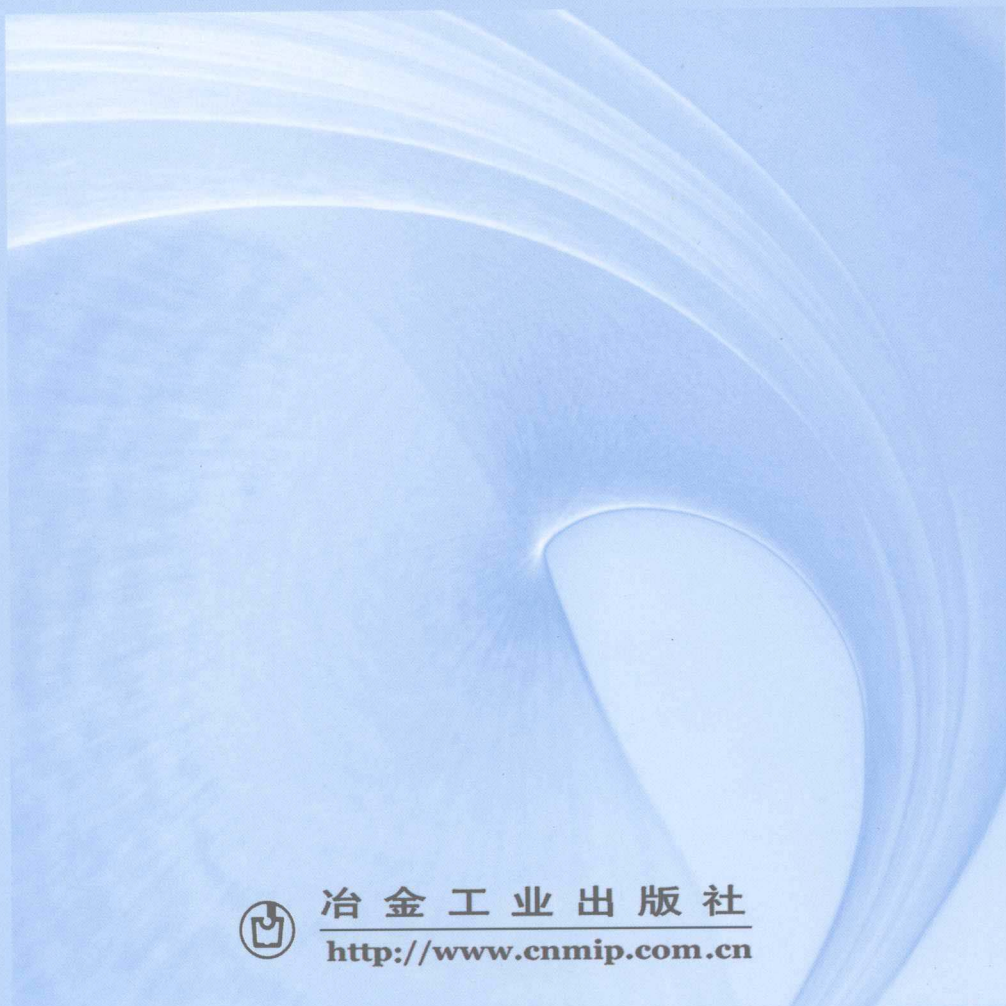


除尘器

CHUCHENQI KETI GANGJIEGOU SHEJI

壳体钢结构设计

赵振奇 潘永来 主编



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

除尘器壳体钢结构设计

赵振奇 潘永来 主编

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2008

内 容 简 介

根据除尘器壳体钢结构设计工作的需要,本书系统地介绍了工业除尘设备壳体钢结构的设计、制作、安装与验收。其主要内容包括:除尘设备壳体钢结构分类、设计原则和前期工作;除尘设备工艺计算,包括原始资料、除尘器规格与主要尺寸和特种规定;骨架式壳体钢结构的形式、材料、荷载、内力分析、结构设计和实例;圆筒式壳体钢结构的形式、术语、规定、材料、结构设计、支座设计、制作、检验与验收。并以静电除尘器为例,重点介绍了除尘设备壳体钢结构设备事故分类、事故分析与处理实例。书后还附有常用的工业气体特性、工业粉尘特性和其他相关资料。

