

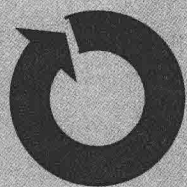
CHUCHEN GONGCHENG
SHENGJI GAIZAO JISHU

除尘工程 升级改造技术

刘伟东 张殿印 陆亚萍 等编著



化学工业出版社



CHUCHEN GONGCHENG
SHENGJI GAIZAO JISHU

除尘工程 升级改造技术

刘伟东 张殿印 陆亚萍 等编著



化学工业出版社

·北京·

本书是一部环境工程技术书。全书共分为六章,介绍了除尘工程升级改造的意义、目标、原则、经济分析、实施方法,电除尘升级改造技术,袋式除尘升级改造技术,湿式除尘升级改造技术,机械除尘升级改造技术、除尘系统升级改造技术和除尘系统安全运行。

本书内容新颖,概念清晰,联系实际,实用性强,可供环境工程等领域的科学研究人员、工程设计人员和企业环保管理人员阅读使用,也可供高等学校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

除尘工程升级改造技术/刘伟东,张殿印,陆亚萍等编著.--北京:
化学工业出版社,2013.12
ISBN 978-7-122-18643-0

I. ①除… II. ①刘… ②张… III. ③陆… III. ①除尘-环境工程-技术
改造 IV. ①X513

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 240771 号

责任编辑:刘兴春
责任校对:宋 玮

装帧设计:孙远博



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:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张18¼ 字数449千字 2014年2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:85.00元

版权所有 违者必究

前 言

随着社会经济的发展，人们对生活质量越来越关注，对自身健康越来越重视。但是人类生活的环境却越来越不尽人意，其中细颗粒物污染、灰霾天气是人们关注点之一。因此大力推动工业企业大气污染治理，节能减排，回收利用，发展循环经济，保持生态平衡成为人们关注的重大课题和迫切任务。

随着国家污染物排放标准的不断修订和日趋严格，一些在役除尘设备难以满足新修订的国家污染物排放标准的要求，所以除尘工程升级改造是环保事业发展的必然趋势。还有一些企业生产发展，产品产量提升，原有环保设备为适应生产需求，亦有待技术改造。另外，除尘设备设计寿命一般是15~30年，重视环境保护是改革开放开始以后的事，近几年正是一些除尘设备的寿命预期，据此，除尘设备亦需要更新改造。

编著本书的目的在于补充除尘工程升级改造领域近年在技术改造方面出现的新技术、新装备、新成果，满足日益发展的工业大气污染控制和除尘工程升级改造的需要，提高各种工业烟尘治理技术水平。

本书是一部环境工程技术书。全书共分为六章，介绍了除尘工程升级改造的意义、原理、方法，电除尘技术改造，袋式除尘技术改造，湿式除尘技术改造，机械除尘技术改造，除尘系统技术改造，除尘设备故障排除技术以及除尘工程技术改造发展趋势。

本书特点是：①联系实际，对除尘工程升级改造的内容尽可能结合工程实际进行详细阐述，如对升级改造技术方案和基本方法予以举例说明，全书列举50多个工程改造案例；②技术新颖，书中介绍近年出现的实践证明可行的除尘升级改造的新方法、新技术、新设备，并且把除尘工程设计禁忌、失效原因和工程改造前应反思的问题均列在书中；③深入浅出，用通俗易懂语言和实例方式介绍除尘工程升级改造技术；④内容全面，在实例中对除尘升级改造技术要领、设计要点、关键环节工程和一些诀窍，均有较全面分析介绍。编著力求特点突出、层次分明、深入浅出、内容翔实。为了直观、清晰、加深理解，书中适当增加了插图和表格。读者通过本书可以对除尘工程升级改造技术有全面的了解和掌握，对除尘升级改造工程技术的立项、方案、设计、实施均有切实的裨益和帮助。

本书编著者有（以姓氏笔画排序）刘瑾、刘伟东、刘建华、刘广莲、申桂秋、陈鸣宇、邱娟、罗惠芳、张殿印、陆亚萍、陆建芳、殷文霞、鲁华火。

本书在编著过程中得到苏州协昌环保科技股份有限公司和多位专家的鼎力相助，在此一并深致谢忱。本书在编著中参考和引用了一些科研、设计、教学和生产工作同行撰写的著作、论文、手册、教材和学术会议文集等，在此向所有作者表示衷心感谢。

由于科学技术发展日新月异，技术标准、规范更新周期缩短，新材料、新设备不断涌现，作者编著本书时，虽然注意了这些内容，但是由于编著者水平和时间所限，书中肯定还存在疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

