

SHIFA LINSUAN LÜSE ZHIZAO

# 湿法磷酸绿色制造

李 兵 刘作华 陶长元 著



重庆大学出版社

SHIFA LINSUAN LÜSE ZHIZAO

# 湿法磷酸绿色制造

李 兵 刘作华 陶长元 著



重庆大学出版社

## 内容提要

湿法磷酸行业属于基础化工原料生产领域,是典型的高污染、高能耗资源依赖型重化工产业,极大地影响着整个工业的发展。湿法磷酸生产过程废弃物排放量大,存在着许多环境保护问题,如湿法磷酸生产过程大量含氟废气、含磷、含氟废水、选矿尾矿、磷石膏的排放,对生态环境造成污染和巨大威胁。近年来国家不断安排重大科技专项对磷石膏处理等湿法磷酸行业清洁生产问题进行科技攻关。湿法磷酸行业清洁生产集成及绿色发展路径重构成为行业发展首要的关键共性问题。

本书旨在提炼作者多年的湿法磷酸研发及生产管理经验,结合湿法磷酸行业技术发展趋势,总结了近年来湿法磷酸行业清洁生产技术,为行业发展提供技术参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

湿法磷酸绿色制造 / 李兵, 刘作华, 陶长元著. --  
重庆: 重庆大学出版社, 2019. 8  
ISBN 978-7-5689-1756-8

I. ①湿… II. ①李… ②刘… ③陶… III. ①磷酸生  
产—湿法生产 IV. ①TQ126.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 179702 号

## 湿法磷酸绿色制造

李兵 刘作华 陶长元 著

策划编辑: 范琪

责任编辑: 陈力 涂昀 版式设计: 范琪

责任校对: 王倩 责任印制: 张策

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人: 饶帮华

社址: 重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编: 401331

电话: (023)88617190 88617185(中小学)

传真: (023)88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: [fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

\*

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 13.75 字数: 354千

2019年8月第1版 2019年8月第1次印刷

印数: 1—1 000

ISBN 978-7-5689-1756-8 定价: 88.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 前言

湿法磷酸工艺与人们的生产和生活密切相关,并为我国经济的发展和社会的进步作出了很大贡献。然而,随着国民经济日益增长的需求以及人民群众越来越强烈的生态环境意识,如何实现湿法磷酸行业的可持续发展、减少废弃物的最终排放量、实现磷资源的循环利用已经成为迫切需要解决的问题。

近年来,国家对资源利用和环境保护越来越重视,湿法磷酸工艺必然离不开化工清洁生产。湿法磷酸清洁生产技术是实现磷酸行业长期稳定运行的重要保障。湿法磷酸生产工艺复杂,包括:生产过程中的设备和技术、生产后磷石膏废渣的处理方法等。因此,生产中应按照“减量化、再利用、再循环”原则,采取各种有效措施,以尽可能少的资源消耗和尽可能小的环境代价,来取得最大的经济产出和最少的废物排放,实现经济、环境和社会效益相统一,建设资源节约型和环境友好型工艺。

本书是一本系统性较强,内容丰富的专著,对湿法磷酸的生产具有一定的指导意义。本书内容共分7章:主要介绍了清洁生产与资源循环利用概述,湿法磷酸产业清洁生产现状,以循环经济的3R原则重构湿法磷酸产业,湿法磷酸绿色制造技术,磷氟硅碘多产业耦合发展,湿法磷酸绿色产业链构建,湿法磷酸产业转型——高端含磷材料制备。

参与整理本书资料的人员有杨义、张柱、魏红军、杨林荣、孙伟、王秀秀等硕士研究生,在此表示衷心的感谢!

本书由国家自然科学基金重点项目“利用流场结构界面失稳强化与调控流体混沌混合的机制(21636004)”、国家重点研发计划项目“控速结晶器关键技术研发(2017YFB0603105)”、重庆市科技创新领军人才支持计划项目(CSTCCXLJRC201703)、

重庆市社会事业与民生保障科技创新专项项目“湿法磷酸工业固体废弃物胶结固化与资源利用关键技术(cstc2017shmsA90016)”资助,在此一并表示感谢。

本书可作为高等院校、科学研究和磷化工企业生产的参考书,也可供从事磷化工作的技术人员和管理人员参考。

由于编写时间仓促,且限于作者学识水平,书中不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2018年12月

