第九届全国燃煤二氧化硫、氮氧化物污染治理技术暨脱硫脱氮技术应用工程实例交流会

论文集

二〇〇五年五月

中国环境科学学会

目　录

电站脱硫烟道壁厚及其加固肋设计优化探讨 1
燃烧工业型煤和方形蜂窝型煤的新型层燃锅炉 7
火电厂脱硫用石灰石粉制备工艺和设备选择 11
破解燃煤二氧化硫污染防治的世界难题 实现循环经济的战略突破 16
湿式电脱硫技术研究 23
炭法烟气脱硫及资源化技术现状与前景 26
废渣型燃煤固硫剂的制备及其应用 32
国内燃煤电厂脱硝发展现状 38
浅谈燃煤氮氧化合物控制技术 43
应用于 WFGD 中石灰石的活性测试 46
中国石化燃煤热电厂(站) SO_2 排放现状及治理对策 51
WFGD 脱硫效率的研究与分析 56
媒体颗粒流化床半干法烟气脱硫新工艺研究 60
关于燃煤脱硫立法的探讨 66
好氧反硝化处理含氮废水中气态中间产物的研究分析 72
活性焦脱硝(NOx)性能试验研究 77
火电厂烟气排放连续监测系统设计探讨 80
喷钙脱硫技术在中、小型 CFB 锅炉上的应用 87
燃煤锅炉烟道气生物脱硫技术 93
微生物烟气脱硫技术研究进展 97
循环流化床锅炉石灰石脱硫计算方法的探讨 104
烟气净化设备的腐蚀与防护 108
烟气脱硫脱硝催化剂的研究进展 114
中国火电厂脱硫脱硝市场与技术分析 117
电子束烟气脱硫技术及工业应用 123
喷淋泡沫脱硫除尘技术应用与实践 127
我国清洁煤技术发展现状与对策 133
新型烟气除尘脱硫一体化设备——多级雾化超重力旋转床 138
循环流化床烟气脱硫技术工业化实验研究 144
火电厂实施 SCR 法烟气脱硝前所应考虑的因素 147
合理分配二氧化硫总量，促进二氧化硫市场交易 151
喷淋塔烟气脱硫的喷嘴特性研究 153
燃煤电厂同时脱硫脱氮技术研究 158
燃煤电厂脱硫生成物综合利用的经济技术价值分析 161
脱硫改造工程的烟囱防腐问题及其措施 165

用循环流化床洁净燃烧技术控制燃煤工业锅炉二氧化硫污染
——中国燃煤工业锅炉二氧化硫污染综合防治对策(六) 170
应用烟气脱硫技术控制燃煤工业锅炉二氧化硫污染
——中国燃煤工业锅炉二氧化硫污染综合防治对策(七) 180
学习固废法看型煤锅炉的利弊 189
对套装除尘脱硫脱氮装置的商榷和看法 190
湿法烟气脱硫系统中换热器的选择 192
在燃煤锅炉上优化 SCR 催化剂的设计及性能 197
大型燃煤电站锅炉烟气脱硝(SCR)系统的设计与运行经验 208
氨-硫铵法在锅炉烟气脱硫中的应用 218

电站脱硫烟道壁厚及其加固肋设计优化探讨

赵经濂　杨　虹　武汉凯迪电力环保有限公司 湖北 武汉 430223；
傅文玲　巴威公司北京代表处-凯迪公司技术支持方　北京 100004

摘　要：就目前许多脱硫工程公司普遍应用的 WFGD 烟道壁厚及加固肋(加强筋)的设计方法，发现无论是 300MW 还是 600MW FGD 的烟道，绝大多数采用 6mm 壁厚的烟道。其加固肋随烟道截面增加而数量多、肋/板比高，使得耗费大量钢材。本文对烟道壁厚及其加固肋采用的型钢种类、尺寸、肋间距等进行了优化分析。由优化计算结果曲线得出了结论：烟道壁厚增加可使其刚度和加固肋间距增加，若采用 H 型钢加固肋，效果更为明显，即大量节省钢材造价和布置空间。另外，对于需防腐的净烟道，若采用采用有防腐措施的内撑杆，可大幅降低加固肋的高度和钢材消耗。

关键词：烟气脱硫 FGD；烟道壁厚；加固肋(加强筋)；设计优化

作者在做 WFGD 烟道设计及审查相关设计图纸过程中，用心做了一些烟道壁厚及其加固肋的优化工作。由于需要同时编制计算程序，收集了较多的应用数据和对大量的试算数据进行了处理。经过全面的优化比较，得到有一定指导意义的结论。对目前已取得的阶段性成果，在此与同行们进行交流。望脱硫工艺设计及造价估算同行们重视这方面研究和改进设计规程。

1　目前的问题和优化的必要性

按照脱硫招标书技术附件中的普遍要求：烟道钢板壁厚最小 6 mm，外部要充分加固和支撑，以防止颤动(易抖落防腐鳞片衬里)和烟道整体振动。所有需防腐保护的烟道仅采用外部加强筋，不允许有内部加强筋或支撑(见照片 1)。烟道外部加强筋应统一间隔排列。加强筋使用统一的规格尺寸或尽量减少加强筋的规格尺寸，以便使敷设在加强筋上的保温层易于安装。

目前脱硫烟道壁厚及加固肋设计方法是采用火电厂烟风煤粉管道设计技术规程，具体根据“T3-烟风道加固肋及内撑杆选择”来计算。无论是 300MW 还是 600MW FGD 的烟道壁厚，均采用上述的最小壁厚 6mm。为满足烟道强度、刚度和振动的整体要求，按典道标准计算方法中提供的型钢种类及其规格来设计加固肋。导致了加固肋数量多、高度高、肋/板重量比高，特别是大的湿烟道设计(对于 600MW FGD，烟道截面达～10x6m)尤其突出，肋的重量竟是板重 150%以上。由此造成的问题主要有：

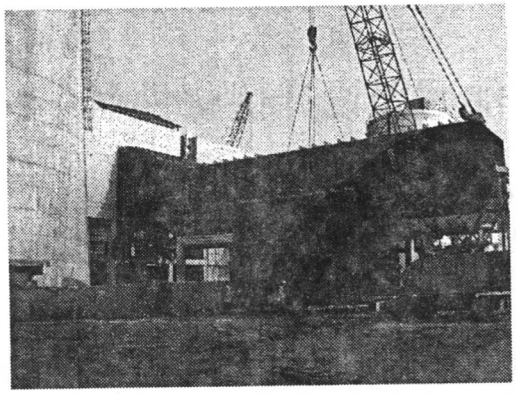
1）肋的型号规格过大，目前控制一般不超过 I40a，肋高达 400 mm。消耗大量钢材，同时道体刚度没有得到多大增加；

2）由于肋高大，远远超过所需保温层的厚度。按照相关规定，此时需重新计算保温厚度，并采用“留置空气层的保温结构”，由此大量增加保温主材和辅材的使用(顺便提一下，保温材料清册中未计及由此产生相关材料的消耗，也未进行保温厚度的重新计算)；

