



职业技能鉴定培训教程

高级

化工三废处理工

化学工业职业技能鉴定指导中心 组织编写
黄海林 晋卫 编



化学工业出版社

职业技能鉴定培训教程



高级

化工三废处理工

化学工业职业技能鉴定指导中心 组织编写

黄海林 晋 卫 编



化学工业出版社

·北京·



本书根据《化学工业职业标准·化工三废处理工》编写,针对三废处理工(高级)的理论知识 and 技能要求,讲解了除尘、气态污染物治理,废水物理处理、化学处理、物理化学处理、生物处理以及固体废物的预处理、焚烧、热解与微生物分解处理的方法、设备和工艺。

本书可用于化工三废处理工职业技能鉴定考证培训,也可供化工企业环保部门参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工三废处理工(高级)/黄海林,晋卫编;化学工业职业技能鉴定指导中心组织编写. —北京:化学工业出版社,2007.5

职业技能鉴定培训教程

ISBN 978-7-122-00368-3

I. 化… II. ①黄…②晋… III. 化学工业废物-废物处理-职业技能鉴定-教材 IV. X78

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 059984 号

责任编辑:李玉晖 辛 田 赵丽霞

文字编辑:于志岩 李姿娇

责任校对:李 林

装帧设计:于 兵

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张 13½ 字数 245 千字 2007 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:25.00 元

版权所有 违者必究

前言

为配合化工行业推行国家职业资格证书制度,适应化工和石油化工企业三废处理岗位技术工人技能培养的需要,化学工业职业技能鉴定指导中心组织编制了《化学工业职业标准·化工三废处理工》,并组织编写了相关的培训教程和技能鉴定题库,作为工人参加技能鉴定培训和考核的依据。

“化工三废处理工”的职业定义是:按工艺操作规程操作三废处理装置,对化工生产中的废气、废水、废渣进行处理或处置以及有用成分回收,使之达到排放或无害标准。该职业共设五个等级,分别为:初级(国家职业资格五级)、中级(国家职业资格四级)、高级(国家职业资格三级)、技师(国家职业资格二级)、高级技师(国家职业资格一级)。本套教程依据《化学工业职业标准·化工三废处理工》的要求编写,包括《化工三废处理工 初级、中级》《化工三废处理工 高级》《化工三废处理工 技师》三个分册。

为适应化工三废处理工职业技能鉴定的要求,本套教程突出了实际应用知识,兼顾基础理论知识,根据初级、中级、高级和技师等不同层次,分别对化工行业废气、废水、固体废物处理技术的原理、重要工艺、实际操作、重点设备等进行了详细叙述与讲解,使操作工能快速、熟练地掌握理论知识和操作技能,提高分析、解决实际问题的能力,达到职业技能鉴定标准。

按照职业标准的职业功能模块,本套教程分废气处理、废水处理、废渣处理三个方面对相关技术、工艺、设备进行介绍。本册为《化工三废处理工 高级》,主要讲解气体的除尘技术、气态污染物处理,废水的物理处理、化学处理、物理化学处理和生物处理以及固体废物的预处理、焚烧处理、热解与微生物分解处理。

由于编者水平有限,书中难免有不妥和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2007年4月

目录

第1章 除尘技术	1
1.1 机械力除尘	1
1.1.1 重力沉降	1
1.1.2 惯性除尘	2
1.1.3 旋风除尘	3
1.2 过滤除尘	6
1.2.1 袋式除尘	6
1.2.2 颗粒层过滤除尘	9
1.3 湿式除尘	9
1.3.1 喷淋式洗涤器	10
1.3.2 文丘里洗涤器	11
1.3.3 自激喷雾洗涤器	12
1.4 静电除尘	13
1.4.1 静电除尘器的分类	13
1.4.2 静电除尘器的结构	14
1.5 除尘装置的评价与选择	17
1.5.1 除尘装置的性能评价	17
1.5.2 除尘装置的选择	18
复习思考题	18
第2章 气态污染物的治理技术	19
2.1 吸收法	19
2.1.1 填料塔	20
2.1.2 板式塔	21
2.1.3 吸收设备的选择	21
2.2 吸附法	23
2.2.1 吸附过程	23
2.2.2 吸附剂及其再生	24
2.2.3 吸附流程	25
2.3 催化转化法	27
2.3.1 催化反应器	27

