

污水減排及處理 技術實用指南



广东省经济和信息化委员会

技術顧問：

HKPC[®]

目录

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 前言..... | 1 |
| 清洁生产伙伴计划简介..... | 2 |
| 第一篇 清洁生产的基本概念及发展趋势..... | 2 |
| 1.1 清洁生产与传统的污染治理方法的不同之处..... | 3 |
| 1.1.1 清洁生产的发展..... | 3 |
| 1.1.2 清洁生产与末端治理..... | 5 |
| 第二篇 水污染物排放标准及水资源管理制度前景..... | 7 |
| 2.1 广东省水污染排放限制进程..... | 9 |
| 2.1.1 《广东省地方标准水污染物排放标准》..... | 9 |
| 2.1.2 《珠江三角洲环境保护一体化规划》..... | 9 |
| 2.1.3 《重金属污染防治规划》..... | 11 |
| 2.2 现行污染物排放总量控制..... | 12 |
| 2.2.1 “十二五” 污染物总量控制政策..... | 12 |
| 2.2.2 “十二五” 主要水污染物减排途径和要求..... | 13 |
| 2.3“十二五” 全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划..... | 15 |
| 2.4 企业所面对的环保挑战..... | 17 |
| 第三篇 污水减控技术与方案..... | 19 |
| 3.1 中国的水资源利用政策..... | 19 |
| 3.1.1 工业节水技术政策大纲..... | 19 |
| 3.1.2 企业水资源管理..... | 28 |
| 3.2 污水处理技术概括..... | 40 |
| 3.2.1 重金属废水的处理技术..... | 40 |
| 3.2.2 有机废水处理技术..... | 52 |
| 3.2.3 营养物处理技术..... | 64 |
| 3.3 污水处理及回用技术分析..... | 71 |
| 3.3.1 电镀及电路板厂生产废水处理..... | 71 |
| 3.3.2 印染纺织生产废水处理..... | 78 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 参考文献..... | 82 |
| 甲) 国内有关清洁生产、节能的法规及政府节能减排的政策目标..... | 84 |
| 乙) 政府节能法规及减排的政策目标..... | 88 |
| 丙) 国内印刷业清洁生产相关法规及环保要求..... | 90 |

免责声明

本指南所载的资料只供一般参考，使用者应根据其个别情况，进一步评估不同技术在不同环境下的可行性。使用者亦有责任自行评估及核实本指南所载的一切资料，以及在根据该等资料行事之前征询专业意见。

香港特区政府环境保护署、广东省经济和信息化委员会、香港生产力促进局均不会对所提的资料负疏忽及任何其他的责任。

我们保留权利，可随时删除、修改或编辑本指南所载的资料内容，而无须事先通知。

前言

以往企业在改善其环保表现时，多采用被动的末端防治策略，着重安装排污处理设备。清洁生产突破这个模式，采用主动预防的方式，在生产工序的每一个环节上进行改善，包括在产品的设计、物料采购、工艺、流程等方面应用先进的技术和管理等。众多成功的实例证明清洁生产一方面可以帮助企业从源头上减少污染物排放及节省后期的排污费用，另一方面通过减少原材料消耗和节约能源，降低生产成本，增加竞争力，从而提高利润，达致环境保护及经济效益两者兼容并存的双赢局面。

香港特别行政区政府于2008年4月18日开展了一项为期五年的「清洁生产伙伴计划」（下称「伙伴计划」），鼓励和协助位于珠三角地区的港资厂商采用清洁生产技术及作业方式，减少污染物排放和能源消耗，从而改善区域环境质素以及降低生产成本。

为加强提升业界对清洁生产的认知，香港生产力促进局与相关的行业协会及技术机构，根据伙伴计划资助的示范项目及核证服务的成功经验，并参考其他相关的技术资料，先后编写《一般性厂房节能方案实用指南》、《工业锅炉系统节能方案实用指南》、《喷涂工序清洁生产方案实用指南》及适用于指定行业的清洁生产方案实用指南共10本刊物，并于伙伴计划网上供业界参阅。这本《污水减排及处理技术实用指南》是由香港生产力促进局编写，指南内提供近年在水处理方面所采用的清洁生产方案的实际经验及技术资料，供业界参考之用。

清洁生产伙伴计划简介

香港特别行政区政府于 2008 年联同广东省经济和信息化委员会开展一项为期 5 年的「清洁生产伙伴计划」(下称「伙伴计划」), 协助及鼓励珠三角地区的港资厂采用清洁生产技术及工序, 实行节能、减少空气污染物排放及减控污水排放, 从而改善区域环境质素。特区政府为此投入超过 9,300 万元。

为进一步推动节能降耗、减控污水, 以及减低珠三角地区空气污染物的排放, 特区政府已拨款 5,000 万元, 以延展伙伴计划两年由 2013 年 4 月 1 日至 2015 年 3 月 31 日。

主要项目概览及资助额：

| 项目 | 实地评估项目 | 示范项目 | 核证改善项目的成效 |
|---------|--|--|---|
| 资助项目性质 | 资助参与的工厂获得环境技术服务公司协助, 为工厂评估节能、减排、降耗及减少污水排放的空间, 建议切实可行的清洁生产改善方案。 | 资助参与的工厂透过安装设备或改良生产工序, 示范清洁生产的成效、涉及的成本及潜在的经济回报。 | 为已实施清洁生产方案的工厂提供独立第三方核证服务, 评估成效, 所有成功申请者皆可获颁嘉许状, 以嘉许其在环保方面的付出。 |
| 延展计划资助额 | 政府资助 50% 的顾问费用, 并以港币 25,000 元为每间厂的上限。 | 政府资助 50% 的费用, 并以港币 300,000 元为每个项目的平均资助上限。 | 政府全数资助、并以港币 20,000 元为每个项目的上限。 |

查询:

电话：(852) 2788 5588 (香港) (86 755) 8615 6942(深圳) (86 769) 2299 2095 (东莞)

电邮：enquiry@cleanerproduction.hk

第一篇 清洁生产的基本概念及发展趋势

能源、原材料、水、土地等自然资源是人类赖以生存和发展的基础，是经济社会可持续发展的物质保障。目前中国单位国内生产总值的能源、原材料和水资源消耗是远高于世界平均水平。靠大量消耗资源支撑经济增长，不仅使资源约束矛盾更加突出，环境压力加大，也制约了经济增长质量和效益的进一步提高。因此，大力开展节能降耗、节约用电活动，全面推行清洁生产，对缓解能源、资源供应紧张的「瓶颈」制约和环境压力，实现国民经济持续、快速、协调、健康发展，具有十分重要的现实意义和战略意义。

1.1 清洁生产与传统的污染治理方法的不同之处

1.1.1 清洁生产的发展

自 1992 年以来，联合国环境规划署已先后在坎特伯雷、巴黎、华沙、牛津、首尔和蒙特利尔举行了六次国际清洁生产高级研讨会。在 1998 年 10 月韩国首尔第五次国际清洁生产高级研讨会上，出台了《国际清洁生产宣言》，是对作为一种环境管理战略的清洁生产公开的承诺。自此清洁生产开始被国际社会所广泛认同，清洁生产开始被大力推广。

清洁生产是人们思想和观念的一种转变，是环境保护战略由被动反应向主动行动的一种转变。联合国环境规划署将清洁生产定义为：

「清洁生产是一种创造性的思想，该思想将整体预防的环境战略持续应用于生产过

程、产品和服务中，以增加生态效率和减少对人类及环境的风险。

——对生产过程，要求节约原材料和能源，淘汰有毒原材料，减少或降低废弃物的数量和毒性。

——对产品，要求减少从原材料提炼到产品最终处置的全生命周期的不利影响。

——对服务，要求将环境因素纳入设计和所提供的服务中。」

根据《中华人民共和国清洁生产促进法》的定义，清洁生产是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用的措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或消除对人类健康和环境的危害。

近年中国经济及社会发展迅速，各级政府和环境保护部门采取多项举措，在环境治理方面取得了明显成效。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》提出在「十一五期间」，「要努力实现……经济社会发展的主要目标」，目标包括：「可持续发展能力增强」、「显著资源利用效率提高」等，并设下约束性指标如主要污染物排放总量减少 10%、单位国内生产总值能源消耗降低 20%左右、单位工业增加值用水量降低 30%」。

2011 年，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》出台，锐意进一步发展绿色产业，提出「把建设资源节约型、环境友好型社会作为加快转变经济

发展方式的重要着力点。深入贯彻节约资源和保护环境基本国策，节约能源，降低温室气体排放强度，发展循环经济，推广低碳技术，积极应对气候变化」。为加强落实节能减排，及后相继出台《工业清洁生产推行“十二五”规划》、《节能减排“十二五”规划》等，制订未来五年具体清洁生产的目标，包括到2015年，全国万元国内生产总值能耗下降到0.869吨标准煤，比2010年的1.034吨标准煤下降16%；化学需氧量和二氧化硫排放总量分别控制在2347.6万吨、2086.4万吨，比2010年的2551.7万吨、2267.8万吨各减少8%；单位工业增加值（规模以上）能耗比2010年下降21%左右；重点行业70%以上企业达到清洁生产评价指标体系中的“清洁生产先进企业”水平。清洁生产成了国家的重要政策方向，也为一般企业及节能环保业带来巨大的挑战及商机。

2012年初，全国人民代表大会常务委员会通过修改《中华人民共和国清洁生产促进法》的建议，将清洁生产促进工作纳入国民经济和社会发展规划、年度计划。此外，清洁生产更成为国家经济发展的政策之一。政策包括推行清洁生产的目标、主要任务和保障措施，按照资源能源消耗、污染物排放水平确定开展清洁生产的重点领域、重点行业 and 重点工程。因此，无论是国家或是市场层面，企业逐步实行清洁生产是大势所趋。

1.1.2 清洁生产与末端治理

清洁生产作为污染预防的环境战略，是对传统的末端治理手段的根本变革，是污染防治的最佳模式。传统的末端治理与生产过程相脱节，即「先污染，后治理」，侧重点是「治」；清洁生产从产品设计开始，到生产过程的各个环节，通过不断地加强管理和技术进步，提高资源利用率，减少乃至消除污染物的产生，侧重点是「防」。传统的末

端治理不仅投入多、治理难度大、运行成本高，而且往往只有环境效益，没有经济效益，企业没有积极性；清洁生产从源头做起，实行生产全过程控制，在生产过程之中最大限度地消除污染物，不仅从根本上改善企业的环保表现，而且降低能源、原材料的消耗和生产成本，提高经济效益，增强竞争力，能够实现环境保护与经济效益的「双赢」。

表1 清洁生产与末端治理的比较

| 比较项目 | 清洁生产 | 末端治理（不含综合治理） |
|--------|---------------------|--------------|
| 思考方法 | 在生产过程中消除污染物 | 污染物产生后再处理 |
| 产生时代 | 20世纪80年代末期 | 20世纪70年代 |
| 控制过程 | 生产全过程控制，产品生命周期全过程控制 | 污染物达标排放控制 |
| 控制效果 | 比较稳定 | 受污染量影响处理效果 |
| 产污量 | 明显减少 | 间接可推动减少 |
| 排污量 | 减少 | 减少 |
| 资源利用率 | 增加 | 无显著变化 |
| 资源耗用 | 减少 | 增加（治理污染消耗） |
| 产品产量 | 增加 | 无显著变化 |
| 产品成本 | 降低 | 增加（治理污染费用） |
| 经济效益 | 增加 | 减少（用于治理污染） |
| 治理污染费用 | 减少 | 随排放标准严格，费用增加 |
| 污染转移 | 无 | 有可能 |
| 目标对象 | 全社会 | 企业及周围环境 |

第二篇 水污染物排放标准及水资源管理制度前景

按中国环境保护局的资料，中国污染物排放标准可分为三个类别，分别为国家标准、行业标准和地方标准，并将标准分为强制性标准（GB）和推荐性标准（GB/T）两类。

国家标准是由国家标准化主管机构批准发布，为全国范围内或在特定区域、特定行业统一适用的标准。标准是在全国范围内统一的技术要求，由国务院标准化行政主管部门编制计划，组织制定及统一审批、标准的编号由国家标准的代号、国家标准发布的顺序号和国家标准发布的年号（发布年份）构成。法律对国家标准的制定另有规定的，依照法律的规定执行。

行业标准是对国内的某一行业内所推行的统一标准，其根据（中华人民共和国标准化法）的规定，由国内各主管部、委（局）批准发布，在该部门范围内统一使用。而各行业包括：机械、电子、建筑、化工、冶金、轻工、纺织、交通、能源、农业、林业、水利等均有其统一的标准。

地方标准是由省、自治区、直辖市人民政府批准颁发，并在其辖区适用的环境标准。当国家环境标准与地方环境标准并存而没有行业标准作规范，且地方标准严于国家标准时，适用地方环境标准。

而强制性国标（GB）是为要保障人体健康、人身、财产安全的标准和法律及行政法规规定强制执行的国家标准，例如：（污水综合排放标准环境标准 - GB 8978-1996），当中详述污水排放去向和分年限规定了69种水污染物最高允许排放浓度及部分行业最高允许排放量，当环境标准一经发布实施，就成为必须遵守的法律规范。

另外，推荐性国标（GB/T）是指生产、检验、使用等方面，通过经济手段或市场调节而自愿采用的国家标准。例如：（水质 悬浮物的测定重量法- GB/T 11901-1989），当推荐性国标一经接受并采用，或各方商定同意纳入经济合同中，就成为各方必须共同遵守的技术依据，具有法律上的约束性。

中国近年通过各类环境标准法律规范及配合以五年一个时间段来做的国家中短期“规划”政策，全力推进污染减排，并开展环境整治及监控。当中的“十一五”环境保护规划，通过实施减排措施，推出污染物总量控制制度，依据所勘定的区域环境容量，决定区域中的污染物质排放总量，根据排放总量削减计划，向区域内的企业个别分配各自的污染物排放总量额度，以年度监控及考核各企业减排成效。另外，大幅度推进治污工程建设，令主要污染物基本得到控制，环境恶化趋势得到一定程度缓解，但总体环境形势依然严峻。以化学需氧量为代表的水体有机污染物尚未解决，部分水域富营养化问题突出。

以现时最新的“十二五”环境保护规划预算，我国仍然处于工业化中后期，工业化和城市化仍将处于加快发展阶段，资源能源与环境矛盾将更加集中。为实现 2020 年全面建设小康社会、主要污染物排放量得到有效控制、生态环境质量明显改善的战略目标，国家将继续强化污染减排，加大落后产能淘汰力度，促进经济发展模式转变，推动经济与环境协调发展。

国务院先后印发《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》和《“十二五”节能减排综合性工作方案》，对污染物减排提出了明确要求，并将重点污染物的削减总量下放到各省，广东省亦面临严峻的考验。

2.1 广东省水污染排放限制进程

2.1.1 《广东省地方标准水污染物排放标准》

经过改革开放30年的持续快速发展，珠三角地区的环境污染问题突出，资源环境约束凸显，区域协调的秩序和持续发展将会面临重大挑战。为使环境保护工作取得积极成效及保持基本稳定。广东省于2001年开始以新订立的标准（广东省地方标准水污染物排放标准 - DB44/26-2001），替代旧标准（水污染物排放标准 - DB 4426-1989），此项新标准适用于广东省内除船舶、船舶工业、海洋石油开发、工业航天推进剂使用、兵器工业、污水海洋处置工程等行业外的现有单位水污染的排放管理、建设项目的环评、建设项目环境保护设施设计、竣工验收及其投产后的排放管理。

2.1.2 《珠江三角洲环境保护一体化规划》

广东省于2010年推出《珠江三角洲环境保护一体化规划 2009-2020年》，规划从推进区域环境保护一体化入手，着力于环境优化的经济发展、不断改善环境质量，为区域经济一体化提供环境保障。

《珠江三角洲环境保护一体化规划》主要是以制度和标准建设为切入点，严格监控环境保护，并明确提出对石化、漂染、电镀等重污染行业以及重点流域制定实施更为严格的污染物排放标准。其中电镀行业自2012年开始执行《电镀污染物排放标准 GB21900-2008》中水污染物特别排放限值要求。

为了全面提升工业污染防治水平，将以全防全控为手段，建立和完善在线监控系统，严厉打击各类环境违法排污行为，强化不能稳定达标排放企业的深度治理。《珠江三角

洲环境保护一体化规划》明确到2010年底，重点污染源实行在线实时监测，到2012年，工业废水稳定排放达标率为90%以上，到2020年工业废水排放全部稳定达标。

《珠江三角洲环境保护一体化规划》提出要优先解决重大跨界水污染，主要包括以下几个区域：

1、深惠淡水河流域

计划2010年底前流域内新增污水处理能力84万吨/日，2020年前污水截排率达到95%。流域内深惠两市禁止新扩建电镀、线路板、糅革、漂染、养殖建设项目，暂停审批电氧化、化工（现有定点基地除外）、发酵以及含酸洗、磷化、表面处理工艺项目。污染企业执行从严排放限值，实现全部重点污染源在线监控，重点企业稳定达标排放，关停清退超标排放企业。

2、深莞观澜河（石马河）流域

2012年底前，流域内干流与重要支流完成截污，重点推进龙华、观澜、平湖、鹅公岭等污水处理厂升级改造，污水截排率和集中处理达到80%。对未纳入截污范围的区域实行禁批，对重污染行业实行禁批，对耗水型和劳动密集型项目实行限批。清退流域内电镀、漂染、糅革等重污染型和劳动密集型产业，造纸与化肥企业执行《广东省水污染物排放限值》一级标准，不达标企业搬迁或关停。重点污染源、污水处理厂安装在线监测装置，加强监控，杜绝违法排污。

3、广佛内河涌

开展河道综合整治，一方面加大工业企业和畜禽养殖污染治理力度，区域内工业废水排放执行《广东省水污染物排放限值》一级标准，不达标企业一律关停、搬迁。另一方面加大截污管网和污水集中处理设施建设力度。在佛山水道新建、扩建污水处理厂4座，脱氮除磷深度处理，处理能力达到84.5万m³/d。

4、独水河流域

独水河流域内漂染、电镀重点污染行业必须达到清洁生产要求。不能稳定达到广东省地方水污染排放一级标准的企业，一律关停或搬迁至配有集中工业污水处理设施的工业园区。禁止审批鞣革、漂染、电镀、发酵等重污染行业、排放一类污染物以及废水排放量大的项目。加快污水集中处理设施建设，完善截污管网，2015年底前新增污水处理能力12万吨/日，并进行深度处理。

珠三角环境保护一体化，对各城市的污染排放管理和统筹规划提出了更高的要求，各城市将打破行政区域限制、建立完善区域环境合作机制，共同联手应对环境保护面临的重大挑战。

2.1.3 《重金属污染防治规划》

2011年，国务院正式批复了《重金属污染综合防治“十二五”规划》，《规划》列出了14个重金属污染综合防治重点省份，广东省名列其中。广东省亦于2012年6月召开全省重金属污染综合防治工作会议，会议确定了今年广东省重金属污染防治工作的目标，即“重点区域的重点重金属污染物排放总量比2007年减少7%以上，非重点区域的重点重金属污染物排放总量不超过2007年水平。”

会议明确了广东省12个国家和省重金属污染防控重点区域，包括广州、深圳、汕头、韶关、佛山、中山、东莞、清远、惠州、江门、肇庆、云浮。2012年底前全省要搬迁或淘汰重金属污染企业255家，全面完成纳入国家规划的507家重点企业清洁生产审核。此外，还将严格准入，加快推进珠三角电镀区集中治污。珠三角地区要将电镀废水治理和提标升级改造作为重金属防治的重点，一级防控区的电镀企业今年要执行新的、更严的排放标准，即《电镀污染物排放标准（21900-2008）》中的表3标准。

2.2 现行污染物排放总量控制

2.2.1 “十二五”污染物总量控制政策

“十二五”期间，以污染物排放总量控制为中心的污染减排依然是环境保护的重点工作之一，推进重点行业结构优化调整，严格控制新增量成为“十二五”水污染物总量控制的其中一个总体思路。工业重点行业的污染物削减仍然是总量控制的重点任务，应从源头减少污染物新增量，进一步加大治理力度。一. 是大幅度加大结构调整力度，优化产业结构，严格行业准入，以技术经济可行为依据，对重点行业的排放标准、清洁生产标准以及落后产能标准进行更新，倒逼造纸、纺织印染、酿造、化工、制革、制糖等重点行业提升产业技术水准，优化发展方式，减少污染物新增量。二. 是继续加大工业污染防治力度，提高行业污染治理技术水准，严格执行行业排放标准、清洁生产标准，降低污染物产生强度、排放强度，从根本上促进工业企业全面、稳定达标排放。

2011年9月国务院下发了《国务院关于印发“十二五”节能减排综合性工作方案的通知》（国发〔2011〕26号），下达了各省、自治区、直辖市政府“十二五”节能减排目标，其中广东省节能减排目标为，到2015年，广东省单位国内生产总值能耗比2010年降低18%，化学需氧量和氨氮排放总量要分别比2010年减少12.0%（其中工业和生活排放量减少12.9%）、13.3%（其中工业和生活排放量减少13.5%），二氧化硫和氮氧化物排放总量分别比2010年减少14.8%和16.9%。

2.2.2 “十二五”主要水污染物减排途经和要求

政府针对工业污染源的减排，提出不同行业、不同方式的减排途经、政策要求，分述如下：

1、造纸及纸制品业

目前全国机制纸及纸板产量近8800万吨，制浆造纸企业共约3500家，主要集中在山东、浙江、广东等地。造纸行业2008年废水排放量41亿吨，化学需氧量176万吨，居工业行业之首。随着纸及纸板消费的增长和现代造纸工业产能的迅猛增加，预计2015年全国机制纸及纸板产量达1.15亿吨。

“十二五”期间，造纸行业重点推进产业结构调整，淘汰年产3.4万吨以下草浆生产装置、年产1.7万吨以下化学制浆生产线，以及废纸为原料、年产1万吨以下的造纸生产线。大中型废纸造纸企业都要完善废水生化处理设施。

2、纺织印染业

目前全国纺织业主要集中在珠三角、长三角和环渤海湾地区，约占全国总量的90%，纺织业排放的化学需氧量约占全国工业化学需氧量的8%。

“十二五”期间，纺织行业应按照国家产业结构调整要求，淘汰74型染整生产线、使用年限超过15年的前处理设备、浴比大于1：10的间歇式染色设备，淘汰落后型号的印花机、热熔染色机、热风布铗拉幅机、定形机，淘汰高能耗、高水耗的落后生产工艺设备。

“十二五”期间，大力推广高效短流程前处理、少水无水印染先进技术、在线检测与控制、印染废水回收利用技术、印染工业园区废水集中处理模式、印染废水综合治理

技术等节能减排主流技术。

3、食品制造业

食品制造业包括调味品和发酵制品制造、液体乳及乳制品制造、罐头制造等行业。其中调味品和发酵制品制造业是食品制造业的主要排污行业，排污量占全行业排放量的40%以上。

“十二五”期间，全行业要加快产业结构调整，降低废水产生量，推进废水再生利用的成熟技术，对高浓度废水采用沼气综合利用技术。

4、皮革及其制品业

目前制革行业生产集中度较低，布局分散，企业规模小、数量多，淘汰落后生产能力的任务仍然较重。全行业年废水排放量约2.1亿吨，化学需氧量排放量约15万吨，氨氮排放量约1.5万吨。

“十二五”期间，要按照国家产业结构调整要求，淘汰年加工3万标张以下的制革生产线，提高行业准入门坎。合理规划区域布局，促进制革产业梯度转移；在全国培育5-8个承接转移的制革集中生产区，鼓励制革企业进入产业定位适当、污水治理条件完备的工业园区。

