

附件八：

HJ

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ □□□—201□

清洁生产审核指南 平板玻璃行业

Cleaner production audit guideline

—Float glass industry

(征求意见稿)

201□—□□—□□ 发布

201□—□□—□□ 实施

环 境 保 护 部 发 布

## 目 次

|   |                              |    |
|---|------------------------------|----|
| 1 | 适用范围.....                    | 1  |
| 2 | 规范性引用文件.....                 | 1  |
| 3 | 术语和定义.....                   | 1  |
| 4 | 审核程序、目的要求和工作内容.....          | 2  |
| 5 | 审核工作表和检查清单.....              | 8  |
| 6 | 企业清洁生产审核报告编写大纲.....          | 8  |
| 7 | 审核指南的实施.....                 | 8  |
|   | 附录 A（资料性附录）行业描述.....         | 9  |
|   | 附录 B（资料性附录）行业清洁生产方案.....     | 20 |
|   | 附录 C（资料性附录）清洁生产审核工作表.....    | 27 |
|   | 附录 D（资料性附录）清洁生产审核检查清单示例..... | 36 |
|   | 附录 E（规范性附录）清洁生产审核报告编写大纲..... | 37 |

## 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国清洁生产促进法》，保护环境，为平板玻璃行业开展清洁生产审核提供技术支持和导向，制定本标准。

本标准附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D 是资料性附录，附录 E 为规范性附录。

本标准首次发布。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准起草单位：福建省环境科学研究院、中国环境科学研究院。

本标准环境保护部 201□年□□月□□日批准。

本标准自 201□年□□月□□日起实施。

本标准由环境保护部解释。

# 清洁生产审核指南 平板玻璃行业

## 1 适用范围

本指南适用于采用浮法生产工艺的平板玻璃行业的清洁生产审核工作，其它类型平板玻璃产品的清洁生产审核工作可参照执行。

## 2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

HJ/T361—2007 清洁生产标准 平板玻璃行业

HJ469—2009 清洁生产审核指南 制订技术导则

GB/T 12452—2008 企业水平衡测试通则

GB/T 6422—2009 用能设备能量测试导则

GB/T 15316—2009 节能监测技术通则

GB/T 15316—2009 企业能量平衡通则

《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）

《关于印发重点企业清洁生产审核程序规定的通知》（国家环境保护总局 环发[2005]151号）

《关于进一步加强重点企业清洁生产审核工作的通知》（环境保护部 环发[2008]60号）

《关于深入推进重点企业清洁生产的通知》（环境保护部 环发[2010]54号）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

#### 清洁生产审核 cleaner production audit

按照一定程序，对生产和服务过程进行调查和诊断，找出能耗高、物耗高、污染重的原因，提出减少有毒有害物料的使用和产生，降低能耗物耗以及废物产生的方案，进而选定技术、经济及环境可行的清洁生产方案的过程。

注：引自《清洁生产审核指南 制订技术导则》（HJ 469—2009）

### 3.2

#### 工作表 work sheet

企业开展清洁生产审核过程中应给出的主要信息表。

### 3.3

#### 检查清单 check list

企业开展清洁生产审核过程中用于引导审核人员发现问题、分析问题、解决问题的信息提示清单。

### 3.4

“双超” 类型企业 enterprise exceeding pollutant discharge criteria or total amount limit

污染物排放超过国家和地方规定的排放标准，或者超过经有关地方人民政府规定的污染物排放总量控制指标的企业。

### 3.5

#### 平板玻璃 flat glass

指板状的硅酸盐玻璃。

### 3.6

#### 浮法 float

平板玻璃成形方法，工艺流程系玻璃液从熔窑经流槽流到锡槽内，在有保护气体的金属液面上，向前飘移，而形成厚度均匀，两表面平行、平整和火抛光的玻璃带，再经退火、切材、成品装箱、待外销的工艺生产方法。

### 3.7

#### 浮法玻璃 float glass

用浮法工艺生产的平板玻璃。

## 4 审核程序、目的要求和工作内容

### 4.1 审核准备

#### 4.1.1 目的

目的是在平板玻璃企业中启动清洁生产审核。“双超”类型企业必须依法强制性限时开展清洁生产审核工作。

#### 4.1.2 工作内容和要求

a) 按照《清洁生产审核暂行办法》和《重点企业清洁生产审核程序的规定》的要求成立清洁生产审核小组。小组成员的专业资质应满足国家和省部级环境保护主管部门有关文件的规定，其职责和权限应以文件的形式每年进行正式的聘用和任命。

b) 由清洁生产审核小组负责组织编制审核工作计划，报总经理或分管副总审批后实施。

c) 开展宣传教育并排除障碍。采用各种形式进行全员教育，鼓励企业全体员工共同参与，提出各自岗位的清洁生产合理化建议，同时对员工中不正确的认识、技术和经济上的障碍进行分析，提出解决办法。

### 4.2 预审核

#### 4.2.1 目的

对企业进行全面调查分析，发现存在的主要问题及清洁生产的潜力和机会，确定审核的重点，并针对审核重点设置清洁生产目标。预审核要从生产的全过程出发即从原料进厂、配合料制备、熔化、成型、退火、冷端等一系列生产过程进行调研和考察。对于“双超”类型企业，尤其要摸清污染现状和主要产污节点，通过定性比较或定量分析确定审核重点。同时，征集并开始实施明显的简单易行的无/低费方案。

#### 4.2.2 工作内容和要求

a) 对企业进行现场调研，给出以下相关信息：

——企业概况。包括企业基本信息和主要经营信息。填写企业基本情况调查表。

——企业生产状况。包括生产全过程的工艺、设备及运行状态。填写输入物流（硅砂、白云石、石灰石、纯碱、芒硝等）汇总表、输出产品（玻璃）汇总表；填写工艺表并绘制工艺流程图；按生产线、公用配套设施分类填写主要设备情况表；填写企业近三年产品情况表、近三年原辅料和资源能源消耗表。

——企业环境保护状况。主要包括废气（粉尘、熔窑废气）、废水污染物的种类、数量、产生原因、治理现状及涉及的有关环保法规与要求。按工段填写污染物产排现状及特性表；按污染物种类填写主要污染物治理情况表，并绘制污染物处理工艺流程图；填写企业近三年污染物情况表。

——企业管理状况。包括从原材料进厂、整个生产过程以及玻璃成品出厂的全过程管理状况。

#### b) 进行现场考察

对平板玻璃企业现状调研结果进行核实与修正，比较实际生产和原始设计的差异，发现生产中出现的的问题。同时，在全厂范围内寻找明显的无/低费清洁生产方案。

考察内容如下：

——整个生产过程，从原辅材料储存、输送、混合、生产主流程（熔化、成型、退火、冷端）、氮氢制备，直到污染物处理设施。

——原辅材料损耗、水耗、能耗较大和废物产生较多的环节，如熔化、成型、退火等过程；考察窑炉废气处理设施的运营情况，尤其是企业目前的总体产、排污水平；考察企业固体废物（废玻璃、废耐火材料等）的产生和处理状况。

——企业实际管理状况。岗位责任执行情况、员工清洁生产意识、技术水平和实际操作情况。

考察方法如下：

——查阅设计资料及图纸：工艺流程图及说明、物料衡算、能量衡算、设备与管线的选型与布置等。

——查阅岗位记录：生产报表（月平均及年平均统计报表）、原辅料及成品库记录、水耗表、能耗表、监测报告、废物记录、事故记录、检修记录等。

——与实际操作人员和技术人员进行座谈，了解并核查生产运行的实际情况和排污情况，听取意见和建议，筛选关键问题和工序，征集无/低费方案。

#### c) 评价产污排污状况

——在资料调研、现场考察的基础上，分析对比国内外平板玻璃行业同类产品和企业生产、消耗、产排污状况和管理水平。

——对照 HJ/T361-2007，评价企业目前清洁生产水平。填写与 HJ/T361-2007 指标的对比评估表。

——在同行业先进的产污排污水平和本企业实际产排污水平的调查基础上，从影响生产过程的原辅材料和能源、技术工艺、设备、过程控制、产品、废物、管理和员工八个方面出发，对差距进行初步分析，并评价在现状条件下企业的产排污是否合理。填写企业污染物产生原因分析表。

——评价企业执行国家及当地环保法规及相关排放标准的情况，包括达标情况、缴纳排污费及处罚情况等。

——初步评价企业在现有原料、工艺、设备、产品和管理水平下，其产排污状况的真实性、合理性，及有关数据的可信度。

——有关平板玻璃行业概况、主要生产过程的典型物料平衡、硫元素平衡、水平衡和能源平衡的分析，可参考附录 A。

#### d) 确定审核重点

在无法直接确定审核重点时，可将生产过程的各个工段（熔化、成型、退火等）或若干问题或环节作为备选审核重点考虑。

确定备选审核重点的原则：

- 污染严重的环节或部位
- 原辅料损失、能耗、水耗大的环节或部位
- 环境及公众压力大的环节或问题
- 有明显的清洁生产机会

采用以下方法对备选审核重点排序，从中确定本轮的审核重点。

——简单比较法：通过比较、分析、讨论，将污染最严重、消耗最大、清洁生产机会最显著的部位定为审核重点。

——权重总和计分排序法：根据考虑的各种因素重要程度确定权重值，对每个因素的不同备选方案打分，计算出权重分数后，再将所有因素的权重分数求和，算出各个备选方案的总分，最高者为审核重点。

在确定审核重点时应着重考虑企业所采用的燃料品种（重油、煤焦油、石油焦或其它燃料）、污染物（重点是废气污染物）排放量、污染治理措施及所能达到的效果。

#### e) 设置清洁生产目标

清洁生产目标应该定量化、可测量、可操作，并具有激励作用。清洁生产目标应分为近期目标和远期目标。平板玻璃企业第一轮清洁生产审核近期目标完成时间最迟为 2012 年底，其中“双超”类型企业近期目标完成时限最长为一年。清洁生产目标设置的依据如下：

——首先，参照相关的污染物排放标准和《清洁生产标准 平板玻璃行业》（HJ/T361—2007）。

“双超”类型企业清洁生产审核后必须满足污染物达标排放和达到清洁生产三级标准要求；

——其次，参照国内外相近规模、工艺、技术设备企业的先进水平；

——再次参照企业历史最好水平。

#### f) 提出和实施无 / 低费方案

从原辅材料和能源替代、技术工艺改造、设备维护和更新、过程优化控制、产品更换或改进、废物回收利用和循环使用、改进管理、员工素质的提高以及积极性的激励八个方面进行原因分析，考虑企业内无需投资或投资很少、容易在短期见效的无/低费清洁生产方案，边提出、边实施、并及时总结加以改进。审核小组要鼓励员工提出有关清洁生产的合理化建议，并实施明显可行的无/低费方案，填写明显可行无/低费方案汇总表。

### 4.3 审核

#### 4.3.1 目的和要求

通过对审核重点的投入产出进行分析，建立物料平衡、能耗平衡、污染因子平衡，发现物料流失的环节和高能耗、高物耗、重污染的原因，并进行分析，寻找与国内外同行业先进水平的差距，为清洁生产方案的产生提供依据。

#### 4.3.2 工作内容

##### a) 收集资料

收集重点环节和部位的基础资料，绘制详细的位置图或工艺流程图或管线布置图，编制单元操作功能说明。明确原料、辅料、水等的使用和流失情况，明确能流、物流的流动情况及总的输入、输出情况。

##### b) 实测输入输出物流

针对审核重点，制定物流、能流的输入输出监测计划，填写审核重点物流实测准备表。其中监测点的设置有标准或规定要求的应按照规定执行，无要求的应予以规定。

根据监测计划对输入输出物流、能流进行实测，填写审核重点物流实测数据表。

## c) 建立物料平衡

根据实测数据建立审核重点物料平衡，编制物料（包括水）、能源、硫元素平衡图，分析平衡偏差的结果，分析物料流失的环节或部位及对生产的影响，填写审核重点物料衡算分析表。“双超类型”企业必须编制原辅料、水及硫元素平衡图。

## d) 分析废物产生原因

基于物料平衡的结果，从影响生产过程的八个方面分析废物（废气、废水、固体废物）产生的原因，填写审核重点废物产生原因分析表。

## e) 继续提出并实施无 / 低费方案

针对审核重点，根据物料平衡结果和废物产生原因的分析，提出并实施无 / 低费方案。

## 4.4 方案的产生和筛选

### 4.4.1 目的和要求

通过对各类方案的产生、筛选、研制，初步提出并实施无/低费方案，进行效果核定与汇总，确定中高费方案供下一阶段进行可行性分析，编写清洁生产中期审核报告。

### 4.4.2 工作内容

## a) 产生方案

- 在全厂范围内进行宣传动员，鼓励全体员工提出清洁生产方案或合理化建议；
- 根据物料平衡和废物产生原因分析产生方案；
- 回顾、借鉴本企业清洁生产的历史最高水平的经验与方法；
- 广泛收集国内外平板玻璃行业的先进技术；
- 组织行业专家进行技术咨询；
- 从影响生产过程的原辅材料和能源替代、技术工艺改造、设备更新和维护、过程优化控制、产品更换或改进、废物回收利用和循环使用、改进管理、员工素质的提高以及积极性的激励八个方面全面系统地产生方案。

