



# 钢球磨煤机 噪声控制技术

GANGQIU MOMEIJI  
ZAOSHENG KONGZHI JISHU

陈荐 编著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

本书的内容是作者主持完成湖南省电力公司科技攻关项目“电厂钢球磨煤机噪声控制技术研究”的成果的总结。较为全面地论述了火力发电厂钢球磨煤机噪声的理论和控制技术。

全书的主要内容包括：钢球磨煤机噪声的危害，噪声产生的机理及影响因素，噪声的预测，噪声的测量方法与标准，噪声控制技术设计的理论基础及噪声控制的具体方法等。

本书可供在电力、化工、建材、冶金、矿山等行业从事磨煤机及噪声控制的研究设计、运行管理的工程技术人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

钢球磨煤机噪声控制技术/陈荐编著. —北京：中国电力出版社，2002.5

ISBN7-5083-1047-0

I. 钢… II. 陈… III. 磨煤机—噪声控制—技术 IV. TK223.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 033521 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

利森达印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2002 年 5 月第一版 2002 年 5 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 4 印张 103 千字

印数 0001—3000 册 定价 9.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

# 目

# 录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| <b>第一章 绪论</b> .....               | 1  |
| 第一节 引言 .....                      | 1  |
| 第二节 钢球磨煤机的结构 .....                | 3  |
| 第三节 钢球磨煤机工作原理 .....               | 5  |
| 第四节 钢球磨煤机噪声研究及治理状况 .....          | 6  |
| <b>第二章 钢球磨煤机噪声的危害、评价和标准</b> ..... | 16 |
| 第一节 钢球磨煤机噪声的危害 .....              | 16 |
| 第二节 钢球磨煤机噪声的主观评价 .....            | 21 |
| 第三节 钢球磨煤机噪声的控制标准 .....            | 26 |
| <b>第三章 钢球磨煤机噪声机理与噪声预测</b> .....   | 29 |
| 第一节 筒体产生的噪声 .....                 | 29 |
| 第二节 电动机产生的噪声 .....                | 31 |
| 第三节 齿轮传动部分产生的噪声 .....             | 32 |
| 第四节 排粉风机产生的噪声 .....               | 33 |
| 第五节 影响钢球磨煤机筒体噪声的主要因素 .....        | 34 |
| 第六节 钢球磨煤机噪声的预测 .....              | 38 |
| <b>第四章 钢球磨煤机噪声测试与噪声频谱特性</b> ..... | 41 |
| 第一节 噪声测试仪器 .....                  | 41 |
| 第二节 钢球磨煤机噪声的测试方法 .....            | 43 |
| 第三节 测试结果的修正 .....                 | 44 |

|            |                              |     |
|------------|------------------------------|-----|
| 第四节        | 钢球磨煤机噪声的频谱特性 .....           | 46  |
| <b>第五章</b> | <b>吸声降噪技术</b> .....          | 49  |
| 第一节        | 吸声材料 .....                   | 49  |
| 第二节        | 影响多孔吸声材料吸声性能的因素 .....        | 52  |
| 第三节        | 吸声结构 .....                   | 57  |
| 第四节        | 吸声减噪量的估算 .....               | 61  |
| <b>第六章</b> | <b>阻尼减振技术</b> .....          | 63  |
| 第一节        | 阻尼在钢球磨煤机噪声控制中的作用 .....       | 63  |
| 第二节        | 阻尼材料 .....                   | 64  |
| 第三节        | 阻尼结构 .....                   | 70  |
| 第四节        | 影响阻尼性能的因素 .....              | 71  |
| <b>第七章</b> | <b>隔声降噪技术</b> .....          | 74  |
| 第一节        | 透声系数与隔声量 .....               | 74  |
| 第二节        | 隔声材料 .....                   | 75  |
| 第三节        | 隔声结构 .....                   | 76  |
| 第四节        | 孔洞及声桥对隔声性能的影响 .....          | 84  |
| 第五节        | 构件上的门窗对隔声性能的影响 .....         | 85  |
| <b>第八章</b> | <b>钢球磨煤机噪声的控制与防护措施</b> ..... | 88  |
| 第一节        | 隔声罩 .....                    | 88  |
| 第二节        | 隔声屏 .....                    | 94  |
| 第三节        | 隔声套 .....                    | 98  |
| 第四节        | 钢球磨煤机结构上的改进 .....            | 106 |
| 第五节        | 阻尼包裹和阻尼环 .....               | 113 |
| 第六节        | 电动机和传动齿轮噪声的控制 .....          | 114 |
| 第七节        | 钢球磨煤机噪声的个体防护 .....           | 116 |
| 参考文献       | .....                        | 118 |

