

材料化学成分检测用的有害气体分离储存结构

顾童谣

中国地质大学，湖北武汉，430200；

摘要：在材料化学成分检测过程中，会产生诸如氯气、硫化氢、一氧化碳等有害气体。这些气体不仅对人体健康存在严重威胁，还可能对环境造成污染，同时部分气体具有易燃易爆等特性，存在安全隐患。因此，设计一种高效、安全且可靠的有害气体分离储存结构至关重要，它能够确保有害气体在检测过程中得到妥善处理，保障实验人员的安全和环境的稳定。

关键词：材料化学成分检测；有害气体分离；设计；储存结构

DOI：10.69979/3041-0673.25.11.032

引言

随着材料科学、环保企业的发展对材料化学元素的检测需求越来越大，有害气体分离贮存结构的运用前景广阔，在研发生产企业中对检测所产生的有害气体进行安全储存，在不损害检测人员身体以及生产环境的情况下除去污染物；在环境检测部门中对检测所产生的有害气体进行安全回收，使检测数据精确，检测结果可靠；在科研机构中对材料研发以及化学分析确保检测过程中所产生有害气体的清洁以及不泄漏的安全保障，保证材料与化学实验研究的快速进行。

1 有害气体分离储存结构的总体设计思路

1.1 功能需求分析

有害气体检出储存系统结构需要对有害气体具备收集、分离、净化、储存等多种功能。首先，需要满足其能够高效的检测过程中所产生的有害气体进行有效的收集，避免出现检测过程中有害气体泄漏到作业环境中。其次，根据每种有害气体自身的物理性质、化学性质等特点，采用一定的分离技术对气体混合气体进行分离，利于后续的有害气体的处理及储存。对有害气体检出分离后处理中所形成的气体杂质等物质进行净化处理，充分去除有害气体混合气体中的杂质、有害物质，将气体纯度提升，纯净有益气体混合气体。最终，将净化处理后所形成的有害气体检出储存至有害气体储存罐中，等待有害气体处理或者回收处理。

1.2 结构设计原则

结构设计首先要以安全为主要任务，避免造成有害气体的泄漏或爆炸，选用耐腐蚀、耐压的结构材料，对有害气体进行多重防安全保护，设置有害气体泄漏报警装置以及防爆装置等。有利于保障有害气体分离储存工作的高效化进行，处理时间短，可提升检测工作率。促进分离工艺流程优化，选用高效率的分离设备及储存容器。结构的可靠性要高，持续性长，在运行过程不会出

现故障。选用质量较高的零部件及设备，对其进行合理的结构布置和连接方式。分离和存储有害气体过程中遵循环保原则，降低有害气体对周边的环境污染程度。对分离和存储期间产生的废弃物进行合理化的处理，采用环保分离净化。

1.3 总体结构组成

材料化学成分分析用有毒有害气体分离储存装置由气体收集系统、气体分离系统、气体净化系统、气体储存系统、安全控制系统等组成。各系统联合工作完成有毒有害气体的分离储存，气体收集系统收集材料化学成分分析过程中的有毒有害气体；气体分离系统利用分离技术把混合气体分离为单一气体成分；气体净化系统对气体分离后的有毒有害气体进行净化；气体储存系统把净化后的有毒有害气体安全储存；安全控制系统对整个装置实时进行监控，确保安全运行。

2 气体收集系统

2.1 收集方式选择

根据材料化学成分检测设备分布和有害气体逸出的情况，可采用局部排风罩收集和全面通风相结合的方式，对检测过程中逸出有害气体的设备、有害气体分布比较集中的部位，如检测仪器的排风口处，设置局部排风罩，可将逸出的有害气体有效收集。局部排风罩应该根据排风口的形状和大小进行设计，做好捕集工作。对检测实验室整体场所，采用全面通风的方式，将逸散至空气中的有害气体稀释排出室外，保证室内气体质量符合安全要求。

2.2 收集管道设计

收集管道是连接检测设备排风口、气体分离系统的重要管道，设计上要考虑气体输送的要求，管道材料选择耐腐蚀、管内光滑的不锈钢、聚氯乙烯等材料降低气体在管道内的阻力和腐蚀。管道直径的确定要考虑气体

流量和压力损失等通过计算来满足气体流动。在管道上增加相应的管道阀门、弯头和三通等管件进行管道安装、维护及控制气体的流向。为避免管道内的有害气体冷凝可进行管道的保温，寒冷地区或输送容易冷凝的气体。

2.3 风机选型

风机是气体收集系统输送气体的动力系统，风机的选型对有害气体的收集能力有着重要的影响。对风机的选型要根据气体的风量、风压、温度、腐蚀性等因素进行选择，对输送腐蚀性的气体要求使用耐腐蚀风机，如玻璃钢风机、塑料风机等。风机的风量根据检测设备排气量和管道阻力进行核算，要能收集好所产生的有害气体且能及时收集气体，风机的风压也要能够克服管道系统的阻力，将气体正常输送至管道。为了达到节约能源及调节风量的效果，还可以选择变频风机，调节风机转速。

