

煤粉制备

上册

苏联B.П.洛玛金著

电力工业出版社

原 序

本書是我以前所著由普通科学技术出版社在 1936 年出版的“煤粉制备和煤粉燃烧”一书的第二版。在过去的十七年中，苏联在燃料的制备和燃烧方面的技术有着很大的发展、变化并且大大复杂了。因此就需要將該書全部加以修改。

这本著作的目的——使讀者了解煤粉制备的机器和设备在运行情况下以及在新設計構造的情况下所有的各式各样问题的原理。这就必須对碎煤-磨煤机器及其輔助装备的理論、計算和各种現象的物理数学的解釋，給予特別的注意。

十七年以前，我們的动力工作者曾面临着下列任务：掌握新的燃烧技术，培养精通这些技术的干部。

目前任务已扩大了。現在的問題不仅在于掌握煤粉制备的技术，并且还在于独立地建立新的、更完善的技术，培养新式机器和装备的設計師和制造者。

面临着这些任务，在本書中給出了在一定程度上能滿足这些要求和需要的資料。

由于内容和篇幅的增加，書中刪去了某些在別的地方已經充分闡明的问题。这些问题有球在圓筒內的运动理論，篩分理論，干燥理論等，以及苏联煤粉制备發展历史的材料。

煤粉燃烧的問題已划到單獨出版的著作的第二部分去了。

本書的材料是以我們的發電厂，科学研究院，設計和制造机构的大量經驗作为基础的。作者在本書中在很大程度上反映了和怀着感激的心情采用了全苏热工研究所爐室實驗室(我曾是該机构的成員达十五年之久)全体人員所獨創的和丰富的經驗。

在我編輯本書时也考虑了莫斯科动力学院鍋爐制造教研室的教师和学生們的意見。

作者希望本書对广大的苏維埃專家們——运行工作者，設計師，設計人員，高等动力学校的学生們，以及其他經濟部門的工作者有所帮助。

当准备本書的出版时，它的編輯 M. Л. 基謝里郭夫曾进行了大量地編輯工作，为此，我对他在此表示謝意。

同时要感謝本書校閱者 A. Б. 杜孟耳宝貴的批評和 E. Б. 罗迈金娜在完成本書中所作的重大帮助。

著者

緒 論

在帝俄时代燃料开采主要集中在两个地区：供給全部采煤量 87% 的頓巴斯区域，和供給在国内所开采石油量的 100% 的高加索区域。这两种燃料在 1913 年佔全部燃料开采量的 78.3%，因此就要把巨量的这些燃料轉运到距离很远的地方。

只有在偉大的十月社会主义革命后，在苏联全部国民經济的統一的社会主义計劃的基础上，苏联的合理化使用燃料才有了可能。

社会主义国家的組織者——列宁曾指出了解决这个問題的 道路。在 1918 年的科学技术工作計劃草案中，符·依·列宁着重指出了必須利用“低質燃料(泥煤，劣質煤)来获得电能，尽量減少开采和轉运燃料时的消耗”。

这个指示从那时起便成为开发国家燃料資源的基础，幷作为制訂和实现根据苏維埃国家的締造者——列宁的創議而建立的俄罗斯国家电气化計劃(ГОЭЛРО)計劃以及后来編制和实现几个发展苏联国民經济的五年計劃的根据。

利用地方低質燃料和开发新的燃料地区已成为苏維埃国家工业化的总計劃中不可缺少的部分。开拓地方燃料区域不仅增加了国家燃料資源的总数，幷且在很大程度上減輕了長距离运输的負担，使运输从这方面解放出来为其它更重要的目的服务。

在苏維埃政权的年代中，苏联在研究合理利用燃料的事業中發生了巨大的进步。开掘了几十个新的燃料产地，研究出了和使用低級地方燃料的完善的燃燒方法，創造了爐子裝置和輔助装备的本国構造。在許多情况中曾得到了燃料使用设备的經济和生产指标的新纪录。苏联热工技术的进步曾保证了燃料利用事業中最巨大任务的新穎独特的解决方法。

建立装备有技术上最完善的和最适用于利用低級燃料的设备的大容量发电厂，在掌握新低級燃料的事業中曾有着决定性的作用。

解决使用地方燃料的任务的复杂性在于它們大部分是属于低劣的品級例如褐煤，無煙煤屑，泥煤，选煤时的廢料，頁岩。苏联动力工作者曾必須掌握在固定式设备中燃燒揮發物自 3% 到 85% (可燃質标准)，水份自 55% 到 65%，灰份到 70% (干質标准)，具有各种不同粘結特性，屑末含量很大，以及灰份熔解温度(液熔状态)达到 1500°C 或者更高的燃料。

苏联爐子技术的发展在很大程度上曾建筑在下列部門广泛进行的实验工作的基础之上：全苏热工研究所(ВТИ)，苏联中央鍋爐汽轮机研究所(ЦКТИ)，科学院动力研究所(ЭНИН)，东方燃料利用研究院(ВНИИТП)，苏联地区发电厂及綫路改进局(ОРГРЭС)，莫斯科莫洛托夫动力学院(МЭИ)等。这些試驗已解决了合理燃燒燃料的一些主要任务，如保证爐子工作的可靠性、稳定性和經济性，提高了它的出力，达到燃燒过程的自动化以消除工作人員人工操作的必要性。发电厂的运行人員在改进和发展燃料燃燒方法方面起着很大的作用。