2.3.2 影响催化转化的因素	28
2.4 燃烧法	29
2.4.1 直接燃烧	29
2.4.2 热力燃烧	29
2.4.3 催化燃烧	30
2.5 冷凝法	31
2.5.1 接触冷凝	31
2.5.2 表面冷凝	32
2.6 生物处理法	32
2.6.1 生物吸收装置	32
2.6.2 生物过滤装置	33
复习思考题	33
第3章 废水的物理处理法	35
3.1 重力分离法	35
3.1.1 沉淀池	35
3.1.2 沉砂池	40
3.1.3 隔油池	44
3.2 筛滤法	47
3.2.1 筛除	47
3.2.2 过滤	49
3.3 离心分离法	55
3.3.1 压力式旋流分离器	55
3.3.2 重力式旋流分离器(水力旋流沉淀池)	56
3.3.3 离心机	56
3.4 气浮法	57
3.4.1 气浮的类型	57
3.4.2 影响气浮效果的主要因素	61
复习思考题	62
第4章 废水的化学处理法	63
4.1 化学沉淀法	63
4.1.1 化学沉淀的方法和类型	63

4.1.2 影响化学沉淀的因素	64
4.2 混凝法	65
4.2.1 混凝过程和设备	65
4.2.2 混凝剂的选择和影响混凝的因素	68
4.3 中和法	69
4.3.1 酸性废水投药中和法设备	69
4.3.2 碱性废水投药中和法设备	71
4.3.3 过滤中和法设备	72
4.4 氧化还原法	73
4.4.1 氧化的方法和类型	73
4.4.2 影响氧化还原的因素	75
复习思考题	76
第5章 废水的物理化学处理法	77
5.1 萃取法	77
5.1.1 萃取操作及其流程	77
5.1.2 萃取的影响因素	78
5.1.3 萃取剂	79
5.1.4 萃取设备	79
5.2 吸附法	81
5.3 离子交换法	83
5.3.1 离子交换过程	83
5.3.2 离子交换的工艺过程	84
5.4 膜分离法	87
5.4.1 渗析	87
5.4.2 电渗析	88
5.4.3 反渗透	89
5.4.4 超滤	91
复习思考题	92
第6章 废水的生物处理法	93
6.1 活性污泥法	93
6.1.1 曝气	93

6.1.2	曝气池的构造	99
6.1.3	活性污泥法工艺控制	102
6.1.4	活性污泥法的运行管理	110
6.2	生物膜法	115
6.2.1	生物滤池法	115
6.2.2	生物转盘法	123
6.2.3	生物接触氧化法	126
6.2.4	生物膜法的运行管理	128
6.3	厌氧生物处理	131
6.3.1	厌氧生物处理工艺类型及设备	131
6.3.2	沼气的回收和利用	138
6.3.3	影响厌氧系统的主要因素	139
6.3.4	厌氧系统的运行与控制	141
	复习思考题	143
第7章	固体废物的预处理技术	144
7.1	压实技术	144
7.1.1	固体废物压实器	144
7.1.2	压实器的选择	146
7.2	破碎技术	146
7.2.1	破碎的基础理论	146
7.2.2	破碎机	147
7.2.3	低温破碎与湿式破碎	155
7.3	分选技术	158
7.3.1	筛分	158
7.3.2	重力分选	160
7.3.3	磁力分选	166
7.4	污泥的浓缩与脱水	167
7.4.1	污泥的浓缩	167
7.4.2	污泥的化学调质	171
7.4.3	污泥的脱水	173
7.4.4	污泥最终处置与利用	182

