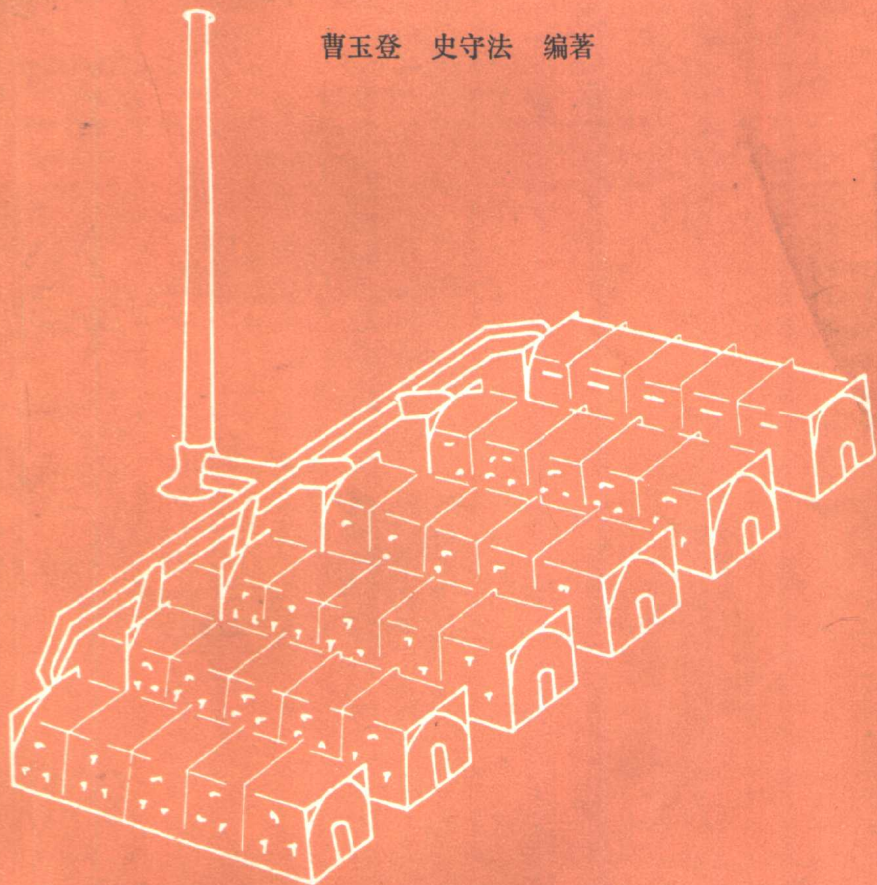


小焦炉炼焦

曹玉登 史守法 编著



煤炭工业出版社

TQ522.1
C-915

小 焦 炉 炼 焦

曹玉登 史守法 编 著

煤 炭 工 业 出 版 社

内 容 提 要

根据乡镇企业小焦化厂的生产特点和需要,书中简要地介绍了煤和焦炭的基本知识。侧重分析了以萍乡炉为代表的小型改良型焦炉的生产、操作、设备、技术经济指标,以及建厂方面的有关情况,并针对目前普遍存在的问题和今后的能源综合利用提出了改进意见和措施。书中还介绍了近期新开发,并经实践证明效果较好的几种新型小炼焦炉,并对各种炉型的优缺点作了评述。最后就大量积压的洗后煤矸石的出路提出了几种可行的处理方法。

该书内容通俗、实用,可供有关企业管理干部、技术人员,以及从事炼焦工作的同志参考。

责任编辑:李振祥

小 焦 炉
曹玉登 史守中 编著



煤炭工业出版社 (北京安定门外和平里北街)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

开本 $787 \times 1092\text{mm}^{1/32}$ 印张 $4\frac{1}{16}$

字数 86 千字 印数 1—3,050

1989年7月第1版 1989年7月第1次印刷

ISBN 7-5020-0230-8/TD·219

书号 3070

定价 2.00元

前 言

我国的煤炭资源非常丰富，炼焦煤占到全国煤总储藏量的36.36%，尤其是华北地区炼焦煤占到全国炼焦煤储藏量的60.59%。要把这些炼焦煤加工成国内外市场急需的焦炭，仅仅依靠当前现有的大中型焦化厂是不够的。统计资料表明：1985年我国机焦的产量是3853万吨，尚有1000万吨的缺口。近年来，随着钢铁、冶金、化工等工业的发展，焦炭的需求量更大了，不仅国内市场紧缺，外贸出口也有很好的销路。此外，炼焦的化工产品如苯、甲苯、二甲苯、酚、 α -甲基萘、 β -甲基萘、洗油、黄血盐、硫铵等，当前市场也很紧俏。大力发展炼焦工业，是广大工业用户的迫切愿望。

利用土法和简易小焦炉炼焦，在我国有着悠久的历史。目前，各种土焦炉和小焦炉遍及全国各地。除山西省外，河北、内蒙古、安徽、山东、河南、湖南、四川、贵州、云南、陕西、新疆等省和自治区，都有数量不等的各种小型简易焦炉。据1985年统计，这些省的土焦炉、小焦炉炼焦的总产量已达1200万吨，占全国焦炭总产量的23.9%。仅山西就有各种小焦化厂上百座，各种小焦炉千余台，1985年焦炭产量达410万吨，这些焦炭除本省自用外，还远销全国10多个省、市，并有部分焦炭出口，远销日、美等国。