# 第一章

## 绪 论

### 第一节 引 言

在人们进行生产活动和生活的环境中，存在着各种各样的声音，如说话声、音乐声、机器声等。这些声音多数是人们在传递信息及进行社会活动中产生的，其中那些杂乱无章、听起来不和谐的声音，或者人们主观认为令人烦躁、讨厌、不需要的声音统称为噪声。噪声是对周围环境的一种污染，干扰人们正常的工作和休息，严重的噪声甚至危害人们的身心健康。随着现代工农业生产和交通运输业的迅猛发展，噪声污染日益严重，噪声源越来越多，噪声强度越来越大。噪声污染与水污染和空气污染一样，已成为当今世界的公害。

球磨机是电力、冶金、矿山、化工、建材等工业中广泛使用的用来磨碎固体物料的机器设备，当其用于粉碎煤块时，又称钢球磨煤机。它是利用电动机带动球磨机筒体旋转，筒内钢球被抛起后又自由落下，使钢球与筒体及被加工的物料之间发生撞击和研磨，把物料逐渐粉碎。球磨机在运行过程中，产生的噪声一般均在 95dB (A) 以上，最高可超过 120dB (A)，为目前工业生产中最强的噪声源之一。表 1-1 给出了常见工业设备噪声范围。

火力发电厂的钢球磨煤机也是电厂中最强的噪声源，表 1-2 为某 200MW 机组火力发电厂主要噪声源噪声值。钢球磨煤机噪声是筒体噪声、齿轮传动噪声、电机噪声和排粉风机噪声的混响噪声，为典型的机械噪声。由于筒体内钢球、衬板及煤之间的相

表 1-1

常见工业设备噪声范围

| 设备名称  | 声级范围<br>[dB (A)] | 设备名称 | 声级范围<br>[dB (A)] |
|-------|------------------|------|------------------|
| 飞机发动机 | 107 ~ 140        | 轧 机  | 91 ~ 110         |
| 振动筛   | 93 ~ 130         | 电动机  | 75 ~ 107         |
| 织布机   | 96 ~ 130         | 发电机组 | 71 ~ 106         |
| 球磨机   | 95 ~ 128         | 砂 轮  | 91 ~ 105         |
| 风 机   | 75 ~ 126         | 冲 床  | 91 ~ 105         |
| 木工机械  | 85 ~ 120         | 水 泵  | 89 ~ 103         |
| 空压机   | 73 ~ 116         | 剪板机  | 91 ~ 95          |
| 破碎机   | 85 ~ 114         | 车 床  | 91 ~ 95          |
| 柴油机   | 107 ~ 111        | 卷扬机  | 80 ~ 90          |

互碰撞、冲击、摩擦产生的冲击与振动激发筒体振动而辐射噪声，各噪声中尤其以钢球磨煤机筒体的噪声为最大。钢球磨煤机的多声源、高强度、高混响致使钢球磨煤机的噪声为宽频带噪声特性，低频、中频和高频噪声声强均较高，在 500 ~ 3000Hz 之间的实用听阈区达到 90dB 以上。其噪声远远超过了我国《工业企业噪声卫生标准》规定生产车间不超过 85dB，最多不超过 90dB 的要求，也远远超过了 ISO 推荐的 N 曲线标准。

表 1-2

某 200MW 机组火力发电厂主要噪声

| 设备名称   | 声级范围<br>[dB (A)] | 设备名称  | 声级范围<br>[dB (A)] |
|--------|------------------|-------|------------------|
| 钢球磨煤机  | 105 ~ 114        | 引、送风机 | 92 ~ 110         |
| 汽轮发电机组 | 88 ~ 98          | 空压机   | 89 ~ 102         |

自 20 世纪 20 年代世界上第一台电厂锅炉使用煤粉燃烧技术以来，钢球磨煤机一直作为主要钢球磨煤机型在世界各国得到广泛应用。与中速磨煤机相比，钢球磨煤机研磨煤种范围广，特别适应无烟煤。近年来，由于欧美等发达国家的大型发电机组对钢球磨煤机出力要求越来越高，以及无烟煤产量下降，钢球磨煤机