本书可作为工业企业、科研院所从事环境保护专业技术人员的工具书,也可作为高等学校师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

除尘器壳体钢结构设计/赵振奇,潘永来主编. —北京:
冶金工业出版社, 2008. 12
ISBN 978-7-5024-4725-0

I. 除… II. ①赵… ②潘… III. 除尘器—钢结构—
壳体—结构设计 IV. TU834. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008) 第 160533 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 尚海霞 朱华英 美术编辑 李 心 版式设计 张 青

责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4725-0

北京兴华印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2008 年 12 月第 1 版, 2008 年 12 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 18.25 印张; 438 千字; 278 页; 1-3000 册

50.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

编委会成员

主 编 赵振奇 潘永来

副主编 姜凤有 贺儒梁 付祥云

编 委 (以姓氏笔画为序)

丁 红 付祥云 刘仁品 刘振华 李敬之

赵振奇 贺儒梁 姜凤有 潘永来

前 言

《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》提出了“十一五”期间单位国内生产总值能耗降低20%左右，主要污染物排放总量减少10%的约束性指标。《国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知》提出，到2010年，中国万元国内生产总值能耗将由2005年的1.22t标准煤下降到1t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，中国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t减少到2295万t，化学需氧量（COD）由1414万t减少到1273万t；全国城市污水处理率不低于70%，工业固体废物综合利用率达60%以上。这是贯彻落实科学发展观、构建社会主义和谐社会的重大举措；是建设资源节约型、环境友好型社会的必然选择；是推进经济结构调整，转变增长方式的必由之路；是提高人民生活质量，维护中华民族长远利益的必然要求。

中国是一个产钢大国，也是一个用钢大国，还是一个大气污染严重的国家。2006年中国产钢41878万t，折算吨钢能耗645kg标准煤，钢铁工业能耗占全国能耗的15%。依靠法律和科技，积极控制和消除环境污染，保护生态环境，发展循环经济，是中国的基本国策。随着环境保护标准的日趋严格，以长袋低压脉冲除尘器、烟气脱硫反应塔和静电除尘器为代表的除尘脱硫装置大型化已成不争事实，客观上要求我们承担起设计、制造、安装和管理大型工业除尘与脱硫设备的历史任务。

为满足大型工业除尘与脱硫设备结构设计需要，在《工业除尘设备——设计、制作、安装与管理》的编写基础上，专篇扩容，编写了《除尘器壳体钢结构设计》一书。本书内容包括：概论、除尘工艺计算、骨架式除尘器壳体钢结构设计、圆筒式除尘器壳体钢结构设计和除尘器设备事故与处理案例；书后附有必要的参考文献和相关资料。共计5章约44万字。在本书专

业章节中详细阐述了除尘器壳体钢结构的形式、材料、荷载、内力分析、结构设计计算和实例等内容。本书可作为工业企业从事除尘器设计的工程技术人员工作用书，也可作为科研院所和高等学校的参考用书。

