|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 71.020 |
| CCS | |  | | --- | | D:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T.pngD:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T后面的反斜杠.png XZBX |   G 93 |

西安市质量与标准化协会团体标准

T/XZBX 0105—2025

化工装置泄漏检测与智能预警要求

Specification for leakage detection and intelligent early warning of chemical installations

2025 - 09 - XX发布

2025 - 09 - XX实施

西安市质量与标准化协会  发布

目次

[前言 III](#_Toc207827495)

[引言 V](#_Toc207827496)

[1 范围 1](#_Toc207827497)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc207827498)

[3 术语和定义 1](#_Toc207827499)

[4 泄漏检测技术要求 2](#_Toc207827500)

[5 智能预警系统要求 4](#_Toc207827501)

[6 设备与安装要求 6](#_Toc207827502)

[7 系统维护与管理要求 8](#_Toc207827503)

1. 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。

本文件由西安市质量与标准化协会提出并归口。

本文件起草单位：宁波镇海炼化林德气体有限公司。

本文件主要起草人：张 臣。

1. 引言

化工装置的安全运行是保障企业生产、保护环境、确保员工生命安全的关键。由于化工装置涉及到大量的有毒、有害化学品以及高压、高温的危险环境，任何微小的泄漏事故都可能引发严重的安全事故、环境污染甚至是灾难性后果。因此，化工装置泄漏的及时检测与预警，对于预防和减少事故的发生至关重要。

随着科技的发展，传统的泄漏检测方法逐渐无法满足高效、安全、实时的需求。现代化工企业对泄漏检测提出了更高的要求，尤其是在精准度、实时性、自动化及智能化等方面。智能预警技术利用大数据、物联网、人工智能等先进技术，可以实时监控化工装置的泄漏情况，提前发出预警信号，及时采取应对措施，从而大大提高事故预防能力和应急响应速度。

本文件旨在为化工装置泄漏检测与智能预警系统的设计、实施及运行提供技术指导。通过系统化、标准化的要求，推动化工行业在安全管理中的技术创新，提升泄漏检测与预警系统的智能化水平。文件中将详细说明泄漏检测方法、智能预警系统的构建与应用要求，以及相关的设备选型、数据采集与分析方法等内容，以确保化工装置的安全性、可靠性与高效性。

本文件适用于各类化工生产装置的泄漏检测与智能预警工作，特别是针对石化、化肥、制药等高风险行业的生产装置，为企业提供切实可行的技术方案和管理指引。

化工装置泄漏检测与智能预警要求

* 1. 范围

本文件规定了化工装置中涉及的泄漏检测与智能预警系统的设计、实施、监控和维护要求。涵盖了泄漏检测技术要求、智能预警系统要求、设备与安装要求以及系统维护与管理要求等内容。

本文件适用于化工企业中所有涉及有毒、有害化学品、可燃气体或危险液体的生产装置，特别是在石油化工、天然气加工、化肥、制药等行业中的泄漏检测与预警系统的应用。

本文件不适用于简单化学品储存或小型实验室设备中的泄漏检测，但可作为相关领域泄漏检测系统的参考。

* 1. 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 12358—2024 作业场所环境气体检测报警仪器 通用技术要求

GB 30871—2022 危险化学品企业特殊作业安全规范

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

GB/T 42078—2022 化工园区开发建设导则

GB/T 44958—2024 化工设备安全管理规范

HG/T 20525—2006 化学工业管式炉传热计算设计规定

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

化工装置泄漏 chemical plant leakage

指化工生产过程中，由于设备老化、操作失误、安装缺陷或外部因素等原因导致的有毒、有害或易燃气体、液体的泄露。泄漏可能对环境、人员及设备造成威胁，因此需及时发现并采取有效控制措施。

泄漏检测 leak detection

指通过一定的技术手段和设备，对化工装置内的气体、液体或蒸气进行检测，以确定是否存在泄漏现象。泄漏检测可以采用不同的技术手段，包括但不限于气体传感器、红外成像、声学监测等方法。

