光伏工厂酸碱中和站对化学品泄漏应急收集、储存与处理能力的评估与提升研究

邓小刚（天合光能（东台）光电有限公司，江苏　盐城　224200）

摘　要：酸碱中和站是化学品泄漏应急处理的中心设施，可以及时收集并中和泄漏的物质。本文通过评价现有的光伏工厂酸碱中和站的应急收集能力，发现现有的设备配置、泄漏监测系统以及废液处理能力等存在一定的瓶颈。因此研究提出了一系列措施，包括引进高效的自动化设备、升级监测系统、加强人员培训和应急演练、完善废液处理和存储系统等。这些改进措施目的在于提高应急响应效率和安全性，保证化学品泄漏事件发生时能够迅速、有效地减少环境污染、减少人员伤害。

关键词：光伏工厂；酸碱中和站；化学品泄漏；应急收集能力；储存

中图分类号：X783.4　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1674-5167（2025）035-0138-03

Evaluation and Improvement of Emergency Collection,Storage and Treatment Capacity of Chemical Leakage in Acid-Base Neutralization Station of Photovoltaic Factory

Deng Xiaogang (Trina Solar (Dongtai) Co., Ltd., Yancheng Jiangsu 224200, China)

Abstract: Acid-base neutralization stations serve as critical facilities for emergency chemical spill response, enabling rapid collection and neutralization of leaked substances. This study evaluates the emergency containment capabilities of existing acid-base neutralization stations in photovoltaic plants, identifying limitations in equipment configuration, leak detection systems, and waste liquid treatment capacity. To address these issues, the research proposes a series of measures, including the introduction of high-efficiency automated equipment, upgrades to monitoring systems, enhanced personnel training and emergency drills, and improvements to waste liquid treatment and storage systems. These enhancements aim to improve emergency response efficiency and safety, ensuring rapid and effective mitigation of environmental pollution and personnel injuries during chemical leakage incidents.

Keywords: photovoltaic plant; acid-base neutralization station; chemical leakage; emergency collection capacity; storage

伴随着全球能源转型以及光伏产业的蓬勃发展，光伏工厂的生产规模越来越大，化学品的使用量以及种类也越来越丰富。化学品泄漏事故成了光伏工厂所面对的一项严重安全风险。化学品泄漏会造成生产中断，还会给周围环境造成严重的污染，而且会造成工厂内外人员的生命危险。为了应对这些风险，酸碱中和站是重要的应急设施，在化学品泄漏事故发生时，酸碱中和站起着非常重要的作用。本文会详细剖析目前应急响应系统存在的不足，进而提出改善应急收集能力的措施。

1 化学品泄漏应急收集系统概述

1.1 化学品泄漏应急收集系统的功能与重要性

光伏工厂中化学品使用广泛、种类繁多，尤其是液氨、氢氟酸、硝酸、氯气等强腐蚀性、毒性大的化学品。这些化学品在生产过程中是不可缺少的，但是它们的特性也使化学品泄漏事故可能带来严重的后果。泄漏的化学品会对生产过程和环境造成威胁，还会给工作人员的安全带来重大风险，因此建立高效的应急收集系统就显得十分重要。应急收集系统的核心作用就是当化学品泄漏的时候，能够及时有效地处理，防止泄漏物质的进一步扩散和污染。该系统依靠及时找到泄漏点，迅速启动应急处理程序，实施中和反应，把酸碱性物质转变成无害的物质，削减对环境的不良影响，守护厂区内外人员的安全。酸碱中和站是应急收集的主要设施，可以快速完成中和反应，避免有害物质给周围环境造成长期污染。

应急收集系统关系到工厂是否安全，也与法律法规相联系，需要符合《危险化学品安全管理条例》以及《危险化学品目录》（2015 版）等国家安全标准、环境保护标准。通过设计优化化学品泄漏应急收集系统来减小事故造成的扩大影响，保证工厂生产安全以及周围环境的稳定。提高光伏工厂应急收集系统的能力是减少风险的重要手段之一，也是加强光伏工厂安全管理的一项重要内容。

1.2 光伏工厂化学品泄漏的特点与挑战

光伏工厂在生产过程中所用到的化学品大多数都是危险化学品，液氨、氢氟酸、硝酸等，在发生泄漏事故时危害较大。化学品泄漏不但会打乱光伏电池的生产进度，还会造成环境污染。氢氟酸泄漏后会和水分发生反应生成氟化氢，氟化氢是一种具有强酸性的气体，会对空气、土壤和水源造成严重的污染，具有腐蚀性和毒性，泄漏事件造成的后果十分严重。根据《危险化学品目录》以及相关法规，氢氟酸、硝酸等具有很强的腐蚀性，氯气属于高毒性气体，这些物质一旦泄露就会引发严重的腐蚀、火灾或者爆炸等危险。硝酸泄漏会和其他化学物质反应，引起剧烈的反应；氯气泄漏则会造成中毒事故，甚至危及厂区外人员的健康。因此光伏工厂化学品泄漏的特点和挑战为，具有极高的危险性、腐蚀性，处理不当会造成次生事故，泄漏后的扩散速度很快，处理难度大，尤其是在生产线中，化学品泄漏点隐蔽，及时发现、处理是关键。光伏工厂要具备科学的应急管理体系与处理办法，依靠快速检测并及时中和，尽可能减小泄漏造成的危害。难题在于怎样设计出更为高效的、精准的应急反应系统来应对复杂突发的化学品泄漏状况。

