

● 高等职业技术教育教材

新型干法水泥辅助机械设备

Xinxing Ganfa Shuini Fuzhu Jixie Shebei

赵海晋 农 荣 主编

武汉理工大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍除尘设备、机械输送设备、气力输送设备、给料设备、计量设备、包装与散装设备等新型干法水泥生产中常见的辅助机械设备。既注重设备基本工作原理、结构,又注意结合生产选用、实际操作、维修维护等。引用了最新国家标准,采用了国际计量单位。全书图表简明实用,便于读者学习。

本书除用于高等职业院校无机非金属材料、材料工程技术等材料类专业的教材外,还可供相关新型干法水泥生产企业、培训机构的技术人员、岗位操作员、培训教师等用作参考书。

图书在版编目(CIP)数据

新型干法水泥辅助机械设备/赵海晋,农荣主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2009.7
ISBN 978-7-5629-2932-1

I. 新…

II. ①赵… ②农…

III. 水泥-干法-化工设备

IV. TQ172.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 103912 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn>(理工图书网)

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:12.5

字 数:320 千字

版 次:2009 年 7 月第 1 版

印 次:2009 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向武汉理工大学出版社发行部调换。

本社购书与服务热线:(027)87394412 87384412 87384729

版权所有,盗版必究。

出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》的精神,落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部“要加强学生实践能力、技术运用能力的培养,充分反映新兴技术、新兴产业对技能培养的要求,满足经济结构战略性调整、技术结构优化升级和高科技产业迅猛发展对人才培养的要求”的职业技术教育培养目标,建材行业职业教育教学指导委员会组织有关院校的专家、教师就《硅酸盐工艺及工业控制专业》和《建筑与工程材料专业》的课程开发进行了认真的行业调研、深入细致的改革方案论证及课程大纲审定工作。武汉理工大学出版社根据教育部对职业技术教育教材“要逐步建立以能力培养为基础的、特色鲜明的专业教材和实训指导教材”的教材建设要求,组织全国近 30 所院校和企业单位的专家、教师编写了职业技术教育《硅酸盐工艺及工业控制专业》和《建筑与工程材料专业》国家规划教材。

职业技术教育《硅酸盐工艺及工业控制专业》和《建筑与工程材料专业》国家规划教材开发的理念是,突破传统职业教育的课程体系,突破传统行业以产品定位专业的界限,立足以材料生产工艺的共性、以相关学科和产业的衔接为教材开发目标;注重推广行业产品的国家标准,注重现代教育技术的开发和使用;突出职业技术教育能力本位的教育观念,以知识和能力单元为基本模块组织教材开发,使教材内容可以根据高等职业技术教育和中等职业技术教育的教学目标进行教学基本模块的组合;部分教材的开发,结合行业岗位培训、职业(岗位)资格的鉴定规范组织编写,可以作为企业岗位培训、职业资格鉴定的培训教材。

建材行业职业技术教育国家规划教材的出版,对于行业人力资源开发与提高行业从业人员的素质,必将起到积极的促进作用。但是,随着我国加入 WTO 和现代企业制度的逐步建立与完善,产业技术进步和技术岗位重组力度的加大,职业技术教育国家规划教材的不断更新与完善将是我们今后的一个长期工作。因此,我们殷切地希望广大读者在使用本教材的过程中,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

武汉理工大学出版社

前 言

近 30 年来,我国水泥工业特别是新型干法水泥得到了快速发展。不仅水泥产量稳居世界第一,而且水泥的生产技术及实物质量也与世界先进水平接近。新型干法水泥企业均选用了先进的生产设备,并实现了成套设备向世界其他国家和地区的出口。在辅助机械设备方面,通过科技人员、制造企业等的不懈努力,也取得了大的突破,如大型的电除尘器、袋式除尘器、斗式提升机及先进的转子秤等设备,已基本实现国产化。同时,企业对适应新型干法水泥技术的岗位技术人员的需求大大增加,促进了教育及培训机构的工作。

一直以来,武汉理工大学出版社出版的《水泥生产辅助机械设备》一书,为材料类(水泥方向)专业学生的专业学习及职业培训作出了贡献。为适应水泥工业的新变化,按照实用、适用、先进、可靠的原则,在上述该书的基础上,重新进行了编排,进行了必要的修改和补充,采用了最新的国家标准,在保留最常用设备的同时,增加了有关新型除尘器、计量设备和输送设备的种类,除了简要地介绍设备原理、结构外,还重点在设备维护和操作方面增加了篇幅,以适应教育、教学、培训和职业岗位的需要。本书参考了近几年国内专家学者编写的最新资料、著作,也吸收了设备研究及制造企业的一些成果。从实际出发,阐述了辅助机械设备的应用过程必需的原理、组成结构及维护维修操作要点,便于读者在掌握基本理论的同时,更多地获得实用技术要领。

本书由山西综合职业技术学院赵海晋(编写第 1 章、第 2 章机械输送设备部分)、广西理工大学农荣(编写第 5 章)担任主编。参加编写的有山西综合职业技术学院高建荣(编写第 2 章气力输送设备部分和第 3 章)、广西理工大学黄宁康(编写第 4 章)。全书由唐山学院彭宝利主审。

本书在编写过程中,得到了有关专家和同行的指导和热情帮助。武汉理工大学、绵阳职业技术学院、广西理工大学、昆明冶金高等专科学校等多位老师,在本书编写的内容选择、章节安排等方面提出了建设性意见。在此,一并表示真诚的感谢!