智能预警系统 intelligent early warning system

指基于数据采集、处理与分析，通过自动化技术对化工装置的泄漏进行实时监测，并根据预设的阈值自动发出报警信号的系统。智能预警系统能够提前发现泄漏隐患，并通过实时通知操作人员或相关人员，及时采取应急措施。

气体检测仪 gas detector

用于检测气体泄漏的仪器设备，通常包括传感器和报警功能，可实时监控气体浓度变化，并在浓度达到设定的危险值时发出警报。气体检测仪适用于可燃气体、有毒气体、氧气及其他危险气体的检测。

传感器 sensor

用于探测和检测化学物质泄漏、温度、湿度、压力等环境参数的设备，常用于泄漏检测系统中。传感器能够将环境变化转化为电信号，供控制系统进行处理和分析。

报警阈值 alarm threshold

指泄漏检测系统设定的一个临界值，当检测到的气体浓度、温度等参数超过此值时，系统将触发报警信号，提示操作人员采取紧急措施。报警阈值应根据设备、气体特性和安全要求合理设定。

数据采集与处理 data acquisition and processing

指通过传感器等设备采集现场的实时数据，并通过数据处理系统对数据进行分析、计算、存储等操作。数据采集与处理是智能预警系统的核心环节，确保报警系统能够及时、准确地响应泄漏事件。

应急响应机制 emergency response mechanism

指一旦发生泄漏事故或潜在危险时，启动的紧急处理程序和操作步骤。应急响应机制应包括泄漏检测、报警、人员疏散、设备停机等方面的应对措施。

泄漏源定位 leak source localization

指通过技术手段确定化工装置中泄漏源的具体位置。常见的定位方法包括声学检测、红外成像、气体传感器阵列等技术。泄漏源定位可帮助工作人员快速找到泄漏位置，进行精准的应急处理。

* 1. 泄漏检测技术要求
     1. 泄漏检测系统选型要求

化工装置的泄漏检测系统应根据生产环境、泄漏物质的种类、危害程度及检测精度要求，选择合适的检测技术。常见的泄漏检测技术包括但不限于气体检测仪、红外热像仪、声学检测、激光泄漏检测等。不同的检测技术应根据以下要求选择：

1. 气体检测仪：适用于检测常见的可燃气体、有毒气体和气体泄漏。气体检测仪应具备高灵敏度、快速响应和长时间稳定工作的能力，能够及时发现泄漏并触发报警；
2. 红外热像仪：用于高温环境下的气体泄漏检测，尤其适合对难以接触的设备或管道进行检测。红外热像仪能直观显示泄漏位置，并准确测定泄漏区域的温度分布；
3. 声学检测：基于声波传播特性，对设备或管道进行声学监测，检测气体泄漏时产生的特定声音。适用于密闭环境和设备无法直接接触的场所；
4. 激光泄漏检测：利用激光扫描技术对气体泄漏进行精确定位，适用于高精度、高灵敏度的泄漏检测需求，尤其适合大面积区域的检测。
   * 1. 检测灵敏度与响应时间要求

泄漏检测设备的灵敏度应能够检测到潜在的泄漏源，满足环境安全要求。具体要求如下：

1. 灵敏度：设备应具备能够检测到小范围泄漏的能力。对于有毒、有害气体，其检测灵敏度应确保能在气体浓度达到环境安全标准的前期阶段触发预警；
2. 响应时间：检测系统的响应时间应尽可能短，确保在泄漏发生的第一时间内发出报警。对于气体泄漏的监测设备，响应时间不应超过5秒，对于其他检测技术应根据具体设备类型合理设定。
   * 1. 多点检测与数据融合