逐渐被中速磨煤机所取代。而在我国，由于受到煤源煤种供应不稳定的影响，火力发电厂仍然以钢球磨煤机为主要机型。目前，国内火力发电厂钢球磨煤机达 3000 多台，并且在今后相当长的时间内仍将继续使用。

随着我国电力事业的蓬勃发展以及对文明生产、一流生产的需要，作为电厂主要噪声源的钢球磨煤机噪声越来越受到电厂的关注，成为一个急需解决的难题。因此，控制钢球磨煤机噪声，对于劳动安全卫生和环境保护有着十分重要的意义。

## 第二节 钢球磨煤机的结构

火电厂磨煤机将原煤磨碎到规定的细度，并在磨制过程中将煤干燥到规定的水平，以利于煤在锅炉中充分燃烧。磨煤机是制粉系统中的重要设备，它的工作可靠性直接影响到整个制粉系统乃至整个锅炉机组工作的可靠性。磨煤机的形式主要有三大类：低速磨煤机（钢球磨煤机），中速磨煤机（E 型磨煤机、碗式磨煤机、平盘磨煤机及 MPS 磨煤机等）及高速磨煤机（风扇磨煤机、锤击式磨煤机等）。目前，我国火电厂大多采用钢球磨煤机。对于 200MW 以上发电机组的大型燃煤机组，一般一台锅炉选用 4 台钢球磨煤机，呈一字型排开。图 1-1 示出典型的有 2 台发电机组，共 8 台钢球磨煤机的电厂钢球磨煤机的布置示意图。

钢球磨煤机主要由料斗、轴承部、传动部、转动部主要部件

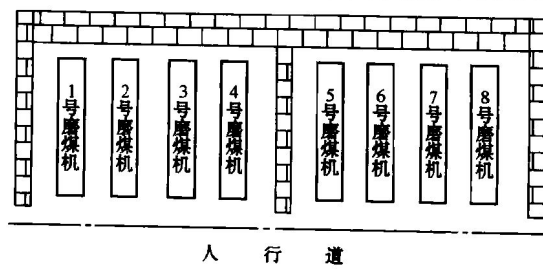


图 1-1 电厂钢球磨煤机布置示意图

与隔声罩、电动机减速机、棒销联轴器和基础部等辅助部件组成，并且配有辅机。转动部即大罐是钢球磨煤机的主要组成部分，它是由一定厚度钢板焊接而成的筒体与两个端盖组成。端盖上有空心轴颈，大罐以空心轴颈支于主轴承上。大罐筒体部分和端盖都装有耐磨钢板作内衬，如图 1-2 所示。

大罐筒体部分的内衬由波形衬板（亦称为衬甲）组合而成，

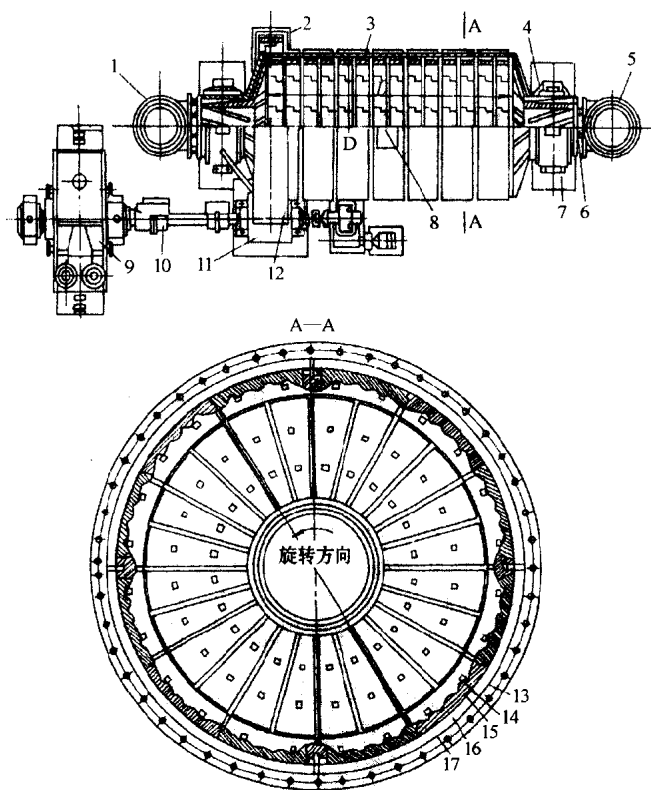


图 1-2 筒式钢球磨煤机

- 1—进煤连接管；2—齿轮轮缘；3—钢球磨煤机筒体；4—轴承座；  
5—煤粉出口连接管；6—密封装置；7—轴承座基础；8—检查孔；  
9—电动机；10—联轴器；11—传动小齿轮；12—传动齿轮外罩；  
13—筒身；14—护甲；15—石棉垫；16—隔音毛毡；17—外包钢板