本书在编写过程中曾得到许多专家、教授和有关单位的支持与指导。鞍钢劳动卫生研究所高级工程师范成元为本书编写和定稿提出了重要指导意见，在此致谢。

书中若有不妥之处，诚请读者指正。

编著者
2008年10月

目 录

1 概 论	1
1.1 除尘器壳体的分类	1
1.1.1 骨架式结构	1
1.1.2 圆筒式钢结构	1
1.2 除尘器壳体的设计原则	1
1.2.1 满足除尘工艺需要	2
1.2.2 配套组织除尘器壳体钢结构设计	2
1.2.3 适应工厂分体制作、现场组合安装	2
1.2.4 符合安全、职业卫生和环保规定	3
1.3 前期工作	3
1.3.1 调查研究	3
1.3.2 技术经济指标	3
1.3.3 提高技术装备水平	4
1.3.4 全方位满足工艺生产需要	4
2 除尘工艺计算	5
2.1 原始资料	5
2.1.1 工业气体特性	5
2.1.2 工业粉尘特性	6
2.1.3 设备设计委托书	8
2.1.4 实例——150t 氧气转炉烟气除尘设计指标	8
2.2 脉冲袋式除尘器	9
2.2.1 导言	9
2.2.2 形式与参数	9
2.2.3 技术计算	10
2.2.4 附属设施	13
2.2.5 绘制施工图文件	13
2.2.6 编制设计文件	14
2.2.7 实例——高炉出铁场用长袋低压脉冲除尘器	14
2.3 静电除尘器	18
2.3.1 导言	18
2.3.2 形式与参数	19

2.3.3	技术计算	20
2.3.4	决定附属设施的形式与数量	24
2.3.5	绘制施工图	25
2.3.6	编制设计文件	25
2.3.7	实例——发电厂燃煤锅炉静电除尘器	25
2.4	圆筒式脉冲袋式除尘器	31
2.4.1	导言	31
2.4.2	结构	31
2.4.3	技术计算	33
2.4.4	附属设施	35
2.4.5	设计文件	35
2.4.6	实例——500m ³ 高炉煤气脉冲袋式除尘器投标方案	35
2.5	洗涤塔	43
2.5.1	导言	43
2.5.2	结构	43
2.5.3	技术计算	43
2.5.4	绘制结构设计图及荷载资料	48
2.5.5	编制设计文件	48
2.5.6	实例——电站锅炉烟气脱硫前置增湿塔	48
2.6	旋风除尘器	54
2.6.1	导言	54
2.6.2	结构	54
2.6.3	技术计算	55
2.6.4	绘制技术设计图和设计文件	55
2.6.5	实例——砂轮机组用旋风除尘器	56
2.7	文氏管	56
2.7.1	导言	56
2.7.2	形式与参数	57
2.7.3	技术计算	58
2.7.4	热力计算	62
2.7.5	实例——顶吹氧气转炉炼钢用文氏管	67
3	骨架式除尘器壳体钢结构设计	73
3.1	形式	73
3.2	材料	73
3.2.1	钢材	73
3.2.2	焊接材料	74
3.2.3	螺栓连接材料	74
3.2.4	材料规格	74

3.2.5 钢材的强度设计值	74
3.2.6 焊缝的强度设计值	75
3.2.7 螺栓连接的强度设计值	75
3.2.8 钢材的物理性能指标	75
3.2.9 钢材及焊缝强度设计值的温度折减系数 γ_s	76
3.2.10 钢材弹性模量的温度折减系数 β_d	76
3.2.11 折减系数	76
3.3 荷载	76
3.3.1 荷载分类	76
3.3.2 各种荷载组合	77
3.3.3 可变荷载	78
3.3.4 地震荷载 (偶然荷载)	78
3.4 内力分析	79
3.4.1 板	79
3.4.2 加劲肋及梁	80
3.4.3 箱体骨架	80
3.4.4 除尘器支架	80
3.4.5 灰斗内力计算	81
3.5 基本构件计算	84
3.5.1 受弯构件	84
3.5.2 轴心受力构件和拉弯、压弯构件	94
3.6 连接计算	114
3.6.1 焊接连接	114
3.6.2 螺栓连接	118
3.6.3 连接节点处板件的计算	121
3.7 实例	121
3.7.1 侧壁板截面选择 (例 1)	123
3.7.2 顶盖大梁 (例 2)	126
3.7.3 箱体骨架 (例 3)	131
3.7.4 灰斗 (例 4)	134
3.7.5 灰斗梁 (例 5)	141
3.7.6 钢支架柱 (例 6)	145
3.7.7 进、出口喇叭 (例 7)	146
3.7.8 钢支架柱抗震验算 (例 8)	149
4 圆筒式除尘器壳体钢结构设计	152
4.1 概述	152
4.1.1 分类	152
4.1.2 形式	152