# 目 录

第 1 章 清洁生产与资源循环利用概述 .....	1
1.1 清洁生产 .....	1
1.2 资源循环利用 .....	11
参考文献 .....	22
第 2 章 湿法磷酸产业清洁生产现状 .....	25
2.1 湿法磷酸行业概述 .....	25
2.2 湿法磷酸净化技术现状 .....	32
2.3 磷石膏综合利用现状 .....	35
参考文献 .....	37
第 3 章 以循环经济的 3R 原则重构湿法磷酸 .....	39
3.1 循环经济的一般理论分析 .....	39
3.2 湿法磷酸产业中的循环经济 .....	42
3.3 以循环经济理念重构湿法磷酸 .....	44
3.4 完善我国湿法磷酸行业发展的循环经济措施建议 .....	52
参考文献 .....	53
第 4 章 湿法磷酸绿色制造技术 .....	55
4.1 绿色选矿及资源化利用 .....	55
4.2 湿法磷酸生产节能 .....	71
4.3 磷酸脱氟、磷酸尾气处理及磷酸净化技术 .....	83
4.4 磷石膏无害化处置及资源化利用 .....	100
4.5 湿法磷酸清洁生产实例 .....	150
参考文献 .....	158
第 5 章 磷氟硅碘多产业耦合发展 .....	161
5.1 湿法磷酸副产氟硅资源综合利用 .....	163
5.2 湿法磷酸副产氟硅酸的利用方法与工艺 .....	169
5.3 湿法磷酸含氟废气清洁利用 .....	170
5.4 湿法磷酸萃取生产尾气中氟硅资源回收利用 .....	171
参考文献 .....	175
第 6 章 湿法磷酸绿色产业链构建 .....	177
6.1 国内外磷化工新常态 .....	177
6.2 磷化工湿法磷酸绿色产业链的构建 .....	178
参考文献 .....	192

第7章 湿法磷酸产业转型——高端含磷材料制备 .....	194
7.1 磷系能源材料 .....	194
7.2 磷系光学材料 .....	200
7.3 磷系电子材料 .....	208
7.4 磷系功能材料 .....	209
7.5 磷系新型催化剂 .....	211
参考文献 .....	213

# 第 I 章

## 清洁生产与资源循环利用概述

### 1.1 清洁生产

自古以来环境问题一直伴随着人类文明发展进程,但近百年来加速趋于恶化。尤其是 20 世纪以来,随着科学技术与生产力水平的提升,人类对自然环境的干预能力大大增强,导致环境污染日益严重。世界上许多国家因经济高速发展而造成了严重的环境污染和生态破坏,引发了一系列举世震惊的环境公害事件。到了 20 世纪 80 年代后期,环境问题已由局部性、区域性发展成为全球性的生态危机,如酸雨、臭氧层破坏、温室效应、生物多样性锐减、森林破坏等,已成为危及人类生存的最大隐患。

20 世纪 60 年代,工业化国家开始通过各种方法和技术对生产过程中产生的废物和污染物进行处理,以减少其排放量,减轻对环境的危害,这就是所谓的“末端治理”。同时,末端治理的思想和做法也逐渐渗透到环境管理和政府的政策法规中。随着末端治理措施的广泛应用,人们发现末端治理并不是一个真正的解决方案。很多情况下,末端治理需要投入昂贵的设备费用、惊人的维护开支和最终处理费用,其工作本身还要消耗资源、能源,并且这种处理方式还会导致污染因空间和时间发生转移而产生的二次污染,因此人类为治理污染付出了高昂而沉重的代价,收效却并不理想。

因此,从 20 世纪 70 年代开始,发达国家的一些企业相继尝试运用如“污染预防”“废物最小化”“减废技术”“源削减”“零排放技术”“零废物生产”和“环境友好技术”等方法 and 措施,来提高生产过程中的资源利用效率、削减污染物以减轻对环境和公众的危害,这些实践取得了良好的环境和经济效益。在总结工业污染防治理论和实践的基础上,清洁生产理念得以提出和发展,联合国环境规划署(UNEP)也于 1989 年提出了清洁生产的战略和推广计划。

#### 1.1.1 清洁生产定义

清洁生产是关于产品的生产过程的一种创造性的思维方式。清洁生产是对生产过程、产品和服务持续运用整体预防的环境战略以期增加生态效率并降低对人类和环境的风险。

①对于生产过程,要求节约原材料和能源,淘汰有毒原材料,降低所有废弃物的数量和毒性。

②对于产品,要求减少从原材料提炼到产品最终处置的整个生命周期的不利影响。

③对于服务,要求将环境因素纳入设计和所提供的服务中。

UNEP的定义将清洁生产上升为一种战略,该战略具有持续性、预防性和整体性的特点。

1994年,我国制定的《中国21世纪议程》对清洁生产做出的定义是:“清洁生产是指既可满足人们的需要,又可合理使用自然资源和能源,并保护环境的生产和措施,其实质是一种物料和能源消费最小的人类活动的规划和管理,将废物减量化、资源化和无害化,或消灭于生产过程之中。”由此可见,清洁生产的概念不仅含有技术上的可行性,还包括经济上的可营利性,体现了经济效益、环境效益和社会效益的统一。