7.5 固体废物固化	183
7.5.1 水泥固化	183
7.5.2 沥青固化	185
7.5.3 塑料固化	188
7.5.4 玻璃固化	188
复习思考题	190
第8章 固体废物的焚烧处理技术	192
8.1 燃烧过程污染物的产生与防治	192
8.1.1 几种有机组分的产生与防治	192
8.1.2 煤烟的产生与防治	193
8.1.3 焚烧残渣的处理和利用	194
8.2 固体废物的焚烧设备	194
8.2.1 多段炉	194
8.2.2 回转窑焚烧炉	196
8.2.3 流化床焚烧炉	197
8.2.4 多室焚烧炉	198
复习思考题	199
第9章 固体废物的热解与微生物分解处理技术	200
9.1 固体废物的热解	200
9.1.1 热解概念	200
9.1.2 热解原理	200
9.1.3 热解方式	200
9.2 固体废物的微生物分解	201
9.2.1 好氧法堆肥	201
9.2.2 厌氧发酵制沼气	202
复习思考题	205
参考文献	206

第1章

除尘技术

1.1 机械力除尘

1.1.1 重力沉降

重力沉降是利用粉尘与气体的密度不同，使含尘气体中的尘粒依靠自身的重力从气流中自然沉降下来。重力沉降室可能是所有空气污染控制装置中最简单的一种装置，它的结构简单，造价低，便于维护管理，压力损失小，而且可以处理高温气体。其主要缺点是：只能捕集粒径较大的尘粒，只对 $50\mu\text{m}$ 以上的尘粒具有较好的捕集作用，因此除尘效率低，只能作为初级除尘手段，主要用于高效除尘装置的前级除尘器。

图 1-1 为单层重力沉降室的结构示意图，含尘气流通过横断面比管道大得多的沉降室时，流速大大降低，气流中大而重的尘粒，在随气流流出沉降室之前，由于重力的作用，缓慢下落至沉降室底部而被清除。

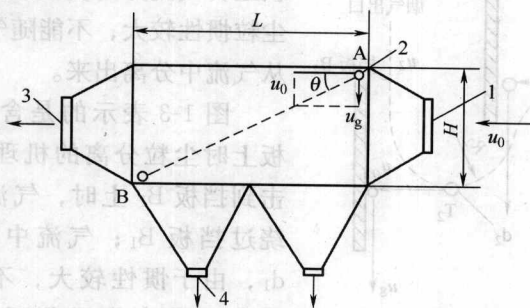


图 1-1 重力沉降室粉尘分离示意图

1—含尘气体入口；2—尘粒；3—净气出口；4—排尘口

沉降室的主要结构形式见图 1-2。在气速相同的情况下，装有横向隔板的沉降室 [见图 1-2(b)] 净化效果更好，因为隔板间基本上保持了相同的流动速度，而颗粒到达隔板通道底部的沉降距离更短。为了便于清灰，可将隔板装成可翻动式或倾斜式。