编著者

2013.10

目 录

第一章 除尘工程升级改造总则	(1)
第一节 除尘系统组成	(1)
一、除尘系统组成	(1)
二、除尘系统设备分类	(2)
三、除尘净化设备能耗	(3)
四、除尘设备能耗评价方法	(5)
第二节 除尘器的分类和性能	(7)
一、除尘器的分类与评价	(7)
二、除尘器的性能	(9)
三、除尘器的适应因素	(16)
第三节 除尘工程升级改造总则	(16)
一、除尘工程升级改造的重要意义	(16)
二、升级改造分类	(17)
三、升级改造的目标	(18)
四、升级改造的原则	(18)
五、设备改造的经济分析	(19)
六、除尘工程升级改造的实施	(20)
第二章 电除尘器升级改造技术	(22)
第一节 电除尘器分类和性能	(22)
一、电除尘器工作原理	(22)
二、电除尘器分类	(23)
三、电除尘器性能参数	(30)
第二节 电除尘器升级改造新技术	(33)
一、低低温电除尘技术	(33)
二、湿式电除尘技术	(33)
三、移动电极技术	(34)
四、斜气流技术	(35)
五、静电凝并技术	(36)
六、电袋复合除尘技术	(37)
七、电除尘器利用新技术升级改造实例	(38)
第三节 电除尘器扩容改造的途径和方法	(49)

一、增设新的电除尘器	(49)
二、增加新电场	(50)
三、增加电场高度	(51)
四、电除尘器扩容升级改造实例	(51)
第四节 电除尘器提效结构改造	(57)
一、优化电极配置	(57)
二、放电极振打装置的改造	(58)
三、改善气流分布	(59)
四、其他改造措施	(59)
五、电除尘器提效结构改造实例	(61)
第五节 电除尘器改造为袋式除尘器	(74)
一、电除尘系统存在的问题	(74)
二、电改袋的基本型式	(74)
三、袋式除尘技术特点	(74)
四、改造设计内容	(75)
五、电除尘器改造为袋式除尘器实例	(76)
第六节 电除尘器改造为电袋复合除尘器	(91)
一、电袋复合除尘器工作原理	(91)
二、电袋复合除尘器改造技术	(92)
三、改造工程实例	(93)
第七节 电除尘器电源改造技术	(102)
一、电除尘器电源控制技术的发展	(102)
二、电除尘器供电电源新技术	(102)
三、电源电控节能改造实例	(105)
第三章 袋式除尘器升级改造技术	(117)
第一节 袋式除尘器的分类与性能判断	(117)
一、袋式除尘器分类	(117)
二、袋式除尘器除尘机理	(120)
三、袋式除尘器性能判断	(122)
第二节 袋式除尘器技术进展	(123)
一、袋式除尘技术进展	(123)
二、袋式除尘技术发展趋势	(126)
三、新技术在袋式除尘器改造中应用实例	(128)
第三节 袋式除尘器设计优化改造	(136)
一、进风管道的气流速度优化	(136)
二、排气通道气流速度优化	(138)

三、过滤风速优化·····	(138)
四、供气系统优化·····	(139)
五、袋式除尘器修改设计改造工程实例·····	(141)
六、优化设计工程实例·····	(147)
第四节 袋式除尘器扩容改造·····	(151)
一、并联新的袋式除尘器·····	(151)
二、把袋式除尘器加高·····	(151)
三、改变滤袋形状·····	(151)
四、滤袋改为滤筒·····	(151)
五、袋式除尘器扩容改造实例·····	(151)
第五节 袋式除尘器节能改造·····	(159)
一、降低能耗的意义·····	(159)
二、袋式除尘器能耗分析·····	(159)
三、节能改造的途径·····	(162)
四、袋式除尘器节能改造实例·····	(163)
第六节 袋式除尘器其他改造·····	(171)
一、改造为滤筒除尘器·····	(171)
二、滤料失效分析与选用实例·····	(175)
三、清灰装置改造·····	(179)
四、袋式除尘器改造为电除尘器·····	(180)
五、制药厂袋式除尘器改造为湿式除尘器·····	(183)
第四章 湿式除尘器升级改造技术·····	(187)
第一节 湿式除尘器分类和性能·····	(187)
一、湿式除尘器分类·····	(187)
二、湿式除尘器工作原理·····	(188)
三、湿式除尘器性能·····	(190)
第二节 湿式除尘器技术进步·····	(191)
一、脱硫除尘一体化技术·····	(192)
二、贮水式除尘器的进步·····	(192)
三、文氏管除尘技术新进展·····	(194)
四、转炉湿法除尘技术的进展·····	(195)
第三节 湿式除尘器技术改造实例·····	(198)
一、转炉湿法除尘升级改造为半干法实例·····	(198)
二、转炉除尘环缝喷嘴布置的改进·····	(202)
三、煤气发生炉烟囱除尘器改造实例·····	(204)
四、锅炉麻石除尘器提效改造实例·····	(207)