2003年,我国制定的《中华人民共和国清洁生产促进法》关于清洁生产的定义是:“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、综合利用等措施,从源头削减污染,提高资源利用效率,减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放,以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。”以上3种定义虽然表述方式不同,但内涵是一致的。

综上所述,清洁生产概念中包含了以下4层含义:

①清洁生产的目标是节省能源、降低原材料消耗、减少污染物的产生量和排放量。包括清洁的、高效的能源和原材料利用;清洁利用矿物燃料,加速以节能为重点的技术进步和技术改造,提高能源和原材料的利用效率。

②清洁生产的基本手段是改进工艺技术、强化企业管理,最大限度地提高资源、能源的利用水平和改变产品体系,更新设计观念,争取废物最少排放及将环境因素纳入服务。包括采用少废、无废的生产工艺技术和高效生产设备,尽量少用、不用有毒有害的原料;减少生产过程中的各种危险因素和有毒有害的中间产品;组织物料的再循环;优化生产组织和实施科学的生产管理;进行必要的污染治理,实现清洁、高效的利用和生产。另外还要保证产品应具有合理的使用功能和使用寿命;产品本身及在使用过程中,对人体健康和生态环境不产生或少产生不良影响和危害;产品失去使用功能后,应易于回收、再生和复用等。

③清洁生产的方法是排污审核,即通过审核发现排污部位、排污原因,并筛选消除或减少污染物的措施及产品生命周期分析。

④清洁生产的目标是保护人类与环境,提高企业自身的经济效益。清洁生产的最大特点是持续不断地改进。清洁生产是一个相对的、动态的概念。值得注意的是,清洁生产只是一个相对的概念,所谓清洁的工艺、清洁的产品以及清洁的能源都是和现有的工艺、产品、能源比较而言的,因此,清洁生产是一个持续进步、创新的过程,而不是一个用某一特定标准衡量的目标。推行清洁生产,本身是一个不断完善的过程,随着社会经济发展和科学技术的进步,需要适时地提出新的目标,争取达到更高的水平。清洁生产不包括末端治理技术,如空气污染控制、废水处理、焚烧或者填埋。清洁生产的理念适用于第一、第二、第三产业的各类组织和企业。

### 1.1.2 清洁生产内容

清洁生产的内容既体现于宏观层次上的总体污染预防战略中,又体现于微观层次上的企

业预防污染措施中。在宏观上,清洁生产的提出和实施使污染预防的思想直接体现在行业的发展规划、工业布局、产业结构调整、工艺技术以及管理模式的完善等方面。如我国许多行业、部门提出严格限制和禁止能源消耗高、资源浪费大、污染严重的产业和产品发展,对污染重、质量低、消耗高的企业实行关、停、并、转、改等,都体现了清洁生产战略对宏观调控的重要影响。在微观上,清洁生产通过具体的手段措施达到生产全过程污染预防。如应用生命周期评价、清洁生产审核、环境管理体系、产品环境标志、产品生态设计、环境设计等各种工具,这些工具都要求在实施时必须深入企业的生产、营销、财务和环保等各个环节。

清洁生产的内容主要包括:

#### (1) 清洁的能源

清洁的能源是指新能源的开发以及各种节能技术的开发利用、可再生能源的利用、常规能源的清洁利用,如使用型煤、煤制气和水煤浆等洁净煤技术。

#### (2) 清洁的生产过程

尽量少用和不用有毒、有害的原料;采用无毒、无害的中间产品;选用少废、无废工艺和高效设备;尽量减少或消除生产过程中的各种危险性因素,如高温、高压、低温、低压、易燃、易爆、强噪声、强震动等;采用可靠和简单的生产操作和控制方法;对物料进行内部循环利用;完善生产管理,不断提高科学管理水平。

#### (3) 清洁的产品

产品设计应考虑节约原材料和能源,少用昂贵和稀缺的原料;利用二次资源做原料。产品在使用过程中以及使用后不含危害人体健康和破坏生态环境的因素;产品的包装合理;产品使用后易于回收、重复使用和再生;使用寿命和使用功能合理。

