zone 1)：易燃气体在仪表的正常工作中有可能发生或存在；断续地存在危险性 10~1000 小时/每年的区域；

2 区 (Zone 2)：一般情形下，不存在易燃气体且即使偶尔发生，其存在时间亦很短；事故状态下存在的危险性 0.1~10 小时/每年的区域；

挂轨式防爆巡检机器人的防爆等级的选择，需根据实际应用场景和环境条件进行。操作人员应根据环境中的爆炸性物质、粉尘浓度、温度等因素，选择符合要求的防爆等级。同时，为确保防爆巡检机器人的安全性能，还需定期进行检测、维护和保养，确保其处于良好的工作状态。目前，挂轨式防爆机器人的防爆等级基本处于 IIC T4 等级，巡检环境适用于开发或半开放的车间、廊桥、场站等环境。煤矿井下巡检机器人需满足 MA 认证。

十三、挂轨式防爆巡检机器人种类

- 1、动力执行机构采用胶轮在轨道上摩擦的挂轨式巡检机器人
- 2、动力执行采用齿轮齿条驱动的挂轨式巡检机器人
- 3、机器人本体和各种传感器、电池等组合为一个整体的挂轨式机器人
- 4、机器人采用多节模块组成，动力执行，电池，传感器各自独立组成，可以独立工作的可重组机器人。
- 5、以沿轨道水平或小坡度行走的一般型挂轨式巡检机器人
- 6、即可以沿轨道水平又可以沿轨道垂直上下的强化型挂轨式巡检机器人
- 7、短里程挂轨式巡检机器人
- 8、长里程挂轨式巡检机器人
- 9、室内挂轨式巡检机器人
- 10、户外挂轨式巡检机器人
- 11、可承受高低温的挂轨式巡检机器人
- 12、可以承担运输任务的挂轨式巡检机器人
- 13、可以加挂机器臂的挂轨式巡检机器人

北京玉麟科技公司已经研制出国内外首个可以沿轨道垂直上下的防爆式挂轨巡检机器人，并使用了新的充电模式，可以实现短时间充电即可超过 5000 米的巡检。

十四、挂轨式防爆巡检机器人的选型策略

挂轨式防爆巡检机器人的选型策略主要包括以下几个方面：

1. 应用场景：根据实际应用场景选择合适的挂轨式防爆巡检机器人。例如，对于巡检环境较好的情况下，例如变电站，可以选择动力执行机构采用胶轮在轨道上摩擦的挂轨式巡检机器人；对于巡检环境较为

苛刻，例如焦炉，汽化炉、户外管廊、煤矿井下、石化站等存在粉尘、油污、冰雪、高低温的环境，或者需要沿轨道垂直上下的场景，可以选择齿轮齿条执行机构的挂轨式巡检机器人。

2. 巡检距离和速度：根据巡检距离和速度要求选择合适的挂轨式防爆巡检机器人。例如，对于需要长里程巡检的任务，应选择长里程挂轨式巡检机器人，机器人自带电池容量要能够快速扩容；对于需要高效巡检的场景，可以选择动力功率大的挂轨式防爆巡检机器人。

4. 防爆等级：根据实际应用场景和环境条件选择符合要求的防爆等级。

5. 功能定制：根据实际需求选择具有所需功能的挂轨式防爆巡检机器人。例如，对于需要加挂机器臂的场景，可以选择可以加挂机器臂的挂轨式巡检机器人；对于需要承担运输任务的场景，可以选择可以承担运输任务的挂轨式巡检机器人。

6. 智能化水平：根据智能化应用场景选择具有较高智能化水平的挂轨式防爆巡检机器人。例如，对于需要较强智能化应用的场景，可以选择具有人工智能、机器学习等技术的挂轨式防爆巡检机器人。

7. 模块化的巡检机器人：模块化的挂轨式防爆巡检机器人具有更高的灵活性和可扩展性，可以根据不同场景和任务需求进行快速调整和配置。操作人员可以根据实际情况，灵活选择传感器、电池、执行器等模块，以满足各类巡检作业的需求。

总之，在选择挂轨式防爆巡检机器人时，应综合考虑应用场景、地形适应性、巡检距离和速度、防爆等级、功能定制和智能化水平等多方面因素，以确保选型的合理性和适用性。同时，为确保挂轨式防爆巡检机器人的安全性能和使用效果，还需定期进行检测、维护和保养，确保其处于良好的工作状态。

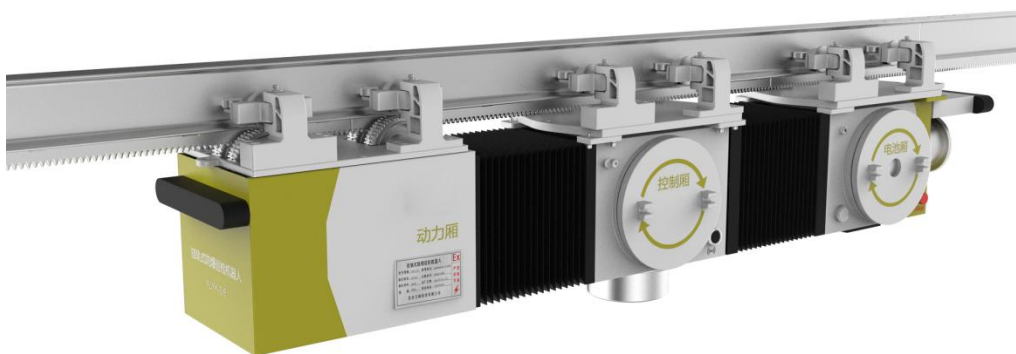
十五、模块化的挂轨式巡检机器人



巡检机器人面对的巡检环境和任务，因为企业生成任务的不同，巡检内容的不同，巡检地点的不同会有很大的差异。例如，危险环境

可能出现几十种不同的有毒有害气体或易燃易爆气体，会采集各种数量不同、位置不同、形状不同的设备的温度和影像，巡检速度的要求不同，使得很难将这些巡检传感器一次性安装在一个巡检机器人本体的壳体内，这会造成不必要的成本浪费。通过双光云台摄像机的摇动，不但难以满足巡检速度，云台这样的运动部件，也很容易损坏。而且，用户也会随着生产阶段和任务的不同，需要改变或更换传感器，一体化的巡检机器人就难以快速的更换。所以，模块化的设计就显得很有性价比和实际意义。

1. 模块化巡检机器人的组成：动力单元和电源单元组成巡检机器人的本体，气体传感器独立模块化组成巡检传感器模块系列，这些模块通过链接结构相互连接。
2. 模块化巡检机器人的优势：每一个模块可以独立工作和更换。这对于运行在危险环境中的设备非常必要，因为这样可以快速更换部件而不需要将整机运出危险界区进行维护和更换。
3. 模块化的另一个优势是参与巡检业务的传感器公司、集成商公司、数据处理公司不再需要都去研制巡检机器人，而只需要专注自己擅长的传感器开发或数据分析技术，并将这个传感器作为一个模块，挂接在本体后面，就可以被本体牵引着进入巡检现场。
4. 模块化巡检机器人的运动性能优势：模块化可以使得所有部件的重心更靠近轨道，大大减少了机器人在行走时的晃动。同时，机器人的通过性更好，小的通过截面可以穿行在更狭小的空间和通道，尤其适合管廊和运输巷道。



北京玉麟科技有限公司已经研制完成了国内外第一个模块化的防爆巡检机器人，并已经成功在化工企业承担巡检任务。

十六、挂轨式防爆巡检机器人工程实施的项目管理

挂轨式防爆巡检机器人工程实施的项目管理至关重要，以下是一些关键的实施步骤：

1. 项目立项：在项目启动阶段，需对挂轨式防爆巡检机器人的应用场景、预期效果、投资预算等进行详细的论证和评估，确保项目的可行性和合理性。
2. 设备选型与采购：根据应用场景、场景适应性、巡检距离和速度、防爆等级、巡检内容、功能定制和智能化水平等多方面因素，选择合适的挂轨式防爆巡检机器人设备。在设备采购过程中，要注重供应商的选择，确保设备的质量和售后服务。
3. 系统设计与开发：针对项目需求，进行挂轨式防爆巡检机器人的系统设计，包括硬件选型、软件开发、控制系统设计等。在此过程中，要充分考虑防爆性能、操作简便性、维护便捷性等因素。
4. 工程实施：在实际施工过程中，要严格按照相关标准和规范进行，确保设备安装、调试、验收等环节的顺利进行。同时，要注重现场安全管理和人员培训，确保施工过程中的安全。

5. 验收与调试：在工程实施完毕后，需进行严格的验收和调试工作，确保挂轨式防爆巡检机器人的各项性能指标满足设计要求，同时进行必要的设备优化和调整。
6. 运营与维护：在投入使用后，要建立完善的运营和维护制度，定期进行设备检测、维护和保养，确保挂轨式防爆巡检机器人的稳定运行和长期使用。
7. 绩效评估与优化：通过对项目运营效果的评估，总结经验教训，对挂轨式防爆巡检机器人的性能和管理方法进行持续优化，提高项目效益。
8. 持续改进与发展：充分考虑企业生产现场的变化和改造规划，选择可以模块化增减的机器人型号，避免重复采购造成的投资增加。

十七、挂轨式防爆巡检机器人的嵌入式软件系统

挂轨式防爆巡检机器人的嵌入式软件系统是机器人核心技术之一，其功能主要包括控制算法、数据处理、通信协议等。以下是对挂轨式防爆巡检机器人嵌入式软件系统的一些详细阐述：

1. 控制算法：嵌入式软件系统中的控制算法是针对机器人运动学和动力学模型设计的，用以实现机器人在各种复杂环境下的稳定运行。例如，斜坡控制、曲线跟踪控制等。这些算法需要在保证实时性的同时，具有良好的稳定性和鲁棒性。
2. 数据处理：挂轨式防爆巡检机器人需要对采集到的各类数据进行实时处理，包括图像处理、传感器数据处理等。嵌入式软件系统应具备高效的数据处理能力，以满足高精度、高速度的检测要求。此外，数据处理算法也需要具备一定的自适应性，以应对不同环境下的数据变化。

3. 通信协议：挂轨式防爆巡检机器人通常需要与其他设备或系统进行数据交换，因此，嵌入式软件系统应支持多种通信协议。
4. 系统自检与故障诊断：嵌入式软件系统应具备系统自检和故障诊断功能，以实现对机器人运行状态的实时监控。通过自检和故障诊断，机器人可以及时发现并报警潜在的故障风险，从而确保运行的安全性和稳定性。
5. 智能化与学习能力：为了提高挂轨式防爆巡检机器人的智能化水平，嵌入式软件系统应具备自主学习和优化的能力。通过不断地学习和优化，机器人可以适应不同的运行环境，提高巡检效率和准确性。
6. 软件更新与维护：为了保证嵌入式软件系统的持续优化和升级，挂轨式防爆巡检机器人应支持远程软件更新和维护功能。通过远程更新和维护，可以方便地实现软件功能的改进和 bug 修复，提高机器人的性能和稳定性。

总之，挂轨式防爆巡检机器人的嵌入式软件系统是机器人核心技术之一，其功能和性能对机器人的运行效果和安全性能具有重要影响。在设计和开发嵌入式软件系统时，需要充分考虑控制算法、数据处理、通信协议、系统自检、智能化与学习能力、人机交互界面等多方面因素，以实现高性能、高可靠性的防爆巡检机器人。同时，也要关注行业发展动态，不断探索和创新，为我国工业生产领域的安全生产提供有力支持。