在燃燒過程的理論研究的基礎上，蘇聯學者曾研究出了和掌握了許多新穎的先進的燃料利用方法。

還是在建築于使用低級地方燃料的基礎上的蘇聯動力發展的初期，除塊狀泥煤外，全部固体燃料的煤粉燃燒（燃燒室的燃燒方法），就已得到優越的發展。

在使用地方燃料的初期，蘇聯動力工作者面前最困難的任務之一，是掌握莫斯科區的褐煤。

這種煤所特有的高度水份、灰份和硫磺含量，以及煤粉很易于凍結、自燃和爆炸的性質曾使我們必須解決許多最複雜的問題。

在 1925 年曾在卡希爾斯克（Каширск）國家區域發電廠（ГРЭС）進行了莫斯科區煤屑的燃燒試驗，這種煤屑在那個時候以前還被認為是開采的廢物。使用這種煤所遇到的一些主要困難，在很短的時間內，被勝利地解決了。低級多灰的莫斯科區煤，已經很久就以煤粉燃燒狀態在大容量發電廠中使用了，燃燒的經濟性很高，實際上機械不完全燃燒損失等于零。卡希爾斯克國家區域發電廠的鍋爐的運行總效率^①為 89—91%。這個凝結式中壓發電廠的燃料消耗率，在 1952 年近于 480 克/瓦·小時。在使用低級莫斯科區褐煤中所積累起來的經驗曾有助於在短期內掌握其它許多產區的許多種褐煤的高效率燃燒。

在 1925 年曾進行了粉狀燃燒無煙煤屑的試驗，根據這些試驗曾建立了粉狀燃燒無煙煤屑的施杰羅夫斯克（Штеровск）國家區域發電廠。

在發電廠使用無煙煤屑燃燒的工作時，曾訓練了蘇聯動力工作者用粉狀方法來燃燒煤。這種方法後來在大型和中型設備中成為所有種類的煤和頁岩的主要燃燒方法。在運用粉狀燃燒無煙煤屑時，曾應用了那時已知道的所有諸煤粉制備系統：中央式的，純單位式的和帶有中間煤粉倉單位式的，以及所有在那時已應用的型式的磨煤機——筒式鋼球磨煤機，單排高速錘式^②的，中速的。運送煤到爐子中去時，曾應用各種不同構造的噴燃器。

結果無煙煤屑在蘇聯動力工作者從事于其掌握以前的數十年間還充塞于礦山作為無用廢料，以後就成為不僅是頓巴斯，也是其它許多區域的動力燃料基礎。

可燃頁岩是特殊種類的燃料。在掌握燃燒這些燃料時，要克服非常大的困難，因為它具有極高的灰份和極低的發熱量（特別是伏爾斯基（Волжский）地區的頁岩）。

要在大容量發電廠內掌握上面所列举的各種地方燃料，只有在大膽的和穩步的應用粉狀燃燒方法時才有可能，這種燃燒方法是機械化程度最高，管理時最靈活，而在所使用的燃料的性質方面又最可靠和通用的燃燒方法。在粉狀燃燒方法中實際上可以保證任何容量的鍋爐機組以很高的效率來工作。

在蘇聯所有以後使用煤、選煤時的廢料、頁岩和泥煤屑的動力設備的發展，幾乎完全建築在應用燃燒粉狀燃料方法的基礎上。

在燃燒莫斯科區煤、無煙煤屑和其它燃料時，所積累起來的經驗幫助蘇聯動力機械製造工作者創造本國結構的機器場。這機器場供給我國的動力工業所有型式的爐子和煤粉制備裝置和它們的輔助裝備。

① 總效率的俄文為 К. П. Д. Брутто，也有譯為毛效率的。

② 單排高速錘式磨煤機，俄文為 Аэробильная мельница，有譯為氣錘式的。——譯者

从30年代开始，我們祖国(苏联)的工厂就已能制造第一等的各种型式的制造运输和燃烧粉状燃料的设备。苏联热力工作者在煤粉制备和煤粉燃烧方面所广泛进行的理论和实验上的工作，已经使得可以制订出保证煤粉设备工作的可靠性和安全性的设计计算标准；简单和可靠地解决干燥燃料的方法；迅速地提高筒式钢球磨煤机的出力；大大地简化煤粉制备系统和减低其价格；决定出苏联大部分燃料的可靠性的可磨性系数，运用竖井式磨煤机爐子；研究出并应用气力磨煤机；广泛应用煤粉粗磨；研究出和应用爐中液态爐渣的收集达到最大限度的旋風式燃料燃烧原理等等。

现在在苏联，煤和頁岩的磨粉主要应用的是已经研究得很好的筒式钢球磨煤机和竖井式磨煤机。

筒式钢球磨煤机是机组容量最大并适用于磨任何性质燃料的装置。最近几年来，这种磨煤机将仅被应用于磨无烟煤层，硬的烟煤和它們选煤时的废料。

筒式钢球磨煤机的广泛应用，要求我們特别注意繼續地改进它。

竖井式磨煤机已广泛地应用在容量至230吨/小时为止的汽鼓式和單流式鍋爐中磨揮發份很高的燃料。这种磨煤机应用于所有的褐煤和泥煤层，以及揮發物为30%或更大的烟煤时都很成功。

当保持相同的燃烧的經濟性时，竖井式磨煤机磨湿褐煤消耗的电能只有筒式钢球磨煤机所消耗的 $\frac{1}{2}$ 至 $\frac{2}{3}$ 。它主要的优点是：系統簡單，最初投資低，制造煤