平板玻璃行业典型工段清洁生产方案、清洁生产参考方案见附录 B。

## b) 汇总、筛选方案

- 按照原辅材料和能源、技术工艺、设备、过程控制、产品、废物、管理、员工八个方面分类汇总所有方案。填写方案汇总表。

- 从技术可行性、环境效果、经济效果和实施难易程度等方面将所有方案分为可行的无/低费方案、初步可行的中/高费方案和不可行方案三类。

- 可行的无/低费方案立即实施，不可行方案暂时搁置或否定，初步可行的中/高费方案继续研究和进一步筛选。

## c) 研制方案

对初步可行的中/高费方案进行工程化分析，内容包括：

- 绘制方案的工艺流程详图；
- 列出方案的主要设备清单；
- 进行方案的费用和效益估算；
- 编写方案说明。

最后筛选出 2 个以上中/高费方案供下一阶段进行可行性分析。

## d) 继续实施无 / 低费方案



e) 核定并汇总无 / 低费方案的实施效果。填写无/低费方案实施效果的核定与汇总表。

f) 编制清洁生产中期审核报告（视具体情况可以简化或删减）。

## 4.5 方案的确定

### 4.5.1 目的和要求

对筛选出的中/高费清洁生产方案进行分析和评估，以选择技术先进、经济合理、环境有利的最佳的、可实施的清洁生产方案。可行性分析的内容主要包括经济评估、环境评估和技术评估。技术评估主要评估方案的先进性和可操作性，环境评估主要是比较方案实施后对环境的有利影响和不利影响，而经济评估则评价方案实施后的获利能力，包括方案的直接和间接效益。“双超”类型企业重点考虑环境评估。

### 4.5.2 工作内容

#### a) 市场调研

清洁生产方案涉及以下情况时，需首先进行市场调查，为方案的技术与经济可行性分析奠定基础：

- 拟对产品结构进行调整
- 有新的产品（或副产品）产生
- 将得到用于其他生产过程的原材料

调查和预测市场需求时的内容包括：国内同类产品的价格、市场总需求量，当前同类产品的总供给量，市场对产品的改进意见等。

#### b) 确定方案的技术途径

根据平板玻璃行业现状和市场预测的结果，对原来方案中的技术进行相应调整。针对每一种方案应包括 2~3 种不同的技术途径，以供选择，其内容包括以下方面：

- 方案技术工艺流程详图；
- 方案实施途径及要点；
- 主要设备清单及配套设施要求；
- 方案所达到的技术经济指标；
- 可产生的环境、经济效益预测；
- 方案的投资总费用。

#### c) 技术评估

技术评估是关系到方案可实施性的关键，应该包括以下内容：

- 工艺路线、技术设备的先进性和适用性；
- 与平板玻璃行业相关的国家、行业政策的相符性；
- 资源的有效利用性；
- 技术的成熟性、安全性和可靠性。

#### d) 环境评估

环境评估是方案可行性分析的核心，应该包括以下内容：

- 能耗的变化；
- 水耗的变化；
- 污染物产生量的变化；
- 废物产生量的变化；
- 操作环境对人体健康的影响；
- 污染物的二次污染；
- 废物的重复利用、循环利用和再生回收。

#### e) 经济评估

经济评估是对清洁生产方案的综合性全面经济分析，在技术评估和环境评估后进行，若前二者被否定则不能进行方案的经济评估。经济评估的基本目标是要体现资源利用的优势，以项目投资所能产生的效益为评价内容。通过分析比较，选择效益最佳的方案，为投资决策提供依据。一般采用现金流量分析和财务动态获利性分析方法进行经济评估，填写方案经济评估指标汇总表。

#### f) 推荐实施方案

列表比较各方案的投资、运行费用、收益估算，汇总比较各方案的技术、环境、经济评估的结果，确定最佳可行的推荐方案，填写方案的可行性分析结果汇总表。

### 4.6 方案的实施

#### 4.6.1 目的和要求

对确定的清洁生产方案提出统筹规划和落实实施，并从技术指标、经济收益以及环境效益三个方面评价各类方案实施前后以及实施预期和实际效果比较，汇总已经实施的各类方案的成果。

#### 4.6.2 工作内容

##### a) 组织方案实施

实施前应进行统筹规划、周密准备，以确保方案的正确实施。应明确方案实施的具体步骤与方法，落实人力、财力和物力，落实到人、责任到人，制订方案实施计划时间表。

##### b) 汇总已实施的无/低费方案的成果

包括环境效益与经济效益两个主要方面。

##### c) 评价已实施的中/高费方案的成果

包括技术评价、环境评价、经济评价以及综合评价。

##### d) 分析总结已实施方案对企业的影响，并宣传本轮清洁生产审核成果

——已实施方案取得经济与环境效益汇总；

——已实施方案与平板玻璃行业清洁生产标准对比分析；

——拟实施方案取得经济与环境效益汇总；

——全部方案实施后对清洁生产目标的实现情况说明；

——全部方案实施后与平板玻璃行业清洁生产标准对比分析。

### 4.7 持续清洁生产

#### 4.7.1 目的和要求

使清洁生产工作在企业内长期、持续推行下去。

#### 4.7.2 工作内容

##### a) 建立和完善清洁生产组织

——设立清洁生产常设机构，明确该机构的任务、职责和归属；

——确定专人负责，明确个人在清洁生产工作中的职责和权限。

##### b) 建立和完善清洁生产制度

——把审核成果纳入企业的日常管理；

——建立操作性强的激励机制；

——保证稳定的清洁生产资金来源。

##### c) 制定持续清洁生产计划

——企业清洁生产长期战略和策略；

——下一轮清洁生产审核工作计划；

- 清洁生产新技术、新工艺、新方法的研究与实施计划；
- 职工的清洁生产培训计划。

#### d) 编制清洁生产审核报告

目的是总结本轮清洁生产审核成果，为组织落实各种清洁生产方案、持续清洁生产提供一个重要的平台，有助于激发企业职工实施清洁生产的积极性，激励企业实施下一轮清洁生产审核，推动企业持续开展清洁生产。

### 5 审核工作表和检查清单

清洁生产审核过程需要编制各种工作表和检查清单。工作表和检查清单应根据审核程序进行设计，内容、数量可根据企业实际情况选择与确定。平板玻璃企业清洁生产审核工作表参见附录 C，检查清单参见附录 D。

### 6 企业清洁生产审核报告编写大纲

平板玻璃企业清洁生产审核报告编写大纲参见附录 E。

### 7 审核指南的实施

本标准由县级以上人民政府环境保护行政主管部门负责监督实施。

附录 A  
(资料性附录)  
行业描述

## A.1 平板玻璃行业概况

### A.1.1 行业发展现状

#### (1) 国内行业发展现状

我国玻璃工业经过改革开放以来的跨越式发展，目前已经成为世界上生产规模最大的平板玻璃生产国。浮法技术主导了我国平板玻璃的发展，总产量占 84% 以上，其中优质浮法玻璃约占 29% 以上。目前我国采用浮法工艺的平板玻璃生产线 200 多条，其中全部或主要采用中国浮法技术的生产线近 170 条。已建成的这些生产线中，单线熔化能力 < 450t/d 的占 38.9%，≥ 600t/d 的占 30%，≥ 700t/d 的占 11.1%。在平板玻璃产量快速增长的同时，新品种不断增加，先后出现了超薄玻璃（0.55 毫米~1.3 毫米）、超厚玻璃（15 毫米~25 毫米）、在线镀膜玻璃（阳光膜和 Low-C 膜）以及自洁、超白、本体着色、微晶、防火玻璃等新品种，并利用国产技术建成 900 吨/日~1050 吨/日大型生产线。

#### (2) 国外行业发展现状

欧、美、日等国，无论是在本国，还是在海外（独资或控股）设计建成投产运营的平板生产线，平均 500t/d 级均占 50% 以上，600t/d 级占 25%，700t/d 级以上占 19%，而 500t/d 级以下（不含 500t/d 级）只占 6% 左右，其中小吨位规模生产线大多用于专门生产超薄、超白和本体着色的彩色平板玻璃而建。

### A.1.2 行业发展趋势

在平板玻璃原片制造技术上，目前国际上还没有新的更好的方法能够取代浮法成型工艺，但浮法工艺本身将继续完善和提高。在生产技术方面，浮法将进一步向超薄技术、在线镀膜技术、退火窑辊道技术、一窑多线、节能（富氧燃烧、喷氧、纯氧助燃）、环保（控制 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>）等方面研究和发展。在新产品方面，随着人们对玻璃功能性要求的提高，利用太阳能发电玻璃、电、光致变色玻璃、自洁净玻璃、信息产业玻璃等多种类平板玻璃将应运而生。

《关于抑制部分行业产能过剩和重复建设引导产业健康发展若干意见的通知》（国发[2009]38 号文）提出严格控制新增平板玻璃产能，发展高档用途及深加工玻璃，三年内彻底淘汰“平拉法”（含格法）落后平板玻璃产能。新项目能源消耗应低于 16.5 公斤标煤/重箱，硅质原料的选矿回收率要达到 80% 以上，二氧化硫排放低于 500 毫克/标准立方米、氮氧化物排放低于 700 毫克/标准立方米、颗粒物排放浓度低于 50 毫克/标准立方米。鼓励企业联合重组，支持大企业集团发展电子平板显示玻璃、光伏太阳能玻璃、低辐射镀膜等技术含量高的玻璃以及优质浮法玻璃项目。

### A.1.3 行业存在的资源和环境问题

平板玻璃行业属于资源、能源消耗型产业，存在一定污染。随着近几年的发展，平板玻璃行业有了长足的进步，但仍然依赖于加大资源和人力投入来进行发展。

#### (1) 不可再生矿物资源消耗高、利用率低

玻璃配料中矿物原料占 85% 以上，如硅质原料（硅石、砂岩、硅砂）占 60%~75%，碳酸盐矿物（石灰石、白云石等）占 16%~20%，还有长石等，这些不可再生资源的利用率低。矿物原料开采和选矿中，表土、皮石和尾矿很难利用，如硅砂开采中约 50% 不能利用，选矿中又有 30%~40% 不能利用在玻璃工业中。配合料熔化成玻璃，玻璃获得率也只有 80%~87%，其他部分挥发成 CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub> 和水气等，在生产过程中又有一些原料变成很难利用的粉尘和灰渣。

#### (2) 能耗偏高、污染较重

我国平板玻璃平均熔化热耗虽已降至 7800kJ / kg 以下，但仍比国外平均水平高 20%，熔窑热效率比国外平均水平低 5%~10%。据统计，2008 年国内平板玻璃行业平均综合能耗 16.7kg / 重量箱，最高达到了 20.56kg / 重量箱，与国内基本水平还有较大的差距。

平板玻璃行业主要以废气污染为主，主要包括了原料车间及配合料制备过程中产生的粉尘和熔窑中燃料燃烧产生的废气（烟尘、SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub>）。据估算，2008 年我国平板玻璃行业 SO<sub>2</sub> 排放量约 11.2 万吨，NO<sub>x</sub> 排放量约 12.8 万吨，颗粒物排放量约 1 万吨。其中，原料车间粉尘中 SiO<sub>2</sub> 含量可达 15%~25%，容易造成矽肺。此外，在原料处理、熔制和加工过程中，铅、氟等有害物也可造成工人职业病和周围环境污染。

### （3）总体质量水平较国际先进水平仍有较大差距

我国平板玻璃平均劳动生产率每人每年 4200 重量箱，最高为 8000 重量箱，而国际先进水平为 8000~10000 重量箱。我国优质浮法玻璃约占平板玻璃总产量的 23%，而国际先进水平为 82%~85%。

## A.2 主要生产过程

### A.2.1 生产工艺

平板玻璃生产工艺流程见图 A.1。各种粉料与碎玻璃（熟料）按一定比例混合配比后，投入玻璃熔窑，经高温熔化、澄清、搅拌及冷却，形成合格的玻璃液流入流液槽进入锡槽，经机械拉引及拉边机的控制，形成所需宽度和厚度的玻璃带；玻璃带进入退火窑，在退火窑内严格按照指定的退火曲线进行退火，退火后的玻璃进入冷端，经在线玻璃缺陷检测、切割、掰断、加速、掰边、纵分后，进入取片堆垛区喷粉、吹风清扫、堆垛，满架的玻璃由吊车或叉车送入成品库或装车。不合格的玻璃和玻璃边进入碎玻璃系统回收利用。

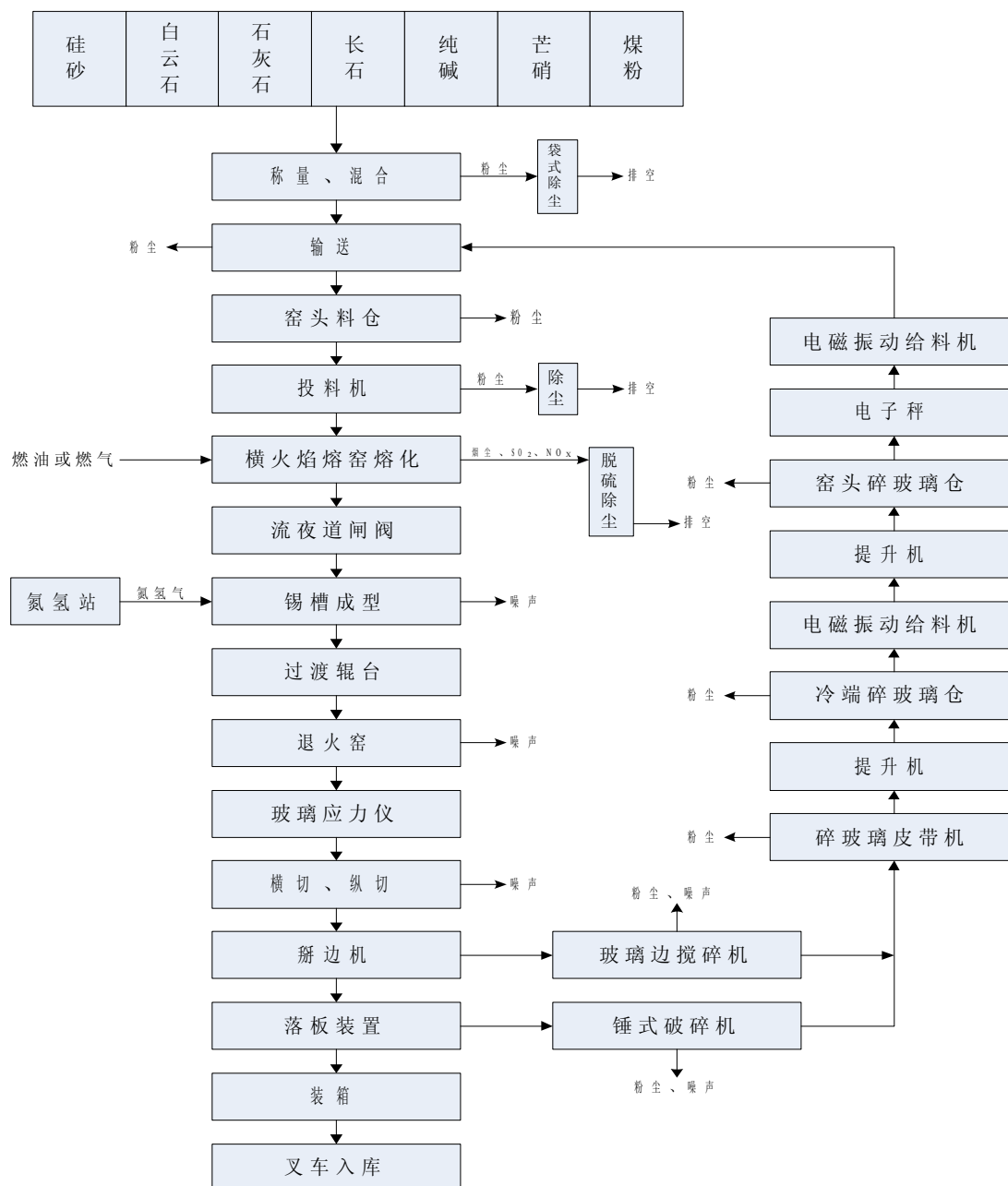


图 A.1 平板玻璃生产工艺流程

1) 配料。生产线所用原料均为合格粉料进厂，各种原料经提升进入粉库，称量混合系统将各种粉料按配比称量后送入强制式混合机进行混合，制成配合料。原料车间制备的配合料，由胶带输送机送到联合车间熔制工段，碎玻璃经由电磁振动给料机，均匀地加在混合料上，经往复移动胶带输送机送入窑头料仓。配合料由投料机进行薄层投料。