4.1.3 适用范围	153
4.2 术语	153
4.2.1 容器	153
4.2.2 压力	154
4.2.3 温度	154
4.2.4 厚度	154
4.3 一般规定	154
4.3.1 设计压力	154
4.3.2 设计温度	155
4.3.3 荷载	155
4.3.4 厚度附加量	155
4.3.5 壳体加工后不包括腐蚀裕量的最小厚度	156
4.3.6 许用应力	156
4.3.7 焊接接头系数	156
4.3.8 压力试验	157
4.4 材料	158
4.4.1 总则	158
4.4.2 钢板	158
4.4.3 钢管	158
4.4.4 锻件	161
4.4.5 螺栓和螺母	162
4.5 结构设计计算	163
4.5.1 受力分析	163
4.5.2 设计荷载	163
4.5.3 圆筒计算	164
4.5.4 封头	174
4.5.5 锥壳	179
4.5.6 开孔与补强	181
4.5.7 平盖	183
4.5.8 附件	191
4.5.9 安全附件	195
4.5.10 焊接结构	200
4.6 设备支座设计	200
4.6.1 导言	200
4.6.2 固定支座	201
4.6.3 活动支座	222
4.6.4 实例——耳式支座设计	224
4.7 制造、检验与验收	225
4.7.1 总则	225

4.7.2 制造	227
4.7.3 检验	234
4.7.4 验收	234
4.8 实例	235
4.8.1 增湿塔	235
4.8.2 高炉煤气圆筒式脉冲袋式除尘器	237
4.8.3 储气罐	242
5 除尘器设备事故与处理案例	246
5.1 除尘器设备事故	246
5.1.1 事故分类	246
5.1.2 案例	246
5.1.3 设备事故处理预案	249
5.2 静电除尘器顶盖大梁下挠案	251
5.2.1 概述	251
5.2.2 事故原因分析	251
5.2.3 事故处理对策	251
5.3 静电除尘器出口喇叭管吸瘪案	252
5.3.1 概述	252
5.3.2 事故原因分析	253
5.3.3 事故处理对策	253
5.3.4 加固杆件验算	253
5.4 静电除尘器灰斗坠落案	255
5.4.1 概述	255
5.4.2 事故原因分析	256
5.4.3 事故处理对策	256
附 录	257
附录1 气体的热物理特性	257
附录2 压力为101.3kPa时空气的质量、体积、水蒸气压力和含湿量	258
附录3 压力为101.3kPa时混合气体的饱和含湿量及湿度修正系数	260
附录4 工业粉尘爆炸极限	263
附录5 可燃气体与空气混合物的着火温度及其范围	264
附录6 全国月平均最低气温不高于-20℃和-10℃的地区	265
附录7 《GB 150 钢制压力容器》附录J	266
参考文献	277

1 概 论

1.1 除尘器壳体的分类

除尘器壳体是除尘器的重要组成结构，它构架了除尘工艺流程与空间的主体，是组织与完成工业气体除尘净化的主要构件之一。按除尘工艺的需要，除尘器主体结构形式可分为骨架式和圆筒式。少数板式构件多从属于骨架式结构，作为围护结构存在。除尘器壳体结构多数以钢结构为主，少数为钢筋混凝土结构或混合结构。