由于水平有限,本书难免有不足之处,恳请读者批评指正,以期在今后的编写中得到提高。

编者

2009. 3. 15

目 录

1 除尘设备	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 粉尘的危害	(1)
1.1.2 水泥制备系统各尘源点及粉尘排放浓度	(2)
1.1.3 水泥工业污染物排放标准	(3)
1.1.4 除尘效率	(5)
1.1.5 除尘设备的分类	(6)
1.2 旋风除尘器	(7)
1.2.1 构造及原理	(7)
1.2.2 类型及特点	(7)
1.2.3 旋风除尘器应用	(12)
1.2.4 旋风除尘器的操作与维护	(15)
1.2.5 常见故障、原因及排除方法	(16)
1.3 袋式除尘器	(17)
1.3.1 粉尘的过滤原理	(17)
1.3.2 袋式除尘器的主要优、缺点	(17)
1.3.3 袋式除尘器的类型与构造	(18)
1.3.4 滤袋与清灰方式	(24)
1.3.5 影响袋式除尘器除尘效率的因素	(26)
1.3.6 袋式除尘器的应用、操作及维护	(26)
1.3.7 常见故障的原因及排除措施	(30)
1.4 电除尘器	(32)
1.4.1 构造	(32)
1.4.2 电除尘器的类型	(34)
1.4.3 影响电除尘器除尘效率的主要因素	(34)
1.4.4 电除尘器的使用、操作及维护	(36)
1.4.5 常见故障现象、故障原因及处理方法	(40)
1.5 除尘系统的选择	(43)
1.5.1 选择除尘系统的原则	(43)
1.5.2 水泥厂主要尘源点的除尘系统选择	(44)
复习思考题	(47)
2 输送设备	(48)
2.1 带式输送机	(49)
2.1.1 构造、工作原理	(49)

2.1.2	主要部件	(50)
2.1.3	性能与应用(含布置形式、多点受料及多点卸料、除尘)	(59)
2.1.4	日常运行维护	(61)
2.2	斗式提升机	(67)
2.2.1	结构与工作原理	(67)
2.2.2	主要零部件和类型	(68)
2.2.3	性能与应用	(76)
2.2.4	操作与维护	(78)
2.2.5	常见故障现象及产生故障原因的分析	(79)
2.3	螺旋输送机	(80)
2.3.1	工作原理	(80)
2.3.2	结构及主要零部件	(80)
2.3.3	性能与应用	(86)
2.3.4	操作与维护	(87)
2.3.5	常见故障现象及产生故障原因的分析	(88)
2.4	埋刮板输送机	(89)
2.4.1	用途及特点	(89)
2.4.2	工作原理	(90)
2.4.3	结构、品种、系列	(90)
2.5	熟料链斗式输送机	(93)
2.5.1	工作原理	(93)
2.5.2	结构、品种、系列	(93)
2.5.3	管理维修与保养	(95)
2.6	裙板输送机	(97)
2.6.1	用途及特点	(97)
2.6.2	工作原理	(98)
2.6.3	结构、品种	(98)
2.6.4	常见故障的处理	(99)
2.7	气力输送设备	(100)
2.7.1	概述	(100)
2.7.2	空气输送斜槽	(102)
2.7.3	仓式气力输送泵	(103)
2.7.4	螺旋气力输送泵	(109)
2.7.5	气力提升泵	(111)
2.8	输送设备的除尘	(114)
2.9	输送管道	(114)
2.9.1	直管	(114)
2.9.2	弯管	(115)
2.9.3	换向阀门	(115)

2.9.4	伸缩接头	(116)
2.9.5	卸料弯头	(116)
	复习思考题	(117)
3	给料设备	(118)
3.1	放矿闸门	(119)
3.1.1	扇形闸门	(119)
3.1.2	顎式闸门	(120)
3.1.3	棒形闸门	(120)
3.1.4	螺旋闸门	(121)
3.1.5	ZFK 系列放矿机	(121)
3.2	常用给料机	(122)
3.2.1	重型板式给料机	(122)
3.2.2	轻型板式给料机	(124)
3.2.3	滚轴筛式给料机	(124)
3.2.4	定量电子喂料机	(125)
3.2.5	圆盘给料机	(127)
3.2.6	叶轮给料机	(129)
3.2.7	管式螺旋给料机	(131)
3.2.8	电磁振动给料机	(133)
	复习思考题	(136)
4	计量设备	(137)
4.1	物料计量系统	(138)
4.2	恒速式电子皮带秤	(140)
4.2.1	结构与工作原理	(140)
4.2.2	用途、规格与技术特征	(141)
4.2.3	操作、参数调整及维护要点	(142)
4.3	调速式电子皮带秤	(145)
4.3.1	结构与工作原理	(145)
4.3.2	用途、规格与技术特征	(146)
4.3.3	操作、参数调整及维护要点	(147)
4.4	螺旋式电子秤	(152)
4.4.1	结构与工作原理	(152)
4.4.2	用途、规格与技术特征	(153)
4.4.3	操作、参数调整及维护要点	(154)
4.5	失重秤	(156)
4.5.1	结构与工作原理	(156)
4.5.2	用途、规格与技术特征	(156)
4.6	固体流量计	(157)
4.6.1	结构与工作原理	(157)