第四节 湿法除尘改为干法除尘实例·····	(209)
一、精轧机湿法除尘改造为塑烧板除尘器·····	(209)
二、焦化厂装煤车除尘湿法改为干法节能改造·····	(212)
三、高炉煤气湿法除尘改为干法工程实例·····	(217)
第五章 机械除尘器升级改造技术·····	(223)
第一节 机械除尘器分类和性能·····	(223)
一、机械除尘器分类·····	(223)
二、重力除尘器构造和性能·····	(223)
三、挡板除尘器的结构和性能·····	(224)
四、旋风除尘器类型和性能·····	(226)
第二节 机械除尘器技术进步·····	(228)
一、重力除尘器的进步·····	(228)
二、回流式惯性除尘器的进步·····	(230)
三、多管旋风除尘器技术进步·····	(230)
第三节 机械除尘器改造实例·····	(232)
一、粉碎机的防尘改造·····	(232)
二、余热回收系统挡板除尘器改造·····	(234)
三、纯碱生产除尘改造·····	(234)
四、流化床锅炉多管除尘器改造·····	(234)
五、抛煤机锅炉陶瓷多管除尘器技术改造·····	(237)
第六章 除尘系统升级改造技术·····	(239)
第一节 除尘系统升级改造·····	(239)
一、升级改造原则·····	(239)
二、除尘管网对节能影响·····	(239)
三、除尘系统管网平衡方法·····	(240)
四、除尘系统节能改造实例·····	(243)
第二节 集气吸尘罩升级改造·····	(254)
一、集气吸尘罩的分类·····	(254)
二、集气吸尘罩改造原则·····	(254)
三、料场卸车机除尘升级改造实例·····	(255)
第三节 除尘通风机调速节能改造·····	(260)
一、通风机调速节能原理·····	(260)
二、节能方法比较·····	(262)
三、调速方法的选择·····	(263)
四、通风机调速节能改造实例·····	(263)
第四节 输灰系统升级改造·····	(268)

一、粉尘的输送方式·····	(268)
二、输灰系统改造注意事项·····	(268)
三、输灰系统升级改造实例·····	(269)
第五节 除尘系统防灾改造·····	(274)
一、爆炸机理及特点·····	(275)
二、防燃防爆对策·····	(276)
三、LT 静电除尘器防泄爆改造实例 ·····	(277)
四、除尘设备事故应急预案·····	(278)
参考文献 ·····	(280)

第一章 除尘工程升级改造总则

随着我国经济的发展和国家环保标准的日趋严格，原有的一些除尘工程已不能满足新标准要求，除尘工程升级改造势在必行。本章介绍除尘工程概况和升级改造总则。

第一节 除尘系统组成

一、除尘系统组成

1. 除尘系统组成

除尘系统由集气吸尘罩、输气管道、除尘器、排灰装置、风机、电机、消声器和排气筒等组成，如图 1-1 所示。除尘系统有时还带伸缩节、冷却器等。除尘系统是利用风机产生的动力，将含尘气体从尘源经输气管道送入除尘器内净化，净化后的气体经风机、消声器、排气烟囱排出，回收的粉尘由排灰装置排出。整个除尘系统由电控装置控制。