十八、挂轨式防爆巡检机器人的上位机软件系统

挂轨式防爆巡检机器人的上位机软件系统是机器人控制系统的重要组成部分，它承担着对机器人运行状态监控、数据处理、人机交互等任务。以下是对挂轨式防爆巡检机器人上位机软件系统的一些详细

阐述：

1. 监控与管理：上位机软件系统应具备对机器人运行状态的实时监控功能，包括机器人位置、速度、电池状态等信息，以便操作人员随时了解机器人运行状况。同时，上位机还应具备设备管理功能，对机器人所属设备进行统一调度和管理，确保设备高效运行。
2. 数据处理与分析：挂轨式防爆巡检机器人采集到的大量数据，如图像、传感器数据等，需要在上位机软件系统中进行处理和分析。上位机软件应具备高效的数据处理能力，通过数据挖掘和分析，提取有价值的信息，为机器人运行提供指导。
3. 人机交互界面：上位机软件系统应提供直观、易操作的人机交互界面，使操作人员可以方便地监控和控制机器人的运行状态。同时，界面设计应注重用户体验，使操作人员能够在短时间内熟悉软件使用。
4. 远程控制与诊断：上位机软件系统应支持远程控制和诊断功能，通过网络实现对机器人的实时控制和故障诊断。这有助于提高机器人运行的稳定性和安全性，降低维修成本。
5. 系统集成与扩展：挂轨式防爆巡检机器人的上位机软件系统应具备良好的系统集成性，能够与其他相关系统（如生产管理系统、安防系统等）无缝对接。同时，上位机软件应具备良好的扩展性，以便后期根据需求添加新功能或升级现有功能。
6. 报表与统计：上位机软件系统应具备报表和统计功能，方便操作人员实时了解机器人运行数据，为生产管理提供依据。此外，报表和统计功能也有助于操作人员发现潜在的安全隐患，提高安全生产水平。
7. 用户权限管理：为了保证系统安全，上位机软件系统应具备用户权限管理功能。通过设置不同权限级别，确保关键数据和操作权限不被未经授权的用户访问，降低安全风险。

十九、挂轨式防爆巡检机器人与 DCS 的对接

挂轨式防爆巡检机器人与分布式控制系统（DCS）的对接对于实现智能工厂的自动化运行和管理具有重要意义。

1. 数据交互：挂轨式防爆巡检机器人通过与 DCS 之间的数据交互，可以实现机器人巡检数据与企业生产数据的集成，从而为企业生产管理提供实时、准确的数据支持。此外，机器人还可以根据 DCS 传输的指令执行相应的操作，实现对生产过程的智能调控。
2. 协同控制：挂轨式防爆巡检机器人与 DCS 之间的协同控制，可以实现生产过程中各个设备的统一调度和控制。在生产过程中，机器人可以根据 DCS 的指令进行自主导航和巡检，及时发现设备异常情况，确保生产过程的稳定运行。
3. 故障预警与应急处理：挂轨式防爆巡检机器人可以将巡检过程中发现的设备故障信息实时传输给 DCS 系统。DCS 可以根据这些信息进行故障预警，并及时启动应急处理程序，降低生产过程中的安全风险。
4. 信息可视化：通过与 DCS 的对接，挂轨式防爆巡检机器人的运行状态和巡检数据可以实时展示在 DCS 界面上，使企业管理人员能够直观地了解生产现场的运行情况，提高生产管理的效率。
5. 智能优化与调度：挂轨式防爆巡检机器人与 DCS 对接后，可以实现生产过程的智能优化与调度。通过分析机器人巡检数据，DCS 可以根据生产需求自动调整设备运行参数，实现生产过程的优化调度。
6. 安全防护：挂轨式防爆巡检机器人与 DCS 的对接可以实现生产过程的安全防护。机器人可以实时监测现场环境，发现潜在的安全隐患，并及时传输给 DCS 系统。DCS 可以根据这些信息采取相应的安全措施，确保生产过程的安全运行。

二十、挂轨式防爆巡检机器人的网络连接

挂轨式防爆巡检机器人的网络连接对于实现机器人高效运行和管理至关重要。

1. 无线网络连接：挂轨式防爆巡检机器人应具备稳定的无线网络连接，以确保机器人与上位机、DCS 等系统之间的数据传输畅通。无线网络连接可以采用 Wi-Fi、4G/5G、蓝牙、LoRa 等技术，根据实际应用场景和需求选择合适的无线网络方案。
2. 数据传输安全：挂轨式防爆巡检机器人网络连接过程中，数据传输安全至关重要。为实现数据加密传输，可以采用 SSL/TLS 等加密协议，确保数据在传输过程中不被窃取或篡改。
3. 远程访问与控制：挂轨式防爆巡检机器人的网络连接支持远程访问与控制，使操作人员能够实时监控和控制机器人的运行状态。通过远程访问，可以实现对机器人的实时监控，提高运行效率。
4. 网络诊断与维护：挂轨式防爆巡检机器人的网络连接应具备网络诊断与维护功能。通过实时监测网络状态，发现网络异常情况，并及时进行处理，确保网络连接的稳定性。
7. 适应不同环境：挂轨式防爆巡检机器人的网络连接应具备较强的环境适应性，能够在复杂环境中保持稳定的网络连接。例如，在存在电磁干扰、高温、潮湿等恶劣环境下，机器人应能正常工作。

二十一、挂轨式防爆巡检机器人的轨道设计与施工

挂轨式防爆巡检机器人的轨道设计与施工是确保机器人稳定运行和高效巡检的关键环节。

1. 轨道布局：挂轨式防爆巡检机器人的轨道布局应根据实际生产环境

和巡检需求进行设计。轨道布局应合理规划巡检路线，确保机器人能够覆盖到生产现场的各个角落，同时避免不必要的重复巡检。

2. 轨道类型：根据生产现场的特点，可以选择不同类型的轨道。例如，在平坦的地面上可以选择直线轨道，而在具有斜坡、楼梯等复杂环境的现场，可以选择曲线轨道或组合轨道。

3. 轨道材料：挂轨式防爆巡检机器人的轨道材料应具有较高的强度和耐磨性，以承受机器人的运行压力和长时间的使用。常用的轨道材料包括工字钢、槽钢、铝合金、聚氨酯等。

4. 轨道固定：轨道的固定至关重要，它直接影响到机器人的运行稳定性和安全性。轨道固定应采用可靠的固定方式，确保在运行过程中轨道不会发生移位或损坏。

5. 轨道接头处理：轨道接头处的处理关系到机器人行驶的平滑性。应采用平滑过渡的接头方式，如曲线过渡或缓冲区设计，以减少机器人行驶过程中的冲击和振动。

6. 轨道高度调整：挂轨式防爆巡检机器人的轨道高度应根据现场实际情况进行调整，以确保机器人能够在最佳范围内进行巡检。同时，轨道高度的调整也可以适应不同生产场景的需求。

7. 轨道安全防护：为确保机器人运行的安全性，轨道设计中应考虑安全防护措施。如在轨道边缘设置防护栏杆，在轨道交叉处设置警示标志，提醒现场人员注意机器人行驶。

8. 轨道施工质量验收：轨道施工完成后，应进行质量验收。验收内容包括轨道的平整度、稳定性、安全性等。验收合格后，方可投入使用。

二十二、挂轨式防爆巡检机器人在户外场景的选型

挂轨式防爆巡检机器人在户外场景的选型应充分考虑户外环境的

特殊性，以下是一些关键因素：

1. 抗恶劣环境能力：户外场景往往存在各种恶劣天气，如高温、低温、雨水、雪等。因此，挂轨式防爆巡检机器人的选型应具备较强的抗恶劣环境能力。例如，采用防水、防尘设计，确保机器人在恶劣天气下仍能正常工作。
2. 电池续航能力：户外场景的巡检范围通常较大，挂轨式防爆巡检机器人应具备较强的电池续航能力。选用高容量、低自放电的电池，并在设计中考虑节能策略，以满足户外长时间巡检的需求。
3. 爬坡能力：户外场景中，生产现场可能存在斜坡、楼梯等复杂地形。挂轨式防爆巡检机器人的选型应具备较强的爬坡能力，以确保机器人能够顺利通过这些区域进行巡检。
4. 抗干扰能力：户外场景中，电磁干扰、光照干扰等因素可能影响挂轨式防爆巡检机器人的正常工作。因此，在选型时应考虑机器人的抗干扰能力，如采用屏蔽技术、滤波技术等，降低干扰对机器人性能的影响。
5. 传感器配置：户外场景的巡检需求多样，挂轨式防爆巡检机器人应具备丰富的传感器配置。例如，搭载温度传感器、湿度传感器、气体传感器、摄像头等，以满足户外场景的各种监测需求。
6. 防水防爆性能：户外场景中，生产现场可能存在易燃易爆气体或液体物质。挂轨式防爆巡检机器人的选型应具备较强的防水防爆性能，确保机器人在这些环境下安全可靠地运行。
7. 远程监控与控制：户外场景中，气候条件可能影响现场人员的监控与控制。挂轨式防爆巡检机器人应具备强大的远程监控与控制功能，使操作人员能够在安全舒适的室内环境中对机器人进行实时监控与控制。

8. 系统兼容性与扩展性：挂轨式防爆巡检机器人在户外场景的选型应具备良好的系统兼容性与扩展性，以便与其他户外设备、系统进行无缝对接，实现数据共享与协同工作。

北京玉麟科技公司的挂轨式巡检机器人的运动执行机构可以适应户外高低温，雨雪、冰霜、风沙、油污的恶劣环境，是一种全环境适应的巡检机器人。

二十三、挂轨式防爆巡检机器人的负载能力

挂轨式防爆巡检机器人的负载能力是衡量其性能和应用范围的重要指标，是一个重要的性能指标。负载能力强的挂轨机器人，不但可以携带更多的传感器设备，还可以承担运输、消防、救援的辅助任务。以下是关于挂轨式防爆巡检机器人负载能力的一些讨论：

1. 负载能力与电机选型：挂轨式防爆巡检机器人的负载能力取决于其电机选型。选用高扭矩、高效率的电机可以提高机器人的负载能力。在设计过程中，应根据实际应用场景和需求选择合适的电机参数。
2. 结构与悬挂系统：机器人的结构与悬挂系统对其负载能力也有很大影响。合理的结构设计和优秀的悬挂系统可以有效降低机器人运行过程中的震动和冲击，从而提高负载能力。
3. 电池选型与续航能力：挂轨式防爆巡检机器人的电池选型直接关系到其负载能力。选用高容量、低自放电的电池可以提高机器人的续航能力，从而在一定程度上有利于提高负载能力。
4. 负载能力与维护成本：高负载能力的挂轨式防爆巡检机器人可能会增加维护成本。因此，在设计过程中，要在负载能力与维护成本之间找到平衡点，确保机器人具有良好的性能和经济性。

二十四、挂轨式防爆巡检机器人承担消防功能

挂轨式防爆巡检机器人可以携带多个灭火弹进行日常巡检，在险情出现的第一时间可以受控或自动启动灭火弹，及时应对险情。巡检机器人可以多次携带灭火弹进入现场，配合险情处理。