4.6.2	用途、规格与技术特征·····	(157)
4.7	流槽流量计·····	(158)
4.7.1	结构与工作原理·····	(158)
4.7.2	用途、规格与技术特征·····	(158)
4.8	核子秤·····	(159)
4.8.1	结构与工作原理·····	(159)
4.8.2	用途、规格与技术特征·····	(161)
4.8.3	维护及安全注意事项·····	(161)
4.9	电子轨道衡·····	(162)
4.9.1	结构与工作原理·····	(162)
4.9.2	用途、规格与技术特征·····	(164)
	复习思考题·····	(164)
5	包装与散装设备 ·····	(165)
5.1	概述·····	(165)
5.1.1	袋装工艺流程·····	(165)
5.1.2	散装工艺流程·····	(167)
5.2	包装机·····	(169)
5.2.1	固定式包装机·····	(169)
5.2.2	回转式包装机·····	(175)
5.3	包装系统配套设备·····	(182)
5.3.1	输送设备·····	(182)
5.3.2	筛分设备·····	(183)
5.3.3	中间仓·····	(183)
5.3.4	袋装水泥输送设备·····	(183)
5.3.5	叠包机·····	(183)
5.4	散装设备·····	(184)
5.4.1	水泥散装系统主要设备·····	(184)
5.4.2	卸料器·····	(185)
5.4.3	装车与计量·····	(187)
5.4.4	调试及维护·····	(189)
5.4.5	散装设备故障现象及产生故障原因的分析处理·····	(190)
	复习思考题·····	(190)
	参考文献·····	(191)

1 除尘设备

本章要点

水泥厂的扬尘点均需要安装除尘设备以减少粉尘的排放,本章主要介绍除尘设备及除尘系统的选择。全章分为五节,第一节为概述,介绍粉尘危害、尘源点废气特性、废气排放管理及除尘效率的计算等;第二节为旋风除尘器,介绍几种常用旋风除尘器的结构、工作原理、应用操作、维护及故障排除措施;第三节为袋式除尘器,重点介绍气箱脉冲、反吹风等袋式除尘器的结构、工作原理、操作维护和故障排除措施等;第四节为电除尘器,重点介绍电除尘器的结构、工作原理,影响除尘效率的因素及电除尘器的操作、维护及故障排除措施等;第五节为除尘系统的选择,重点介绍了选择原则及不同尘源点除尘系统的选择等。

在水泥生产过程中,从物料的破碎、烘干、原料粉磨(湿法磨除外)、生料均化、煤粉制备、熟料煅烧、水泥粉磨到水泥包装和散装出厂等每一道工序以及物料的输送,都会产生粉尘。例如,干法闭路烘干粉磨(球磨),除了磨机以外,还有喂料装置、分级设备和输送设备等连接在一起组成的粉磨系统,在对磨机喂料、卸料以及输送过程中,会有大量的粉尘冒出来,这些粉尘将对人体、工农业生产、企业经济效益带来消极的影响。

1.1 概述

1.1.1 粉尘的危害

1.1.1.1 对人体的危害

人体吸入粉尘,会造成呼吸系统疾病。一般浓度在 20 mg/Nm^3 以上、粒径在 $30 \mu\text{m}$ 以上的粉尘肉眼便可看到,小于 $5 \mu\text{m}$ 的粉尘便可能会被吸入。沉积在呼吸道上 $3\sim 5 \mu\text{m}$ 的粉尘,都可以通过人体内部的分泌液排除到体外, $0.1\sim 1 \mu\text{m}$ 的粉尘则会在肺泡中沉积。停留在肺部的粉尘则可能造成硅肺病、肺部硬化等。粉尘还会引起弥漫性湿疹和皮肤感染等。

1.1.1.2 对工业生产的危害

粉尘落到运转的机器中,会加速各种机件的磨损,造成生产设备的使用寿命及运转率缩短,降低控制设备的精度及可靠性,降低甚至破坏电器设备的绝缘性。

1.1.1.3 对农业生产的危害

粉尘落在植物叶面上,会减弱植物的光合作用,使植物正常生长受到影响,特别是在植物开花时期,大量粉尘会导致作物显著减产。

1.1.1.4 对企业经济效益的影响

粉尘如果不回收利用,会增加原料、材料和能量的消耗,提高产品成本,降低企业的经济效益。所以在生料制备系统中必须采取封闭、通风手段,选择除尘效率高、技术可靠的除尘设备,控制粉尘飞扬,减轻环境污染,改善操作环境,同时也降低了生料的损失(粉尘本身就是颗粒微小的生料),对保护人体健康、提高生产效率、降低生产成本、保护生态环境都有非常重要的意义。

一般来讲,一条水泥生产线约有50个以上粉尘排放点。水泥厂粉尘排放对厂区及厂区附近的环境影响很大,因此选择除尘效率高、技术可靠的除尘设备,使各排出口的废气含尘浓度符合国家排放标准,是对现代企业的必然要求。