3 气体分离系统

3.1 分离技术选择

现有常见的有害气体分离技术有吸附分离技术、膜分离技术、精馏分离技术、吸收分离技术等。不同有害气体使用不同的分离技术进行分离。根据有害气体成分及性质等选择吸附分离技术。利用吸附剂对不同气体的选择性吸附性能的不同，实现不同有害气体的分离。吸附剂比表面积大，选择性强，有活性炭、分子筛等。吸附分离适宜于分离低浓度、高沸点的有害气体，有分离效率高、操作简单等优点。基于气体在膜两侧不同压力下所产生的压力差，利用膜对气体在膜两侧的渗透速率的选择性差异，实现气体的分离。膜分离技术有设备简单、操作方便、能耗少等优点，适用于分离不同分子量的气体混合物。常见的膜材料有高分子膜、无机膜等。根据气体成分不同的沸点差异，通过多次蒸发和冷凝实现气体混合物的分离。精馏分离适用于不同气体沸点相差较大的情况，能够得到较高纯度的气体产品。但是精馏分离设备复杂，耗能高。利用吸收剂对有害气体的吸收性能和选择性的不同，将有害气体从混合气体中分离出来。吸收剂对有害气体的选择性强，吸收性能好，吸收分离适用于混合有害气体数量多、有害气体含量高的情况，有氢氧化钠溶液吸收酸性有害气体。

3.2 分离设备设计

依据分离方式，设计分离设备。对于吸附分离而言，吸附塔是重要分离设备。吸附塔根据吸附剂性能和进气气体流量、浓度等条件来设计。塔体选择耐腐蚀、耐压的材料，如不锈钢；塔内装填吸附剂床层，吸附剂床层高、截面积应依据吸附剂的吸附容量和气体流速进行计算；在吸附塔上安装进出口、吸附剂装卸口、压力、温

度传感器等，便于设备运行及监控。为了进一步提高吸附分离效率，吸附塔可采用串联或并联模式。

3.3 分离工艺流程

针对混合有害气体中的气体的种类和分离要求，优化气体分离工艺流程设计。例如混合有害气体中包含了氯气和硫化氢，首先通过吸收分离方法，使用氢氧化钠溶液吸收氯气，生成次氯酸钠和氯化钠；接着采用吸附分离法，使用活性炭吸附硫化氢。混合有害气体的工艺流程设计为：混合气体进入吸收塔，和氢氧化钠溶液充分接触，气体中氯气被氢氧化钠溶液吸收；吸收处理过的气体进入吸附塔，硫化氢被活性炭吸附，得到比较纯净的气体。在混合有害气体工艺流程中设计必要的中间储罐以及管道连接，实现对气体顺畅输送以及分离过程的连贯性。

4 气体净化系统

4.1 净化目的和要求

气体净化系统主要是为了消除分离后有害气体中残存杂质及有害物质，对气体进行净化处理，以提高气体纯度，满足储存及后续处理的要求。净化后的有害气体要符合一定的净化度要求，比如要满足杂质的含量不超过规定的限值，从而保证储存过程的安全、后续处理的效能，并使得净化的过程对环境二次污染较小。

4.2 净化方法选择

选择合适的净化方法，根据有害气体的性质和杂质成分选择合适的净化方法。常用净化方法主要有过滤、洗涤、催化氧化、还原等方法。以过滤器去除气体中的固体颗粒杂质。过滤器选择不同材质、不同精度的滤芯，如玻璃纤维滤芯、金属滤芯等滤芯，根据气体的性质、杂质颗粒大小选择。用洗涤液洗涤气体，去除气体的可溶性杂质和有害气体。洗涤液应根据有害气体的性质来选择，如用水洗涤去除水溶性杂质，用碱性溶液洗涤去除酸性有害气体等。在催化剂的作用下，将有害气体氧化成无害气体或易于处理的物质。如在催化剂作用下，一氧化碳可以被氧化成二氧化碳。用还原剂将有害气体还原成无害气体或易于处理的物质。如用氢气将氮氧化物还原成氮气和水。

4.3 净化设备设计

以洗涤净化为例，洗涤塔是洗涤净化的主体设备。洗涤塔应根据洗涤液流量、气体流速、接触时间等确定塔径。塔体材料宜选耐腐蚀材料，如聚丙烯，塔内设置填料层或喷淋装置来增大气体与洗涤液的接触面积，提高洗涤效率，塔顶、塔底设置气体进出口、洗涤液进出口、液位计、压力传感器等检测装置。为提高洗涤效率可采用多级洗涤塔串联。