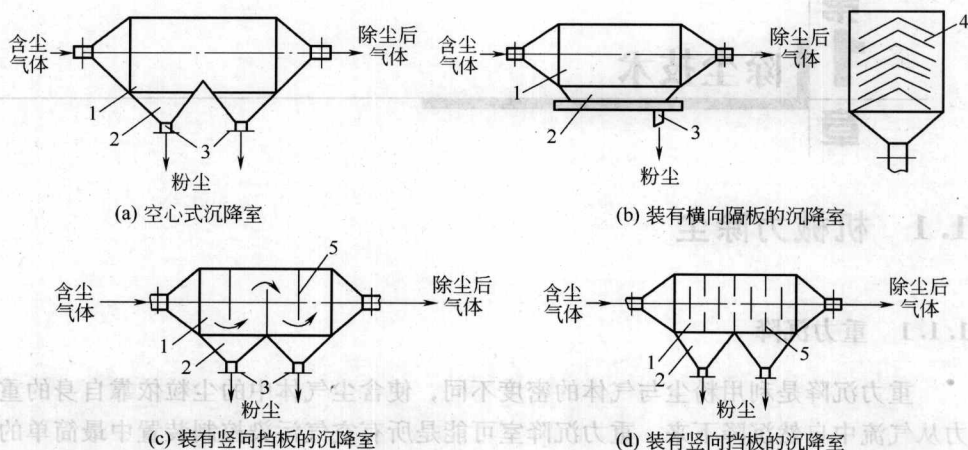


图 1-2 沉降室的主要结构形式

1—壳体；2—灰斗；3—排灰管接头；4—隔板；5—挡板

1.1.2 惯性除尘

惯性除尘是利用粉尘与气体在运动中的惯性不同，使粉尘从气流中分离出来的方法。

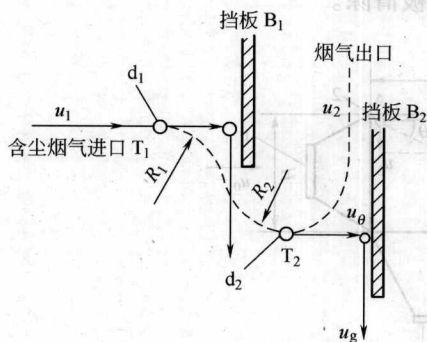


图 1-3 惯性除尘器工作原理图

常用方法是使含尘气流冲击在挡板上，气流方向发生急剧改变，气流中的尘粒惯性较大，不能随气流急剧转弯，便从气流中分离出来。

图 1-3 表示的是含尘气流冲击在挡板上时尘粒分离的机理。当含尘气流冲击到挡板 B_1 上时，气流方向发生改变，绕过挡板 B_1 ；气流中粒径较大的尘粒 d_1 ，由于惯性较大，不能随气流转弯，受自身重力作用落下，首先被分离出来。气流继续流动时受挡板 B_2 阻挡，

方向再次改变，被气流携带的较小尘粒 d_2 借助离心力的作用撞击在挡板上而落下。显然，惯性除尘过程中除利用了惯性之外，还利用了离心力和重力的作用。

惯性除尘器又称为惰性除尘器，可分为碰撞式和回转式两种，分别如图 1-4 (a) 和 (b) 所示。碰撞式沿气流方向装设一道或多道挡板，当含尘气体碰撞到

挡板时，尘粒便从气体中分离出来；而回转式则是使含尘气体多次改变方向，在转向过程中将尘粒分离出来。

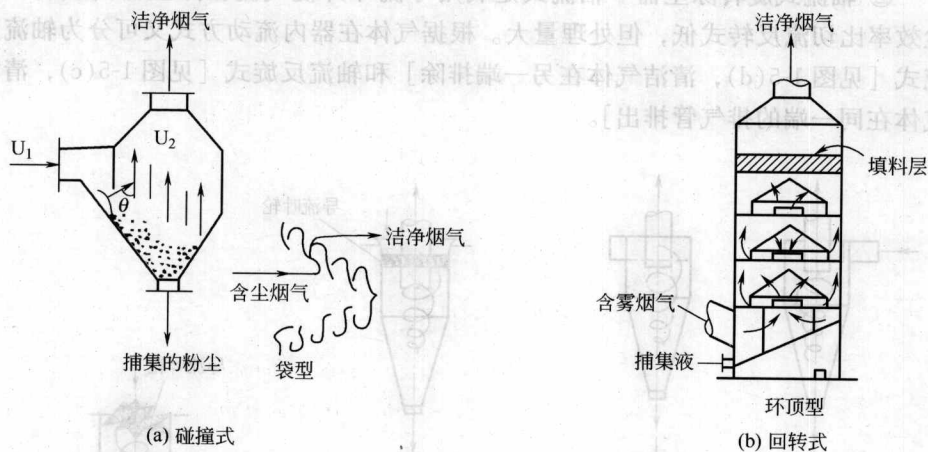


图 1-4 惯性除尘器

惯性除尘器的性能因结构不同而异，实际应用中，多将其作为多级除尘系统的第一级，用来分离颗粒较粗的尘粒。主要适用于非黏性、非纤维性颗粒污染物的去除，去除粒径范围在 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 时最为有效。在适宜条件下，可以用来分离雾滴。