多种原料在外力作用下，通过运动速度和方向发生变化，使各种原料粒子得以均匀分布的操作叫原料混合，包括扩散混合、对流混合和剪切混合。在实际的工业混合机中，这三种混合机理不好截然分开，只能说是以哪一种或哪两种为主。

2) 炉窑熔化。将配合料经过高温加热形成均匀、纯净、透明并符合成型要求的玻璃液，是玻璃制造过程中的主要过程之一。熔制速度和熔制的合理性对玻璃的产量、质量、合格率、生产成本、燃料消耗和池窑寿命等影响很大。玻璃的熔制过程包括一系列物理、化学、物理化学反应过程，一般可分为5个阶段：硅酸盐形成阶段、玻璃形成阶段、玻璃液澄清阶段、玻璃液均化阶段、玻璃液冷却阶段。

在玻璃生产过程中，硅酸盐形成阶段与玻璃形成阶段之间没有明显的界限，即在硅酸盐阶段尚未结束时，玻璃液形成阶段已经开始，并且硅酸盐形成进行得极为迅速，而玻璃液形成却很缓慢。玻璃液的均化过程早在玻璃液形成阶段时已开始，然而主要的还是在澄清后期进行。它与澄清过程混在一起，没有明显的界限，可以看作一面澄清，一面均化，且澄清加速了均化的进程，均化的结束在澄清之后，并一直延续到冷却阶段。此外，搅拌是提高均匀性的一个很好的方法。

3) 锡槽成型。玻璃液以  $1080^{\circ}\text{C}\sim 1100^{\circ}\text{C}$  左右的温度，从流液道进入锡槽的锡液面上，在重力、表面张力和机械拉力作用下，随即向横向伸展，在完成摊平、抛光、展薄、冷却之后，形成一定厚度和宽度的玻璃带，至  $610^{\circ}\text{C}$  离开锡槽进入退火窑。锡槽保护气体中的氮气采用空气分离法制得，氢气采用液氨分解或水电解制得。

玻璃带成型时的作用力有两种，即表面张力和自身重力，前者阻止玻璃液无限摊开，对玻璃表面的光洁度影响极大；后者则促使玻璃液摊开。当表面张力与自身重力平衡时，漂浮在锡液面上的玻璃带就获得自然厚度。玻璃带的自然厚度约为  $7\text{mm}$ 。生产薄于或厚于自然厚度的玻璃，需借助外力。

由于玻璃液在成型过程中被逐渐地冷却，也就是温度逐渐降低，黏度不断增大，所以在锡槽设计和生产过程中，适当延长高温区长度或延长高温区作用时间，都对玻璃的平整化有利。但是，提高玻璃液和高温区温度，以降低玻璃黏度，虽然有利于加速玻璃带平整化过程，但若玻璃黏度降低过多，不足以克服玻璃本身的惯性，就可能拉不走，这样就会降低产量或增大锡槽长度以至于增加设备投资。

4) 退火窑退火。连续的玻璃带经过渡辊台，以  $610^{\circ}\text{C}$  左右的温度进入退火窑，在  $70^{\circ}\text{C}$  左右的温度下离开退火窑，进入冷端机组。

当玻璃在室温与软化温度之间进行热处理时，其结构和性能往往能发生显著的变化，如应力的产生或消除、分相与析晶等等。退火是指熔融玻璃液在锡槽中成型后，于退火窑中通过适当控制温度降低速度，将玻璃带中产生的热应力控制在允许的范围内。在退火过程中可能产生的热应力有永久应力和暂时应力两种。永久应力是当高温玻璃经退火到室温并达到温度均衡后，玻璃中仍然存在的热应力，也称为残余应力。暂时应力是随温度梯度的存在而存在，随温度梯度的消失而消失的热应力。永久应力一般产生于转变温度和应变温度范围之间，暂时应力则伴随着整个退火过程。

5) 冷端成品库。玻璃带离开退火窑后，经过了纵切、横切、横册、纵册、纵分、堆垛上架，最后包装入成品库。退火窑出口处设有一台应急高速横切机和落板辊道，可将不合格的玻璃带或非正常生产时的玻璃带，经落板辊道落入碎玻璃溜子，由锤式破碎机将其破碎后，用带式输送机、斗式提升机，送入冷端碎玻璃仓。

各国的平板玻璃生产线，其冷端设备的装备水平相差甚远，但其工艺生产流程基本相同，主要分为三个区段：玻璃带检测和预处理区段、切裁册断区段、分片、堆垛及装箱区段。图 A.2 是比较典型的冷端工艺流程图。

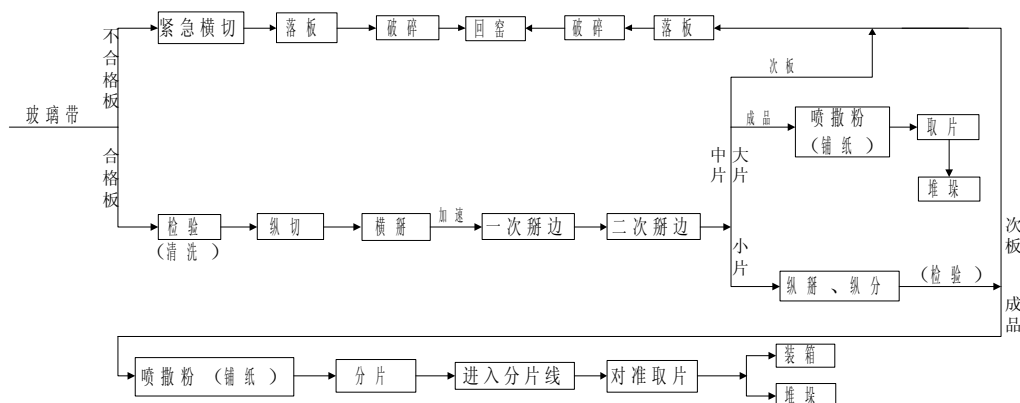


图 A.2 冷端生产工艺流程图

## A. 2. 2 技术装备

### (1) 原料均化

预均化堆场为大型玻璃厂的原料储存开辟了新的途径，在储存的同时实现原料均化，满足了稳定优质生产的需要，并为玻璃工业扩大应用低品位原料创造了条件。国外有些工厂在预均化堆场内对几种原料进行配料。有的采用自动取样和试样制备系统、X 射线荧光分析仪和电子计算机在线控制，使堆场的出料成分接近于所要求的目标值。使预均化堆场从一般的储存均化的初级阶段发展到直接参与生产质量控制的高级阶段。在工厂内储存大量的均质配合原料，进一步保证了入窑生料成分的均化和稳定，并使原料储存系统和配料系统得到简化。

### (2) 原料储存

①块状物料的储存。主要有露天堆场、防雨堆棚、吊车库等，采用何种储存设施主要取决于工厂的规模要求、工厂机械化自动化的水平、投资额的大小、物料的质量以及对环境保护的要求等。目前，国内已建成的大、中型玻璃厂大多采用防雨堆棚与吊车库相配合来储存块状物，而中小型玻璃厂往往采用露天堆场配置适当的防雨堆棚。

②粉料的储存。各种原料经过破碎筛分加工成合格粉料后送入粉料库储存，以备配料称量使用。粉库按排列形式可分为塔库和排库两种形式，排库又分成单排库和双排库，具体根据玻璃品种、工艺布置而定。

### (3) 原料混合

①混合机。常用的混合机有强制混合机、艾立赫混合机、螺旋锥形混合机、无重力粒子混合机等。

②混合控制系统。混合过程的控制总是与称量和配料控制过程交叉进行，其程序控制过程包括混合机加料、混合、将混好的配合料输送到窑头料仓。从原料进入混合机便开始混料计时，混料时间取决于混合机型，一般为 3~6min。在达到规定混合时间之后，准备排料之前，控制系统先要检查排料口下的输送机械是否做好受料准备，然后决定是否打开阀门，排入混合好的配合料。在混合过程中，为了保持配合料所要求的湿度和温度，要适量加热水或加蒸汽。

③混合机加水。分为定时加水和定量加水两种方式。定时加水因容易受水压等因素影响而造成加水不准确，为了保证加水量的准确性一般多选择定量加水方式。

### (4) 熔化

主体设备为熔窑。平板玻璃熔窑属于横火焰蓄热式池窑，根据各部功能其构造分为玻璃熔制、热源供给、余热回收、排烟供气四大部分。

#### A、玻璃熔制

①熔制部分。熔窑窑体沿长度方向分成熔化部（包括熔化带和澄清带）、冷却部。熔化部是进行配合料熔化和玻璃液澄清、均化的部分，由于采用火焰表面加热的熔化方式，熔化部分为上下两部分，上部称为火焰空间，下部称为窑池。

②加料口。平板玻璃采用正面投料，加料口设在窑炉纵轴的前端，由投料池和上部挡墙（前脸墙）组成。投料池是突出于窑池外面和池窑相通的矩形小池。传统的投料池宽是熔化池宽的 85%左右，投料池的池壁上平面与池窑的上平面相齐，投料池池壁使用的耐火材料与熔化部池壁材料相同。现代平板玻璃熔窑很多已采用与熔化部等宽的加料池，使得料层更薄，并能防止偏料，更避免损坏拐角砖。

③冷却部。是熔化好的玻璃液进一步均化和冷却的部位，也是将玻璃液分配给各成型设备的部位。冷却部应提供纯净、透明、均匀且温度稳定的玻璃液。与熔化部相同，冷却部也为矩形窑池，也分为上部空间与窑池两部分，结构与熔化部大致相同。

④分隔装置。有气体空间分隔装置和玻璃液分隔装置。气体空间分隔装置主要有矮碓、吊矮碓、吊碓等；玻璃液分隔装置有卡脖、冷却水管、窑坎等。

#### B、热源供给



主要设备是小炉和蓄热室。小炉是使燃料和空气预热、混合，组织燃烧的装置，蓄热室是利用耐火材料做蓄热体（称为格子砖）蓄积从窑内排出烟气的部分热量，用来加热进入窑内的空气、煤气。小炉和蓄热室结构随燃料种类不同而不同。目前，平板玻璃熔窑采用重油、天然气和发生炉煤气3种燃料，当采用重油和天然气时小炉和蓄热室的结构形式为箱型结构；而当采用发生炉煤气时，小炉和蓄热室的结构形式为半箱型。

### C、余热回收

包括蓄热室、换热器和余热锅炉（或预热汽包）等。蓄热室和换热器的主要作用是利用烟气余热来加热助燃空气和煤气，提高火焰温度和节省燃料。换热器是利用陶质（耐火）构件或金属管道作传热体，是连续作业。窑内排出的烟气通过传热体将热量不断传给进入窑内的空气、煤气。用陶质构件时只能加热空气。余热锅炉的作用是利用烟气余热加热水使之蒸发为蒸汽，用于加热重油和冬季供暖，也可用于余热发电。

### D、排烟供气

排烟供气系统用于保证熔窑作业连续、正常、有效地进行。它包括交换器、空气烟道（燃煤气时有煤气烟道和中间烟道）、鼓风机、总烟道、排烟泵和烟囱等。交换器是气体换向设备，按照换向程序依次向窑内送入空气、煤气以及由窑内排出烟气，还能调节气体流量和改变气体流动方向。对交换器的要求是换向迅速、操作方便可靠、严密性好、气体流动阻力小以及检修方便。目前，普遍选用跳罩式煤气交换器和水冷闸板式空气交换器。

### （5）成型

锡槽是平板玻璃的关键成型设备，按照流槽形式、主体结构、胸墙结构等可分为多种类型，按照发明厂家可分为以下三种：

- a、PB法锡槽。为英国皮尔金顿玻璃有限公司所发明。该锡槽的进口端为窄流槽形式，主体结构（即槽体）为宽窄型，内衬耐火材料，外壳为钢罩。锡槽的出口端由过渡辊台组成。
- b、LB法锡槽。为美国匹兹堡玻璃公司所发明。该锡槽的进口端为宽流槽形式，主体结构为直通型。同PB型锡槽相同，LB型锡槽内衬为耐火材料，外壳为钢罩，其出口端也为过渡辊台结构。
- c、洛阳浮法锡槽由中国玻璃工作者设计，由于在洛阳试生产成功而得名。这种锡槽结构采用窄流槽、宽窄型主体结构、过渡辊台等。锡槽内衬为耐火材料，外壳为钢罩。