5 气体储存系统

5.1 储存容器选型

气体储存容器的选型要根据有害气体的性质、储存量、储存压力等因素确定。常用的储存容器有钢瓶、储罐等。储存量较少、压力较高的有害气体可用钢瓶储存，例如高压气瓶。钢瓶宜选用符合国家标准要求的钢材制成，如无缝钢管，有较好的耐压、耐蚀性能。储存量较大的有害气体宜用储罐储存，如立式储罐、卧式储罐，储罐材料要根据有害气体的性质确定，储存腐蚀性气体可选用不锈钢储罐或内衬耐腐蚀材料的储罐。

5.2 储存容器设计

储罐设施应设计为安全、可靠、方便、实用。以钢瓶为例，钢瓶设计应具有瓶体、阀门、安全附件等，瓶体壁厚按储存压力及材料许用应力计算满足强度和稳定性要求，阀门材料选用耐腐蚀、密封性能较好的阀门，如截止阀、球阀等。安全附件有压力表、安全阀、爆破片等用于监测容器内压力和防止容器超压事故的发生。储罐设计除了罐体的结构和强度外还应设有液位计、温度计、呼吸阀等，利于监测储罐内液位、温度、压力变化。

5.3 储存环境要求

有害气体的储存环境与储存安全息息相关。贮存场所内要保证空气流通顺畅，不能处于太阳直接暴晒和温度过高的环境中，以确保有害气体在温度升高膨胀的情况下不会发生危险。储存有害气体的场所对于易燃、易爆类有害气体应设置防火、防爆器具，例如防火墙、防爆电器等设施，存放地点要远离人群密集场所和火源，以保证在贮存期间的安全性。

6 安全控制系统

6.1 安全监测装置

安全控制系统应该安装各种安全检测装置来对有毒有害气体分离储存结构进行状态监控。有毒有害气体泄漏检测装置、压力计、温度计、储罐液位计都是比较常见的安全检测装置。有毒有害气体泄漏检测装置是检测有毒气体是否泄漏，一旦有毒有害气体泄露，就及时发出警报信号。压力计和温度计是对储存容器以及管路中的压力值和温度值进行监控，一旦压力、温度值超过预定值，就自动启动相应安全设施。液位计对储存罐中的储液液位进行监控，以避免储液液位过高或过低发生事故。

6.2 安全防护措施

采取设置防爆墙、防毒器、防爆阀、呼吸阀、泄压放空装置、防护网、熔丝、保险器、熄火塞、紧急切断装置、防爆光控灯、防爆断路器、防静电保护球，以及泄漏报警装置和灭火器、消防栓、消防水炮、防毒面具等安全防范措施，从多方面杜绝有害气体泄漏、爆炸等事故发生的可能性。

6.3 应急处理预案

制定完善的应急处理预案，处理可能发生的有害气体泄漏、爆炸事故等。事故的应急处理预案主要包括事故的报警、人员的疏散、应急救援、事故的处理等，要明确各部门和人员应急处理过程中的职责和分工，对事故应急处理预案进行经常性的演练，增强应急处理事故的能力，使当发生事故时，能快速、有效的进行事故的应急处理，减少事故发生时造成的损失。

7 结论

材料化学成分检测有害气体分离储存系统是一个综合系统，包括气体的收集、分离、净化、储存及安全控制等。通过优化设计和选型，运用先进的技术和工艺及设备能更好地实现有害气体的有效分离并安全储存，确保试验人员的安全及环境稳定。应用过程要注意根据不同的检测需要及有害气体性质优化调整分离储存系统。加强有害气体分离储存系统运行管理和维护，使其长期有效地运行，从而为材料化学成分检测工作创造良好的保障。

参考文献

- [1] 谷臣泉. 金属材料化学成分检测潜在问题及其对策研究[J]. 冶金与材料, 2024, 44(01): 70-72.
- [2] 丁栋, 李霞, 冯秀梅, 等. 金属材料化学成分检测潜在问题及其对策研究[J]. 中国金属通报, 2023, (05): 207-209.
- [3] 李小广, 吴佳灵, 王阔传, 等. 有害气体监测系统 Modbus 通信异常研究[J/OL]. 宇航计测技术, 1-6 [2025-05-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2052.V.20250422.0853.002.html>.
- [4] 韦小伟. 受限空间有毒有害气体监测平台的设计与实现[J]. 辽宁开放大学学报(自然科学版), 2025, (01): 7-12+27. DOI: 10.19469/j.cnki.2097-552X.2025.01.0007.

作者简介：顾童谣, 2005.07.18, 女, 汉族, 河南省洛阳市洛宁县, 中国地质大学(武汉)本科在读。研究方向: 高分子、半导体、有害气体检测、环保材料等。