通过固定楔和拧紧楔所形成的横向压力牢固地把筒体衬板压紧在筒体上。衬板构成有规律的波形，来提升钢球和燃料，使钢球有规律的均匀运动并阻碍下滑。端盖衬板由内外两排扇形衬板组成，外端衬板有加强筋。为了允许衬板在受热以及钢球和燃料的冲击下的自由膨胀，在衬板之间留有一定的空隙。

衬板和大罐之间铺设隔热石棉板，有的还铺有隔音毛毡，大罐外表面包有一层护板。为了避免衬板螺栓孔漏风及漏粉，在槽孔处缠有石棉绳。大罐上开有检修孔，以主轴承、大牙轮、传动牙轮、电动机、减速机及润滑系统支撑和带动钢球磨煤机大罐转动。

### 第三节 钢球磨煤机工作原理

钢球磨煤机在磨煤过程中是按撞击原理工作的，同时还伴有研磨和挤压作用。钢球磨煤机由电动机经棒销联轴器圆柱齿轮及开式大牙轮减速器传动而驱动传动部件旋转。当筒体转动时钢球在离心力的作用下，钢球被衬板带到一定高度后，由于本身重力的作用而沿抛物线下落，如图 1-3 所示。煤在下落钢球的撞击下被击碎，同时，钢球还在大罐内产生旋转运动，球与球之间、球与钢衬板之间产生挤压研磨作用，把煤磨成粉。在磨煤的同时，一般采用热空气作干燥气氛，磨好的煤由干燥热风带出大罐。从

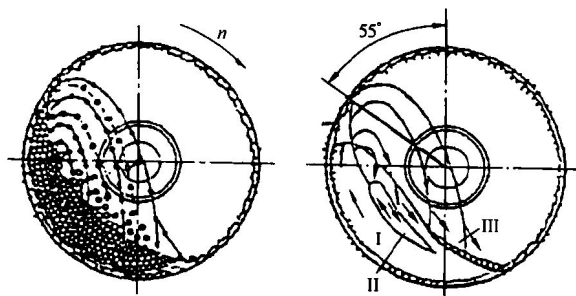


图 1-3 钢球磨煤机筒内钢球及燃料运动情况

I—压力研磨；II—摩擦研磨；III—冲击破碎

钢球磨煤机出来的不完全符合设计所需的细度的煤粉，通过粗粉分离器再由回粉管路回到钢球磨煤机进行重磨，而合格的煤粉经过旋风分离器分离后，落入煤粉仓储存。

## 第四节 钢球磨煤机噪声研究及治理状况

从 20 世纪 70 年代初开始，在钢球磨煤机噪声治理方面，美国、日本等工业发达国家得到普遍重视，并且取得了可喜的成果。我国在钢球磨煤机噪声研究和控制技术开发方面起步较晚，大规模的研究和开发是从 80 年代开始的。近 20 年来，沈阳重型冶矿机械制造公司、上海发电设备成套设计研究所、上海中国船舶工业总公司第九设计研究院、上海拓林环保设备厂、江苏中能电力设备有限公司、同济大学、华中科技大学、长沙电力学院等单位与各电厂合作在钢球磨煤机噪声基础研究和综合治理方面取得一定成绩。开发的多种技术已成功在国内几十家电厂数百台大型钢球磨煤机上应用，一般可使单台钢球磨煤机噪声降到 90 ~ 95dB。但是，我国火力发电厂钢球磨煤机噪声的治理，主要集中在华东地区的上海、江苏、山东以及华北地区的北京、河北等电力系统，而其他地区电厂相对较少一些。

### 一、钢球磨煤机噪声机理研究

由于驱动钢球磨煤机筒体转动的电动机、齿轮传动部件的噪声以及风机噪声的研究发展时间较长，其噪声理论及控制技术相对较成熟，并且钢球磨煤机噪声中筒体噪声要高于以上几种设备产生的噪声。所以，对钢球磨煤机噪声机理研究，主要是集中在筒体噪声机理的研究，包括筒内钢球运动规律，筒体转动时钢球与钢球、钢球与衬板、钢球与煤块之间撞击的机械噪声，筒体振动与筒体表面二次声辐射机理，噪声特性及其与筒体结构、运行参数等影响因数间关系等方面。