2.3 “十二五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划

根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》和《“十二五”节能减排综合性工作方案》，为加快建设全国城镇污水处理及再生利用设施，提升基本环境公共服务水平、促进主要污染物减排、改善水环境质量，发展改革委、住房城乡建设部、环境保护部编制了《“十二五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》（以下简称《规划》）。

《规划》以提升我国城镇生活污水处理及再生利用能力和水平为总体目标，明确了“十二五”期间的建设任务，提出了保障《规划》实施的具体措施，是指导各地加快城镇污水处理设施建设和安排政府投资的重要依据。

《规划》明确的主要目标包括：

- 到2015年，全国所有设市城市和县城具有污水集中处理能力。
- 到2015年，污水处理率进一步提高，城市污水处理率达到85%。
- 到2015年，直辖市、省会城市和计划单列市的污泥无害化处理处置率达到80%，其它设市城市达到70%，县城及重点镇达到30%。
- 到2015年，城镇污水处理设施再生水利用率达到15%以上。
- 全面提升污水处理设施运行效率。到2015年，城镇污水处理厂投入运行一年以上的，实际处理负荷不低于设计能力的60%，三年以上的不低于75%。

“十二五”期间各项建设任务目标为：

- 新建污水管网15.9万公里，其中广东省新增12.5万公里。
- 新增污水处理规模4569万立方米/日，其中广东省新增307.5万立方米/日。
- 升级改造污水处理规模2611万立方米/日，其中广东省升级改造规模58.5万立方米/日。

- 新建污泥处理处置规模518万吨（干泥）/年，其中广东省新建污泥处理处置规模56.6万吨/年。
- 新建污水再生利用设施规模2676万立方米/日，其中广东省新增规模301万立方米/日。

规划实施后，将新增COD削减能力约280万吨/年，新增氨氮削减能力约30万吨/年。

2.4 企业所面对的环保挑战

● 挑战之一 产业进入深调期

2010 年后经济刺激政策的效果正在趋缓，新一轮淘汰落后产能的时机将要来临。被国务院点名的钢铁、水泥、平板玻璃等行业将进入深调期，各行业在能耗、环保、资源综合利用等方面的准入门坎将进一步提高。

● 挑战之二 能源价格不断提高

水、电、煤、石油、天然气价格不断上涨，对企业而言，资源性价格支出的成本将不断提高。环境、能源成本越来越内部化，企业必须做好准备。

成本压力的增加，更凸显了节能减排的重要。因此，面对整体的能源价格上涨，节能环保做得好的企业受影响相对较小。开源与节流，是增加收入的两种方式。所以，应对价格上涨，企业必须有意识用最少的消耗生产最多的产品，而清洁生产和循环经济无疑是一个有效途径。

● 挑战之三 新排放标准陆续推出

改善环境质量，按行业制定越来越严格的排放标准，此举被证明非常有效率，它不仅能够实现污染控制目标，也左右着相关产业发展的走向。

钢铁、煤炭、火力发电、农药、有色金属、建材、制药、石化、化工、石油天然气、机械、纺织印染、电镀等重点行业污染物排放标准的制修订都于“十一五”期间完成，行业性排放标准的覆盖面大大增加，综合性排放标准的适用范围大大缩小，污染物排放控制水平也会随之提高。而新标准的实施，必将使那些生产设备落后、资源能源消耗高、环境污染严重的企业被淘汰出局，同时也会促进技术进步和产业结

构的优化升级。

排放标准的制订一般以技术为依据，体现“技术强制”原则，即通过排放标准的制订迫使污染者采用先进的污染控制技术。因此，伴随新标准的实施，淘汰和技术创新会同时出现，选择权取决于企业自身。

- 挑战之四 排污收费标准可能提高

环境保护部正在争取国家发改委、财政部的支持，尽快提高全国排污费征收标准，并鼓励和提倡各省、自治区、直辖市根据减排需要，在重点流域区域乃至在全境范围对主要污染物实现地方排污费征收标准的提高。如果排污费征收标准提高，就意味着企业成本的增加，而提高环境管理水平、完善污染治理设施就成为企业必须认真对待的问题。治污技术创新、清洁生产、循环经济等必将受到更多重视，以减少排污量，降低生产成本，提高企业竞争力。

- 挑战之五 应对新的约束性指标

随着经济社会发展和对环境质量要求的提高，污染物排放控制也会更加严格。在“十二五”期间，氮氧化物、水体氨氮等污染物成为新的约束性指标。随着新的约束性指标出台，企业需要为达标排放选择一条性价比高的技术路线。在保证设备正常运行、污染物达标排放的情况下，如何进一步降低生产成本，企业必须仔细思考。

第三篇 污水减控技术与方案

水资源是指能供给人类直接使用的淡水，由于中国人口众多，其人均占有水量只约为世界人均占有水量的 30%，是全球十多个贫水国之一。随着社会的进步及经济发展，工业、农业与城市扩展所带来的人口急增，以致用水需求将不断增加，然而中国的用水效率较低，与国际先进水平相比，中国每万美元 GDP 用水量约为世界平均水平的 3 倍。此外，由于部份城市污水处理设施建设落后，工业废水排放达标率低，大量废污水未经处理直接排入江河湖库，许多河段远远超过水体的纳污能力，引致水资源的水质下降，导致环境破坏与及对人类健康做成严重损害，水资源危机已迫在眉睫。

3.1 中国的水资源利用政策

为要有效控制水资源的利用，中国近年已实施多项政策与探讨，各省地依据国家有关法律法规，并结合当地实际情况，建立及推行有关节水法规，望能转为较完善的节水型社会建设法规体系。以广东省而言，其制定了东江流域水量分配方案与及广东省行业用水定额，以总量控制及加强用水定额管理，优化产业结构，促进节约用水。

3.1.1 工业节水技术政策大纲

工业生产节约用水为有效控制水资源利用的重点之一。通过行政、技术、经济等管理手段加强用水管理，调整用水结构，改进用水方式。比如透过清洁生产的新理念，分别配以（减少使用）、（取代使用）、（现场回用）及（循环再用）等原则，控制及减少水资源的耗用及排放。而经国家发展改革委的科技部会同水利部、建设部和农业部组织并于 2005 年制订了《中国节水技术政策大纲》，推动节水技术进步，提高用水效率、效益和促进水资源的可持续利用，当中有关工业节水的大纲如下：

1. 工业用水重复利用技术

大力发展和推广工业用水重复利用技术，提高水的重复利用率是工业节水的首要途径。

(i) 大力发展循环用水系统、串联用水系统和回用水系统。推进企业用水网络集成技术的开发与应用，优化企业用水网络系统。鼓励在新建、扩建和改建项目中采用用水网络集成技术。

(ii) 发展和推广蒸汽冷凝水回收再利用技术。优化企业蒸汽冷凝水回收网络，发展闭式回收系统。推广使用蒸汽冷凝水的回收设备和装置，推广漏汽率小、背压度大的节水型疏水器。优化蒸汽冷凝水除铁、除油技术。

(iii) 发展外排废水回用和“零排放”技术。鼓励和支持企业外排废（污）水处理后回用，大力推广外排废（污）水处理后回用于循环冷却水系统的技术。在缺水以及生态环境要求高的地区，鼓励企业应用废水“零排放”技术。

2. 冷却节水技术

发展高效冷却节水技术是工业节水的重点。

(i) 发展高效换热技术和设备。推广物料换热节水技术，优化换热流程和换热器组合，发展新型高效换热器。

(ii) 鼓励发展高效环保节水型冷却塔和其它冷却构筑物。优化循环冷却水系统，加快淘汰冷却效率低、用水量大的冷却池、喷水池等冷却构筑物。推广高效新型旁滤器，淘汰低效反冲洗水量大的旁滤设施。

(iii) 发展高效循环冷却水处理技术。在敞开式循环间接冷却水系统，推广浓缩倍数大于 4 的水处理运行技术；逐步淘汰浓缩倍数小于 3 的水处理运行技术；限制使用高磷锌水处理技术；开发应用环保型水处理药剂和配方。

(iv) 发展空气冷却技术。在缺水以及气候条件适宜的地区推广空气冷却技术。鼓励研究开发运行高效、经济合理的空气冷却技术和设备。

(v) 在加热炉等高温设备推广应用汽化冷却技术。应充分利用汽、水分离后的汽。

3. 热力和工艺系统节水技术

工业生产的热力和工艺系统用水分为锅炉给水、蒸汽、热水、纯水、软化水、脱盐水、去离子水等，其用水量居工业用水量的第二位，仅次于冷却用水。节约热力和工艺系统用水是工业节水的重要组成部分。

(i) 推广生产工艺（装置内、装置间、工序内、工序间）的热联合技术。

(ii) 推广中压产汽设备的给水使用除盐水、低压产汽设备的给水使用软化水。推广使用闭式循环水汽取样装置。研究开发能够实现“零排放”的热水锅炉和蒸汽锅炉水处理技术、锅炉气力排灰渣技术和“零排放”无堵塞湿法脱硫技术。

(iii) 发展干式蒸馏、干式汽提、无蒸汽除氧等少用或不用蒸汽的技术。优化蒸汽自动调节系统。

(iv) 优化锅炉给水、工艺用水的制备工艺。鼓励采用逆流再生、双层床、清洗水回收等技术降低自用水量。研究开发锅炉给水、工艺用水制备新技术、新设备，逐步推广电去离子净水技术。

4. 洗涤节水技术

在工业生产过程中洗涤用水分为产品洗涤、装备清洗和环境洗涤用水。

(i) 推广逆流漂洗、喷淋洗涤、汽水冲洗、气雾喷洗、高压水洗、振荡水洗、高效转盘等节水技术和设备。

(ii) 发展装备节水清洗技术。推广可再循环再利用的清洗剂或多步合一的清洗剂及清洗技术；推广干冰清洗、微生物清洗、喷淋清洗、水汽脉冲清洗、不停车在线清洗等技术。

(iii) 发展环境节水洗涤技术。推广使用再生水和具有光催化或空气催化的自清洁涂膜技术。

(iv) 推广可以减少用水的各类水洗助剂和相关化学品。开发各类高效环保型清洗剂、微生物清洗剂和高效水清洗机。开发研究环保型溶剂、干洗机、离子体清洗等无水洗涤技术和设备。

5. 工业给水和废水处理节水技术

(i) 推广使用新型滤料高精度过滤技术、汽水反冲洗技术等降低反洗用水量技术。推广回收利用反洗排水和沉淀池排泥水的技术。

(ii) 鼓励在废水处理中应用臭氧、紫外线等无二次污染消毒技术。开发和推广超临界水处理、光化学处理、新型生物法、活性炭吸附法、膜法等技术工业废水处理中的应用。

6. 非常规水资源利用技术

(i) 发展海水直接利用技术。在沿海地区工业企业大力推广海水直流冷却和海水循环冷却技术。

(ii) 积极发展海水和苦咸水淡化处理技术。实施以海水淡化为主，兼顾卤水制盐以及提取其它有用成分相结合的产业链技术，提高海水淡化综合效益。通过扩大海水淡化装置规模、实施能量回收等技术降低海水淡化成本。发展海水淡化设备的成套化、系列化、标准化制造技术。

(iii) 发展采煤、采油、采矿等矿井水的资源化利用技术。推广矿井水作为矿区工业用水和生活用水、农田用水等替代水源应用技术。

7. 快速堵漏修复技术

降低输水管网、用水管网、用水设备的漏损率，是工业节水的一个重要途径。

(i) 发展新型输用水管材。限制并逐步淘汰传统的铸铁管和镀锌管，加速发展机械强度高、刚性好、安装方便的水管。发展不泄漏、便于操作和监控、寿命长的阀门和管件。

(ii) 优化工业供水压力、液面、水量控制技术。发展便捷、实用的工业水管网和设备（器具）的检漏设备、仪器和技术。

(iii) 研究开发管网和设备（器具）的快速堵漏修复技术。

8. 工业用水计量管理技术

工业用水的计量、控制是用水统计、管理和节水技术进步的基础工作。

(i) 重点用水系统和设备应配置计量水表和控制仪表。完善和修订有关的各类设计规范，明确水计量和监控仪表的设计安装及精度要求。重点用水系统和设备应逐步完善计算机和自动监控系统。

(ii) 鼓励和推广企业建立用水和节水计算机管理系统和数据库。

(iii) 鼓励开发生产新型工业水量计量仪表、限量水表和限时控制、水压控制、水位控制、水位传感控制等控制仪表。

9. 重点节水工艺

节水工艺是指通过改变生产原料、工艺和设备或用水方式，实现少用水或不用水。它是更高层次（节水、节能、提高产品质量等）的源头节水技术。

(i) 大力发展和推广火力发电、钢铁、电石等工业干式除灰与干式输灰（渣）、高浓度灰渣输送、冲灰水回收利用等节水技术和设备以及冶炼厂干法收尘净化技术。

(ii) 推广燃气—蒸汽联合循环发电、洁净煤燃烧发电技术。研究开发使用天然气等石化燃料发电等少用水的发电工艺和技术。

(iii) 推广钢铁工业融熔还原等非高炉炼铁工艺，开发薄带连铸工艺。推广炼焦生产中的干熄焦或低水分熄焦工艺。推广干法除尘、干熄焦、干式高炉炉顶余压发电（TRT）、清污分流、循环串级供水技术等，开发和推广高氨氮及高化学需氧量（COD）等废水处理及含油（泥）、高盐废水处理回用和酸洗液回收利用技术。

(iv) 鼓励加氢精制工艺，淘汰油品精制中的酸碱洗涤工艺。

(v) 发展合成氨生产节水工艺。采用低能耗的脱碳工艺替代水洗脱除二氧化碳、低热耗苯菲尔工艺和 MDEA 脱碳工艺；推广全低变工艺、NHD 脱硫、脱碳的气体净化工艺；发展以天然气为原料制氨；推广醇烃化精制及低压低能耗氨合成系统；以重油为原料生产合成氨，采用干法回收炭黑。

(vi) 发展尿素生产节水工艺。在新建装置推广采用 CO₂ 和 NH₃ 汽提工艺。推广水溶液全循环尿素节能节水增产工艺。中、小型尿素装置推广尿素废液深度水解解吸工艺。

(vii) 推广甲醇生产低压合成工艺。

(viii) 发展烧碱生产节水工艺。推广离子膜法烧碱，采用三效逆流蒸发改造传统的顺流蒸发。推广万吨级三效逆流蒸发装置和高效自然强制循环蒸发器。

(ix) 发展纯碱生产节水工艺。氨碱法工厂推广真空蒸馏、干法加灰技术。

(x) 发展硫酸生产酸洗净化节水工艺和新型换热设备，逐步淘汰水洗净化工艺和传统的铸铁冷却排管。

(xi) 发展纺织生产节水工艺。推广使用高效节水型助剂；推广使用生物酶处理技术、高效短流程前处理工艺、冷轧堆一步法前处理工艺、染色一浴法新工艺、低水位逆流漂洗工艺和高温高压小浴比液流染色工艺及设备；研究开发高温高压气流染色、微悬浮体染整、低温等离子体加工工艺及设备。鼓励纺织印染加工企业采用天然彩棉等节水型生产原料，推广天然彩棉新型制造技术。推广喷水织机废水处理再利用系统、棉纤维素新制浆工艺节水技术、缫丝工业污水净化回用装置、洗毛污

水“零”排放多循环处理设备、印染废水深度处理回用技术、逆流漂洗、冷轧堆染色、湿短蒸工艺、高温高压气流染色、针织平幅水洗，以及数码喷墨印花、转移印花、涂料印染等少用水工艺技术、自动调浆技术和设备等在线监控技术与装备。

(xii) 发展造纸工业化学制浆节水工艺。推广纤维原料洗涤水循环使用工艺系统；推广低卡伯值蒸煮、漂前氧脱木素处理、封闭式洗筛系统；发展无元素氯或全无氯漂白,研究开发适合草浆特点的低氯漂白和全无氯漂白，合理组织漂白洗浆滤液的逆流使用；推广中浓技术和过程智慧化控制技术；发展提高碱回收黑液多效蒸发站二次蒸汽冷凝水回用率的工艺。发展机械浆、二次纤维浆的制浆水循环使用工艺系统；推广高效沉淀过滤设备白水回收技术，加强白水封闭循环工艺研究；开发白水回收和中段废水二级生化处理后回用技术和装备。推广连续蒸煮、多段逆流洗涤、封闭式洗筛系统、氧脱木素、无元素氯或全无氯漂白、中高浓技术和过程智能化控制技术、制浆造纸水循环使用工艺系统、中段废水物化生化多级深度处理技术，以及高效沉淀过滤设备、多元盘过滤机、超效浅层气浮净水器等。

(xiii) 发展食品与发酵工业节水工艺。根据不同产品和不同生产工艺，开发干法、半湿法和湿法制备淀粉取水死循环流程工艺。推广脱胚玉米粉生产酒精、淀粉生产味精和柠檬酸等发酵产品的取水死循环流程工艺。推广高浓糖化醪发酵（酒精、啤酒、味精、酵母、柠檬酸等）和高浓母液（味精等）提取工艺。推广采用双效以上蒸发器的浓缩工艺。推广应用余热型溴化锂吸收式冷水机组，开发应用发酵废母液、废糟液回用技术，以及新型螺旋板式换热器和工业型逆流玻璃钢冷却塔等新型高效冷却设备等。淘汰淀粉质原料高温蒸煮糊化、低浓度糖液发酵、低浓度母液提取等工艺。研究开发啤酒麦汁一段冷却、酒精差压蒸馏装置等。

(xiv) 发展油田节水工艺。推广优化注水技术，减少无效注水量。对特高含水期油田，采取细分层注水，细分层堵水、调剖等技术措施，控制注入水量。推广先进

适用的油田产出水处理回注工艺。对特低渗透油田的采出水，推广精细处理工艺。注蒸汽开采的稠油油田，推广稠油污水深度处理回用注汽锅炉技术。研发三次采油采出水处理回用工艺技术。推广油气田施工和井下作业节水工艺。

(xv) 发展煤炭生产节水工艺。推广煤炭采掘过程的有效保水措施，防止矿坑漏水或突水。开发和应用对围岩破坏小、水流失少的先进采掘工艺和设备。开发和应用动筛跳汰机等节水选煤设备。开发和应用干法选煤工艺和设备。研究开发大型先进的脱水和煤泥水处理设备。

(xvi) 推广水泥窑外分解新型干法生产新工艺，逐步淘汰湿法生产工艺。

目前，我国将按“十二五”规划内对节能减排的目标，建立新一套“工业节水目标责任评价考核制度”，对重点用水企业开展行业节水及取水约束机制，推动行业节水技术改造及工业废水重复利用，提高用水效率，而此专项规划亦会尽快落实公布。

3.1.2 企业水资源管理

成功的节水管理必须由企业整体上下共同努力才能达成。由于节水计划进行期间可能需要资金运作及对现时的生产操作造成影响，所以必需先由上级管理层明白长期的节水管理能有效降低生产成本，更进一步能提升企业的公共形象。当节水计划获得上级管理层支持及提供资源协助，再配合良好的管理是为成功推动节水计划的重点，有关节水计划的推荐管理如下：

- (i) 上级管理层需建立节水政策，支持推行节水管理；
- (ii) 选出进行节水管理的工作团队，制定节水计划的程序及目标，当中包括：
 - 评估现存的用水效率，制定可行性方案；
 - 制定厂房用水调查时间表；
 - 制定执行节水方案的准则与行动计划；
- (iii) 复核已定下的节水计划及改善建议，确认是否符合节水目标；
- (iv) 按计划进行节水项目，并记录计算节水进行前后的用水量分别；
- (v) 定期复核评估数据，保持计划达标进行或提供最新改善方案
- (vi) 定期向全企业员工推行节水宣传与教育，共同参与计划；
- (vii) 制定奖励计划，表扬其节水成就。

3.1.2.1 厂房节水技术简述

较为概括的节水方案可分为废水回用、生产制程节水、冷却节水、锅炉节水、生活用水减量等。

1. 废水回用

以往，废水回用的主要方案是将工业废水经达标处理后，回用于冷却用水、洗地清洁或作冲厕浇花之用。随着废水回用技术的进步，工业废水已可按回用的不同目的、水质标准，并配以不同的回用处理组合，将废水处理达至回用的所需水平，例如将生产废水循环回用于生产在线上。由于单一的某种废水处理技术很难将废水处理至高标准的回用水质要求，回用处理技术往往需要配合多种处理工艺进行深度处理，才能达至回用于生产在线的标准。

近年间，废水循环回用的观念已广泛被接纳于各行业，然而较为传统的回用方案仍为“末端回用”组合，生产废水一般经过预处理，例如化学混凝、氧化还原、沉淀、离子交换等工艺，减除废水内的有毒物质或重金属后，再以生物处理技术去除废水内的有机物，从而回用处理后的废水。有关上述的处理配合方案大致归纳如下：

- (i) 废水经预处理及生物处理后，经沉淀、过滤后回用。
- (ii) 废水经预处理及生物处理后，经沉淀、过滤、活性炭吸附后回用。
- (iii) 废水经预处理及生物处理后，经二级混凝、沉淀、过滤、透膜处理系统后回用。
- (iv) 废水经预处理及生物处理后，经二级混凝、沉淀、过滤、透膜处理系统、超纯水系统后回用。

由于“末端回用”的处理组合经常带来回用水质的不稳定或令后段的透膜处理系统出现容易堵塞的问题，大大增加废水回用的成本及降低效益，至使厂家对废水回用技

术的成效存疑。然而随着清洁生产中的（取代使用）新理念出现，废水回用技术由“末端回用”改进为“分流回用”，例如在生产过程中所排放的废水先按其特性及污染度，将较为清洁及成份较简单且水量较大的清洗废水等收集作为回收对象，而较为复杂及污染浓度较高且水量较小的废液则排至污废水处理系统处理排放。此项方案的优点能减低回用系统的负荷，亦可增强回用系统的稳定性，大大减低透膜处理系统容易堵塞的问题。分流回用的工艺流程可参考图 3.1.2.1。

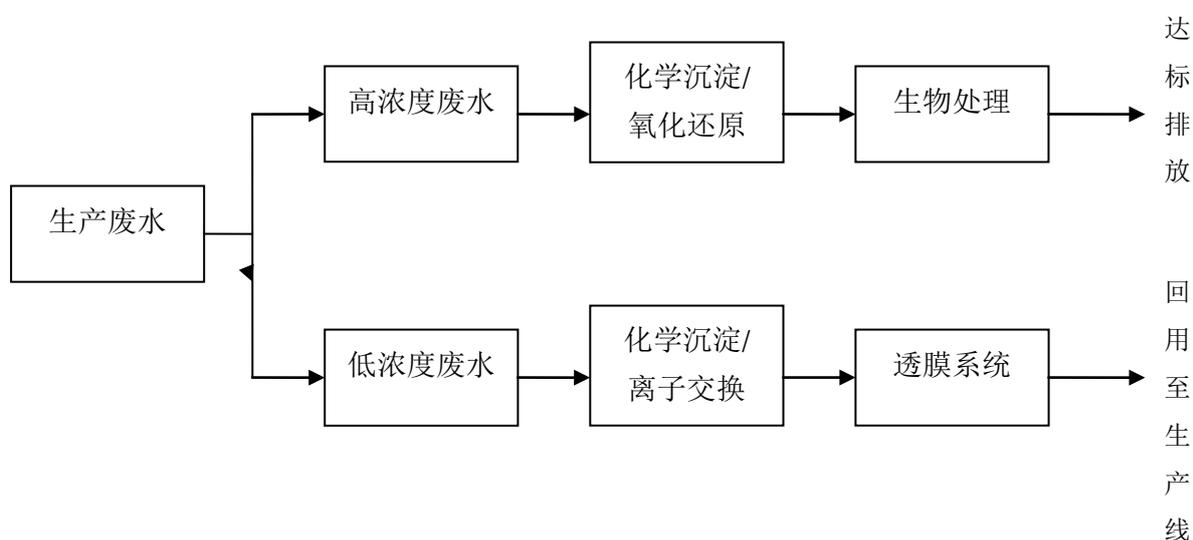


图 3.1.2.1 分流回用的工艺流程

此外，有部份行业的生产废水内有很丰富及有价值的物质能回收重用，如配合（现场回用）的新理念进行清洁生产，除可减低自来水用量及减低废液排放，减轻废水处理系统的负荷与运行成本，更进一步是回收出来的资源可变卖补助生产成本，收到成本效益及环境效益。例如线路板行业的蚀刻工序所排放的蚀刻废液内含有高浓度的铜离子，厂房可在生产线现场配备铜离子回收系统，即时回收铜离子，当废液内的铜离子被回收后，废液实时回用于生产线上，减少不必要的排放。