1.1.3 旋风除尘

1.1.3.1 旋风除尘器的分类

旋风除尘器的种类较多，分类也各不相同。

(1) 按性能分类

① 高效除尘器 其筒体直径较小，用来分离较小的颗粒物，其除尘效率在 95% 以上。

② 高流量除尘器 筒体直径较大，用于处理很大的气体流量，其除尘效率为 50%~80%。

③ 介于上述两者之间的通用旋风除尘器 用于处理适当的中等气体流量，其除尘效率为 80%~95%。

(2) 按气体流动状况分类

① 切流返转式旋风除尘器 这是旋风除尘器中最常用的形式。含尘气体由筒体侧面沿切线方向导入，气流在圆筒部分旋转向下，进入锥体；到达锥体顶端

前返转向上, 清洁气体经同一端的排气管引出 (见图 1-5)。根据不同进入形式又可分为直入式 [见图 1-5(a)] 和蜗壳式 [见图 1-5(b)]。

② 轴流式旋转除尘器 轴流式是利用导流叶片使气流在除尘器内旋转, 除尘效率比切流反转式低, 但处理量大。根据气体在器内流动方式又可分为轴流直流式 [见图 1-5(d), 清洁气体在另一端排除] 和轴流反旋式 [见图 1-5(c), 清洁气体在同一端的排气管排出]。

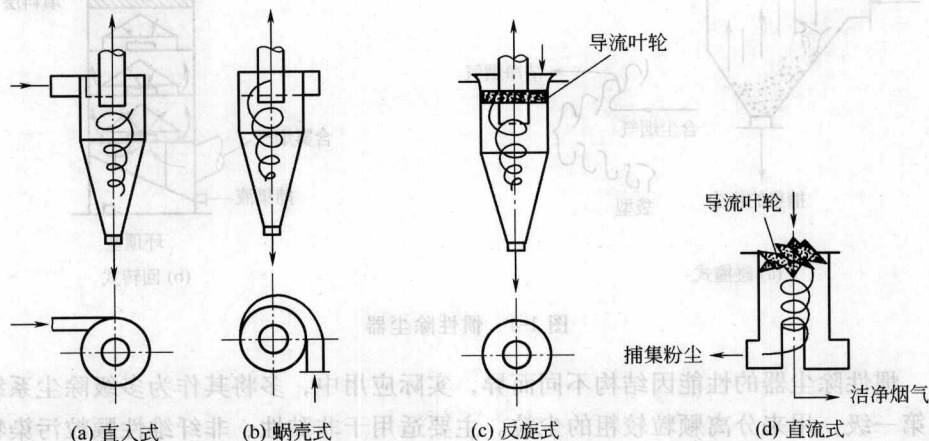


图 1-5 不同气流方式的旋风除尘器

(3) 按结构形式分类

① 圆筒体 见图 1-6(a)。它是用得最早的一种旋风除尘器。其圆筒高度大于圆锥高度, 结构简单, 压力损失小, 处理气量大, 适用于捕集密度和粒度大的颗粒物。

② 长锥体 见图 1-6(b)。它的特点是圆筒较短, 圆锥较长。实验表明, 增加圆锥长度可以提高除尘效率, 同时有利于已分离的颗粒沿锥壁落入灰斗, 但压力损失有所增加。

③ 旁通式 见图 1-6(c)。它的特点是排气管插入深度较浅, 在圆筒体中设有灰尘隔室 (或旁路分离室) 并与锥体连通。由于它能捕集上涡流中的较细颗粒, 从而提高了总捕集效率。但隔离室易堵塞, 因此要求被处理的颗粒物有较好的流动性。

④ 扩散式 见图 1-6(d)。它具有倒锥体, 锥底设有反射屏。倒锥体能减少含尘气体由锥体中心到排气管的短路; 反射屏能有效地防止上升内旋流把沉积的颗粒重新卷起带走, 因而提高了除尘效率; 同时具有结构简单、易加工、投资低及压力损失中等的优点, 特别适用于捕集 $5 \sim 10 \mu\text{m}$ 以下的颗粒。

