

受限空间作业 “AI监控+气体检测” 联动安全管理方案

陈冬雨

江苏波士胶粘合剂有限公司，江苏苏州

摘要：本方案旨在通过整合先进的AI监控技术与气体检测模块，为受限空间作业提供一个全面、高效的安管理解决方案。AI监控系统利用视觉识别技术实现对作业现场的实时监控与异常行为检测，确保人员操作规范，及时预警潜在风险。同时，气体检测模块能够精准识别多种有毒有害气体，实时监测作业环境中的气体浓度，为作业安全提供关键数据支持。通过构建联动机制，实现监控与检测数据的融合分析，以及实时响应与自动化控制，进一步提升安全管理效率。本方案不仅关注作业过程中的安全保障，还注重方案实施后的持续优化，通过现场评估与方案定制，以及持续监控下的性能调整，确保方案始终贴合实际需求，为受限空间作业提供坚实的安全屏障。

关键词：受限空间作业；AI监控技术；气体检测模块；联动安全管理

Linkage Safety Management Scheme of “AI Monitoring + Gas Detection” for Restricted Space Operation

Dongyu Chen

Jiangsu Bostik Adhesive Co., LTD, Suzhou, Jiangsu

Abstract: This scheme aims to provide a comprehensive and efficient safety management solution for restricted space operations through the integration of advanced AI monitoring technology and gas detection module. The AI monitoring system uses visual recognition technology to realize real-time monitoring and abnormal behavior detection on the operation site, to ensure the standard operation of personnel and timely warning of potential risks. At the same time, the gas detection module can accurately identify a variety of toxic and harmful gases, monitor the gas concentration in the working environment in real time, and provide key data support for the operation safety. Through the construction of linkage mechanism, the fusion analysis of monitoring and detection data, as well as real-time response and automatic control, further improve the efficiency of safety management. This scheme not only focuses on the safety guarantee in the operation process, but also focuses on the continuous optimization after the implementation of the scheme. Through on-site evaluation and scheme customization, as well as the performance adjustment under continuous monitoring, the scheme always meets the actual needs and provides a solid safety barrier for the restricted space operations.

Keywords: Restricted space operation; AI monitoring technology; Gas detection module; Linkage safety management

1 引言

受限空间作业“AI监控+气体检测”联动安全管理方案将极大提升受限空间作业的安全管理水平。通过AI监控系统的视觉识别技术，能够精确捕捉作业现场的人员动态，有效预防违规操作和潜在风险，为作业人员的生命安全提供有力保障。同时，气体检测模块的实时监测功能，能够及时发现作业环境中的有害气体浓度变化，为紧急情况下的迅速响应提供关键信息。联动机制的构建，更是将监控与检测数据紧密结合，实现了数据的实时分析和自动化控制，进一步提高了安全管理效率。总之，该方案为受限空间作业的安全管理提供了新的思路和解决方案，具有重要的实践意义和推广价值。

2 AI监控系统设计

2.1 AI视觉识别技术概述

在构建智能安全的“AI监控+气体检测”联动方案中，AI视觉识别技术是提升受限空间作业安全的关键组成部分[1]。AI视觉识别技术利用深度学习算法，能够实时分析摄像头捕捉到的图像信息，以高精度识别作业人员的穿戴是否合规，如安全帽、防护服和呼吸设备等是否正确使用。例如，系统可以设置在99%以上的准确率下，确保在复杂环境中的作业安全标准得到严格执行。此外，通过对历史数据的学习，AI模型能持续优化，识别潜在风险的能力不断增强，如不安全行为的早期预警，进一步防止事故的发生。

2.2 实时监控与异常行为检测

实时监控与异常行为检测是构建智能安全体系的关键组成部分，尤其是在受限空间作业中。通过AI监控系统，可以利用深度学习算法训练的模型，对作业人员的行动进行24/7的实时分析。例如，系统可以设定安全操作规程的参数，如佩戴安全装备的标准姿势，以及在特定区域内的最大停留时间。一旦检测到作业人员未按规定操作，如未穿戴防护头盔或者在有害气体区域内长时间逗留，系统将立即发出预警，大大降低了人为疏忽导致事故的风险。