在大型化工装置中，应采取多点泄漏检测方式，将不同区域的监测数据进行融合，确保各个潜在泄漏点的监测无盲区。多点检测可以通过分布式传感器阵列、气体探测网络等形式实现，系统应具备以下功能：

1. 分布式监测：在关键区域设置多个传感器，实现全天候监测，减少检测死角。传感器应布置在可能发生泄漏的高风险区域，如管道接头、阀门、储罐等部位；
2. 数据融合与分析：将多点数据进行集成处理，借助数据分析技术识别泄漏源及泄漏量。数据融合可以提高系统的检测精度和可靠性，避免因单点故障导致的误报警或漏报警。
   * 1. 报警与反馈机制

泄漏检测系统应配备完善的报警与反馈机制，确保一旦发生泄漏，能够及时通知操作人员并采取应急措施。报警系统应具备以下功能：

1. 多级报警：根据泄漏物质的浓度、泄漏量和危险等级，设置不同的报警级别。常见的报警级别包括低报警、中报警和高报警。各级报警应有明确的响应措施，确保泄漏得到及时处理；
2. 可视化与声光报警：系统应具备声光报警功能，并配有可视化显示界面，实时显示泄漏位置、泄漏物质的类型及浓度等信息，便于操作人员迅速采取行动；
3. 远程报警与智能化反馈：当系统检测到泄漏时，应自动发送报警信号至控制中心及相关人员的智能设备。系统还应具备自我诊断功能，一旦发生故障应发出系统故障报警。
   * 1. 维护与校准要求

为确保泄漏检测系统的长期稳定运行，设备必须定期进行维护和校准。具体要求如下：

1. 定期校准：检测设备应根据使用频率和环境条件进行定期校准，确保设备的检测精度符合标准要求。校准工作应由专业技术人员进行，且记录每次校准结果；
2. 设备维护：所有检测设备应定期检查，清洁传感器、更换过滤网、检查电池及电源、检修传输线路等，确保设备处于良好状态；
3. 故障检查与修复：若设备出现故障，必须尽快进行诊断和修复，避免因设备失效造成的安全隐患。设备故障应及时报告，并采取临时替代方案，确保泄漏检测不中断。
   1. 智能预警系统要求
      1. 系统构成与功能要求

智能预警系统应由数据采集、数据传输、数据分析、报警处理及响应机制等部分组成。系统应具备实时监控、预警报警、历史数据分析、故障诊断等多种功能，具体要求如下：

1. 数据采集：系统应通过传感器、监测设备等实时采集化工装置的气体浓度、温度、压力等相关数据。采集频率应根据泄漏检测系统的要求进行调整，确保数据更新及时；
2. 数据传输：数据采集后的信息应通过稳定、可靠的通信网络传输至数据分析中心。传输方式应支持无线、光纤或有线等多种形式，确保数据能够稳定、高效地传送；
3. 数据分析与处理：预警系统应具备强大的数据分析和处理能力，基于大数据和人工智能技术，对泄漏数据进行实时分析，识别潜在泄漏风险，并与历史数据进行对比分析，进行趋势预测；
4. 报警与预警：系统应具备多级报警功能，能够根据泄漏的程度、位置和类型，自动触发低、中、高级别的预警信号。系统应支持可视化显示报警信息，并通过声光、短信、邮件等多种方式通知相关人员。
   * 1. 数据存储与备份要求

智能预警系统应具备可靠的数据存储与备份功能，确保数据的完整性与可追溯性。数据存储应符合以下要求：

1. 实时数据存储：所有泄漏检测与预警数据应实时存储，并保证数据的准确性和完整性。系统应能够处理大容量的数据，并保证数据查询速度；
2. 历史数据分析：系统应存储历史数据，支持根据时间、区域、设备等条件进行查询和分析。历史数据分析有助于对设备的运行状态进行评估、故障诊断以及泄漏模式的识别；
3. 定期备份：系统应定期对数据进行备份，备份数据应存储在安全、可靠的服务器或云端，确保数据在故障情况下不丢失，能够快速恢复。
   * 1. 智能预测与自学习功能