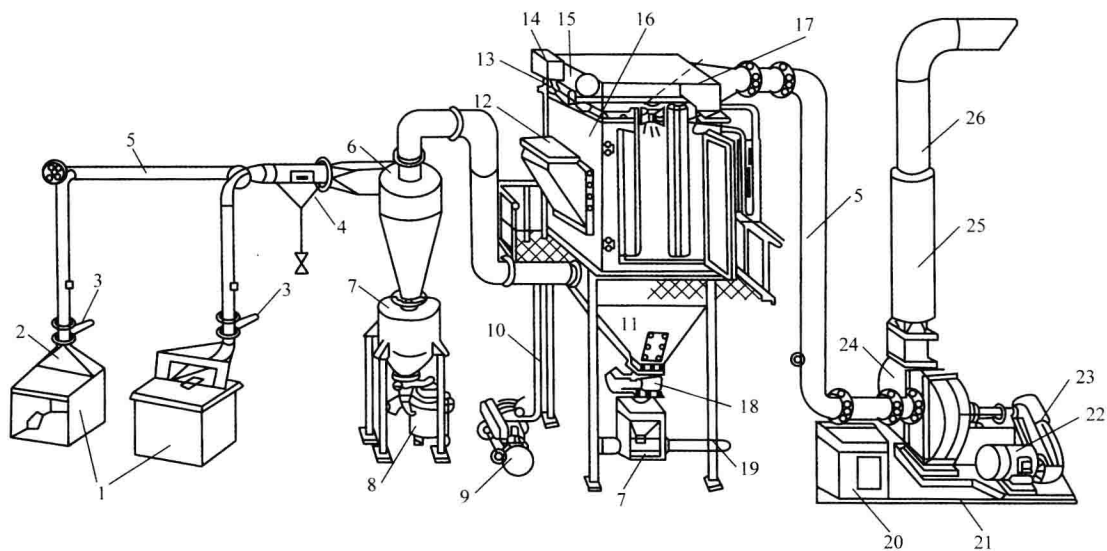


图 1-1 除尘系统设备组成

- 1—尘源设备；2—集尘罩；3—调节阀；4—冷却器；5—风管；6—旋风除尘器；7—集尘箱；8—集尘车；
9—空压机；10—压气管；11—灰斗；12—防爆板；13—脉冲阀；14—脉冲控制仪；15—气包；
16—除尘器箱体；17—检修门；18—卸灰阀；19—输灰机；20—控制柜；21—减振器；22—电机；
23—传动装置；24—风机；25—消声器；26—排气筒

2. 除尘系统工作过程

空气污染物在车间的扩散机理是污染物依附于气流运动而扩散的。对于生产过程散发到

车间空气中的污染物，只要控制住室内二次气流的运动，就可以控制污染物的扩散和飞扬，从而达到改善车间内外空气环境质量的目的。这就是采用局部排气通风方法控制空气污染物扩散的依据。

控制空气污染物在车间内外扩散的局部通风方法，简单地说，就是在局部污染源设置集气罩，把污染空气捕集起来并经净化后排至室外，这是生产车间控制空气污染的最有效、最常用的方法。

局部排气净化系统所需要的风量小、效果好，能耗也少。当生产条件受到限制，不可能采取局部排风方式，或者虽然采用局部排风方式，生产场所内污染物浓度仍达不到有关标准时，可以采用全面通风方式。全面通风就是对整个污染车间，用新鲜的空气进行全面换气，把污染物稀释到允许浓度以下。全面通风所需风量大，设备庞大，能耗也高。

一个完整的除尘系统的工作过程应包括以下几个方面：①用集气吸尘罩（包括密闭罩）将尘源设备散发的含尘气体捕集并接入除尘管道；②借助风机通过管道输送含尘气体；③在除尘器中将粉尘分离；④将已净化的气体通过风机、烟囱排至大气或其他收集装置；⑤将在除尘器中分离下来的粉尘用输灰装置运送到相关地点。在净化系统中还应增设必要的设备和附件。例如：除尘系统的清灰孔，高温烟气的冷却装置、余热利用装置，满足钢材热胀冷缩变化的管道补偿器，输送易燃易爆气体时所设的防爆装置，以及用于调节系统风量和压力平衡的各种阀门，用于测量系统内各种参数的测量仪表、控制仪表和测孔，用于支撑和固定管道、设备的支架，用于降低风机噪声的消声装置等。

因此，除尘系统中的主要设备有集气吸尘罩、管道、除尘器、输灰装置等。然而在各个具体情况下，并不是每个系统都具有以上这些设备，如直接由炉内抽烟气，可以没有抽尘罩；当尘源附近设置就地除尘机组时，净化后气体直接排入室内，可以不要管道和烟囱；当尘源设备排出高温烟气时，还要对高温烟气进行降温处理后净化；对仓顶除尘器可以不设风机等。但是在一般情况下都有不同除尘设备，只是根据相同的工艺设备及要求，选择的除尘设备不同而已。