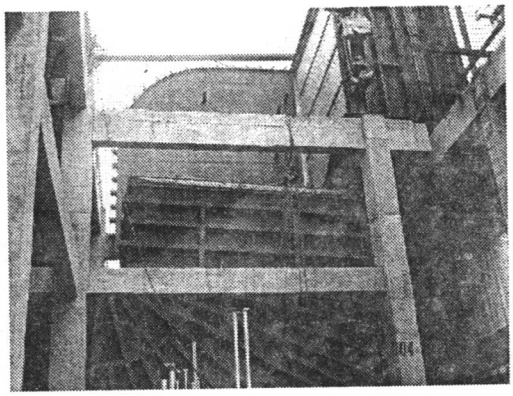
3）上述问题必然伴随发生的烟道占用空间大量增加，给 FGD 的布置不利(见照片 2)；

4）整个 FGD 工程的钢材消耗指标恶化，使烟道造价远大于原投标估算值；

5）钢材消耗增加的同时，没有收到相应的回报，净烟气烟道内衬防腐层脱落问题时有发生。



照片 1. 需防腐的烟道不允许用内撑杆



照片 2. 烟道加固肋增加和增大使其占用空间大

据称日本 FGD 工程中的净烟气烟道的壁厚普遍采用 8～10 mm，扬州发电厂进口日本的湿法 FGD 系统运行两年来，其内衬玻璃鳞片完好如初；广东台山电厂 FGD 烟道从外观看，其加固肋高度很小，虽然烟道为壁厚 6mm，但采用了不锈钢的内撑杆。此外，从国外的一些资料图片得到的信息，其加固肋的密度和大小，均小于我国目前 WFGD 烟道的设计状况。

综合以上信息，有必要对烟道壁厚及加固肋的型式进行分析、优化和改进等研究。

2 优化计算的依据

根据电力部相关标准及其计算方法，将其中“T3－烟风道加固肋及内撑杆选择”的相关计算公式重新整理如下：

1）加固肋中心间距 S 计算公式

强度条件：
$$S_{\max}=55\delta\sqrt{\frac{[\sigma]^t}{\sum q}}+50 \quad \text{mm} \tag{1-1}$$

刚度条件：
$$S_{\max}=82\delta_3\sqrt{\frac{E}{\sum q}}+50 \quad \text{mm} \tag{1-2}$$

振动条件：
$$S_{\max}=116\sqrt{\delta}\bullet\sqrt[4]{E}+50 \tag{1-3}$$

荷载 q 以及材料和使用温度一定时，上式可以分别简写为：

$$S_{\max}=f(\delta)\text{和}S_{\max}=f(\delta^{0.5}) \tag{1-4}$$

由上述公式可以知道：加固肋间距和板厚或板厚的 0.5 次方成正比，刚接加固肋决定了各面都有相同的 S 值，由此振动条件最终决定 S 的取值。虽然 S 值降低，但烟道使用较厚钢板时，其强度和刚度的储备得以增加，尤其对后者。刚度的大幅提高，对净烟道的防腐处理有非常积极的意义。

2）加固肋跨度 L 的计算公式

强度条件：
$$L_{\max}=3464\cdot\sqrt{\frac{Z[\sigma]^t}{(\beta q_o+\sum q_{dl})S}}+50 \quad \text{mm} \tag{2-1}$$

刚度条件：
$$L_{\max}=1566\cdot\sqrt[3]{\frac{EI}{\sum q_S}}+50 \quad \text{mm} \tag{2-2}$$

在荷载、材料和使用温度决定后，上式可以分别简写为：

$$L_{\max}=f(Z^{0.5}) \quad \text{和} \quad L_{\max}=f(I^{1/3}) \tag{2-3}$$

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com

振动条件：　　$L_{max}=542\cdot\sqrt[4]{\frac{EI}{G}}+50$　　2—4

在荷载、材料和使用温度决定后，上式可以分别简写为：

$$L_{max}=f[(I/G)^{0.25}]$$　　2—5

Z、I 和 G 参数，均与加固肋选用的型钢型号和规格相关。

3　主要优化的范围和内容

从以上的分析可以得知，在材料不变的前提下，增加板厚的同时也提高了加固肋的 Z 和 I 值，同时合理选择型钢结构来降低 G 值，达到降低金属耗量、提高道体刚度，从而优化加固肋结构的目的。

遵循以上原理，对刚接加固肋计算程序进行必要扩充和修改，之后对不同烟道尺寸，壁厚及其加固肋型钢结构进行计算和分析。

3.1 计算的基准如下：

烟道壁厚 6 mm 和 8 mm 两种规格；

计算压力均为 4 kPa；

积灰高度均为道体高度的 1/6；

干灰容重：900 kg/m^3；湿灰容重－1500 kg/m^3；

基本风压：0.5 kPa；基本雪压－0.3 kPa。

图 1 为不同壁厚的干、湿烟道高度与加固肋间距的关系曲线。

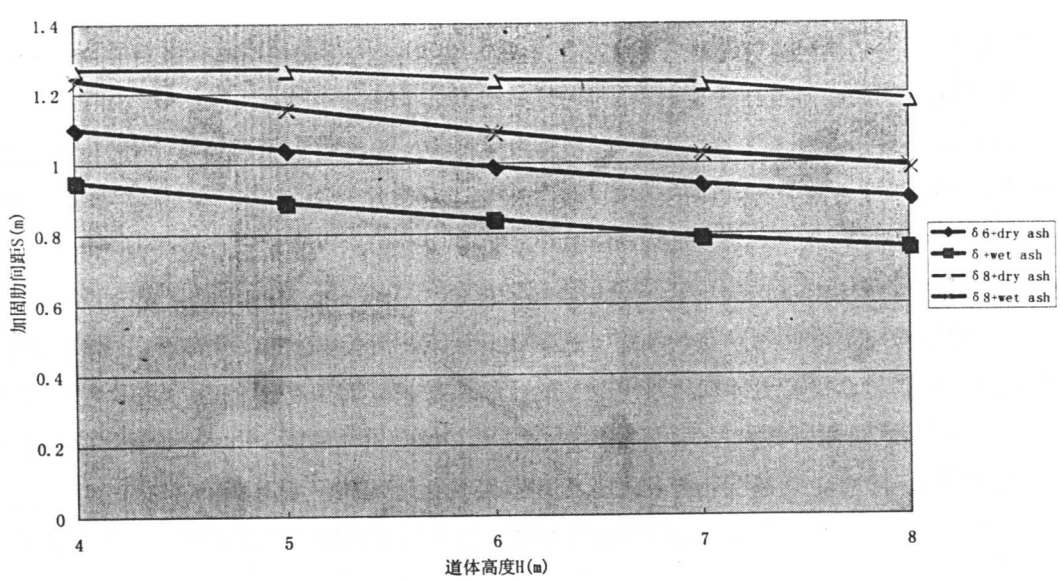


图 1　道体高度 H(m)和加固肋间路 s(m)