1.3 酸碱中和站的作用与工作原理

酸碱中和站属于应急收集系统的重要部分，它的主要工作就是将泄漏出来的酸碱性物质快速中和成无害物质，从而减轻或者消除泄漏物质给环境和人员带来的危害。中和站一般由化学品泄漏监测系统、液体收集和转运系统、中和反应池、废液储存和处置设施等组成。当出现化学品泄漏时，安装在各个重要位置上的传感器将实时监测出泄漏物质的浓度。一旦发现有害气体或者液体泄漏，传感器就会发出报警信号，应急收集系统马上启动。系统能自动识别泄漏物质的种类，经由中央控制系统调配应急设备的运转。泄漏的化学品被液体收集槽、泵送系统快速转至中和池。泵送系统设计十分重要，泵速要依照泄漏物质的流量及种类来调节。强腐蚀性化学品的输送速度要慢一些，保证泵管和设备的安全使用。转运系统还要装有相应的泄漏保护装置，防止泵送时发生二次泄漏。中和反应及废液处理，向中和池中加入中和剂（氢氧化钠溶液等），与泄漏的酸碱物质发生中和反应，生成无害的中性物质。中和反应的效率会直接决定应急处理的效果。反应公式为：

$$NaOH+HCl \rightarrow NaCl+H_2O$$

通过这个中和反应，强酸（氢氟酸、硝酸）和强碱（氢氧化钠）会迅速变成盐和水。中和后的废液应依照《危险废物处理规范》进一步做储存、处理。中和反应后产生的废液中含有一定量的中和剂和中和后的废盐，需要专门的储存罐来收集。废液储罐的设计要满足密封要求，防止废液外溢。另外，废液存储罐要定时检测并清理，保证它不是二次污染源。酸碱中和站的高效运转要依靠各环节的协调配合，保证泄漏出来的酸碱性物质能在最短的时间内被中和处理。为应对不同类型的泄漏事故以及不同规模的泄漏事故，酸碱中和站的设备、系统应根据不同的具体工厂的生产情况来设计，提高应急处理的能力。

2 现有应急响应系统评估

2.1 现有应急响应系统的配置与功能

光伏工厂的应急响应系统主要依靠酸碱中和站中的设备配置来应对化学品泄漏事故。根据天合光能（东台）光电有限公司安全设施验收报告及现场调查数据可知，现有的应急响应系统配置有化学品泄漏监测系统、液体收集系统、反应池、废液储存设施等。这些设备在日常小泄漏事故时的应急响应能力较强，可以迅速启动、反应。但是面对大规模的化学品泄漏，现有的系统还是存在着很大的瓶颈。设备配置的处理能力有限，特别是在面对高危化学品（氢氟酸、硝酸）的时候，目前的反应速度以及中和反应的容量不能达到高强度的应急需要。中和反应池的容量小，不能满足大规模泄漏时快速反应的需要，液氨、氢氟酸泄漏时，由于其强烈的腐蚀性，更需要快速中和。

2.2 数据分析与评估

为进一步检验现有的应急响应系统是否有效，本文通过对工厂提供的数据进行分析，并将设备响应时间、泄漏监测系统准确性、废液处理能力等指标代入到对现有系统应急响应效果的定量评价中。设备的响应时间，现有的设备在化学品泄漏之后，事故发生到开始中和反应的平均时间就是 5min。一般规模的泄漏事件，这样的响应时间勉强可以接受。但 5min 的响应时间对于大规模、高浓度泄漏事故来说，显然是不够的，不能满足紧急处理的要求。如处理腐蚀性极强的氢氟酸泄漏，反应缓慢会导致泄漏物迅速扩散、环境污染加重，救援难度加大，成本提高。因此提高设备响应时间、提升快速反应能力是系统急需改进的方向。第二，监测系统的准确性也是个问题。根据数据现有监测系统的误差率大约为 8%。低浓度气体泄漏时，氯气、氨气的误差率较大。低浓度气体泄漏很难被早期检测到，造成应急处理滞后。随着传感器技术的发展，当前系统精度、灵敏度还没有达到理想状态，造成对泄漏的及时发现能力受限。对一些重要的化学品（氢氟酸、硝酸等），误差增大，监测系统就不能给应急响应提供准确的实时数据，影响决策的准确性。