二、除尘系统设备分类

除尘设备按其在除尘系统的作用可分为以下几类。

1. 含尘气体捕集设备

含尘气体捕集设备主要是集气吸尘罩，在集气吸尘罩中又分为各种不同的捕集方式和罩型。

2. 含尘气体输送设备

含尘气体输送设备主要是输送管道及配套件，配套件中包括弯头、三通、四通、弯径管、导流板、法兰等。此外还要有检测孔、检查孔、清扫孔、支架等。

3. 含尘气体净化设备

含尘气体净化设备主要是各种除尘器。适用于不同粒径和特征的除尘器，见图 1-2。

4. 含尘气体抽吸设备

含尘气体抽吸设备主要是风机，风机提供含尘气体捕集、输送、净化和排放的动力。除尘用风机多是中、高压风机和除尘专用风机。

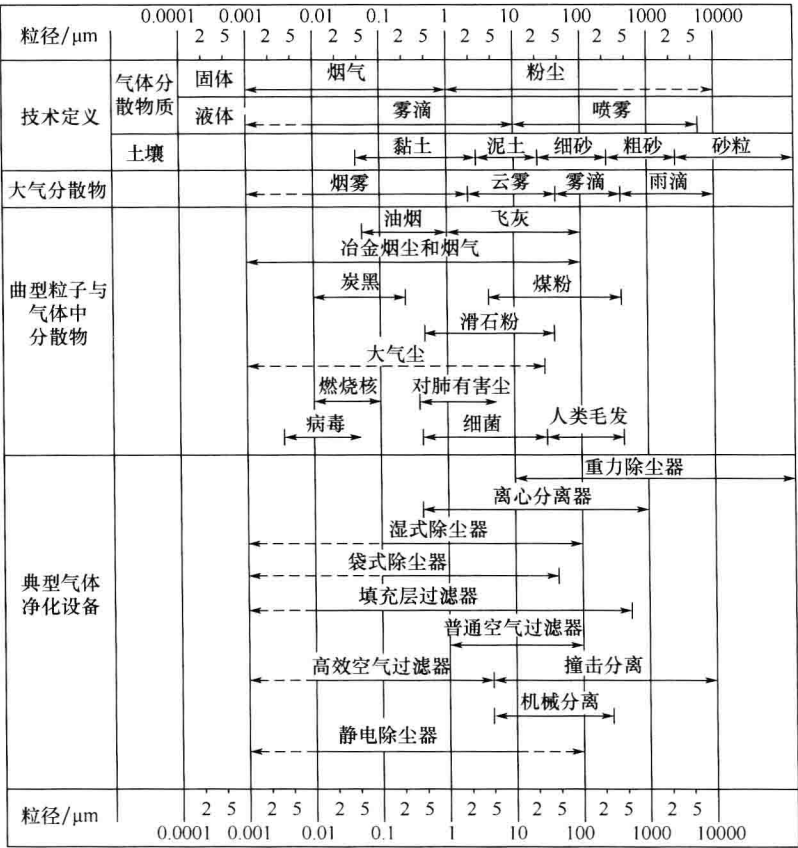


图 1-2 粉尘粒径特征和相应的除尘器

5. 粉尘输送设备

粉尘输送设备包括机械输送设备和气力输送设备两类。机械输送设备主要有螺旋输送机、刮板输送机、斗式提升机、加湿机、储灰仓和运尘汽车；气力输送设备主要有正压输送装置、负压输送装置、仓式泵和斜槽等。

6. 其他设备

除尘系统一般配有消声器、隔振垫。对于高温含尘气体要用冷却器降温，管道膨胀伸缩还要用各种形式的补偿器。

三、除尘净化设备能耗

除尘系统的能耗是由于含尘气流通过系统流动时产生的压力降引起的，包括管道压降和除尘设备本体压降。管道压降按流体通过管网时直管摩擦阻力损失和管件局部阻力损失计算。除尘净化设备运行所需能量可分为两类：一是含尘气流通过除尘器运动所需的能量；二是除尘器中独特的捕集力所附加的能量。

第一类能耗是由于气流通过装置流动引起的摩擦损失造成的，总是存在的，而且是除尘器能耗的主要部分。第二类能耗是除尘器除流体运动以外所附加的能耗。例如电除尘器中高压供电装置的电耗；湿式洗涤器中用泵输送洗涤液的能耗；袋式除尘器中的振打装置的能耗