（上述的废水处理方法如生物处理、透膜处理等技术会于标题 3.2 后再作简述）

2. 生产制程节水

由于各行业的生产制程有所区别，所以节水计划的详细方案需按其特性而制定，但亦可参考下列节水方法的概念而运用于各生产制程上：

(i) 重用最后清洗水

大部份的清洗系统均配有多于一层的清洗工序，而最后清洗工序的清洗水一般比较洁净，可重用于前期要求较低的清洗工序。例如制衣厂房的洗衣机系统，其最后洗衣工序所排放的废水较为洁净，如能配合洗衣机的自动排放程序，收集该类清洗水后，再回用于洗衣机的第一清洗工序上，减低生产耗用与排放。重用清洗水方案的示意图可参考图 3.1.2.2。

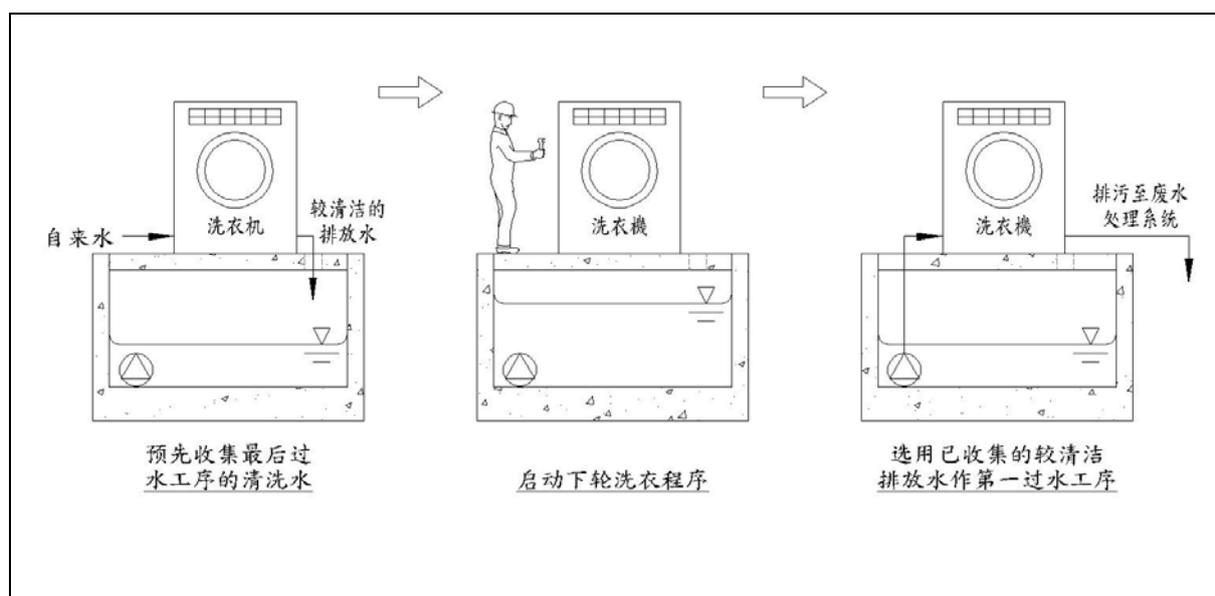


图 3.1.2.2 重用清洗水方案示意图

部份行业虽已实行上述节水方案，重用最后清洗水，例如线路板行业一般以“逆流串连清洗法”设置生产清洗系统。然而该系统的最常见问题是现场工作人员只以目测或以个人经验来调较清洗水量，未有认真计算或调整所需水量来配合生产量，以致耗用过大量水作为清洗目的，以致节水方案未能达到最佳效果。逆流串连清洗法的示意图可参考图 3.1.2.3

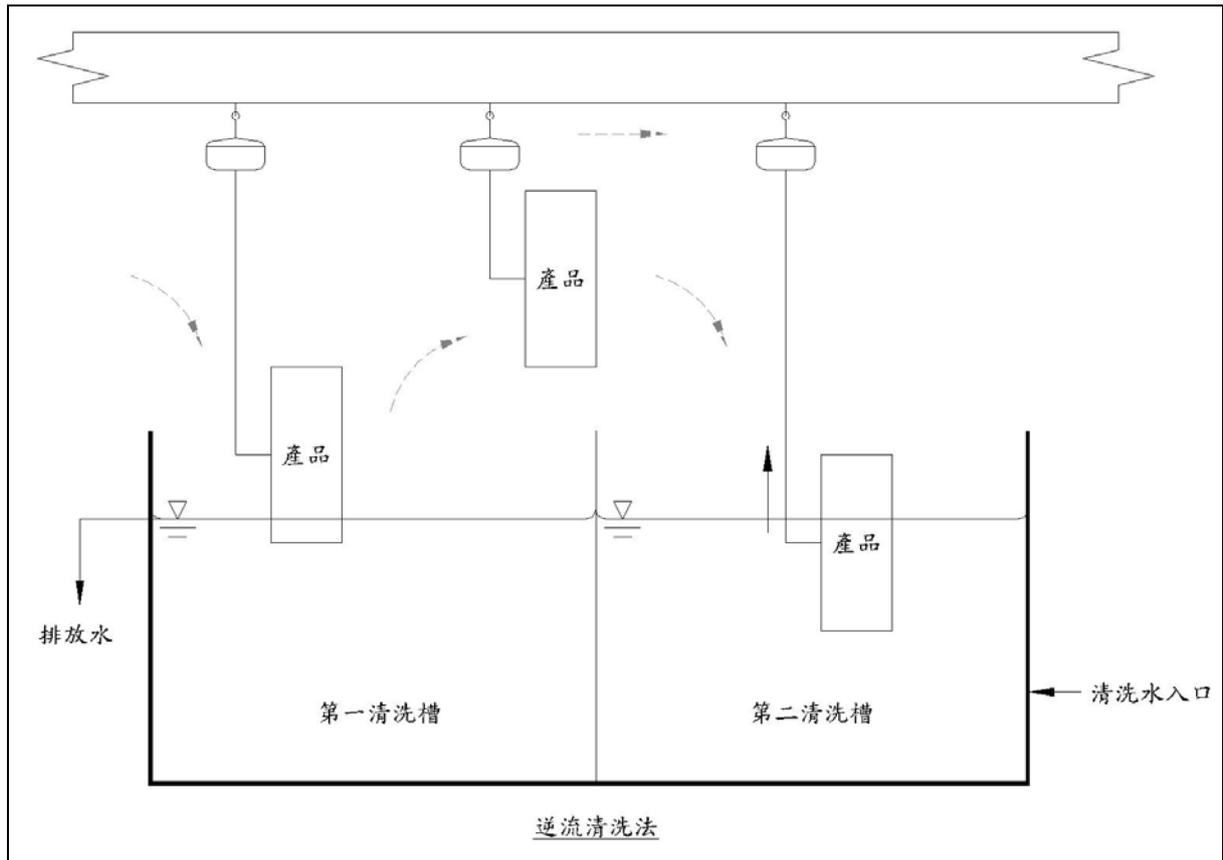


图 3.1.2.3 逆流串连清洗法示意图

(ii) 自动化感应设备

随着自动测量仪表的普及与价钱下降，以自动化设备监控清洗工序的设计更进一步加强节水效果与稳定。例如在线路板清洗槽末端设置电导率仪表，实时测量清洗水内的污染物浓度来控制水阀开关，有效控制所需耗量，从而达到最佳的节水效果。电导率仪表监控系统方案的示意图可参考图 3.1.2.4。

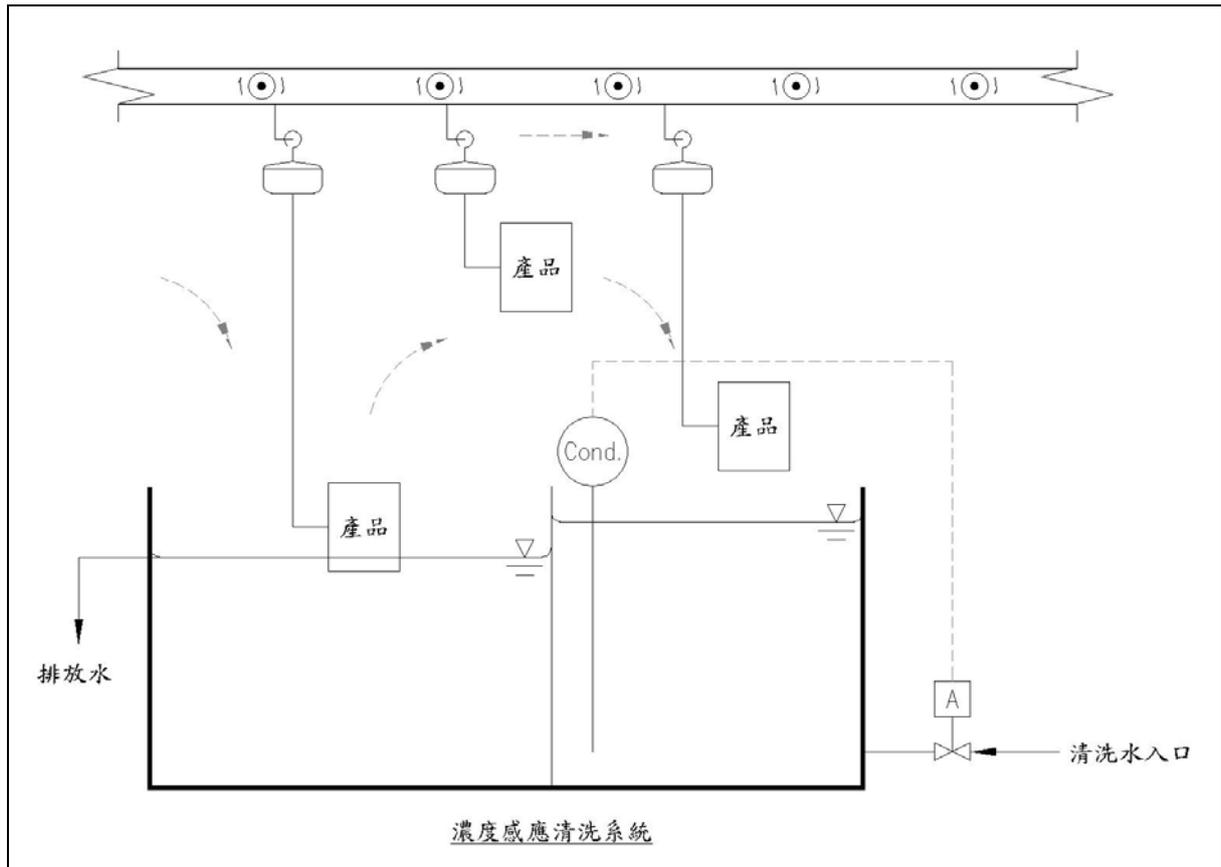


图 3.1.2.4 电导率仪表监控系统示意图

此外，另一类十分常见的水资源浪费是清洗槽耗水问题。以一般旧式清洗工序设置，在生产线上没有产品 或 生产线已停止运作期间，清洗水却照常开启并排放至往后废水处理系统，此情况除了浪费水资源外还加重废水处理系统的负荷。为减低此类常见的浪费，可由自动化设备监控清洗工序，例如以红外线感应器及配备相关自动水阀，自动监测生产线运作，当红外线感应器监测到产品运行至清洗位置时，系统会传讯至自动水阀，开启清洗水工序；相反，当红外线感应器未有监测到产品时，自动水阀会关闭，减少不必要的清洗水浪费。红外线感应器方案的示意图可参考图 3.1.2.5a 及 3.1.2.5b。

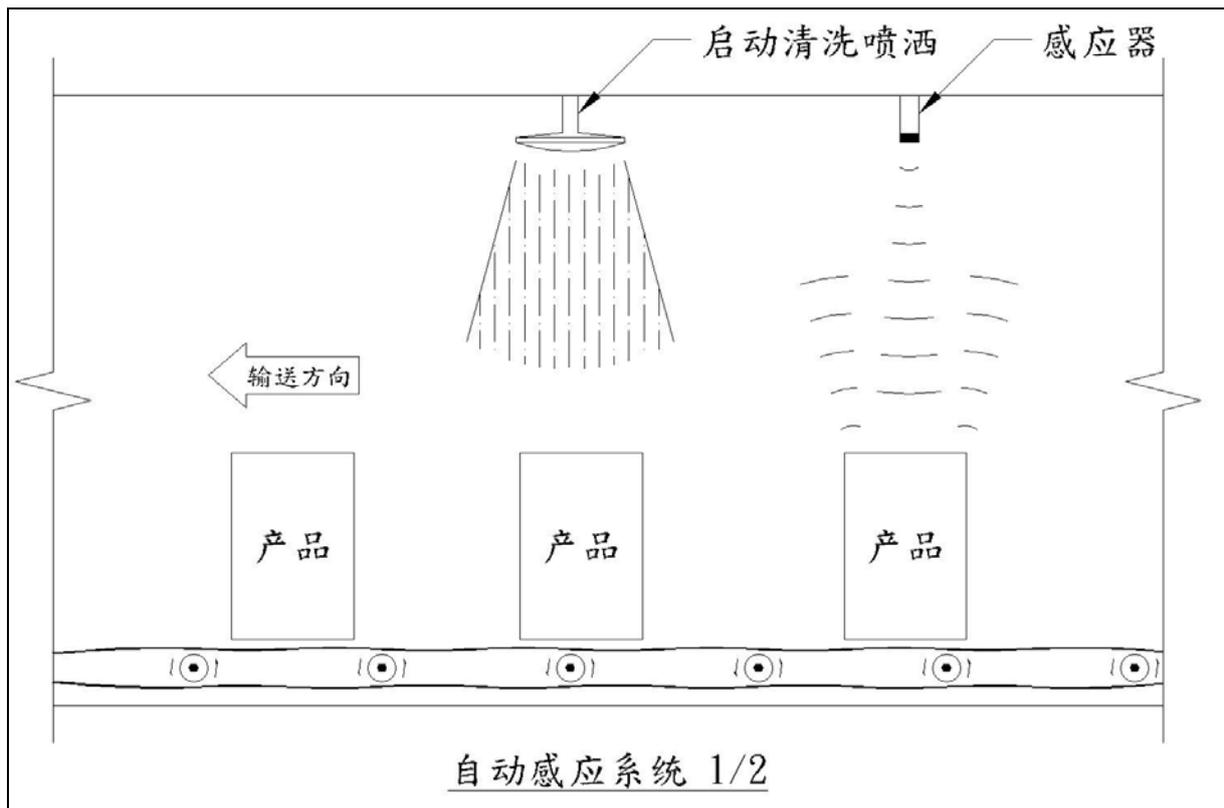


图 3.1.2.5a 红外线感应器示意图 1

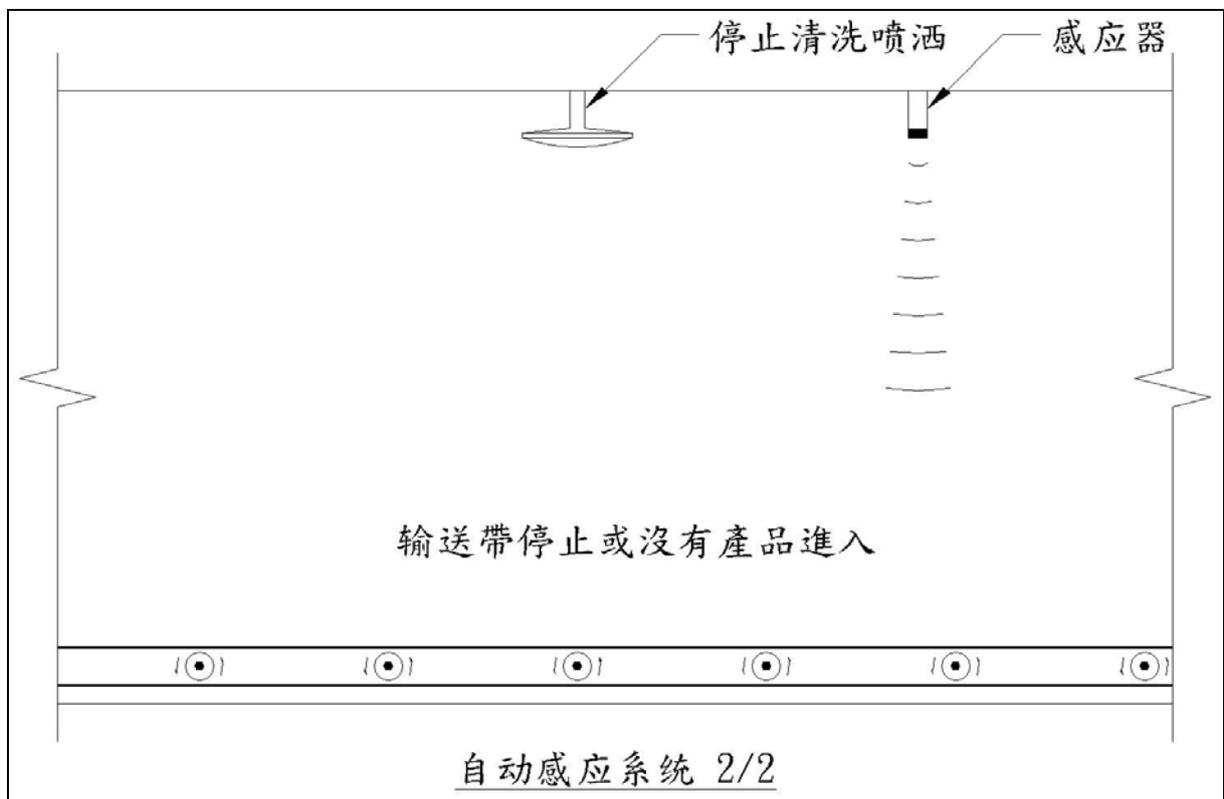


图 3.1.2.5b 红外线感应器示意图 2

3. 冷却节水

冷却用水为工业生产制程中常有的工序，其目的是吸收或转移生产制程过剩的热量，以保持生产制程在所需的温度下进行，一般可占企业总用水量的20%至50%。而冷却用水大概可分为直接冷却用水与间接冷却用水。直接冷却用水是指冷却水直接与物料接触，致使物料冷却；间接冷却用水是指冷却水透过热交换器、冷水塔等设施，将生产制程过剩的温度吸收控制。间接冷却用水亦常用于厂房、办公大楼及其它较大之空调系统上，将空气热量转移至冷却水内。由于间接冷却用水一般用量较大而污染度较低，所以对节约用水及回用有较大的空间。

在节约间接冷却用水的范畴上，冷却塔的操作维护最为重要，因为适当的操作维护，除可节省冷却水塔之耗水量外，更可减低系统出现结垢与腐蚀，保持热传效率，达到节能减排的效果。例如冷却塔的循环水在运行期间会因蒸发损失而致使水中的溶解性固体(TDS)增高，而最常见的问题是工作人员一般只加大补充水的水量与排放量来减低结垢现象，没有认真计算或调整所需的真正补充水量，以致浪费水资源的情况出现。

在计算方面，较为直接的节水方案是增加冷却塔水的浓缩倍数，从而减低补充水量及减少不必要的排放。其计算方法是利用导电度仪表测量排放水之导电度值并除以补充水之导电度值而获得。例如冷却水塔的排放水导电值为 $750 \mu\text{S/cm}$ ，而补充水之导电值为 $250 \mu\text{S/cm}$ ，其浓缩倍数相等于： $750 \mu\text{S/cm} \div 250 \mu\text{S/cm} = 3$ 。按上述计算方式，冷却循环水的浓缩倍数越高，节水的效能越大。另一方面，由于高浓缩倍数的冷却循环水会导致结垢或腐蚀情况出现，所以用来判断冷却水水质的蓝氏饱和指数(LSI)，必须经常监测，计算出冷却水质是否处于正常水平，而监测的范围包括溶解性固体(TDS)、酸碱值(pH)、Ca硬度、M碱度(Malk)等。一般最理想的LSI值为-0.5至0.5，当LSI值小于-0.5时会倾向腐蚀，而负值越高，腐蚀情况越严重；当LSI值大于0.5时会倾向结垢，而数值越高，结垢情况越严重。

为免结垢及腐蚀的情况出现，相应的冷却水质处理技术予以应用。例如将冷却循环水的浓缩倍数提升至4.0时，可配合中水回用及化学加药法减低结垢及腐蚀的情况出现；当浓缩倍数提升至9.0时，为减低化药品耗量，可配合臭氧氧化法或磁化法减低结垢及腐蚀的情况出现。上述各项处理技术简述：

(i) 中水回用及化学加药法

选用厂内某些低污染度的制程排放水作为补充水，例如逆渗透系统之排放水、蒸气冷凝水或经三级处理的废水，并监测废水内的LSI值、NH₃、COD及盐份等数值，按监测结果配备合适的化学剂，例如LSI值大于1时，添加有机磷酸盐或硫酸，降低循环水之pH值，将水中部份的重碳酸钙Ca(HCO₃)₂转换成溶解度较高之硫酸钙，同时也能减少不溶解物质的量。然而，当LSI小于(-1)时，添加磷酸盐、硅酸盐、亚硝酸盐、钼酸盐等化学剂，以抑制金属的腐蚀或于金属表面形成一种保护膜。

(ii) 臭氧氧化法

臭氧氧化的原理是将循环水中的硬度物质如铁、锰、钙、镁等产生钝化反应，转化为污泥状，并使垢层变松、脱落，沉淀于冷却塔底中，由于这些污泥黏着性很低，一般不易黏着于循环系统之管道内，可由过滤系统滤除，而且臭氧能在金属表面形成一层氧化膜，增加了金属的抗腐蚀性能。此外，臭氧能破坏病毒和细菌的细胞膜，能有效地控制循环水中微生物的生长，减轻生物污垢及其引起的垢下腐蚀及改善冷却水的透明度。而其运行费用比化学药剂法为低。

(iii) 磁化法

磁化法的原理是利用强力磁力将循环水中粒子之表面电荷改变，当这些粒子与管道内水体中之正电荷离子诸如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等的价电位改变为负电荷，以致失去与水中之阴离子诸如 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 O^{2-} 等结合的能力。藉由同性相斥因而避免结垢发生。因此，循环水中的导电度值即使在4,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上也不须因担心结垢而必须强制排水，因而提升节水效率。

4. 锅炉节水

锅炉用水亦为工业生产制程中常有的工序，其目的是以锅炉燃烧用水来产生蒸汽，进而提供热能至生产线使用。由于锅炉制作蒸汽后，致使水中的溶解性固体(TDS)增高，这情况与冷却水塔相似，当配以恰当的操作维护，可节省锅炉用水量及减低系统出现结垢、腐蚀的情况出现。而各项措施包括：冷凝水回用、化学加药法及磁化法。

(i) 冷凝水回用

由于锅炉系统中的冷凝水本为蒸馏水，水质较佳及温度较高，适合循环回用于锅炉内。而且温度较高的循环水补充回锅炉，相对提高了锅炉水的热传导速度，降低锅炉负荷。为保持冷凝水的温度，其储存缸与管道可加上保温外套，减低水温下降。另外，当锅炉循环水有所损耗而需添加用水时，添加水必须经过预处理工序如离子交换水处理等，尽量去除添加用水的硬度物质，因为稳定的锅炉状态用水，更能减少用水量，达到节水之目的。