PB法锡槽、LB法锡槽以及洛阳浮法锡槽的根本区别在于进口端结构，主体结构上只是高温段宽度有所差异，低温段等宽，但断面结构却基本相同。同规模的生产线，LB法锡槽比另外两种锡槽略短些，这主要是由于LB法锡槽中摊平段较短，甚至不设此段。

锡槽在操作过程中，根据工艺要求在不同的位置还设置了拉边机、挡边轮、扒渣机、冷却器、保护气体净化循环装置等设备。

### （6）退火

退火窑均采用隧道式辊道退火窑，玻璃带由辊道支承，并随着辊道的转动前进。砖结构退火窑的窑体主要由耐火砖砌筑而成，窑内设置加热、冷却装置，在施工现场砌筑安装。钢结构退火窑的窑体主要由内外两层金属壳体构成，中间填充保温棉。由于钢结构退火窑的密封绝热性能好，热惯性小，操作简单，控制容易，故有取代砖结构退火窑的趋势。但由于这种形式退火窑的造价比砖结构的要高出几倍，若对砖结构退火窑作一些改进，则砖结构退火窑还是有可取之处的。

退火窑辊道是借助于玻璃带与输送辊道面之间的摩擦力把连续玻璃带从锡槽拉引出来，经过渡辊道之后，顺序通过退火窑的各段，由于不同区段的温降控制，使连续玻璃带内应力有控制地逐步降低从而达到退火目的，同时把玻璃带连续输送到该生产线冷端。退火窑辊道由平行排列的辊子、吊挂轴承座、吊挂梁、立柱、斜轴承座、传动轴（也叫通轴）、总传动站组成。此外还包括由传动站带动的退火窑前面的过渡辊台和出退火窑后到横向瓣断为止的一段输送辊道及其传动机构。

### (7) 冷端

①玻璃带（板）的输送设备，如各种输送辊道、皮带、负压吸盘、气垫等输送、分片设备等。

②玻璃带（板）的切裁、册断装置，如紧急横切机、纵切机、横切机、横向册断装置、册边装置、纵向册断和分片装置以及废板的落板装置等。

③各项质量检测装置，如在线应力、板厚、板边位置跟踪检测、点状缺陷检测、打标记以及抽样质量检验装置等。

④为保护优质平板玻璃表面而设置的各种表面保护装置，如为防止发霉而设置的喷涂防霉药液的装置，为防止玻璃表面擦伤的静电铺纸机和喷撒粉装置以及采用气垫输送等。

⑤各种规格型式的玻璃板堆垛装箱设备，如大片、中片以及小片的水平、垂直堆垛机组等。

⑥在支线上或线外的大、中片的改切线，如纵、横向改切切桌，纵、横向册断装置、落板装置及大、中片的可逆堆放取片机等。

⑦为对冷端全线设备进行程序控制的电子计算机集散控制系统等。

一般冷端的切裁册断系统都已实现了机械化和自动化，在质量检测、表面保护、堆垛装箱部分，采用人工、机械化或半自动化来完成。目前平板玻璃生产线冷端的自动化水平都很高，从各种检测、切裁册断、质量分级、表面保护、分片取片到堆垛装箱都是自动进行的，并且实现了在线最佳切裁。

## A.3 典型物料平衡、硫平衡、能源平衡和水平衡分析

### A.3.1 物料平衡

#### (1) 编制要求

——实测的输入和输出物料应按正常的一个生产周期（原料称量、配比、投入到玻璃成品产出）进行逐个工序（配料、熔化、成型、退火、冷端）的查定，而且至少要查连续生产 72 小时的全部物料投入和产品（玻璃液、玻璃带或玻璃成品）及废物的排放数据。

——当审核重点含多个生产工序和单元操作的情况下，应按上述要求实测各个工序和单位操作的输入和输出物料。

——输入、输出物料数据，按单元操作分别统计，然后再汇总各单元操作的输入、输出物流。

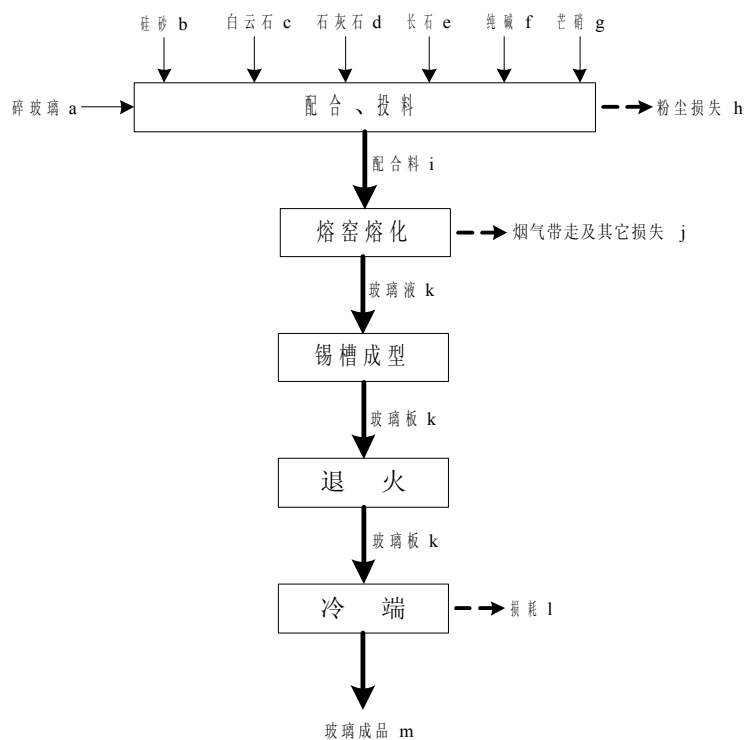
——输入与输出物料的测定应对应相同的生产周期；数据单位要统一，可用小时或日产量进行统计。

——输入、输出物料数据边收集，边作预平衡测算（平衡偏差 5%以内），便于补充完善。

#### (2) 说明

物料损失主要发生在：①原料准备（卸装、混合等）工段。主要是由于各种粉料的卸装入库、堆存、出库以及混合时产生粉尘，散发而损失。②配合料输送、投放工段。主要是配合料在经皮带输送过程中的散落以及在投料口扬尘产生的损失。③熔化过程烟气带走损失。在熔窑熔化过程中发生了各种物理、化学反应，燃烧烟气带走部分原料及反应生成物而造成损失。④冷端作业损失。如在裁切等工序使玻璃原片产生损耗。

平板玻璃主导生产工艺物料平衡见图 A.3。



总物料平衡结果： $a+b+c+d+e+f+g=h+j+l+m$

图 A.3 平板玻璃生产物料平衡示意图（单位：t/h 或 t/d）

### A.3.2 硫元素平衡

#### (1) 编制要求

所有含硫元素的物料（原料、辅料、燃料）都要进行硫元素含量统计；对硫元素输出部位逐个统计，并给出相应的输出量；输入、输出数据一一对应，且单位统一。

#### (2) 说明

硫元素平衡发生在熔化过程中，见图 A.4。硫元素输入主要是来自三个方面：①燃料（重油等）中含硫，与助燃氧气发生反应生成  $\text{SO}_2$ 。②芒硝中含硫，在高温下芒硝分解产生  $\text{SO}_2$ 。③其它原辅料含硫，如煤粉中含硫，与氧气发生反应生成  $\text{SO}_2$ 。硫元素输出表现燃料燃烧的烟气以  $\text{SO}_2$  形式带走的硫元素，其余的保留在玻璃液中。其中，烟气中的  $\text{SO}_2$  部分通过脱硫装置去除，其余的通过烟囱排放。

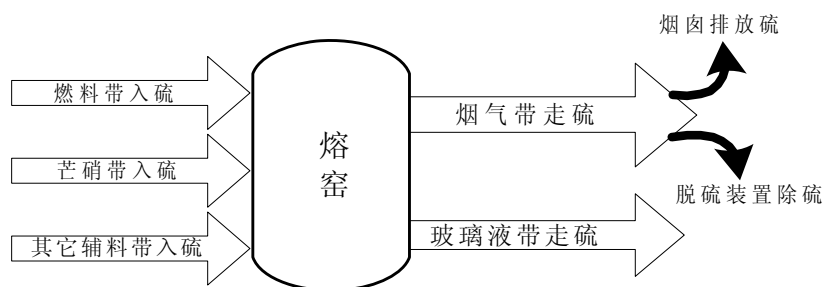


图 A.4 平板玻璃生产硫元素平衡示意图

### A.3.3 能源平衡

#### (1) 编制要求

分工段或工序找出各耗能部位和相应的耗能设备，利用能源计量仪表统计各设备能耗大小，并折成统一的能耗单位，以图表的形式描绘出各部分能耗大小及所占的比例。

#### (2) 说明

能源消耗主要集中在三大热工设备上，即熔窑、锡槽和退火窑。熔窑中，通过燃料燃烧使配合料进行高温加热而形成玻璃液，是主要的耗能部位，能耗大小与燃料燃烧效率、窑体保温等因素直接相关，熔化热耗是一项重要的考核指标。在锡槽成型工段，水冷或风冷装置及锡槽槽壁、耐火材料、槽底间接吸收了玻璃液的热量，使玻璃液热能损耗。退火即玻璃的冷却过程，通过冷却器的冷却作用消耗玻璃热能而使之降温。在锡槽和退火窑中，采用电加热设备消耗电能。此外，大功率耗电设施有破碎机、搅拌机、电加热器、氮氢制备机组、空气压缩机、风机等。

熔窑热平衡情况可参考图 A.5。

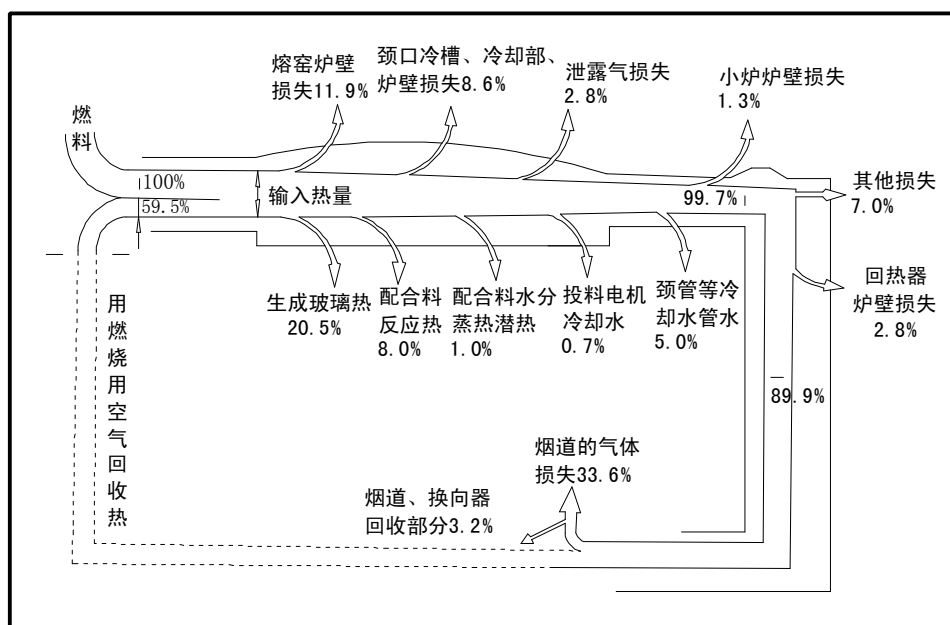


图 A.5 平板玻璃熔窑热平衡示意图

### A.3.4 水平衡

#### (1) 编制要求

- 水量应根据在线计量仪表显示的数据对各相关工序进行查定、统计，进、出数据一一对应。
- 附属配套设施的水量应与主生产线在同一生产周期内进行统计，且不能有遗漏。
- 水量数据单位须统一，可用小时或日产量进行统计。
- 输入、输出物料数据边收集，边作预平衡测算，便于补充完善。

#### (2) 说明

水平衡可参考图 A.6，主要包括以下几个部分内容：①循环冷却水，包括平板玻璃生产线和氮氢站设备间接冷却水，均实现循环使用，补充部分损耗。②余热锅炉用水。用于补充余热锅炉蒸汽损失以及少部分外排水。③清扫用水。主要是车间冲洗用水和油站吹扫用水，废水最终排入污水站处理。④生活用水。废水进入污水站处理。

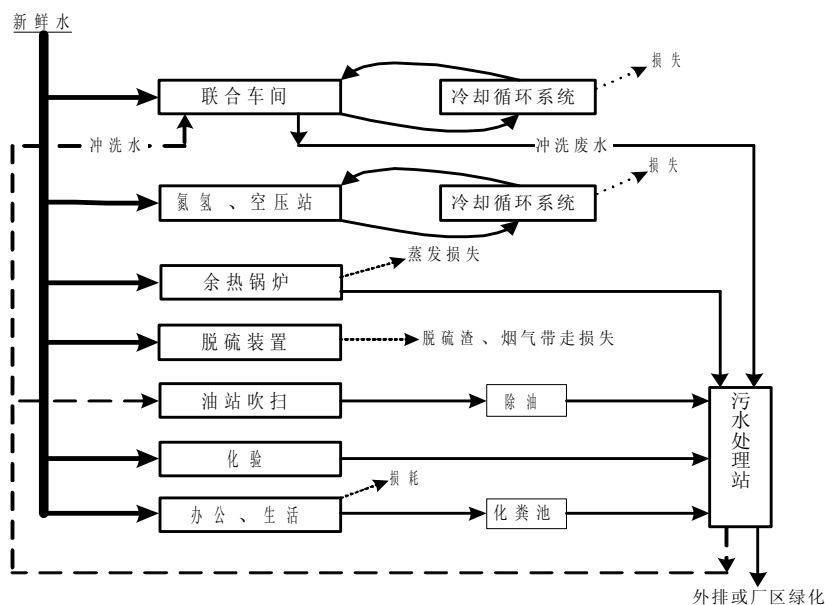


图 A.6 平板玻璃生产水平衡示意图

#### A.4 典型污染物和污染控制技术

主要污染物是废气，其次是废水。

废气来自于原料混合工段的粉尘和熔窑烟气。目前，混合工段采用密闭混合系统，并采用布袋除尘器除尘。原料输送过程采用全封闭的输送带，避免粉尘污染。熔窑烟气中含烟尘、SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>。目前，国内平板玻璃企业大部分采用布袋除尘或电除尘，部分采用双碱法脱硫除尘，或采用干法或半干法脱硫+电除尘技术。对NO<sub>x</sub>的控制，主要是在燃烧过程中控制，如采取空气分级燃烧技术降低NO<sub>x</sub>产生量，还没有安装烟气脱硝装置的平板玻璃企业。