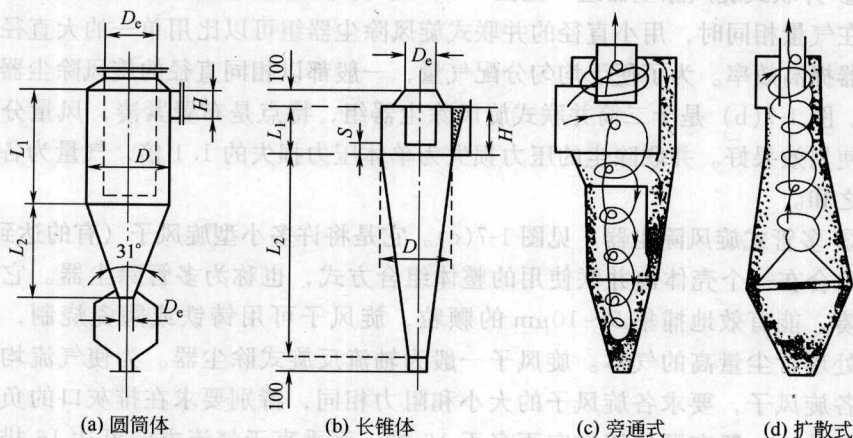


图 1-6 不同结构的旋风除尘器

(4) 按组合形式分类

① 串联式旋风除尘器组 见图 1-7(a)。串联除尘器的目的是提高除尘效率，因此愈是后段的除尘器，气体含尘浓度愈低，细颗粒的相对含量愈多，因而对除尘器的分离性能要求愈高。所以一般是将捕集效率不同的除尘器串成一组。如图 1-7(a) 所示，第一组锥体较短，除掉粗颗粒，第二、三级锥体逐次加长，净化较细的颗粒。这种方式布置紧凑，压力损失小，其总压力损失等于各级除尘器及连接件的压力损失之和，并乘以系数 1.1~1.2。该装置的处理气体量决定于第一级除尘器的处理量。

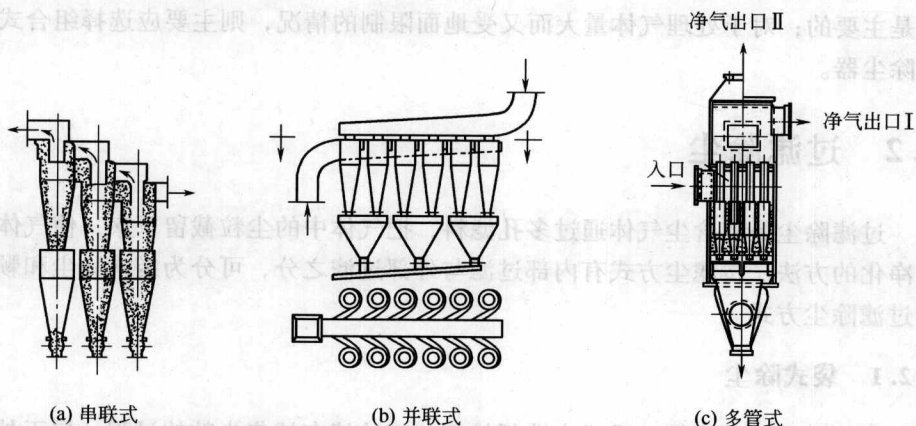


图 1-7 旋风除尘器的组合形式

② 并联式旋风除尘器组 见图 1-7(b)。并联的目的是增大处理气体量。同时,在气量相同时,用小直径的并联式旋风除尘器组可以比用单一的大直径旋风除尘器提高效率。为了便于均匀分配气量,一般都以相同直径的旋风除尘器并联组合。图 1-7(b) 是十二筒并联式旋风除尘器组,特点是布置紧凑,风量分配均匀,使用效果好。并联除尘的压力损失为单体压力损失的 1.1 倍,气量为各单体气量之和。

③ 多管式旋风除尘器 见图 1-7(c)。它是将许多小型旋风子(有的达到 100 个)组合在一个壳体内并联使用的整体组合方式,也称为多管除尘器。它布置更紧凑,能有效地捕集 $5\sim 10\mu\text{m}$ 的颗粒,旋风子可用铸铁或陶瓷烧制,因而可以处理含尘量高的气体。旋风子一般为轴流反旋式除尘器。为使气流均匀分配到各旋风子,要求各旋风子的大小和阻力相同,特别要求在排灰口的负压相同。此外,一般在顺气流方向不多于 10 排,而垂直于气流方向可达 16 排。为避免气流由一个旋风子串入另一个旋风子内,每隔 6 列在灰斗中使用隔板或单独灰室。