(ii) 化学加药法

化学加药法的目的是减低锅炉系统的结垢及腐蚀情况出现。在除垢控制方面，添加化学药品有碳酸钠、磷酸钠、聚磷酸盐及磷酸三钠等。就腐蚀控制方面，可添加化学药品如氨或有机氨中和水中的二氧化碳，以保持水的pH值在中性范围 6.5 至 7.5 间。另外，为加强锅炉系统内的金属防腐蚀性能，可于系统添加 (EDTA) 螯合剂如乙二胺四乙酸二钠等化学药品，将水中的铁离子转化成水溶性的铁螯合物，并于 280°C 至 300°C 的高温环境下分解并依附于金属表面变成防腐保护膜。

(iii) 磁化法

磁化法的原理与功效与冷却塔描述相约。

5. 生活用水减量

由于部份企业的生产制程并没有大量消耗水资源，其主要用水形态为办公室与厂房生活用水。在节约用水的目标上，企业除可向员工推行节水宣传与教育，亦可加入节水设施与设计，提升节水效率：

(i) 水龙头节水

- 测试水龙头及莲蓬头的水量是否过大，并可加装适当节流装置或加装新形节水龙头及莲蓬头。
- 定期检查水龙头及莲蓬头可有漏水情况出现，及早维修处理。

(ii) 卫浴节水

- 将处理达到回用标准的回收水作冲厕用水。
- 将小便器冲水装置改为自动感应形式，减省不必要的冲洗。
- 将旧式马桶冲水装置改为二段式冲水装置，减低不必要的冲洗。
- 定期检查各便器可有漏水情况出现，及早维修处理。

(iii) 厨房节水

- 减少厨余产生，并可减少清洗用水。
- 加装自动清洗设备，重用最后清洗水作预洗工序。

(iv) 园艺及其它生活节水

- 将处理达到回用标准的回收水作浇花、洗车或洗地之用。
- 选择早晚时段作浇花工作、减低蒸发量。
- 选择耐旱植物并可按植物的需水性分区种植，减低不必要的浇水。
- 选择高透水性及高蓄水能力的土壤种植植物，减低水份蒸发。
- 加装屋顶或雨棚收集雨水设施，收集雨水作冲厕、浇花及清洗之用。

3.2 污水处理技术概括

3.2.1 重金属废水的处理技术

随着工业迅速发展，工业用水已占用城市用水量的 50%~80%。当中的重金属废水是对环境污染最严重和对人类危害最大的工业废水之一，其主要由电镀、印刷线路板、机械制造、电子和矿冶等工业过程中产生，当中印刷线路板，电镀及电子工业废水等的污染物尤为复杂，废水中含有：镍(Ni)、汞(Hg)、镉(Cd)、铅(Pb)、铬(Cr)、金(Au)、银(Ag)、铜(Cu)、锌(Zn)等重金属。

由于重金属废水污染直接影响人类健康与生态环境，所以中国环保局十分重视此类废水的监控及处理，为要有效控制重金属的排放，除于末端治控废水处理外，必须配以综合措施及清洁生产的新理念，由源头至末端处理，分别配以（减少使用）：实行新的清洁生产管理和操作，减少重金属的耗用及不必要的排放；（取代使用）：改进生产工艺及生产设备，取代或减用高毒性的重金属原料；（现场回用）：加配回收设备，于生产在线回收废水中的重金属及有用物质；（循环再用）：通过分流等工序，有效处理及回用生产废水于生产在线，减低自来水耗用。最后，通过各类处理技术，把重金属废水治理达标。总括而言，现时国内广泛应用的重金属废水处理过程分可以分类为化学处理法、物理化学处理法和生物处理法等三类。

1. 化学处理法

(i) 化学沉淀

化学沉淀法是利用化学药品或化学反应使废水中呈溶解状态的重金属移除或转变为不溶于水的重金属化合物，再配合物理沉淀方法用来达到预计分离去除效果，常见的化学沉淀法有氢氧化物沉淀法、硫化物沉淀法、碳酸盐沉淀法、钡盐沉淀法、卤化物沉淀法等。当中比较广泛应用及操作简单的方法为氢氧化物沉淀法，

其主要原理是以碱性离子的氢氧根离子和废水中的金属阳离子反应转变为不溶性的氢氧化物，由于大多数金属的氢氧化物在水中的溶度积很少，可配合沉淀方法把氢氧化物加以沉降分离。化学沉淀法的流程可参考图 3.2.1.1。

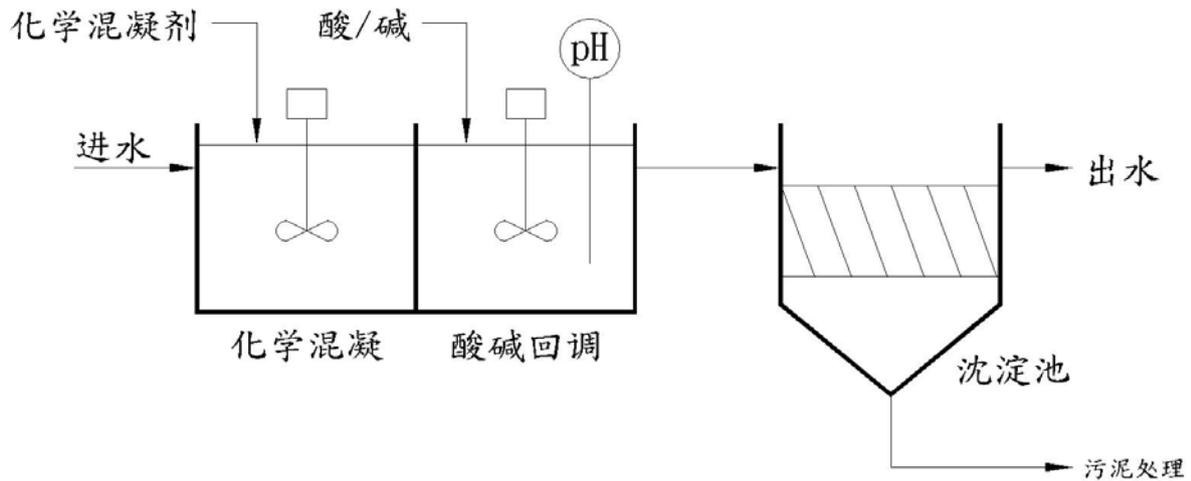


图 3.2.1.1

当部份废水中含有多种重金属如铬、镉、锌等，若处理程序以一次性的较高 pH 值调整至 10，虽可把废水中的镉及锌等重金属沉降分离，但重金属铬会再度溶解于废水中。因此必须配以分段沉淀方法，先以 7 至 8 的 pH 值，将铬沉降分离，再以第二段方式，将 pH 值设置于 10 至 11 间，把镉及锌等沉降去除。

另外，如部份废水中含有螯合剂如 EDTA，卤素、氰根等物质时，废水中的重金属会与其形成络合物，增加重金属在水中的溶解度，这类络合物一般不能以氢氧化物沉淀法处理，其必须经过预处理，先把络合物破除。

(ii) 氧化还原处理

当部份废水中含有络合物等不能以简单的化学沉淀法处理时，氧化还原法可作为重金属废水的预处理工序。氧化还原方法是根据重金属离子的性质，分别加入氧化剂或还原剂，以氧化反应或还原反应，将重金属废水中的重金属离子转变为金属单质或者价态较低的金属离子，往后再配以碱性离子的氢氧根离子，变为不溶性的氢氧化物，或再配以絮凝剂增加沉降分离效果。

近年受到国内外广泛使用的氧化工艺有 Fenton 法，是利用双氧水(H_2O_2) 等氧化剂并配合亚铁盐(Fe^{2+})的催化作用，再配以合适酸性 pH 值的环境下，产生大量高反应活性的羟自由基($\cdot OH$)，进行有机物和还原性物质的氧化。由于其处理反应迅速及强效氧化性能，特别适用于一些含有络合物等难治理或对生物有毒性的工业废水的前处理工序。氧化还原法的流程可参考图 3.2.1.2。

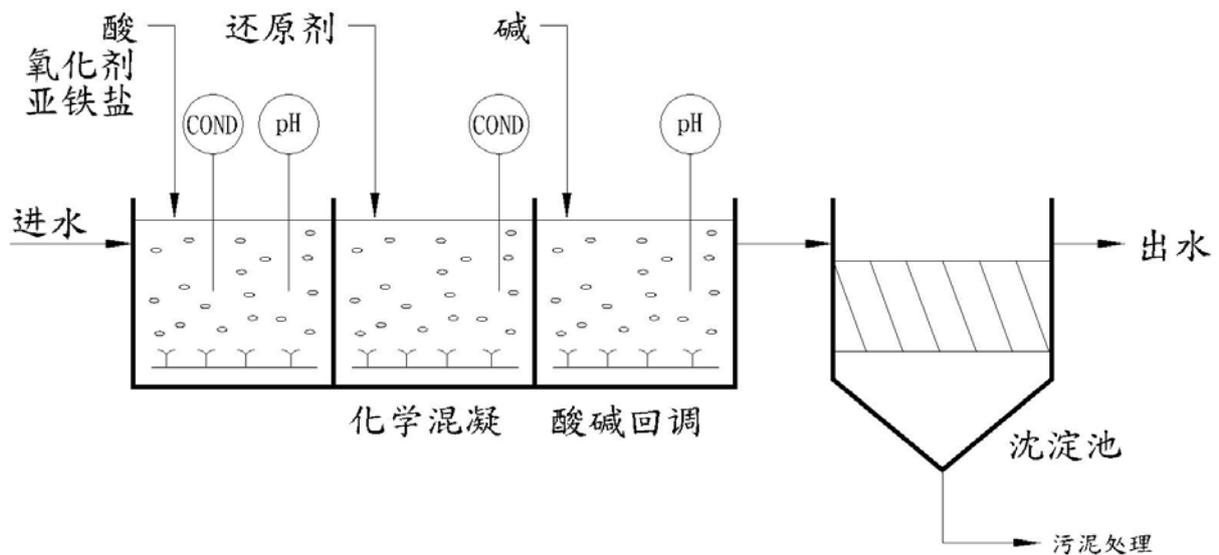


图 3.2.1.2

(iii) 铁氧体法

铁氧体法处理重金属废水已于国内运用多年于印刷线路板及电镀工业等的废水处理上，这种方法能应用于大部份的重金属污水处理，其效率会因实际水体及工艺操作情况而有所变化，如操作合适，能一次处理含多种金属离子污水的处理工艺。铁氧体法的处理过程中需加入铁盐如硫酸亚铁等药剂，通过调节废水 pH 值及加入空气搅拌，并加热水体温度在 70℃至 80℃间，促使反应进行及将氢氧化物胶体破坏和脱水分解，在此过程中，部份铁盐中的(Fe^{2+})会氧化成(Fe^{3+})，而废水中的各种价态较低的二价金属离子占据部分(Fe^{2+})的位置，而三价金属离子占据部分(Fe^{3+})的位置，从而使其它金属离子均匀地混杂到铁氧化晶格中去，形成特性各异的铁氧体。往后再通过搅拌混和并加入氢氧化物将 pH 值调整至 8 间，使铁离子(Fe)和重金属离子产生氢氧化物等沉降去除。而铁氧体污泥化学稳定性高，易于沉降分离和脱水处理，唯其加热部份的耗能及硫酸亚铁药剂成本较高，且排放水内含较高份量的硫酸盐。

(iv) 电解法

电解法是另一种化学处理方法处理重金属废水，这种方法以电为基础对废水进行电浮选和电解，不需使用化学药品及相对减少污泥的产生。其原理是利用金属的电化学性质，重金属离子在电解时能够从相对高浓度的溶液中进行电积，废水中的重金属离子如 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cr^{6+} 等会按直流电场作用下定向在阴极得到电子被还原成高纯度单质重金属，然后回收再用。电解法常用于线路板厂及电镀厂的含氰的重金属废水处理，在电解过程中，废水中的氰被氧化分解，而重金属则形成氢氧化物被沉淀分离去除。目前，电解法已广泛应用于重金属回收及溶液回用的工艺上，例如线路板厂的蚀刻液等重金属酸性溶液回收，溶液在完成蚀刻工序后，溶液内含大量硫酸铜 CuSO_4 。在电解过程中，溶液内的铜离子会被还原成单质铜金属 Cu ，而溶液中的水份会分降出氧气 O_2 与氢离子 H^+ 并与 SO_4^{2-} 结合成硫酸 H_2SO_4 。经电解后的溶液只需加入生产印需的添加剂等化学药品，溶液已可回用于生产在线上。电解法示意图可参考图 3.2.1.3。

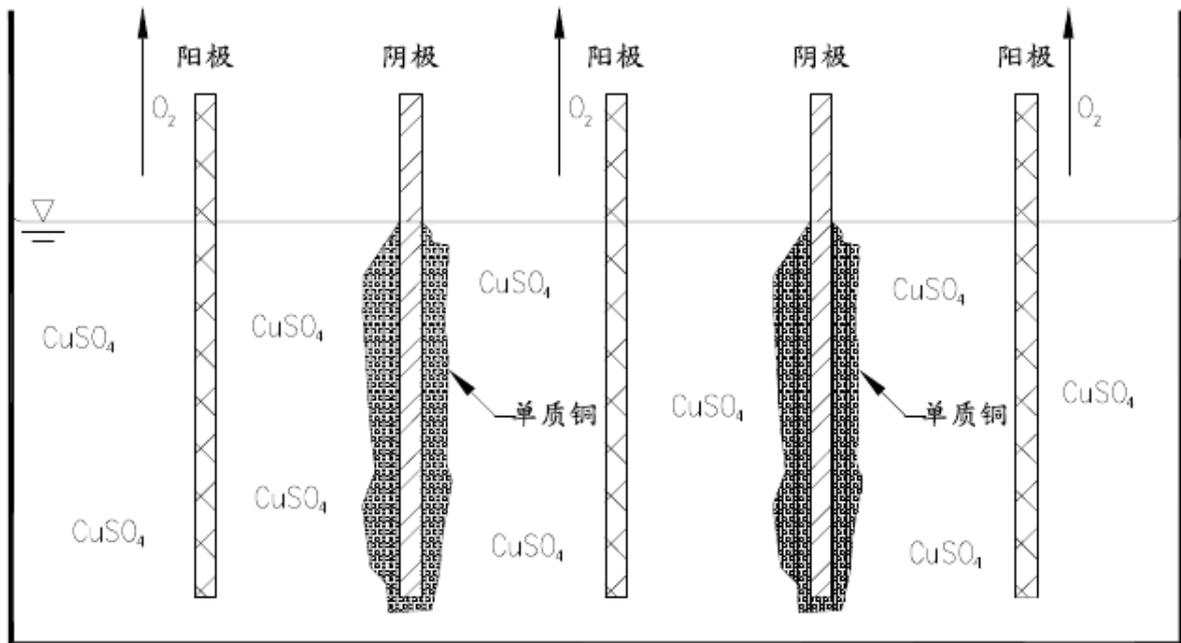


图:3.2.1.3 电解法示意图

2. 物理化学处理法

(i) 吸附法

吸附法是利用吸附剂之吸附容量来移除废水中的物质，物质先被吸附剂引导至其表面，再被渗入吸附剂中。总括而言，吸附法以分类为物理吸附法和化学吸附法。物理吸附法是一种可逆转的工艺，以凡得瓦力的形式进行，当废水中的溶质与吸附剂之吸引力大过溶质与吸附剂之间的引力大时，溶质会被吸附在吸附剂之表面，再被渗入吸附剂中。而化学吸附法是一种不可逆转的工艺，是被吸附的溶质与固体吸附剂之间的化学反应，但很少应用于废水处理工艺中。

吸附剂种类很多，一般常用于废水处理方面的有活性炭，它是由木头、木屑、椰子壳、煤炭、石油底渣等物质干馏炭化而成，制成后再以水蒸气或热空气加以活化。由于

活性炭颗粒表面与颗粒之间有很多微细孔，而这一些微细孔洞内的表面积远比颗粒表面大，所以存有很大的吸附能力，可以同时吸附多种重金属离子。一般常用的颗粒活性炭处理设备有批式、塔式固定床、塔式逆流床、流动床等。当活性炭颗粒的吸附能力达至饱和时，活性炭可再生使用，但由于操作费用高，所以再生使用的情况不多。碳滤系统示意图可参考图3.2.1.4。

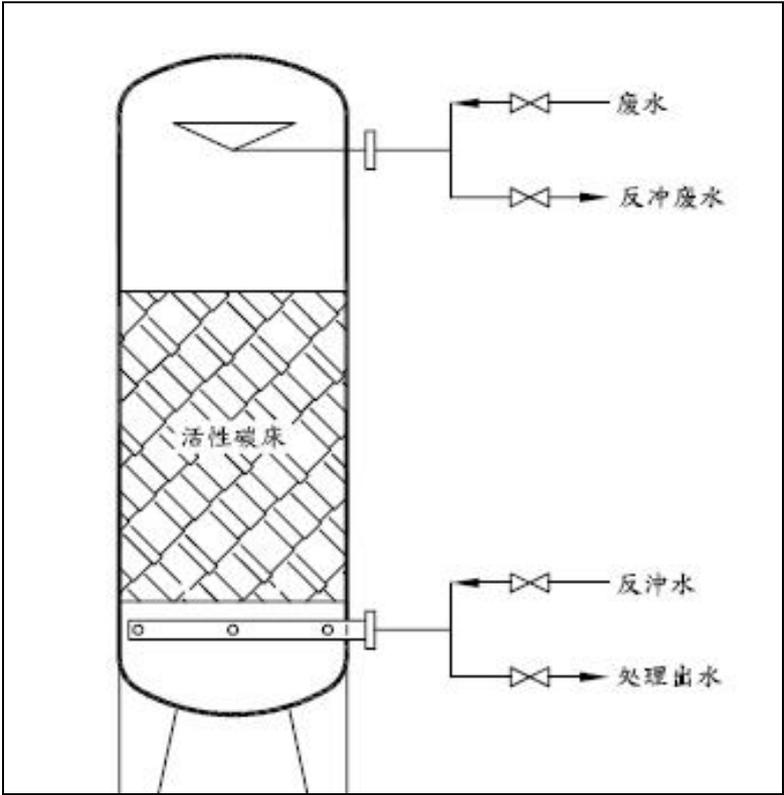


图:3.2.1.4 碳滤系统示意图

另外，为减低操作成本，近年很多学者想寻找其它可替代的吸附材料如玉米棒子芯、白杨木材锯屑、啤酒花、椰壳粉、果胶及矿物等自然资源作为天然吸附材料。由文献上的研究结果显示，这类新开发的天然吸附材料效果显著，处理效率令人满意。

(ii) 离子交换法

离子交换是固相中的离子与液相中离子的一种化学反应，比如以往的多孔沙(沸石)应用为软水系统的固相交换物质，因其晶状结构上缺乏正价的离子，所以在其微细孔中带有负电荷，吸附原水中的钙与镁等硬度离子，再释放出钠及钾等离子回液体中，将硬水转化为软水。由于近年对固相离子交换物质的研究有很大突破，发展出不同的合成性离子交换树脂，这类离子交换树脂可分为阳性及阴性两类，可以分别被包装在不同的离子交换床中，分成阴离子交换床或阳离子交换床。而两性离子交换树脂亦可包装在同一的交换床中，同时进行阳离子及阴离子的交换工作。离子交换法除已被广泛应用于废水处理外，其功能亦已应用于到不同行业如金属加工、化工、石油化工、制药、核子工业、食品、饮料及饮用水等。

一般的离子交换树脂呈多孔状或颗粒状，其离子交换能力亦有分为强性型及弱性型；强酸型的阳离子交换树脂，带有较强的反应基，易于去除所有阳离子如 $(\text{Cu}^{+2}, \text{Ni}^{+2})$ 等，而弱酸型的阳离子交换树脂，带有较弱的反应基如，只有限地去除弱碱中的阳离子如 $(\text{Ca}^{+2}, \text{Mg}^{+2})$ ，不能去除强碱中的阳离子如 $(\text{Na}^{+}, \text{K}^{+})$ 等。强碱型的阴离子交换树脂，带有较强的反应基，易于去除所有阴离子，而弱碱型的阴离子交换树脂，带有较弱的反应基，只有限地去除强酸中的阴离子如 $(\text{SO}_4^{-}, \text{NO}_3^{-})$ ，不能去除弱酸中的阴离子如 $(\text{CO}_3^{-2}, \text{HCO}_3^{-})$ 等。

离子交换法和吸附法中所提及的处理设备大致相同，型式上亦分为批式、塔式固定床、塔式逆流床、流动床等。但无论是那一种形式，当树脂的吸附能力达至饱和时，树脂需要进行再生工序，利用氢离子及氢氧根离子进行再生，交换吸附着在离子交换树脂上的重金属，令离子交换树脂回复到原先性质的化学功能。离子交换再生程序示意图可参考图 3.2.1.5。

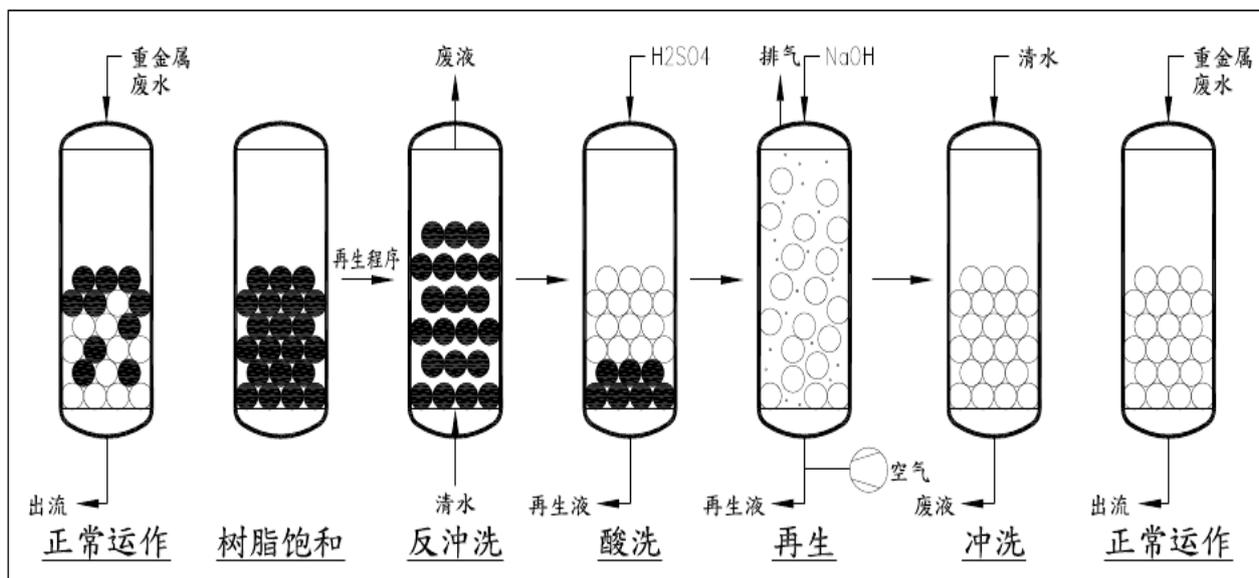


图:3.2.1.5 离子交换再生程序示意图

(iii) 膜分离法

透膜分离法的运作原理是以透膜作为分离介质，以外界能量或化学位差作为推动力，对双组分物质或多组分物质进行分离、分级、纯化和浓缩的方法。应用于有机废水处理的主要的方法包括电渗析法、反渗透法、超滤法等。处理系统与传统过滤方法有所不同，透膜可以在分子范围内进行物理性分离，不需发生相的变化和添加助剂。这种新兴的高分离、浓缩、提纯和净化水处理技术，具有出水水质好、效率高、占地小的特点，已被广泛应用于污水处理工艺上。透膜一般以高分子材料或无机材料制成，其厚度一般为微米级，依据其孔径的不同，可将膜分为微滤膜、超滤膜、纳滤膜和反渗透膜。