1. 灭火弹携带能力：挂轨式防爆巡检机器人可根据实际需求携带不同类型的灭火弹，如水基灭火弹、干粉灭火弹等。携带灭火弹的数量和类型取决于机器人的负载能力和灭火弹的尺寸。设计时应充分考虑这些因素，以确保机器人能够在火灾发生时迅速投入灭火作业。
2. 灭火弹投放策略：挂轨式防爆巡检机器人具备精确控制和导航定位功能，可以根据火源位置和火势大小，精确投放灭火弹。通过优化投放策略，机器人可以提高灭火效率，降低火灾损失。
3. 实时监测与数据分析：挂轨式防爆巡检机器人配备多种传感器，如摄像头、气体传感器、火焰传感器、温度传感器等。在火灾发生时，机器人可以实时监测火势发展，并通过数据分析判断最佳灭火时机和策略，为火灾扑救提供有力支持。
4. 协同作战：挂轨式防爆巡检机器人可以与其他灭火设备、系统进行协同作战，如消防水枪、灭火器等。通过数据共享和协同作业，机器人可以优化资源配置，提高整体灭火效果。
5. 防水防爆性能：挂轨式防爆巡检机器人在设计和制造过程中，要充分考虑防水防爆性能。在火灾现场，机器人需要具备稳定的运行能力，确保在恶劣环境下正常工作。
6. 人员安全：在火灾发生时，挂轨式防爆巡检机器人可以替代人工进行灭火作业，降低火灾现场人员的安全风险。机器人具备远程监控与控制功能，使操作人员能够在安全距离内进行指挥，保障人员安全。

二十五、挂轨式防爆巡检机器人的自主无线充电功能

挂轨式防爆巡检机器人的自主无线充电功能是其应用过程中的
一大亮点，这一功能使得机器人在执行任务过程中能够实现电量的自
主补充，从而大大延长了其工作时间，提高了工作效率。

1. 充电效率：挂轨式防爆巡检机器人采用无线充电技术，能够在短
时间内为机器人补充足够的电量，确保其持续稳定工作。充电效率是衡
量无线充电功能的重要指标，设计时应充分考虑充电速度、充电效率
等因素，以满足机器人长时间工作的需求。
2. 充电安全性：在无线充电过程中，挂轨式防爆巡检机器人应具备良
好的充电安全性。设计时应考虑到充电环境的复杂性，确保机器人能
够在各种恶劣条件下正常充电，同时避免因充电导致的火灾等安全隐
患。
3. 充电兼容性：挂轨式防爆巡检机器人应具备与各种无线充电设备及
系统的兼容性，以便在实际应用中能够方便地为机器人进行充电。此
外，设计时还应考虑到充电设备的扩展性，以便在未来引入新的充电
技术时能够实现平滑升级。
4. 充电策略：挂轨式防爆巡检机器人应具备智能化的充电策略，能够
根据机器人电量、任务需求等因素自动调整充电速度和充电时间，以
确保机器人能够在最佳状态下工作。
5. 充电位置规划：在实际应用中，挂轨式防爆巡检机器人需要有足够
的空间进行充电。设计时应充分考虑充电位置的规划，确保机器人能
够在执行任务过程中方便快捷地找到充电位置。机器人无线充电装置
的发射线圈和接受线圈，应该安装在轨道的两侧或上下，不影响机器
人在轨道上形成闭环行走线路，这样可以更灵活的设置机器人巡检路
径和安装多个充电位，增加机器人的实际巡检里程。
6. 远程监控与控制：挂轨式防爆巡检机器人应具备远程监控与控制功

能，使操作人员能够实时了解机器人的充电状态，并在必要时进行远程干预。这有助于保障机器人充电过程的顺利进行，提高工作效率。

7. 系统集成与扩展：挂轨式防爆巡检机器人的自主无线充电功能应与其他传感器系统功能紧密结合，实现同时为多个设备充电，大幅提升充电速度。

二十六、挂轨式防爆巡检机器人的自主巡检能力

挂轨式防爆巡检机器人的自主巡检能力是其核心功能之一，它能够在复杂环境中自主进行巡检，发现潜在的安全隐患，并及时发出警报，从而有效保障生产安全。

1. 环境感知：挂轨式防爆巡检机器人配备有多种传感器，如摄像头、气体传感器、温度传感器等，能够实时感知周围环境的变化。这使得机器人能够在巡检过程中发现异常情况，如温度过高、气体浓度异常等，并及时发出警报。
2. 路径规划：挂轨式防爆巡检机器人具备自主路径规划能力，能够在复杂环境中自主选择合适的路径进行巡检。这使得机器人能够高效地覆盖巡检区域，确保巡检的全面性和准确性。
3. 智能识别：挂轨式防爆巡检机器人搭载有先进的图像识别和数据分析技术，能够对巡检过程中收集到的数据进行智能分析。通过这一功能，机器人能够识别出潜在的安全隐患，如设备故障、火源等，并及时发出警报。
4. 实时通信：挂轨式防爆巡检机器人具备实时通信功能，能够将巡检过程中发现的安全隐患和相关数据实时传输给相关人员。这有助于快速响应和处理安全隐患，降低事故风险。
5. 自主充电：挂轨式防爆巡检机器人具备自主充电功能，能够在电量

不足时自动寻找充电设备进行充电。这使得机器人能够长时间连续工作，提高了巡检的效率和可靠性。

6. 适应性：挂轨式防爆巡检机器人具备较强的适应性，能够在各种恶劣环境下正常工作。这使得机器人能够在高温、高压、有毒等危险环境中替代人工进行巡检，保障人员安全。

7. 系统集成：挂轨式防爆巡检机器人的自主巡检能力应与其他系统功能紧密结合，实现数据共享和协同工作。这有助于构建智能化的安全生产体系，提高工业生产领域的安全生产水平。

二十七、挂轨式防爆巡检机器人的巡检传感器模块化扩展能力

挂轨式防爆巡检机器人的巡检传感器模块化扩展能力是其能够适应各种复杂环境，实现高效巡检的关键。

1. 模块化设计：挂轨式防爆巡检机器人的巡检传感器模块采用模块化设计，使得机器人能够在现有基础上轻松添加或更换不同的传感器模块。这种设计使得机器人具有较高的灵活性和扩展性，能够适应不同场景的需求。

2. 多功能传感器：挂轨式防爆巡检机器人应配备多种类型的传感器模块，如温度、湿度、气体、烟雾、声音等传感器，以实现对环境的全方位监测。通过集成多种功能传感器，机器人能够更加准确地识别和分析巡检过程中的异常情况。

3. 传感器协同工作：挂轨式防爆巡检机器人的传感器模块应能够协同工作，实现数据共享和互补。例如，在巡检过程中，摄像头和红外传感器可以相互配合，提高火源检测的准确性；气体传感器和温湿度传感器可以共同监测环境变化，预防爆炸和火灾事故。

4. 智能数据分析：挂轨式防爆巡检机器人应具备智能数据分析模块，对收集到的传感器数据进行实时处理和分析。通过先进的算法和模型，

机器人能够对传感器数据进行深度挖掘，识别出潜在的安全隐患，并发出警报。

5. 无线通信与数据传输：挂轨式防爆巡检机器人应具备稳定的无线通信模块，确保传感器数据的实时传输。设计时应考虑无线通信的速率和信号强度，以满足大量数据传输的需求。

6. 传感器模块的校准与维护：为确保传感器数据的准确性和可靠性，挂轨式防爆巡检机器人应定期对传感器模块进行校准和维护。设计时应考虑到校准与维护的便捷性，以降低运维成本。

7. 抗干扰能力：挂轨式防爆巡检机器人在传感器模块设计时，应具备一定的抗干扰能力。这有助于确保传感器数据在恶劣环境下的稳定性和准确性。

二十八、挂轨式防爆巡检机器人的数据上传实时性实现

挂轨式防爆巡检机器人的数据上传实时性实现，是保障安全生产的关键环节。

1. 高速无线通信技术：挂轨式防爆巡检机器人应采用高速无线通信技术，如 4G、5G 或专用的工业无线网络，以确保大量数据的高效传输。此外，无线通信模块应具备较强的信号强度和抗干扰能力，以应对复杂环境中的通信挑战。

2. 数据压缩与传输优化：为了提高数据上传的实时性，挂轨式防爆巡检机器人应采用数据压缩技术，对采集到的传感器数据进行压缩处理。同时，通过优化数据传输协议和调度策略，实现数据的高效传输，降低数据传输延迟。

3. 实时数据处理与分析：挂轨式防爆巡检机器人应具备实时的数据处理与分析能力，对收集到的传感器数据进行实时处理和分析。通过先

进的算法和模型，机器人能够对数据进行快速处理，及时识别出潜在的安全隐患，以确保数据的实时性。

4. 智能路由与切换：为了确保数据上传的实时性，挂轨式防爆巡检机器人应采用智能路由与切换技术。在无线通信信号弱或中断的情况下，机器人能够自动切换到备用通信链路，确保数据的连续传输。

5. 负载均衡与并发传输：挂轨式防爆巡检机器人应实现负载均衡与并发传输，通过分配不同的数据传输任务给多个通信链路，提高数据传输的并发性和实时性。

6. 系统自适应调整：挂轨式防爆巡检机器人应具备系统自适应调整能力，根据实时的网络环境和数据传输需求，自动调整数据传输速率和策略，以保证数据上传的实时性。

7. 数据安全性与隐私保护：在数据上传过程中，挂轨式防爆巡检机器人应确保数据的安全性与隐私保护。通过加密通信、权限控制等技术，防止数据在传输过程中被窃取或篡改。

二十九、挂轨式防爆巡检机器人的数据存储与分析

挂轨式防爆巡检机器人的数据存储与分析能力对其巡检效果和安全生产具有重要意义。

1. 大数据存储与管理：挂轨式防爆巡检机器人应具备大数据存储与管理能力，对收集到的传感器数据进行集中存储和管理。通过构建高效的数据存储体系，保证数据的安全性和完整性，为后续的数据分析提供基础。

2. 分布式存储与备份：为确保数据的安全，挂轨式防爆巡检机器人应采用分布式存储与备份策略，将在不同地点和时间的数据进行存储和备份。这有助于降低单点故障的风险，确保数据的可靠性和稳定性。

3. 数据预处理与清洗：挂轨式防爆巡检机器人应具备数据预处理与清洗能力，对收集到的原始数据进行处理，消除异常值和噪声，提高数据的质量。通过数据预处理和清洗，有助于提高数据分析的准确性和可靠性。
4. 数据分析与挖掘：挂轨式防爆巡检机器人应采用先进的数据分析与挖掘算法，对存储的数据进行深度分析。通过关联分析、聚类分析、预测分析等技术，挖掘数据中的有用信息，为安全生产提供有力支持。
5. 数据可视化与报告生成：挂轨式防爆巡检机器人应具备数据可视化与报告生成能力，将分析结果以直观的方式呈现给工作人员。通过数据可视化和报告，有助于快速识别潜在的安全隐患，提高巡检效果。
6. 智能预警与决策支持：挂轨式防爆巡检机器人应具备智能预警与决策支持功能，根据数据分析结果，对潜在的安全隐患进行预警，并为决策者提供有针对性的建议。这有助于提高安全生产的针对性和实时性。
7. 数据隐私保护与合规性：在数据存储与分析过程中，挂轨式防爆巡检机器人应确保数据隐私保护与合规性。通过加密技术、权限控制等手段，防止数据泄露和滥用，遵守相关法律法规。