#### (4) 清洁生产的两个全过程控制

①产品的生命周期全过程控制:即从原材料加工、提炼到产品产出、产品使用到报废处置的各个环节,采取必要的措施,实现产品整个生命周期资源和能源消耗的最小化。

②生产的全过程控制:即从产品开发、规划、设计、建设、生产到运营管理的全过程,采取措施,提高效率,防止生态破坏和污染的发生。

### 1.1.3 清洁生产的审核及评价体系

清洁生产的审核与评价是一种全新的污染防治战略。根据清洁生产原理,企业为达到清洁生产的目的,可提出多个清洁生产技术方案,在决策前,须对各个方案进行科学、客观的评价,筛选出既有明显经济效益,又有显著环境效益的可行性方案,这个过程称为清洁生产评价。清洁生产评价是通过对企业的生产从原材料的选取、生产过程到产品服务的全过程进行综合评价,判断出企业清洁生产总体水平以及主要环节的清洁生产水平,并针对清洁生产水平较低的环节提出相应的清洁生产对策和措施。清洁生产审核是对企业现在的和计划进行的工业生产实行预防污染的分析 and 评估。其目的有两个:

①判定企业中不符合清洁生产的地方和做法。

②提出方案解决这些问题,从而实现清洁生产。

通过清洁生产审核,对企业生产全过程的重点(或优先)环节产生的污染进行定量检测,找出高物耗、高能耗、高污染的原因,然后有的放矢地提出对策、制订方案,减少和防止污染物的产生。

### 1) 清洁生产审核体系

清洁生产审核以前也称为清洁生产审计。清洁生产审核的对象是企业。清洁生产审核是对企业现在的和计划进行的工业生产实行预防污染的分析 and 评估,是企业实行清洁生产的重要前提。在实行预防污染分析和评估的过程中,应制订并实施减少能源、水和原材料使用,消除或减少产品和生产工艺过程中有毒物质的使用,减少各种废物排放及其毒性的处理方案。

我国经济长期以来是一种粗放型的发展模式,大多数企业生产工艺和技术设备落后,管理不完善,工业污染严重。要改变这一局面,很有必要大力开展物耗最小化、废物减量化和效益最大化的清洁生产。而清洁生产审核是企业推行清洁生产、进行全过程污染控制的核心。清洁生产审核,要对企业生产全过程的每个环节、每道工序可能产生的污染进行定量的监测,找出高物耗、高能耗、高污染的原因,然后有的放矢地提出对策,制订方案,防止和减少污染的产生。

#### (1) 策划和组织

策划和组织是企业进行清洁生产审核的第一阶段。目的是通过宣传教育使企业的领导和职工对清洁生产有一个初步、比较正确的认识,消除思想上和观念上的障碍;了解企业清洁生产审核的工作内容、要求及其工作程序。在一个企业推行清洁生产之初,考虑的重点并非是企业内废物的排放,而是思想问题,关键是要解放思想。企业最注重的往往是生产情况、产品质量及销售等状况。许多企业唯恐搞了清洁生产后会影响到企业正常的生产,“一动不如一静”,满足于只要生产正常、污染物达标排放、环保部门不找上门就可以了,企业搞清洁生产的积极性不高。所以,在审核的第一阶段,一定要加强宣传教育以提高领导、职工对清洁生产的认识。在解决思想问题的基础上,再深入进行审核工作各方面的宣传、培训。

这一阶段的工作主要分为4方面的内容:

①领导参与及支持:这样可以协调、组织企业各部门积极配合和动员全体职工积极参与,并在人、财、物等方面得到充分支持,以保证清洁生产审核工作的顺利开展,并且能够有效地进行管理人员、技术人员和操作工人有必要的投入;监测设备和监测费用的必要投入;编制审核报告的费用,以及可能的聘用外部专家的费用。

②组建审核小组:组建一个有权威的企业清洁生产审核小组是至关重要的。为了保证清洁生产工程能够顺利进行,一般清洁生产审核领导小组组长由公司总经理担任,副组长由分管副总经理担任,成员由技术、工艺、环保、管理、财务、生产等部门及生产车间负责人组成,主要职责是确定企业当前清洁生产审核重点;组建并检查审核工作小组的工作情况;对清洁生产实际工作做出必要的决策;对所需费用做出裁决。具体工作如下:

- a. 制订清洁生产审核工作计划。
- b. 开展宣传教育,普及清洁生产知识。
- c. 确定清洁生产审核重点和目标。
- d. 组织、实施清洁生产审核,并及时向领导和职工汇报实施情况。
- e. 收集和筛选清洁生产方案,并组织实施。
- f. 编写清洁生产审核报告。
- g. 总结经验,制订企业(车间、工段、生产线)持续清洁生产计划。