1.1.2 水泥制备系统各尘源点及粉尘排放浓度

水泥厂每生产1t水泥,大约要产生10多立方米的废气,而各种生产设备产生的废气是各不相同的。要想治理水泥厂的废气粉尘,首先应了解各种废气粉尘的特性。水泥厂各种生产设备产生废气的废气量、含尘浓度及颗粒级配如表1.1所示。

表 1.1 水泥厂各种生产设备产生废气的特性

设备名称	所产生的废气量	含尘浓度(g/Nm ³)	颗粒级配
破碎机	进料罩口的通风量为 60 m ³ /(min·m ²)	5~10	0~20 mm:20%~25% 20~60 mm:10%~15% 60~100 mm:50%~60%
大型锤式破碎机	一般可按锤式破碎机卸料槽处测定的空气量增大 50% 来确定风量	15~20	
储料仓	按 75 m ³ /(min·m ²) 储料仓横截面积计算	20~25	
原料烘干机	按 0.8~2 Nm ³ /kg 干料计算	回转式 40~90 快速烘干式 60~250	0~10 mm:20%~30% 10~30 mm:40%~50% 30~200 mm:10%~20%
生料磨	重力卸料磨为磨机容量的 4 倍; 风扫磨为 2~2.5 Nm ³ /kg 物料; 立式磨为 1.5~2.5 Nm ³ /kg 干料	20~80 300~500 650	0~20 mm:70%~80% 20~100 mm:20%~30%
煤磨	重力卸料磨每分钟为磨机容量的 4 倍; 烘干兼粉磨的煤磨为 1.5~2 Nm ³ /kg 煤	20~80 100~120	0~20 mm:50%~95% 20~100 mm:20%~30%
回转窑	湿法为 2.8~3.5 Nm ³ /kg 熟料; 干法为 1.4~2.3 Nm ³ /kg 熟料	预分解窑 60~90	干法短窑 0~20 mm:15%~20% 20~40 mm:40%~45% 40~60 mm:10%~15% 60~100 mm:15%~20% 干法长窑 0~20 mm:40%~60% 20~30 mm:20%~30% 30~100 mm:5%~10%

续表 1.1

设备名称	所产生的废气量	含尘浓度(g/Nm ³)	颗粒级配
熟料算式冷却机	3.4 Nm ³ /kg 熟料,其中约 0.9 m ³ 作为二次空气,2.5 m ³ 为排放量	10~15	
水泥磨	每分钟排气量为磨机容积的 4 倍	40~80	0~10 mm:10%~20% 10~40 mm:30%~40% 40~80 mm:25%~35% 80~100 mm:2%~5%
斗式提升机	按 30 m ³ /(min·m ²)提升机截面计算	20~30	
干散物料胶带机的运转点	防护罩的进气量为 60 m ³ /min。当带速小于 1 m/min,每米皮带宽应增加 30 m ³ /(min·m);当带速大于 1 m/min,每米皮带宽应增加 60 m ³ /(min·m)	20~30	0~10 mm:10%~20% 10~40 mm:40%~55% 40~80 mm:10%~18% 80~100 mm:3%~7%
水泥包装机	每嘴为 35~40 m ³ /min	20~30	
散装水泥装罐机	每分钟排气量为散装容积的 3 倍	40~60	

1.1.3 水泥工业污染物排放标准

近年来,我国越来越重视环境保护工作。为保护生态环境和人民身体健康,全国人大、国务院及有关部委相继颁布和实施了一系列法律、法规和标准。水泥新建或改、扩建项目必须获得环保部门的审批。

1.1.3.1 GB 4915—2004《水泥工业大气污染物排放标准》

为贯彻《中华人民共和国大气污染防治法》,国家环境保护总局发布了 GB 4915—2004《水泥工业大气污染物排放标准》,本标准按以下规定的日期,代替 GB 4915—1996《水泥厂大气污染物排放标准》和矿山开采、现场破碎执行的 GB 16297—1996《大气污染物综合排放标准》:

新建生产线——自 2005 年 1 月 1 日起;

现有生产线——自 2006 年 7 月 1 日起。

标准规定,在 2006 年 7 月 1 日前,现有水泥厂(含粉磨站)各生产设备(设施)排气筒中的大气污染物排放仍执行 GB 4915—1996;现有水泥矿山和水泥制品厂仍执行 GB 16297—1996。

自 2006 年 7 月 1 日起至 2009 年 12 月 31 日止,现有生产线各生产设备(设施)排气筒中的颗粒物和气态污染物最高允许排放浓度及单位产品排放量不得超过表 1.2 中规定的限值。

自 2010 年 1 月 1 日起,现有生产线各生产设备(设施)排气筒中的颗粒物和气态污染物最高允许排放浓度及单位产品排放量不得超过表 1.3 中规定的限值。

自 2005 年 1 月 1 日起,新建生产线各生产设备(设施)排气筒中的颗粒物和气态污染物最高允许排放浓度及单位产品排放量不得超过表 1.3 中规定的限值。

水泥窑焚烧危险废物时,排气中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氟化物依照水泥窑建设时间,分别执行表 1.2 或表 1.3 规定的排放限值;其他污染物执行 GB 18484《危险废物焚烧污染控制标准》规定的排放限值。