### 二、钢球磨煤机噪声数值模拟与预测

目前，钢球磨煤机噪声模拟与预测的研究，主要是利用解析

法、数值分析法和统计方法研究筒体内钢球冲击的力学特性、系统噪声激励的振动特征和模态、筒体声辐射模型等方面。

钢球磨煤机筒体由内层衬板、外层筒壁及中间隔热减振垫层组成，把此三层结构看成一个系统整体。筒体在运转过程中，衬板－垫层－筒壁系统不断受到筒内钢球的冲击，造成系统的振动和声辐射。解析法研究方法主要是建立筒体系统的振动数学模型和计算系统固有频率，通过边界条件和简化条件，进行辐射噪声的分析和模拟。现已发展的数学模型有单球冲击模型和分层钢球冲击模型。

单球冲击模型是分析单一钢球冲击筒体辐射噪声的情形，以此代表筒体系统振动频谱特征。分层钢球冲击模型是根据筒体转动时钢球受离心力作用，在筒内呈层状运动形式的特点，以最外层的冲击次数为基础，其他层的冲击次数以加权方式加到最外层冲击次数上而得到的振动特征。

如果把系统的振动和声辐射置于模态空间去考察，结构的模态坐标和模态辐射效率则分别体现了各阶模态对结构振动相应的贡献量和各阶模态的声辐射能力。随着数值计算方法的发展，人们探索利用有限元法（FEA）、边界元法（BEA）研究钢球磨煤机筒体在钢球冲击下的声辐射特性和声振耦合机理。但是，用常规有限元法计算结构的动态特性和动力位移时，要求每一单元内采用已知的型函数序列作为容许函数空间中的基函数，这样的容许函数空间所反映的仍是单元的静态位移场，当结构振动时，但愿位移场是整个事件历程中节点唯一的函数，并随着节点唯一的变化而变化。用唯一的静态位移场区代替变化的动态位移场，所得到的结果在高阶振动时常达不到实际所要求的精度；而边界元法在其实施时出现的积分奇异性和特征频率处解不唯一等问题，影响了其单元的构造和求解精度。在有限元分析中，连续弹性体的内位移  $\mu$  与离散化的节点位移  $\mu_0$  通常有如下的关系： $\mu = N\mu_0$ 。如果采用含频率  $\omega$  的动态形函数  $N(x, y, z, \omega)$ ，这样建立起来的有限元称为动态有限元。该型函数不仅与位移坐标有关，

也与频率（或时间）有关，更符合复杂结构实际振动情况，所以用动态有限元方法分析钢球磨煤机振动声辐射更具意义。

统计能量法（SEA）是一种用于分析较宽频率范围内的随机噪声的统计方法，它从统计的角度分析统计密集模态平均的振动能量传递水平，因而模态愈是密集，统计精度就愈高，振动响应分析的精度也就愈高。这种方法适用于中高频振动分析，其适用的分析频带较有限单元法宽得多。华中科技大学周敬宣等通过模型简化、统计能量法子系统合并、参数的获取、共振与非共振声传递等问题研究，成功地以统计能量分析方法应用于电厂钢球磨煤机噪声预测。

### 三、钢球磨煤机噪声治理状况

#### 1. 钢球磨煤机结构改进的降噪技术

钢球磨煤机问世以来，其设计思想和基本部件结构几乎没有改变，如利用波浪衬板提升钢球，以球形钢研磨件撞击研磨煤料和用石棉瓦作为保温衬垫等。近年来，国内外分别从噪声控制、节能和提高研磨效率角度出发，提出钢球磨煤机的改进措施：

（1）衬板的螺旋线型布置。目前，投入运行的钢球磨煤机的衬板是呈水平直线布置方式，随着筒体转动，钢球和煤料在离心力与摩擦力的作用下被提升到一定高度后下抛，致使动负荷瞬时剧增。这种间歇性的抛料使钢球磨煤机运转不平衡，动负荷波动很大。同时，随着下抛动作，瞬时撞击能量达到极大，噪声频谱出现峰值。周而复始，动负荷和噪声都出现周期性的变化，也严重影响钢球磨煤机寿命。德国首先提出以衬板的螺旋线布置方式取代水平直线布置，减小动负荷波动，使钢球磨煤机运转平缓，削低噪声峰值，并可减少电耗 30% 左右。国内以此加以改进，提出螺旋阶梯布置方式和人字型布置方式，解决德国提出的螺旋线布置带来的轴向振动问题。将间歇性抛料改为连续性抛料，撞击过程平稳连续，使钢球磨煤机运转平衡，降低了动负荷和噪声峰值，但不影响出力。这项改进措施可降噪 8 ~ 12dB。