主要废水污染源是锅炉废水、车间冲洗废水、油站吹扫废水及生活污水，个别企业在后加工工段还产生清洗废水。这些废水中主要污染物是COD、SS，油站吹扫废水还同时有石油类，生活污水中还有氨氮。油站吹扫废水经隔油池隔油处理后、生活污水经化粪池处理后和其它废水一起排入污水处理站处理，一般采用“气浮+上浮分离”处理工艺进行处理。主生产线循环水系统及氮氢制备站循环水系统产生的废水只是水温高，未受污染，一般经冷却后循环使用。

平板玻璃行业典型污染物及污染控制技术见表 A.1。

表 A.1 平板玻璃行业典型污染物及污染控制措施

| 污染物类型 |              | 产生工段          | 主要污染物产生浓度   | 治理措施及效率   |
|-------|--------------|---------------|---|---|
| 废气    | 粉尘           | 原料粉碎、筛分、混合、投料 | 400~1000mg/m <sup>3</sup>   | 袋式除尘：95~99%   |
|       | 燃烧烟气         | 熔窑熔化          | 烟尘：100~1000mg/m <sup>3</sup><br>SO <sub>2</sub> ：300~2500mg/m <sup>3</sup><br>NO <sub>x</sub> ：1800~3000mg/m <sup>3</sup> | 湿法脱硫除尘：脱硫90%、除尘80%以上<br>干法/半干法+袋式/电除尘：脱硫80%、除尘95%以上 |
| 废水    | 综合废水（车间冲洗水等） | 各车间           | COD：150~500mg/l   | 二级生化：78%  |
|       | 含油废水         | 油站吹扫          | COD：100~200mg/l<br>石油类：1000~2000mg/l  | 隔油池：80%<br>气浮池：75%                                  |
|       | 冷却水          | 成型、退火、氮氢站等    | 温度高   | 冷却后循环使用   |

|    |           |           |                                   |                       |
|----|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------------|
|    | 生活污水      | 办公楼等      | COD: 200~500mg/l<br>氨氮: 20~80mg/l | 化粪池: 70%<br>二级生化: 78% |
| 固废 | 碎玻璃       | 切裁掰断、检验等  | —                                 | 回收再熔化                 |
|    | 废耐火砖      | 熔化、成型、退火等 | —                                 | 回收利用                  |
|    | 氧化锡、废包装袋等 | 锡槽成型等     | —                                 | 部分回收利用, 其余委托处理        |

**附录 B**  
**（资料性附录）**  
**行业清洁生产方案**

### B.1 典型装置或单元操作清洁生产方案

平板玻璃行业实施清洁生产的主要目的：生产全过程中，最大限度地降低硅砂、纯碱、金属锡等原辅料、燃料（重油、天然气等）、电等的消耗和新鲜水的使用，提高废物（包括废热）的回收利用率，减少烟（粉）尘、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、废水和固体废物（碎玻璃、废耐火材料等）的产生和排放量，从而达到节能、降耗、减污、增效的目的，提高平板玻璃企业清洁生产水平。

#### B.1.1 原料均化

平板玻璃企业大多采用粉料进厂，使厂内均化工作简化了很多，采用专门的均化堆场，其均化效果可使原料成份波动缩小到原来的 1/10~1/15。

#### B.1.2 配合料制备

配合料的制备包括了配合料单的计算和原料的称量、混合、输送等工艺过程。采用计算机辅助计算可大大缩短料单的计算周期，提高计算的精度和可靠性。在原料称量中，遵循量大用大称、量小用小称，一人称量一人复称的原则，可避免称量误差，提高精确度。

原料混合是指多种原料在外力作用下通过运动速度和方向发生变化，使各种原料粒子得以均匀分布的操作。合理控制以下各参数，可有效提高混合效率，保证玻璃生产质量：装料比 30%~50%，放料次序：碎玻璃、硅质原料（加水）、长石、石灰石、白云石、纯碱、芒硝（含煤粉）、澄清剂等，或是碎玻璃、硅质原料（加水）、纯碱、芒硝（含煤粉）、长石、石灰石、白云石等，碎玻璃比例：18%~30%，混合机转速：小于临界转速，混合时间 3~6 min。

配合料输送采用全封闭的皮带输送机输送，适合自动控制，有利于实行系统的连锁联动，避免扬尘。

#### B.1.3 熔窑熔化

熔制过程是通过燃料燃烧，使配合料经高温加热后成为均匀、纯净、透明并符合成型要求的玻璃液的过程，是平板玻璃生产的主要耗能部位。在燃料燃烧方面，可采用采用富氧燃烧、喷氧、富氧空气补给、纯氧燃烧助燃、全部纯氧燃烧等技术，提高燃料燃烧效率，降低废气污染物产生量。同时，改进制度，采用双高峰热负荷操作工艺，提高大配合料区热负荷，减少泡沫区热负荷。

熔窑保温也是一项重大的节能降耗工作，窑体采取全密封、强保温，选用高温绝热保温材料保温，投料口全密封设置，减少热气流外溢和冷风的吸入。

采用烟气余热发电技术，利用余热锅炉回收熔窑烟气余热产生蒸汽发电。熔窑烟气采用氧化镁乳液进行脱硫除尘，可使废气达标排放。

##### （1）烟气余热发电技术

其工作原理是利用余热锅炉回收熔窑烟气余热中的热能，将锅炉给水加热生产出过热蒸汽，然后过热蒸汽送到汽轮机内膨胀做功，将热能转换成机械能，进而带动发电机发电。主要生产设备包括：余热锅炉、汽轮发电机组、凝汽器、减温减压装置、汽轮机旁路系统、回热旁路系统、给水加热装置等。

以某 500t/d 生产线为例，熔窑烟气量 76000Nm<sup>3</sup>/h，初始温度 450℃，排烟温度 160℃，余热利用率可达到 61%，年发电量为 1.37×10<sup>7</sup>kWh（约为玻璃生产线用电量的 60%），年节能 4200~4820t 标煤，减少 CO<sub>2</sub> 排放量 11500~13300t。

##### （2）熔窑富氧燃烧技术

是以氧含量高于 21% 的富氧空气或纯氧代替空气作为助燃气体的一种高效强化燃烧技术，工艺路线

如下：富氧气体收集系统→气体混合系统→富氧调节系统→富氧换向系统→富氧预热系统→气体流量调节分配系统→富氧喷嘴→玻璃熔窑。与传统燃烧技术相比，采用富氧燃烧技术可产生以下效果：

#### ①提高火焰温度，促使燃烧完全

富氧空气参与燃烧后，氮气量相对减少，氧分子可充分地可与可燃物接触，达到完全燃烧。火焰温度随着富氧空气中氧气比例的增加而提高，并加快了辐射、传导、对流三种形式的热传递速率。火焰温度的提高和氧气含量的增加促进燃料充分燃烧，废气中可燃物显著降低，提高了燃料利用率。

#### ②加快燃烧速度，促进燃烧完全

燃料在空气和在纯氧中的燃烧速度相差甚大，如氢气在空气中的燃烧速度最大为 280cm/s，在纯氧中为 1175cm/s，是在空气中的 4.2 倍，天然气则高达 10.7 倍。燃烧速度的提高，导致燃料完全在熔化池内烧净，杜绝了在小炉及蓄热室内继续燃烧的现象。

#### ③降低燃料的燃点温度

燃料的燃点温度不是常数，例如 CO 在普通空气中为 609℃，在氧气中仅为 388℃。用富氧助燃能降低燃料燃点，提高火焰强度、增加热量的释放。

#### ④减少燃烧后的排气量

用普通空气参与燃烧，约 4/5 的氮气不但不参与助燃，还要带走大量的热量。用富氧助燃，氮气量减少，故燃烧后的排气量减少，热损失减少。一般氧浓度每增加 1%，烟气的量约下降 2%~4.5%，从而能提高燃烧效率。从应用的实际情况来看，一般富氧助燃可以减少 1/4~1/5 的排气量。

#### ⑤降低空气过剩系统，节约能源

用富氧代替空气助燃，可适当降低空气过剩系数，这样燃料消耗就相应减少，从而节约能源。从应用的实际情况来看，一般富氧助燃可以节能 3%~5%。

富氧燃烧技术可应用于各种平板玻璃和轻工玻璃窑炉。目前已在国内某平板玻璃厂 500t/d 生产线熔窑上实施，达到了节约燃料、提高质量、增加产量的目的，窑炉寿命也相应延长。

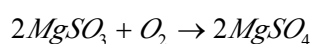
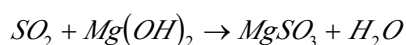
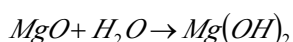
### (3) 全氧燃烧技术

全氧燃烧技术是利用氧气代替空气，在玻璃熔窑内作为助燃介质的新工艺，从而达到节能降耗、减少环境污染的目的。

用空气作玻璃熔窑助燃介质时，有效助燃的仅是空气中 20%左右的氧气，其余 80%左右绝大部分是氮气，氮气不仅不能助燃，反而带走大量的热量，降低熔窑的热效率，而且在高温下 N<sub>2</sub>O 会生成污染环境的 NO<sub>x</sub>。用纯氧代替空气，不仅可提高熔窑的生产能力、改善玻璃质量、提高热效率、降低燃料消耗、降低成本和减少熔窑投资，更可减少污染物的排放。

### (4) 熔窑烟气脱硫除尘专用技术

该技术基本原理是利用 SO<sub>2</sub>在水中有中等的溶解度，溶于水后生成 H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>，然后与碱性物质发生反应，在一定条件下生成稳定的盐，从而脱去烟气中的 SO<sub>2</sub>。常用的脱硫剂有氧化钙、氧化镁、氢氧化钠等。经过技术经济比较，采用氧化镁粉作为脱硫剂效果较好，其脱硫反应机理如下：



烟气中的烟尘，借助于雾滴表面的化学作用，在紊流状态下，尘粒相互碰撞、凝结和凝集而沉降，并被洗涤液带走而使烟气净化。

工艺流程如下：



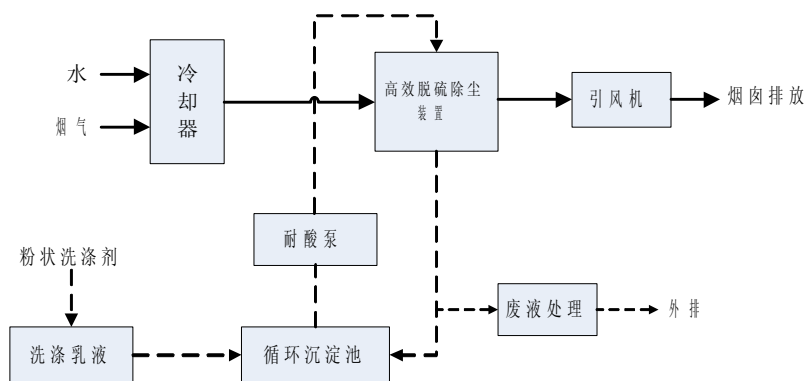


图 B.1 熔窑烟气脱硫工艺流程图

某企业 550t/d 平板玻璃熔窑烟气采用该技术后，验收监测的结果如下：

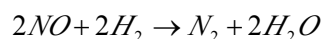
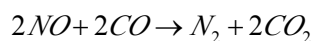
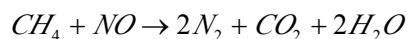
表 B.1 某平板玻璃企业采用该技术后的监测结果

| 项目     | 处理前                    | 处理后                    | 去除效率  | 排放标准                 |
|--------|------------------------|------------------------|-------|----------------------|
| 烟气量    | 77400m <sup>3</sup> /h | 77400m <sup>3</sup> /h | —     | —                    |
| 二氧化硫   | 3000mg/m <sup>3</sup>  | 513mg/m <sup>3</sup>   | 82.9% | 850mg/m <sup>3</sup> |
| 烟尘     | 400mg/m <sup>3</sup>   | 26mg/m <sup>3</sup>    | 93.5% | 200mg/m <sup>3</sup> |
| 林格曼黑度  | —                      | 一级                     | —     | —                    |
| 出口烟气温度 | —                      | 70℃                    | —     | —                    |

此外，应用了该技术后，使用变频调速引风机系统替代了原有的喷射风机系统，每小时节约近 80kWh 的电耗，每年可节约电费 55 万元。

#### (5) 氮氧化物控制技术

①3R 技术：其含义是在蓄热室（Regenerator）里进行反应（Reaction）和还原（Reduction），该技术是由英国皮尔金顿公司开发的，其特点是向蓄热室添加天然气等碳氢燃料，使其与蓄热室废气中的 NO<sub>x</sub> 发生反应而生成对环境无害的氮气和蒸汽，并对这种废气有控制的进行燃烧。由于并不在蓄热室里燃烧，没有过热危险，也不会引起对格子体的烧损，并可使废气在对外排放时不再残存可燃气体。其主要反应式如下：



该技术可同时适用于平板玻璃熔窑和瓶罐玻璃熔窑，具有应用范围广、操作使用方便、不使用化学药品、运行成本低和脱硝效果好等优点。采用该项技术，玻璃熔窑废气中的 NO<sub>x</sub> 生成量可减少 80% 以上。某 700t/d 平板玻璃熔窑采用该项技术以后，废气中的 NO<sub>x</sub> 排放浓度由 2000mg/Nm<sup>3</sup> 降到了 300mg/Nm<sup>3</sup>。