粉时金屬和电能消耗量小。

虽然煤粉制备技术已达到很大的成就，可是現有的燃用煤粉的发电厂还是有将近全部發電量的2—3%被消耗于煤粉制备裝置的厂用电。由于在極大多数用煤的发电厂是应用粉状燃烧的，故放在苏联热能工作者面前的全面地降低煤粉制备的电能消耗的任务是何等重要。

为此必須：

a)繼續研究和应用燃料打碎，干燥和磨粉以及筒式钢球磨煤机的鋼球工作的最經濟工况等等；

6)更換装备的个别部件的構造，使它更完善(磨煤机，磨煤通風机，分离器等等)。

在煤粉制备方面，最主要的科学研究工作应向繼續改善煤粉制备系統和提高它們的經濟性和可靠性的方向發展。

根据第十九次党代表大会的決議，在第五个五年計劃中要广泛地建設燃用地方燃料的热力发电厂。在中型及大型設備中只能作粉状燃烧的水份和灰份都很高的煤的开采量有所增加。因此热能工作者的最重要任务之一，就是要全面地改善煤粉制备裝置而估計到要增加每座新鍋爐裝置所具有的容量。

为了完成放在热能工作者面前关于改善燃料燃烧方法的任务，我們的科学研究院和設計院，調度機構和发电厂都具有業務水平很高的干部。他們具有丰富的掌握地方燃料的經驗。而我們的鍋爐制造工業亦擁有很多大型的用最好的技术装备起来的工厂，这些工厂能供給我們的发电厂以全部必須的能，可靠和經濟地燃用种类最繁多的燃料的设备。

目 录

原序	3
緒論	4
第一篇 生燃料的准备	
第一章 煤的准备与清理的預先操作工序	1
1-1 煤粉制备过程的一般系統	1
1-2 丧失流动性、結冰及粘結的現象以及它們的防止	4
1-3 从煤中分离磁性金屬	9
1-4 木片的分离	14
1-5 燃料的取样与称重	15
1-6 生煤的篩分分析	17
1-7 碎煤裝置的一般系統及篩子与碎煤机生产能力的决定	21
第二章 篩子及其構造	22
1-8 固定的与摆动的篩子	22
1-9 滾子式或盤式篩子	27
1-10 篩子生产能力的决定	29
第三章 打碎及碎煤机	32
1-11 打碎的基本原理	32
1-12 初磨的碎煤机	34
1-13 正常磨的碎煤机	35
1-14 鏈式碎煤机的計算与型式选择	50
1-15 碎煤机分場的佈置	51
第二篇 煤粉的性質与特性、煤的磨粉的規律性	
第一章 煤粉及其特性	56
2-1 煤粉及其物理性質	56
2-2 煤粉的磨粉細度的决定	57
2-3 煤粉表面的决定	67
2-4 顆粒特性的分析	81
2-5 根据其它大小的篩子决定 R_{88} 与 R_{250}	83
2-6 煤粉磨碎的經濟細度	89
第二章 脆性材料的磨碎定律	92
2-7 磨碎的物理过程	92
2-8 物理的磨碎定律的試驗根据	91
2-9 磨碎定律应用到实际过程的条件	96
2-10 研磨过程的效率	97
2-11 在压碎和撞击时磨碎脆性材料的規律性	93
2-12 被压碎物体的顆粒成份和形成煤粉所消耗的能量的計算	110
2-13 在工作条件下的磨碎	125
第三章 燃料的可磨性系数及它的測定	119
2-14 可磨性系数的概念	119
2-15 試驗室的可磨性系数的决定	120

2-16 至苏热工研究所的方法[参考文献 2-16]	122
2-17 苏联中央锅炉汽轮机研究所的方法[参考文献 2-17]	125
2-18 ПМ-ВТИ的方法	127
2-19 不同的可磨性系数的比较	128
2-20 工作燃料的可磨性系数	129
2-21 燃料的物理-化学特性表	146
第四章 煤粉的爆炸现象及其防止	147
2-22 关于煤粉空气混合物爆炸性的一般概念	147
2-23 爆炸时所产生的压力	147
2-24 爆炸的原因	148
2-25 爆炸的过程进行及影响爆炸强度的因素	149

第三篇 燃料的干燥

第一章 干燥的一般概念, 目的和任务	155
3-1 干燥的目的和任务	155
3-2 燃料的空气干燥水份	156
3-3 蒸发掉的水份量	157
第二章 干燥器	163
3-4 气体筒式干燥器	163
3-5 蒸汽管式干燥器	167
3-6 干燥管	171
3-7 干燥过程	177
3-8 干燥设备示例	178
3-9 磨煤机用作干燥的机组	182
第三章 磨煤机的干燥煤产量的决定	184
3-10 一般概念	184
3-11 干燥-磨煤机系统的热平衡	184
3-12 磨煤机的干燥煤产量	190
3-13 再循环系统中的再循环气流量	191

第四篇 气力运输, 煤粉分离设备与煤粉清除设备的构造和工作

第一章 空气分离和气力运输的原理	195
4-1 问题的提出	195
4-2 气体动力学公式的应用	195
4-3 颗粒自垂直气流中的分离	199
4-4 颗粒由水平气流中析出	202
4-5 颗粒自曲线形气流中分离出	204
第二章 煤粉分离设备(分离器)	209
4-6 煤粉分离设备的作用	209
4-7 煤粉分离设备的构造	210
4-8 煤粉分离设备的特性及其工作对煤粉性质的影响	217
4-9 煤粉分离设备的计算	222
第三章 煤粉清除器	225
4-10 离心式煤粉清除器(旋風器)	225
4-11 旋風器的工作特性	228
4-12 布袋过滤器	231