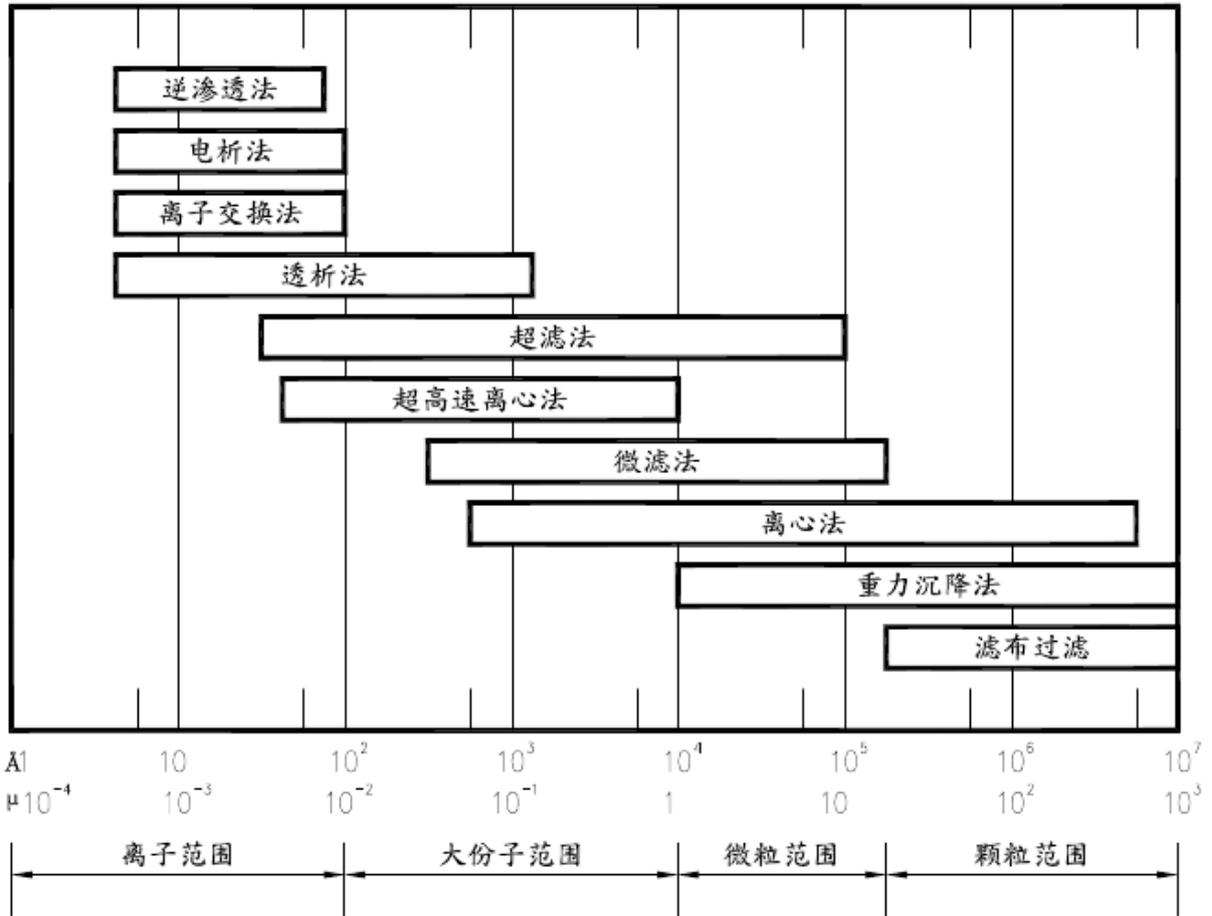


表:3.2.1.6 透膜技术处理范围

当中电渗析膜是由离子交换树脂膜发展出来的新技术，是一个多孔、薄膜的合成离子交换树脂造成的网状结构体，电渗析膜可运用阳离子交换膜及阴离子交换膜进行废水处理，阳离子膜只允许阳离子通过，阴离子交换膜只允许阴离子通过。当电流通过废水内电极时，废水中的重金属离子如 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cr^{6+} 等会按直流电场作用下定向移动，进入阳离子交换膜后的隔间，而阴离子亦按直流电场作用下定向移动入阴离子交换膜后的隔间，结果于阴阳两离子交换膜中间隔间的重金属离子会随电流的通过而逐渐减少，达至所要求，而阴阳两离子膜后的离子会增加，转变为浓液。除阳离子交换膜及阴离子交换膜外，还有特殊离子交换膜与及无机离子交换膜两类。

反渗透、超滤和微滤都是依靠静水压力差为推动力的薄膜分离技术，其分别在于分离粒子的大小范围和操作压力不同。反渗透的运作是利用一种用半透膜进行分子过滤的方法，其原理如图 3.2.1.7 显示，在储缸中间配放置一张只可通过纯水的半透膜，分隔储缸内的纯水与重金属废水，在两边都没有静水压力差的环境下，纯水会因渗透压差的原因，由高水份子流向低水份子位置，这现象称为渗透现象，纯水流入重金属废水间隔内，直至如图 3.2.7 显示，渗透现象达到平衡状态，两边液面不再变动。而反渗透的运作原理是在重金属废水间隔内加上静水压力，当压力超过渗透压时，纯水会流向低压的一方，出现反渗透现象。

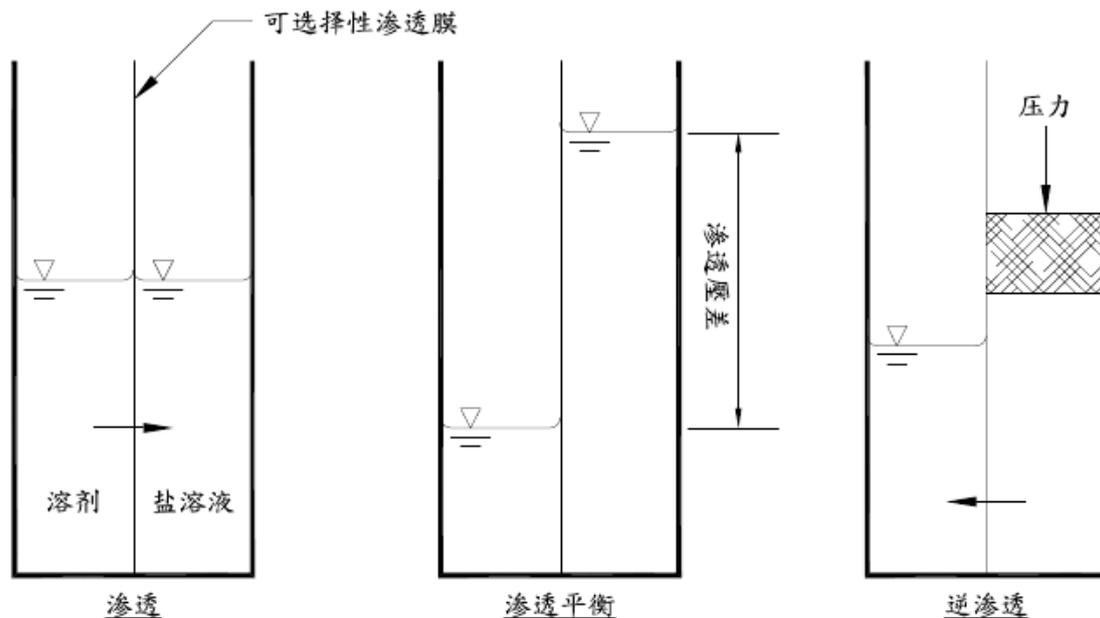


图:3.2.1.7 反渗透原理示意图

超滤的分子过滤过程和反渗透基本相同，但其实质作用是机械筛滤过程，将大过膜体孔的份子如蛋白质、细菌、胶体、悬浮固体等进行分离过滤，而小于膜体孔的份子则通过膜体。超滤所能截留的污染物较大，而重金属等离子则不能被隔离，所以超滤系统一般配置于反渗透系统前，减低反渗透系统对大份子污染物的负荷，有助反渗透系统的运作效率。

微滤膜亦以是机械筛滤过程运作，将大过膜体孔的份子分离过滤，通常孔径范围在 0.1 至 10 微米，故微滤膜能对大直径的菌体、悬浮固体等进行分离，但对蛋白质等处理能力较低，一般作为澄清、保安过滤等工艺。

(iv) 萃取法

萃取法是利用分配定律的原理，依靠污染物在水中和在某种有机溶剂中有不同的溶解度，以一种与水不相溶的对废水内某种污染物溶解度大的有机溶剂，将污染物从废水中分离出来的方法。例如线路板行业以俗称“贫铜油及富铜油”的有机萃取剂，将废蚀刻液中的铜离子分离出来，使废蚀刻液获得再生循环再用。配合萃取法的碱性铜蚀废液再生循环系统工艺流程图见图3.2.1.8

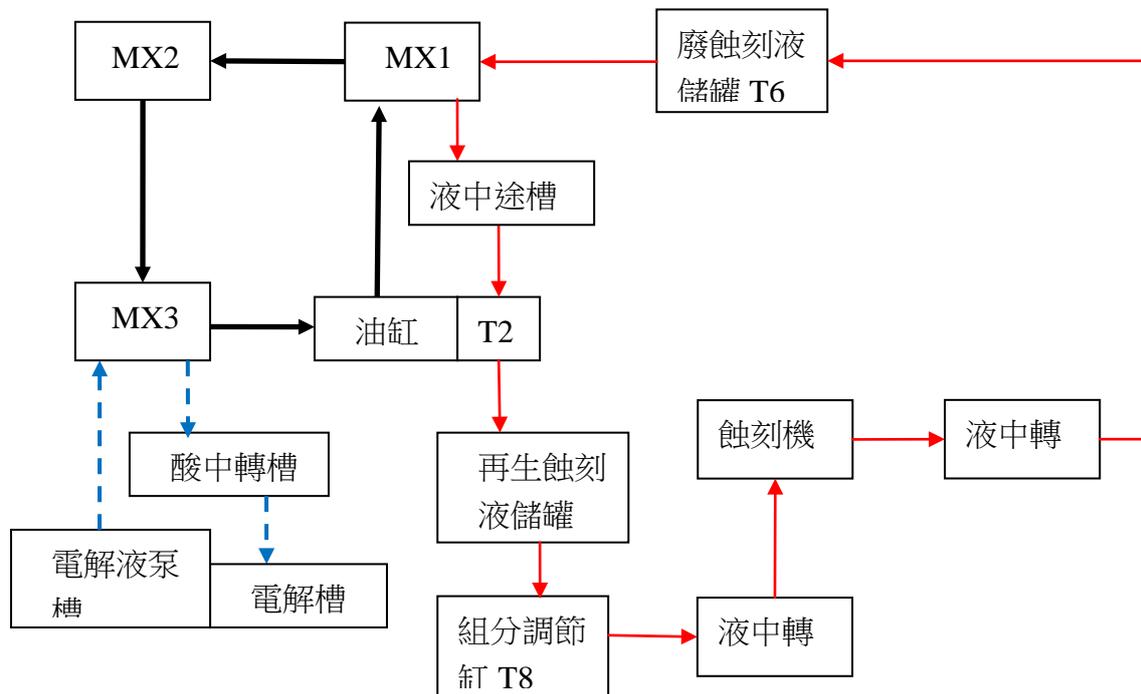


图 3.2.1.8 碱性铜蚀废液再生循环系统流程图

碱性铜蚀废液再生循环系统的简述如下:

(i). 红色幼线路指示: “蚀刻液萃取” 及 “组分调节系统”。蚀刻废液从储罐 T6 进入 MX1 缸进行萃取、洗涤工序, 当 “蚀刻废液” 经 “贫铜油” 萃取蚀刻废液中的铜离子后进入 T2 储罐暂存, 然后进入 “再生蚀刻液储罐” 与 “组分调节缸 T8” 内, 并于 T8 内添加适量氨水、蚀刻盐和添加剂, 使重新调配后的蚀刻液达到蚀刻机要求。

(ii). 黑色粗线路指示: “自控铜无损分离系统”。当 MX1 缸内的 “贫铜油” 萃取蚀刻废液中的铜离子后转变为 “富铜油”, “富铜油” 会经由 MX2 进入 MX3 缸。在 MX3 缸内, “富铜油” 与硫酸接触, 进行反萃取, 把 “富铜油” 中的铜离子分离释放进硫酸中, 生成硫酸铜溶液。而 “富铜油” 释放铜离子后会成为 “贫铜油”, 回到 MX1 缸不断循环。

(iii). 蓝色虚线路指示: “铜电积系统”。在电解槽内对硫酸铜溶液进行电积, 将铜离子还原成高纯度单质铜, 电积后的硫酸铜溶液即电积后液, 回到 MX3 缸进行反萃取。

3. 生物处理法

另一类是利用微生物作为生物吸附材料, 其原理是经过一系列生物化学作用使重金属离子被微生物细胞吸附的过程, 而离子交换介体是生物细胞, 是一种特殊的离子交换工作, 有别于一般的离子交换过程, 介体主要有菌体、藻类和细胞提取物等。由文献上的研究结果显示, 这类新开发的生物吸附处理法的效果亦令人满意, 现阶段在国外开始被广泛应用。但由于介体主要微生物, 较易受环境因素如 pH 值和温度等影响, 工艺尚待完善。

3.2.2 有机废水处理技术

有机废水是对环境造成极大污染的另一来源，当中排放有机废水较多的行业有食品、造纸、制糖、制药、屠宰、农药、皮革、纺织、印染、石油化工等。由于部份工业有机废水成份复杂，形成高浓度有机废水或难生物降解有机废水，当这类工业有机废水排放至水体后，水体内生物会大量耗用水体内氧份以图降解有机物，以致水体形成缺氧甚至厌氧，令水生物大量死亡及产生恶臭，恶化水质和环境。

有机废水的含量一般以生化需氧量 BOD_5 或 化学需氧量 COD 综合表示，是有机废水的处理去除的主要指标。比如高浓度有机废水的 COD 值一般在 2,000 mg/L 以上，更有部份废水的 COD 值更可高达数万乃至十数万 mg/L 不等。另外，部份工业有机废水内加有大量的盐类、添加剂、毒素或抗生素，致使生物废水处理系统内的微生物被杀害或受到了严重的抑制作用。这类废水的 BOD_5 值较低，当 BOD_5 与 COD 的比值低于 0.3 或以下时，这类有机废水难以用一般生物降解法处理。

有机废水处理的基本要点是去除各类型的有机物，目前的处理方法主要采用生物处理技术如活性污泥法、生物膜法、生物接触氧化法、生物转盘、厌氧滤池等工艺。以一般中、低浓度的有机废水处理，多采用好氧生物处理技术去除废水中有机物。而较高浓度的有机废水如 COD 值超过 3,000 mg/L 时，多会采用厌氧生物等处理技术。此外，部分含有毒害物质且不易于生物降解的高浓度有机废水，则会按其复杂性，配合其它处理工艺来去除废水中有机物。总括而言，有机废水处理过程可以分为生物处理法、物理化学处理法、物理处理法等三类。

1. 生物处理法

废水的生物处理技术分为好氧法和厌氧法两大类。普通废水处理领域主要使用好氧法，其运作原理是利用好氧生物吸附、氧化分解污水中的有机物从而达到净化水体的方法。好氧生物处理技术又分为活性污泥法和生物膜法两种。活性污泥法是使微生物群体“聚居”在活性污泥上，在曝气池内呈悬浮状态与污水接触，使污水净化的技术；生物膜法是使微生物群体以膜状附着在填料表面，与污水接触，使污水净化的技术，由于生物膜的附着生物量大，污泥龄长，操作稳定性好，受冲击负荷的影响小，已广泛应用于废水处理工艺上。

而厌氧处理工艺的运作原理是废水在厌氧条件下被厌氧微生物水解、发酵、酸化并最终生成甲烷与二氧化碳的工艺。高浓度有机工业废水多会采用厌氧水解、厌氧消化技术处理，其主要优点是不供氧、能耗低、污泥量少，所需氮、磷等营养元素少，运行费用低。

(i) 序批式活性污泥工艺

序批式活性污泥法处理工艺(SBR)通过间歇进水，间歇出水，调节反应的环境条件，从而对有机物和氮磷加以去除。此工艺集初沉、均化、缺氧生物降解及好氧生物降解等功能于一体，无污泥回流系统，因此具有工艺简单、占地面积少、投资省等优点。同时，SBR典型的非稳态过程，底物和微生物浓度的变化在时间上呈理想的推流状态，在空间上呈完全混合状态，具有灵活的控制调节能力和较强的抗冲击负荷能力。序批式活性污泥示意图可参考图3.2.2.1。

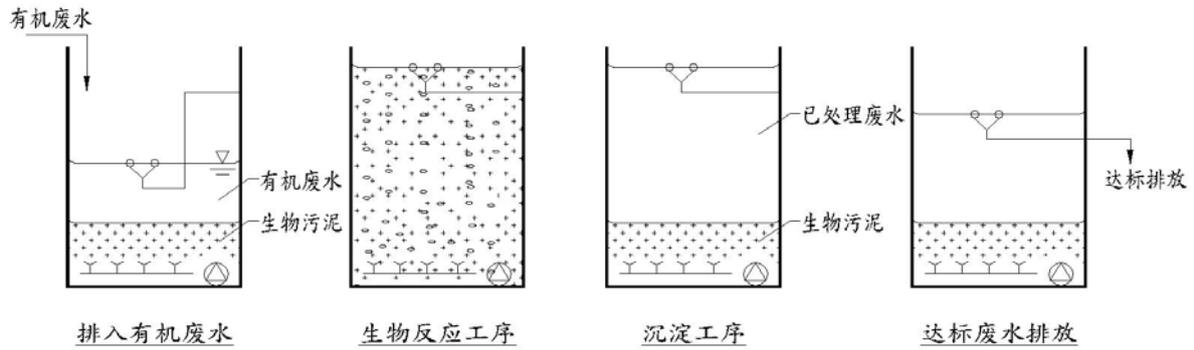


图3.2.2.1 序批式活性污泥示意图

(ii) 膜生物反应器工艺

膜生物反应器工艺（MBR）是生物处理技术与膜分离技术相结合的一种新工艺，取代了传统工艺中的二沉池。它即可以高效地进行固液分离，得到直接使用的稳定中水，又可在生物池内维持高浓度的微生物量。具有剩余污泥量少，有机物去除效率高，出水悬浮物和浊度低，细菌和病毒去除率高，能耗低，占地面积小，操作管理方便，出水可直接回用等特点。膜生物反应器示意图可参考图3.2.2.2。

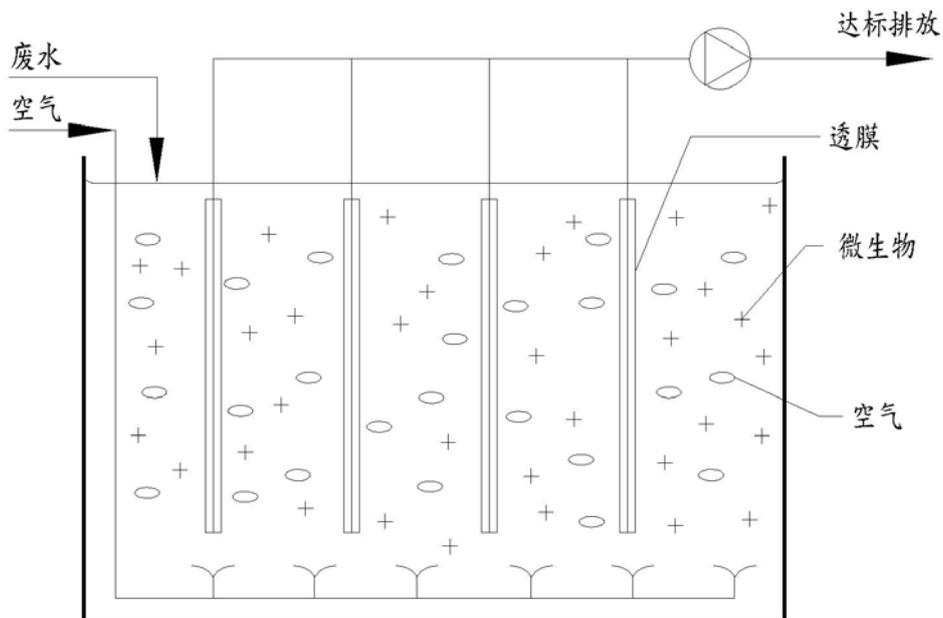


图3.2.2.2 膜生物反应器示意图

(iii) 生物滤池生物转盘工艺

传统的附着生长工艺主要是生物滤池和生物转盘。生物滤池技术充分地利用了滤料的拦截作用和滤料上附着生物膜的降解作用，可将污染物有效去除并减少后继消毒费用。滤池的滤料对于处理效果的好坏影响很大，目前比较新的滤料有酶促陶粒滤料，它利用多空陶粒的微孔增加了生物的附着量。

(iv) 浸没式曝气生物过滤工艺

SAF (Submerged Aerated Filter) 是在池内设置片状填料，以附着在填料上的生物膜为主的高效污水处理工艺。采用池底曝气对污水进行充氧，使池体内污水处于流动状态，与填料充分接触。SAF内生物量高，反应器具有较高的容积负荷，对进水有机负荷的变动适应性较强，净化效率高。此外，该工艺不必进行污泥回流，无污泥膨胀问题，运行管理方便，因而被广泛应用于工业废水、养殖污水、生活污水等的处理。SAF利用特种微生物将污水中的有机物降解，然后通过微滤(MF)设施隔除这些微生物。最后经过消毒后，便成为清澈、无菌、无味的回用水，可供冲厕、绿化或作冷却塔的补给水。浸没式曝气生物过滤反应器示意图可参考图3.2.2.3。

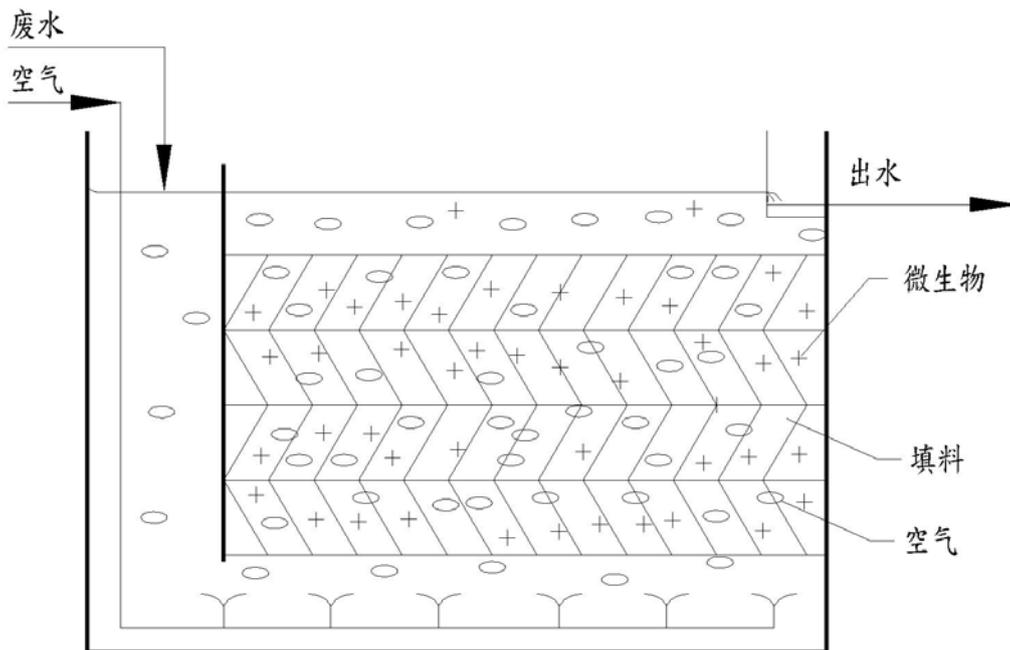


图3.2.2.3 浸没式曝气生物过滤示意图

(v) 移动床生物膜反应器工艺

MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) 工艺原理是通过向反应器中投加一定数量的悬浮载体, 提高反应器中的生物量及生物种类, 从而提高反应器的处理效率。另外, 每个载体内外均具有不同的生物种类, 内部生长一些厌氧菌或兼氧菌, 外部为好养菌, 这样每个载体都为一个微型反应器, 使硝化反应和反硝化反应同时存在, 从而提高了处理效果。与以往的填料不同的是, 悬浮填料能与污水频繁多次接触因而被称为“移动的生物膜”。由于填料密度接近于水, 所以在曝气的时候, 与水呈完全混合状态, 微生物生长的环境为气、液、固三相。载体在水中的碰撞和剪切作用, 使空气气泡更加细小, 增加了氧气的利用率。移动床生物膜反应器示意图可参考图 3.2.2.4。