#### ②选择性催化还原法（SCR 法）

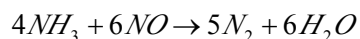
该技术是指在废气处理过程中使用氨水(NH<sub>3</sub>)作还原剂、在特殊的合金催化剂的催化作用下，使 NH<sub>3</sub> 与废气中的 NO<sub>x</sub> 在催化剂表面进行还原反应而生成对环境无害的氮气和蒸汽，其主要反应式如下：



由于采用了特殊的催化剂，该方法可在较低温度下使用，废气处理温度可降至 250~450℃，脱硝效率可达 80%~90%，但运行成本较高。

### ③非选择性催化还原法（SNCR 法）

该技术是指在废气处理过程中使用氨水（ $\text{NH}_3$ ）来将玻璃熔窑废气中的  $\text{NO}_x$  还原，生成对环境无害的氮气和蒸汽，其主要的化学反应式如下：



采用该方法的反应温度较高，最佳反应温度为  $950^\circ\text{C}$  左右，其脱硝效率低于 3R 技术和 SCR 法，但运行成本较低，近年来也有采用尿素取代氨水作还原剂。

#### B.1.4 锡槽成型

锡槽成型是玻璃液在熔融的锡液表面上完成摊平、展薄、抛光、冷却、固型等过程，形成平板玻璃的过程。在锡槽收缩段附近使用锡液深池和挡坎，可控制冷锡液回流，降低能源消耗。锡槽内可使用锡液对流控制器对锡液进行纵向分区温度控制和横向温度调节，满足不同厚度玻璃的温控需要，降低能耗。

#### B.1.5 退火

退火是指熔融玻璃液在锡槽成型后，于退火窑中通过适当控制温度降低速度，将玻璃带中产生的热应力控制在允许的范围内。因此，应加强退火窑保温区壳体保温，合理布置窑内的加热和冷却装置，科学制定玻璃带的退火曲线。加热装置采用位置可调的活动电加热装置，风冷却系统使用变频调速技术取代风门、挡板、阀门的控制方案，可节约电能，保证玻璃板退火质量。

##### （1）退火曲线优化设计

科学制定玻璃带的退火曲线，可大大降低退火窑的运行费用。A 区冷却系统采用顺流工艺，降低 A 区末端玻璃板的冷却速度，使之与 B 区前端玻璃板的冷却速度接近，改善退火曲线的形状及玻璃板的退火质量。B 区板上冷却系统采用热风循环，间接辐射冷却工艺。同时将热风直接冷却区设置成两个不同温度梯度的热风循环区，由于减少了玻璃板与风温之间的温差，可以获得平滑的玻璃温降曲线，降低玻璃的破损率。为适应不同厚度、不同板宽玻璃的退火。退火窑的加热装置采用位置可以调节的活动电加热装置，改善退火的质量。由于采用了先进的退火技术和合理的退火温度制度，节约了能源。保证了玻璃板的退火质量。

##### （2）风冷却系统变频调速技术

目前在变频调速中使用最多的变频调速器是电压型变频调速器，由整流器、滤波系统和逆变器三部分组成。在其工作时首先将三组交流电经桥式整流为直流电，脉动的直流电压经平滑滤波后在微处理器的调控下，用逆变器将直流电再逆变为电压和频率可调的三组交流电源，输出到需要调速的电动机上。电机转速与电源频率成正比，通过变频器可任意改变电源输出频率，从而任意调节电机转速，实现平稳的无级调速。

在退火冷却系统中合理的利用变频技术，通过调整风机的转速来调节退火冷却用风量的大小，避免了过量的冷却风对退火的温度制度的影响，退火的温度曲线更趋向理想。产品的残余应力消除更加彻底，极大地提高了平板玻璃的退火质量，减少玻璃的退火缺陷和切损。由流体力学推算，风机电机的耗电功率与转速近似成立方比的关系。例如：一台风机电机功率为 22 kW，当转速下降到原转速的 4/5 时，其耗电量为 11.264 kW，省电 48.8%；当转速下降到原转速的 1/2 时，其耗电量为 2.75kW，省电 87.5 %。另外，由于冷却系统中风压的降低，风机运行阻力将减小，这样就延长了设备和阀门的使用寿命，节省了设备的维护费用。

#### B.1.6 冷端

采用在线玻璃缺陷自动检测设备，优选切割系统及先进的堆垛设备。

## B.2 行业清洁生产管理方案

建立污染源定期监测制度，安装 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 等污染物在线监测仪器，实行严格监控，并考核达标情况。建立环保设施运行记录，定期检查、及时维修。

定期开展清洁生产审核，全部实施无/低费方案。按照 GB/T24001 的要求建立并运行环境管理体系，建立环境管理手册、程序文件及作业文件、健全环境管理制度健全。

依据《用能单位能源计量器具配备和管理通则》（GB17167）的要求配备能源计量器具并建立能源计量管理制度。定期对生产中单位产品燃料消耗量和用电量进行考核，并把考核指标分解落实到各基层部门，建立用能责任制度。

## B.3 清洁生产方案汇总

平板玻璃行业典型清洁生产方案见表 B.2。

表 B.2 平板玻璃行业清洁生产参考方案

| 方案属性    | 方案名称                | 方案简介  | 方案属性 | 预期效果                          |
|---------|---------------------|---|------|-------------------------------|
| 原辅材料和能源 | 配合料温度的控制            | 在混合机中加入热水或通入蒸汽，做好皮带廊的保温并增设采暖设施，使配合料温度保持在 35℃ 以上，水分粘附更多纯碱，加强助熔效果。  | 无/低费 | 节能                            |
|         | 燃用高热值、清洁能源          | 采用高热值、清洁能源进行燃烧，有条件的采用天然气作为燃料。   | 中/高费 | 节能，降低烟尘、SO <sub>2</sub> 等排放量。 |
|         | 原料均化                | 采用专门的原料均化堆场，缩小原料成份的波动。  | 中/高费 | 节能、降耗                         |
|         | 计划采购                | 有计划地批量采购原辅料并规范化保存   | 无/低费 | 减少购置运输成本及损耗、有效利用贮存空间          |
| 设备设计    | 锡槽槽底冷却风系统采用变频控制     | 采用变频控制系统控制冷却风机的运行状态，风机根据实际使用负荷的变化提供相应的冷却能力。根据锡槽底板设置的温度传感器监测到的温度变化，实时调控变频器的输出频率。   | 无/低费 | 节电                            |
|         | 锡槽槽底采用单台风机冷却        | 在工艺布置允许的条件下，锡槽槽底采用 1 用 1 备的风机进行，避免采用 2 用 1 备或 3 用 1 备的布置方案，以提高风机运行的经济性和可靠性。   | 无/低费 | 节电                            |
|         | 喷嘴直径和送风距离与喷嘴间距的优化组合 | 在锡槽槽底冷却风系统，对根据喷嘴直径(D0)、间距(D)、送风距离(S)三者进行优化组合，使达到最佳的冷却效果和最小的能源消耗。当 D=50~100mm，S=200~250mm，D=500~635mm 时，在进风温度不大于 40℃，喷嘴处余压不小于 500Pa 的情况下，整个锡槽槽底钢板平均温度可降至 120℃ 以下。较小值适用于日熔化量 500t/d 以下锡槽，较大值适用于日熔化量 600~900 t/d 锡槽。 | 无/低费 | 节电                            |
|         | 锡槽孔缝密封              | 在锡槽侧壁的观察孔、操作孔以及侧墙、顶盖砖接缝、裂缝处，用高温密封胶涂于金属片上（如铝片及其它金属），然后直接粘贴于各处。   | 无/低费 | 降低玻璃污染，节能降耗、减排。               |
| 工艺技术    | 熔窑富氧燃烧技术            | 以氧含量高于 21% 的富氧空气或纯氧代替空气作为助燃气体进行强化燃烧，加快燃烧反应速度，提高火焰温度，从而有效提高熔窑热效率，降低玻璃液热耗。  | 中/高费 | 节能、减排                         |
|         | 熔窑鼓泡技术              | 通过在熔窑池底砖上安装鼓泡器（用冷却水冷却），将其插入玻璃液一定深度，选用压缩空气或 N <sub>2</sub> 作为鼓泡介质连续或脉冲式向窑内高温玻璃液鼓入一定压力的气体，气体在高温玻璃液内形成一定直径的泡，以一定的速度冲出  | 中/高费 | 节能降耗                          |

| 方案属性 | 方案名称        | 方案简介   | 方案属性 | 预期效果                         |
|------|-------------|--|------|------------------------------|
|      |             | 玻璃液面，从而引起玻璃液流循环、气体扩散，加快玻璃液的澄清和均化。  |      |                              |
|      | 薄层投料技术      | 料层控制在 80~100mm，投料机运行开度控制在 70~75%，在两投料机之间安装一导料舵，使料堆在窑内均匀分布。                   | 无/低费 | 既保护池壁，又充分利用熔化区面积，提高熔化质量，降低能耗 |
|      | 密闭式循环冷却水系统  | 冷却水在密闭系统中循环使用，不与空气直接接触，不受污染。   | 无/低费 | 节水                           |
|      | 分割法密封锡槽出口端  | 在靠近锡槽出口处设置石墨墙，吊挂在锡槽顶上，下部缺口骑跨在玻璃带上，两端突出部分浸没在锡液中，将锡槽与外部空间分割开。                  | 无/低费 | 降低玻璃污染，节能降耗、减排。              |
| 过程控制 | 熔窑底部采用阶梯式设计 | 熔窑底部采用阶梯式设计，提高玻璃液回流温度，降低能耗。  | 无/低费 | 节能降耗                         |
|      | 采用卡脖深层水包    | 在熔窑卡脖处设置深层水包，阻挡部分澄清带高温玻璃液进入冷却部，而使其在卡脖处提前回流，提高熔窑澄清区温度，延长澄清时间，同时减少冷却部低温玻璃液的回流。 | 无/低费 | 提高玻璃质量，节能降耗                  |
|      | 锡液密封减少氧(硫)化 | 以保护层覆盖玻璃带两侧及出口端的锡液暴露表面，以达到隔绝氧、硫的目的。可用于覆盖锡液的物质有：石墨薄片、矾土、硅藻土等。                 | 无/低费 | 降低玻璃污染，节能降耗、减排。              |
| 产品   | 玻璃裸装        | 采用厂内回收的铁架代替原来一次性使用的木架，对成品进行固定包装，玻璃与铁架之间垫上包裹纸张进行缓冲。                           | 无/低费 | 节省包装材料的消耗                    |
| 废物利用 | 熔窑烟气余热发电    | 利用余热锅炉回收熔窑烟气余热，将锅炉给水加热生产出过热蒸汽，送至汽轮机内膨胀做功，将热能转换成机械能，进而带动发电机发电。                | 中/高费 | 节能、减排                        |
|      | 适当增加碎玻璃用量   | 在合理范围内尽量多使用碎玻璃，提高助熔效果，降低油耗。  | 无/低费 | 减少固废排放，降低能耗，提高经济效益。          |
| 管理   | 建立设备定期维护制度  | 定期检查、维护设备，杜绝原料、水、热能等泄露现象。  | 无/低费 | 节能降耗                         |
|      | 污染物排放监控和考核  | 建立环保设施运行记录和污染源定期监测制度，安装污染物在线监测仪器进行监控，并实施考核。                                  | 无/低费 | 确保污染物稳定、达标排放                 |
|      | 建立消耗定额考核制度  | 制定原材料质检、消耗定额管理制度，安装计量仪表，对能耗及物耗进行严格定量考核。                                      | 无/低费 | 节能降耗                         |
|      | 文件档案受控管理    | 按要求建立能耗统计体系，建立能耗测试数据、能耗计算和考核结果的文件档案，并对文件进行受控管理。                              | 无/低费 | 节能降耗                         |
|      | 污染控制及事故应急   | 对岗位粉尘无组织排放、岗位噪声进行控制，制定污染事故应急程序。  | 无/低费 | 减少污染                         |
|      | 对相关方的环境管理要求 | 要求相关方在生产过程中遵守国家和地方的环境法律法规，定期提供环境保护部门出具的环境行为证明。                               | 无/低费 | 减少污染                         |
| 员工   | 加强绩效考核      | 加强岗位人员的绩效考核，完善各项指标控制。  | 无/低费 | 节能、降耗、节水、减排                  |
|      | 岗位操作定期培训    | 培训内容包括日常操作、启动、停机、维修、非正常条件情况下的应急处理。   | 无/低费 | 节能、降耗、减排                     |
|      | 清洁生产宣传教育    | 对员工进行清洁生产审核的培训、宣传，提高清洁生产意识，从源头控制污染。  | 无/低费 | 节能、降耗、减污、增效                  |

#### B.4 行业清洁生产发展的机会、潜力和趋势

在《清洁生产标准 平板玻璃行业》发布后的这几年来里，我国平板玻璃企业的清洁生产水平有了明显的改善和提高，特别是污染物产生指标，基本达到了三级水平以上。但企业间的水平悬殊较大，小规模生产企业的清洁生产指标仍较差。总体看来，行业清洁生产水平需要整体提升，清洁生产的机会多、潜力大。另外，由于我国大型平板玻璃集团公司越来越多、越来越大，有利于以点带面，使清洁生产的技术与方法在行业中迅速推广。

附录 C  
(资料性附录)  
清洁生产审核工作表

表 C.1 清洁生产审核组成员表

| 姓名 | 审核小组职务 | 来自部门及职务职称 | 专业 | 职责 | 联系方式 |
|----|--------|-----------|----|----|------|
|    |        |           |    |    |      |
|    |        |           |    |    |      |

