

# 化学除磷工艺研究进展

陈少霞

湖北兴发化工集团股份有限公司 湖北 宜昌 443700

**摘要：**化学除磷工艺是污水处理中的重要技术，其研究进展对于解决水体富营养化问题具有重要意义。本文综述了化学除磷技术的原理、优缺点及其在工业废水处理、生活污水处理、城市污水处理厂以及湖泊水库治理等方面的应用。研究重点集中于化学除磷剂的研发、工艺优化和副产物处理等方面。未来研究方向包括新型除磷剂的开发、反应机制的深入研究以及除磷工艺的绿色化发展。

**关键词：**化学除磷工艺；应用；研究进展

引言：在污水处理过程中，磷的去除是不可或缺的一环。过量的磷会导致水体富营养化，对生态环境造成严重威胁。化学除磷工艺作为解决这一问题的有效手段，其研究进展尤为重要。本文将对化学除磷工艺的基本原理、主要技术、研究现状以及面临的问题进行综述，并对未来发展趋势和挑战进行展望。通过对化学除磷工艺的不断深入研究和改进，有助于推动环境保护事业的可持续发展，满足人们对美好生态环境的需求。

## 1 化学除磷技术原理

化学除磷技术是利用化学反应将污水中的磷元素转化为不溶性磷酸盐或其它形式的磷，从而将其从水中去除。以下是几种常见的化学除磷技术及其原理：（1）化学沉淀法是一种通过向污水中投加沉淀剂，使磷酸盐与沉淀剂反应生成不溶性磷酸盐沉淀，再通过固液分离将磷去除的方法。常见的沉淀剂包括铁盐、铝盐和石灰等。例如，铁盐沉淀剂（如硫酸亚铁、氯化铁等）可以与污水中的磷酸盐反应生成磷酸铁沉淀，再通过过滤或沉降等方法将磷去除。铝盐沉淀剂（如硫酸铝、氯化铝等）则可以与磷酸盐反应生成磷酸铝沉淀。化学沉淀法具有处理效果好、操作简单等优点，但投加的化学药剂可能增加处理成本，且产生的废渣需要妥善处理。（2）化学吸附法是一种利用吸附剂将污水中的磷吸附去除的方法。常见的吸附剂包括活性炭、树脂等。这些吸附剂具有较大的比表面积和多孔结构，能够有效地吸附污水中的磷。化学吸附法具有操作简便、能耗低等优点，但吸附剂的再生和更换需要一定的成本。（3）化学氧化还原法是一种通过向污水中投加氧化剂或还原剂，将污水中的磷氧化或还原为高价态或低价态的磷酸盐，再通过沉淀或吸附等方法将其去除的方法。常见的氧化剂包括氯气、臭氧等，还原剂包括硫酸亚铁、亚硝酸盐等。例如，氯气可以与污水中的有机磷反应生成氯代磷酸酯，

再通过生物降解等方法将其去除。化学氧化还原法具有处理效率高、适用范围广等优点，但氧化剂和还原剂的投加量需要严格控制，且可能产生有毒有害的副产物<sup>[1]</sup>。以上是几种常见的化学除磷技术及其原理。在实际应用中，应根据污水的具体情况和处理要求选择合适的方法，以达到最佳的处理效果。

## 2 化学除磷技术的优缺点

化学除磷技术在实际应用中展现出其独特的优势，同时也存在一些局限性。以下是对化学除磷技术的优缺点及其技术经济分析的详细描述。优点：（1）高去除率：化学除磷技术能够有效地去除污水中的磷，对于各种浓度的污水，均能达到较高的磷去除率。（2）适应性强：化学除磷技术对污水水质有较好的适应性，能够在不同的pH值和温度条件下运行，且受其他水质指标的影响较小。（3）处理效果好：化学除磷技术可以将污水中的磷转化为固体形式，从而达到污水磷的有效去除，使处理后的水质满足排放标准。（4）技术成熟：经过多年的研究和实践，化学除磷技术已经发展得较为成熟，操作简便，易于控制和管理。缺点：（1）药剂投加：化学除磷技术需要投加化学药剂，如沉淀剂、氧化剂或还原剂等，增加了处理成本。（2）副产物：化学除磷过程中可能产生沉淀物、废渣等副产物，需要进行妥善处理，以免造成二次污染。（3）技术复杂性：某些化学除磷技术流程复杂，操作和管理要求较高，对于操作人员的技术水平有一定的要求。（4）腐蚀与安全：化学药剂可能对处理设备造成腐蚀，同时也存在一定的安全隐患，需要采取相应的防腐和安全措施<sup>[2]</sup>。在技术经济分析方面，化学除磷技术主要涉及基建投资、运营成本、药剂费用、人工成本等方面的因素。在处理规模较大的情况下，化学除磷技术的投资成本相对较低；对于小型污水处理设施，由于其技术复杂性及对操作人员的高要求，