等。第二类能耗与第一类相比,是次要部分,但绝不能忽略。尽管在某些机械式除尘器中,如在旋风除尘器中它可能完全不存在。

所谓除尘器压降如图 1-3 所示,系指除尘器进口和出口气流全压之差,一般按除尘器进口动压的倍数计算。

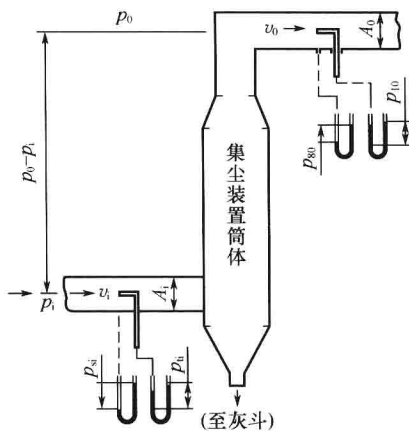


图 1-3 除尘器压降示意

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho v_1^2}{2} \quad (1-1)$$

式中, Δp 为除尘器压降, Pa; v_1 为除尘器进口气流速度, m/s; ρ 为气体密度, kg/m³; ζ 为除尘器压损系数(阻力系数)。

除尘器压降产生的能耗:

$$E = Q \Delta p \times 10^{-3} \quad (1-2)$$

式中, E 为除尘器能耗, kW; Q 为气体流量, m³/s; Δp 为除尘器压降, Pa。

湿式除尘器中输送液体的电耗:

$$E_L = Q_L \Delta p_L \times 10^{-3} \quad (1-3)$$

式中, E_L 为输送液体能耗, kW; Q_L 为液体流量, m³/s; Δp_L 为输送液体的压降, Pa。

液体损失相当的电耗:

$$\Delta E_L = 3600 \Delta Q_L R_W / R_E \quad (1-4)$$

式中, ΔE_L 为液体损失相当的能耗, kW; ΔQ_L 为液体损失量, m³/s; R_W 为水费, 元/m³; R_E 为电费, 元/(kW·h)。

据统计资料表明,一般除尘器的能耗范围为 0.2~2.4kW·h/(1000m³), 粗略平均为 0.6kW·h/(1000m³)。在很多情况下发现,除尘器的总除尘效率较高,电耗也越高。

【例 1-1】 估算下面几种除尘器处理 1000m³/h 气体的电耗: (1) 压降为 0.2kPa 的重力除尘器; (2) 压降为 1.5kPa 的旋风除尘器; (3) 气体压降为 5kPa 的文丘里除尘器, 水耗量为 0.94m³/h, 输水压降 1.3×10^5 Pa, 水量损失率 5%, 水费 0.07 元/m³, 电费 0.12 元/(kW·h); (4) 静电除尘器, 压降 300Pa, 本体用电 0.18kW·h/(1000m³); (5) 机械振动清灰袋式除尘器, 压降 1.5kPa, 清灰用电 0.164kW·h/(1000m³)。假定通风机的效率为 0.65, 水泵的效率为 0.75。

解：(1) 重力除尘器电耗

$$E = \frac{1000 \times 200 \times 10^{-3}}{3600 \times 0.65} = 0.085 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1000 \text{ m}^3)$$

(2) 旋风除尘器电耗

$$E = \frac{1000 \times 1500 \times 10^{-3}}{3600 \times 0.65} = 0.64 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1000 \text{ m}^3)$$

(3) 文丘里除尘器电耗

风机电耗

$$E = \frac{1000 \times 5000 \times 10^{-3}}{3600 \times 0.65} = 2.14 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1000 \text{ m}^3)$$

水泵电耗

$$E_L = \frac{0.94 \times 1.3 \times 10^5 \times 10^{-3}}{3600 \times 0.75} = 0.045 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1000 \text{ m}^3)$$

水损失电耗

$$\Delta E_L = \frac{0.94 \times 0.05 \times 0.07}{0.12} = 0.027 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1000 \text{ m}^3)$$

湿式除尘器总电耗 = $2.14 + 0.045 + 0.027 = 2.212 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1000 \text{ m}^3)$

(4) 静电除尘器电耗

风机电耗

$$E = \frac{1000 \times 300 \times 10^{-3}}{3600 \times 0.65} = 0.128 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1000 \text{ m}^3)$$

除尘器本体电耗 = $0.18 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1000 \text{ m}^3)$

总电耗 = $0.125 + 0.18 = 0.308 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1000 \text{ m}^3)$

(5) 袋式除尘器电耗

风机电耗

$$E = \frac{1000 \times 1500 \times 10^{-3}}{3600 \times 0.65} = 0.64 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1000 \text{ m}^3)$$

清灰电耗 = $0.164 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1000 \text{ m}^3)$

总电耗 = $0.64 + 0.164 = 0.804 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1000 \text{ m}^3)$