从图 1 可看出，在烟道道体高度 6m 时，干灰烟道壁厚 6mm 时加固肋间距 S 为 1m，而壁厚 8mm 时为 1.25m。

3.2　型钢选择

型钢必须有高的 I 值，同时重量 G 要轻。对可能使用的型钢，如槽钢、工字钢、H 型钢、矩形箱型钢，以及 T 型钢等均进行了试算和比对。结果发现，T 型钢在 I 增加的同时，G 值增加的速度更快，且 Z 值下

降幅度巨大；矩形箱型钢的I值随尺寸增大时的增幅较小。因此，决定舍弃T型钢和矩形箱型钢。

结果还表明，H型钢是较好的选择。同时H型钢的品种、系列及其规格比较丰富，制作方法也较多，轧制、工厂或现场焊制均可。为了达到优化的目的，H型钢要尽量选择腹壁和翼缘厚度均较小的规格，大致在6～10mm的范围。

H型钢和标准计算采用的型钢加固肋的主要计算数据比较曲线，见图2(不同壁厚、加固肋型式的干烟道道体重量)和图3(不同壁厚、加固肋型式的湿烟道道体重量)。

图4和图5分别为干、湿烟道不同壁厚时的“肋/板”比。

3.3 计算程序的配套

根据分析结果，对“刚接加固肋计算程序”进行了修改和扩充。现在已经可以计算6 mm和8 mm两种壁厚，同时可以自由选择标准计算型钢、H型钢加固肋，或者两者混合使用均可。

4 结论和问题

1) 增加壁厚可以显著提高烟道道体刚度，对净烟气烟道有积极意义；

2) 增加壁厚可以显著加大加固肋间距S，幅度大于25%(见图1)；

3) 增加壁厚的同时，采用H型钢加固肋，其总重量和标准计算型钢比较，变化范围从增加(<20%到降低(最多达～17%)。金属耗量从增加到降低的拐点大概出现在道体高度为6 m处。因此，道体尺寸越大，采用H型钢加固肋节约钢材越多(见图2，3)。

4) 壁厚提高到8 mm后，肋/板比大幅下降(最大超过50%)，提高钢材使用的合理性，同时型钢高度也略有降低(见图4，5)；

5) 由于目前掌握的H型钢规格仍然不够多，因此各项参数的间隔仍然较大，优化的幅度受到较大局限。

建议在完善H型钢结构计算并提出系列之后，和大中型钢结构公司协商，由其提供WFGD所需的不同规格焊接H型钢，以保证质量和进度。

6) 由于受振动条件和频率控制的限制，在不设内撑杆条件下，要大幅度降低金属耗量是困难的，或者是不可能的。大尺寸烟道截面加固肋的选型均受其限制，此时加固肋的尺寸巨大。在烟道高度9～10 m时，可达I40a甚至H450。

因此建议，凡可以使用内撑杆的场合，当加固肋高度超过250 mm时应尽量采用内撑杆。

对于目前不建议使用内撑杆的净烟气烟道，应尽快开展内撑杆及其材料、结构和防腐等方面的研究，达到大幅度降低金属耗量，提高道体整体刚度的目的。举例来说，道体高度8 m，不设内撑杆时的型钢为I36a，加一根内撑杆后就可以降低到[10，每圈加固肋即可节约金属约600～700kg(取决于内撑杆型式和材料，由此节约的保温、防腐、土建结构材料及其制作安装费用等均未计算在内)。全部工程节约的钢材及其费用可观，而且难度应该不会很大。内撑杆结构型式，目前可以吸收“苏源环保公司”相关分析研究的成果。

7) 由于STADD程序是结构计算程序，用来计算烟道加固肋结构尚有一些问题有待解决。作为进一步的优化加固肋结构，将会在下阶段考虑采用STADD、以及SolidWork等软件，同时对烟道应力、加固肋结构形式等进行分析，优化道体、型钢、异型件和弯头等结构。