三十、挂轨式防爆巡检机器人的核心部件

挂轨式防爆巡检机器人的核心部件是确保其高效运行和安全生产的关键。

1. 传感器模块：挂轨式防爆巡检机器人应配备多种类型的传感器，如温度传感器、压力传感器、气体传感器等。这些传感器能够实时监测环境参数，为机器人提供准确的数据支持。
2. 控制系统：控制系统是挂轨式防爆巡检机器人的核心部分，负责对

机器人的运动轨迹、传感器数据采集以及执行巡检任务等进行统一管理和调度。控制系统应具备强大的计算能力和实时性，以满足复杂环境下的巡检需求。

3. 动力系统模块：动力系统为挂轨式防爆巡检机器人提供运动动力，确保机器人在复杂地形和环境下稳定运行。动力系统应具备较高的可靠性和续航能力，以满足长时间的巡检需求。

4. 无线通信模块：无线通信模块负责实现机器人与基站或其他设备之间的数据传输。挂轨式防爆巡检机器人应采用高速、稳定的无线通信技术，如 4G、5G 或专用的工业无线网络，以确保大量数据的高效传输。

5. 电池组模块：电池组为挂轨式防爆巡检机器人提供电源，确保其在无外接电源的情况下正常运行。电池组应具备高容量、长寿命和良好的安全性能，以满足巡检任务的需求。

6. 防爆装置：挂轨式防爆巡检机器人应配备防爆装置，以应对潜在的爆炸危险。防爆装置应具备较高的安全性能和可靠性，确保机器人在爆炸环境下正常运行。

7. 智能算法与人工智能模块：智能算法与人工智能模块负责对收集到的传感器数据进行处理和分析，以实现智能预警和决策支持。通过先进的算法和模型，机器人能够对数据进行快速处理，及时识别出潜在的安全隐患。

8. 机器视觉模块：机器视觉模块负责对巡检环境进行实时监测和分析，以便机器人能够自主避障、识别目标物体等。机器视觉模块应具备较高的识别准确率和实时性。

三十一、挂轨式防爆巡检机器人的必要性能指标

系统一般由防爆机器人本体、机器人运行轨道（或称轨道系统）、

防爆充电装置（或称充电系统）、防爆通信模块（或称通信系统）、机器人管控平台（或称机器人监控系统）和中控平台（或称服务器系统）组成。整机设计满足 IP65 防水防尘等级、Ex d IIC T4 Gb 防爆等级（煤矿井下需满足 MA 认证），确保智能防爆机器人在各种复杂环境下长期稳定运行。所有部件和元器件均选用宽温度范围的工业级产品，工作环境温度范围可达-20℃~+60℃，工作和存储环境相对湿度范围可达 5%~95%（无冷凝水）。能够在炎热或寒冷的环境下正常工作和长期储藏。

1. 防爆机器人本体基本性能指标：

项目	性能指标
外形尺寸	空间通过性指标，以可以通过的截面越小越好
本体整备质量	本体质量应尽可能小
防护等级	IP65 以上
防爆等级	Ex d IIC T4 Gb 以上
整机工作环境温度	-20℃ - +60℃
储存环境温度	-30℃ - +70℃
工作环境相对湿度	5% - 95%
电池容量	6Ah-18Ah 或多个电池组
充电时间	1 小时充电可以完成 1000 米巡检里程
充电方式	无线防爆充电
续航时间	大于 2 小时
短时耐高温能力	1min, 200 °C
行走方式	轨道行走
行走速度	0~0.5m/s 可调
重复定位精度	≤10mm
行走安全	前后避障
转弯半径	小于 1000mm

爬坡能力	大于 45° 斜坡连续行走大于 50 米
满电续航里程	大于 3000 米
刹车距离	500mm
通信系统	无线 WIFI 通信/5G
通讯速率	1000Mbps
负载能力	35° -75° 爬坡时负载能力达到 50KG 以上
环境适应性能	可在轨道存在结冰、雨雪、油泥、沙尘的情况下正常行走
动力执行机构寿命	摩擦胶轮或齿轮寿命大于 400000 米
轨道使用寿命	大于 3 年
运输性能	可加挂传感器、工具箱或灭火弹模块
防腐蚀功能	高防强氧化腐蚀，及氧化还原腐蚀，涂层致密，防酸碱物质渗透；耐冲刷耐磨耐湿热，耐温变性优异。

2. 防爆机器人携带的传感器性能指标：

原则上结合巡检机器人的巡检任务选配对应的防爆型传感器。这些传感器对于巡检机器人研制厂家都是采购第三方的成熟产品集成到机器人本体上，可选择范围非常大。根据巡检速度，精度，巡检内容的不同，选配不同的传感器产品。

采用模块化设计的巡检机器人能够更加灵活的配置这些传感器。这些传感器主要包括各种气体传感器、各种热像仪，各种可见光摄像机、烟雾传感器、火焰传感器、温湿度传感器、远距离激光气体传感器、超声波传感器、光电传感器、定位传感器、触碰传感器、震动传感器、姿态陀螺仪、图像拼接摄像机、拾音器、扬声器、遥控云台等等。

三十二、挂轨式防爆巡检机器人的操作步骤

挂轨式防爆巡检机器人的操作步骤分为以下几个阶段：

1. 准备工作：在开始巡检任务前，操作人员需要对挂轨式防爆巡检机器人进行开机自检，确保各项设备运行正常。此外，操作人员还需了解巡检路线、巡检点及相关安全规定，为后续的巡检任务做好准备。
2. 启动巡检：操作人员通过控制系统启动挂轨式防爆巡检机器人，机器人开始按照预设的巡检路线和巡检点进行巡检。在巡检过程中，机器人会实时采集环境数据，如温度、压力、气体浓度等，并进行初步的数据分析。
3. 巡检路径，巡检速度，巡检次数设定：根据巡检区域的实际情况，操作人员需设定巡检路径、巡检速度和巡检次数。合理的路径规划和巡检频率可以确保机器人高效地覆盖巡检区域，及时发现潜在的安全隐患。
4. 实时监控与调度：在巡检过程中，操作人员通过控制系统实时监控机器人的运行状态和巡检数据。如有异常情况，操作人员可根据实际情况对机器人进行远程调度，确保巡检任务的顺利进行。
5. 数据上传与分析：巡检机器人将采集到的数据上传至基站，并进行初步的数据预处理。基站对数据进行汇总、分析和存储，为后续的智能预警和决策支持提供基础。
6. 智能预警与决策支持：根据数据分析结果，机器人可实时发出预警信号，提醒操作人员关注潜在的安全隐患。同时，机器人还可为决策者提供有针对性的建议，以提高安全生产的针对性和实时性。
7. 巡检结果报告与评估：在巡检任务结束后，机器人自动生成巡检报告，包括巡检过程中发现的问题、安全隐患及处理建议等。操作人员根据报告对巡检结果进行评估，并根据需要调整后续的巡检策略。
8. 异常预警与报告生成：当分析结果显示存在潜在安全隐患时，系统会自动发出预警信号，并生成相关报告。操作人员可通过数据可视化

界面查看预警信息和报告，以便及时采取措施消除安全隐患。

9. 关闭系统：完成巡检任务后，操作人员需关闭挂轨式防爆巡检机器人及其相关系统，以确保设备安全和节约能源。

三十三、挂轨式防爆巡检机器人的操作培训主要包括以下几个方面

1. 理论培训：操作人员需要了解挂轨式防爆巡检机器人的工作原理、性能指标、操作规程等，以确保正确操作设备。
2. 操作实践：操作人员在导师的指导下进行实际操作练习，学会启动、停止和控制机器人，以及处理突发情况和故障。
3. 数据分析与应用：操作人员需掌握数据分析的基本方法，如预处理、清洗、可视化等，并能根据分析结果识别安全隐患，为决策提供支持。
4. 故障排除与维护：操作人员需学会诊断和排除机器人故障，了解机器人的维护保养方法，确保设备正常运行。
5. 安全培训：操作人员需要了解安全生产相关规定，掌握防爆知识和技能，增强安全意识，确保自己和他人的人身安全。

通过以上操作培训，操作人员可以熟练掌握挂轨式防爆巡检机器人的操作方法，为工业生产领域的安全生产提供有力支持。同时，操作人员应不断学习新知识、新技术，提高自身技能水平，以适应行业发展需求。

三十四、挂轨式防爆巡检机器人的操作注意事项

在操作挂轨式防爆巡检机器人时，需要注意以下几点：

1. 确保操作环境安全：操作人员需确保巡检环境符合机器人作业要求，避免在有障碍物、液体或粉末等易引发机器人故障的场所进行操作。
2. 遵守操作规程：操作人员需严格按照操作规程进行操作，避免因误操作导致的设备损坏或安全事故。

3. 监控机器人运行状态：在巡检过程中，操作人员需密切关注机器人的运行状态，如电池电量、传感器数据等，确保机器人正常工作。
4. 防止机器人跌落：操作人员需确保机器人所在轨道的平整度和稳定性，避免机器人因轨道问题而跌落，造成设备损坏或人身伤害。
5. 保持设备清洁：操作人员需定期对机器人进行清洁和保养，确保机器人各部件的正常运行。
6. 确保无线通信稳定：操作人员需确保基站与机器人之间的无线通信稳定，避免因通信问题导致的巡检数据丢失或操作失误。
7. 储存和处理数据的安全性：操作人员需确保基站或云端平台的数据储存和处理安全，防止数据泄露或被恶意攻击。
8. 定期检查和维护：操作人员需定期对机器人及其相关系统进行检查和维护，确保设备的性能和可靠性。
9. 妥善保管设备：操作人员需在非工作期间将机器人及其相关设备妥善保管，防止设备丢失或损坏。
10. 关注操作人员安全：操作人员在操作过程中需注意自身安全，佩戴防护装备，遵守安全生产规定。

通过遵守以上操作注意事项，操作人员可以确保挂轨式防爆巡检机器人安全、高效地运行。同时，操作人员应不断提升自身安全意识和管理水平，适应行业发展需求。

三十五、挂轨式防爆巡检机器人的维护

1. 定期巡检：操作人员需按照维护计划对挂轨式防爆巡检机器人进行定期巡检。这包括检查机器人的外观、各部件运行状况、电池电量等，确保机器人处于良好状态。
2. 深度清洁：定期对机器人进行深度清洁，清除机器人表面的灰尘和污垢，确保机器人运行顺畅。同时，清洁机器人内部的传感器和设备，

以保证传感器的准确性。

3. 润滑保养：对机器人的传动部件进行定期润滑，以延长部件使用寿命，保证机器人运行平稳。

4. 软件更新：定期检查并更新机器人的软件版本，以确保机器人能够适应最新的工作环境和任务需求。

5. 硬件检修：对机器人损坏或磨损严重的部件进行更换或修理，保证机器人的正常运行。

6. 电池维护：定期检查机器人电池的性能，如发现电池性能下降，需及时更换电池，确保机器人有足够的续航能力。

7. 数据备份：定期对上位机或云端平台的数据进行备份，防止数据丢失或损坏。

8. 安全检查：定期对机器人进行安全检查，确保机器人的防爆性能符合要求，防止因设备故障引发安全事故。

9. 培训与演练：定期组织操作人员参加培训和演练，提高操作人员对机器人的操作技能和安全意识。

10. 评估与优化：定期对机器人的运行效果进行评估，根据评估结果优化巡检策略和维护计划，以提高机器人的工作效率。

三十六、挂轨式防爆巡检机器人常见的故障类型及解决方案

1. 机器人无法启动或运行缓慢：可能原因是电池电量不足、电机故障、轨道不平整等。解决方案是检查电池电量，更换电池或充电；检查电机运行情况，如有异常需更换；检查轨道平整度，如有异物或损坏需及时清理和维修。