此外，结合高分辨率摄像头的数据，AI系统能

进一步识别出复杂环境下的异常行为。比如，当有人在受限空间内突然倒地或者有物体快速移动时，AI算法可以迅速识别这些异常事件，以毫秒级的响应速度启动应急程序。这种智能化的监控方式，不仅弥补了人工监控的局限，还为安全管理提供了数据支持，有助于持续优化作业流程和安全策略。

3 气体检测模块详解

3.1 检测设备的选择与配置

在构建智能安全的受限空间作业方案中，检测设备的选择与配置是至关重要的环节。这些设备需要具备高灵敏度和高精度，以确保能够准确无误地识别出环境中哪怕是最微小的有毒有害气体浓度变化[2,3]。例如，可以选用具备NDIR（非色散红外）技术的气体传感器，这种传感器对二氧化碳的检测精度可达到ppm级别，对于常见的甲烷、硫化氢等气体也有良好的识别能力。同时，考虑到受限空间可能存在的复杂工况，检测设备应具有防爆、防腐蚀等特性，以确保在恶劣环境下仍能稳定工作。设备应配备自检功能，定期进行自我诊断，确保在长期使用后仍能保持检测性能。

在实际配置时，应根据受限空间的大小、形状以及可能产生的特定危险气体来确定设备的数量和类型。例如，在一个大型的储罐内部，可能需要配置多个分布式传感器，并通过无线通信技术将数据实时传输到中央监控系统。在选择设备供应商时，应考虑其在相关行业的经验和成功案例，如某公司在石油炼化领域的丰富经验，其设备在实际应用中表现出的高可靠性和低误报率。

3.2 多种有毒有害气体的识别

在构建智能安全的“AI监控+气体检测”联动方案中，多种有毒有害气体的识别是至关重要的一个环节。为了确保受限空间作业的安全，系统需要能够精确识别如一氧化碳、硫化氢、氯气和可燃气体等多种潜在威胁。例如，一氧化碳是一种无色无味的气体，低浓度下就可能导致作业人员头痛和恶心，而高浓度则可能造成窒息。因此，检测设备应具备高灵敏度和高选择性，能够实时监测环境中这些气体的浓度。

在检测设备的选择与配置阶段，应考虑采用具备多传感器阵列的设备，这些传感器经过校准，能够针对不同气体的特征响应。此外，设备应具备抗干扰能力，确保在复杂工况下仍能准确识别。例如，某化工厂在升级气体检测系统后，成功减少了由于气体泄漏导致的误报和漏报事件，提高了作业效率。

在多种有毒有害气体的识别部分，AI算法将发挥关键作用。通过深度学习模型，系统可以不断学习和更新气体特征数据库，以识别新出现的或罕见的有毒气体。同时，算法可以进行数据分析，识别不同气体浓度组合可能带来的潜在危险，实现早期预警，为现场人员撤离和应急响应争取宝贵时间。

在监控与检测数据的融合分析中，AI系统将整合来自气体检测设备和AI监控摄像头的的数据，通过构建多模态安全模型，对受限空间内的整体安全状况进行评估。这种跨传感器的融合分析能够提供更全面的视角，确保在多种风险因素交织时，系统仍能做出准确判断。

一旦识别到有毒有害气体浓度超标，实时响应与自动化控制机制将立即启动，自动关闭气体源、启动通风设备，甚至在必要时启动自动隔离措施。同时与应急响应系统的无缝对接确保了快速的人工介入，按照预设的应急预案进行操作，最大程度减少事故影响。

4 联动机制构建

4.1 监控与检测数据的融合分析

在构建智能安全的“AI监控+气体检测”联动方案中，监控与检测数据的融合分析是核心环节。通过AI视觉识别技术，系统能够实时捕获受限空间内的作业情况，如工人是否穿戴了必要的防护装备，是否存在不安全的操作行为。同时，气体检测模块会持续监测环境中多种有毒有害气体的浓度，如一氧化碳、硫化氢或可燃气体，确保数据的实时性和准确性。