8) 进一步的优化还应包括烟道异型件流线的分析、模拟和优化。

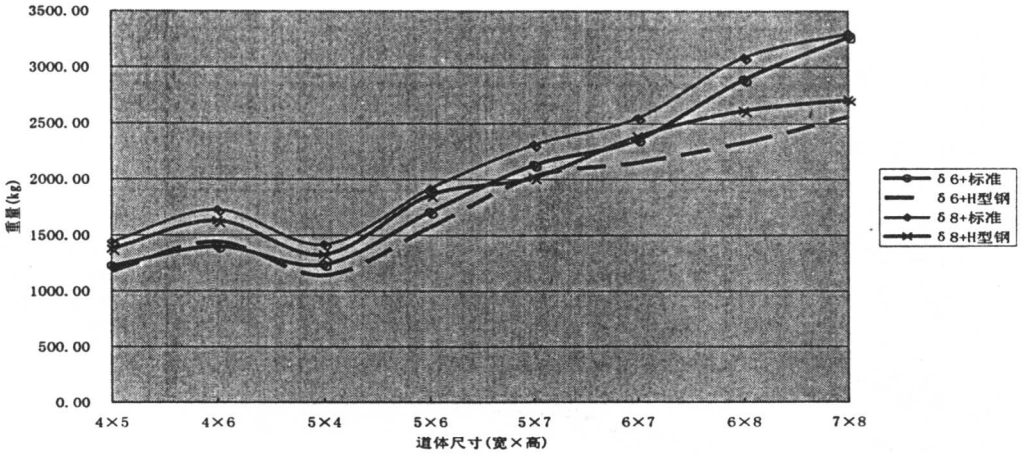


图 2　不同壁厚、加固肋型式的干烟道道体重量

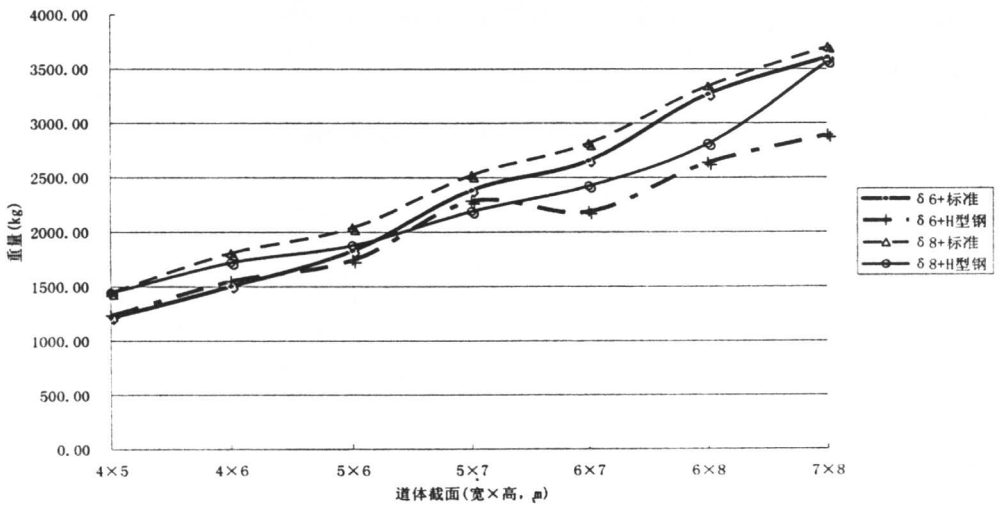


图 3　不同壁厚、加固肋型式的湿烟道道体重量

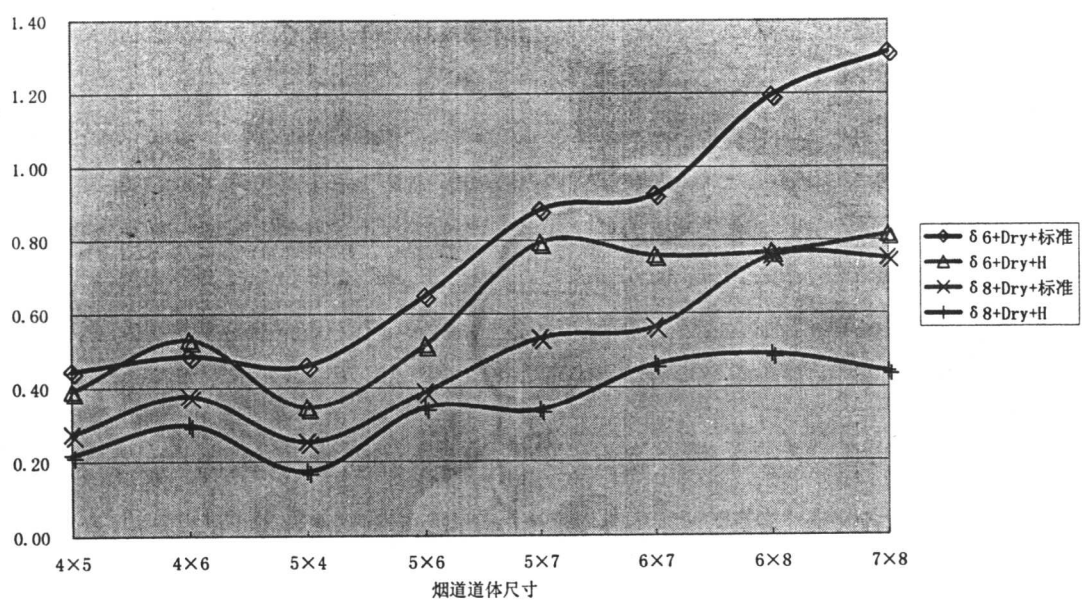


图 4　干烟道不同壁厚时的“肋/板”比

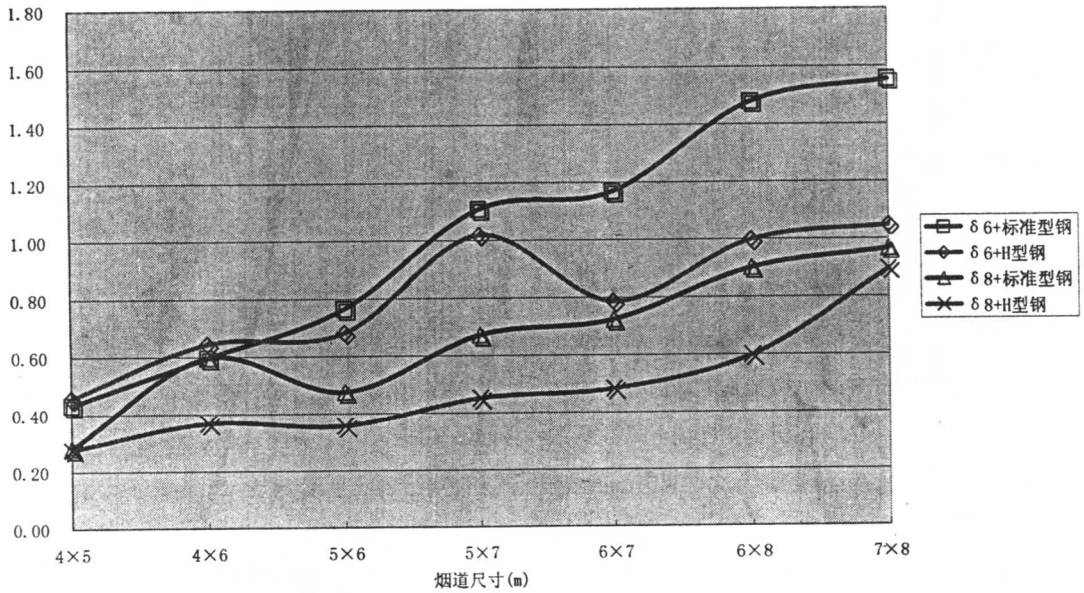


图 5　湿烟道不同壁厚时的“肋/板”比

燃烧工业型煤和方形蜂窝型煤的新型层燃锅炉

卢长柱　长春恒立锅炉有限公司　吉林 130062

摘　要：本文回顾了近年来我国工业型煤锅炉和蜂窝型煤锅炉的发展历程和技术发展状况，论述了《XQF 移动气化工业型煤锅炉》的结构特征、工况特点、性能指标和发展前景。介绍了《XQFK 移动气化蜂窝型煤锅炉》在克服目前蜂窝型煤锅炉存在问题方面取得的技术进步。并就工业型煤锅炉和蜂窝型煤锅炉的容量范围、应用场合等政策性问题进行了讨论，提出了建议。

关键词：工业型煤　蜂窝型煤　锅炉燃烧技术　政策导向

1　型煤锅炉的技术发展状况

目前我国有燃煤工业锅炉约 50 万台，120 多万蒸吨，其中约有 40 万台小锅炉平均热效率不足 60%，对大气的污染贡献率也最高。为节约能源，保护环境，我国大气污染防治法中已明文规定大力发展城市集中供热取代污染严重的小型工业锅炉，同时大力推广型煤的生产和使用。在各地环保部门的推动下，我国工业型煤生产曾有过很好的发展势头，在一些地区已建成了工业型煤生产线，形成了一定规模的工业型煤生产能力。终因我国在用的工业锅炉不适合燃烧工业型煤，而国内的各工业锅炉生产厂家又没解决工业型煤燃烧过程中出现的着火延迟、燃烧强度下降、燃烧后期结焦(渣)，且不易燃尽等技术难点问题。因此工业型煤在工业锅炉上没能得到推广应用。由于急需解决小型燃煤工业锅炉煤烟型空气污染问题，各地环保部门转而提倡用小型蜂窝煤锅炉取代燃烧散煤的小型工业锅炉。近年来，方形蜂窝型煤锅炉已在东北一些城市形成了蜂窝型煤生产，蜂窝型煤锅炉制造的产业链；西北和华北一些省会城市正准备大力加以推广。