（2）采用复合衬板结构。衬板主要用来推升钢球和煤料，同

时作为撞击元件支撑煤料和钢球，其两面受力和功能不同。现设计中的衬板截面形状及材质相同，是从耐磨角度考虑的，不是最佳设计，不能有效提升物料和提高研磨效率，相应增加了非研磨必需的撞击，带来不必要的激励力，从而增大了筒体噪声。从耐磨角度和降噪两方面考虑，对衬板进行优化设计，采用截面形状不对称和制作材料不相同的复合衬板，既能兼顾耐磨需要，满足钢球磨煤机研磨出力要求，同时又可达到降噪目的，可获得降噪10dB左右的效果。

(3) 筒体内壁与衬板间加装多功能垫层。现有钢球磨煤机内壁和衬板之间有一层4~8mm厚的石棉板垫层，是为保温而设计安装的，起不到隔声作用。如采用多功能复合衬垫，集保温、隔声和减振作用于一体，是有效的降噪措施之一。华中科技大学开发的在钢球磨煤机筒内壁和衬板之间加装由砂和橡胶垫层等组成100mm厚弹性阻尼减振降噪垫层技术，在武汉阳逻电厂钢球磨煤机上成功应用，正常运行时降噪效果达5~6dB。

(4) 优化钢球尺寸及采用非球形钢研磨体。目前钢球磨煤机的碾磨体多为钢球，钢球磨煤机的撞击噪声与钢球直径三次方成正比，减小钢球直径能有效地减小冲击噪声。但钢球直径减小，其冲击破碎煤块的能力亦减小，且钢球的相对磨损也增大。试验表明，对于钢球碾磨体，在研磨烟煤及无烟煤时，钢球直径取50mm为佳。对于同样重量的碾磨体，若将钢球改为24面体、18面体等棱形钢制研磨体，在保持其原有的冲击力不变的情况下，利用其棱、角所特有的切割与破碎能力提高制粉效率；其等效直径减小，可降低噪声5~8dB。

(5) 组合自固式无螺栓衬板结构。现有钢球磨煤机筒体上一般有4排伸出筒壁外的螺栓，易在螺栓处发生漏声。徐州东方抗磨工程研究所及无锡东方抗磨工程有限公司开发的中铬铸铁和湖北天马抗磨材料公司研究开发的高铬铸铁组合自固式无螺栓衬板分别在衡水发电厂及宜宾发电厂等多家电厂的DTM320/580、DTM287/410、DZM380/550型钢球磨煤机上应用，不但可以防止

螺栓断裂和漏粉漏声，还可以降低噪声。

(6) 橡胶衬板取代钢制衬板。衬板是钢球磨煤机的主要工作部件，也是撞击时产生噪声的发源和传振元件，采用橡胶材料制作衬板取代锰钢衬板，利用橡胶的高阻尼特性，可抑制力—声能量转换和振动能量传递，是降噪最直接、最有效的措施，可降噪15~25dB(A)以上。我国的石景山发电总厂、辽宁热电厂等应用橡胶衬板降噪方面取得一定的经验。经现场实际运转考核，显示出橡胶衬板降噪的优异性能。橡胶衬板质量轻，安装方便，减轻工人的劳动强度，节能效果明显。但目前合成橡胶衬板的耐温性能和耐磨性能都较差，使用寿命短，成本昂贵，因此在橡胶衬板材料的性能方面还有待于进一步改善提高。

## 2. 无源噪声控制技术

结构设计方面的降噪措施对于待制造的钢球磨煤机有一定作用，但是对已运行的钢球磨煤机则由于投入资金过于庞大，并且一般情况下采取单一的结构改进措施降噪量有限，还是不能完全实现噪声达标。所以，目前国内外火电厂在噪声治理方面绝大多数仍然采用从噪声传播途径上对噪声加以控制的无源控制技术，包括消声、吸声、隔声、隔振、阻尼减振及其多种手段综合等方法，在钢球磨煤机噪声治理上取得一定成效。表1-3为资料报道的典型的利用无源噪声控制技术治理钢球磨煤机噪声的结果。