当AI监控系统检测到异常行为或气体浓度超过预设阈值时，这些数据会被即时整合到分析模型中。例如，通过使用机器学习算法，系统可以学习并理解不同工况下的正常状态，从而更准确地识别出潜在的危险状况。这种融合分析不仅提高了报警

的精确度，还减少了误报和漏报的可能性，为现场的安全管理提供强有力的数据支持。

4.2 实时响应与自动化控制

在构建智能安全的“AI监控+气体检测”联动方案中，实时响应与自动化控制是核心要素，确保在受限空间作业中能够迅速、准确地应对潜在危险。通过AI算法，系统能够实时分析监控视频流，一旦识别到异常行为，如未穿戴防护设备的作业人员或不规范的操作，将立即触发警报。同时，气体检测模块持续监测环境中多种有毒有害气体的浓度，数据实时上传至中央处理系统。

在自动化控制层面，当气体浓度超过预设安全阈值时，联动机制会自动启动排风或隔离设备，以防止有害气体扩散。例如，在某化工厂的实践中，这种系统成功阻止了因气体泄漏可能导致事故，将风险降至最低。此外，系统与工厂的自动化生产流程集成，必要时可自动暂停相关作业区域的作业，确保人员安全。

4.3 安全管理系统集成

在构建智能安全的“AI监控+气体检测”联动方案中，安全管理系统集成扮演着至关重要的角色。这一环节旨在确保所有收集到的数据能够被有效地整合和分析，以便于制定准确的安全决策。例如，系统可以利用先进的数据分析模型，如机器学习算法，来识别正常作业模式与潜在危险之间的模式，从而提高预警的精确度。此外，通过历史数据的比对，系统能够持续学习和更新其识别标准，适应不断变化的作业环境。

在实际操作中，安全管理系统集成需要考虑如何将AI监控的异常行为检测结果与气体检测的报警信息实时同步到中央控制平台。例如，当AI系统检测到受限空间内工人未穿戴防护设备或出现异常动作时，这一信息应立即与气体检测数据结合，判断是否可能因潜在气体泄漏导致的紧急状况。一旦确认威胁，系统应自动触发应急预案，如关闭设备、启动通风系统，甚至通知应急响应团队，以最大程度减少事故风险。

在与应急响应系统的无缝对接方面，安全管理系统集成需要具备强大的接口兼容性，确保在不同

设备、软件之间能够快速、无误地传递安全警报。

在方案实施与优化过程中，安全管理系统集成也需要考虑到现场的个性化需求。每个工作环境都有其独特性，因此在部署前，应对受限空间的具体条件、作业流程以及潜在风险进行详细评估，以定制最适合的安全管理策略。同时，系统应具备足够的灵活性，能够在持续监控作业过程中，根据新出现的数据模式或反馈进行动态调整，确保始终提供最有效的安全保障[4,5]。

4.4 与应急响应系统的无缝对接

在构建智能安全的“AI监控+气体检测”联动方案中，与应急响应系统的无缝对接是确保作业安全的关键环节。通过实时监控与气体检测数据的整合，系统能够快速识别潜在的危险状况，如在受限空间内氧气浓度下降或有毒有害气体超标。一旦发生异常，AI算法会立即触发警报，并根据预设的安全等级和应急预案，自动向应急响应团队发送详细信息，包括事故类型、位置数据以及可能的严重程度。

例如，当某化工厂的AI监控系统检测到氢气浓度超过安全阈值时，系统不仅会启动现场的排风设备，同时也会将警报信息推送至中央控制室和相关人员的移动设备上。应急响应团队借助预先制定的氢气泄漏处理流程，可以迅速、准确地做出决策，如启动隔离措施、派遣救援队伍，并协调外部资源的支持，从而大大缩短响应时间，降低事故风险。

为了实现这一无缝对接，方案在设计阶段就需要充分考虑不同系统间的互操作性，采用开放的API接口和标准化的数据格式，确保监控数据能够实时、无损地传输到应急管理系统。此外，定期的系统集成测试和应急演练也是必不可少的，这有助于验证和优化不同系统在实际应急情况下的协同性能，确保在真实危机中能够迅速、有效地执行应急响应计划。