表 1.2 生产设备(设施)排气筒中的颗粒物和气态污染物最高允许排放浓度及单位产品排放量

生产过程	生产设备	颗粒物		二氧化硫		氮氧化物 (以 NO ₂ 计)		氟化物 (以总氟计)	
		排放浓度 (mg/m ³)	单位产品 排放量 (kg/t)	排放浓度 (mg/m ³)	单位产品 排放量 (kg/t)	排放浓度 (mg/m ³)	单位产品 排放量 (kg/t)	排放浓度 (mg/m ³)	单位产品 排放量 (kg/t)
矿山 开采	破碎机及其他 通风生产设备	50	—	—	—	—	—	—	—
水泥 制造	水泥窑及窑磨 一体机 ^①	100	0.30	400	1.20	800	2.40	10	0.03
	烘干机、烘干 磨、煤磨及冷却 机	100	0.30	—	—	—	—	—	—
	破碎机、磨机、 包装机及其他通 风生产设备	50	0.04	—	—	—	—	—	—
水泥 制品 生产	水泥仓及其他 通风生产设备	50	—	—	—	—	—	—	—

注:①指烟气中 O₂ 含量为 10% 状态下的排放浓度及单位产品排放量。

表 1.3 生产设备(设施)排气筒中的颗粒物和气态污染物最高允许排放浓度及单位产品排放量

生产过程	生产设备	颗粒物		二氧化硫		氮氧化物 (以 NO ₂ 计)		氟化物 (以总氟计)	
		排放浓度 (mg/m ³)	单位产品 排放量 (kg/t)	排放浓度 (mg/m ³)	单位产品 排放量 (kg/t)	排放浓度 (mg/m ³)	单位产品 排放量 (kg/t)	排放浓度 (mg/m ³)	单位产品 排放量 (kg/t)
矿山 开采	破碎机及其他 通风生产设备	30	—	—	—	—	—	—	—
水泥 制造	水泥窑及窑磨 一体机 ^①	50	0.15	200	0.60	800	2.40	5	0.015
	烘干机、烘干 磨、煤磨及冷却 机	50	0.15	—	—	—	—	—	—
	破碎机、磨机、 包装机及其他通 风生产设备	30	0.024	—	—	—	—	—	—
水泥 制品 生产	水泥仓及其他 通风生产设备	30	—	—	—	—	—	—	—

注:①指烟气中 O₂ 含量为 10% 状态下的排放浓度及单位产品排放量。

现有水泥厂(含粉磨站)颗粒物无组织排放,在 2006 年 7 月 1 日前仍执行 GB 4915—1996;现有水泥制品厂仍执行 GB 16297—1996。

自 2006 年 7 月 1 日起现有生产线[现有生产线是指本标准实施之日(2005 年 1 月 1 日)前

已建成投产或环境影响报告书已通过审批的水泥矿山、水泥制造、水泥制品生产线]和自 2005 年 1 月 1 日起新建生产线,作业场所颗粒物无组织排放监控点浓度不得超过表 1.4 规定的限值。

表 1.4 作业场所颗粒物无组织排放限值

作业场所	颗粒物无组织排放监控点	浓度限值 ^① (mg/m ³)
水泥厂(含粉磨站) 水泥制品厂	厂界外 20 m 处	1.0(扣除参考值 ^②)

注:① 指监控点处的总悬浮颗粒物(TSP)1 h 浓度值。

② 参考值含义指在厂界外 20 m 处(无明显厂界,以车间外 20 m 处)上风方与下风方同时布点采样,将上风方的监测数据作为参考值。

新建生产线是指本标准实施之日(2005 年 1 月 1 日)起,环境影响报告书通过审批的新、改、扩建水泥矿山以及水泥制造和水泥制品生产线。

1.1.3.2 其他管理规定

(1) 颗粒物无组织排放控制要求

水泥矿山、水泥制造和水泥制品生产过程,应采取有效措施,控制颗粒物无组织排放。

新建生产线的物料处理、输送、装卸、贮存过程应当封闭,对块石、黏湿物料、浆料以及车船装、卸料过程也可采取其他有效抑尘措施。

现有生产线对干粉料的处理、输送、装卸、贮存应当封闭;露天储料场应当采取防起尘、防雨水冲刷流失的措施;车船装、卸料时,应采取有效措施防止扬尘。

(2) 非正常排放和事故排放控制要求

除尘装置应与其对应的生产工艺设备同步运转。应分别计量生产工艺设备和除尘装置的年累计运转时间,以除尘装置年运转时间与生产工艺设备的年运转时间之比,考核同步运转率。

新建水泥窑应保证在生产工艺波动情况下除尘装置仍能正常运转,禁止非正常排放。现有水泥窑采用的除尘装置,其相对于水泥窑通风机的年同步运转率不得小于 99%。

因除尘装置故障造成事故排放,应采取应急措施使主机设备停止运转,待除尘装置检修完毕后共同投入使用。

1.1.4 除尘效率

除尘效率是指除尘器收下的粉尘量占进入除尘器粉尘量的百分数,通常用 η 表示。它是评价除尘器性能好坏的重要参数,也是选择除尘器的主要依据。

(1) 总除尘效率

除尘器对不同大小尘粒捕集的综合效率,称为除尘器的总除尘效率。

通常总除尘效率可根据除尘器进、出口粉尘的质量来计算:

$$\eta = \frac{G_2}{G_1} \times 100\%$$

式中 η ——除尘器的总除尘效率,%;