目前我国的蜂窝型煤热水锅炉最大容量已发展到 4.2MW。蜂窝型煤锅炉突击的优点是：采用自然通风，节省了电能，减少了噪音对周围环境的污染。消除了锅炉冒黑烟现象，降低了烟尘和 SO_2 的排放浓度，可实现达标排放。从锅炉结构上防止了用户改烧散煤。蜂窝型煤锅炉存在的问题是：必须用人工加煤和人工出渣，不能实现机械化。大容量的锅炉工人劳动强度大，当锅炉台数较多时，由于频烦倒运型煤，锅炉房内的粉尘污染比较严重。由于采用自然通风，锅炉的燃烧强度和受热面的传热强度降低。和机烧层燃锅炉相比，锅炉本体钢耗增加约 50% 。由于蜂窝型煤反应活性很差，燃料在炉内的停留时间不得不长达数小时，因此燃料层的热容量极大，致使锅炉的热负荷不能进行有效调节，对负荷需要经常调节的蒸汽锅炉则很不适应。型煤生产过程中加入的不是有机粘结剂而是 10～15%的粘土，降低了燃料的热值。由于炉渣中含有大量粘土，炉渣已没有任何综合利用价值。对用户而言，处理炉渣已成了一种负担。炉渣的处理可能成为一个新的社会问题。由于采用自然通风，锅炉烟气则对流放热系数锐减，管壁温度降低，热水锅炉低温腐蚀严重。由于普遍采用统风室供风，风量不能进行分区调节，燃烧室的过剩空气系数通常都在 2 以上，降低了锅炉热效率。

2　工业型煤锅炉的发展前景

工业型煤锅炉通常都采用链条炉排，因此工业型煤锅炉只要能解决工业型煤燃烧前期着火难，燃烧后期易结焦(渣)和炉渣不易燃尽的技术难点问题，并能在燃烧设备的结构设计上增设限烧散煤的技术措施，就能扬长避短，发挥机烧层燃锅炉的技术优势，在 4t/h(2.8MW)～10 t/h(7MW)的工业锅炉容易范围内

得到推广和应用。而且一旦机烧层燃锅炉燃烧工业型煤取得成功，又将为我国约 14 万台燃煤工业窑炉的技术改造提供经验和技术支持。使我国的小型工业锅炉和工业窑炉在节约能源、实现达标问题上取得长足的技术进步。《XQF 移动气化工业型煤锅炉》的研发成功为工业型煤锅炉的技术发展注入了新的活力，使洁净煤技术和洁净煤燃烧技术得以配套成龙，在节约能源保护环境的系统工程中发挥较大作用。

3 《XQF 移动气化工业型煤锅炉》的结构特征。

《XQF 移动气化工业型煤锅炉》是根据专利技术《旋流炉拱移动气化分级燃烧层燃炉》（专利号 ZL02211497·1）研制和开发的专门燃烧固硫工业型煤的新系列层燃锅炉产品，其主要结构特征是组合炉拱将移动火床全部覆盖，在移动火床头部形成回焰式高温旋风燃烧区，独特的炉拱结构和配风技术相结合，将工业型煤的对流与辐射引燃，移动床气化与分级燃烧、飞灰循环燃烧、气体与固体未完全燃烧产物的旋风燃烧等多种燃烧技术特征，融入了整个炉内燃煤过程。其炉拱结构特征和工作原理具有开创性。与燃烧原煤的《XQF 移动气化高效节能锅炉》系列产品相比，炉拱结构特征完全相同，但炉排长度和移动速度，燃料层厚度及配风方式有所调整，并在移动火床头部增设了筛分装置。

4 新型工业型煤锅炉燃烧固硫工业型煤的工况特点

1）引燃性能好，着火速度快，气化强度高。

移动火床头部回焰式高温旋风燃烧区的存在，为刚入炉的固硫工业型煤层的预热升温，着火和气化提供了充足的热源。由于工业型煤的空隙率较大，不仅旋风区炉拱的高温辐射热能到达燃料层深处，而且高温旋转火焰以及从高温旋转火焰中分离出来的炽热的飞灰，也能串入型煤煤层内实现深层引燃，因而不仅消除了型煤着火延迟现象，而且燃料的气化强度高，在旋风燃烧区内风室不供风或供微风条件下，在燃料层内和燃料层表面形式了高温、低氧、富燃料的还原气氛，燃料的气化率可达 30～40%，从而为燃料分级和空气分级燃烧，控制 NOx 的排放创造了理想的燃烧条件。

2）主燃区燃料层通风阻力小、燃烧强度高，为回焰式旋风燃烧区提供了热源和火焰旋转的动量。

3）主燃区和燃尽区燃烧空间高，水冷程度大，烟气平均温度低相对较低，因此燃烧后期型煤不结焦也不结渣，有利于降低灰层的气体护散阻力，提高炉渣燃尽度。

由于主燃区和燃尽区采用了水平或大倾角炉拱，燃煤空间较高，主燃区的高温火焰的辐射热能辐射到处于炉渣燃尽阶段的燃料层内，为炉渣的燃尽提供了高温环境，未燃尽的残炭不致在冷风吹拂下提前熄灭，炉渣的有效燃烧时间长，炉渣燃尽度高，锅炉燃烧效率可达 95%以上。

综上所述，新型工业型煤锅炉成功地解决了普通链条炉排锅炉燃烧工业型煤时出现过的所有技术难点问题，为工业型煤在链条炉排锅炉上的应用创造了很好的燃烧条件。

5 新型工业型煤锅炉的运行实况及性能指标

自 2001 年以来先后在 4t/h、6t/h 和 2t/h 新型链条炉排蒸汽锅炉上试烧过工业型煤。2004 年在这三台锅炉上还分别试烧过从西安市发运到长春的固硫工业型煤。西安市环保局科技处领导还专程来长春考察了西安市生产的工业型煤的燃烧实况，并对这种新型层燃锅炉采用的回焰式旋风燃烧技术给了很高的评价。

DZL4-1.25 型蒸汽锅炉燃烧工业型煤的热工测试和环保监测数据如下：锅炉燃烧效率可达 97%，热效率可达 85%，锅炉初始烟尘排放浓度为 650mg/Nm^3，SO_2 排放浓度为 132mg/Nm^3， NOx 排放浓度为 57 mg/Nm^3。

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com

6 在工业型煤锅炉火床头部增设筛分装置。

工业型煤粒度均匀，通风阻力小，但工业型煤在运输过程中易被压碎成粉煤。运行中发现，如果粉煤量超过15～20%将严重影响工业型煤的着火、燃烧和燃尽。而将这部分粉煤筛去，燃煤过程立即回复到正常状态。因此在火床头部增装筛分装置对工业型煤锅炉是必要的。至于筛下物如何处理，最好的办法就是加水拌均匀后投入主燃区燃烧着的燃料层上。这在运行中是比较容易做到的，而且也不影响正常燃烧效果。

增设筛分装置不仅对于工业型煤锅炉的正常运行是有益的，而且客观上对用户改烧散煤也是一种制约，如果有的用户硬要在工业型煤锅炉上烧散煤，筛下物将会增加到难以处理的程度，而且炉排的漏煤量将会大量增加，严重影响锅炉安全经济运行。

7 “XQFK移动气化蜂窝型煤锅炉”的研制

蜂窝型煤锅炉的优缺点都极为突出，存在的问题中，一些是这种燃烧方式固有的，一些是可以改进的。“XQFK移动气化蜂窝型煤锅炉”在克服这些技术难点问题方面取得了重要的技术进步。