目 录

第五篇 筒式球磨机

第一章 磨煤机的类型和筒式球磨机的构造	235
5-1 磨煤机总的分类	235
5-2 筒式球磨机的构造	236
第二章 筒式球磨机的电动机所需功率的决定	246
5-3 关于球磨机筒的临界转速和使用转速的概念	246
5-4 筒式球磨机中球跌落的最大高度的决定	248
5-5 装球量的周转率	251
5-6 燃料种类的影响	252
5-7 装甲形状的影响	253
5-8 碾磨燃料所消耗的功率	265
5-9 在筒子为双锥形时电动机使用的功率	265
第三章 球的金属损耗	268
5-10 球的磨损的本质及试验数据	268
第四章 碾磨产量及碾磨的单位能量消耗量的决定	275
5-11 磨碎的规律	275
5-12 材料沿筒运动的速度	276
5-13 球磨机的产量和循环率	279
5-14 磨煤机用通风机容量的选择	288
5-15 碾磨的单位能量消耗量的决定	289
第五章 用筒式球磨机的磨煤设备的設計	294
5-16 設計的基本指示	294
5-17 計算实例	297

第六篇 高速撞击式磨煤机

第一章 豎井式磨煤机(具有搖动鏈子的磨煤机)	301
6-1 豎井式磨煤机的原理和工作概况	301
6-2 豎井和它的工作	316
第二章 豎井式磨煤机工作的主要特性	322
6-3 磨煤机用电机的負荷	322
6-4 豎井中的碾磨細度和空气速度	325
6-5 碾磨时鏈子的磨损和金属的消耗量	327
第三章 豎井式磨煤机产量的决定	333
6-6 解决問題的一般程序	333
6-7 电动机所需功率的决定	334
第四章 碾磨燃料的单位能量消耗量的决定	339
6-8 計算公式的推論	339

第五章 豎井式磨煤机的热力工作	343
6-9 干燥产量的决定	343
第六章 关于設計豎井式磨煤机設備的基本指示	344
6-10 計算和設計	344
第七章 高速撞击式磨煤机 (具有硬性裝牢的鏈子)	347
6-11 高速單列鏈击式磨煤机	347
6-12 碾磨通風机式磨煤机	352
6-13 碾磨通風机碾磨产量的决定	357

第七篇 中速磨煤机

第一章 中速球式磨煤机	361
7-1 構造的敘述	361
7-2 球的直徑的選擇	368
7-3 磨环槽的形狀	368
7-4 彈簧的選擇	370
7-5 磨环轉速的決定	372
7-6 按从球下逸出的煤粉量計的磨煤机产量	375
7-7 磨煤机的磨煤产量	376
7-8 磨煤机的干燥产量	383
第二章 中速輥式磨煤机	384
7-9 構造的敘述	384
7-10 按从輥子下逸出的煤粉量計的磨煤机产量	391
7-11 轉盤和輥子的轉速	393
7-12 压紧在輥子下面的燃料層的厚度及包角的計算	395
7-13 煤層上的單位压力与可磨性系数的关系	399
7-14 輥子轉动所消耗的功率	400
7-15 磨煤机产量的計算	408
7-16 中速磨煤机的应用范围	410

第八篇 气力磨煤机

第一章 蒸汽和空气磨煤机	412
8-1 構造的特点, 試驗的数据	412
第二章 BTH(全苏热工研究所)气力磨煤机	414
8-2 磨煤机的敘述	414
8-3 运行的特性	418
第三章 气力磨煤机的产量計算及其設計中的主要指示	424
8-4 計算方法	424
8-5 对設計气力磨煤机設備的主要指示	431

第九篇 煤粉制备系統, 輔助設備, 自动化及設備工作的檢查

第一章 煤粉制备系統	433
9-1 系統的分类	433
9-2 單位式閉式煤粉制备系統	433

9-3	單位式開式煤粉制備系統	448
9-4	集中式煤粉制備系統	452
第二章	煤粉制備系統的部件	455
9-5	原煤倉及煤粉倉	455
9-6	磅秤	455
9-7	原煤給煤機	456
9-8	中間煤粉倉	461
9-9	鎖氣器，葉輪擋板	462
9-10	系統間的連接	466
9-11	煙氣抽出門及通往磨煤機的煙氣管道	469
9-12	磨煤機用通風機	469
9-13	煤粉泵	471
第三章	干燥磨煤系統的空氣動力計算	476
9-14	阻力的計算和磨煤機用通風機的選擇	476
第四章	煤粉制備設備工作時的檢查	485
9-15	工況檢查	485
9-16	質量檢查	487
9-17	磨煤設備的運行試驗	490
第五章	磨煤機的自動化和煤粉制備的經濟性	491
9-18	磨煤設備的自動調節	491
9-19	煤粉制備的經濟性	499

第五篇 筒式球磨机

第一章 磨煤机的类型和筒式球磨机的构造

5-1. 磨煤机总的分类

把煤磨细的机器称为磨煤机。获得煤粉(碾磨燃料)的过程在本质上是和粉碎煤的过程相同的;所不同者,只是碾碎的倍率提高了。在碾磨时,粉碎倍率达200—500倍,而在辊式碎煤机中,只3—4倍,在鏈式碎煤机中,亦只10—20倍。