1.1.1 骨架式结构

随着环境保护法规的日益严格和环境保护标准的提升，工业除尘装置日趋大型化，多以户外型存在。以箱形结构为除尘空间的除尘器壳体多为骨架式钢结构。除尘器壳体不仅要形成高效除尘功能，还要具有先进的承载结构与安全经济的运行条件。如：长袋低压脉冲除尘器、分室反吹袋式除尘器、卧式静电除尘器，都是典型的骨架式钢结构。

骨架式钢结构多由柱、梁、板、支撑、围护结构和支座（架）等组成，除尘工艺装置的荷载分布与体系科学分解，由梁与柱传递至设备基础。骨架式钢结构要保证壳体钢结构的强度与稳定性，支持除尘工艺装置完成气体除尘与净化功能，承担除尘器支承、安装和安全防护。

1.1.2 圆筒式钢结构

基于除尘机理、结构科学和运行安全的需要，特别是具有爆炸性威胁的气体除尘与净化，依其力学特性的优越性，多采用圆筒式钢结构，并以户外型为主。如：吹氧平炉、吹氧转炉烟气除尘用干式静电除尘器；高炉煤气除尘用湿式静电除尘器和圆筒式脉冲袋式除尘器；焦炉煤气、沥青烟气净化用电捕焦油器；化工气体、高温烟气除尘与净化用洗涤塔或冷却塔；烟气脱硫与除尘、静电除尘器用于烟气调质预处理的增湿塔；此外，旋风除尘器、水膜除尘器等，都是典型的圆筒式钢结构。

圆筒式钢结构多由圆筒式筒身、封头、灰斗、进出口、支架（座）和超压泄放设施等组成。在保证除尘器在有爆炸性威胁的工况下，圆筒式钢结构要支持除尘器安全地完成工业气体除尘与净化功能，承担除尘器的支承和安装与安全防护。

1.2 除尘器壳体的设计原则

除尘器壳体钢结构设计隶属与服务于除尘工艺的结构设计，主要设计原则如下所述。

1.2.1 满足除尘工艺需要

除尘器壳体钢结构设计, 首先应满足除尘工艺的需要。包括: 除尘工艺流程与设施, 荷载分布与特性, 运行管理, 安全防护设施, 保温与涂装。

(1) 采用科学先进的除尘工艺与设施。瞄准国内外先进水平, 结合工业除尘与净化工程的实际工况, 优选科学先进的除尘工艺与方法, 设计合理的烟气除尘与净化流程, 配套相应的除尘与净化设施。

(2) 科学分析除尘器的荷载分布与特性。科学分析除尘设备的荷载分布与特性, 采用相适应的主体结构和附属设施, 做到技术先进、结构优化、设计合理、经济适用、防护可靠。

(3) 建立与健全符合除尘器运行管理的法规。建立与健全除尘器运行管理的法规, 是保证工业除尘与净化装置科学运行, 谋取最佳除尘效能的组织保证措施, 至少应当包括除尘器操作说明书、运行管理规程、检修规程、安全操作规程和重大设备事故预案。

(4) 同步配设安全防护设施。贯彻“安全第一、预防为主”的方针, 按职业安全与卫生防护的需要, 相应设计与安装人孔、操作平台、走台、护栏和防爆设施, 科学组织安全生产, 提升设备完好率, 保证除尘器安全运行。

(5) 做好设备保温与涂装。按除尘器设计要求, 在除尘器试验(试压)合格后, 及时做好设备保温与涂装, 降低热损失, 防止设备腐蚀, 保证除尘器按额定技术条件组织运行。

1.2.2 配套组织除尘器壳体钢结构设计

除尘器壳体钢结构设计尽量采用先进技术, 力求结构新颖、造型艺术、设计规范、经济适用、安全可靠; 壳体内部除尘工艺设施另行配套设计。

(1) 科学确定除尘器设计参数。应按除尘器设计参数确定科学先进的除尘工艺, 优化除尘设施烟气流程和构造尺寸。

(2) 科学组织除尘器壳体钢结构设计。按除尘器荷载分布与特性, 建立除尘器荷载体系, 科学设计除尘器结构尺寸、支承形式与外形尺寸; 进一步组织除尘器壳体钢结构设计和安全性校核。