智能预警系统应具备自学习和智能预测能力，通过持续积累历史数据，优化预警算法，提升预警精度与响应速度：

1. 自学习：系统应能根据历史泄漏事件与数据积累，通过机器学习算法进行自我学习和优化，自动调整报警阈值和报警策略，以适应不同工作条件和环境变化；
2. 智能预测：系统应具备对泄漏风险的智能预测能力，基于实时数据与历史数据的趋势分析，提前识别可能的泄漏点，并预测其可能的发生时间和泄漏量，为应急响应提供决策支持。
   * 1. 应急响应与处置建议

智能预警系统应与应急响应机制相结合，在发现泄漏风险时，能够自动触发应急响应，并为操作人员提供处置建议：

1. 自动响应：系统一旦发现泄漏风险，应自动触发应急响应机制，如关闭阀门、停止设备运行、启动紧急排放等，并通知相关人员和管理层进行处置；
2. 处置建议：系统应根据泄漏的类型、规模和环境因素，为操作人员提供处理建议，例如，建议疏散人员、启动消防系统、封锁泄漏区域等，协助人员采取最佳应急措施。
   * 1. 系统稳定性与冗余设计

智能预警系统必须具有高可靠性和稳定性，以保证在复杂、危险的生产环境中长时间稳定运行：

1. 冗余设计：系统应具备冗余设计，包括电力、数据传输、存储等方面的冗余，确保系统在部分设备发生故障时仍能够继续工作，不影响整体的泄漏检测与预警功能；
2. 系统监控与自检：系统应具有自检和故障诊断功能，能够自动检测系统各部分的运行状态，并在出现异常时及时发出警报，进行修复或更换。系统应定期进行维护与升级，以确保长期的稳定性。
   * 1. 系统兼容性与扩展性

智能预警系统应具备良好的兼容性与扩展性，以便能够在不同设备、系统间进行集成，并在未来随着技术的发展进行扩展：

1. 兼容性：系统应支持与现有的化工装置监控系统、设备管理系统、报警系统等进行兼容，并能够实现数据互通，保证信息的统一与共享；
2. 扩展性：随着生产规模的扩大和技术的发展，系统应具有灵活的扩展能力，能够根据需要增加新的传感器、检测点、监控区域等，并通过软件升级提升系统的功能。
   1. 设备与安装要求
      1. 设备选型要求

泄漏检测和智能预警系统的设备应根据化工装置的特点、使用环境及安全要求进行选型。设备选型应符合以下基本要求：

1. 适应性强：所选设备应能在化工装置的高温、高压、易腐蚀等特殊环境中稳定运行。设备应具备较强的抗干扰能力，能够在复杂的化学环境中进行准确的气体或物质检测；
2. 高精度与高灵敏度：检测设备的精度应能够满足工艺要求，能够检测到微量的气体泄漏，并能够在泄漏初期即发出预警信号。特别是对于有毒气体、易燃气体等危险物质的检测，设备的灵敏度应足够高；
3. 耐用性与长期稳定性：设备应具备长期稳定运行的能力，减少设备的故障率和维护频率。特别是在高风险化工生产环境中，设备的耐用性直接影响到系统的整体可靠性；
4. 维护方便：设备应设计成易于维护的形式，便于定期校准、清洁、更换配件等操作，确保设备在长期运行中的准确性和稳定性。
   * 1. 传感器选择要求