将 5 种除尘器的总电耗汇总在表 1-1 中, 并以旋风除尘器电耗的相对值归为 1, 则可求出其他除尘器电耗的相对比值。

表 1-1 5 种除尘器电耗汇总

除尘器	总电耗/[kW · h/(1000m ³)]	相对值	除尘器	总电耗/[kW · h/(1000m ³)]	相对值
重力除尘器	0.085	0.13	静电除尘器	0.308	0.48
旋风除尘器	0.640	1.0	袋式除尘器	0.804	1.26
文丘里除尘器	2.212	3.46			

四、除尘设备能耗评价方法

我国尚未制订与发布除尘设备能耗评价标准, 多用单一性能耗指标来表述除尘设备能耗, 如电耗 kW/(1000m³)、风耗 m³/(1000m³)、水耗 kg/m³、油耗 kg/m³ 等。20 世纪中

期，有单位曾引用“功流比”（kW/10⁴ m³）等专业性能耗指标来表述电炉除尘的能耗。实践证明，单一性能耗指标用于评价除尘设备能耗，是不全面的。

可比能耗是国际标准化组织用于评价工业产品综合能耗的方法。随着全球能源需求危机的风险扩大，节能减排已经成为世界各国转变经济增长方式的重要突破口。基于节能减排、产品开发和技术交流的需要，可比能耗指标法已经应用于国民经济各个领域，但尚未在环境工程领域推广与应用。

1. 术语

（1）能耗 用于除尘设备运行消耗的各类能源总和；以实物量计示。能耗包括主机能耗、附机能耗和其他能耗。

（2）综合能耗 各类实物能耗，按国家统计局统一规定折算为标准煤能耗的总量；以“t 标准煤/h”计示。

（3）可比能耗 以除尘设备实物能耗为依据，按主机相关参数折算为单位处理能力的标准煤能耗，作为可比能耗指标；以“kg 标准煤/1000m³”计示。

2. 可比能耗评价原则

- （1）坚持国家标准和国际标准的原则，优先与国际标准接轨。
- （2）坚持法定计量单位的统计原则。
- （3）坚持能量守恒与热平衡的全面计量原则。

3. 评价方法

推荐作为评价除尘设备能耗指标的可比能耗按下式计算：

$$q = \sum_{i=1}^n (q_i \cdot n_i) / L_0 \times 10^3 \tag{1-5}$$

式中， q 为可比能耗，kg 标准煤/km³； q_i 为单项实物能耗，以实物量计示； n_i 为单项实物能耗折算标准，见表 1-2； L_0 为除尘设备处理能力，km³/h； Σ 为代数求和。

按国家统计局、国家质量技术监督局和有关行业规定，除尘设备常用能源推荐折算标准按表 1-2 规定执行。

表 1-2 除尘设备常用能源推荐折算标准

能源名称	标准煤折算系数	能源名称	标准煤折算系数
洗精煤/(t/t)	0.9840	液化气/(t/t)	1.4347
无烟煤/(t/t)	0.7723	电/(t/10 ⁴ kW·h)	4.040
动力煤/(t/t)	0.6180	蒸汽/(t/GJ)	0.0437
汽油/(t/t)	1.4714	新水/(t/kt)	0.2340
柴油/(t/t)	1.5714	环水/(t/kt)	0.1350
焦油/(t/t)	1.2857	软水/(t/kt)	0.5000
粗苯/(t/t)	1.4286	氧气/(t/km ³)	0.2800

续表

重油/(t/t)	1.4157	空气/(t/km ³)	0.4070
冶金焦/(t/t)	0.9530	氮气/(t/km ³)	0.0760
焦粉/(t/GJ)	0.8040	氢气/(t/km ³)	2.2400
混合煤气	0.3416	氩气/(t/km ³)	0.5400

4. 实例

以 450m³ 高炉出铁场除尘能耗为例分析。

(1) 技术规格 型号 LFDM1×2954；过滤面积 2954m²；处理风量 232km³/h；设备阻力 1065Pa。

(2) 能耗分布

- ① 电力 825kW，(引风机 800kW；装车机 20kW；其他 5kW。) 折计 0.0825×10⁴kW·h/h；
- ② 氮气 4.0m³/min，折计 0.24km³/h。
- ③ 润滑油 0.2kg/h，折计 0.20×10⁻³t/h。
- ④ 冷却水 12t/h，折计 0.012kt/h。