(3) 同步配套附属设施。按除尘器安装与检修的需要, 设计必要的设备支架、人孔、平台、护栏、超压泄放装置和其他附属设施。

1.2.3 适应工厂分体制作、现场组合安装

为了适应工厂分体制作、现场组合安装, 设计时需要:

(1) 制订除尘器分体制作、现场组合安装方案。按除尘器壳体钢结构形式和钢结构制作、安装能力, 设计时应科学规划工厂分体制作、现场组合安装方案。

(2) 符合除尘器分体制作、现场组合安装要求。除尘器壳体钢结构设计时, 应做到分体灵活、组合方便, 预设必要的吊装设施, 推荐必要的防止钢构件变形的技术措施和组织措施。

(3) 保证钢构件分体制作时运输不超限。除尘器钢结构设计时, 还应满足钢构件分

体时运输不超长、不超宽、不超高、不超重，推荐必要的钢构件再分解与复原措施。

1.2.4 符合安全、职业卫生和环保规定

在设计时，还要符合安全、职业卫生和环保规定。

(1) 安全生产。优化方案，正确处理主体与配套的关系，同步设计与安装走台、扶梯、栏杆及其他安全防护设施，保证安全生产。

(2) 职业卫生。坚持工业企业设计卫生标准，严格按职业危害因素接触限值规定，采取工艺合理、技术先进、运行可靠的技术组织措施，建立职业健康的劳动条件，保护劳动者健康。

(3) 环境保护。严格环境保护标准，运行过程产生的有害因素及其废弃物，不再二次污染环境，且符合循环经济运行准则。

1.3 前期工作

1.3.1 调查研究

除尘器设计前，必须做好科技查新和现场调研等前期工作，保证除尘器技术特性与粉尘特性相适应。

1.3.1.1 科技查新

科技查新应当重点明确以下几个方面：

- (1) 除尘器的主要除尘方法、形式及技术经济指标；
- (2) 工业应用信息及代表性论文；
- (3) 专利分布及知识产权保护；
- (4) 存在问题及攻关方向。

1.3.1.2 现场调研

除尘器设计前，必须深入现场，做好原始资料调研，主要内容包括：

- (1) 粉（烟）尘种类、产生过程及数量；
- (2) 粉（烟）尘特性，包括粉（烟）尘密度、化学成分、安息角、粒度分布、含水率、电阻率及爆炸性等；
- (3) 气体处理量、压力、温度、湿度、成分、爆炸性等；
- (4) 粉（烟）尘回收利用方向。

1.3.2 技术经济指标

除尘器设计采用的主要技术经济指标应当力求先进、可靠、经济、安全，杜绝技术上的高指标与浮夸风。

除尘器设计采用的主要技术经济指标，如袋式除尘器的过滤速度（ m/min ）、静电除尘器的电场风速（ m/s ）和驱进速度（ m/s ）、冲激除尘器的S板负荷（ $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$ ）、文氏管的喉口速度（ m/s ）、洗涤塔的上升速度（ m/s ）、壳体钢结构的强度（ MPa ）与稳定性等，一定要有实用或中试基础，不能任意提高设计指标，影响设备设计质量。