传感器作为泄漏检测系统的核心组件，其性能直接决定系统的检测能力。传感器的选择应考虑以下因素：

1. 气体选择性：传感器应具备对特定气体的高选择性，避免受到其他气体或环境因素的干扰。对于可燃气体、有毒气体或腐蚀性气体等，需要选择合适的传感器类型，如半导体传感器、电化学传感器、红外传感器等；
2. 响应时间：传感器的响应时间应足够短，确保能够快速检测到气体浓度的变化，及时发出报警信号。对于大部分化学气体，其响应时间应小于30秒；
3. 检测范围：传感器的检测范围应根据化工装置的实际需要进行选择。对于高浓度气体泄漏的检测，应选择高浓度范围的传感器；对于低浓度的气体泄漏，应选择精度较高、灵敏度较强的传感器；
4. 抗干扰能力：传感器应具有较强的抗干扰能力，能够在化工装置中常见的振动、噪音、温度变化等环境条件下稳定工作。
   * 1. 系统安装要求

泄漏检测与智能预警系统的安装应严格按照设计方案进行，确保系统功能的正常发挥。安装要求如下：

1. 传感器布置：传感器应根据泄漏风险较高的区域进行布置，如管道接头、阀门、储罐周围等高风险区域。传感器应布置合理，确保没有死角，能够全方位检测可能发生泄漏的区域；
2. 安装位置：传感器和报警设备应安装在易于检测气体泄漏的位置，避免因空气流动、温度等环境因素导致检测盲区。传感器应避免安装在通风口、高温区域或其他可能影响其正常工作的地方；
3. 电源与通信连接：所有设备应有可靠的电源供应系统，避免因电力中断造成设备停机。通信线路应采用抗干扰能力强的传输方式，如光纤或屏蔽电缆，确保数据传输的稳定性与准确性；
4. 设备防护：设备应具备防尘、防水、防腐蚀等功能，特别是在化工装置的恶劣环境下，设备的防护等级应符合相关标准。对于高温、高压环境，应选择相应的耐高温、耐高压设备；
5. 校准与调试：在系统安装完成后，必须进行全面的校准和调试，确保所有设备和传感器的灵敏度、响应时间等达到设计要求。校准工作应由专业人员进行，并保持详细的记录。
   * 1. 系统调试与测试

系统安装完成后，应进行全面的调试和测试，确保各项功能正常。调试与测试内容包括：

1. 功能测试：对泄漏检测系统进行全面功能测试，确保各传感器、报警设备、数据传输与分析模块等均能正常工作。测试过程中应模拟不同气体泄漏场景，验证系统的响应速度、报警准确性和设备稳定性；
2. 报警测试：测试各级报警的响应能力，确保系统能够在设定的报警阈值内及时发出报警信号。检查报警系统的声光提示、远程通知等功能是否正常；
3. 系统联动测试：测试系统与其他安全控制设备的联动功能，如应急排风、气体抑制、报警控制等，确保在泄漏发生时系统能够自动启动应急响应；
4. 环境适应性测试：对系统进行环境适应性测试，确保设备能够在化工装置的实际工作环境中稳定运行，如温度、湿度、振动等因素的影响。
   * 1. 设备维护与更换

为了确保泄漏检测与智能预警系统的长期稳定性和准确性，设备必须定期进行维护和更换。维护要求包括：

1. 定期校准与检验：所有传感器应按照厂商要求进行定期校准，确保其灵敏度和准确性。校准记录应保存，以备查验；
2. 设备检查与清洁：定期检查所有设备，特别是传感器、报警器、通信模块等，清洁设备表面，确保没有灰尘、腐蚀物等影响设备正常工作的因素；
3. 故障排查与维修：一旦发现设备故障，应及时进行排查和维修，尽量避免因设备故障导致泄漏事件的发生。设备故障应记录在案，并进行详细的维修记录。
   1. 系统维护与管理要求
      1. 系统日常管理
         1. 设备检查与巡检

为了确保泄漏检测与智能预警系统的持续有效运行，必须建立系统的日常管理制度。系统日常管理包括设备的定期检查、数据的有效管理、软件的维护与更新等，确保系统处于良好的工作状态。