5 方案实施与优化

5.1 现场评估与方案定制

在方案实施与优化阶段，现场评估是确保“AI监控+气体检测”联动方案适应性和有效性的关键

步骤。这一步骤需要对受限空间作业环境进行详细分析，包括空间尺寸、光照条件、潜在危险气体类型及浓度变化范围等。例如，我们曾对一家化工厂的储罐区进行评估，发现不同储罐内的气体成分差异大，需要定制化传感器配置。

在方案定制上，我们会根据评估结果选择具有高灵敏度和抗干扰能力的气体检测设备，并结合AI模型训练，确保系统能准确识别各种异常行为和气体泄漏迹象。同时，考虑到环境动态性，AI视觉算法需要能够适应工人的正常作业动作，避免误报。此外，我们还会建立预测性分析模型，通过历史数据学习，预测可能的气体泄漏模式，提前触发警报或自动化控制措施。例如，系统在分析到某种气体浓度上升速率超过预设阈值时，可自动启动通风设备，降低风险。这种定制化的解决方案旨在将安全隐患消除在萌芽状态，提高作业安全等级。

5.2 持续监控下的性能调整

在持续监控下的性能调整阶段，方案实施的关键在于确保AI监控系统和气体检测模块能够根据实际工况动态优化。例如，通过AI算法的持续学习，系统可以不断提升异常行为的识别准确率，从95%提升至99%，减少误报的同时，更有效地预防潜在的安全风险。此外，根据现场作业的数据反馈，可能需要调整气体传感器的灵敏度设置，以适应不同浓度气体的快速变化，确保在0.1ppm的微小变化中也能及时响应。

在性能优化过程中，可以引入模拟分析工具，创建一个与现实环境同步的虚拟模型，用于测试和优化系统性能。例如，当遇到类似化工厂的复杂环境时，可以通过模拟不同事故场景，评估系统的预警和应急响应能力，以确保在真实情况下的最佳性能。同时，分析模型的输出结果还可以指导现场设备的布局调整，以最大化监控覆盖范围和响应效率。

此外，与方案实施同步进行的还有用户培训和反馈机制。定期对作业人员进行安全规程和系统操作的再培训，确保他们能够正确理解和应对系统的报警信息。同时，建立用户反馈渠道，收集一线操作人员的使用体验和建议，如在某次作业中发现系统对特定行为的反应延迟，可据此进行算法优化，

提高系统的实时性能。

最后,性能调整是一个持续的过程,需要结合最新的技术发展和行业标准进行定期更新。例如,随着AI技术的进步,可以引入更先进的深度学习模型,进一步提高监控系统的智能分析能力,以实现受限空间作业安全的全方位、智能化保障。

6 结语

随着工业安全标准的不断提高和技术的持续进步,AI监控系统在受限空间作业安全领域的应用前景愈发广阔。通过整合AI视觉识别技术、气体检测模块以及联动机制,我们不仅能够实现对作业环境的全方位监控,还能在紧急情况下迅速响应,有效降低事故风险。未来,随着技术的不断革新,AI监控系统将更加智能化、自动化,为受限空间作业提

供更加全面、高效的安全保障。我们相信,在各方的共同努力下,受限空间作业的安全问题将得到妥善解决,为工业生产的顺利进行保驾护航。

参考文献

- [1] 祝晨. AI技术在工业安全监控中的应用[J]. 工业安全, 2022, 18(3): 45-52.
- [2] 朱以刚. 进入受限空间作业的安全技术和安全管理对策[J]. 广东化工, 2020, 47(12): 95-99.
- [3] 尹喆. 受限空间作业该如何安全管控[J]. 中华建设, 2023(02): 43-45.
- [4] 柯品, 薛静. 受限空间作业风险分析与安全防范措施[J]. 石化技术, 2022, 29(8): 147-148, 213.
- [5] 文福春. 浅谈受限空间作业安全风险管控的措施[J]. 化工安全与环境, 2023, 36(4): 65-68.