填表人：\_\_\_\_\_；审核人：\_\_\_\_\_；填表日期：\_\_\_\_\_；第\_\_\_\_\_页共\_\_\_\_\_页

表 C.2 审核工作计划表

| 阶段         | 工作内容 | 时间 | 责任部门及责任人 | 考核部门及考核人 | 产出 |
|------------|------|----|----------|----------|----|
| 1、审核准备     |      |    |          |          |    |
| 2、预审核      |      |    |          |          |    |
| 3、审核       |      |    |          |          |    |
| 4、方案的产生和筛选 |      |    |          |          |    |
| 5、方案的确定    |      |    |          |          |    |
| 6、方案的实施    |      |    |          |          |    |
| 7、持续清洁生产   |      |    |          |          |    |

填表人：\_\_\_\_\_；审核人：\_\_\_\_\_；填表日期：\_\_\_\_\_；第\_\_\_\_\_页共\_\_\_\_\_页

表 C.3 企业基本情况表

|                |  |        |      |
|----------------|--|--------|------|
| 企业名称           |  | 所属行业   |      |
| 企业类型           |  | 法人代表   |      |
| 联系人            |  | 电话及传真  |      |
| 地址及邮政编码        |  |        |      |
| 主要产品、设计产量及实际产量 |  |        |      |
| 主要产品生产工艺概述     |  |        |      |
| 主要生产设备及运行情况概述  |  |        |      |
| 年末职工总数         |  | 技术人员总数 |      |
| 固定资产总值         |  | 企业年总产值 | 年总利税 |
| 建厂日期           |  | 投产日期   |      |
| 其他             |  |        |      |

填表人：\_\_\_\_\_；审核人：\_\_\_\_\_；填表日期：\_\_\_\_\_；第\_\_\_\_\_页共\_\_\_\_\_页

表 C.4 输入物料汇总表

| 项 目               | 物 料 |     |     |       |
|-------------------|-----|-----|-----|-------|
|                   | 物料一 | 物料二 | 物料三 | ..... |
| 物料种类              |     |     |     |       |
| 名称                |     |     |     |       |
| 物料功能 <sup>a</sup> |     |     |     |       |
| 主要成分及特性           |     |     |     |       |
| 形成的主要废物成分及特性      |     |     |     |       |
| 年消耗量              |     |     |     |       |
| 单位价格              |     |     |     |       |
| 年总成本              |     |     |     |       |
| 输送方式 <sup>b</sup> |     |     |     |       |
| 包装方法 <sup>c</sup> |     |     |     |       |
| 储存方法 <sup>d</sup> |     |     |     |       |

|  |                     |  |  |  |
|--|---------------------|--|--|--|
| 内部运输方法 <sup>e</sup>  |                     |  |  |  |
| 库存管理 <sup>f</sup>  |                     |  |  |  |
| 储存期限   |                     |  |  |  |
| 供应商是否回收  | 到储存期限的物料            |  |  |  |
|  | 包装材料管理 <sup>g</sup> |  |  |  |
| 可能的替代物料  |                     |  |  |  |
| 可能选择的供应商   |                     |  |  |  |
| 其他材料   |                     |  |  |  |
| 填表人：_____；审核人：_____；填表日期：_____；第__页 共__页   |                     |  |  |  |
| 注 1：“输入物料”指生产使用所有物料，如硅砂、石灰石、白云石等，其中有些未包含在最终产品中；<br>注 2：按年计量填写。   |                     |  |  |  |
| <p>a “物料功能”指原料、辅料、包装材料等；<br/> b “输送方式”指管线、卡车等；<br/> c “包装方法”指纸袋、罐等；<br/> d “储存方法”指仓库、堆场等；<br/> e “内部运输方法”指泵、叉车、气动运输、输送带等；<br/> f “库存管理”指先进先出或后进先出；<br/> g “包装材料管理”指排放、清洁后重复使用、退回供应商、押金系统等。</p> |                     |  |  |  |

表 C.5 产品汇总表

| 项 目                                      | 产 品 |     |     |     |       |
|--|-----|-----|-----|-----|-------|
|  | 产品一 | 产品二 | 产品三 | 产品四 | ..... |
| 产品种类                                     |     |     |     |     |       |
| 产品名称                                     |     |     |     |     |       |
| 主要原料                                     |     |     |     |     |       |
| 年总产量                                     |     |     |     |     |       |
| 年原料总消耗量                                  |     |     |     |     |       |
| 年生产天数                                    |     |     |     |     |       |
| 产品包装方式                                   |     |     |     |     |       |
| 产品厂内储存方法                                 |     |     |     |     |       |
| 厂内储存期限                                   |     |     |     |     |       |
| 运输方式                                     |     |     |     |     |       |
| 包装是否回收（是/否）                              |     |     |     |     |       |
| 产品储存期限                                   |     |     |     |     |       |
| 备注：                                      |     |     |     |     |       |
| 填表人：_____；审核人：_____；填表日期：_____；第__页 共__页 |     |     |     |     |       |

表 C.6 工艺说明表

|  |   |
|--|---|
| 工艺名称                                     |   |
| 主要设备                                     |   |
| 工艺流程与简介                                  |   |
| 工艺类型                                     | <input type="checkbox"/> 连续生产 <input type="checkbox"/> 间歇生产 <input type="checkbox"/> 批量生产 <input type="checkbox"/> 其他 |
| 可能存在的问题                                  |   |
| 填表人：_____；审核人：_____；填表日期：_____；第__页 共__页 |   |

表 C.7 主要设备情况表

| 类别   | 小类           | 序号 | 设备名称 | 功能 | 设备型号 | 数量 | 出厂年月 | 产地 | 设计能力 | 实际产能 | 年均运行<br>时间/h | 运行状况<br>及存在的<br>主要问题 |
|--|--------------|----|------|----|------|----|------|----|------|------|--------------|----------------------|
| 生产设备   | 产品 C 生产<br>线 |    |      |    |      |    |      |    |      |      |              |                      |
|  |              |    |      |    |      |    |      |    |      |      |              |                      |
|  |              |    |      |    |      |    |      |    |      |      |              |                      |
|  | 产品 B 生产<br>线 |    |      |    |      |    |      |    |      |      |              |                      |
|  |              |    |      |    |      |    |      |    |      |      |              |                      |
|  |              |    |      |    |      |    |      |    |      |      |              |                      |
| .....  |              |    |      |    |      |    |      |    |      |      |              |                      |
| 公用配套<br>设备                                   |              |    |      |    |      |    |      |    |      |      |              |                      |
|  |              |    |      |    |      |    |      |    |      |      |              |                      |
| 填表人：_____；审核人：_____；填表日期：_____；第____页 共____页 |              |    |      |    |      |    |      |    |      |      |              |                      |



表 C.8 企业近三年原辅料和能源消耗表

| 序号  | 原辅料及能源名称 | 产品/车间/工段 | 年     |      |    |    |     | 年     |      |    |    |     | 年     |      |    |    |     | 定额 |
|---|----------|----------|-------|------|----|----|-----|-------|------|----|----|-----|-------|------|----|----|-----|----|
|   |          |          | 产能/产量 | 消耗总量 | 单耗 | 单价 | 总费用 | 产能/产量 | 消耗总量 | 单耗 | 单价 | 总费用 | 产能/产量 | 消耗总量 | 单耗 | 单价 | 总费用 |    |
| 1   |          |          |       |      |    |    |     |       |      |    |    |     |       |      |    |    |     |    |
| 2   |          |          |       |      |    |    |     |       |      |    |    |     |       |      |    |    |     |    |
| 3   |          |          |       |      |    |    |     |       |      |    |    |     |       |      |    |    |     |    |
| ...   |          |          |       |      |    |    |     |       |      |    |    |     |       |      |    |    |     |    |
| 填表人：_____； 审核人：_____； 填表日期：_____； 第____页 共____页 |          |          |       |      |    |    |     |       |      |    |    |     |       |      |    |    |     |    |

表 C.9 企业近三年产品情况表

| 产品名称  | 生产车间 | 产品单位 | 近三年年产量 |   |   | 近三年年产值 |   |   | 占总产值比例 |   |   | 备注 |
|---|------|------|--------|---|---|--------|---|---|--------|---|---|----|
|   |      |      | 年      | 年 | 年 | 年      | 年 | 年 | 年      | 年 | 年 |    |
| 1   |      |      |        |   |   |        |   |   |        |   |   |    |
| 2   |      |      |        |   |   |        |   |   |        |   |   |    |
| 3   |      |      |        |   |   |        |   |   |        |   |   |    |
| .....   |      |      |        |   |   |        |   |   |        |   |   |    |
| 填表人：_____； 审核人：_____； 填表日期：_____； 第____页 共____页 |      |      |        |   |   |        |   |   |        |   |   |    |

表 C.10 主要污染物治理情况表

| 设施名称: _____; 处理废物种类: _____; 建成日期: _____;                      |       |     |      |     |     |      |     |     |        |
|---|-------|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|--------|
| 建设投资: _____万元; 设计处理量: _____; 实际处理量: _____; 年运行费用: _____万元;    |       |     |      |     |     |      |     |     |        |
| 年耗电量: _____千瓦时; 运行天数: _____(天/年) _____(天/月); 监测频率: _____(次/月) |       |     |      |     |     |      |     |     |        |
| 污染物名称   | 实际处理量 |     | 入口浓度 |     |     | 出口浓度 |     |     | 污染物去除量 |
|   | 平均值   | 最大值 | 平均值  | 最高值 | 最低值 | 平均值  | 最高值 | 最低值 |        |
| .....   |       |     |      |     |     |      |     |     |        |
| 处理方法及工艺流程图  |       |     |      |     |     |      |     |     |        |
| 执行的排放标准   |       |     |      |     |     |      |     |     |        |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第__页共__页                 |       |     |      |     |     |      |     |     |        |

表 C.11 企业近三年污染物情况表

| 类别  | 名称 | 年排放量 |   |   | 单位产品排放量 |   |   | 备注 |    |
|---|----|------|---|---|---------|---|---|----|----|
|   |    | 年    | 年 | 年 | 实际排放量   |   |   |    | 定额 |
|   |    |      |   |   | 年       | 年 | 年 |    |    |
| 废水  |    |      |   |   |         |   |   |    |    |
| 废气  |    |      |   |   |         |   |   |    |    |
| 固废  |    |      |   |   |         |   |   |    |    |
| 其他  |    |      |   |   |         |   |   |    |    |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第__页共__页 |    |      |   |   |         |   |   |    |    |

表 C.12 与平板玻璃行业清洁生产标准对比评估表

| 对比项目  | 企业目前情况 | 清洁生产标准 |    |    | 评估结论 |
|---|--------|--------|----|----|------|
|   |        | 一级     | 二级 | 三级 |      |
| 1.单线熔化能力(吨/日)                                 |        |        |    |    |      |
| 2.设计窑龄(年)                                     |        |        |    |    |      |
| 3.综合能耗(kg 标煤/重量箱)                             |        |        |    |    |      |
| .....   |        |        |    |    |      |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第__页共__页 |        |        |    |    |      |

表 C.13 企业废物产生原因分析表

| 主要废物产生源   | 原因分类    |      |    |      |    |      |    |      |
|---|---------|------|----|------|----|------|----|------|
|   | 原辅材料和能源 | 技术工艺 | 设备 | 过程控制 | 产品 | 废物特性 | 管理 | 员工素质 |
| .....   |         |      |    |      |    |      |    |      |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第__页共__页     |         |      |    |      |    |      |    |      |
| 注: 确定每个废物产生源与筛选因素之间的关系, 若有影响, 则打“√”; 若无影响, 则打“—”。 |         |      |    |      |    |      |    |      |

表 C.14 权重总和计分排序法确定审核重点表

| 因素  | 权重值 W (1~10) | 备选审核重点得分 |     |          |     |          |     |
|---|--------------|----------|-----|----------|-----|----------|-----|
|   |              | 备选审核重点一  |     | 备选审核重点一  |     | 备选审核重点一  |     |
|   |              | R (1~10) | R×W | R (1~10) | R×W | R (1~10) | R×W |
| 废物量   | 10           |          |     |          |     |          |     |
| 主要消耗  | 9            |          |     |          |     |          |     |
| 环保费用  | 8            |          |     |          |     |          |     |
| .....   | .....        |          |     |          |     |          |     |
| 总分(∑W×R) 排序                                   |              |          |     |          |     |          |     |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第__页共__页 |              |          |     |          |     |          |     |

表 C.15 清洁生产目标设置汇总表

| 序号   | 项目 | 现状/现值 | 近期目标 |         | 远期目标 |         |
|--|----|-------|------|---------|------|---------|
|  |    |       | 绝对量  | 相对量 (%) | 绝对量  | 相对量 (%) |
| .....  |    |       |      |         |      |         |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第 ____ 页 共 ____ 页 |    |       |      |         |      |         |

表 C.16 明显可行无/低费方案汇总表

| 序号   | 方案名称 | 主要内容 | 预期效果 |
|--|------|------|------|
| .....  |      |      |      |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第 ____ 页 共 ____ 页 |      |      |      |

表 C.17 审核重点单元操作功能说明表

| 单元操作名称   | 功能 |
|--|----|
| .....  |    |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第 ____ 页 共 ____ 页 |    |

表 C.18 审核重点物料实测准备表

| 序号   | 监测位置 | 监测项目及频率 |    |    |    |    |    | 备注 |
|--|------|---------|----|----|----|----|----|----|
|  |      | 项目      | 频率 | 项目 | 频率 | 项目 | 频率 |    |
| .....  |      |         |    |    |    |    |    |    |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第 ____ 页 共 ____ 页 |      |         |    |    |    |    |    |    |

表 C.19 审核重点物料实测数据表

| 序号   | 监测位置 | 取样时间 | 实测结果 |  |  |  | 备注 |
|--|------|------|------|--|--|--|----|
|  |      |      |      |  |  |  |    |
| .....  |      |      |      |  |  |  |    |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第 ____ 页 共 ____ 页 |      |      |      |  |  |  |    |