1.3.3 提高技术装备水平

广泛吸收风洞技术、计算机技术、控制技术、纺织技术和水技术等相关学科成果,嫁接与改造除尘器的设计、制造、安装、运行与服务,提高工业除尘器技术装备水平。

1.3.3.1 实验技术

应用风洞技术和计算机仿真技术,嫁接与模拟实验技术,研究除尘器内部气体运动规律,优化除尘器结构设计及其在复杂边界条件下计算机仿真技术与环境影响评价。

1.3.3.2 控制技术

应用计算机技术与自动控制技术,实施除尘器的远程控制与自动控制,实现无接触安全作业。

1.3.3.3 过滤技术

应用纺织技术,研发新型过滤材料,拓宽过滤材料品种和功能,提升气体过滤除尘功能,实现袋式除尘器在高温、高湿、高浓度、高腐蚀性和高风量工况下的广泛应用。

1.3.3.4 预处理技术

应用水技术,嫁接工业除尘技术,发展工业气体脱硫除尘的前处理和湿法除尘新方法、新工艺。

1.3.4 全方位满足工艺生产需要

工业除尘器的设计与应用一定要全方位服从于、服务于工艺生产;以工艺需要为中心,研发具有自主知识产权的工业除尘器,建立工业除尘器运行体系,满足生产过程工业除尘和工业炉窑烟气除尘的需要。

(1) 满足生产工艺需要。根据生产工艺需要科学确定其除尘工艺与方法,是除尘器设计的第一要素。要根据生产工艺流程和作业制度,确定除尘工艺流程和除尘器运行制度;要根据生产工艺过程产生的工业气体成分、温度、湿度、烟尘浓度、烟尘成分和烟气流量,确定除尘器的主要参数和装备规模;要根据生产工艺过程的有害物种类和数量,确定烟尘的回收与利用方案。

(2) 满足生产工艺除尘需要。把握生产工艺特点,科学确定其进气方式和最佳排气(处理)量,是除尘器设计的重要原则之一。只有把握生产工艺特点,抓住烟气除尘的主要矛盾,才能科学确定除尘工艺方法,合理确定烟气最佳处理量,正确确定除尘器的装备规模,获得最佳除尘效能,实现烟气除尘与生产工艺的统一。

(3) 满足生产工艺操作需要。围绕生产工艺操作,把除尘器的设计、安装与运行融入生产工艺运行过程之中,科学配置远程控制系统和检测系统,做到既保持除尘器的功能,又不妨碍生产工艺操作与维修,这样除尘器才能正常发挥作用;否则,除尘器的使用寿命将缩短。

(4) 满足安全生产、职业卫生和环境保护需要。除尘器既要在生产过程发挥除尘功能,还应按《工业企业设计卫生标准》、《工作场所有害因素职业接触限值》和相关环境保护排放标准的规定,设计与配备安全、职业卫生和环保的相关设施。保证在复杂的生产工艺条件下,除尘器具有防火、防爆和自身保护的功能,配有安全预警设施,除尘效能符合职业卫生标准和环保排放标准的规定。

2 除尘工艺计算

2.1 原始资料

2.1.1 工业气体特性

原始气体参数是科学选择工业除尘工艺和方法、合理确定工业除尘与净化装置规模、预测除尘效率、组织粉（烟）尘回收与利用、控制污染、保护环境、发展循环经济的重要依据之一。

工业气体特性一般以额定生产工艺状态为准。气体特性应以实测指标或相似（近）工艺的类比指标为依据，至少应当包括气体成分、气体密度、气体温度、气体湿度和气体流量。

2.1.1.1 气体成分

气体成分测量一般用双联球取样，用吸收法分析，用奥氏气体分析仪检测结果。通常以 CO_2 、 O_2 、 CO 为基本成分（%），余量为 N_2 （%）；有特殊需要时，按指定成分专项分析其中的化学成分（%或 mg/m^3 ）。也可按相似生产工艺提供类比性指标。

2.1.1.2 气体密度

可按气体成分分析结果计算确定混合气体的标况密度和工况密度。

(1) 气体标况密度。

$$\rho_0 = \sum(\rho_{0n}\varphi_{0n}) \quad (2-1)$$

式中 ρ_0 ——气体标况密度， kg/m^3 ；

ρ_{0n} ——气体组分的标况密度， kg/m^3 ，常见气体的密度见表 2-1；

φ_{0n} ——气体组分的体积分数，%；

Σ ——代数和。

表 2-1 常见气体的密度（压力为 101.3kPa，温度为 0℃）

项 目	空 气	二氧化碳	氧	一氧化碳	二氧化硫	氮	水蒸气
分子式		CO_2	O_2	CO	SO_2	N_2	H_2O
相对分子质量	28.95	44.01	32	28.01	64.07	28.02	18
密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	1.293	1.976	1.429	1.250	2.927	1.251	0.804