2. 机器人运行中突然停止：可能原因是传感器故障、电池电量不足、电机故障等。解决方案是检查传感器工作情况，如有异常需更换；检

查电池电量，如不足需充电；检查电机运行情况，如有异常需更换。

3. 机器人无法正常转向或行驶：可能原因是控制模块故障、电机故障、轨道损坏等。解决方案是检查控制模块工作情况，如有异常需更换；检查电机运行情况，如有异常需更换；检查轨道损坏情况，如有异常需维修。

4. 机器人巡检数据异常：可能原因是传感器故障、数据传输故障、环境因素等。解决方案是检查传感器工作情况，如有异常需更换；检查数据传输线路，如有异常需修复；分析环境因素，如光线、温度等，调整巡检时间或路线。

5. 机器人防爆性能下降：可能原因是防爆部件磨损、损坏或不清洁。解决方案是定期检查和更换防爆部件，如磨损或损坏严重需及时更换；保持防爆部件清洁，定期进行清洁保养。

6. 无线通信不稳定：可能原因是基站或机器人信号接收器故障、信号干扰等。解决方案是检查基站和机器人信号接收器工作情况，如有异常需修复或更换；分析干扰原因，如电磁波、其他无线设备等，采取相应措施减少干扰。

7. 机器人系统崩溃或死机：可能原因是软件故障、硬件故障、内存不足等。解决方案是检查软件版本，如有异常需更新；检查硬件运行情况，如有异常需更换；定期清理机器人系统缓存，保持系统运行顺畅。

三十七、挂轨式防爆巡检机器人的研发和生产成本

挂轨式防爆巡检机器人的研发和生产成本主要是因为以下几个方面的原因：

1. 高端技术研发：挂轨式防爆巡检机器人采用了先进的机器人技术、无线通信技术、传感器技术等，这些技术的研发和应用需要较高的成

本投入。

2. 防爆性能要求：为确保机器人在易燃易爆环境中的安全性能，挂轨式防爆巡检机器人需要采用特殊的材料和设计，如防爆电池、防爆电机、防爆充电模块、防爆传感器等，这些部件的价格相对较高。

3. 高质量零部件：为了保证机器人的稳定运行和长寿命，挂轨式防爆巡检机器人采用了高品质的零部件，如精密减速器、高性能传感器等，这些零部件的价格也相对较高。

4. 定制化生产：由于不同企业和场景的需求不同，挂轨式防爆巡检机器人需要进行定制化生产，根据客户需求进行特殊设计和制造，这也增加了生产成本。

5. 严格的安全监管：在生产和研发过程中，企业需要遵守严格的安全生产规定和质量管理体系，确保产品的安全性能和质量，这也会增加一定的成本。

6. 随着技术的不断发展和市场需求的逐渐扩大，成本有望逐步降低。同时，机器人带来的安全生产保障和效率提升，使其在工业生产领域具有较高的投资回报率和性价比。因此，挂轨式防爆巡检机器人得到了越来越多企业和场景的青睐，市场前景广阔。

为了降低成本和提高竞争力，挂轨式防爆巡检机器人的研发和生产商可以从以下几个方面着手：

1. 技术创新：不断研发新技术，提高机器人的性能和稳定性，降低故障率和维护成本。

2. 供应链管理：优化供应链，寻找优质供应商，降低零部件采购成本。

3. 生产工艺优化：改进生产工艺，提高生产效率，降低生产成本。

4. 模块化设计：实现机器人模块化设计，提高生产批次，降低定制化生产的成本。

5. 自动化生产线：建立自动化生产线，提高生产效率，降低人力成本。

三十八、挂轨式防爆巡检机器人的未来形态

挂轨式防爆巡检机器人的未来形态将会更加智能化、高效化和人性化。以下几个方面可以展望挂轨式防爆巡检机器人的未来发展：

1. 高度智能化：随着人工智能技术的不断发展，未来的挂轨式防爆巡检机器人将具备更强大的自主学习和决策能力。通过深度学习和大数据分析，机器人可以对巡检过程中遇到的问题进行自主判断和处理，提高巡检效率和准确性。
2. 高度集成化：未来挂轨式防爆巡检机器人将采用更小型、更轻便的设计，更加功能模块。这将使机器人具备更广泛的应用场景，如巡检管道、仓库、化工厂等不同环境。
3. 更强续航能力：随着电池技术的进步，未来挂轨式防爆巡检机器人将拥有更长的续航时间，满足更长时间段的巡检需求。此外，机器人还可以通过无线充电技术实现边充电边工作，进一步提高工作效率。
4. 人性化设计：未来的挂轨式防爆巡检机器人将更加注重人性化设计，如操作界面简洁易用，支持语音识别和控制等功能。同时，机器人还可以通过人脸识别、红外测温等技术，实现维修人员伴随功能。
5. 更强协同能力：挂轨式防爆巡检机器人将与其他智能设备实现更强协同，如无人机、智能穿戴设备等。通过这种方式，机器人可以与其他设备共享数据，实现多角度、多领域的巡检，提高巡检的全面性和准确性。
6. 安全性能提升：未来挂轨式防爆巡检机器人在保证防爆性能的基础上，还将进一步提升安全性能，如具备防摔、防水、防撞等功能，确保在恶劣环境下稳定运行。

7. 定制化服务：随着市场需求的变化，挂轨式防爆巡检机器人将提供更丰富的定制化服务，满足不同场景的特殊需求。例如，为高温、高压、高噪音等特殊环境定制特殊型号的机器人。

三十九、挂轨式防爆巡检机器人会不会被人形机器人替代

在某种程度上，挂轨式防爆巡检机器人和人形机器人具有一定的替代性，但由于它们各自的特点和应用场景不同，完全替代的可能性较小。以下是一些关于这两种机器人替代性的分析：

1. 功能和性能：挂轨式防爆巡检机器人与人形机器人虽然在一定程度上具有相似的功能，如自主巡检、数据采集等，但挂轨式机器人更擅长在固定轨道上进行巡检，而人形机器人则具有更强的灵活性和适应性。因此，在特定场景下，人形机器人可以替代挂轨式机器人完成一些复杂任务，但在某些特定环境下，挂轨式机器人可能更具有优势。
2. 成本和可靠性：挂轨式防爆巡检机器人的研发和生产成本较高，但由于其结构和功能的特殊性，它在特定场景下的可靠性较高。相比之下，人形机器人的研发成本也较高，且在某些环境下可能存在故障率和维护成本较高的问题。因此，在考虑成本和可靠性方面，两种机器人各有优劣，替代性有限。
3. 安全和监管：挂轨式防爆巡检机器人具有严格的安全生产规定和质量管理体系，确保在易燃易爆环境中的安全性能。人形机器人目前尚无法完全满足防爆要求。因此，在高风险和安全敏感场景下，挂轨式机器人具有明显的优势，不易被人形机器人替代。
4. 市场需求：随着科技的发展和市场需求的变化，挂轨式防爆巡检机器人和人形机器人都在不断优化性能和功能。未来，它们将各自适应不同的市场需求，发挥各自的优势。在一定程度上，人形机器人可能

会替代挂轨式机器人在一些特定场景，但同时，挂轨式机器人也在不断升级，以满足新的市场需求。

综上所述，虽然挂轨式防爆巡检机器人和人形机器人在某些方面具有替代性，但由于它们各自的特点和应用场景不同，完全替代的可能性较小。在未来，这两种机器人将共同发展，满足不同场景的需求。企业应根据自身需求和预算，选择合适的机器人解决方案。同时，随着技术的不断创新，我们有理由相信，未来的挂轨式防爆巡检机器人和人形机器人将为我们带来更多便利和安全保障。

四十、挂轨式防爆巡检机器人的主要研制厂家

目前，国内生产挂轨式防爆巡检机器人的厂家比较多，其中比较知名的有中信重工、山西戴德、七腾科技、北京玉麟科技等。这些厂家在挂轨式防爆巡检机器人的研发、生产和销售方面都有一定的实力和经验，并且拥有自己的技术专利和知识产权。

北京玉麟科技是一家总部在北京的挂轨式防爆巡检机器人和特种机器人研制企业，他们的挂轨式巡检机器人第一个实现了垂直爬升和模块化设计，结构简单，性能优异，性价比非常高，为用户提供了灵活的选择方案，为集成商提供了可扩展巡检机器人本体。

除了以上这些厂家之外，还有一些其他的厂家也生产挂轨式防爆巡检机器人，但各厂家的产品特点 and 优势略有不同，用户可以根据实际需求选择适合自己的产品。

附件一

山东省人民政府安全生产委员会关于印发《山东省化工行业 安全生产整治提升专项行动总体工作方案》的通知 鲁安发〔2023〕13号

各市人民政府，省政府安委会有关成员单位：

《山东省化工行业安全生产整治提升专项行动总体工作方案》已经省委、省政府同意，现印发给你们，请结合实际认真贯彻落实。

山东省人民政府安全生产委员会
2023年6月27日

山东省化工行业安全生产整治提升 专项行动总体工作方案

为深刻吸取近年来国内外化工和危险化学品事故特别是中化集团聊城鲁西双氧水新材料科技有限公司“5·1”重大爆炸着火事故教训，有效防范化解危险化学品领域重大安全风险，切实保障人民群众生命财产安全和社会稳定，根据国务院安委会办公室指导意见和省委、省政府工作要求，省政府安委会将于2025年6月底前，在全省开展化工行业安全生产整治提升专项行动，现制定工作方案如下。

一、总体目标和要求

- （一）总体目标。深入学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，全面贯彻党的二十大精神，认真落实习近平总书记关于安全生产的重要论述和对山东工作重要指示要求，坚持人民至上、生命至上，更好统筹发展和安全，强化底线思维和红线意识，坚持问题导向、目标导向、结果导向，坚持远近结合、标本兼治、系统治理，真正实现从根本上消除隐患、从根本上解决问题、从根本上遏制事故，全面提升化工行业全生命周期本质安全水平，加快推进安全生产治理体系和治理能力现代化，为全省经济社会高质量发展提供坚强保障。
- （二）总体要求。贯彻落实省委、省政府安全生产“八抓20条”创新措施，实施化工行业安全生产精准治理，着力破解瓶颈性、根源性、本质性问题，力争通过2年努力，健全完善化工行业安全生产“五大体系”，重特大事故有效遏制，整体形势持续稳定，安全保障更加有力。

——健全完善风险防控体系。以更有力更精准更科学的举措，覆盖所有化工园区和化工企业，开展工艺技术、设备设施、从业人员、安全管理和外部环境的全方位、全过程安全风险排查治理，实现各类风险可防可控，安全生产风险防控能力大幅提升。

——健全完善排查整治体系。聚焦可能导致群死群伤的设施设备故障、非法违规行为、安全管理缺陷等重大事故隐患，全面摸清并动态掌握隐患底数，实施标准化、规范化排查整治，发现问题解决问题的意愿和能力水平显著提升，重大事故隐患“动态清零”。

——健全完善监管执法体系。围绕安全风险防控和事故预防，创新监管执法手段，实施分级分类管理和常态化驻点监督，健全完善安全生产行政许可、监管执法、教育培训和应急救援等全链条协同机制，推动安全生产政策措施有效落实，安全监管执法效能显著提高。