G_1 ——原来气体的含尘量,g/s;

G_2 ——收集的粉尘量,g/s。

也可用进、出除尘器的粉尘量来计算:

$$\eta = \frac{G_{入} - G_{出}}{G_{入}} \times 100\%$$

式中 η ——除尘器的总除尘效率, %;
 G_{λ} ——进入除尘器的粉尘量, g/s;
 $G_{\text{出}}$ ——排出除尘器的粉尘量, g/s。

由于连续生产, 难以直接测定气体的粉尘量, 而气体的含尘浓度较易测得, 此时, 除尘效率可用下式计算:

$$\eta = \frac{C_{\lambda} - C_{\text{出}}}{C_{\lambda}} \times 100\% = \left(1 - \frac{C_{\text{出}}}{C_{\lambda}}\right) \times 100\%$$

式中 η ——除尘器的总除尘效率, %;
 C_{λ} ——进入除尘器的气体的含尘浓度, g/Nm³;
 $C_{\text{出}}$ ——排出除尘器的气体的含尘浓度, g/Nm³。

若两台除尘器串联使用(即二级除尘系统), 其总除尘效率为

$$\eta = \eta_1 + (1 - \eta_1)\eta_2$$

式中 η ——除尘系统的总除尘效率, %;
 η_1 ——第一级除尘器的除尘效率, %;
 η_2 ——第二级除尘器的除尘效率, %。

(2) 分级除尘效率

所谓分级除尘效率是指除尘器对某一粒径范围粉尘的除尘效率。当测出除尘器进、出口气流中各种粒径范围的粉尘的质量百分数, 可用下式计算除尘器的分级除尘效率。

$$\eta_x = \frac{G_{x1} - (1 - \eta)G_{x2}}{G_{x1}} \times 100\% = \left[1 - (1 - \eta) \frac{G_{x2}}{G_{x1}}\right] \times 100\%$$

式中 η_x ——除尘器对某一粒径范围粉尘的除尘效率, %;
 G_{x1} ——除尘器进口气流中某一粒径范围的粉尘的质量百分数, %;
 G_{x2} ——除尘器出口气流中某一粒径范围的粉尘的质量百分数, %;
 η ——除尘器的总除尘效率, %。

1.1.5 除尘设备的分类

硅酸盐工厂常用除尘设备按其粉尘从气体中分离的原理分类如下:

(1) 重力沉降式除尘器。利用重力沉降作用使粉尘沉落而收集, 如沉降式除尘器。适用于收集粒径大于 50 μm 的粉尘。

(2) 惯性分离式除尘器。利用颗粒运动的惯性力收集粉尘, 如惯性除尘器。适用于收集粒径大于 20 μm 的粉尘。

(3) 离心分离式除尘器。使含尘气流作旋转运动, 利用固体颗粒的离心、惯性力作用而使其从气体中分离出来, 如旋风除尘器。适用于粒径大于 10 μm 粉尘的收集。

(4) 过滤式除尘器。使含尘气体通过多孔过滤介质层, 由于过滤层的阻挡、吸附等作用而将粉尘截留收集下来, 如袋式除尘器、颗粒层除尘器。适用于粒径大于 1 μm 粉尘的收集。

(5) 电除尘器。在高压直流电场中, 使粉尘颗粒带电, 在电场力作用下, 使粉尘沉积并收集下来, 如卧式电除尘器、立式电除尘器。适用于粒径大于 0.01 μm 粉尘的收集。

(6) 湿式除尘器。利用水对粉尘的润湿、团聚作用而收集, 如水浴除尘器。适用于粒径大于 0.1 μm 粉尘的收集。

(7) 凝聚离析式除尘器。使微细粉尘凝聚成大颗粒,再用较简单的除尘装置收集粉尘,如超声波除尘器。适用于收集各种粒径的粉尘。

1.2 旋风除尘器

旋风除尘器是利用含尘气体高速旋转产生的离心力将粉尘从气体中分离出来的除尘设备。它构造简单,易制造,投资省,尺寸紧凑,没有运动部件,操作可靠,适应高温高浓度的气体,一般除尘效率为 60%~90%,适用于收集粒径大于 10 μm 的粉尘。广泛应用于硅酸盐工业、冶金、矿山及电力等各行业。缺点是流体阻力较大,能耗较大,操作要求流量稳定、密封好,仅限粗颗粒净化。

1.2.1 构造及原理

(1) 构造

如图 1.1 所示,旋风除尘器主要由带有锥形底的外圆筒、进气口、排气管(内筒)、排灰阀及集灰斗等组成。排气管插入外圆筒顶部的中央,进气口与外圆筒相切连接。

(2) 工作原理

含尘气体从进气口以一定的速度(12~20 m/s)切向进入外筒后,形成旋转运动,由于内外筒及顶盖的限制,气流在其间形成一股自上而下的外旋流,旋转过程中粉尘颗粒由于惯性力大部分被甩向筒壁,故失去动能沿筒壁滑下,经锥体下口入集灰斗,最后由排灰阀排出。旋转下降的旋流随着圆锥的收缩而向除尘器中心靠拢,旋转气流进入排气管半径范围附近便开始上升,形成一股自下而上的内旋流,最后经排气管向外作为净化气体排出。