1.1.3.2 旋风除尘器的选型

旋风除尘器的性能可由三个技术指标(处理气体量、压力损失、捕集效率)及三个经济指标(基建投资和运转管理费、占地面积、使用寿命)来衡量。在评价及选择旋风除尘器时,需全面考虑这些指标。理想的旋风除尘器必须在技术上能满足工艺生产及环境保护对气体含尘量的要求,在经济上要最合算。在具体选型时,要根据实际情况(气体的性质、含尘情况,颗粒的性质、粒度大小及分布等)并参考国内外的先进技术,处理好三个技术指标和三个经济指标的关系。例如,气体中含有价格高、对环境危害大的颗粒物,只要动力允许,则提高捕集效率是主要的;对于处理气体量大而又受地面限制的情况,则主要应选择组合式旋风除尘器。

1.2 过滤除尘

过滤除尘是使含尘气体通过多孔滤料,把气体中的尘粒截留下来,使气体得到净化的方法。按滤尘方式有内部过滤与外部过滤之分,可分为袋式除尘和颗粒层过滤除尘方式。

1.2.1 袋式除尘

袋式除尘是利用棉、毛或人造纤维等加工的滤布捕集尘粒的过程,属于外部过滤,主要通过滤料的表面捕集尘粒。

1.2.1.1 袋式除尘器的结构与分类

图 1-8 给出了一种典型的袋式除尘器——脉冲式布袋收尘器的结构示意图。含尘气体从入口进入布袋收尘器，在气流穿过布袋时，烟尘被捕集在布袋上，净化后的气体从出口排出。经过一定时间，开启压缩空气反吹系统，使脉冲气流进入布袋内，布袋外的烟尘受到脉冲振动而落入灰斗。

从图 1-8 中可以看出，布袋除尘器的结构主要包括：布袋及其骨架、清灰装置、滤袋吊架、滤袋支撑板、进气管、排气管、灰斗、排灰阀、排灰口。

袋式除尘器的形式、种类很多，根据它们的特点可进行如下分类。

(1) 按清灰方式分类

清灰装置可分为四种类型：振动型、逆气流型、吹灰圈型、脉冲喷吹型，如图 1-9 所示。目前应用最多的是脉冲喷吹型清灰装置。脉冲气源的发生，可用机械脉冲控制器、气动脉冲控制器或电气控制器。