运营成本可能较高。在选择化学除磷技术时,应综合考虑各种因素,以确定最经济可行的方案。总体而言,化学除磷技术在污水处理中发挥了重要作用,但仍需针对其存在的不足之处进行改进和完善。未来应加强技术创新和研发,降低化学除磷技术的成本和副产物产生,提高处理效率,以更好地满足环境保护和水资源可持续发展的需求。

### 3 化学除磷工艺的应用

化学除磷工艺在各类污水处理领域中均有所应用,其目的是为了降低水体中的磷含量,防止水体富营养化。以下是化学除磷工艺在工业废水处理、生活污水处理、城市污水处理厂以及湖泊水库治理等方面的应用情况。

#### 3.1 工业废水处理

工业废水中的磷主要来源于原料、生产过程中的添加剂以及工业冷却水的使用。磷是一种重要的营养物质,对于水体生态系统的健康至关重要。然而,过量的磷排放会导致水体富营养化,引发藻类过度繁殖,破坏水体生态平衡。因此,有效去除工业废水中的磷是环境保护的重要任务之一。不同工业废水中的磷含量和形态各异,选择合适的化学除磷工艺对于工业废水处理至关重要。以下是几种常见的化学除磷方法:(1)化学沉淀法:这是一种常用的除磷方法,特别适用于含磷量较高的工业废水。该方法通过向废水中加入化学沉淀剂,如石灰、硫酸铝或氯化铁等,使磷与沉淀剂发生化学反应,形成难溶于水的磷酸盐沉淀物,从而实现磷的去除。这种方法操作简单,效果明显,但需要控制好反应条件,以确保沉淀效果最佳。(2)化学吸附法:对于含低浓度磷的工业废水,可以采用化学吸附法进行处理。该方法利用吸附剂(如活性炭、沸石或特殊合成材料)对磷进行吸附,将磷从废水中转移到吸附剂表面。吸附剂的选择和设计至关重要,需要具备高吸附容量和选择性,以确保高效去除磷。(3)化学氧化还原法:另一种处理低浓度磷的方法是化学氧化还原法。该方法通过加入氧化剂或还原剂,改变磷的价态,使其转化为更易去除的形式。例如,将磷酸盐氧化为高价态的磷酸盐,然后通过沉淀或吸附等方法进行去除。在选择化学除磷工艺时,需要考虑废水的具体成分、磷的浓度和形态、处理成本以及环境影响等因素<sup>[1]</sup>。为了确保废水处理的效果,通常需要结合多种处理方法,如物理、化学和生物处理相结合,以达到最佳的除磷效果。同时,还需要对处理过程进行监测和优化,确保磷的排放符合环保标准,保护水体生态环境。

#### 3.2 生活污水处理

生活污水是指在居民日常生活中产生的废水,包括厨房废水、浴室废水、洗衣废水以及厕所废水等。这些废水中含有多种污染物,其中磷是一个重要的污染指标。磷主要来源于洗涤剂、人类排泄物以及食物残渣等,过量的磷排放到水体中会导致富营养化,刺激藻类和水生植物的过度生长,消耗水中的溶解氧,从而破坏水体生态平衡,影响水质。为了有效控制和去除生活污水中的磷,通常会采用化学除磷工艺。化学除磷是通过向污水中投加化学药剂,如氯化铁、硫酸铝或石灰等,与污水中的磷酸盐反应生成不溶于水的沉淀物,从而实现磷的去除。这种方法操作简单,反应速度快,除磷效果好。然而,单一的化学除磷工艺往往难以达到日益严格的出水标准,因此需要与其他污水处理单元相结合,形成一个完整的污水处理流程。例如,将化学除磷与沉淀池相结合,可以在沉淀池中通过重力作用使形成的磷酸盐沉淀物沉降到池底,从而分离出清水。生物处理技术如活性污泥法也可以与化学除磷相结合,利用微生物的代谢作用进一步去除污水中的有机物质和氮磷等营养物质。在实际的污水处理工程中,设计者会根据污水的特性、处理目标以及经济成本等因素,合理选择和组合不同的处理工艺。例如,可以先通过初沉池去除大部分悬浮固体,再通过生物处理单元去除有机物和氮,最后通过化学除磷和沉淀池进一步去除磷,确保出水水质达到排放或回用标准。总之,通过合理的工艺组合和优化操作参数,可以有效地去除生活污水中的磷,减少对水体环境的影响,保护水资源,同时也为污水的回用提供了可能,实现水资源的可持续利用。