(2) 气体工况密度。

$$\rho_t = (\rho_0 + d) \cdot \frac{273}{273 + t} \cdot \frac{B + P_j}{101.3} \cdot \frac{0.804}{0.804 + d} \quad (2-2)$$

式中 ρ_t ——混合气体工况密度， kg/m^3 ；

ρ_0 ——混合气体标况密度, kg/m^3 ;

t ——混合气体温度, $^{\circ}\text{C}$;

B ——当地实际大气压, kPa , 标况 $B_0 = 101.3\text{kPa}$;

P_j ——容器内气体静压, kPa ;

d ——混合气体中水蒸气的质量浓度, kg/m^3 。

2.1.1.3 气体温度

用温度计实测, 以 $^{\circ}\text{C}$ 为计量单位。

2.1.1.4 气体湿度

按工业气体实际工况确定气体绝对湿度和相对湿度。

绝对湿度为工业气体在标况下气体中的水蒸气实测值, 以 g/m^3 为计量单位; 相对湿度为工业气体在工况温度下水蒸气含量与同一温度下气体饱和含湿量的比值, 以%为计量单位。

2.1.1.5 气体流量

单位时间内气体流动的容积数称为气体流量。气体流量常用皮托管法测试或以工艺法计算确定, 以 m^3/h 为计量单位。

2.1.2 工业粉尘特性

工业粉尘特性主要指工业粉尘的理化指标。立足工业除尘与净化的需要, 工业粉尘特性至少应当包括下列内容:

(1) 粉尘密度。单位体积粉尘的质量称为粉尘密度。粉尘密度分为粉尘真密度和粉尘堆密度。粉尘真密度多用于确定工业除尘过程中的粉尘沉降、磨蚀和粉尘回收量的回收与利用的计算; 粉尘堆密度多用于灰斗容积设计和粉尘输送工艺设计, 常以 t/m^3 为计量单位。

(2) 粉尘粒度分布。粉尘颗粒线性长度的大小称为粒度。不同粒级的粉尘颗粒分布比例称为粉尘粒度分布。环境工程多用沉降法检测粉尘粒度分数, 以粒度分布质量分数(%)来计量, 可用于分析与讨论各类除尘器对不同粒级粉尘的除尘与净化特性。

(3) 粉尘质量浓度。单位体积气体中含有粉尘的质量称为粉尘质量浓度。常以 mg/m^3 或 g/m^3 为计量单位。

(4) 粉尘电阻率。单位厚度粉尘层具有的电阻值称为粉尘电阻率。常用高阻计检测, 以 $\Omega \cdot \text{cm}$ 为计量单位, 粉尘电阻率作为选用静电除尘器的重要依据之一。

(5) 粉尘安息角。在自然状态下粉尘堆积而形成的角度称为粉尘安息角。按检测方法的不同, 粉尘安息角可分为静安息角和动安息角。常用几何法测试的为静安息角, 以($^{\circ}$)为计量单位。

(6) 粉尘含水率。单位质量粉尘中含有水的质量分数称为粉尘含水率。常用重量法检测, 以%为计量单位。

(7) 化学成分。按生产过程物料的物理化学反应产物为依据, 化学法检测, 重点分析产品的代表性成分(如: TFe 及其氧化物)、有害成分(如: SiO_2 、Pb、Cr 等)、有回收利用价值成分(如: Ni、W、Zn 等)和其他需要分析的化学成分。

其他项目, 按实际需要约定。