设计磨煤装置时,利用与设计碎煤装置相同的原理。按照磨煤机的工作原理,它可分为下列几种类型:

按压碎原理工作的磨煤机。在这种磨煤机中,把燃料挤压在金属物体中间,并压碎到所需的尺寸,按这种原理工作的有中速辊式磨煤机和中速球式磨煤机。

按撞击原理工作的磨煤机。从构造上看,按照撞击原理工作的可分为下列各种方法:

a)碾磨物撞击在对该物来说是置于固定表面上的燃料上,筒式球磨机就是按这种原理工作的(利用球落在装甲上或球上,把燃料碾碎)。

6)快速运动着的金属零件撞击在成块的燃料上(竖井式及高速单列鏈击式磨煤机^①)。

b)快速运动着的燃料撞击在固定的金属板上(气力磨煤机)。

按压力突降原理工作的磨煤机。这种原理是把燃料在高压下预先加热,然后抛到低压室中,积蓄在燃料中的能量解脱出来,并引起燃料的破碎,在理论上当碾碎湿而多孔的燃料时,压力的突降可得到这种结果。

用压力突降方法来碾碎燃料是不很经济的,由于此种碾磨方法尚在研究阶段,下面将不进行讨论。有关这种方法的一些数据可参考[文献5-16]。

按压碎、撞击或者研磨原理工作的磨煤机装置中,这些原理通常不是纯粹局限于一种形式的。例如按撞击原理工作的球磨机中,相当大一部分煤粉是靠研磨出来的。按撞击原理工作的竖井式磨煤机也时常用压碎和研磨的方法来碾碎燃料。

除了按工作原理来区分磨煤机外,还可用转速来区别之。通常撞击式磨煤机(高速单列鏈击式,竖井式等)工作时转速很高(750—1500转/分钟),属于高速类型;按压碎原理工作的磨煤机,具有转速为100—300转/分钟,属于中速类型;最后,筒式球磨机的筒的转速为18—25转/分钟,属于低速类型。

^① 高速单列鏈击式磨煤机原文系 *Аэробильные мельницы*。竖井式磨煤机也称高速鏈击式,其不同处是前者为单列鏈子,而后者为多列鏈子,因此前者加“单列”两字以资区别。——译者

在以后的篇幅中引用下列简写字来表示各种不同类型的磨煤机装置：ШБМ——筒式球磨机；ШМ——竖井式磨煤机；ПМ——气力磨煤机；АМ——高速單列鏈击式磨煤机；ШСМ——中速球式磨煤机；БСМ——中速輥式磨煤机；ВМ——通風机式磨煤机(碾磨用的通風机)。

任何型式的磨煤装置在工作中的主要問題在于消耗最低的能量而得到最大的产量。磨煤机的产量与下列主要因素有关：

а)燃料的磨細特性与所需煤粉的細度。这两个因素决定碾碎燃料时(碾磨)所需的能量消耗量。由这些因素所决定的磨煤机产量，称做碾磨容量，而消耗的能量称做磨煤的能量消耗量。

б)磨煤机装置所用的热量。按干燥燃料的数量来决定的磨煤机产量，叫做干燥容量。它与磨煤机的碾磨产量无关。有时，如果干燥用的热量不够，干燥容量便会限制这个装置的生产能力，并限制它碾磨的可能性。

в)从磨煤机机体中取出成品的引出强度。各种不同型式的磨煤机具有不同的可能性从磨碎容积中引出制成的煤粉。例如，在筒式球磨机中取出磨碎了的产物是很困难的。因此，球磨机中的煤粉由于不能及时从筒中取出，时常经过重复地研磨。竖井式磨煤机中，在磨碎过程后，立即进行制成的煤粉的分离过程。因此，这种型式的装置磨出的产物中经过重复研磨的成分便不多。碾磨的材料从磨碎容积中取出的强度和及时不及时，可决定煤粉的品质和磨煤机的产量以及單位能量消耗量。

在磨煤机装置的设计及运转时，必须保持这样的条件，使其达到最大的碾磨容量。换句话说，必须使燃料的碾磨既不受干燥条件所限制，也不受燃料从磨碎容积中及时取出的条件所限制。

5-2. 筒式球磨机的构造

筒式球磨机具有直径为2到3公尺，长度为3到5公尺的錐形或圆柱的筒。筒内用球佔去部分空間。当筒旋轉时，球上升到相当的高度。球在筒内扰动，并打碎煤粒。燃料的碾碎作用主要是依靠磨煤机内所裝的球，而在很小程度上亦与磨煤机内裝甲的表面有关。此表面可由金属、橡皮、岩石及鋼骨水泥做成。裝甲起輔助的作用，它可决定球所需要上升的高度。

筒式球磨机的规格，用筒子的直径和长度来表示(D/L)，而 D 和 L 的尺寸用公分来表示。例如，磨煤机的规格为232/380，即筒的直径为2320公厘，长度为3800公厘。

球磨机具有許多优点，因此它是最好的磨煤机中的一种，这些优点是：

它既可用于碾磨軟的，也可碾磨很硬的材料；

它的构造許可制造成大容量的装置，球磨机在使用低級燃料时可保証近代大

型鍋爐的运行(当每台鍋爐裝設 2 台磨煤机时);

磨煤机可連續工作很長時間而不必修理,从而使設備具有很高的可靠性;

球磨机碾磨的細度,可以在需要的範圍內調節;

球磨机允許用預热的空气或烟氣来工作,这样使得它甚至在碾磨高水分的煤时,也具有大的干燥容量;