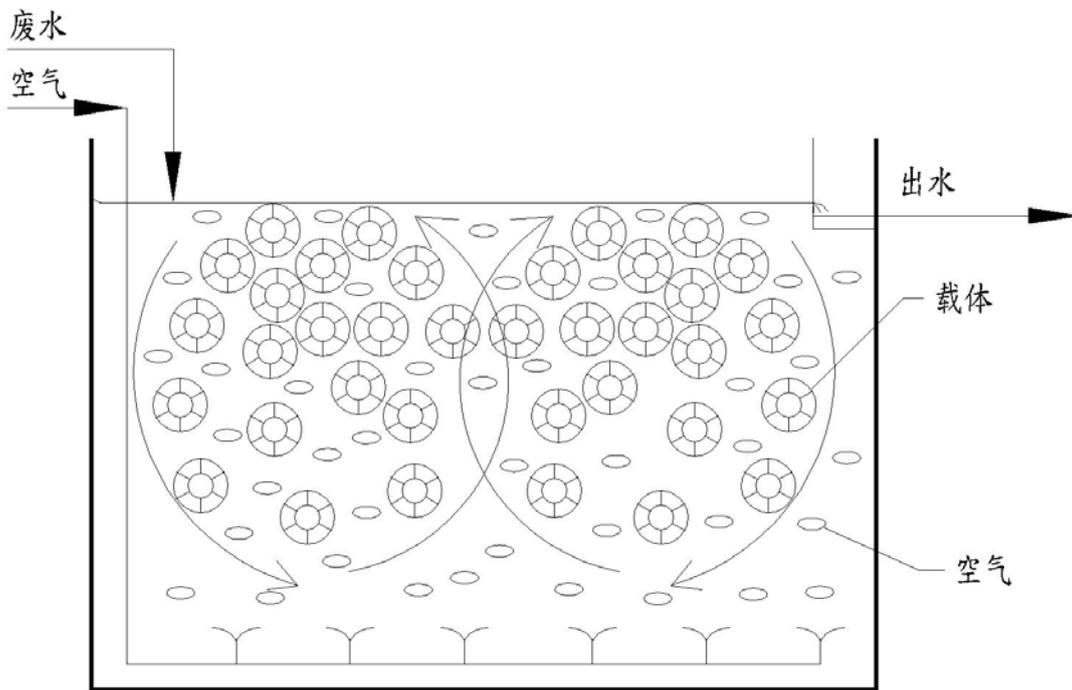


图3.2.2.4 移动床生物膜反应器示意图

MBBR 工艺兼具传统流化床和生物接触氧化法两者的优点, 是一种新型高效的污水处理方法, 依靠曝气池内的曝气和水流的提升作用使载体处于流化状态, 这就使得移动床生物膜使用了整个反应器空间。

MBBR 的主要特点是：

1. 生物量大，处理负荷高，抗冲击负荷的能力强；
2. 氧化池容积小，节省空间，降低了基建投资；
3. 不需要污泥回流设备，操作简便，降低了污水的运行成本；
4. 污泥产率低，降低了污泥处置费用；
5. 不需要填料支撑物，直接投加，安装改建简单省时。

(vi) 升流式厌氧污泥床工艺

升流式厌氧污泥床（UASB）反应器的特点是反应池结构紧凑，集厌氧反应、气、液、固三相分离于一体，可以培养出活性及沉降性能良好的颗粒污泥，有机负荷高，处理效果好，池子体积小，节省工程造价；产生的沼气可以回收，剩余污泥量少且稳定。但UASB反应器投产期长，对可变负荷具有敏感性，需要进行较为细致的运行管理，且与好氧工艺相结合才能取得很明显的环境效益。升流式厌氧污泥床反应器示意图可参考图3.2.2.5。

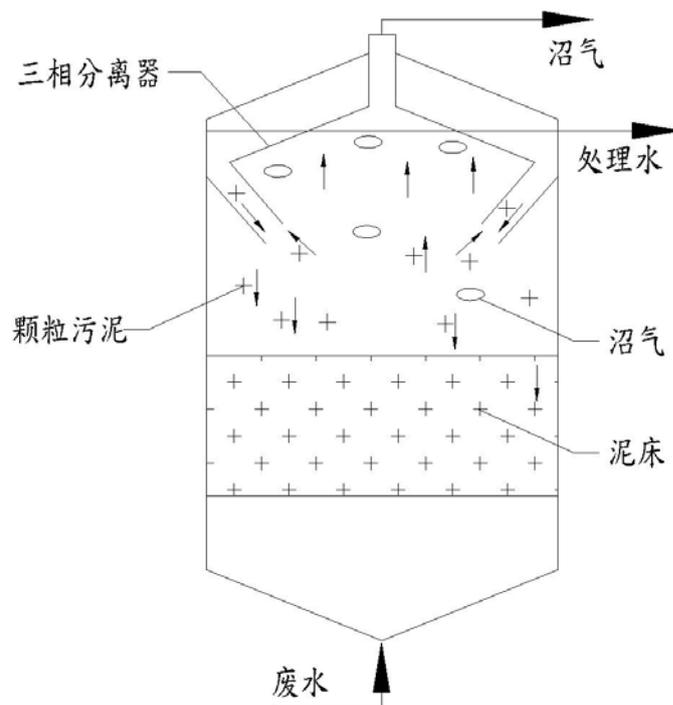


图3.2.2.5 升流式厌氧污泥床反应器示意图

(vi) 厌氧 + 好氧组合处理工艺

目前应用较多的工艺为A/O法工艺，UCT工艺，改进UCT工艺等，上述工艺的发展趋势是在提高脱氮效率的同时，尽量缩短水力停留时间。A/O法工艺流程为污水经调节池停留一定时间，使水质均匀，然后用提升泵送至A池，利用兼性菌和厌氧菌来降解废水中的有机物，将大分子的固态或胶态有机物水解成细菌可吸收的小分子溶解性物质，出水进入O池，通过溶气泵进行曝气，将小分子有机污染物降解去除。在A池中，大量回流的活性污泥与废水充分搅拌混和(不供氧)，使得废水中大量的COD、BOD被活性污泥吸附，停留数小时后进入O池,在大量供氧的情况下，将吸附的营养氧化分解并进一步彻底降解水体中COD和BOD。O池出水经沉淀池沉淀后，上面的清液达标排放，沉泥部分回流至A池，剩余污泥处理进入浓缩池，经泵送入带式压滤机脱水干化后外运处置。

2. 物理化学处理法

(i) 氧化还原法

化学氧化反应是指在废水中加入强氧化剂，将有机物氧化转化为无毒、无害或微毒的新物质如 CO_2 及 H_2O 或者转化为容易与水分离的形态，从而得到去除的方法。其中按污染物的类型可具体分为氧化处理法和还原处理法。常用的处理工艺如臭氧氧化法，除了可以利用其强氧化作用杀灭细菌和病毒之外，还可以氧化分解水中的各种杂质、显色有机物，如有机酸、有机染料等，因而能有效地去除水中的色、臭、味，脱色效果优于氯和活性炭。臭氧化作用可以使芳族化合物全部或部分消失，不饱和脂肪酸减少或消失，可以明显地提高污水的可生化降解性。当部份废水中含有难降解有机物时，可配合Fenton法来处理该等有机物，Fenton法利用双氧水(H_2O_2)氧化剂并配合亚铁盐(Fe^{2+})的催化作用，再配以合适酸性 pH 值的环境下，产生大量高反应活性的羟自由基($\cdot\text{OH}$)，在水溶液中与难降解有机物生成有机自由基使之结构破坏，最终氧化分解。Fenton法特别适

用于某些难治理的或对生物有毒性的工业废水的预处理或最终深度处理。

(ii) 混凝沉淀法

混凝沉淀是向废水中预先投加混凝剂，经过充分的混合，在混凝剂的溶解和水解产物作用下，使水中的胶体污染物和细微悬浮物脱稳并聚集成为颗粒较大，易于沉淀的絮凝体，再经过沉淀加以去除。水处理的混凝机理比较复杂，通过胶体双电层压缩、吸附-电中和、吸附架桥、以及沉析物网捕等一系列反应作用，形成絮凝体。混凝可去除或降低悬浮的有机物和无机物，溶解性磷酸盐以及某些重金属，降低水中细菌和病毒含量。

3. 物理处理法

(i) 过滤法

过滤是一种使水通过砂、煤粒或硅藻上等多介质的床层以分离水中悬浮物的水处理操作过程，其主要目的是去除水中呈分散悬浊状的无机质和有机质粒子，也包括各种浮游生物、细菌、滤过性病毒与飘浮油、乳化油等。过滤系统原理示意图可参考图3.2.2.6。

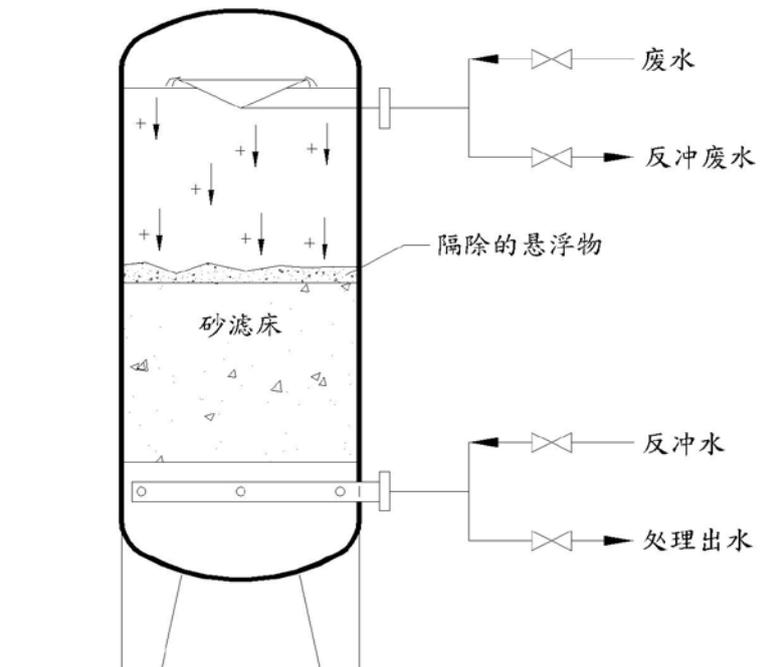


图3.2.2.6 过滤系统原理示意图

(ii) 气浮法

气浮是向污水中通入空气，以高度分散的微小气泡作为载体，使污水中的乳化油、微小悬浮颗粒等污染物黏附在气泡上，随气泡一起上浮到水面，形成泡沫气、水、颗粒的混合物，通过收集泡沫或浮渣达到分离杂质、净化污水的目的。气浮处理系统示意图可参考图3.2.2.7。

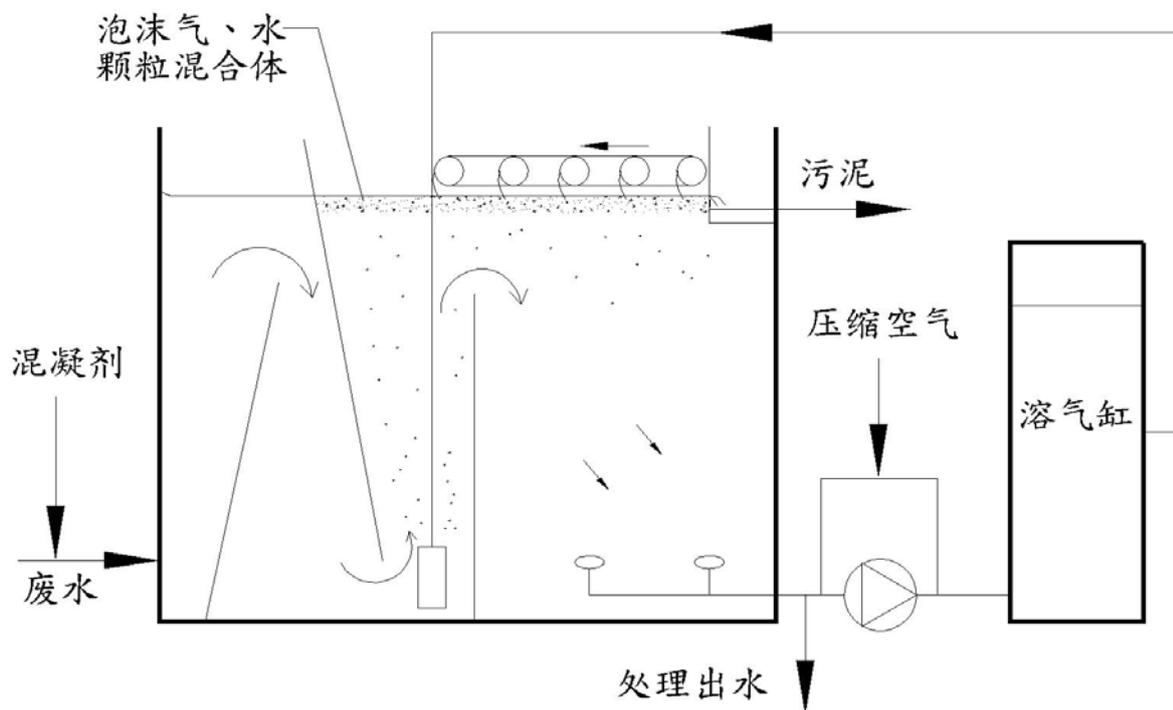


图3.2.2.7 气浮处理系统示意图

(iii) 吸附法

吸附法是利用吸附剂之吸附容量来移除废水中的物质，物质先被吸附剂引导至其表面，再被渗入吸附剂中。目前常用的吸附剂有活性炭，它是由木头、木屑、椰子壳、煤炭、石油底渣等物质干馏炭化而成，制成后再以水蒸气或热空气加以活化。由于活性炭颗粒表面与颗粒之间有很多微细孔，而这一些微细孔洞内的表面积远比颗粒表面大，所以存有很大的吸附能力，可以去除水中大多数的有机物和某些无机物，包括可能有毒的痕量金属。活性炭还可以有效地吸附单宁、木质素、醚、蛋白质类物质、氯代烃、有机磷和氨基甲酸酯类杀虫剂，还能吸附苯醚、正硝基氯苯、萘、乙烯、二甲苯酚、DDT 及许多脂类和芳烃化合物。在污水深度处理及回用水处理中应用广泛。

(iv) 透膜处理法

透膜分离法的运作原理是以透膜作为分离介质，以外界能量或化学位差作为推动力，对双组分物质或多组分物质进行分离、分级、纯化和浓缩的方法。应用于有机废水处理的主要的方法包括电渗析法、反渗透法、超滤法等。处理系统与传统过滤方法有所不同，透膜可以在分子范围内进行物理性分离，不需发生相的变化和添加助剂。这种新兴的高分离、浓缩、提纯和净化水处理技术，具有出水水质好、效率高、占地小的特点，已被广泛应用于污水处理工艺上。透膜一般以高分子材料或无机材料制成，其厚度一般为微米级，依据其孔径的不同，可将膜分为微滤膜、超滤膜、纳滤膜和反渗透膜(参考表:3.2.1.4)。

当中反渗透、超滤和微滤都是依靠静水压力差为推动力的薄膜分离技术，其分别在于分离粒子的大小范围和操作压力不同。反渗透的运作是利用一种用半透膜进行分子过滤的方法，其原理如图 3.2.4 显示，在储缸中间配放置一张只可通过纯水的半透膜，分隔储缸内的纯水与重金属废水，在两边都没有静水压力差的环境下，纯水会因渗透压差的原因，由高水份子流向低水份子位置，这现象称为渗透现象，纯水流入重金属废水间隔内，如图 3.2.1.4 显示，渗透现象达到平衡状态，两边液面不再变动。而反渗透的运作原理是在重金属废水间隔内加上静水压力，当压力超过渗透压时，纯水会流向低压的一方，出现反渗透现象。反渗透法能够去除可溶性的金属盐、有机物、细菌、胶体粒子、发热物质，也即能截留所有的离子等，已广泛应用于超纯水系统工艺上。

超滤的分子过滤过程和反渗透基本相同，但其实质作用是机械筛滤过程，将大过膜体孔的份子如蛋白质、细菌、胶体、悬浮固体等进行分离过滤，而小于膜体孔的份子则通过膜体。超滤所能截留的污染物较大，而重金属等离子则不能被隔离，所以超滤系统一般配置于反渗透系统前，减低反渗透系统对大份子污染物的负荷，有助反渗透系统的运作效率。

微滤膜亦以是机械筛滤过程运作，将大过膜体孔的份子分离过滤，通常孔径范围在 0.1 至 10 微米，故微滤膜能对大直径的菌体、悬浮固体等进行分离，但对蛋白质等处理能力较低，一般作为澄清、保安过滤等工艺。

纳滤膜的孔径范围在 1 至 2 纳米间，能截留有机物的分子量大约为 150 至 500 左右，故能对小分子有机物等与水、无机盐进行分离，实现脱盐与浓缩的同时进行。

3.2.3 营养物处理技术

另一类对环境造成极大污染的物质为磷及氮，是有机生物体内不可或缺的营养物，在人类活动的影响下，包含此类营养物质如正磷酸盐、聚磷酸盐、有机磷、有机氮、氨氮、硝酸盐氮及亚硝酸盐氮等物质，由人体的排泄物、食物或经土壤冲刷等因素而大量排入湖泊、河口、海湾等缓流水体，导致水体富营养化（Eutrophication），引起藻类及其它浮游生物迅速繁殖，大量耗用水体内氧份，以至水体形成缺氧现象，水生物大量死亡及产生恶臭，恶化水质和环境，这种现象在河流湖泊中出现称为水华，在海洋中出现称为赤潮。除因人类生活污水外，工业生产及农业生产亦可能排放出未加处理或处理不完全的含磷、氮废水到水体内。

未经处理的含氮废水中，氮化合物大部份以有机氮及氨氮型式存在，此类氮化合物称为凯氏氮 (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)，含氨氮废水在工业生产中较为常见，氨氮在生化降解中是一个高好氧物质，每降解 1g 的氨氮，需要消耗 4.57g 的氧，此部份的需氧量一般定义为氮需氧量 (Nitrogen Oxygen Demand, NOD)。当水中氨氮浓度较高时，水中硝化微生物会利用承受水身体中的氧份子，将 NH_3 氧化成硝酸盐，而硝酸盐对于藻类及水生植物而言，是一种营养物质，可促进其大量生长，使水中的溶解氧会急剧下降，影响鱼类生存，并导致厌氧菌的繁殖，使水体发臭发黑。

另外，如水体中含有硝酸盐氮并进入人体后，硝酸盐会被还原成亚硝酸盐，会与血红素结合成变性血红素，阻碍血液输氧功能，能使初生婴儿产生蓝婴病。所以含氮的废水排放亦为重点监控的元素之一。

1. 磷的处理法

磷的处理方法包括化学沉淀法、吸附法、电解法、萃取法及生物脱磷法。而最为被广泛使用方法为化学沉淀法和生物脱磷法。

(i) 化学沉淀法

化学沉淀的处理方法是在含磷废水中加入化学沉淀剂，并把水体的 pH 值调整在合适的条件中，废水内的磷与沉淀剂的多价金属离子如钙离子、铝盐、铁盐等形成不溶性的化合物，再配合胶凝聚合物等助凝剂，以沉淀、浮除或过滤等物理方法来分离去除聚合物。

对于一些较难单以化学沉淀剂去除的物质如聚磷酸盐及有机磷等，废水可先经由活性污泥曝气槽工序，把聚磷酸盐及有机磷转化成正磷酸盐，再加入化学沉淀剂等工序，沉淀分离出不溶性化合物。

另外一些低氧化态的磷酸盐，如亚磷酸盐、次磷酸盐、焦磷酸盐及连二磷酸盐等，其钙盐等溶解度相对较大，处理工序可先添加氯等氧化剂，将这些盐类氧化成正磷酸盐、再配合石灰等沉淀剂，以沉淀等物理方法来分离去除聚合物。

(ii) 生物脱磷法

生物脱磷法的原理是以提供微生物过量的代谢需求及沉降而把磷去除。传统的生物处理法中，磷及有机物提供微生物的能量，参与微生物菌体的合成反应，成为生物污泥的一部分，当微生物生长至过量时，磷会随剩余污泥排出去除。

另外，由传统的生物脱磷法发展出来的 A/O 生物脱磷法，基本上包含了厌氧及好氧二个阶段，在厌氧及好氧交替运行条件下，能同时去除 BOD 及磷。此类好氧、厌氧交替运行的生物脱磷法的除磷效果显著，能比传统生物处理法的除磷效果高出 3-7 倍。在 A/O 生物脱磷法的厌氧阶段中，由于环境中缺乏氧气及硝酸盐，生物污泥内的厌氧菌会把复杂的有机物分解成挥发酸，以作为生物污泥内脱磷菌的碳源，此时脱磷菌会藉由聚磷酸盐的水解作用来产生能量，将磷酸释放至厌氧环境中，并于菌体内累积聚-β-羟基丁酸盐 PHB，进行假酸酵过程。当废水进入好氧阶段时，当中的氧气作为电子介质，同时当废水中的有机碳源已被消耗至低量，脱磷菌在低碳源的环境下，会把体内的 PHB 及吸收废水内的聚磷酸盐并分解来产生能量，此时微生物更能吸收大量的溶解性磷以作生长。

(iii) 吸附法

除最常用的化学沉淀法和生物脱磷法外，吸附法是另一类可以处理含磷废水的工艺，可用作吸附剂的材料很多，包括渗有钙及含铝铁的材料如三氧化二铝、铁粉、氧化镁及氧化铝混合物等，天然物质如黏土、纤蛇纹石、橄榄石等，还有其它如无机废渣、炉渣等，这类吸附材料先经过高温膨胀作预处理，使其变成多孔性的吸附物。例如废水中的磷酸盐可以用三氧化二铝等吸附物进行吸附去除，当三氧化二铝吸附饱和后，可加入氢氧化钠进行再生工序，再生工序所产生的再生液含有高浓度的磷酸盐，而再生液可以用石灰进行反应而回收 90% 的磷酸盐。虽然以吸附物去除磷的效果可达 90% 或以上，但相对处理费用较高。

2. 氮的处理法

含氮废水的处理方法包括物理法如吹脱及气提法，化学法如折点加氯法和离子交换法等，而最为被广泛使用方法为生物脱氮法。

(i) 物理法

吹脱及气提法是一套以逆流方法来处理氨氮废水的系统，当中废水由处理塔之上方进入，往下流动；气体(空气)则由下方进入并往上流动，废水与气体在处理塔内交流接触，使氨氮由液相转移至气相，其原理是利用废水中氨氮的实际浓度与平衡浓度之间的差异，而达到废水脱氨的目的。