——健全完善源头治理体系。严把“准入关”控制增量，严把“转型关”优化总量，延长“产业链”减少危险物质存量，淘汰一批不具备安全生产条件企业，改造提升一批危险化工工艺企业，发展壮大一批高端、智能化工企业，以新安全格局保障新发展格局。

——健全完善责任落实体系。建立领导干部包保责任制，实行网格化管理，推动地方党委、政府和部门安全生产责任落实。推进企业开展岗位责任制检查，狠抓“基层、基础、基本功”和“劳动纪律、操作纪律、工艺纪律”，打通责任落实的“最后一公里”。

二、深化实施八大工程

（一）深化实施重大安全风险防控工程。

1. 重大危险源安全风险防控。完善重大危险源“消地协作”督导检查工作机制，组织各级应急部门和消防救援机构，依据《危险化学品重大危险源企业安全专项检查细则（试行）》，每年上、下半年各开展一次联合督导检查，推动企业落实好重大危险源安全包保责任制。用好全省危险化学品安全生产风险监测预警系统，强化线上巡查监管措施，精准防控安全风险。（省应急厅、省消防救援总队按职责分工负责）

2. 高危细分领域安全风险防控。依据国家和省有关高危细分领域的安全风险管控指南，对全省硝酸铵、硝基复合肥生产企业和硝化企业，液氯、氯乙烯和过氧化（包括双氧水）企业，苯乙烯、丁二烯、重氮化、光气、氟化、有机硅多晶硅、环氧乙烷、环氧丙烷等企业，每年组织开展一次由企业主要负责人组织、全员参与的安全风险隐患对标自查自改，组织高水平专家队伍或委托第三方安全技术服务机构开展诊断检查和专家指导服务，形成问题隐患清单和整改台账，督促企业彻底整改、市县跟进执法。（省政府安委会办公室牵头，省政府安委会有关成员单位按职责分工负责）

3. 老旧装置安全风险防控。依据《危险化学品生产使用企业老旧装置安全风险评估指南（试行）》，开展老旧装置安全风险评估，实施分类整治，制定落实“一装置一策”整治方案，加强安全运行监控，分步完成老旧消防设施改造。对运行不稳定、存在重大隐患的老旧装置，该关停的要坚决关停。2023 年年底前，建立长周期安全运行的技术保障体系。（省应急厅牵头，省工业和信息化厅、省住房城乡建设厅、省市场监管局、省消防救援总队按职责分工负责）

4. 油气储存安全风险防控。组织大型油气储存基地按照《油气储存企业安全风险评估细则（试行）》开展对标自评，2023 年 11 月底前，有效应用气体检测、紧急切断、视频监控、雷电预警“四个系统”，对企业自评情况进行监督抽查。开展中小油气储存企业专家指导服务，推动企业全面配备应用气体检测、紧急切断、视频监控“三个系统”。深化重点化学品储罐集中连片区专项整治，持续开展“打非治违”，依法从严查处非法储存、超范围经营危险化学品行为。（省应急厅、省交通运输厅按职责分工负责）

5. 液化烃储罐区安全风险防控。依据《化工企业液化烃储罐区安全风险排查指南（试行）》，2023 年 10 月底前，组织开展液化烃储罐区安全风险专项治理，全面排查、评估分级、分类管控，有效防控安全风险。突出现存投用时间长、深度评估为高和较高安全风险等级的液化烃储罐区，开展专家指导服务，核查推动企业“一罐区一策”整治提升。（省应急厅负责）

（二）深化实施重大事故隐患整治工程。

6. 重大事故隐患排查整治。按照《全省重大事故隐患专项排查整治 2023 行动实施方案》，2023 年年底前，督促企业主要负责人依据《化工和危险化学品生产经营单位重大生产安全事故隐患判定标准（试行）》等组织自查自改，形成重大事故隐患清单和整改台账，落实闭环管理措施。省市县有关部门聘请高水平专家开展帮扶式、诊断式检查，严格精准监管执法，推动企业将安全风险辨识不全或不准、管控措施缺失或不落实等，参照重大事故隐患进行整治。（省政府安委会办公室牵头，省政府安委会有关成员单位按职责分工负责）

7. 高危作业场所人员数量限制。将高危作业场所超过 10 人（含 10 人）的，参照重大事故隐患进行整治。因参观学习、安全检查等原因需要进入生产区域的，必须严格控制现场人数。对涉及易燃易爆、剧毒物料的运行装置进行检维修作业时，作业风险区域原则上不超过 6 人。建好用好人员自动定位、智能视频监控等信息化系统，强化现场作业人员管控，及时预警处理。（省政府安委会办公室牵头，省政府安委会有关成员单位按职责分工负责）

8. 特殊作业安全专项治理。依据《危险化学品企业特殊作业安全规范》（GB 30871-2022），全面排查整治动火、受限空间等特殊作业安全风险。组织编制特殊作业安全风险管控指南和清单，深入开展安全培训教育。指导企业排查确定低概率、高风险的堵漏、清罐、切水、非计划检维修等作业清单，参照特殊作业进

行管理。重大活动和节日期间，暂停动火等特殊作业，确需作业的严格升级管理。2023年10月底前，健全完善特殊作业信息化审批和全过程视频监控系统，高效精准管控安全风险。（省政府安委会办公室牵头，省政府安委会有关成员单位按职责分工负责）

9. 装置设备带“病”运行排查整治。突出涉及易燃易爆、剧毒物料的装置设备管线，以打“卡子”等带“病”运行安全隐患为重点，按照全面排查评估、分类施策的要求，深入排查整治，完善防控措施，及时根治隐患。深入开展泄漏危险源辨识与风险评估，严格设备设施管理，提高危险化学品泄漏管理水平。（省政府安委会办公室牵头，省政府安委会有关成员单位按职责分工负责）

10. 环保设施安全隐患排查整治。认真落实《国务院安委会办公室、生态环境部、应急管理部关于进一步加强环保设备设施安全生产工作的通知》，有关部门将环保设备设施安全作为行业领域安全工作的重要内容，切实承担起安全监督管理和指导责任，对已完成的环保改造项目认真开展安全风险辨识评估和隐患排查，及时消除事故隐患。督促企业对环保设施和项目开展安全风险评估和隐患排查治理，在选用污染防治技术时要充分考虑安全因素，实施环保改造时要认真开展风险评估、做好变更安全管理。（省生态环境厅、省应急厅及有关行业主管部门按职责分工负责）

（三）深化实施化工产业安全发展格局重塑工程。

11. 进一步深化安全生产源头治理。依据有关法律、法规、规章、标准和《危险化学品生产建设项目安全风险防控指南（试行）》，对标国际国内先进水平，明确安全生产条件，提高安全准入门槛。严格化工建设项目安全审批，严格限制新建剧毒化学品项目，从严审批涉及一二类急性毒性气体的和涉及硝化、氯化、氟化、重氮化、过氧化工艺的以及生产硝酸铵、硝基胍、氯酸铵、氯酸钾、氯酸钠等高风险的建设项目，对不符合安全生产条件的新建项目不予安全生产许可，对不符合产业政策规定的新建项目不予核准。（省发展改革委、省工业和信息化厅、省应急厅、省市场监管局等按职责分工负责）

12. 依法依规淘汰不具备安全生产条件的企业。学习借鉴先进省份提升本质安全水平、优化区域布局、压减低端产能的经验做法，进一步完善化工产业规划。（省工业和信息化厅牵头，省发展改革委、省自然资源厅、省生态环境厅、省应急厅等按职责分工负责）制定淘汰落后化工技术和装备目录，分期分批淘汰一批安全管理水平低下、工艺技术落后、不符合规划要求的企业，停产整顿一批风险隐患突出、人员素质较差的企业。（省应急厅牵头，省发展改革委、省工业和信息化厅、省自然资源厅、省生态环境厅等按职责分工负责）

13. 推动人口密集区化工企业退出。加快推进城镇人口密集区危险化学品生产企业搬迁改造，2025年6月底前完成6家大型企业搬迁改造任务。（省工业和信息化厅牵头，省发展改革委、省生态环境厅、省应急厅等按职责分工负责）

在城市主城区、居民集中区等区域内，与周边居民区和重要公用建筑设施防火间距、安全距离、卫生防护距离等不符合相关国家标准、行业标准规定的，不符合区域主体功能定位、安全环保不达标的化工企业，限期搬迁、转产或关闭退出。（省应急厅牵头，省发展改革委、省工业和信息化厅、省生态环境厅等按职责分工负责）

14. 推动化工企业兼并整合重组。鼓励有条件、有实力、管理能力强的化工企业对产业链上下游企业进行整合重组，支持完善产业链条；鼓励产品单一、规模较小的精细化工产品生产企业之间以产业链为纽带兼并重组，集约化生产、规模化经营。（省工业和信息化厅牵头，省发展改革委、省应急厅等按职责分工负责）

15. 加快发展高端化工产业。坚持高端发展，对标国内外先进化工园区和产业集群，积极培育特色优势产业，拉长产业链条，减少链条终端危险物质存量，避免同质竞争和低端重复建设。大力发展化工新材料和精细化学品，加强高品质绿色低碳材料研发应用，加快淘汰落后技术和产能，推进化工产品向功能化、高附加值化发展，推动化工企业向专业化、精细化发展。（省发展改革委、省工业和信息化厅等按职责分工负责）

（四）深化实施化工园区整治提升工程。

16. 加快推进化工园区安全整治提升。全省 84 个化工园区对照《化工园区安全风险评估表》《化工园区安全整治提升“十有两禁”释义》，进一步自评自改、整治提升，压实安全监管责任。2023 年年底，50% 以上的园区率先达到较低安全风险等级，化工（危险化学品）企业数量 15 家以上或重大危险源数量 20 个以上的园区率先完成封闭化管理和智能化管控平台建设；2024 年 5 月底前，化工园区全部建成安全风险智能化管控平台；2025 年 6 月底前，对安全整治提升仍不满足要求的化工园区，提请省政府取消化工园区认定资格。（省应急厅、省工业和信息化厅按职责分工负责）

17. 加快推动化工企业进区入园。研究制定化工园区外化工企业进区入园指导意见，园区外原则上禁止新建、扩建、改建化工生产项目。摸清园区外化工企业产品、技术、装备现状，实施分类精准引导，优化存量结构，结合企业发展需求，有序推动企业搬迁入园，2025 年 6 月底前，全省化工企业入园率达到 45% 以上。规范沿黄化工企业发展，推动沿黄河干流和主要支流 1 公里范围内化工企业迁入化工园区。（省工业和信息化厅牵头，省发展改革委、省生态环境厅、省应急厅等按职责分工负责）

18. 实施化工园区重大风险防控项目。依据应急管理部、财政部《重点化工产业聚集区重大安全风险防控工作总体方案》，推进化工园区重大风险防控项目建设，重点支持安全风险智能化管控平台建设、易燃易爆有毒有害气体泄漏监测