表 1.1 为某企业清洁生产审核小组成员具体信息示例表。

表 1.1 清洁生产审核小组成员表

姓名	审核小组职务	职称与职务	专业	工作单位/部门	具体职责	投入时间/h
×××	组长	经理	管理	×××	组织与协调	10
×××	副组长	副经理	管理	×××	协调与参与	20
×××	成员	工程师	×××	×××	提出方案	30
×××	×××	×××	×××	×××	×××	×××

③制订工作计划:审核小组成立后,要及时编制审核工作计划表,包括各阶段的工作内容、完成时间、责任部门及负责人、考核部门及人员、产出等。对如何开展审核工作,必须制订出一个比较详细的工作计划,这样才能组织好人力、物力,使审核工作按一定的程序和步骤有条不紊地进行下去。工作计划可以列表的形式出现,要注意对审核各阶段的工作内容、进度、人员分工等做详细安排。每一项工作任务都要指定专人负责,明确起始时间和完成时限。必要时还可以设定考核部门和考核人员对工作计划的进展情况做定期考核。

④开展宣传教育:清洁生产是一种新型的环境保护和生产管理方式,必须广泛开展清洁生产的宣传、教育和培训,才能转变传统的生产观念和思维方式,争取企业内各部门和广大职工的支持。这样,在企业进行清洁生产审核时,就能得到企业内部上上下下的积极配合,征集到大量切实有效的无费/低费方案,并且保证审核工作能够顺利地进行。最终使职工了解清洁生产审核的目的和意义,通过宣传教育使职工转变观念,改变思维方式,积极投入到清洁生产审核工作中去。开展宣传教育可采用黑板报、内部广播、闭路电视、专题讲座及培训班等多种形式。宣传教育的重点是:

- a. 清洁生产与末端治理的比较。
- b. 进行清洁生产审核的必要性。
- c. 清洁生产审核的内容与方法。
- d. 每个职工在开展清洁生产审核中的作用。
- e. 开展清洁生产审核需要克服的障碍。
- f. 国内外企业清洁生产审核的成功实例。
- g. 本企业各部门通过清洁生产审核可能或已取得的效果及具体做法等。

宣传教育分3个层面:即厂级、部门级、班组级宣传培训。在开展清洁生产初始以厂级培训为主,一般通过上大课开办培训班等形式进行。部门级培训一般在启动清洁生产审核后,部门根据企业总体推进计划,制订宣传计划并根据工作开展情况实施。班组级宣传培训主要集中在生产班组进行。

## (2) 预审核

预审核是在对企业生产基本情况进行全面调查了解的基础上,通过定性和定量分析寻找生产过程中污染物产生量最大的部位,从而确定清洁生产审核重点和企业清洁生产目标,并提出无费/低费方案的过程。具体方案如图 1.1 所示。

①企业现状调查和分析:包括收集企业有关基础数据和资料、实际考察现场、绘制出全厂生产工艺流程图等,以便确定污染物产生部位和了解污染物产生的原因。具体内容如下:

a. 资料收集。

- 生产工艺资料。
- 原辅材料、公用材料及产品资料。
- 环境保护状况。
- 其他资料:有关的财务资料,人员培训状况以及企业长期发展规划,产品发展战略等。

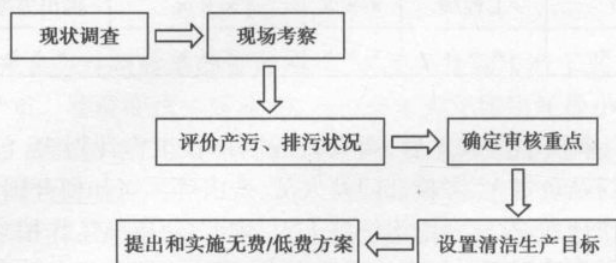


图 1.1 预审核工作步骤

b. 现状调查:现状调查是为了在正常生产条件下核对和补充企业现状的有关数据和资料,及时发现企业生产、经营和管理中存在的问题,为确定清洁生产审核重点和制订清洁生产方案提供依据。现状调查的主要内容为:

- 绘制生产工艺流程图。
- 确定企业生产过程中各种物料消耗及污染物产生量。
- 类比企业资料收集。

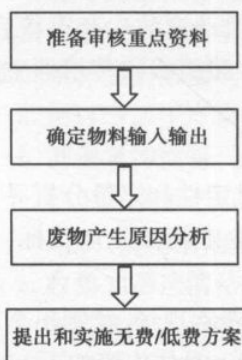
②确定清洁生产审核重点:备选清洁生产审核重点确定的基本原则如下所示。

- 污染物产生量大、能源消耗大的部位(单元设备、工段、车间)。
- 污染物毒性大或难以处理处置的部位(单元设备、工段、车间)。
- 生产效率低、构成企业生产“瓶颈”的部位(单元设备、工段、车间)。
- 生产工艺落后、设备陈旧的部位(单元设备、工段、车间)。
- 对工人身体健康危害较大、公众反映强烈的部位(单元设备、工段、车间)。
- 事故多发和设备维修较多的部位(单元设备、工段、车间)。