“XQFK 移动气化蜂窝型煤锅炉”是根据专利技术“旋流炉拱可调式型煤燃烧炉”（专利号ZL02211498·X)研制的新一代蜂窝型煤锅炉。

“XQFK移动气化蜂窝型煤锅炉”具有与”XQF移动气化工业型煤锅炉”相同的结构特征和工作机理，锅炉的主要技术性能也极为相似，但在控制蜂窝型煤的着火速度和燃烧速率，改善锅炉的负荷调节性能，提高锅炉热效率，防止低温腐蚀方面采取了相应的技术措施，可以作为蜂窝型煤锅炉的升级换代产品。

8 相关问题的讨论与建议

1. 方形蜂窝型煤属于民用型煤，而将其用在小型工业锅炉上虽然取得了较好的环保效益，但节能效果并不明显，运行中出现的一些问题不可能完全解决。在一些应当使用洁净燃料(油气、电)而又暂时无法作到的场合，可作为一种替代性能源和供热设备。蜂窝型煤蒸汽锅炉容量应严格限制在2 t/h以下，蜂窝型煤热水锅炉容量应控制在2.8MW以下，不宜向较大容量锅炉发展。

2. 凡是能实现小区集中供热的场合，应当优先选用高效节能、低污染的机烧层燃锅炉。不提倡在一个锅炉房内安装3台以上的蜂窝型煤锅炉。

3. “XQF移动气化工业型煤锅炉”的研发成功，为固硫工业型煤在小型工业锅炉和工业窑炉上的应用提供了可靠的技术支持，使洁净煤技术与洁净煤燃烧技术得以配套成龙，在国家技术政策的引导下，建立示范点，取得经验逐步推广。

4. 固硫工业型煤的加工成型宜与煤碳行业的生产工艺和产业结构调整相结合，尽量减少工业型煤生产过程中的中间环节。尽量避免原煤和成品型煤的长途倒运，从而降低固硫工业型煤的生产成本和工业型煤锅炉的运行成本，以利于固硫工业型煤在工业锅炉和工业窑炉上的推广和应用。

9 结束语

长春恒立锅炉有限公司致力于高效、节能、低污染的燃煤工业锅炉和燃煤热风炉的产品研制、经销和技术服务。目前，针对市场需求，本公司重点推出以下三个系列的新型层燃锅炉产品：

1. “XQF移动气化高效节能锅炉”系列，燃烧原煤、洗选煤、配煤。锅炉容量范围：1～20t/h的蒸汽锅炉，0.7～46MW的热水锅炉。

2. “XQF移动气化工业型煤锅炉”系列，燃烧固硫工业型煤。锅炉容量范围：1～10t/h的蒸汽锅炉，0.7～7MW的热水锅炉。

3. “XQFK 移动气化蜂窝型煤锅炉”系列，燃烧固硫蜂窝型煤。锅炉容量范围：0.5～2t/h 的蒸汽锅炉，0.35～2.8MW 的热水锅炉。

公司竭诚与各地环保部门和锅炉用户密切协作，共同为我国节约能源、保护环境的系统工程做出贡献。

参考文献

1.《实用锅炉手册》林宗虎、徐通模　化学工业出版社　1999 年

2.《煤的清洁燃烧》毛健雄　科学出版社　1998 年

3.《中国科学技术文库—动力卷》《全覆盖旋流炉拱移动式火床炉》卢长柱　科学技术文献出版社　1998 年

4.《工业锅炉》张永照、陈听宽等　机械工业出版社　1982 年

5.《工业型煤燃烧与固硫》谌伦建、赵跃民　中国矿业大学出版社　2001 年

6.《燃煤工业锅炉 SO_2 和 NOx 污染防治技术探讨》卢长柱　全国二氧化硫污染控制研讨会论文集　2003 年

7.《XQF 低 NOx 燃烧层燃锅炉》卢长柱　全国氮氧化物污染控制研讨会论文集　2003 年

8.《燃煤工业锅炉 SO_2、NOx 污染控制技术与政策导向》卢长柱　全国氮氧化物污染控制研讨会论文集　2003 年

9.《燃烧中控制 NOx 和 SO_2 排放的新型层燃锅炉》卢长柱

2004 年全国二氧化硫、氮氧化物污染治理技术研讨会论文集

火电厂脱硫用石灰石粉制备工艺和设备选择

袁凤宇 张志宇 袁文献 合肥水泥研究设计院 安徽 230051

工业生产中 SO_2 过量地排入大气，使环境空气中 SO_2 浓度增加。由 SO_2 排放引起的酸雨范围，已由八十年代初的西南局部地区扩展到西南、华中、华南和华东的大部分地区，目前年平均降水 PH 值低于 5.6 的地区已占全国面积的 40%左右。SO_2 污染和形成的酸雨危害居民健康，腐蚀建筑材料、破坏生态系统、造成很大经济损失。国家环保总局有关负责人指出，火电厂 2003 年排放二氧化硫约 1100 万吨，占到了全国二氧化硫排放总量的 50%以上。按照目前的排放控制水平，到 2020 年，中国火电厂排放的二氧化硫将达到 2100 万吨以上。如果火电厂排放的大气污染物得不到有效控制，将直接影响到中国大气环境质量的改善和电力行业的可持续发展。最近，国家环保总局公布 46 家未启动脱硫项目火电厂名单，要求加大火电厂脱硫监管力度。火电厂锅炉内喷钙和采用石灰石-石膏法对燃烧后烟气脱硫净化，是目前世界上技术最成熟、应用最广泛的控制 SO_2 排放技术。无论锅炉内喷钙，还是石灰石-石膏法对燃烧后烟气脱硫净化，吸收 SO_2 的介质都是石灰石粉，石灰石粉的粒度对脱硫效率有较大的影响，粒度愈小，愈有利于 SO_2 的吸收，石灰石粉的制备则成为火电厂脱硫，提高脱硫效率的先决条件。本文从粉磨的角度对火电厂脱硫用石灰石粉制备工艺和设备选择进行探讨。

1 石灰石粉制备工艺流程

脱硫用石灰石粉要求粒度 250 目或 325 目(45μm)，325 目石灰石粉脱硫效果更好。目前，制备这么细的石灰石粉，基本上有二个方案。方案一：立磨方案：该方案是把粒状石灰石在立磨内通过磨辊和磨盘的相对运动而产生挤压、碾磨成粉体。粉体通过磨内选粉装置选粉，合格的粉体随磨内的气流带出磨外，被高浓度袋收尘器收集为成品，磨内通入热风，使原料带入的水分蒸发，保证产品含水率在 1%以下。方案二：风扫球磨方案：该方案是把粒状石灰石通过球磨内钢球的冲击，研磨成粉体，出磨物料随磨内气体进入磨外的选粉机选粉，分离出的合格粉体被高浓度袋收尘器收集为成品，经输送装置送入储存库，粗粉返回磨机重新粉磨。磨内通入热风，使原料带入的水分蒸发，保证产品含水率在 1%以下。