在处理过程中，废水的 pH 值一般设置于 10.8 至 11.5 间，水体温度不能低于 20℃，水力负荷约为 2.5 至 5m³/(m²·h)，空气与废水的比例约为 2500 至 5000m³/m³并于处理塔内会交流接触，从而把废水中的氨氮溶入气体中。以一段式的处理塔设计，其除氨氮效率一般为 85%左右，如要达到更高的处理效果，则需以多段式的处理塔来达成预期效果，吹脱及气提法适用于浓度较低的氨氮废水处理，如氨氮浓度超过 1000 mg/L 的时间，其处理效果会相应减低。另外，因为处理工艺需要很大的空气比，一般处理塔的体积及占地面积非常庞大，所以现时的处理塔内部均配有 PVC 塑料材质的填充物以增加废水与气体的接触时间同时减低处理塔的体积及占地面积，

经过处理塔后所排出的气体已附有低量的氨氮，为免此含污染物的气体排出外间而造成空气污染，含氨气体须再采用酸进行洗涤，以吸除气体中的氨于溶液中。由于含氨空气的体积很大，酸洗塔的体积及占地面积同样非常庞大，如是在吸收不够充分的情况下，容易造成空气污染。

(ii) 化学法

现时较常见的化学法为折点加氯法，其方法是投加过量的氯或次氯酸钠于废水中，氯与水反应而形成次氯酸(HOCl)，而次氯酸(HOCl)与废水中的氨氮会形成一氯氨(NH₂Cl)，当氯加入废水的量超过折点(Break Point)并同时将废水的 pH 值调整到 7 至 8 间，一氯氨即会被氧化成氮气(N₂)并释放至外间。由理论计算的方法得出，每 1 kg 的氨氮需要以 7.5 kg 的氯作氧化处理，但按部份文献报告指出，处理城市生活废水的氨氮与氯比例为 1:10，即每处理 1 kg 的氨氮便需要以 10 kg 的氯才能完全处理。而经处理后的废水需用活性炭或与氧气(O₂)进行反氯化，以去除水中的残余氯。折点加氯法的优点是所需设备简单，不受水温影响，只需稳定控制氯的投量及控制处理系统的 pH 值，便能稳定去除废水中 95%至 99%的氨氮,同时达到消毒的效果。另一方面，折点加氯法会产生副产物氯胺和氯代有机物，造成二次污染，而且其运营成本较高，与及氯或次氯酸钠在贮存、运输等方面存在不安全因素。因此，未来以折点加氯法去除废水中氮物质将会逐渐减少。

另一类化学法为离子交换法，其方法是选用阳离子交换树脂，将水中的氨离子(NH₄⁺)与树脂上的钠离子(Na⁺)交换，从而达到去除铵的目的。可选为阳离子交换的材质为沸石，具有从含钠、镁和钙等离子的溶液中有选择地去除氨离子的特点。在处理过程中，含氨氮废水可先用多媒介过滤，并以活性炭吸附有机物，再以沸石作为固定的离子交换床处理氨氮离子。当操作一段时间，沸石树脂吸附饱和后，可加入 2%的氯化钠 NaCl 进行再生工序，再生液经过去氨处理后再循环使用，达一定的循环率后排放。由于此离子交换法只适用于含氨氮浓度较低(10 mg/L 至 100 mg/L)的废水处理，而且其再生工序操作烦复，再生出来的氨回用价值不高，因此较少以离子交换法来处理工业废水。

(iii) 生物脱氮法

生物脱氮法的原理是以微生物使废水中的氨氮转变为无害的氮气(N_2)并释放至外间，由于其处理过程较其它方法稳定及操作成本较为经济，已被广泛使用于工业废水处理工艺上。在处理过程中，生物反应分为两个阶段，分别为硝化作用及反硝作用，除可去除有机氮(org-N)，亚硝酸氮(NO_2^- -N)及硝酸氮(NO_3^- -N)外，氨氮(NH_4^+)亦可一并去除。

生化反应的硝化作用在好氧环境下进行，由生物污泥内的硝化菌如硝酸菌和亚硝酸菌所完成。当中的亚硝酸菌先将氨氮氧化成亚硝酸氮(NO_2^- -N)，再由硝酸菌将亚硝酸氮(NO_2^- -N)氧化成硝酸氮(NO_3^- -N)。在硝化过程中，生化反应会受环境因素如 pH 值、温度、溶氧量及 BOD_5/TKN 的比值所影响。一般而言，最佳的 pH 值设置于 7.5 至 9.0 间；而水体温度与生化反应为成正比，温度愈高，生化反应会愈快，最佳的温度设置于 20 至 40℃ 间；在溶氧量方面，由理论计算的方法得出，每 1 kg 的氨氮需要 2.99 kg 的氧进行反应，如将空气混入系统以作供氧，必需配以合适的曝气系统，将空气中的氧溶入废水以供反应之用；而 BOD_5/TKN 比值会直接影响硝化菌的数量及效果，当 BOD_5/TKN 比值为 1 至 2 的时候，生物污泥内的硝化菌量会增至约 15%，增强了硝化效果，但同时有部份硝化菌会脱离生物污泥絮体而游离于水体，导致出水混浊；相反，当 BOD_5/TKN 比值为大于 5 的时候，生物污泥内的硝化菌量比率会降低至约 5%，减低了硝化效果，但相对游离于水体的硝化菌较少，出水变得清澈；一般而言，最佳的 BOD_5/TKN 比值设置于 2 至 3 间。

生化反应的反硝作用在缺氧环境下进行，由生物污泥内的异营性脱氮菌和自营性脱氮菌所完成，脱氮菌将硝酸氮(NO_3^- -N)及亚硝酸氮(NO_2^- -N)转化成氮气(N_2)。其转变过程需有炭源加速反硝作用，一般加入甲醇这类易消化的炭源作反应。脱氮菌在缺乏氧份子的环境下，会利用硝酸氮(NO_3^- -N)中的氧去分解废水中的有机物(炭源)，去除废水中的 BOD_5 并将(NO_3^- -N)转化为氮气(N_2)。在反硝过程中，生化反应亦受环境因素如温度、溶受溶

氧量及碳源量所影响。一般而言，最佳的温度设置于 20 至 40℃ 间；在溶氧量方面，缺氧环境的溶氧量应低于 0.5 mg/L，当水体的溶氧浓度大于 1 mg/L 的时候，反硝作用便会停止运作；而碳源量与生化反应成正比，在碳源较高的情况下，生化反应会加快，最佳的碳源与氮比值(C/N)设置于 3 至 4 间。。

现时常见的生物脱氮工艺有 A/O 法（或 A²/O 法）和序批式活性污泥法(SBR)。以 A/O 法而言，反硝作用是延续于硝化作用之后，因此稳定的硝化作用及合适的回流比例非常重要。一般而言，最佳的回流比设置于 300% 间，而采用较高的泥龄相对提供较稳定的处理环境。

序批式活性污泥法处理工艺（SBR）通过间歇进水，间歇出水，调节反应的环境条件，从而对有机物和氮磷加以去除。此工艺集初沉、均化、缺氧生物降解及好氧生物降解等功能于一体，无污泥回流系统，因此具有工艺简单、占地面积少、投资省等优点。同时，SBR 典型的非稳态过程，底物和微生物浓度的变化在时间上呈理想的推流状态，在空间上呈完全混合状态，具有灵活的控制调节能力和较强的抗冲击负荷能力。唯脱磷所需的环境及条件不同，所以脱磷效果较低。

3.3 污水处理及回用技术分析

不同行业所排放的生产废水均有所不同，例如电镀、印刷线路板、机械制造和矿冶等工业所排放的废水，一般含有大量的重金属或其络合污染物。而食品、造纸、皮革、纺织及石油化工等工业所排放的废水，一般含有高浓度的有机物。就如上述两类不同的废水便需以不同的处理工艺或组合来处理有关污染物。

然而同一行业所产生的污染废水亦因其不同产品而产生不同特性的污染废水，所以在废水处理及资源回收范畴上，不能一概而论地以特定一种处理工艺或组合来处理某类行业所产生的污染废水。简单而言，简单或容易分解的污染废水可能只需配以单一的处理工艺便能达至预期所需，而严重或特殊的污染废水或需配以不同组合及分流处理，才能达至减排回用及资源回收。

3.3.1 电镀及电路板厂生产废水处理

电镀及电路板类行业所产生的工业废水除含有大量的重金属外，部份废水更可能含有较难分解的络合污染物或含有毒性物质，而这类较难分解的废水亦很难以单一的处理工艺处理至达标效果。所以废水的处理要求必须按其实际所需而配备，可以由传统处理工艺以至化学氧化并加上生物处理等较新的处理工艺。

3.3.1.1 传统处理工艺

较为高浓或较难处理的浓液可预先分隔储存，再由合适及领有牌照的废品处理商回收处理，而其余较低浓度的废水则分别配以不同处理工艺，实时处理排放。传统处理工艺流程示意图可参考图 3.3.1.1。

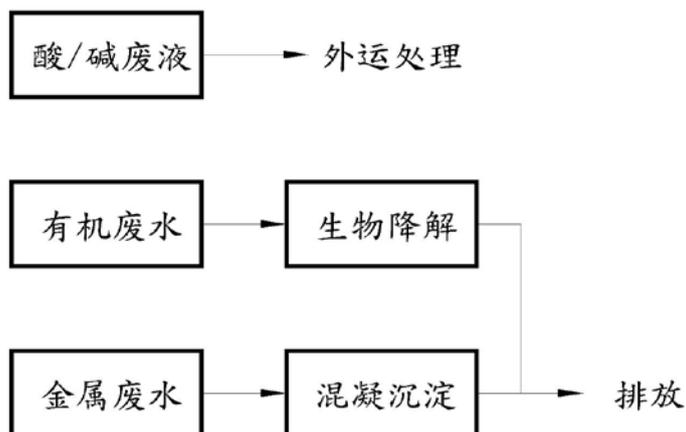


图3.3.1.1 传统处理工艺流程示意图

有机废水一般可配以生物处理工艺，将废水内的有机物解解至达标排放。生物降解工艺包括有好氧法与厌氧法。当废水内污染物的可生化性较高时，一般配以好氧法处理该类有机污染物，而好氧法的好处是不需加入化学混凝剂等药品，免除药品耗费，然而生物降解所需场地较大，而且好氧微生物需有足够氧气作生长及分解污染物之用，需配加鼓风机提供所需氧气。

另外，如废水内污染物的可生化性较低或污染物未能被好氧微生物有效降解时，厌氧法可设置于好氧工艺前，先将污染物的分子结构打破，转化成分子结构较细及易于降解，加强好氧处理效率。由于厌氧法内的厌氧菌不需投加化学药品及氧气，属于低处理成本的工艺。然而厌氧法一般所需处理时间较长，所需面积大，厌氧效果容易受气温影响，而且处理工序会产生臭味，需密闭处理场所，以免泄漏臭气。

金属废水可配合传统的混凝处理工艺，将重金属从废水中分离沉淀。唯化学混凝法对含有络合物等较难分解的物质时，或未能将废水达标处理。

3.3.1.2 络合废水处理

由于部份废水及清洗水含有较难分解的络合物，这类废水应收集一同作破络预处理，以免影响其它分隔废水的处理效果。络合废水处理流程示意图可参考图 3.3.1.2。

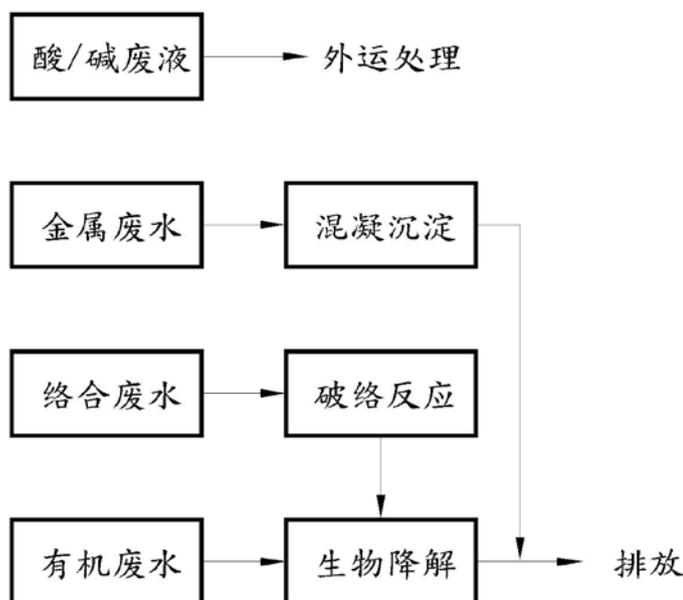


图3.3.1.2 络合废水处理流程示意图

在化学反应过程中，投加破络剂如硫化钠 Na_2S 或专用特殊药剂等，将金属离子转化为难容沉淀物，往后再投加混凝剂及絮凝剂将污泥沉淀，沉淀上清液再收集至生物处理系统作后续处理。如应用硫化钠 Na_2S 作破络剂需注意不要过量，否则废水会产生恶臭，造成二次污染。

3.3.1.3 处理分流设计

若然厂方需将生产废水尽量处理并减免外运回收，废水的处理分流考虑须更为细致，因为有效的分流设计除可减低处理难度外，更能增加成本效益。例如线路板行业所产生的显影、脱膜有机废液，其酸碱值一般大于 12，并且其 COD 值可高达 20,000mg/L，若然直接排入生物处理系统内，可能会对后续的处理做成较大的影响。

这类有机废浓液可分隔处理，投入酸剂把有机物折出为不溶废渣并作压滤处理，经预处理的废水 COD 值约莫可减至 3,000 mg/L，大大减低后续的处理负荷。

另外，部份废酸及废碱的成份较为复杂及含有大量铜离子，此类废液不能直接应用于废水处理的酸碱调节上，又或将废液直接排入废水处理系统，以免影响整体的废水处理效果。按分流处理概念，这类废液可先配以化学混凝等方法，将这类废液的结构或络合物预先破解，往后再排放至综合处理系统作后续处理。分流废水处理流程示意图可参考图 3.3.1.3。

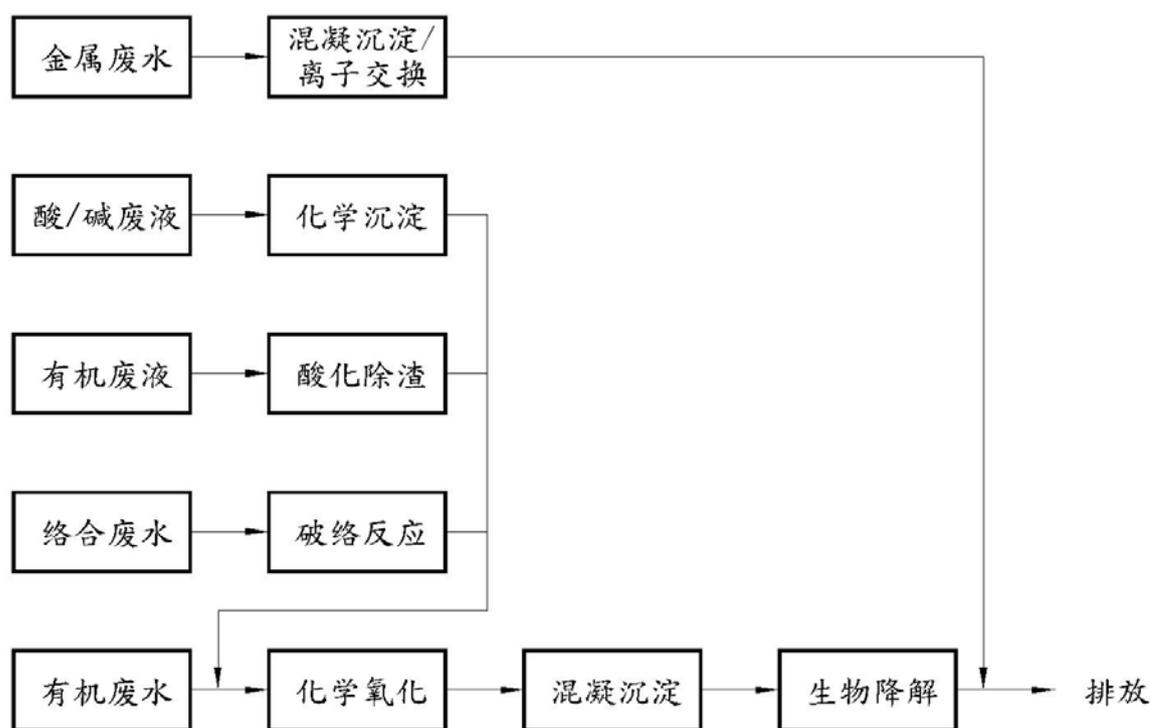


图3.3.1.3 分流废水处理流程示意图

当废液未能以一段式的混凝沉淀降解，应用序批式处理方法可以由一个反应处理缸，将结构复杂的污染物以不同处理程序处理破解，唯序批式处理方法是以批次式处理废液，相对连续式处理方法所需的整体处理时间较长，而废液储存缸所需

容量亦需较大。

除化学混凝法外，电解法是另一种较新技术处理该类废液，应用电解法的好处是不需投加混凝剂等化学药品，减少化学污泥产量，降低处理成本。唯应用电解法对不同废液的分隔选择十分重要，操作人员必须对废液的化学特性有一定程度认知。

经预处理后的废水，其污染物浓度或络合物已大为减低，可以集合一同作后续处理，然而后续处理的方案亦会按其可生化性比率而配备不同处理工艺。例如污染物较为简单及可生化性较高时，废水可直接配以生物降解方法，配合厌氧及好氧等工艺，将废水处理至达标排放。若然污染物的结构为复杂或难以生化降解时，后续工艺或需配以化学氧化等方法，将污染物的复杂结构转化为较简单的结构，提高废水的可生化性，往后再配以生物降解方法，将废水处理至达标排放。

化学氧化法较传统的生物降解法更为有效降解污染物结构，并且其反应时间短及所需面积小。然而化学氧化法需要投加氧化剂及还原剂等化学药品，产生化学污泥且其运行费用会比生物降解法略高。

3.3.1.4 废水回用

为配合国家工业用水重复利用政策，现时国内厂家已广泛使用不同的节约方案，减低其耗用水量，厂家可按回用的不同目的、水质标准，并配以不同的回用处理组合，将废水处理达至回用的所需水平。

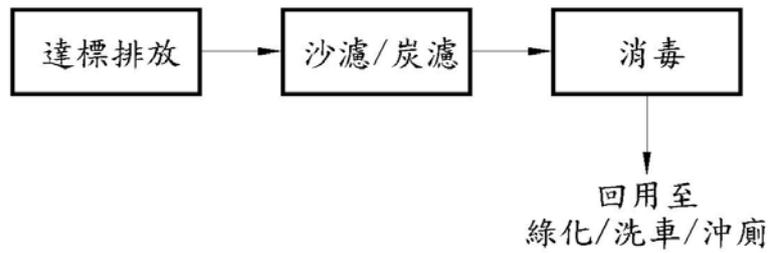


图3.3.1.4 废水末端回用流程示意图

传统的末端回用以达标排放废水再经沙滤或炭滤等物理过滤技术，深度去除废水内的悬浮颗粒及污染物，经消毒剂等处理方案，消除回用水内的细菌，将回用水应用于厂房内的冲厕、洗车及绿化区域。此类回用方案的技术较为简单，操作成本低，然而此类回用水的应用范围亦有所限制，一般不能应用回高要求的用点。废水末端回用流程示意图可参考图 3.3.1.4。

在新的废水回用理念上，一些较为清洁及水量较大如生产线的清洗水，将这类废水分隔出来作回用水之用。这类较为清洁的废水只要配以合适的处理方案，便能将水质处理达至自来水的质量，直接回用到生产线上。若然厂房需要更高质量的用水，回用水更可替代自来水进入纯水系统，深度处理达至“纯水”的质量而不影响水处理系统的运作。废水分流回用流程示意图可参考图 3.3.1.5。

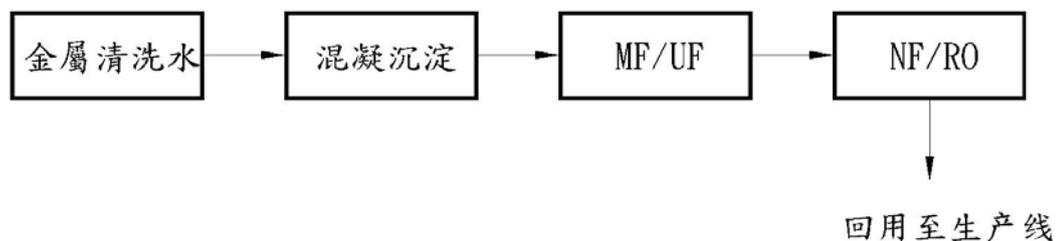


图3.3.1.5 废水分流回用流程示意图

在生产流程中，可选择一些较为清洁及水量较大的废水作为回收之用，例如金属清洗水这类 COD 值与铜离子量较低的废水。如分流正确，在酸碱调节过程中把大部份的铜离子沉淀出来，往后再加入适当的助剂调节，能有效减低透膜系统的负载，减少化学清洗需要，进而延长透膜寿命。

3.3.1.5 综合资源回收

除废水回用外，一些较有高价值的资源如金、银及铜等物质，可经由不同的回收设备，将资源回收外卖，回收的资源除可减低操作成本外，更可减低废水处理系统的负荷与及减少自来水的耗用。

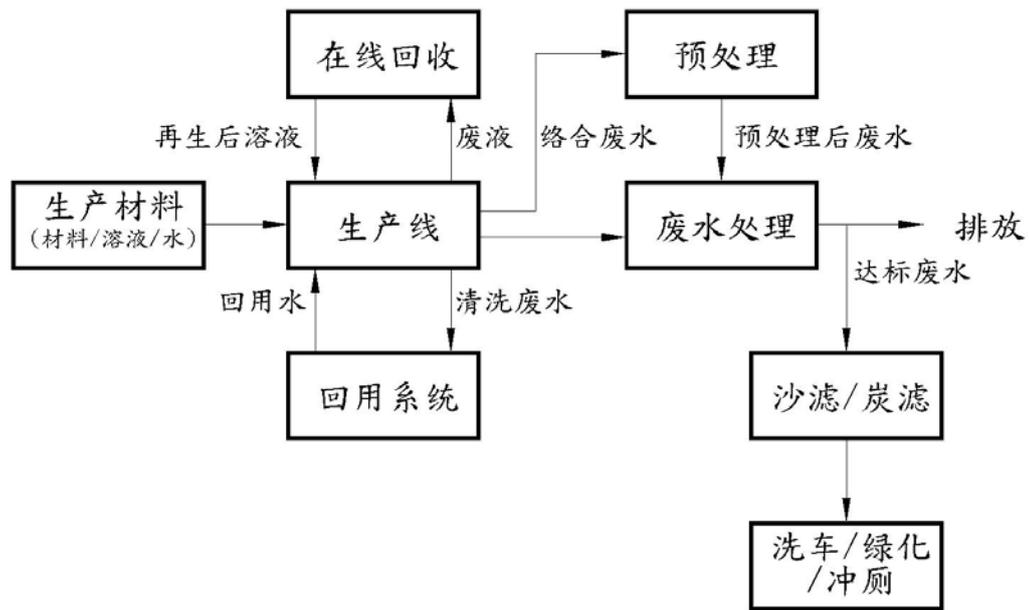


图3.3.1.6 综合资源回收流程示意图

例如蚀刻废液的铜离子回收处理，由于废液中含有大量的铜离子，这类废液可经由「萃取方法」将废液中的铜离子分离回收，而经回收处理后的蚀刻废液并可即时添加氨水和蚀刻盐等添加剂，重新调配至蚀刻机要求，回用至生产在线上。

