

高分子除氯剂对水中氯离子的吸附机理

杨春平¹ 戴家宏¹ 张卓²

1 宁波乐惠国际工程装备股份有限公司 2 东富龙科技集团有限公司

DOI:10.12238/etd.v5i5.9122

[摘要] 在压力容器制造与检测过程中,GB150.4标准中11.4.9.1条明确规定试验液体一般采用水,试验合格后应立即将水排净吹干,无法完全吹干时,对奥氏体不锈钢制容应控制水中的氯离子含量不超过25mg/L,而11.4.9.6条规定,压试验完毕后,应将液体排尽并用压缩空气将内部吹干,这体现了对材料保护、设备安全及长期运行的重视。针对这些要求,高分子除氯剂作为一种高效的水处理材料,其在水质净化领域展现出了显著优势。基于此,本文分析了氯离子在水中的存在形式和危害,对高分子除氯剂的类型及特性进行了归纳整理,并阐述了高分子除氯剂对水中氯离子的吸附机理,以供参考。

[关键词] 水; 氯离子; 高分子除氯剂; 吸附机理

中图分类号: TB324 **文献标识码:** A

Adsorption mechanism of polymer dechlorination agent for chloride ions in water

Chunping Yang¹ Jiahong Dai¹ Zhuo Zhang²

1 Ningbo Lehui International Engineering Equipment Co., Ltd 2 Dongfulong Technology Group Co., Ltd

[Abstract] In the manufacturing and testing process of pressure vessels, Article 11.4.9.1 of GB150.4 standard clearly stipulates that water is generally used as the test liquid. After the test is qualified, the water should be immediately drained and dried. If it cannot be completely dried, the chloride ion content in the water should be controlled to not exceed 25mg/L for austenitic stainless steel production. However, Article 11.4.9.6 stipulates that after the pressure test is completed, the liquid should be drained and the interior should be dried with compressed air, which reflects the importance of material protection, equipment safety, and long-term operation. In response to these requirements, polymer dechlorination agents, as an efficient water treatment material, have demonstrated significant advantages in the field of water purification. Based on this, this article analyzes the forms and hazards of chloride ions in water, summarizes and organizes the types and characteristics of polymer dechlorination agents, and explains the adsorption mechanism of polymer dechlorination agents on chloride ions in water for reference.

[Key words] water; Chloride ion; Polymer chlorine removal agent; adsorption mechanism

引言

在食品、化工、医药等行业中,承压设备的设计与制造关乎生产效率和产品质量,设备的防腐蚀是很重要的部分,对于设备试压用水氯离子含量有必要严格的要求,这对设备的使用寿命有比较大的影响,氯离子作为一种常见的腐蚀性介质,其存在会加速不锈钢等金属材料的应力腐蚀和晶间腐蚀过程,严重威胁设备的运行状况,因此,在GB150等压力容器设计标准中,对试压用水的氯离子含量提出了严格的要求,以确保设备在试压过程中及后续运行中免受不必要的腐蚀损害。

1 氯离子在水中的存在形式

氯离子作为自然界和工业生产中常见的阴离子,其在水中的存在形式主要分为两种。第一是自由态氯离子,这是氯离子最

基本、最直接的存在形式。在未经特殊处理的水中,氯离子通常以自由态的形式溶解于水中,与阳离子(如钠离子Na⁺、钾离子K⁺等)结合形成盐类,如氯化钠。在设备试压过程中,如果试压用水含有高浓度的自由态氯离子,这些离子在设备内部残留并可能引发腐蚀反应,对设备的材料尤其是奥氏体不锈钢等敏感材料造成损害,缩短设备的使用寿命^[1]。

第二是结合态氯离子,当自由态氯离子遇到水中的有机物质,如腐殖质、藻类、微生物代谢产物等时,会发生化学反应,生成一系列复杂的有机氯化物,这些有机氯化物中的氯离子以结合态的形式存在,不再以自由离子的形式游离于水中,在设备试压用水中,如果含有过多的结合态氯离子,它们可能在设备内部沉积,形成难以去除的腐蚀产物,进一步加剧设备的腐蚀问

题。此外,结合态氯离子会对人体健康产生不利影响,长期摄入含有过高浓度有机氯化物的水,可能增加患癌风险,影响内分泌系统正常功能,甚至对神经系统造成损害。因此,在水处理过程中,需要特别关注并控制这些有机氯化物的生成。