二种方案工艺流程分别为图 1 和图 2。

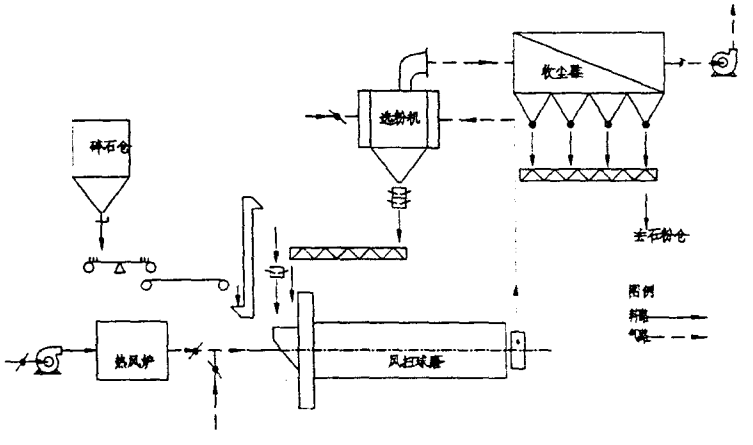


图 1 风扫球磨制备石粉工艺流程

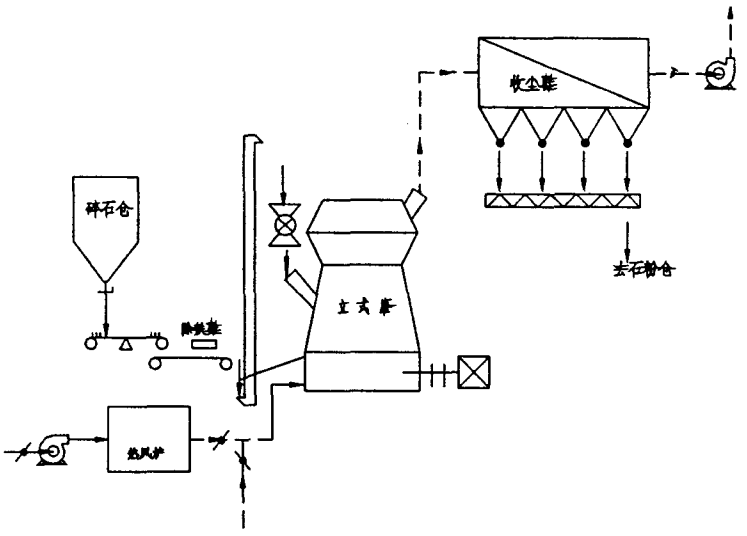


图 2　立磨制备石粉工艺流程

对比图 1、.图 2 可知，二个方案采用的主要设备为：喂料秤、热风供给系统、粉磨设备、选粉机、物料收集设备(收尘器)。由于立磨内部带有选粉装置，不需外部的选粉机，使得立磨流程简单。鉴于风扫球磨不受入磨铁块的影响，运行可靠，操作简单，以前电厂脱硫制备石灰石粉多用风扫球磨方案，采用立磨方案的也多为进口立磨。近年来，我国立磨制造技术有了很大的提高，特别是耐磨材料的改善控制技术的升级，提高了立磨运行的可靠性，其可靠性已被水泥生料制备、非金属矿行业磨制微粉、电厂和钢厂磨制煤粉多次验证。立磨还具备在微粉制备方面比球磨节能更显著，烘干效果好，占地面积小，土建投资省等优点。目前，部分电厂脱硫制备石灰石粉开始采用国产立磨方案。如温州电厂、长兴电厂、徐州徐塘电厂、大唐电力陡河电厂、湘潭电厂等脱硫系统均采用国产立磨方案，其趋势大有取代球磨制备石灰石粉之势。

2　主机结构和工作原理

2.1　立磨结构和工作原理

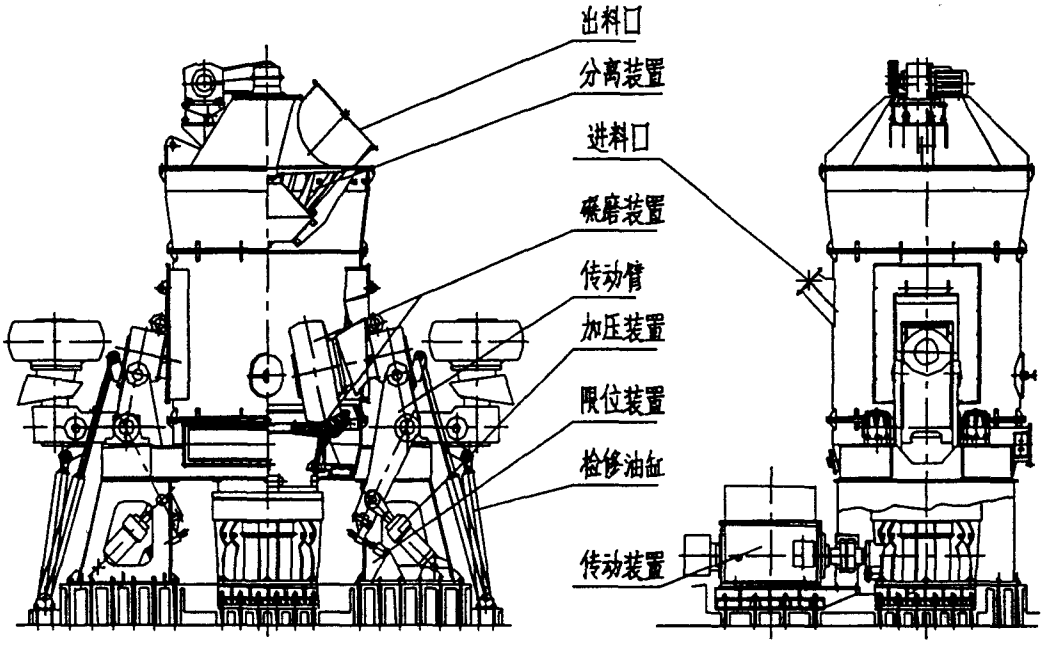
国内磨制矿粉的立磨主要有二种，一种是液压加压立式磨，如合肥水泥研究设计院在引进消化的基础上，经过长期生产实践，对设备结构进行优化设计而成的磨制各种矿粉的设备(下图)，它可以磨制 1250 目以下的各种矿粉；另一种是弹簧加压的立磨如雷蒙磨。二者相比，液压加压的立式磨自动化程度高，单台产量大，能量利用率高，运行可靠，产品粒度宜于调整，性能稳定。HRM 型立式磨作为一种新型节能粉磨设备，其工作原理是：电动机驱动减速机带动磨盘转动，需粉磨的物料由喂料设备送入旋转的磨盘中心，在离心力作用下，物料向磨盘周边移动，进入粉磨辊道。在磨辊压力的作用下，物料受到挤压、研磨和剪切作用而被粉碎。同时，热风从围绕磨盘的风环高速均匀向上喷出，粉磨后的物料被风环处的高速气流吹起，一方面把粒度较粗的物料吹回磨盘重新粉磨，另一方面对悬浮物料进行烘干，细粉则由热风带入分离器进行分级，合格的细粉随同气流出磨，由收尘设备收集下来即为产品，不合格的粗粉在分离器叶片作用下重新落至磨盘，与新喂入的物料一起重新粉磨，如此循环，完成粉磨作业全过程。