2.3 评估总结

现有的应急响应系统对于小规模的泄漏事件可以较为有效地进行处理，在大规模、高浓度的化学品泄漏事故时，系统的反应速度、监测精度、废液处理能力等仍然存在着很大的不足。从设备配置上来说，无法应对高强度的应急需求；从监测系统上来说，灵敏度、准确性不够，不能及时发现低浓度泄漏；从人员培训、演练上来说，应急反应速度、应对能力还有待提高。因此提高酸碱中和站的应急收集能力成为光伏工厂急需解决的问题。工厂以后改进的方向是增加设备的处理能力、提高监测系统的准确性、加强应急演练的实际效果。高效的自动化设备，先进的传感器技术将是提高系统效率，准确性的保证。人员培训和演练的提升要依靠定期模拟演练、提高演练场景复杂性来加强人员应急处置能力，在泄漏事故发生时能做出迅速反应、准确处置，以达到事故最小化、环境安全的目的。

3 提升应急收集能力的策略与措施

3.1 加强人员培训与应急演练

提高人员的应急反应能力是保证应急收集系统高效运行的重要因素。光伏工厂的员工要定时参加应急处置培训，保证在泄漏事故发生时，能尽快采取正确的应对措施。通过模拟各种类型泄漏事故来训练应急反应能力，保证员工掌握应急处理流程，在高压环境下做出正确的判断。应急演练是检验应急响应系统是否有效的方法。定期开展全员演练，使操作人员熟悉应急处置程序，提高操作人员的实际操作能力。经过模拟大量的化学品泄漏事件，演练人员在发生事故之后要马上启动应急系统，采取快速有效的措施对泄漏的物质实施收集和中和。模拟演练可以包含小规模泄漏和大规模泄漏等各种情况，保证员工在任何情况下都能保持冷静并迅速采取行动。演练还要包含跨部门合作的内容，即同消防部门、环保部门的协调配合，保证事故处理时信息畅通、反应及时。演练结束之后，相关人员要对演练的结果展开总结，找出并改进应急流程里的薄弱之处，从而持续优化应急处置水平。应急演练不能只讲速度，还要讲准确度。员工的快速反应能力要靠反复演练来加强，保证每一个环节都能准确执行。中和剂加入量要根据泄漏物质种类、浓度来准确控制，防止中和剂加入过量或者不足，影响应急处理效果。另外，在应急反应时要根据实时监测数据来做出决策，所以操作人员要有较强的数据分析及应急判断能力，保证反应的科学合理。

3.2 完善废液处理与存储系统

提高废液处理能力，是保证应急收集系统长期有效运行的一个基础。在化学品泄漏事故中，废液处理系统处理能力的好坏直接影响着处理后废液能否得到及时、安全的处理。如果废液的存储与处理能力不足，就会造成废液存储空间过满，产生二次污染的风险。所以光伏工厂要继续改进废液处理系统，以应付可能出现的大批量泄漏事故。按照工厂提供的数据，目前现有废液处理系统处理能力为 20t/h，在处理大规模泄漏事件的时候，常常不能满足需要。为保证废液能及时处理储存，应扩充废液储罐容量，增大处理设施容量。在废液储存系统的设计中要考虑到泄漏事故的高峰期处理需求，保证系统可以储存大量的废液并对其进行处理，而不会因为储存空间的不足而导致泄漏物质的二次扩散。废液处理工艺的改良，对提高废液处理效率有重要作用。现有废液处理系统可以处理酸碱中和后的废液，但在面对复杂化学品的泄漏时，其处理工艺的单一性就显得不足。因此工厂采用多级过滤、中和、废物分类等综合办法来提高废液处理的精度和效率。对于强腐蚀性废液可以采用多级中和池逐步中和，保证废液在最终排放前达标。另外可以加入先进的废液处理设备，比如气体洗涤塔、吸附池等来提高废液处理能力。储罐应该有高的密封性，防止废液泄漏或者蒸发气体泄漏。废液转运时，液体输送管道要定时查看，装设泄漏检测装置，保证转运过程中不出现意外漏液。同时应急人员要定时对废液的储存及转运系统进行检查，保证其在使用过程中处于良好的工作状态。

4 结束语

随着光伏产业的发展以及生产规模的扩大，化学品泄漏事件的发生概率越来越大，光伏工厂的安全生产要求也越来越高。本文通过对现有酸碱中和站应急收集系统进行评估，分析了设备配置、监测系统以及废液处理等方面存在的不足，提出了设备升级、人员培训和废液处理优化等多项改进措施。改进的措施提高光伏工厂化学品泄漏应急处理响应效率与安全性，在发生泄漏时能及时高效地完成泄漏处理，降低对环境造成污染和对人员造成的伤害。光伏工厂要持续加强应急管理体系，用技术创新、管理优化来提高整体的应急响应能力，给光伏产业的可持续发展提供有力的保障。

参考文献：

[1] 王剑朋，郝慧秀．半导体企业危险化学品的安全管理策略 [J]. 化工管理，2025(29):91-94.

[2] 李霜，陈莉．硫酸泄漏事故应急响应与长期环境治理策略评估 [J]. 资源节约与环保，2025(08):80-83.

[3] 陈凯，纪来征．危化品道路运输风险分级管控系统设计探究 [J]. 重型汽车，2025(04):40-41.

[4] 孟超．某石化企业潜在风险识别研究 [J]. 环境科学与管理，2025,50(07):189-194.