(3) 可比能耗 可比能耗计算结果，见表 1-3。

表 1-3 可比能耗计算

序号	项目	实物能耗	标准煤折算系数	标准煤综合能耗/(t/h)
1	综合能耗	—	—	0.3382
1.1	电力/(10 ⁴ kW·h/h)	0.0825	4.040	0.3333
1.2	氮气/(km ³ /h)	0.24	0.765	0.0018
1.3	润滑油/(t/h)	0.2×10 ⁻³	1.5714	0.0003
1.4	冷却水/(kt/h)	0.012	0.2340	0.0028
2	处理能力/(km ³ /h)	232	—	—
3	可比能耗/(kg 标煤/km ³)	—	—	1.4578

应用可比能耗法评价除尘设备能耗是科学、先进与可行的，符合国家标准和国际标准规定；建议制订和发布《环保设备可比能耗评价方法》，科学指导环保设备节能减排的监测与计量，为环保设备能耗评价标准化提供依据。

第二节 除尘器的分类和性能

一、除尘器的分类与评价

1. 除尘器的分类

除尘器的不同分类方法可以分成许多类型，用于不同粉尘和不同条件。

(1) 按除尘作用力原理情况分类详见表 1-4。

- (2) 按捕集烟尘的干湿情况分类详见表 1-5。
- (3) 按除尘效率分类详见表 1-6。

表 1-4 常用除尘器的类型与性能

型式	除尘作用力	除尘设备种类		适用范围				不同粒径效率/%		
				粉尘粒径 / μm	粉尘浓度 /(g/m^3)	温度 / $^{\circ}\text{C}$	阻力/ Pa	$50\mu\text{m}$	$5\mu\text{m}$	$1\mu\text{m}$
干式	重力	重力除尘器		>15	>100	<400	$200\sim1000$	96	16	3
	惯性力	惯性除尘器		>20	<100	<400	$400\sim1200$	95	20	5
	离心力	旋风除尘器		>5	<100	<400	$400\sim2000$	94	27	8
	静电力	电除尘器		>0.05	<30	<300	$200\sim300$	>99	99	85
	惯性力、 扩散力 与筛分	袋式 除尘器	振打清灰	>0.1	$3\sim10$	<260	$800\sim2000$	>99	>99	99
			脉冲清灰				$800\sim1500$	100	>99	99
反吹清灰			$800\sim2000$				100	>99	99	
湿式	惯性力、 扩散力 与凝集力	自激式除尘器		$100\sim0.05$	<100	<400	$800\sim1000$	100	93	40
		喷雾除尘器			<10	<400	$800\sim1000$	100	96	75
		文氏管除尘器			<100	<800	$5000\sim10000$	100	>99	93
	静电力	湿式电除尘器		>0.05	<100	<400	$300\sim400$	>98	98	98

表 1-5 除尘器的干湿类型

除尘类型	烟尘状态	除尘设备
干式除尘	干尘	重力除尘器、惯性除尘器、干式电除尘器、袋式除尘器、旋风除尘器、泡沫除尘器、冲击式除尘器、文丘里除尘器、湿式除尘器、水膜除尘器
湿式除尘	泥浆状	

表 1-6 除尘器除尘效率类型

除尘类型	除尘效率/%	除尘器名称
低效除尘	约 60	惯性除尘器、重力除尘器、水浴除尘器
中效除尘	$60\sim95$	旋风除尘器、水膜除尘器、自激除尘器、喷淋除尘器
高效除尘	>95	电除尘器、袋式除尘器、文丘里除尘器、空气过滤器、滤筒式除尘器、塑烧板除尘器

- (4) 按除尘器在除尘系统的工作状态，除尘器还可以分为正压除尘器和负压除尘器两类。按工作温度的高低分为常温除尘器和高温除尘器两类。按除尘器大小还可以分为小型除尘器、中型除尘器、大型除尘器和超大型除尘器等。
- (5) 按除尘设备除尘机理与功能的不同，根据《HJ/T 11—1996 环境保护设备分类与命名》的方法分，除尘器分为以下 7 种类型：①重力与惯性除尘装置，包括重力沉降室、挡板式除尘器；②旋风除尘装置，包括单筒旋风除尘器、多筒旋风除尘器；③湿式除尘装置，包括喷淋式除尘器、冲激式除尘器、水膜除尘器、泡沫除尘器、斜栅式除尘器、文丘里除尘器；④过滤层除尘器，包括颗粒层除尘器、多孔材料除尘器、纸质过滤器、纤维填充过滤器；⑤袋式除尘装置，包括机械振动式除尘器、电振动式