1.2.2 类型及特点

旋风除尘器的类型较多,根据出风口连接方式不同可分为带出口蜗壳和不带出口蜗壳两种(见图 1.2 所示);带蜗壳的为 X 型,无蜗壳的为 Y 型;根据气体在旋风筒内旋转方向不同(从顶部俯瞰),可分为左旋转(称 N 型)和右旋转(称 S 型)两种。

旋风除尘器的结构形式不同各部分尺寸比例也不同,常用的有:① 按照进口方法不同分:普通切向型旋风除尘器(基本型),气流外缘与筒体相切,水平方向进入;螺旋型旋风除尘器,气流外缘与筒体相切,但顶面为螺旋面形,气流以螺旋方式进入;蜗壳型旋风除尘器,气流内缘与筒体相切,其外缘为渐开线或对数螺旋线外壳,水平方向进入;轴向入口型,气流以轴向进入,通过装于排气管外缘的螺旋或花瓣状叶片形成旋流运动。② 按筒体形态分:普通筒型,上部为圆筒形,下部为圆锥形;扩散型,上部为圆筒形,下部为上小下大的倒锥形,内部下方有隔离锥;旁路型,筒体外部带旁路室的单层或双层圆筒圆锥形;圆筒型,上下直径相同的旋风除尘

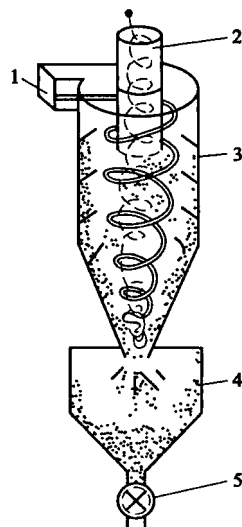


图 1.1 旋风除尘器的结构原理图

1—进气口;2—排气管(内筒);
3—外筒;4—集灰斗;5—排灰阀

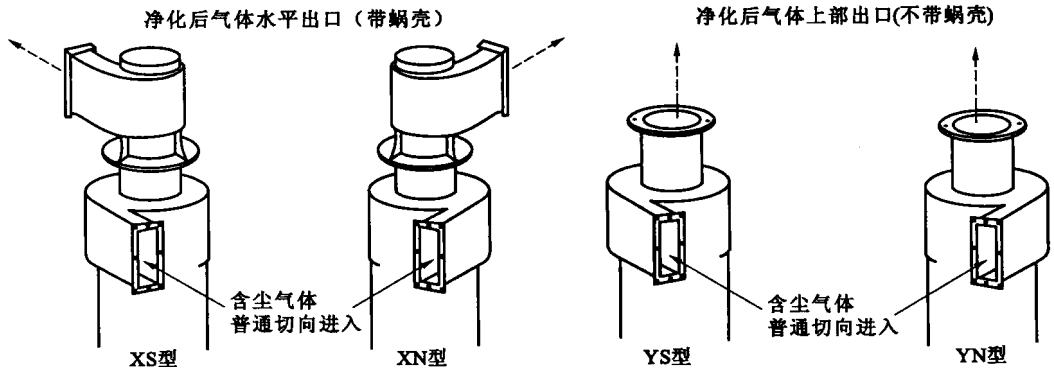


图 1.2 旋风除尘器按进、出口方向和气流旋向分类

器,内部下方有隔离锥;多管式;湿式等。

1.2.2.1 普通切向型旋风除尘器

普通切向型旋风除尘器又称基本型旋风除尘器,如 CLT 型,C 代表除尘器、L 代表离心式、T 表示筒式。其他类型的旋风除尘器皆是由它变化而来。其特点是进气管外缘与筒体相切,水平方向进风,筒体短粗,处理风量较大,流体阻力较小,但除尘效率很低,因此已被淘汰。

1.2.2.2 螺旋型旋风除尘器

螺旋型旋风除尘器即 CLT/A 型旋风除尘器,它是在 CLT 型的基础上演变而来的,其结构如图 1.3 所示。它的特点是进气管切向引入,筒体顶端为螺旋形导向板,因此可消除引入气体向上流动而形成的上旋涡,减少无用能量消耗,提高效率。顶端导向板与进气管夹角越大,阻力越小,除尘效率越低,一般夹角取 $8^{\circ}\sim 20^{\circ}$,CLT/A 型采用 15° 。它外形细长,锥体角度小,与 CLT 型相比,总阻力稍高,但除尘效率也较高。