金屬部件与煤一起跌入筒子空間对磨煤机是沒有損害的。

球磨机也存在許多重大的缺点,其中主要的缺点是笨重,并在結構上提高了金屬的消耗量。各种不同类型的磨煤机每 1 瓩裝置功率所消耗的金屬量的数据示于表 5-1 中。很明显,筒式球磨机的單位金屬消耗量最大。

各种类型磨煤机的單位功率,以每噸金屬重量所需的瓩計 表 5-1

磨 煤 机 类 型	型 号 尺 寸	N, (瓩)	重 量 (噸)	公 斤 金 屬	單 位 功 率 瓩/噸金屬
				耗	
豎井式磨煤机(ШМ)	1500/1181	180	7.81	43.5	23.0
气力磨煤机(ПМ)	342/60	480①	20	41.5	24.0
通風机式磨煤机(ВМ)	№23	180	17.5	97.0	10.3
筒式球磨机(ШБМ)	287/470	550	110	200	5.5

① 碾磨所耗的功率。

在低負荷时,碾磨的單位电能消耗量和磨煤机的金屬磨損量是很大的。为了避免这种缺点,可把球磨机应用在具有中間煤粉倉式煤粉系統中,或者应用在用作基本負荷的鍋爐上的直吹式煤粉系統中。具有中間煤粉倉的煤粉系統,使煤粉制造设备的建造資金增加,运行复杂和維持費用高昂。但是,尽管有这些缺点,筒式球磨机(ШБМ)在过去和目前都被广泛地应用来碾磨無烟煤屑和别的硬質燃料。

筒式球磨机(如圖 5-1)主要由具有壁厚在 18 到 25 公厘間的圓筒所組成,筒內襯有裝甲板 2。这板用螺栓与筒連接起来,在筒及裝甲板之間襯有 10—13 公厘厚的石棉襯垫。筒兩端的盖备有空心軸頸 3。把原煤从一头經由軸頸裝进,而把磨好的煤粉从另一头送出,端盖用板 5 作为裝甲,用螺栓 4 固定起来。筒內 10—25% 的容积裝滿鋼球,球的直徑为 30—75 公厘上下。如不用球,可用別种形狀的磨碎物体,如圓柱、小方塊、断碎的球等等。但是經驗指出,球形为磨碎物体中产量最高的形狀。磨煤机中所裝載球总量与磨煤机本身尺寸有关。在 232/380 的磨煤机中,鋼球裝載量为 22 吨,而在 387/470 的磨煤机中則达 39 吨。

筒式球磨机(ШБМ)的碾磨效果与裝甲的形狀頗有关系。平滑的金屬裝甲是不大能满足要求的。因此,在新型磨煤机中都用鋸齒或波浪形的裝甲。苏联所制造的磨煤机組采用波浪形金屬的裝甲,裝甲由許多板組成,这些板敷在筒的內部

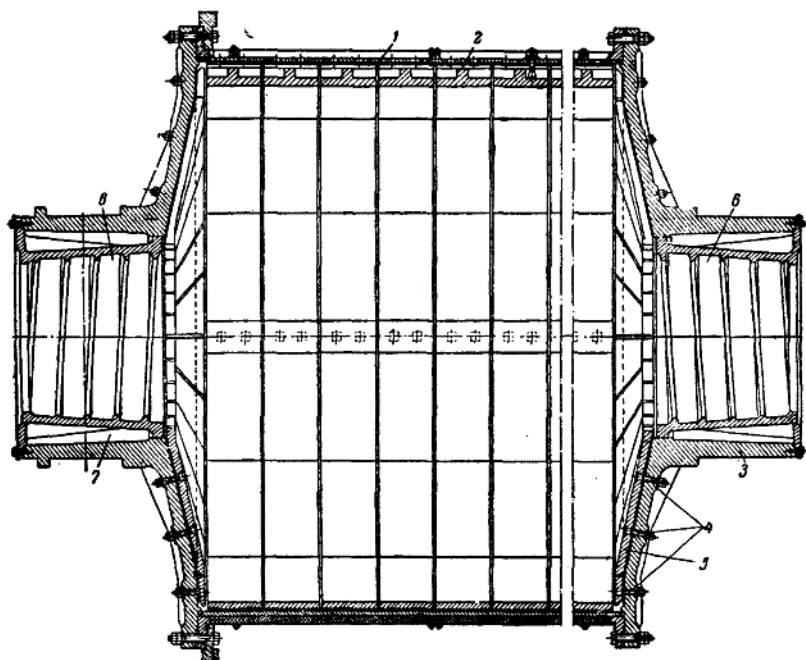


圖 5-1 筒式球磨机筒子的縱截面

1—筒体；2—在筒和装甲間的石棉襯垫；3—筒兩端具有空心軸頭的零件；4—端部装甲用的螺栓；5—端部装甲；6—軸頭中的軸襯；7—軸襯和軸頭間的空气間隙。

表面，或者用許多螺栓固定，或者用能产生橫向压力的連接鍵借护板之間的槽而裝牢。这种鍵沿着圓周裝設四根(圖 5-2)。中間各板借其凸緣嵌入隣近各板的槽中而固定，这种装甲連接的構造最簡單并且便于安裝。

在圖 5-3 中所示的为波浪形装甲板的零件，波浪的高度建議用約等于球的直徑(30—40 公厘)，波浪的陡斜度影响到球的上升效能，可根据專門的計算(見下面所述)或經驗数据来选用。