表 1-3 典型电厂钢球磨煤机噪声治理的结果

| 实施的电厂及钢球磨煤机型号         | 钢球磨煤机 | 治理措施         | 治理后<br>[dB (A)] | 降噪量<br>[dB (A)] |
|-----------------------|-------|--------------|-----------------|-----------------|
| 清河发电厂<br>DTM370/850 型 | 5号炉甲磨 | 筒体外壁<br>阻尼包裹 | 97              | 13              |
|                       | 5号炉乙磨 |              | 98              | 21              |
|                       | 6号炉甲磨 |              | 97.5            | 12              |
|                       | 6号炉乙磨 |              | 98              | 12              |
|                       | 7号炉甲磨 |              | 96.5            | 12.5            |
| 广西来宾电厂                |       | 隔声墙          | 97              | 10.6            |
| 安徽铜陵电厂                |       | 隔声套          | 95.5            | 19.5            |

续表

| 实施的电厂及钢球磨煤机型号             |              | 钢球磨煤机     | 治理措施 | 治理后<br>[dB (A)] | 降噪量<br>[dB (A)] |
|---------------------------|--------------|-----------|------|-----------------|-----------------|
| 长春第二热电厂                   |              | 1 号炉乙磨    | 隔声套  | 90              | 23              |
| 上海闵行发电厂                   | DTM320/580 型 | 12 号炉甲磨   | 隔声套  | 93.6            | 16.4            |
|                           | DTM350/600 型 | 10 号炉乙磨   |      | 93.9            | 8.8             |
|                           |              | 11 号炉甲磨   |      | 95.7            | 14.4            |
|                           |              | 11 号炉乙磨   |      | 92.7            | 11.7            |
|                           |              | 12 号炉乙磨   |      | 92              | 18              |
| 河北滦河电厂<br>DTM350/600 型    |              | 1 号炉甲磨    | 隔声套  | 91.9            | 17.5            |
|                           |              | 1 号炉乙磨    |      | 93.3            | 15.8            |
| 上海石化第二热电厂<br>DTM320/580 型 |              | 1 号磨      | 隔声套  | 94.3            | 8.4             |
|                           |              | 2 号磨      |      | 94.8            | 14.7            |
| 山东张店热电厂                   |              |           | 隔声房  | 85              | 22              |
| 南京扬子石化热电厂<br>DTM320/580 型 |              | 6 号炉甲磨    | 隔声套  | 94              | 22              |
|                           |              | 6 号炉乙磨    |      | 93              | 22              |
| 上海南市发电厂<br>DTM350/580 型   |              | 11 号炉甲磨   | 隔声套  | 93.3            | 20.7            |
|                           |              | 11 号炉乙磨   |      | 95              | 21              |
|                           |              | 12 号炉甲磨   |      | 93.8            | 23.2            |
|                           |              | 12 号炉甲磨   |      | 94.5            | 22.5            |
|                           |              | 13 号炉甲磨   |      | 94.9            | 20.1            |
|                           |              | 13 号炉甲磨   |      | 93.8            | 21.2            |
| 南昌发电厂<br>DTM350/700 型     |              | 10 号炉甲磨   | 隔声套  | 95.6            | 9.8             |
|                           |              | 10 号炉乙磨   |      | 91.5            | 12              |
|                           |              | 11 号炉乙磨   |      | 92              | 13.4            |
| 湖南耒阳电厂<br>DTM350/600 型    |              | 1 号炉 3 号磨 | 隔声套  | 93.3            | 17.5            |

筒体外壁包覆阻尼层：钢球磨煤机所产生噪声很大一部分来自筒体内撞击振动能量传递给筒体所致，是筒体振动的二次发

声。对二次发声体进行阻尼包裹，降低其发声效率是有效可行的措施。清河发电厂对 DTM370/850 型钢球磨煤机筒体外壁加裹毛毡，使钢球磨煤机噪声降低 12dB 左右。但是，加裹毛毡、棉类材料在实际运行中存在着卡箍螺栓经常脱落、毛毡易燃等现象。近年来，电厂在筒外壁喷涂吸音橡胶等阻尼材料，既具有阻尼作用，又有吸声和隔声作用，降低噪声效果明显，一般可降噪 10 ~ 15dB。