管控设备配备、危险化学品安全预防控体系建设、化工园区实训基地建设等，加快提升化工园区整体安全风险管控能力。（省应急厅负责）

（五）深化实施化工企业本质安全改造工程。

19. 加快推进“机械化换人、自动化减人、智能化无人”。按照《全省危险化学品安全生产“机械化换人、自动化减人”工作方案》，2024年6月底前，分行业、分操作单元编制细化改造指南，开展系统培训，举办一系列现场观摩会，发挥典型示范引领作用，推动全省化工企业提高机械化、自动化、智能化水平。采用智能机器人巡检、智能视频监控、在线检测监控等先进技术装备，最大限度减少现场巡检人员，加快实现高危作业场所的无人化巡检操作。（省应急厅、省工业和信息化厅按职责分工负责）

20. 加快推广应用先进技术装备。在全省化工企业推广应用精细化工连续流微反应器、自动灌装和紧急切断系统、大型设备远程诊断监测系统等先进安全技术装备。2023年年底全省29家硝化企业中一半以上应用微通道、管式反应器等先进技术，2024年年底实现全覆盖，对具有爆炸风险的装置实现无人化操作，精细化工企业“四个清零”彻底销号，危险化学品生产、储存企业全部实现特殊作业许可与作业过程管理、人员定位等“工业互联网+危化安全生产”场景应用。（省工业和信息化厅、省应急厅等按职责分工负责）

（六）深化实施化工安全智慧赋能工程。

21. 建设应用山东省危险化学品安全生产风险数字化管控系统。对全省危险化学品安全生产风险监测预警系统功能和基础设施进行升级改造，新增接入企业双重预防机制数字化管控、特殊作业全过程信息化管理和视频监控、人员自动定位、智能视频监控、加油站智能视频监控等信息数据，建立企业安全风险分级管控和动态监测预警常态化机制，2023年年底，实现省、市、县、园区与企业上下贯通、联网管控。（省应急厅负责）

22. 拓展应用新一代信息化技术。2023年年底，制定全省工作方案，推广应用工艺生产报警优化管理、自动化过程控制优化、设备完整性管理与预测性维修、安全教育培训管理、承包商管理等“工业互联网+危化安全生产”信息化系统，进一步推动化工企业数字化转型、智能化升级。（省应急厅负责）

23. 深化“工业互联网+危化安全生产”试点。在全省现有10家企业和3家化工园区开展试点建设的基础上，扩大试点企业和园区范围，打造一批应用场景、工业APP和工业机理模型，建设一批应用示范工程，引领全省化工企业提升信息化智能化管控水平。（省应急厅负责）

（七）深化实施安全监管效能提升工程。

24. 健全分级分类监管机制。制定实施山东省化工企业安全风险分级分类监管办法，将企业区分“红、橙、黄、蓝”四级安全风险，实行动态评估分级，按照“夯实巩固蓝色、规范提升黄色、帮扶管控橙色、整治淘汰红色”的原则实施

差异化、精细化分类监管，对“红”色等级企业依法责令停产停业整顿，对“橙”色等级企业每半年至少进行1次全面执法检查，并派员进行指导帮扶，对“黄、蓝”色等级企业实行“两随机一公开”或“四不两直”抽查检查。（省政府安委会办公室牵头，省政府安委会有关成员单位按职责分工负责）

25. 实施“两人一企”常态化驻点监督。依据《山东省安全生产驻点监督工作指导意见》，制定和落实“两人一企”常态化驻点监督工作任务措施清单，每月深入1500多家危险化学品生产企业不少于2次、深入非危险化学品生产的化工企业不少于1次。驻点监督人员由省有关部门和市、县（市、区）政府从机关和事业单位人员中选派。（省政府安委会办公室牵头，各市、县（市、区）政府安委会负责）

26. 完善安全风险防控机制。聊城、滨州市将危险化学品安全生产行政许可职责由行政审批服务部门调整至应急管理部门。省有关部门围绕危险化学品安全风险管控和事故预防，健全完善安全生产行政许可、监督管理、执法处罚、教育培训和应急救援等全链条协同机制，推动各项安全生产政策措施有效落实。积极探索创新、先行先试，聚焦突出问题，及时总结提炼务实管用、可复制推广的典型经验做法，全面推广并予以制度化，形成“比、学、赶、帮、超”的良好氛围。（省政府安委会办公室和聊城、滨州市政府负责）

27. 加强化工安全科技支撑。建设省级危险化学品安全技术研究机构，在全国率先出台一批关键领域的科技成果和地方标准，构建与全国第一化工大省相匹配的安全科技支撑体系。（省科技厅、省工业和信息化厅、省应急厅按职责分工负责）

（八）深化实施责任落实网络建设工程。

28. 深入宣讲习近平总书记关于安全生产的重要论述。举办各级领导干部深入学习贯彻习近平总书记关于安全生产的重要论述专题培训，深化思想认识，解决意识观念问题，处理好发展和安全的关系，提高危险化学品安全监管能力，把安全发展贯穿到化工产业发展的全过程和各领域。开展“领导干部进化工园区和企业”宣讲活动，深入宣讲习近平总书记关于安全生产的重要论述，指导企业提高思想认识，完善责任体系，加大安全投入，防控重大风险，确保各项整治措施落实到每一家企业。（省政府安委会办公室牵头，各市、县（市、区）政府安委会负责）

29. 开展“两办”意见落实情况专项督查。2023年7月底前，对照中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于全面加强危险化学品安全生产工作的意见》以及国务院安委会有关重点工作落实方案和我省实施意见，督查各项任务落实情况，突出地方各级危险化学品安全监管人员配备是否满足要求、重大风险管控措施是否落地见效等方面，推动查漏补缺，确保取得实效。（省政府安委会办公室牵头，省政府安委会有关成员单位按职责分工负责）

30. 建立落实领导干部包保责任制。按照“属地管理和分级管理、分行业管理相结合”的原则，对所有化工和危险化学品企业逐一明确安全包保责任和相关责任人员，由市、县（市、区）政府负责同志及有关部门负责同志分别牵头，落实网格化管理措施。（省政府安委会办公室牵头，各市、县（市、区）政府安委会负责）

31. 落实企业全员安全生产责任。严格落实企业主要负责人安全生产第一责任人责任，推动企业创建安全生产标准化，加强全员安全文化建设。督促企业按照“原则上不超过三级、最多不超过四级”要求设置安全管理层级，着力解决安全管理效能层层递减问题。组织企业对照《山东省生产经营单位安全生产主体责任规定》《山东省生产经营单位全员安全生产责任清单》，进一步修订完善本单位全员安全生产岗位责任清单，健全内部考核奖惩机制，严格岗位责任制监督检查，明确标准、方法和奖惩措施，通过抓基层、打基础、练基本功，抓劳动纪律、操作纪律和工艺纪律，确保各项工作部署和安全生产要求落到实处、取得实效，打通责任落实的“最后一公里”。（省政府安委会办公室牵头，各市、县（市、区）政府安委会负责）

32. 提高安全生产履职能力。省级和化工重点市、县（市、区）、化工园区增加危险化学品安全监管执法力量，专业监管力量配比达到75%以上，确保满足危险化学品安全监管繁重任务需求。省政府安委会办公室、各市政府安委会结合化工产业发展规划，利用党校、高校、职业院校、化工安全实训基地等资源力量，分别对化工园区管委会负责人员，化工和危险化学品企业主要负责人、分管负责人、安全管理人员和重点岗位人员，分类分批进行集中轮训，抓紧完成企业从业人员资格条件对标行动，提升企业安全风险防控意识和能力，提升化工园区专业安全监管水平。（省政府安委会办公室牵头，各市、县（市、区）政府安委会负责）

三、方法步骤

专项行动分为三个阶段，各市、各有关部门单位和企业要按照各阶段工作重点有序压茬推进。

（一）动员部署阶段（2023年7月上旬前）。

1. 2023年6月底前，省政府安委会印发总体工作方案，召开专题会议，作出动员部署。

2. 2023年7月上旬前，各市、省有关部门结合本地、本部门实际，分别制定印发专项行动实施方案或者具体工作措施，召开专题会议进行动员部署。

（二）集中整治阶段（2023年7月中旬至2024年年底）。

1. 2023年年底，采取化工企业和化工园区自查自改、市县督导检查和指导帮扶、省级抽查核查和组织专家指导服务等方式，扎实做好重大安全风险防控和重大事故隐患排查整治，严密防范各类化工和危险化学品事故发生。按照规定任

务和时间节点要求，分别制定和明确具体制度意见和工作措施，推动化工产业安全发展格局重塑、化工园区整治提升、化工企业本质安全改造、化工安全智慧赋能工程建设取得阶段性成果，加快提升安全监管效能，抓好安全生产责任落实。

2. 2024 年年底，进一步深化重大安全风险防控、重大事故隐患整治、重塑化工产业安全发展格局、加快园区整治提升、提升本质安全水平、提升信息化智能化管控水平、提升安全监管效能、压实安全生产责任等，深挖全省化工行业的突出矛盾和重大问题，研究细化政策措施，持续开展整治提升。

（三）巩固提升阶段（2025 年 1 月至 2025 年 6 月底）。

1. 组织开展“回头看”，针对专项行动各项任务完成情况和存在问题，系统梳理，彻底整改，完善固化一批有效的制度措施，长期坚持。

2. 省及各市、县（市、区）政府安委会采取量化评估、随机抽查、突击检查、明察暗访等形式，核查专项行动成效，对工作不到位的下级政府和有关部门及时督促提醒，促进工作有效落实。

3. 全面总结专项行动开展情况，系统归纳各级各部门工作中的好经验、好做法，积极推动互学互鉴，健全完善全省化工行业安全生产长效机制，推进安全生产治理体系和治理能力现代化。

四、工作要求

（一）加强组织领导。各级各有关部门单位要按照“政府领导、部门协作、企业主体”的原则，高位推动，周密部署。省政府成立全省化工行业安全生产整治提升专项行动领导小组及工作专班，研究解决工作中遇到的困难问题，抽调省有关部门单位人员集中办公，协调推进各项工作。各市也要建立相应工作机制，组织专门工作班子，确保整治提升行动取得实效。

（二）细化落实措施。各级各有关部门单位要结合本地本部门实际，研究制定具体措施，制定标准化检查清单，明确检查内容、法规依据、职责要求及惩罚措施等，特别是对企业负责人安全责任落实、员工技能培训、现场操作规范、安全生产费用提取和使用情况等，明确务实管用的硬指标，发挥安全生产责任保险作用，创新工作方法，切实抓好落实。各市和省有关部门具体工作方案或措施，由主要负责同志签字后于 2023 年 7 月底前报省专项行动工作专班备案。

（三）严格监管执法。采取“四不两直”、暗查暗访、交叉执法等方式严格执法，坚决杜绝“宽松软”，对检查发现的问题隐患，督促企业立即整改，不能立即整改的，限期整改完成。对查处的重大事故隐患按规定要求直报省政府安委会办公室，实行挂牌督办，坚决责令停产停业或者停止使用相关设施、设备。对企业自己查不出、经监管部门检查发现的重大隐患，以及下级监管部门查不出、上级监管部门检查发现的重大隐患，一律严肃处理、追责问责。要创新监管执法手段，尽最大可能减少对企业正常生产的影响，不断增强监管执法工作的科学化、专业化水平。

（四）强化督导问责。省专项行动工作专班建立工作通报制度，开展安全专项巡查，定期现场督导帮扶，有效衔接国务院安委会办公室组织的督导帮扶，每月通报一次重点任务落实情况，督促抓好工作落实。省“四进”工作办公室要把化工行业安全生产整治提升专项行动开展情况作为重要督导内容，深入一线核查，对发现问题实行闭环管理、跟踪督促整改到位。坚持结果导向，把整治提升工作纳入对各市政府和省有关部门安全生产工作年度考核的重点内容。对专项行动期间发生事故的，要加大追责问责力度，严格倒查责任，依规依纪依法严肃处理。