#### 3.3 城市污水处理厂

城市污水处理厂在现代城市环境保护和水资源循环利用中扮演着至关重要的角色。在这些处理厂中,各种工艺和技术被应用以去除污水中的污染物,其中磷的去除是一个关键环节。磷是导致水体富营养化的主要因素之一,过量的磷排放到自然水体中会引发藻类过度繁殖,消耗水中的溶解氧,进而影响水生生物的生存和水质的稳定性。在污水处理过程中,除磷通常首先通过生物处理方法进行,这种方法利用微生物吸收和转化污水中的磷,将其转化为不溶性的形式,以便在后续的沉淀和分离步骤中去除。然而,生物除磷的效果受到多种因素的影响,包括污水中碳源的可用性、微生物种群的活性以及操作条件等。因此,为了达到更严格的磷排放标准,通常需要采用化学除磷工艺作为补充手段。化学除磷工艺主要应用于城市污水处理厂的深度处理阶段。这一工艺涉及向污水中投加化学药剂,如氯化铁、硫酸铝

或石灰等,这些药剂能与污水中的磷酸根反应,形成不溶于水的磷酸盐沉淀。通过调整pH值和搅拌条件,可以优化沉淀过程,从而提高磷的去除效率。化学除磷的优点在于其对污水中磷的去除效率高,且不受污水中碳源的限制。化学除磷还可以减少污泥的产生量,因为形成的磷酸盐沉淀可以直接从处理系统中去除,而不需要通过生物污泥的处理。然而,化学除磷也存在一些挑战和限制。例如,化学药剂的成本较高,且可能对出水的其他质量参数产生影响,如增加出水的盐度或影响pH值。化学除磷产生的沉淀物需要妥善处理,以避免对环境造成二次污染。总体而言,化学除磷工艺是城市污水处理厂中不可或缺的技术之一,它通过与生物除磷相结合,能够有效地降低出水中的磷浓度,帮助污水处理厂满足日益严格的环保要求,保护水体免受富营养化的影响,确保水资源的可持续利用。

### 3.4 湖泊水库治理

湖泊和水库的水体富营养化是一个全球性的环境问题,它指的是水体中营养物质(尤其是磷和氮)过量,导致水生植物和藻类过度生长,进而引发水质恶化、生态平衡破坏和供水安全问题。在这些问题中,磷通常被认为是限制水体富营养化的关键因素,因为它是生物生长必需的养分之一,且其浓度的增加会直接影响藻类和其他水生植物的生长速率。为了控制和防止湖泊水库中的富营养化,降低水中磷含量至关重要。这可以通过多种方法实现,其中化学除磷工艺是一种常见且有效的方法。这种工艺主要包括两个层面的应用:应急除磷和长期控制。应急除磷主要是针对已经出现或即将出现富营养化现象的湖泊水库,通过投加特定的化学药剂来迅速降低水体中的磷浓度。这些化学药剂,如铁盐、铝盐或钙盐等,能与水中的磷反应形成不溶于水的沉淀物,从而将溶解态的磷从水中去除。这种方法可以快速减少水中的磷含量,缓解藻类过度繁殖的状况,改善水质。然而,应急除磷虽然能够短期内解决问题,但并不能从根本上长期控制水体富营养化。因此,需要结合其他生态

修复技术来实现长期控制。例如,生态浮床技术可以在水面上种植特定的水生植物,这些植物能够吸收水中的磷和其他营养物质,同时它们的根系还能微生物提供栖息地,进一步促进水中营养物质的生物降解。恢复和种植水生植物,如芦苇、莲花等,也能够有效地吸收水中的磷,并且这些植物的存在有助于提高水体的自净能力。长期控制还需要考虑流域管理,包括农业、城市和工业污染源的控制,减少磷的输入。这可能涉及改进肥料使用方式、建设城市污水处理设施、推广磷回收技术等措施<sup>[4]</sup>。总之,化学除磷工艺在应急处理中发挥着重要作用,但它只是解决水体富营养化问题的一部分。要实现湖泊水库水质的持续改善,还需要综合运用生态修复技术和流域管理策略,从根本上减少磷的输入,恢复和维护水体的健康状态。

### 结束语

在不断深入研究化学除磷工艺的过程中,我们对于这一工艺的理解和应用能力也在不断提高。我们已经看到,通过合理的工艺设计和操作优化,可以有效提高除磷效率,降低化学药剂的消耗,同时减小对环境的影响。然而,我们也必须认识到,化学除磷工艺仍存在一定的局限性和挑战。未来,我们需要进一步加强研究,探索更加高效、环保的除磷技术和方法,以应对日益严重的富营养化问题。我们相信,随着科技的不断进步和研究的深入开展,化学除磷工艺将会在保护水资源和生态环境方面发挥越来越重要的作用。

### 参考文献

- [1]赵丽红,张玉先,张志强.化学除磷工艺的研究进展[J].工业水处理,2020,40(8):1-6.
- [2]王婷,刘婷婷.生物除磷在污水处理中的研究进展[J].皮革制作与环保科技,2021,2(1):54-56.
- [3]赵海霞.化学除磷工艺在污水处理中的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2021,2(14):53-55.
- [4]李卫平.活性污泥法中除磷工艺的研究进展[J].化工进展,2021,40(1):411-418.