**隔声罩和隔声房：**隔声罩作为一种常规的噪声控制方法，广泛应用于隔离钢球磨煤机噪声向外界的传播。常见的隔声罩有两种形式：一种是只罩住钢球磨煤机筒体和大压轮的局部型隔声罩，另一种是把筒体、大压轮、齿轮箱和电机均罩在内的整体型隔声罩。后一种隔声罩降噪效果好于前一种，但必须考虑散热通风问题，复杂性及成本均加大。我国自 20 世纪 80 年代开始对大型动力机械设备隔声罩开展了一系列研究工作，在火电厂钢球磨煤机降噪应用方面取得较好的成绩。如沈阳重型冶矿机械制造有限公司、上海发电设备成套设计研究所等单位开发的隔声罩已应用于安庆石化热电厂、黄台电厂、菏泽电厂、聊城电厂、临沂电厂、济宁电厂、贵溪电厂、黄岛电厂、郑州热电厂、焦作电厂等多家电厂数十套钢球磨煤机，一般均能使钢球磨煤机噪声降到 90 ~ 95dB。

山东张店热电厂采用的组装式上层活动轻板和固定式多层复合轻板相结合的隔声房、电动机集风、机房进排风消声系统等综合治理，使钢球磨煤机房操作区的噪声平均值从 107dB 降到 85dB。但是，目前钢球磨煤机隔声罩和隔声房仍存一些不足之处，如占地面积大，影响场地布置与生产操作，钢球磨煤机维护检修不方便；罩壳的多孔材料易被煤灰堵塞，运行一段时间后，减噪效果下降；以及小室内容易堆积煤粉，不仅难以保持文明生产，还常引起煤粉自燃起火等。所以，在隔声罩结构设计方面还有待于进一步优化。

**隔声墙（屏）：**隔声墙就是利用隔声结构做成屏障，放在噪



声源与接受点（人工操作点或需要安静的地方）之间，利用屏障阻挡噪声，防止直接向接受点辐射的一种降噪措施。广西来宾电厂采取隔声墙的办法进行降噪，实施后隔声墙 1m 处噪声降低 10.6dB，运行时噪声为 97dB（A），但在隔声墙以内，噪声降低很小，对检修和运行人员来说，仍然有很大影响。

**隔声套：**钢球磨煤机隔声套降噪就是利用多层耐热的吸声、隔声、阻尼材料组合在一起，将钢球磨煤机筒体紧紧地捆箍起来，与筒体一道旋转。钢球磨煤机筒体运转时产生的冲击性噪声，经阻尼材料的内耗衰减及吸声材料的吸声和隔声材料的隔声作用，从而达到降噪的目的。现阶段，国内开发的隔声套一般是组合式结构，亦称组合式隔声套。它是采取分块拼装捆扎方法，将筒体沿轴向和圆周方向分段，总共由若干块隔声、吸声、隔振、阻尼板块组成，板块之间用翻边铁件及螺栓连接。上海中国船舶工业总公司第九设计研究院和上海拓林环保设备厂合作开发的组合隔声套，配合以在大牙轮护板外安装了  $\pi$  型结构隔声吸声板，对电机与减速箱安装隔声罩和出风消声器等，该综合治理技术在江西景德镇发电厂、安徽铜陵电厂、上海高桥石化热电厂、上海闵行发电厂、河北滦河电厂等电厂钢球磨煤机上应用，使高达 115 ~ 120dB 的噪声降为 95dB 左右。

隔声套由于是紧箍于筒体外侧，与筒体一同旋转，其相对隔声罩和隔声墙具有更简便实用、结构紧凑、容易发现和排除事故隐患等特点，也便于清除筒体下部的积物，有利于环境保护和劳动安全卫生。但是，组合式隔声套在运行一定时间后，易发生结构松动，产生漏声现象，以及阻尼减振降噪性能下降，从而影响降噪效果，并且仍然存在在钢球磨煤机筒体检修时，需要拆卸组合块的缺点。为解决组合式隔声套在此方面的不足，2001 年长沙电力学院与耒阳电厂共同开发出全密封非组合式隔声套，成功应用于 DTM350/600 型钢球磨煤机上，降噪量达 17.5dB。

**软质隔声帘幕：**国外近年发展起来的软质隔声帘幕，利用纤维材料的柔软弹性吸声，制成百叶窗式隔声帘幕，使其具有 10