另一类可作铜离子回收的废液为微蚀废液，废液可经「电解法」回收铜离子后，含低铜浓度的微蚀废水再运送至废水处理系统作后续处理。

将较低污染浓度的废水抽取回用，将可减低废水处理系统的水力负荷，进而提高废水回用的成本效益。然而剩余的生产废水污染物浓度必然相应提高，所以废水处理系统的处理效率亦应相应提高。并且部份生产商所应用的药剂有所特殊，上述所介绍的流程或未能达全面处理所需，这类废水需经由分类化验，设计一套相应及全面的处理工艺。综合资源回收流程示意图可参考图 3.3.1.6。

3.3.2 印染纺织生产废水处理

3.3.2.1 传统处理工艺

印染纺织废水一般水量较大，废水当中含有机物及含盐量较高，而这类废水的可生化性较低或生物降解速度极为缓慢，而其染料色素更可能含有毒害物质。



图3.3.2.1 传统处理工艺流程示意图

传统的废水处理方法大部份以生物降解法处理，一般配以厌氧法为初段处理，提高废水的可生化性，往后再采用活性污泥法作后续处理。然而生物处理法未必能将废水内的色素降解，在排放前需加入氧化剂作脱色处理。传统处理工艺流程示意图可参考图 3.3.2.1。

近年活性污泥法不断脱变，新研发出不同类型的生物接触填料，增加废水污染物与微生物的接触时间，强化处理效果同时减低处理系统的占用空间。但现时新设计的接触填料五花八门，未有特定一种接触填料能全面应用于各不同领域的废水处理，并且安装接触填料所需造价较悬浮式活性污泥法为高，所以选择填料的技巧必须按厂房排放废水的形式或容量而定案。

生物处理法的好处是不须投加化学药品，处理成本较低。然而其处理所需停留时间较长，相对化学沉淀法等工艺所占用的位置较高，并且工厂于长假期或生产保养时须投加糖类养分保持微生物生存。

3.3.2.2 物化处理工艺

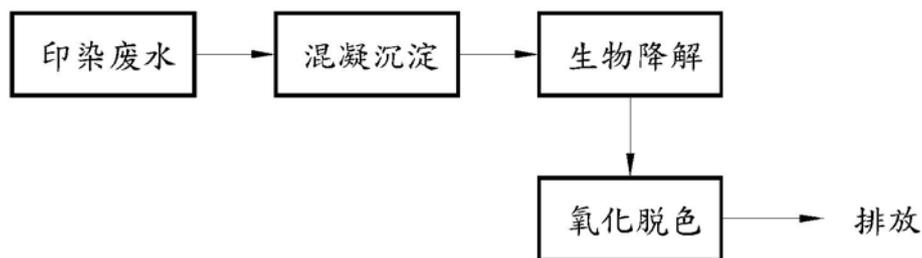


图3.3.2.2 物化处理工艺流程示意图

当废水内含有毒害物质时，废水处理可配以物化处理工艺，配以混凝沉淀或混凝气浮法等隔除有害物质，保持生物处理的稳定性及处理效果。在现实情况中，混凝处理的稳定性往往影响后续生物处理的成效与微生物的活性，所以混凝工序应尽量配以自动监控，减低人为错误的影响。物化处理工艺流程示意图可参考图 3.3.2.2。

3.3.2.3 废水回用

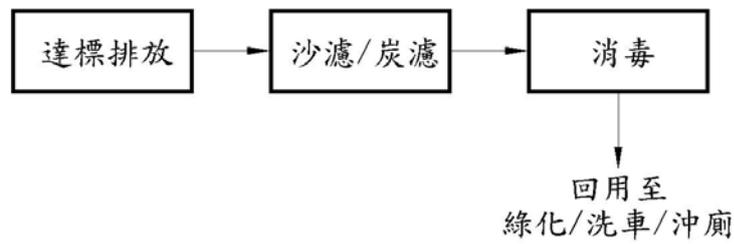


图3.3.2.3 废水回用工艺流程示意图

类似其它厂房所应用的末端回用方案,达标排放废水经沙滤或炭滤等物理过滤技术,深度去除废水内的悬浮颗粒及污染物,消毒处理等方案,将回用水应用于厂房内的冲厕、洗车及绿化区域。废水回用工艺流程示意图可参考图 3.3.2.3。然而此类回用水的应用范围亦有所限制,一般不能应用回高要求的用点。

将回用水应用至生产清洗工序上,回用水的质量必然比正常达标排放的品质要求为高,因此废水处理系统的设置与效能必须相应提高。新发展的生化混合处理方案,除可将操作成本降低外,更可将废水有机物降至较低水平。物化混合处理工艺流程示意图可参考图 3.3.2.4。

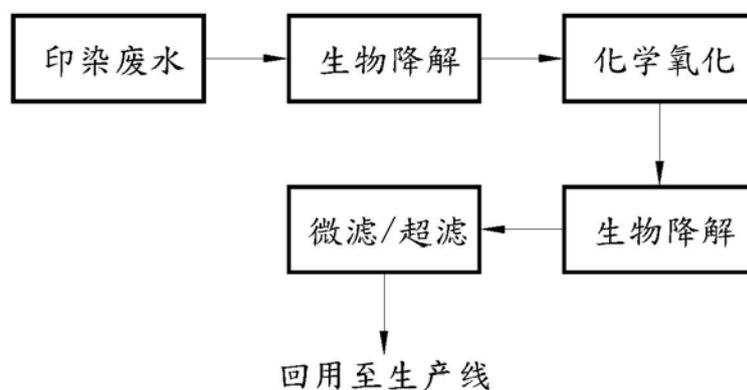


图3.3.2.4 物化混合处理工艺流程示意图

生化混合处理的工作原理是先将生产废水预先经过厌氧、好氧及除泥等生物处理工序，将可生化降解的污染物减除，往后再配合氧化处理等化学工艺，将剩余未能以初段生物降解的有机物，以氧化剂破解其结构，转化成可生物降解的性质，最后配合后续好氧及沈澱等工序，将余下的有机物降解处理。上述处理工艺中，由于大部分可生物降解的有机物已于初段处理工序中减除，在化学氧化工序所消耗的化学品亦相应大为减少，达到成本降低的目标。

参考文献

- 1、广东省《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)
- 2、《珠江三角洲环境保护一体化规划(2009-2020年)》
- 3、《“十二五”主要污染物总量控制规划编制指南》
- 4、《“十二五”节能减排综合性工作方案》
- 5、《“十二五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》
- 6、从化市环境保护局 - 法规标准.2010. <http://www.chep.gov.cn>
- 7、罗文伟,张锦松等【环工单元操作】.高立图书有限公司 2006.
- 8、丁忠浩.【有机废水处理.技术及应用】.化学工业出版社 2002
- 9、张晋.【水处理工程与设计.下】.鼎茂图书出版有限公司 1999.
- 10、雷乐成等.【污水回用新技术及工程设计】.化学工业出版社 2002.
- 11、高廷耀.【水污染控制工程】.高等教育出版社 1991.
- 12、王洪臣等.【城市污水处理厂运行控制与维护管理】.科学出版社 1999.
- 13、王志刚.【重金属废水的处理技术】2006.
- 14、许国强等.【氨氮废水处理技术现状及发展】湖南有色金属.第18卷第2期 2002.
- 15、张智,阳春.【城市污水回用技术】重庆建筑大学学报. Vol. 22 No 4 2000.
- 16、李国新等.【污水回用技术进展及发展趋势】环境科学与技术, 2009.
- 17、曹宏源,罗志奋.【A/O生物处理装置在食品工业废水处理中的应用】化工装备技术,第30卷第6期 2009.
- 18、赵庆良,李伟光.【特种废水处理技术.M】哈尔滨工业大学出版社 2004.
- 19、U.A. Haun,K.H.Rosenwinkel. Two example of anaerobic pretreatment of wastewater in the beverage industry. Wat.Sci.Tech.1997,36(2)(3).
- 20、Joo-Hwa Tay. Biological treatment of soya beam waste. WatSci. Tech.1990,22(9):141~147.01

附錄

甲) 国内有关清洁生产、节能的法规及政府节能减排的政策目标

清洁生产法规

为了促进清洁生产，提高资源利用效率，减少和避免污染物的产生，保护和改善环境，保障人体健康，促进经济与社会可持续发展，2002年6月29日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议审议并通过了《中华人民共和国清洁生产促进法》，首次以法律的形式确立清洁生产的地位并于2003年1月1日起实行。

为全面推行清洁生产，规范清洁生产审核行为，根据《中华人民共和国清洁生产促进法》和国务院有关部门的职责分工，国家发展和改革委员会、原国家环境保护总局制定并审议通过了《清洁生产审核暂行办法》，该办法自2004年10月1日起施行。

为规范有序地开展全国重点企业清洁生产审核工作，根据《中华人民共和国清洁生产促进法》、《清洁生产审核暂行办法》（国家发展和改革委员会、国家环境保护总局令第16号）的规定，原国家环境保护总局制定了《重点企业清洁生产审核程序的规定》，该规定于2005年12月13日起实施。

在总结清洁生产阶段性工作的基础上，为了进一步明确和细化清洁生产审核工作，准确评价清洁生产审核工作成效，国家相继颁布了42项清洁生产行业标准和24项清洁生产指标评价体系。

清洁生产评价指标体系

清洁生产评价指标体系
制革行业清洁生产评价指标体系
(试行)

清洁生产评价指标体系
包装行业清洁生产评价指标体系
(试行)

水泥行业清洁生产评价指标体系

(试行)

清洁生产评价指标体系

硫酸行业清洁生产评价指标体系

(试行)

机械行业清洁生产评价指标体系

(试行)

发酵行业清洁生产评价指标体系

(试行)

纯碱行业清洁生产评价指标体系

(试行)

涂料制造业清洁生产评价指标体系

(试行)

陶瓷行业清洁生产评价指标体系

(试行)

铅锌行业清洁生产评价指标体系

(试行)

轮胎行业清洁生产评价指标体系

(试行)

磷肥行业清洁生产评价指标体系

(试行)

火电行业清洁生产评价指标体系

(试行)

制浆造纸行业清洁生产评价指标体系

(试行)

清洁生产评价指标体系

煤炭行业清洁生产评价指标体系

(试行)

电池行业清洁生产评价指标体系

(试行)

铝行业清洁生产评价指标体系

(试行)

烧碱、聚氯乙烯行业清洁生产评价指标体系

(试行)

铬盐行业清洁生产评价指标体系

(试行)

印染行业清洁生产评价指标体系

(试行)

电镀行业清洁生产评价指标体系

(试行)

氮肥行业清洁生产评价指标体系

(试行)

钢铁行业清洁生产评价指标体系

(试行)

电解金属锰行业清洁生产评价指标体系

(试行)

清洁生产行业标准

| 清洁生产标准 | 发布稿 | 清洁生产标准 |
|--------------------------------|-------|-------------------------------|
| 平板玻璃行业清洁生产标准 | | 浮法玻璃行业清洁生产标准 |
| 钢铁行业（中厚板轧钢）清洁生产标准 | | 钢铁行业清洁生产标准 |
| 彩色显像（示）管生产清洁生产标准 | | 制革行业（猪轻革）清洁生产标准 |
| 化纤行业（氨纶）清洁生产标准 | | 纺织业（棉印染）清洁生产标准 |
| 镍选矿行业清洁生产标准 | | 炼焦行业清洁生产标准 |
| 铁矿采选业清洁生产标准 | | 人造板行业清洁生产标准 （中密度纤维板） |
| 电解锰行业清洁生产标准 | | 电镀行业清洁生产标准 |
| 电解铝业清洁生产标准 | | 氮肥制造业清洁生产标准 |
| 造纸工业（硫酸盐化学木浆生产工艺）清 洁生产标准 | | 基本化学原料制造业(环氧乙烷/乙二醇) 清洁生产标准 |
| 造纸工业（漂白化学烧碱法麦草浆生产工艺） 清洁生产标准 | | 石油炼制造业清洁生产标准 |
| 造纸工业（漂白碱法蔗渣浆生产工艺）清 洁生产标准 | | 汽车制造业（涂装）清洁生产标准 |
| 食用植物油工业（豆油和豆粕） 清洁生产标准 | | 啤酒制造业清洁生产标准 |
| 乳制品制造业（纯牛乳及全脂乳粉） 清洁生产标准 | | 甘蔗制糖业清洁生产标准 |
| | 征求意见稿 | |
| 宾馆饭店行业清洁生产标准 | | 化纤行业（涤纶）清洁生产标准 |
| 酒精制造业清洁生产标准 | | 分体式空调制造业清洁生产标准 |
| 化纤行业（维纶）清洁生产标准 | | 餐饮行业清洁生产标准 |
| 化纤行业（腈纶）清洁生产标准 | | 水泥行业清洁生产标准 |
| 油脂工业清洁生产标准 | | 燃煤电厂清洁生产标准 |
| 烟草加工业清洁生产标准 | | |

为支持引导企业开展清洁生产工作，国家经济贸易委员会相继公布了三批国家清洁生产
技术导向目录。通过不断总结已成功实施的先进清洁生产技术和经验，并加以推广，推
动清洁生产工作的全面开展。

2001 年，广东省环保厅、经信委、科技厅联合出台《广东省清洁生产联合行动实施意
见》（粤经贸资源[2001]972 号），标志着广东清洁生产正式启动。

2009 年1 月12 日，广东省经信委、省科技厅和省环保厅联合发布了《广东省清洁生产
审核及验收办法》（粤经贸法规〔2009〕35 号），进一步规范清洁生产审核行为和验
收程序。

乙) 政府节能法规及减排的政策目标

为了推动社会节约能源、提高能源利用效率、保护和改善环境，促进经济社会全面协调可持续发展，2007年10月28日第十届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议审议并修订了1997年11月1日第八届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过的《中华人民共和国节约能源法》，新修订的《中华人民共和国节约能源法》（中华人民共和国主席令第77号）于2008年4月1日起施行。

2007年5月23日，国务院发布了《关于印发节能减排综合性工作方案的通知》（国发[2007]15号），进一步明确了实现节能减排的目标任务。要求到2010年，万元国内生产总值能耗由2005年的1.22吨标准煤下降到1吨标准煤以下，降低20%左右；单位工业增加值用水量降低30%。“十一五”期间，主要污染物排放总量减少10%，到2010年，二氧化硫排放量由2005年的2549万吨减少到2295万吨，化学需氧量（COD）由1414万吨减少到1273万吨；全国设市城市污水处理率不低于70%，工业固体废物综合利用率达到60%以上。

2008年7月23日国务院第18次常务会议通过《公共机构节能条例》（中华人民共和国国务院令第531号），自2008年10月1日起施行。

为了促进循环经济发展，提高资源利用效率，保护和改善环境，实现可持续发展，国家颁布了《中华人民共和国循环经济促进法》（中华人民共和国主席令第4号），自2009年1月1日起施行。

根据《中华人民共和国节约能源法》和有关法律、法规，广东省结合本省实际情况，制定了《广东省节约能源条例》，该《条例》自2003年10月1日起施行。

为进一步贯彻落实《中华人民共和国清洁生产促进法》，加快发展循环经济，建设资源节约型、环境友好型社会，推动广东省经济社会又好又快发展，广东省人民政府发布了《关于加快推进清洁生产工作的意见》（粤府办〔2007〕77号）。该《意见》提出，到2010年，实现广东省万元GDP能耗（按2005年不变价格计算）比2005年下降16%，万元GDP的取水量下降到200吨，工业用水重复率达到68%；全省化学需氧量（COD）和二氧化硫排放量均在2005年的基础上削减15%。通过加快结构调整和技术进步，完善政策法规体系，引导企业开展清洁生产审核，力争广东省清洁生产达到国内先进水平，进一步加强清洁生产组织管理、生产标准、科技支撑、宣传培训、保障激励机制等方面建设，推进清洁生产从试点阶段向普及阶段转变，从工业领域向社会多领域转变，从企业层面向行业园区层面转变，推动清洁生产在全社会的广泛实施。到2010年，全省公布表彰300家清洁生产先进企业，依法对500家重点污染企业以及使用或排放有毒有害物质企业实施强制性清洁生产审核，列入省“双千节能行动”的重点耗能企业、省循环经济试点单位、资源综合利用企业全面开展清洁生产审核；在经国家审核公告的开发区中，选取15个基础较好的园区作为清洁生产示范园区；整合行业清洁生产技术，重点抓好广东省重污染行业技术攻关和节能减排技术推广；研发、推广100项以上先进的清洁生产技术和产品；在农业、交通运输、商贸流通、服务业等领域选择示范点作为清洁生产示范单位，在社会各个领域推进清洁生产工作。

2009年初发布的《珠江三角洲地区改革发展规划纲要(2008-2020)》也提出要大力发展循环经济，坚持开发节约并重、节约优先，按照减量化、再利用、资源化的原则，大力推进节能节水节材，加强资源综合利用，全面推行清洁生产，形成低投入、低消耗、低排放和高效率的经济发展方式。到2012年每新增亿元地区生产总值所需新增建设用地量下降，单位生产总值能耗与世界先进水平的差距明显缩小，环境质量进一步改善。

丙) 国内印刷业清洁生产相关法规及环保要求

1.1 清洁生产法规

为了促进清洁生产，提高资源利用效率，减少和避免污染物的产生，保护和改善环境，保障人体健康，促进经济与社会可持续发展，2002年6月29日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议审议并通过了《中华人民共和国清洁生产促进法》，首次以法律的形式确立清洁生产的地位并于2003年1月1日起实行。

为全面推行清洁生产，规范清洁生产审核行为，根据《中华人民共和国清洁生产促进法》和国务院有关部门的职责分工，国家发展和改革委员会、原国家环境保护总局制定并审议通过了《清洁生产审核暂行办法》，该办法自2004年10月1日起施行。

为规范有序地开展全国重点企业清洁生产审核工作，根据《中华人民共和国清洁生产促进法》、《清洁生产审核暂行办法》（国家发展和改革委员会、国家环境保护总局令第16号）的规定，原国家环境保护总局制定了《重点企业清洁生产审核程序的规定》，该规定于2005年12月13日起实施。

在总结清洁生产阶段性工作的基础上，为了进一步明确和细化清洁生产审核工作，准确评价清洁生产审核工作成效，国家相继颁布了42项清洁生产行业标准和24项清洁生产指标评价体系。

为支持引导企业开展清洁生产工作，国家经济贸易委员会相继公布了三批国家清洁生产技术导向目录。通过不断总结已成功实施的先进清洁生产技术和经验，并加以推广，推动清洁生产工作的全面开展。

2001 年，广东省环保局、经信委、科技厅联合出台《广东省清洁生产联合行动实施意见》（粤经贸资源[2001]972 号），标志着广东清洁生产正式启动。

2009 年1 月12 日，广东省经信委、省科技厅和省环保局联合发布了《广东省清洁生产审核及验收办法》（粤经贸法规〔2009〕35 号），进一步规范清洁生产审核行为和验收程序。

1.2 国内印刷业相关的环保法规及政府节能减排的政策目标

国内印刷业清洁生产相关法规的环保要求可以概括为以下几点：

（1）印刷业已纳入环保部清洁生产审核范围

2008 年7 月，环境保护部发布《关于进一步加强重点企业清洁生产审核工作的通知》〔（2008）60 号〕，根据《通知》附件公布的《需重点审核的有毒有害物质名录（第二批）》，需重点审核的有毒有害物质包括源于印刷等行业的“感光材料废物”。

（2）印刷业10 种废物列入《国家危险废物名录》

《名录》是与《固体废物污染环境防治法》配套的政策，法律规定产生危险废物的单位必须按照国家有关规定处置危险废物。

2008 年6 月，环境保护部和国家发展改革委发布修订后的《国家危险废物名录》，包括印刷业在内的几十个行业的49 类危险废物被列入。印刷行业危险废物主要有10种：感光材料废物（2 种）、含铬废物（3 种）、含铜废物、含汞废物、含铅废物、废卤化有机溶剂、废有机溶剂。这些废物主要来自废显（定）影液、胶片及废像纸，废蚀刻液、黏合剂，印刷线路板制造过程中镀铅锡合金产生的废液，使用有机溶剂进行橡皮版印刷，以及清洗印刷工具产生的废有机溶剂。

2. 印刷业国家淘汰或限制的工艺设备

根据《产业结构调整指导目录(2005 年本)》(国家发展和改革委员会, 2005 年第40 号令), 国家产业政策已明令淘汰的印刷业工艺设备有62 种, 明令淘汰的印刷产品1 种。

国家已明令淘汰的印刷业工艺设备有62 种:

全部铅排工艺

全部铅印工艺

ZD201、ZD301 型系列单字铸字机

TH1 型自动铸条机

ZT102 型系列铸条机

ZDK101 型字模雕刻机

KMD101 型字模刻刀磨床

AZP502 型半自动汉文手选铸排机

ZSY101 型半自动汉文铸排机

TZP101 型外文条字铸排机

ZZP101 型汉文自动铸排机

QY401、2QY404 型系列电动铅印打样机

QYSH401、2QY401、DY401 型手动式铅印打样机

YX01、YX02、YX03 型系列压纸型机

HX01、HX02、HX03、HX04 型系列烘纸型机

PZB401 型平铅版铸版机

JB01 型平铅版浇版机

YZB02、YZB03、YZB04、YZB05、YZB06、YZB07 型系列铅版铸版机

RQ02、RQ03、RQ04 型系列铅泵熔铅炉

BB01 型刨版机

YGB02、YGB03、YGB04、YGB05 型圆铅版刮版机

YTB01 型圆铅版镗版机

YJB02 型圆铅版锯版机

YXB04、YXB05、YXB302 型系列圆铅版修版机

P401、P402 型系列四开平压印刷机

P801、P802、P803、P804 型系列八开平压印刷机

PE802 型双合页印刷机

TE102、TE105、TE108 型系列全张自动二回转平台印刷机

TY201 型对开单色一回转平台印刷机

TY401 型四开单色一回转平台印刷机

TY4201 型四开一回转双色印刷机

TT201、TZ201、DT201 型对开手动续纸停回转平台印刷机

TT202 型对开自动停回转平台印刷机

TZ202 型对开半自动停回转平台印刷机

TZ401、TZS401、DT401 型四开半自动停回转平台印刷机

TT402、TT403、TT405、DT402 型四开自动停回转平台印刷机

TR801 型系列立式平台印刷机

LP1101、LP1103 型系列平板纸全张单面轮转印刷机

LP1201 型平板纸全张双面轮转印刷机

LP4201 型平板纸四开双色轮转印刷机

LSB201（880×1230 毫米）及LS201、LS204（787×1092 毫米）型系列卷筒纸书刊转轮印刷机

LB203、LB205、LB403 型卷筒纸报版轮转印刷机

LB2405、LB4405 型卷筒纸双层二组报版轮转印刷机

LBS201 型卷筒纸书、报二用轮转印刷机

K.M.T 型自动铸字排版机

PH-5 型汉字排字机

球震打样制版机（DIA PRESS 清刷机）

1985 年前生产的国产制版照相机

1985 年前生产的手动照排机

离心涂布机

J1101 系列全张单色胶印机（印刷速度每小时4000 张及以下）

J2101、PZ1920 系列对开单色胶印机（印刷速度每小时4000 张及以下）

PZ1615 系列四开单色胶印机（印刷速度每小时4000 张及以下）

YPS1920 系列双面单色胶印机（印刷速度每小时4000 张及以下）

W1101 型全张自动凹版印刷机

AJ401 型卷筒纸单面四色凹版印刷机

DJ01 型平装胶订联动机

PRD-01、PRD-02 型平装胶订联动机

DBT-01 型平装有线订、包、烫联动机

溶剂型即涂覆膜机

QZ101、QZ201、QZ301、QZ401 型切纸机

MD103A 型磨刀机

国家已明令淘汰的印刷落后产品1 种：

用于凹版印刷的苯胺油墨