表 C.20 审核重点物料衡算分析表

| 输入   |    |    | 输出    |    |    |
|--|----|----|-------|----|----|
| 输入物名称  | 单位 | 数量 | 输出物名称 | 单位 | 数量 |
| .....  |    |    |       |    |    |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第 ____ 页 共 ____ 页 |    |    |       |    |    |

表 C.21 审核重点废物产生原因分析表

| 废物名称   | 产生工序 | 问题 | 原因分析 |
|--|------|----|------|
| .....  |      |    |      |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第 ____ 页 共 ____ 页 |      |    |      |

表 C.22 方案汇总表

| 方案类型   | 方案编号 | 方案名称 | 方案简介 | 预计投资/万元 | 预计效果 |             |
|--------|------|------|------|---------|------|-------------|
|        |      |      |      |         | 环境效益 | 经济效益 (万元/年) |
| 原辅料和能源 |      |      |      |         |      |             |
| 技术工艺   |      |      |      |         |      |             |
| 设备     |      |      |      |         |      |             |
| 过程控制   |      |      |      |         |      |             |
| 产品     |      |      |      |         |      |             |
| 废物     |      |      |      |         |      |             |
| 管理     |      |      |      |         |      |             |
| 员工     |      |      |      |         |      |             |

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| 合计                                      |  |  |  |  |  |
| 填表人：_____；审核人：_____；填表日期：_____；第__页共__页 |  |  |  |  |  |

表 C.23 方案权重总和计分排序表

| 权重因素                                    | 权重值<br>(W) | 方案得分 (R=1~10) |     |     |       |
|---|------------|---------------|-----|-----|-------|
|   |            | 方案1           | 方案2 | 方案3 | ..... |
| 环境效益                                    |            |               |     |     |       |
| 经济可行性                                   |            |               |     |     |       |
| 技术可行性                                   |            |               |     |     |       |
| 可实施性                                    |            |               |     |     |       |
| 总分 ( $\sum W \times R$ )                |            |               |     |     |       |
| 排序                                      |            |               |     |     |       |
| 填表人：_____；审核人：_____；填表日期：_____；第__页共__页 |            |               |     |     |       |

表 C.24 无/低费方案实施效果的核定与汇总表

| 方案编号                                    | 方案名称 | 实施时间 | 投资<br>(万元) | 运行费<br>(万元/年) | 经济效益<br>(万元/年) | 环境效益 |
|---|------|------|------------|---------------|----------------|------|
|   |      |      |            |               |                |      |
| .....                                   |      |      |            |               |                |      |
| 小计                                      |      |      |            |               |                |      |
| 填表人：_____；审核人：_____；填表日期：_____；第__页共__页 |      |      |            |               |                |      |

表 C.25 中/高方案经济评估指标汇总表

| 经济评价体系                                  | 方案1: | 方案2: | 方案3: | ..... |
|---|------|------|------|-------|
| 1、总投资费用 (I)                             |      |      |      |       |
| 2、年运行费用总节省金额 (P)                        |      |      |      |       |
| 3、新增设备年折旧费                              |      |      |      |       |
| 4、应税利润                                  |      |      |      |       |
| 5、净利润                                   |      |      |      |       |
| 6、年增加现金流量 (F)                           |      |      |      |       |
| 7、投资偿还期 (N)                             |      |      |      |       |
| 8、净现值 (NPV)                             |      |      |      |       |
| 9、净现值率 (NPVR)                           |      |      |      |       |
| 10、内部收益率 (IRR)                          |      |      |      |       |
| 填表人：_____；审核人：_____；填表日期：_____；第__页共__页 |      |      |      |       |

表 C.26 中/高方案的可行性分析结果汇总表

|   |  |
|---|--|
| 方案名称、类型                                 |  |
| 方案的基本原理                                 |  |
| 方案简述                                    |  |
| 获得何种效益                                  |  |
| 国内外同行业水平                                |  |
| 方案投资                                    |  |
| 影响下列废物                                  |  |
| 影响下列原料和添加剂                              |  |
| 影响下列产品                                  |  |
| 技术评估结果简述                                |  |
| 环境评估结果简述                                |  |
| 经济评估结果简述                                |  |
| 填表人：_____；审核人：_____；填表日期：_____；第__页共__页 |  |

表 C.27 中/高方案实施进度表

方案名称: \_\_\_\_\_

| 编号   | 任务 | 期限 | 时 标 |  |  |  |  |  |  |  | 负责部门和负责人 |
|--|----|----|-----|--|--|--|--|--|--|--|----------|
|  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |          |
|  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |          |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第 _____ 页 共 _____ 页 |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |          |
| 注: (1) “时标”以条形图显示任务的起始日期和期限;<br>(2) 两个任务之间的联系用任务间所画箭头表示。 |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |          |

表 C.28 已实施清洁生产方案实施效果的核定与汇总

| 方案类型   | 方案编号 | 方案名称 | 实施时间 | 投资 | 运行费用 | 经济效益 | 环境效益 |  |  |  |  |
|--|------|------|------|----|------|------|------|--|--|--|--|
|  |      |      |      |    |      |      |      |  |  |  |  |
| 无低费方案  |      |      |      |    |      |      |      |  |  |  |  |
| 小计   |      |      |      |    |      |      |      |  |  |  |  |
| 中高费方案  |      |      |      |    |      |      |      |  |  |  |  |
| 小计   |      |      |      |    |      |      |      |  |  |  |  |
| 合计   |      |      |      |    |      |      |      |  |  |  |  |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第 _____ 页 共 _____ 页 |      |      |      |    |      |      |      |  |  |  |  |

表 C.29 已实施方案实施效果与平板玻璃行业清洁生产标准对比分析表

| 对比项目   | 清洁生产标准 |    |    | 实施前 |    | 实施后 |    | 对比分析 |
|--|--------|----|----|-----|----|-----|----|------|
|  | 一级     | 二级 | 三级 | 指标值 | 级别 | 指标值 | 级别 |      |
| 1.单线熔化能力(吨/日)  |        |    |    |     |    |     |    |      |
| 2.设计窑龄(年)  |        |    |    |     |    |     |    |      |
| 3.综合能耗(kg 标煤/重量箱)  |        |    |    |     |    |     |    |      |
| .....  |        |    |    |     |    |     |    |      |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第 _____ 页 共 _____ 页 |        |    |    |     |    |     |    |      |

表 C.30 拟实施清洁生产方案效果汇总表

| 方案编号 | 方案名称 | 拟实施时间 | 投资 | 运行费用 | 经济效益 | 环境效益 |  |  |  |  |
|------|------|-------|----|------|------|------|--|--|--|--|
|      |      |       |    |      |      |      |  |  |  |  |
|      |      |       |    |      |      |      |  |  |  |  |
| 合计   |      |       |    |      |      |      |  |  |  |  |

表 C.31 方案全部实施后清洁生产目标完成情况表

| 序号   | 项目 | 现状/现值 | 近期目标 |        | 远期目标 |        | 方案全部实施后 | 是否完成目标 |
|--|----|-------|------|--------|------|--------|---------|--------|
|  |    |       | 绝对量  | 相对量(%) | 绝对量  | 相对量(%) |         |        |
|  |    |       |      |        |      |        |         |        |
| .....  |    |       |      |        |      |        |         |        |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第 _____ 页 共 _____ 页 |    |       |      |        |      |        |         |        |

表 C.32 方案全部实施后的效果与平板玻璃行业清洁生产标准对比分析表

| 对比项目   | 清洁生产标准 |    |    | 实施前 |    | 实施后 |    | 对比分析 |
|--|--------|----|----|-----|----|-----|----|------|
|  | 一级     | 二级 | 三级 | 指标值 | 级别 | 指标值 | 级别 |      |
| 1.单线熔化能力(吨/日)  |        |    |    |     |    |     |    |      |
| 2.设计窑龄(年)  |        |    |    |     |    |     |    |      |
| 3.综合能耗(kg 标煤/重量箱)  |        |    |    |     |    |     |    |      |
| .....  |        |    |    |     |    |     |    |      |
| 填表人: _____; 审核人: _____; 填表日期: _____; 第 _____ 页 共 _____ 页 |        |    |    |     |    |     |    |      |

表 C.33 持续清洁生产计划表

| 计划分类                                   | 主要内容 | 开始时间 | 结束时间 | 负责部门 |
|--|------|------|------|------|
| 下一轮清洁生产审核工作计划                          |      |      |      |      |
| 清洁生产组织机构组成                             |      |      |      |      |
| 清洁生产方案的实施计划                            |      |      |      |      |
| 清洁生产新技术的研究与开发计划                        |      |      |      |      |
| 员工清洁生产培训计划                             |      |      |      |      |
| 填表人：_____；审核人：_____；填表日期：_____；第 页 共 页 |      |      |      |      |

附录 D  
(资料性附录)  
清洁生产审核检查清单示例

检查清单应从原辅料和能源、技术工艺、设备、过程控制、产品、废物、管理、员工等方面进行设计，例如：

| 序号 | 项目  | 核查结果 |
|----|---|------|
| 1  | 原辅料包括哪几种？其运输、贮存、使用方式是否满足要求？   |      |
| 2  | 各生产环节是否正常运行？是否存在严重或明显的跑冒滴漏现象？职责是否明确到人？  |      |
| 3  | 熔窑、锡槽、退火窑等主体设备是否正常运行？有无异常情况发生？如何处理？   |      |
| 4  | 熔窑、锡槽、退火窑等主体设备的保温情况如何？  |      |
| 5  | 锡槽、退火窑分别采用何种冷却方式？效果如何？  |      |
| 6  | 熔窑废气余热是否进行利用？作何利用？  |      |
| 7  | 生产过程是否由微机控制？全程自动控制还是部分自动控制？   |      |
| 8  | 平板玻璃产量和质量在国内同行业处于什么水平？  |      |
| 9  | 每公斤玻璃液的熔化热耗多少？每重量箱玻璃的纯碱消耗、锡耗、水耗、电耗、综合能耗各多少？                                       |      |
| 10 | 每重量箱玻璃的废水、COD、SS、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、颗粒物产生量分别是多少？                   |      |
| 11 | 废玻璃回收率多少？废水回用率多少？原料车间粉尘回收利用率多少？其它处理处置方式如何？  |      |
| 12 | 废水产生量和排放量各多少？废水中 COD、BOD <sub>5</sub> 、SS、石油类等浓度各多少？采用何种处理工艺处理？处理后的排放浓度各多少？       |      |
| 13 | 废水污染物排放分别执行什么标准？几级标准？   |      |
| 14 | 粉尘、烟尘、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 产生量和排放量各多少？产生浓度各多少？采取什么措施进行处理？处理后的排放浓度各多少？ |      |
| 15 | 废气污染物排放分别执行什么标准？几级标准？   |      |
| 16 | 是否具有健全的设备维护保养制度？执行情况如何？职责是否明确到人？  |      |
| 17 | 各生产岗位是否有先行有效的操作规程？是否建立了岗位责任制？执行情况如何？是否建立了奖惩制度？                                    |      |
| 18 | 各车间内卫生情况如何？是否定期清扫地面和设备的积尘？  |      |
| 19 | 员工操作技能、个人素质、环保意识如何？   |      |
| 20 | 全员是否有定期的培训机会和清洁生产培训内容？  |      |
| 21 | 是否有技改方案收集、实施、奖励的机制？   |      |

附录 E  
(规范性附录)  
清洁生产审核报告编写大纲

前言

E.1 企业概况

E. 1. 1 企业基本情况

E. 1. 2 组织机构

E.2 审核准备

E. 2. 1 审核小组

E. 2. 2 审核工作计划

E. 2. 3 宣传和教育

E.3 预审核

E. 3. 1 企业生产概况

E. 3. 1. 1 企业概况

E. 3. 1. 2 企业生产现状

E. 3. 1. 3 企业近三年原辅材料和能源消耗

E. 3. 1. 4 主要设备一览表

E. 3. 2 企业环境保护状况

给出企业的环境管理现状，包括环境管理机构人员设置，相关环境管理制度设置和执行情况，企业环境影响评价制度和“三同时”制度等执行状况等；

给出企业污染物种类、产排现状、污染物浓度和总量达标状况，以及污染物治理方式和防控措施等。

E. 3. 3 企业清洁生产水平评估

给出与平板玻璃行业清洁生产标准比较结果，并初步分析产污原因。

E. 3. 4 确定审核重点

E. 3. 5 设置清洁生产目标

E. 3. 6 提出和实施明显易见方案

E.4 审核

E. 4. 1 审核重点概况

E. 4. 1. 1 审核重点概况

E. 4. 1. 2 审核重点工艺流程

E. 4. 2 输入输出物流（能流）的测定

E. 4. 3 物料平衡（包括物料、水、硫元素、能源平衡分析）

E. 4. 4 能耗、物耗以及污染物产排现状原因分析

E.5 方案的产生与筛选

E. 5. 1 方案汇总

E. 5. 1. 1 方案产生

E. 5. 1. 2 方案汇总

E. 5. 2 方案筛选

E. 5. 3 方案研制

E.6 方案的确定

E. 6. 1 技术评估



E. 6. 2 环境评估

E. 6. 3 经济评估

E.7 方案的实施

E. 7. 1 已实施方案评估

E. 7. 1. 1 汇总已实施的无 / 低费方案的成果

E. 7. 1. 2 评价已实施的中 / 高费方案的成果

E. 7. 1. 3 分析总结已实施方案对企业的影响

E. 7. 2 拟实施方案评估

E. 7. 2. 1 汇总拟实施方案计划

E. 7. 2. 2 拟实施方案筹措资金

E. 7. 2. 3 汇总拟实施的无 / 低费方案的成果

E. 7. 2. 4 评价拟实施的中 / 高费方案的成果

E. 7. 2. 5 分析总结拟实施方案对企业的影响

E. 7. 3 全部方案实施后评估

E. 7. 3. 1 汇总全部方案实施后的成果

E. 7. 3. 2 分析总结全部方案实施后对企业的影响

E.8 持续清洁生产

E. 8. 1 建立和完善清洁生产组织

E. 8. 2 建立和完善清洁生产制度

E. 8. 3 持续清洁生产计划

E.9 结论