在制造装甲时一般采用具有下列化学成分的錳鋼作为材料：碳——1.0—1.5%，磷——不大于0.15%，錳——10—15%，硅——0.3—0.35%，硫——不大于0.03%。鑄件經過热处理加工。錳鋼具有抗磨性，因此，这种鋼做的装甲随碾磨的燃料不同可用 3000 到 18 000 小时。

球可用加有錳的鋼制成，鋼球的化学成分为：碳——0.3—0.9%，硫——不大于0.05%，硅——0.35%，磷——0.05—0.1%。鍛造的球中錳的含量为0.9%，对于高錳鋼则为12—14%。用鑄鉄做的球不能得到滿意的結果。运行时鑄鉄球会被打碎，这样会增加每吨产量的金屬損耗量。鑄鉄球的磨損量比鍛造的鋼球大 1.5—2 倍。

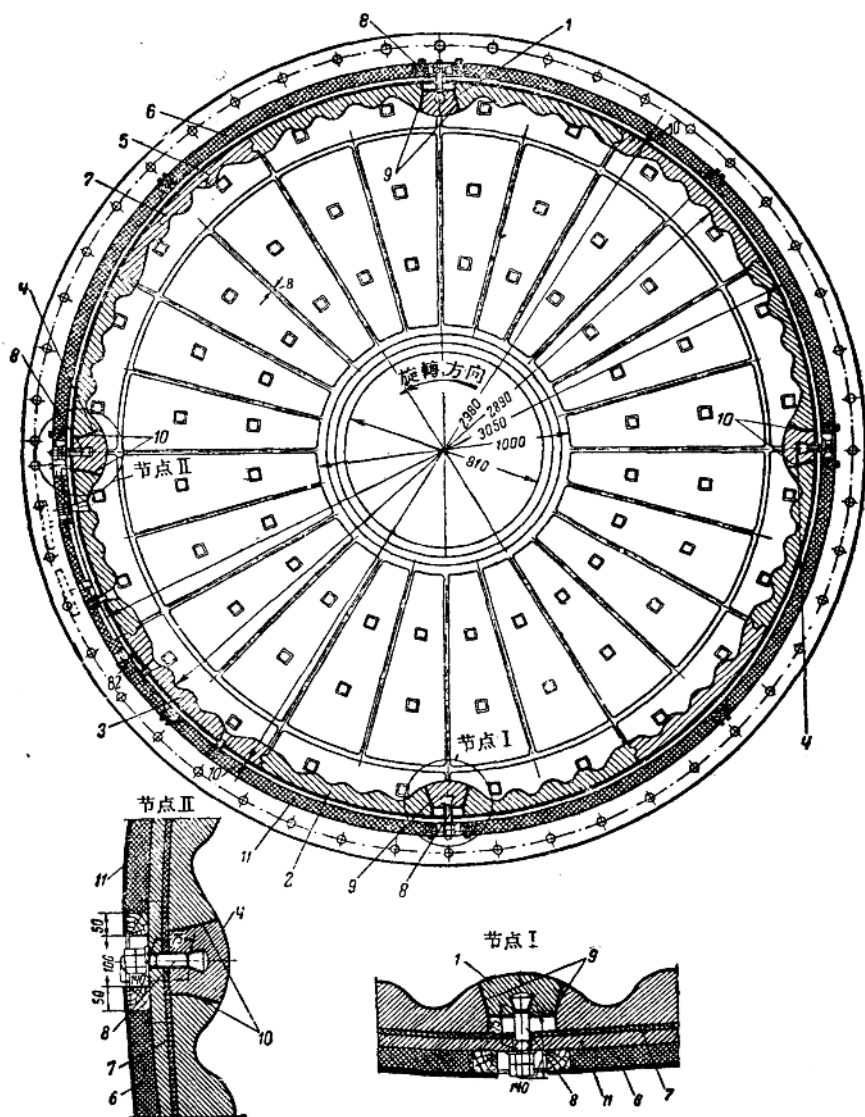


圖 5-2 具有波浪形裝甲并用連接鍵固定鋼板的筒體橫截面
 1—拉緊的楔形鍵；2—裝甲板(邊上的)；3—用螺栓的裝甲板；4—楔形鍵；
 5—中間的裝甲板；6—毡料絕緣物；7—石棉絕緣物；8—固定鍵的螺栓；
 9—拉緊的楔形鍵的墊片；10—楔形鍵的墊片；11—鋼板做成的外殼。

筒式球磨机可用輪箍支持在輾軸上，或者借筒的端部軸頸支持在軸承上，后者可以是滑动型式，也可以是滚动型式的。

磨煤机用电动机通过減速器及成对的齒輪来帶動。大齒輪套裝在筒子的一端，而小齒輪裝在減速器軸的端部。一般电动机的轉速是每分鐘 730 轉。

由于有热的空气或气体由筒的空心軸頸通过，軸承用水和油来冷却(圖 5-4)。軸襯与軸頸間的空气間隙 γ 对于防止軸承的过热具有很大的作用(圖 5-1)。軸承所需的油由单独裝置的油泵来供給，油由流动的水来冷却。