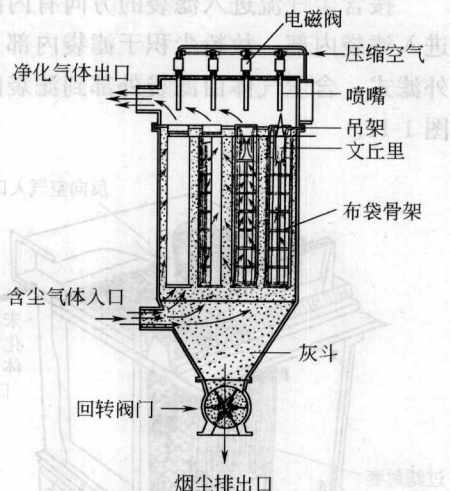


图 1-8 脉冲式布袋收尘器

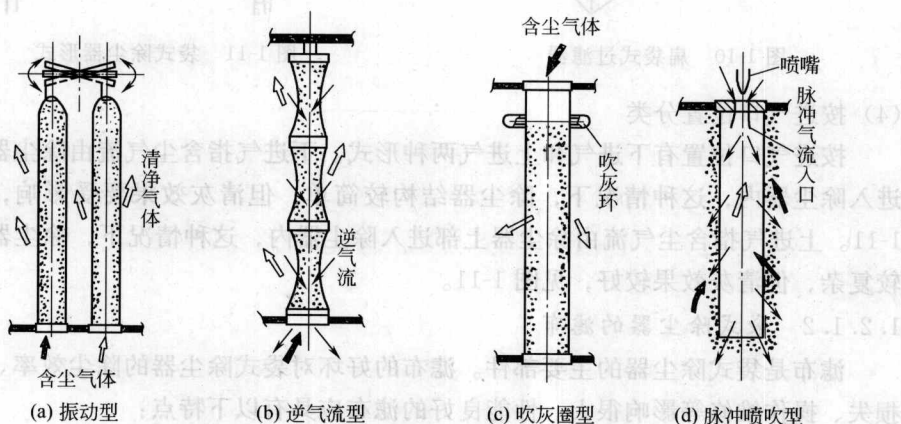


图 1-9 清灰装置简图

(2) 按滤袋形状分类

滤袋主要有圆袋和扁袋两种。圆袋结构简单，便于清灰，如图 1-8 所示；扁

袋单位体积除尘器的过滤面积大,如图 1-10 所示。

(3) 按含尘气流进入滤袋的方向分类

按含尘气流进入滤袋的方向有内滤式和外滤式之分。内滤式:含尘气体首先进入滤袋内部,故粉尘积于滤袋内部,便于从滤袋外侧检查和换袋,见图 1-11。外滤式:含尘气体由滤袋外部到滤袋内部,适合于用脉冲喷吹型等清灰装置,见图 1-11。

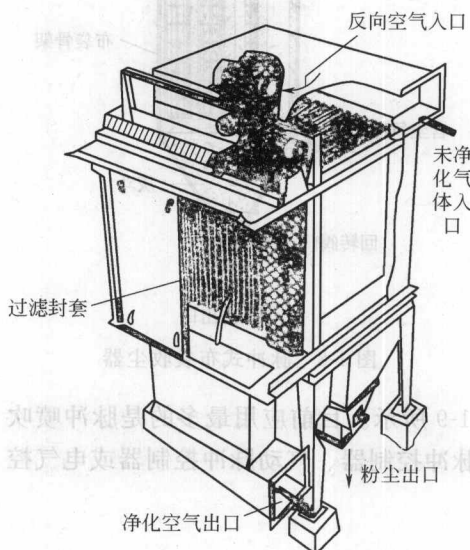


图 1-10 扁袋式过滤器

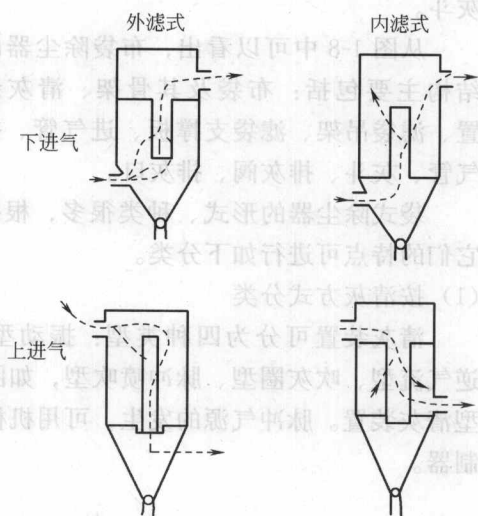


图 1-11 袋式除尘器形式

(4) 按进气口位置分类

按进气口位置有下进气和上进气两种形式。下进气指含尘气流由除尘器下部进入除尘器内,这种情况下,除尘器结构较简单,但清灰效果要受影响,见图 1-11。上进气指含尘气流由除尘器上部进入除尘器内,这种情况下,除尘器结构较复杂,但清灰效果较好,见图 1-11。

1.2.1.2 袋式除尘器的滤布

滤布是袋式除尘器的主要部件。滤布的好坏对袋式除尘器的除尘效率、压力损失、操作维修等影响很大。性能良好的滤布应具有以下特点:

- ① 容尘量大,清灰后能在滤布上保留一定的永久性粉尘;
- ② 透气性好、过滤阻力低;
- ③ 抗皱折性好,耐磨、耐温及耐腐蚀性能好,使用寿命长;
- ④ 吸湿性好,容易清除黏附在上面的粉尘;