确定清洁生产审核重点的方法:简单对比法和权重综合计分排序法。

③设置清洁生产目标:企业设置清洁生产目标包括以下内容。

- 降低物料(原辅材料)和能量(水、电、汽)的消耗。



- 提高产品收率。
- 减少废物产生量。

④提出和实施无费/低费方案:无费/低费方案多是由于企业生产管理上出现的问题而引起的,如水、气阀门关闭不严,水损耗量大,物料堆放与储存不合理,计量设备不准确或损耗等。

(3) 审核

审核阶段的工作重点是实测输入输出物料,建立物料平衡,分析废物产生的原因,提出解决问题的思路。具体工作可以分为以下 4 个步骤,如图 1.2 所示。

①准备审核重点资料:根据调研和现场考察所得的资料,可以

图 1.2 审核工作步骤

绘制出审核重点的污染节点工艺框图和工艺单元功能表,以清晰地表明整个工艺流程中,各原料、辅料、水和水蒸气的加入点,各废弃物的排污点。

#### ②确定物料输入输出:

a. 物料输入:对产品生产相对稳定的企业,可以采取从月报表经核实取其平均值的方法;对产品生产变化较大的企业,应选择生产量较大的具有代表性的产品数据。

b. 物料输出:输出的物料中有产品、副产品,此外,还会产生废水、废气、废渣等废弃物。

c. 预平衡测算:根据实测或核算的输入、输出的数据进行生产单元的预平衡测算。

d. 建立物料平衡图:不同的工序对应不同物料的输入和输出的物料平衡图。

e. 主要组分平衡图:包括原料、产品、副产品、废气、废水、废渣。

f. 水平衡图:对各用水单元输入水量、输出水量进行采集与分析。

g. 主要污染因子平衡图:核实主要的污染因子,若污染物排入大气或在单元生产过程中又发生了化学反应,应在图上注明。

h. 能量平衡图:当某些行业某些生产过程的能耗与节能降耗成为主要问题时,应根据审核需要建立能量平衡图,以找出能量利用的不合理之处。

③废物产生原因分析:分析应从影响生产过程的8个方面进行:原、辅材料的能源的输入;生产工艺;设备;过程控制;产品;废弃物;管理;员工。

④提出和实施无费/低费方案:在进行物料平衡及对废物产生原因进行分析的同时可以发现在加强生产管理等方面存在的问题,这些问题不需进行大量资金投入,也不需进行论证和比较,属于无费/低费方案,应马上实施。

#### (4)实施方案的产生和筛选

通过方案的产生、筛选、编制,为下一阶段的可行性分析提供足够的清洁生产方案,这一阶段的工作步骤如图1.3所示。

①清洁生产备选方案的产生。发动职工,提出各种削减污染物量的方案;审核小组成员会同有关专家,参照国内外同类企业先进技术和有关指标提出各种削减污染物的方案;制定相关的奖励政策,鼓励各方面人员积极参与,提出各种污染物削减的方案。