HRM 型立式磨主要部件的结构特点简介如下。

1) 传动装置：

立式磨的传动装置由主电机、联轴器、减速机三部分组成，安装在磨机下部，既要带动磨盘传动，还要承受磨盘、物料、磨辊的重量以及加压装置施加的碾磨压力，是立式煤磨中最重要的部件之一。立式磨减速机采用圆锥齿轮与行星齿轮联合传动形式，一对直角传动的圆锥齿轮与一套输入轴为垂直向上的行星

传动，通过弹性联轴器将二者联接起来。太阳轮用球头支承在止推块上，行星架的轴向支承由一组圆形可倾瓦推力轴承来承受。这两个自由度使内齿圈及三个行星轮受力均匀。内齿圈刚性地固定在箱体上，圆筒状的箱体为轴向推力轴承提供了理想的支承形式。另外，圆筒状的箱体的内外壁都配置了对称的加强筋，使箱体具有很好的刚性。圆锥齿轮采用螺旋齿。太阳轮、行星轮为渐开线直齿，这些齿轮采用高强度合金钢制造。齿轮经表面渗碳磨齿，具有较高的精度。减速机的所有支承轴承采用滚动轴承，轴向推力轴承为可倾瓦推力轴承，它承受立式磨机的垂直轴向力。工作时轴瓦浸泡在油池中，并经过环形喷嘴不断提供新鲜润滑油，使油池始终保持一定的液面高度。润滑系统采用独立的油站，并有油压、油温的自动保护系统，使全套装置工作安全可靠。



该型式的减速机具有体积小、重量轻、减速比大、传动效率高等优点。

2）碾磨装置

磨盘和磨辊是重要的研磨部件，它的形状设计必须使被粉磨的物料在磨盘上形成厚度均匀稳定的料床，因此合理的磨盘形状配以相适应的磨辊，对于稳定料层、提高粉磨效率、减少研磨消耗有着极为重要的作用。通过大量的调研和类比，我们采用盘形的磨盘形状和轮胎形辊套，辊套为对称结构，在磨损到一定程度后可翻面使用，延长其使用寿命。

3）加压装置

HRM 型立式磨采用液压自动或手动控制系统来施加及控制其对物料的作用力，可以根据物料易磨性的变化而自动地调整压力，因而使磨机经常保持在最经济条件下运行，这样，既可以减少无用功的消耗，又能使辊套、衬板的寿命得到延长。同时，由于蓄能器的保压及缓冲作用，使液压缸施加压力具有较大的弹性，又可自动调节，当遇到大而坚硬的杂物时，磨辊可以跳起，从而避免粉磨部件及传动装置因承受过大荷载而损坏。

4）限位装置

HRM 型立式磨独特的限位装置可以使磨机轻载启动，磨辊和磨盘之间的间隙可调，这样既能保持稳定的料层厚度，提高粉磨效率，又能保证在断料等不正常情况下磨辊和磨盘不直接接触，避免磨机振动，对减速机起到保护作用。

5）分离装置

HRM 型立式磨的分离器设计为机械传动、转速可调的分离器，该分离器通过锥形转子高速回转，叶片与粗颗粒撞击，给物料以较大的圆周速度，产生较大的离心力，使其进行分离，细颗粒可通过分离器叶片之间间隙出磨，由收尘器进行收集。该分离器分级效率高，调节余地大。

6）磨辊装置

HRM 型立式磨，磨辊的装置是采用一对调心滚子轴承，设计时对轴承作等寿命计算，轴承密封腔延伸到机壳外，不与含尘气体接触，所以只用简单的填料密封就能磨辊轴承不进灰。磨辊设计为斜面安装，楔形环压紧，更换辊套十分方便。

7）其它

(1) HRM 型立式磨在下壳体设有排渣口，难磨异物可随时排出机外，停机后剩余物也可全部排空。

(2)磨辊可借助液压翻辊装置翻出磨外进行检修，更换易磨件仅需三个班的时间，提高了磨机运转率。

(3)磨辊和壳体间采用弧形板密封结构，与传统结构相比具有密封效果好，经久耐用等特点。

气箱脉冲袋收尘器结构和工作原理

气箱脉冲袋收尘器(Plenum-Pulse)是在引进美国富乐(Fuller)公司技术基础上，结合我国实际国情研制开发的具有九十年代技术水平的高效袋式收尘器。此系列袋收尘器，克服了分室反吹时动能强度不够的缺点，因而扩大了袋收尘器的使用范围，提高了收尘效率，延长了滤袋使用寿命 。它不仅能净化一般的含尘气体，还能处理入口浓度高达 1300g/m^3 的高浓度含尘气体，成为与 O-Sepa 类选粉机、立式磨配套的成品回收设备。在国家新的环保标准下，不仅广泛用于水泥行业，在电力、化工、冶金、钢铁行业也被广泛应用。

A. 气箱脉冲袋收尘器结构如下：

箱体：包括袋室、预收尘器、净气室、多孔板、滤袋、滤袋骨架。箱体设计耐压 9000Pa。

清灰系统：包括主气管、提升阀、储气罐、脉冲阀、控制器等。

灰斗及排灰部分有两种形式：一种为灰斗直接与卸灰阀连接，另一种为灰斗通过输送设备与卸灰连接。

C. 气箱脉冲袋收尘器工作原理

气箱脉冲袋收尘器本体分隔成数个箱区，每箱有 32、64、96、128 等条袋子。并在每箱侧边出口管道上装有一个由气缸带动的提升阀，当收尘器过滤含尘气体一定时间后(或阻力达到预先设定值)，清灰控制器就发出信号，第一个箱体的提升阀就开始关闭以切断过滤气流。然后这个箱的脉冲阀开启，以大于 5kg/cm^2 压缩空气冲入净气室，清除滤袋上的粉尘。当这一动作完成后(大约 6～15 秒时间)，提升阀重新打开，使这一箱室重新进行过滤工作，并逐一按上述要求进行以至全部清灰完毕。气箱式脉冲袋收尘器，是采用分箱式清灰的，清灰时，逐箱隔离轮换进行。各除尘室的脉冲宽度和清周期，由清灰控制器自动连续进行，从而保证了压缩空气清灰效果。该收尘器采用整机大脉冲阀反吹喷射清灰，换袋时，打开顶部盖子，直接抽出袋子即可，维护简单、方便。

石灰石粉制备系统主要设备配置

石灰石粉制备系统一般按年运行 300 天，每天有效运行时间 20 小时，根据年需要的石灰石粉量计算需要的单机台时产量，再由单机的台时产量选择磨机的型号和规格。根据磨机台时产量和每吨产量配置 2500～3000 m^3 通风量，计算总通风量，选择相应收尘器的型号和规格。用于石灰石粉制备的 HRM 立磨和气箱脉冲收尘器的规格性能列于表 1 和表 2。系统用风机根据系统风量、阻力和温度选择规格和型号，热风炉的大小根据热平衡计算结果设计。

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com