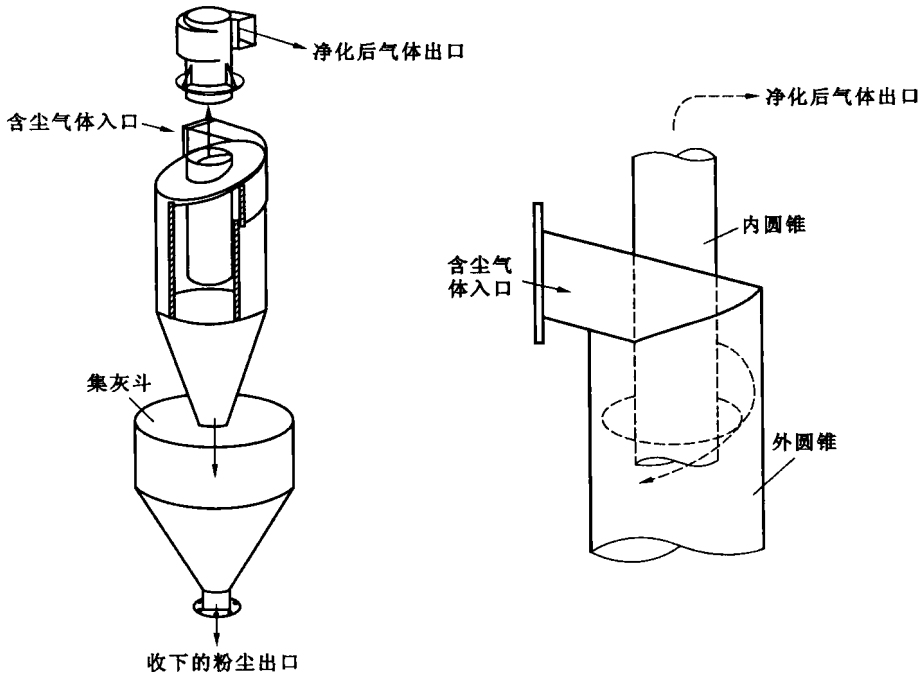


图 1.3 螺旋型旋风除尘器 (CLT/A)

1.2.2.3 旁路式旋风除尘器

旁路式旋风除尘器即 CLP 型旋风除尘器, P 表示旁路式, 见图 1.4。与基本型相比, 其特点是: 筒体外侧有一旁路分离室, 并且在距筒体顶盖下一定距离做成 180° 水平蜗壳入口, 筒体做成两段圆筒锥形。这样处理是为了让气流充分地形成上部旋涡, 并由旁路有效地除去旋涡形成的灰环, 以提高除尘效率。CLP 型除尘器在低含尘浓度下(如 0.5 g/m^3)效率无明显下降。

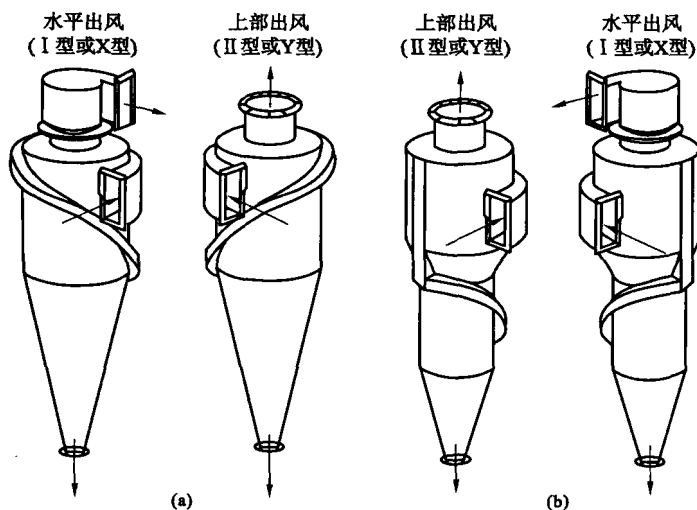


图 1.4 旁路式旋风除尘器

(a) CLP/A 型旋风除尘器; (b) CLP/B 型旋风除尘器

XLP(CL P)/A 型旋风除尘器均分吸出式 X 型及压入式 Y 型。X 型、Y 型根据蜗壳旋转方向不同又分 N 型(左回旋)和 S 型(右回旋), 进口风速为 $12 \sim 27 \text{ m/s}$ 。表 1.5 为部分 XLP(CL P)/A 型旋风除尘器性能指标。

表 1.5 XLP(CL P)/A 型旋风除尘器性能指标

型号规格	处理风量 (m^3/h)	阻力(kg/m^2)		效率 (%)	外形尺寸(长 \times 宽 \times 高)(mm)		质量(kg)	
		X 型	Y 型		X 型	Y 型	X 型	Y 型
XLP/A-3.0	750~1060	45~90	39~79	85~99	406 \times 390 \times 1380	460 \times 390 \times 1380	62	51
XLP/A-4.2	1460~2060				556 \times 545 \times 2177	556 \times 545 \times 1880	98	86
XLP/A-5.2	2280~3230				711 \times 700 \times 2701	711 \times 700 \times 3040	187	142
XLP/A-7.0	4020~5700				911 \times 910 \times 3489	911 \times 910 \times 2707	262	233
XLP/A-8.2	5500~7790				1071 \times 1065 \times 4050	1070 \times 1065 \times 3540	356	299
XLP/A-9.4	7520~10650				1226 \times 1222 \times 4616	1226 \times 1222 \times 4050	470	376
XLP/A-10.6	9520~13500				1376 \times 1377 \times 5157	1379 \times 1377 \times 4545	631	480

XLP/B 型(即 CLP/B 型)旋风除尘器是带有旁路的干式高效旋风除尘器, 它根据在风机前后位置不同分为 X 型(吸入式)和 Y 型(压入式), 其中 X 型是在除尘器本体增加了出口螺旋壳。X、Y 型根据螺旋壳旋转方向不同分为 N 型(左回旋)和 S 型(右回旋)。该除尘器主要用于清除非黏性灰尘、煤炭、泥沙、烟尘及其他粉尘等。表 1.6 为某厂 XLP/B 型旋风除尘器性