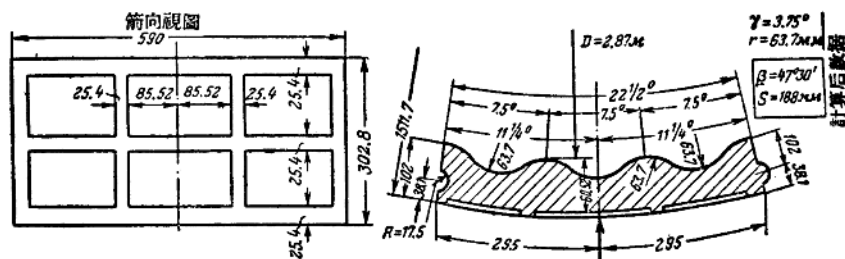


圖 5-3 用拉緊的楔形鉚固定的波波形中間裝甲板

用一層厚 40—70 公厘的氈料来包住筒子作为絕音和絕热的絕緣物，氈料外面再包一層厚 2 公厘的金屬外殼。

在球磨机中所得的煤粉用空气流送出，筒內的空气流速一般等于 1—3 公尺/秒(按磨煤机后的温度和全部空筒子的截面积計算)。磨煤机的空气阻力在 100—250 公厘水柱范围以內，引近磨煤机裝置的空气或烟气，随着燃料中水分的不同可在 150 到 700°C 間变动。在紧接磨煤机頸孔前面的地方(軸承前)，烟气温度一般不超过 300—350°C。为避免出口頸孔为大粒煤所塞住，在出口頸孔处烟气流速建議为 18—22 公尺/秒。落入軸頸襯套的鋼球及大粒煤，可以由預先裝在軸頸內的螺旋重行抛回磨煤机筒內(圖 5-1)。防止塞住軸頸最好的方法是用錐形的襯套。

圓形的，成流綫型的連接管(圖 5-5a)可靠性很小，因为在傾斜度小于 45° 的地方会堆积大塊煤和小球等(圖 5-5a 中用虛綫画出部分)，因之它們的阻力就很快上升。用空气清除阻塞部分并不能得到所需要的結果。

裝置角度为 45° 的橢圓形連接管(圖 5-5b)可得到較好的結果。这种連接管具有縮小断面到 $0.7F_{top}$ (頸孔截面)，傾斜角度为 45°，在工作中显出完全可靠，因此它們被广泛的采用来連接出口及进口的頸孔。这种連接管的缺点是提高了阻力，这是由于在縮小截面中的流速剧增和气流轉弯急剧的緣故。

近来已开始应用槽形截面的連接管，裝置角度成 45° (圖 5-5c)。連接管的槽形截面在下面一段做成与頸孔截面相等，以避免大顆粒燃料落入。槽形連接管的截面在下面一半是橢圓形 ($F_1 = 0.35F_{top}$)，而上面一半是方箱形 ($0.65F_{top}$) 并

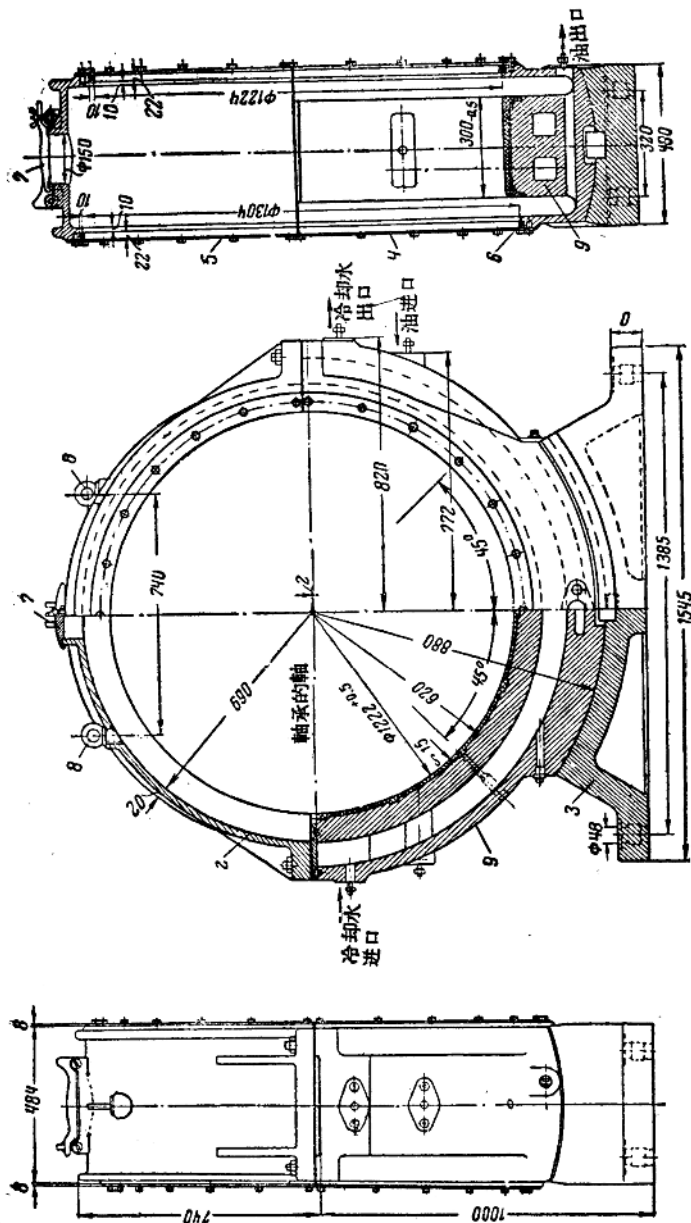


图 5-4 用巴德合金浇铸的磨煤机主滑动轴承

1—轴承；2—盖；3—球形自动支座；4—球形自动支座；5—小密封环；6—毡；7—观察孔；8—密封环；9—下部轴套。