2 氯离子在水中存在的危害

2.1 氯离子对金属材料的腐蚀

氯离子会对金属材料产生一定的腐蚀,对于碳钢和不锈钢等常见金属材料,氯离子的存在会显著加速其腐蚀过程。对于碳钢而言,氯离子与溶解在水中的氧共同作用,形成电解质溶液,导致碳钢发生吸氧腐蚀,这一过程中,碳钢逐渐失去其原有的金属光泽,表面覆盖上一层铁锈,铁锈的形成和积累不仅破坏了设备的外观,还影响了设备的结构完整性,降低了其机械强度和承载能力。对于不锈钢而言,氯离子能穿透其表面的钝化膜,与内部的金属离子结合形成可溶性氯化物,这些氯化物在金属表面逐渐积聚,形成微小而深邃的蚀坑,进而发展成为蚀孔,这种局部腐蚀现象被称为点蚀。

2.2 氯离子与其他物质的反应及其危害

氯离子不仅与金属直接反应,还能与其他物质发生复杂的化学反应,产生具有潜在危害的物质。例如,氯气溶于水后生成次氯酸和盐酸,这两种物质对碳钢设备产生析氢腐蚀,析氢腐蚀是指金属在酸性条件下与氢离子反应,释放氢气并导致金属表面逐渐剥离的过程,次氯酸和盐酸的酸性环境为这一过程提供了有利条件,使得碳钢设备的腐蚀速率显著加快,严重缩短了设备的使用寿命。此外,氯离子还能与有机物反应生成有机氯化物,这些有机氯化物往往具有难降解、生物累积性强等特点,对人体健康构成潜在威胁。在特定条件下,氯离子还能与水中的钙、镁离子发生反应,形成水垢。水垢的沉积不仅会降低设备的热效率,增加能源消耗,还可能堵塞管道,影响设备的流通性能。在热交换器、锅炉等需要高效热传导的设备中,水垢的形成会使设备性能下降,甚至引发故障和安全事故。

2.3 氯离子对设备和系统运行的影响

氯离子对设备和系统运行的影响是多方面的。首先,能穿透金属表面的保护膜,形成局部腐蚀点(如点蚀、缝隙腐蚀),并随着时间的推移逐渐扩大,导致设备壁厚减薄、穿孔甚至完全失效。在换热器、管道、阀门等关键设备中,氯离子的存在会加速材料的腐蚀速率,缩短设备的使用寿命,增加维护成本和停机时间。例如,在四川奥光多晶硅项目中,氯硅烷与水反应生成的氯离子直接导致了换热器的严重腐蚀。其次,腐蚀不仅限于物理损坏,还会对系统的运行效率和稳定性产生负面影响,腐蚀产物如铁锈、铜绿等会在系统内积累,堵塞管道、阀门和过滤器,降低流体流速和传热效率。此外,腐蚀还可能引起泄漏,导致系统压力下降、流量不稳,甚至引发火灾、爆炸等安全事故^[2]。

3 高分子除氯剂的类型及特性

3.1 常见高分子除氯剂种类

高分子除氯剂根据其化学组成和作用机理的不同,常见的

高分子除氯剂可分为以下三种。第一是有机高分子除氯剂,这类除氯剂主要由有机高分子化合物构成,如某些含有特定官能团的聚合物,它们通过静电作用、离子交换或络合反应等方式,有效吸附并去除水中的氯离子。有机高分子除氯剂通常具有较高的选择性和去除效率,且对环境友好,不会引入新的有害物质。第二是无机高分子除氯剂,与有机高分子除氯剂不同,无机高分子除氯剂主要由无机化合物组成,如某些金属氧化物、氢氧化物或硅酸盐等,这些无机高分子材料通过其表面的活性位点与氯离子发生化学反应,形成难溶性的沉淀物,从而将氯离子从水中去除,无机高分子除氯剂通常具有较高的稳定性和耐用性,适用于多种水质条件。第三是复合高分子除氯剂。为了克服单一高分子除氯剂的局限性,近年来还出现了复合高分子除氯剂,其将有机高分子和无机高分子的优点相结合,通过物理或化学方法将两者复合在一起。复合高分子除氯剂不仅具有优异的除氯性能,还能协同去除水中的其他杂质,如硬离子、有机物等,进一步提高水质。