②清洁生产备选方案的汇集和分类。一般来说,清洁生产备选方案应包括:原材料替换;生产工艺改进;设备更新与改造;生产过程优化控制;资源节约与综合利用和加强管理。

将这些方案汇总后分类,因投资不同,效益不同,审核小组成员还要对这些方案按投资大小和实施难易程度初步进行分类,可分为:无费/低费方案;中费方案及高费方案。

③清洁生产方案的筛选。方案筛选有简易筛选法和权重总分计分排序法两种方法。与预审核阶段确定审核重点方法基本相同,只是筛选因素不同。

a. 简易筛选法:通过定性分析筛选,通常是由审核小组会同企业有关领导、技术人员和专家就技术可行性、环境效益明显、投资费用合理和经济效益良好等几方面进行比较。

b. 权重总和计分排序法:权重因子为环境效益、经济效益、技术可行性、可实施性。

#### (5)实施方案的可行性分析

对所筛选出来的中/高费清洁生产方案进行分析和评估,选择出最佳方案。分析和评估

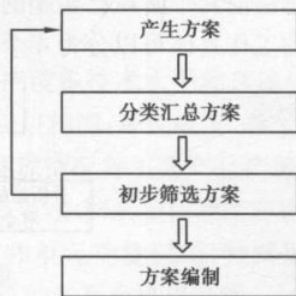


图1.3 实施方案的产生和筛选工作步骤

的原则是先后进行技术评估、环境评估、经济评估,最后推荐出可实施方案。有5个步骤,如图1.4所示。

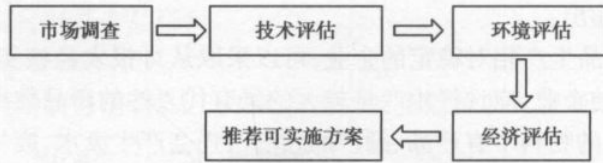


图1.4 实施方案的可行性分析步骤

①市场调查:主要调查同类产品的市场需求、价格等,并预测今后的发展趋势等。

②技术评估:对审核重点筛选出来的中/高费方案技术的先进性、适用性、可操作性和可实施性等进行分析。

③环境评估:对技术评估可行的方案,方可进行环境评估。清洁生产方案应具有显著的环境效益,同时要强调在新方案实施后不会对环境产生新的破坏。

④经济评估:对技术评估和环境评估均可行的方案,再进行经济评估。经济评估是从企业角度,按照国内现行市场价格,对清洁生产方案进行综合性的全面经济分析。

⑤推荐可实施方案:将拟选方案的实施成本与可能取得的各种经济收益进行比较,计算出方案实施后在财务上的获利能力和清偿能力,并从中选出投资最少、经济效益最佳的方案,为投资决策提供科学依据。

#### (6) 清洁生产方案的实施

在总结前几个阶段已实施的清洁生产方案成果的基础上,统筹规划推荐方案的实施。这一阶段的工作具体可以分为4个步骤,如图1.5所示。

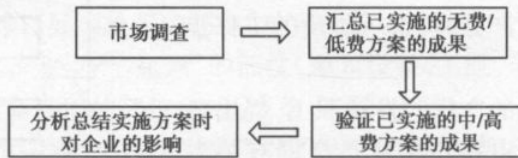


图1.5 清洁生产方案的实施步骤

①制订实施计划。方案实施过程可以从几个方面着手:资金筹集(企业自筹、银行贷款、其他专项资金渠道);征地;厂房设备选型;配套公共设施和设备安装;人员培训;试车和验收。

②方案实施。资金到位后,开始按计划实施清洁生产方案,直至项目完成。项目完成之后还要进行跟踪分析,总结取得的环境效益以及实施清洁生产的经验,并与实施前相对比,列表说明清洁生产审核的效果。

#### (7) 持续清洁能源

清洁生产是一个相对的概念,即相对于现阶段的生产情况是清洁的,但随着社会的发展和科技的进步,现在的“清洁”可能变成“不清洁”。因此,持续清洁生产应在企业内长期、持续地推行。其主要包括以下3个方面的工作:

①建立和完善清洁生产组织:生产部门需要明确工作任务;组织收集不断提出的清洁生产方案;宣传清洁生产,并对企业职工进行清洁生产教育和培训;选择下一轮清洁生产审核重点,准备启动新的清洁生产审核;负责清洁生产活动日常管理。企业可根据实际情况具体掌握,可考虑以下几种形式:

- a. 单独设立清洁生产办公室,直接归属厂长领导。
- b. 清洁生产机构设在环保部门中。
- c. 清洁生产机构设在管理部门或技术部门中。

②建立和完善清洁生产管理制度:清洁生产管理制度的建立和完善主要有两个方面。

- a. 把审核成果纳入企业的日常管理。
- b. 保证稳定的清洁生产资金来源。

③制订持续清洁生产计划:一轮清洁生产不可能解决企业内存在的所有问题,企业应不断地开展清洁生产审核,不断地寻求新的清洁生产机会。通常2~3年开展一轮审核,把上一轮没有解决的问题,想办法解决。清洁生产是没有止境的,为了企业的生存和发展,必须制订持续清洁生产计划。

#### (8) 编写清洁生产审核报告

本轮清洁生产审核结束后,应对所做的工作进行回顾和总结,总结归纳清洁生产已取得的成果和经验,特别是中/高费方案实施后,所取得的经济、环境效益,发现并找出影响正常生产效率、影响经济效益、带来环境问题的不利环节、组织机构、操作规范、管理制度等因素,及时修正这些不利因素,使其适应清洁生产的需求,将清洁生产持续进行下去。

清洁生产审核报告主要内容如下:

第一章 前言。项目来源、背景、企业概况、建厂时间、历史发展变迁、主要产品、市场、产值利税企业人员数目、人才结构、技术水平分布、文化水平分布。

第二章 审核准备。组织清洁生产审核领导小组、审核工作小组名单、审核工作计划、宣传教育内容和材料。

第三章 预审核。绘制组织总物流图、设备状况,主要生产设备技术水平和自动化控制水平(与国内外同行业比较);组织管理模式和实际管理水平,组织机构图;环保概况,各车间。“三废”产生、处理处置、排放情况、污染控制设施运行情况、环保管理情况等主要产品产量、原辅材料消耗、水电气消耗等确定本次审核重点、清洁生产目标(节能、节水、降耗或削减废弃物)。

第四章 审核。带污染节点工艺流程框图、工艺单元表和单元功能说明,物料平衡做法按工艺单元给出的物料平衡图、水平衡图、能量平衡图等,进行的各平衡结果分析。

第五章 实施方案的产生和筛选。清洁生产方案的产生方法、筛选方法,以及清洁生产方案分类表。

第六章 实施方案的确定。清洁生产中/高费用方案简介,技术、经济和环境可行性评估,确定采用的中/高费用方案实施计划。

第七章 方案实施效益分析。各类清洁生产方案实施后的实际与预期经济效益、环境效益对比和分析,清洁生产目标完成情况和原因分析,清洁生产对组织综合素质的影响分析等。

第八章 持续清洁生产计划。清洁生产技术与开发计划、员工清洁生产再培训计划、下轮清洁生产审核初步计划等。

第九章 总结与建议。

#### 2) 清洁生产评价体系

随着《中华人民共和国清洁生产促进法》的实施和清洁生产工作的开展,建立科学的清洁生产评价体系显得十分必要。清洁生产评价是通过对企业原材料的选取、生产过程、产品、服

务的全过程进行综合评价,评定企业现有生产过程、产品、服务各环节的清洁生产指标体系的选择水平在国际和国内所处的位置,并制定相应的清洁生产措施和管理制度,以增强企业的市场竞争力,达到节约资源、保护环境和持续发展的指标评分目的。

建立清洁生产指标体系,有助于评价企业开展清洁生产的状况!综合评价便于企业选择合适的清洁生产技术,促使企业积极推行清洁生产工作,清洁生产评价正逐步向量化评价方向发展,量化评价也主要通过评价的步骤选择指标体系,通过指标体系分值计算获得评价结果。

### (1) 生产指标的选择原则

生产指标的选择应从产品生命周期全过程考虑;生产指标的选择要体现污染预防思想;生产指标应尽量选择容易量化的指标项;满足政策法规要求和符合行业发展趋势。

### (2) 清洁生产评价指标

依据生命周期分析的原则,清洁生产评价指标应能覆盖原材料、生产过程和产品的各个主要环节。因而环评中的清洁生产评价指标分为6大类:生产工艺与设备要求、资源能源利用指标、产品指标、污染物产生指标、废物回收利用指标和环境管理要求。

①生产工艺与设备要求:对工艺技术来源和技术特点进行分析,并说明其在同类技术中所占地位以及选用设备的先进性。从装置规模、工艺技术、设备等方面分析其在节能、减污、降耗等方面达到的清洁生产水平。

②资源能源利用指标:在正常操作情况下,生产单位产品对资源的消耗程度可以部分地反映一个企业的技术工艺和管理水平,同时资源指标的高低也反映企业的生产过程在宏观上对生态系统的影响程度,可用下列方式表达:

- a. 单位产品新鲜水耗量:在正常操作下,生产单位产品整个工艺使用的新鲜水量。
- b. 单位产品的能耗:在正常操作下,生产单位产品消耗的电力、油耗和煤耗等。
- c. 单位产品的物耗:在正常的操作下,生产单位产品消耗的构成产品的主要原料和对产品起决定性作用的辅料的量。

d. 原辅材料的选取:反映了在材料选取过程中和构成其产品的材料报废后对环境和人类的影响。可从下列5个方面建立指标:

- 毒性:原材料所含毒性成分对环境造成的影响程度。
- 生态影响:原料取得过程中的生态影响程度。
- 可再生性:原材料可再生或可能再生的程度。
- 能源强度:原材料在采掘和生产过程中消耗能源的程度。
- 可回收利用性:原材料的可回收利用程度。

### ③产品指标:

- a. 产品应是我国产业政策鼓励发展的产品。
- b. 产品的过分包装和包装材料的选择。
- c. 运输过程和销售环节。
- d. 产品使用过程中的安全性。
- e. 报废产品报废后对环境的影响程度。

### ④污染物产生指标:

- a. 废水产生指标。