定期检查所有系统设备的运行状态，特别是传感器、报警装置、数据处理设备等，确保设备没有故障或老化，能够正常工作。巡检记录应详细记录设备的运行状态，并及时处理发现的问题。

* + - 1. 数据管理

对系统生成的各类数据进行分类、存储和管理。所有检测数据、报警记录、设备维护记录等应进行归档，确保数据完整、可追溯。定期进行数据备份，以防止因设备故障或网络问题导致数据丢失。

* + - 1. 系统日志与报告

应定期生成系统日志，记录系统运行状态、报警事件、设备维护情况等。生成定期的管理报告，汇总泄漏事件、报警次数、系统故障等内容，分析系统运行的有效性和改进空间。

* + 1. 定期维护与校准
       1. 定期校准

为了确保泄漏检测系统的长期稳定性和准确性，所有传感器和设备都应进行定期的维护与校准。

根据设备的工作环境和使用频率，制定合理的校准周期。传感器应按期校准，确保其响应准确，特别是在有毒气体或可燃气体泄漏的高风险场所。校准工作应由专业人员进行，并确保校准记录的完整性。

* + - 1. 定期清洁与检查

定期对设备进行清洁，特别是传感器和报警器的检测部分，避免灰尘、油污等对设备性能的影响。定期检查设备的电池电量、电源系统、通信线路等，确保设备运行稳定。

* + - 1. 软件更新与维护

预警系统的软件应定期更新，以适应新的技术和算法，提升系统的预警精度和响应速度。软件的更新应通过严格的测试，确保更新不会影响系统的正常运行。

* + 1. 故障诊断与应急处理
       1. 自动故障诊断

系统应具备自动故障诊断功能，在设备出现故障时能够及时报告，并进行处理。

系统应具有自动诊断功能，能够检测到系统中的设备故障、通信故障等问题，并发出警报。诊断功能应能识别故障的类型，并提供解决方案或建议。

* + - 1. 故障处理与修复

一旦发生设备故障或系统异常，管理人员应根据故障诊断结果及时进行处理。故障发生后，应记录详细的故障情况，包括故障类型、影响范围、处理过程等，以便进行事后分析与改进。

* + - 1. 应急响应机制

在发生系统故障或出现严重泄漏的情况下，应立即启动应急响应机制，迅速采取措施，防止事故的进一步恶化。应急响应措施应包括启动备用系统、关闭泄漏源、通知相关人员等步骤。

* + 1. 人员培训与技术支持
       1. 操作人员培训

为了确保泄漏检测与智能预警系统能够高效运行，相关操作人员应接受定期的技术培训，并了解设备的操作与维护要求。

对操作人员进行系统操作培训，确保其能够熟练操作系统的各项功能，包括泄漏检测、报警响应、数据分析等。培训内容应包括设备的日常管理、报警处理、安全操作规范等。

* + - 1. 维护人员培训

定期对设备维护人员进行培训，确保他们具备专业的技术能力，能够及时对设备进行故障诊断和修复。维护人员应了解设备的工作原理、常见故障、校准方法等，并能够进行有效的系统维护。

* + - 1. 技术支持与服务

系统供应商应提供技术支持服务，确保设备的使用过程中能够得到及时的技术指导和故障处理支持。技术支持应包括远程故障诊断、软件更新、设备维修等内容。

* + 1. 系统优化与升级
       1. 系统优化

定期对系统的功能进行优化，提升系统的预警精度、响应速度和稳定性。通过数据分析，识别系统运行中的瓶颈或不足之处，并采取措施进行优化。

* + - 1. 技术升级

随着新技术的发展，系统应逐步引入新的检测技术、分析算法、数据处理方法等，不断提升系统的智能化水平和可靠性。技术升级应根据行业的最新标准和技术趋势进行。

* + - 1. 用户反馈机制

建立用户反馈机制，收集系统使用过程中遇到的问题和改进建议。通过反馈机制，系统可以持续改进，以更好地满足实际应用需求。