3.2 高分子除氯剂的物理化学特性

高分子除氯剂之所以能够有效去除水中的氯离子,主要得益于其独特的物理化学特性。首先,高分子除氯剂具有优异的吸附性能。其次,高分子除氯剂的选择性较高。在含有多种离子的水环境中,高分子除氯剂能够优先吸附氯离子,减少对其他离子的干扰和吸附。再者,高分子除氯剂还具有良好的稳定性和耐用性,能够在较宽的pH值范围和一定的温度条件下保持稳定的性能,不易被水解或降解,这使得高分子除氯剂能够在各种复杂的水处理系统中长期、稳定地工作,无需频繁更换或维护。最后,高分子除氯剂通常具有较高的分子量,使得其分子链较长且易于形成三维网络结构,这种结构不仅增加了高分子除氯剂的吸附容量和吸附速率,还提高了其在水中的分散性和稳定性。同时,高分子除氯剂的密度、粘度等物理性质也可以通过调节其分子结构和制备工艺进行精确控制,以满足不同水质处理的需求。

4 高分子除氯剂对水中氯离子的吸附机理

4.1 物理吸附机理

物理吸附主要依赖于高分子材料表面与氯离子之间的分子间相互作用力,如范德华力、氢键和静电力等,高分子除氯剂通常具有较大的比表面积和丰富的孔隙结构,这些特性为氯离子提供了大量的吸附位点。当含有氯离子的水历经高分子除氯剂时,氯离子会被吸附剂表面的活性基团或孔隙所捕获,形成一层薄薄的吸附层。物理吸附是一个动态平衡过程,即吸附和脱附同时发生,但总体上吸附速率大于脱附速率,从而实现了氯离子的有效去除。物理吸附具有操作简便、成本低廉、无化学污染等优点,但吸附容量和选择性相对有限,且受温度、pH值等环境因素影响较大。

4.2 化学吸附机理

化学吸附与物理吸附不同,化学吸附涉及高分子除氯剂中的活性官能团与氯离子之间发生化学反应,形成稳定的化学键,

这些活性官能团通常包括羟基、羧基、氨基、磺酸基等,它们具有较强的亲电性和亲核性,能够与氯离子发生配位、螯合或离子交换等化学反应。化学吸附过程中,氯离子被牢固地固定在吸附剂上,形成稳定的化合物或络合物,从而实现了氯离子的高效去除。化学吸附具有选择性高、吸附容量大、稳定性好等优点,但通常需要较高的活化能,且反应速率相对较慢^[3]。

4.3 离子交换机理

离子交换除氯核心在于通过离子交换基团与水中氯离子(Cl⁻)的交换过程,实现Cl⁻的固定与去除,这一方法广泛应用于各类水处理场景,尤其在小水量废水的Cl⁻净化中表现出色。离子交换基团通常包括磺酸基、羧酸基等,它们在水中能够解离出可交换的阳离子,如钠离子、氢离子等。当含有氯离子的水流经高分子除氯剂时,氯离子会与吸附剂上的可交换阳离子发生交换反应,被固定在吸附剂上,并释放出等量的可交换阳离子进入溶液。通过不断的交换过程,氯离子被逐步去除,从而实现了水质的净化。目前广泛应用的有717型硫酸根阴离子交换树脂和201×7型离子交换树脂,这些离子交换树脂成本相对较低,大约在7000元/吨,而且具备出色的再生性能,例如,201×7型离子交换树脂的再生利用率可高达83.40%,这一特性极大地降低了长期使用的成本,提高了经济效益。此外,离子交换树脂还可应用于材料领域,如作为钢筋混凝土的吸氯添加剂。然而,离子交换过程也受到溶液pH值、温度、离子浓度等因素的影响,且需要定

期进行再生处理以恢复吸附剂的交换能力。需要注意的是,离子交换除氯更适用于处理Cl⁻浓度相对较低的废水,对于高浓度Cl⁻废水的处理可能需要采取更复杂的工艺或与其他技术结合使用。

5 结束语

综上所述,高分子除氯剂对水中氯离子的吸附机理涉及物理吸附、化学吸附和离子交换等多种机制,这些机制共同作用,实现了对氯离子的高效去除。在未来,随着材料科学的不断发展和技术的持续创新,高分子除氯剂的性能将进一步优化,吸附效率将不断提高,为实现水资源的可持续利用提供有力保障。

[参考文献]

- [1]洪荣灿.抗氯剂对海砂海水混凝土抗氯离子渗透性能影响[J].建筑技术,2024,55(03):359-361.
- [2]吴岳.铁酸铋类除氯剂的废水除氯性能和循环再生研究[D].江苏理工学院,2021.
- [3]张文文,毛江鸿,孙洋,等.不同电场方向下电化学除氯过程氯离子迁移特征试验研究[J].建筑科学,2018,34(01):38-43.

作者简介:

杨春平(1984--),男,汉族,江西人,本科,助理工程师,研究方向:化工设备设计。