（五）加强宣传引导。各级各有关部门单位要充分利用电视、广播、报纸、互联网等媒体，及时宣传推广安全生产整治提升的好经验好做法，发挥示范引领作用，对整治提升走形式、责任措施不落实、违法违规生产经营等突出问题公开曝光，发挥警示教育作用，推动工作有效开展。要鼓励引导广大群众特别是企业职工举报重大隐患和违法违规行为，积极引导社会公众参与支持，形成社会共治的良好局面。

附件二

关于印发《全省危险化学品安全生产“机械化换人、自动化减人”工作方案》的通知 鲁应急字〔2021〕135号

各市应急局，有关单位：

为认真贯彻落实中共中央办公厅、国务院办公厅《关于全面加强危险化学品安全生产工作的意见》和我省实施意见的要求，加快推进全省危险化学品企业本质安全化进程，以机械化生产替换人工作业，以自动化控制减少人为操作，提高危险化学品安全生产科技保障能力，省应急厅组织制定了《全省危险化学品安全生产“机械化换人、自动化减人”工作方案》。现印发给你们，请认真贯彻执行。

山东省应急管理厅
2021年11月9日

全省危险化学品安全生产“机械化换人、自动化减人”工作方案

为认真贯彻落实中共中央办公厅、国务院办公厅《关于全面加强危险化学品安全生产工作的意见》和我省实施意见的要求，加快推进全省危险化学品企业“机械化换人、自动化减人”安全技术改造工作，根据国务院安委会《危险化学品安全专项整治三年行动实施方案》和山东省实施方案的规定，结合我省实际，制定本方案。

一、工作目标

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻落实习近平总书记关于安全生产的重要论述，坚持人民至上、生命至上，牢固树立安全发展理念，牢牢守住安全生产底线，加快推进危险化学品安全生产科技进步，利用机械化、自动化技术，以机械化生产替换人工作业，以自动化控制减少人为操作，消除人员在危险环境中暴露和人为误操作带来的安全风险，提高企业本质安全水平和安全生产科技保障能力，从根本上有效防范和遏制事故发生，保护人民群众生命财产安全。

2022年6月底前，按照“突出重点、分步推进、安全可靠、确保实效”的原则，推动全省危险化学品企业实施“机械化换人、自动化减人”安全技术改造，对涉及重点监管危险化工工艺的生产装置实行自动化控制，对常规的化工过程操

作单元实行自动化控制和机械化作业，基本实现高危作业场所无人操作，努力实现化工生产过程“零死亡”目标。

二、主要任务

全省危险化学品生产企业、经营（带储存设施）企业以及取得危险化学品安全使用许可的化工、医药企业（以下统称企业），按照以下要求实施“机械化换人、自动化减人”。

（一）危险化工工艺安全控制。对涉及光气及光气化工艺、电解工艺（氯碱）、氯化工艺、硝化工艺、合成氨工艺、裂解（裂化）工艺、氟化工艺、加氢工艺、重氮化工艺、氧化工艺、过氧化工艺、胺基化工艺、磺化工艺、聚合工艺、烷基化工艺、新型煤化工工艺、电石生产工艺、偶氮化工艺等 18 种重点监管危险化工工艺的生产装置，企业要按照原国家安监总局《关于公布首批重点监管的危险化工工艺目录的通知》《关于公布第二批重点监管危险化工工艺目录和调整首批重点监管危险化工工艺中部分典型工艺的通知》《关于加强化工安全仪表系统管理的指导意见》等，参照《山东省危险化工工艺安全控制设计指导方案（试行）》（附件 1），根据化工工艺特点、装置规模和控制系统复杂程度，优化采用智能自动化仪表、集散控制系统（DCS）、可燃气体有毒气体检测报警系统（GDS）、紧急停车系统（ESD）和安全仪表系统（SIS）等，设置温度、压力、液位等重要工艺指标及可燃、有毒气体浓度检测信号的集中声光报警、紧急联锁停车，实现全流程自动化控制。

（二）化工过程操作单元机械化、自动化。对涉及粉碎、筛分、混合、固体物料输送、液体物料输送、气体物料输送、传热操作、固定床反应器、流化床反应器、釜式反应器、管式反应器、塔式反应器、蒸馏、吸收、蒸发、结晶、萃取、干燥、非均相分离、吸附、储存、包装等 22 个化工过程操作单元的生产装置和储存设施，企业要参照《山东省化工过程操作单元机械化、自动化设计指导方案（试行）》（附件 2），根据工艺装置特点，采用机械化、自动化技术，设置原料投放、配比控制、反应控制、产品（包括中间产品）放出、输送、储存、包装等过程操作的机械化、自动化系统，实现生产现场的无人化操作。

（三）分类优化改造。对连续化反应，工艺装置的操作控制应当实现机械化、自动化。对间歇式反应，可预先采取调整投料方式（如固体预先溶解为液体）、优化工艺路线（如间歇式反应改为连续化反应）、更换反应设备（如釜式反应器改为管式反应器）等技术，创造有利条件后再进行改造，实现工艺装置操作控制的机械化、自动化。危险化学品建设项目和现有企业的危险化工工艺和化工过程操作单元，要参照《山东省危险化工工艺安全控制设计指导方案（试行）》《山东省化工过程操作单元机械化、自动化设计指导方案（试行）》，配备完善自动化控制系统和机械化作业装备；已经实现自动化控制、机械化作业的，也要参照

进行改进完善。企业实施“机械化换人、自动化减人”安全技术改造的，不应视为危险化学品建设项目进行管理。

三、组织实施

省应急厅组织相关技术支撑单位，研究制定 18 种危险化工工艺的安全控制设计指导方案和 22 个化工过程操作单元的机械化、自动化设计指导方案，指导全省危险化学品企业的机械化、自动化改造工作（其他化工、医药企业可参照执行）。从现在开始到 2022 年 6 月底，分三个阶段推进工作。

（一）动员部署（2021 年 11 月底前）

1. 省应急厅组织召开全省现场会，推广先进经验做法，引导企业加快实施机械化、自动化安全技术改造工作。

2. 分期、分批组织开展危险化学品安全生产“机械化换人、自动化减人”相关标准规范的视频培训，使企业理解和掌握危险化工工艺安全控制和化工过程操作单元机械化、自动化改造的功能要求、相关标准、改造方法和运行管理等，为有效推进工作打好基础。

3. 组织开展调查摸底，摸清企业自动化控制和机械化作业的现状，形成需要进行安全技术改造的企业名单及其危险化工工艺、化工过程操作单元的清单。

（二）示范建设（2022 年 2 月底前）

1. 各市应急局选择确定本地区开展示范建设的企业，尽快实施“机械化换人、自动化减人”安全技术改造，组织召开本地区现场会，推进安全技术改造工作。

2. 各危险化学品企业选择一套或者几套生产储存装置，开展“机械化换人、自动化减人”安全技术改造工作，取得经验后全面推开。

（三）全面实施（2022 年 6 月底前）

1. 各市、县（市、区）应急部门组织和督促辖区内危险化学品企业，全面实施“机械化换人、自动化减人”安全技术改造工作，并对企业改造应用情况进行验收、评估。

2. 省应急厅组织进行抽查核验工作，对各地区工作进度和完成质量进行通报。

3. 省应急厅研究制定《山东省淘汰落后危险化学品安全生产工艺技术设备目录》，将未实现机械化、自动化的工艺技术设备纳入淘汰落后范围。

四、有关要求

（一）加强组织领导。省应急厅成立工作专班，分管厅领导任组长，危化处、科技信息化处参加，全力推进危险化学品企业“机械化换人、自动化减人”安全技术改造工作。各市、县（市、区）应急局也要参照省里做法，成立工作专班，加强统筹协调，精心组织安排，积极稳妥推进工作。各危险化学品企业要将机械化、自动化安全技术改造工作作为一把手工程来抓，明确责任部门和人员，保证安全资金投入，按时完成改造任务，并修订完善企业管理制度，加强日常检查与考核，确保机械化、自动化系统的有效运行。

（二）加强跟踪督查。各级应急部门要采取督导检查、执法监察和行政许可等措施，同时将“机械化换人、自动化减人”安全技术改造纳入对企业驻点监管工作范畴，推动企业全面开展“机械化换人、自动化减人”安全技术改造。要加强研判分析和信息归集，及时发现和解决工作中的问题和不足，重大问题及时向省应急厅报告。要组织安全专家深入企业基层一线，指导帮助相关中小企业解决改造过程中遇到的难题，支持企业优化工艺技术装备，有效推进改造工作。

（三）加大安全投入。各危险化学品企业要按规定提取用好安全费用，加大资金投入，保障机械化、自动化安全技术改造所需经费。按照省应急厅、省工业和信息化厅《关于推进“机械化换人、自动化减人、智能化无人”工作的指导意见》（鲁应急字〔2021〕126号），对在规定时间内按要求实施机械化、自动化改造的，在安责险保费调节、技改政策扶持等方面给予支持。各级应急部门也要协调有关部门研究制订政策措施，扶持鼓励企业开展机械化、自动化安全技术改造工作。

（四）严格改造标准。企业机械化、自动化技术改造方案要由具备相应资质的设计单位会同企业有关专业人员研究制订，安装改造工程要由具备相应资质的施工安装单位承担，确保高标准、高质量完成改造。安装改造前后，要有完善的停车、开车方案，落实好安全生产条件，保障停车、开车安全。安装改造完成后，要组织有关专业人员和设计、施工等单位，对机械化作业、自动化控制系统进行验收并建立档案，确保装置运行灵敏、可靠，确保人员及设备安全。

（五）强化人才培养。各级应急部门要组织相关设计单位、安全技术服务机构和有关专家，开展机械化、自动化专业知识的教育培训和技术服务工作。各危险化学品企业要加快人才培养，通过邀请专家授课、引进专业人才、聘请有关科研和设计单位服务等方式，对操作、维护和管理人员进行有针对性的培训，使相关人员熟练掌握自动化控制专业知识，配足配齐符合机械化作业、自动化控制需要的操作人员和技术力量。

（六）广泛宣传引导。各级应急部门要充分利用电视、广播、报纸、互联网等媒体，采取专栏专题、热点追踪、系列报道等方法途径，对“机械化换人、自动化减人”安全技术改造工作的成效进行广泛宣传，表扬鼓励先进，鞭策激励后进，提高企业的认知水平，激发企业实施机械化、自动化改造的自觉性和积极性，引导企业坚定走依靠科技进步保障安全生产的道路，营造良好的舆论环境。

本方案印发之日起，原山东省安全生产监督管理局《关于推进化工企业自动化控制及安全联锁技术改造工作的意见》（鲁安监发〔2008〕149号）、《关于印发氯化、硝化、磺化、聚合、氟化、加氢工艺安全控制设计指导方案的通知》（鲁安监发〔2009〕108号）、《关于印发氧化、过氧化、重氮化、裂解（裂化）、胺基化、烷基化工艺安全控制设计指导方案的通知》（鲁安监发〔2010〕35号）、《关于印发光气及光气化、电解（氯碱）工艺安全控制指导意见的通知》（鲁安

监发〔2010〕70号）、《关于印发合成氨工艺安全控制指导意见的通知》（鲁安监发〔2010〕128号）废止。