这些小焦化厂的共同特点是：投资小，建设周期短，技术要求不高，产品质量较好，经济效益显著，环境污染比土法炼焦有所降低。但是也应看到，这些厂多数存在着企业管理水平低，技术人员和操作人员技术素质差，生产控制及产品检测手段不完善，综合利用不配套、产品质量不稳定、环

33-55/06

境污染不能达标等情况，有的工厂生产中存在着严重的问题，急待完善和改进。

国家十分重视小焦化厂的发展。为了扬长避短，克服小焦炉生产中存在的缺点和问题，发挥它们在煤炭加工方面的积极作用，已把小焦炉的技术改造和新式炉型的开发工作作为《星火计划》的重要内容之一，并拨专款进行技术改造。

为了推动《星火计划》的实施，促进小型焦化厂的改造和建设，满足广大读者对小焦炉技术资料的迫切需要，我们查阅了有关技术资料，考查了一些小焦化厂，在上级部门的支持下，有针对性地编辑了这本小册子。由于我们经验不足，掌握的技术资料不够充分和全面，难免有不妥之处，诚望广大读者提出批评指正。

本书在编写过程中得到山西省科委曹毓民同志、太原环境保护工业工程公司戴春亭同志、太原煤炭气化公司柳耀端、杨蓉同志的支持和帮助；书中插图由王毅同志描绘；太原煤炭气化公司总工程师胡益之同志对全书的内容进行了审阅。在此我们谨表示衷心的感谢。

编 者

1988.

目 录

前 言

第一章 煤	1
第一节 煤的成因和分类	1
第二节 炼焦用煤的基本要求	5
第三节 煤的洗选	9
第二章 焦炭	14
第一节 焦炭的性质与用途	14
第二节 焦炭的质量要求	18
第三章 焦炭的生产	23
第一节 煤炼焦的基本原理	23
第二节 萍乡炉炼焦	34
第三节 其它小型炼焦炉简介	87
第四节 各种小型炼焦炉技术经济综合分析	102
第四章 煤矸石的综合利用	106
第一节 筑路	106
第二节 制砖	108
第三节 建堤筑坝	111
第四节 其它用途	113

第一章 煤

第一节 煤的成因和分类

一、煤的成因

人类发现和使用煤炭已有很长的历史了。但是煤是由什么生成的，怎样形成的却有一个十分漫长的、复杂的认识过程，直到近二、三百年，特别是19世纪发明了显微镜以后，才科学地证明：煤是由植物遗体经过生物化学作用以后，又经受物理化学作用，最终转变成为沉积矿产的煤。

高等植物和低等植物都是成煤的重要物质。高等植物形成的煤叫腐植煤；低等植物形成的煤叫腐泥煤；两种植物共同形成的煤叫腐植腐泥煤。由于腐泥煤在我国较少，本文不作介绍，这里只简单地就腐植煤的成因作简要说明。

随着地球上植物的出现，并由单细胞或多细胞构成的低等植物，逐步进化到有根、茎、叶等器官构成的高等植物。高等植物死亡后，常年累月不断堆积在充满水的沼泽中，由于厌氧细菌在还原环境下，经过漫长复杂的生物化学作用逐步转变为泥炭。

泥炭由于地壳变化或其它原因被埋在地下，继而由于地壳的压力和地热的作用发生了压紧失水、胶体老化、固结等一系列变化，泥炭变成了比重较大、结构较致密的褐色或黑褐色的煤，称为褐煤。这个过程因为具有矿物岩石形成的某些特征，所以也称成岩作用。

褐煤在地层深处受到不断增高的温度和压力的影响，引

起煤的内部分子结构、物理性质和化学性质的重大变化，出现了粘结性，光泽也逐渐增强，褐煤逐渐变成了烟煤，这个变化过程一般称为煤的变质作用。随着顶板逐渐加厚，顶板的压力逐渐增高，煤层中的温度也逐渐升高，煤的变质程度也逐渐加深，煤的碳含量增加，氢和氧含量减少，烟煤逐步变成为无烟煤（白煤）。

由此可见，在自然界中，使植物转变为煤的过程是一个煤化过程由低到高的发展过程，各个煤种仅仅是植物成煤过程中的某一阶段的产物，彼此之间没有严格的界限，如果具备一定的地质条件，它们都可以进一步转化，变成另一煤种。

既然成煤的主要物质是植物，那么植物的性质对煤的性质也必然有一定的影响。若成煤的原始物质主要是植物的根、茎等木质纤维素组织，则煤的氢含量就比较低；如果是由含脂类化合物多的角质层、木栓层、树脂等所形成的煤，则含氢量高。这些含氢量不同的煤在加工利用过程中表现出来的工艺性质都不一样，所以成煤的原始物质是影响煤质的重要因素之一。

二、煤的分类

由于煤的成因和煤化程度的不同，煤的品种繁多，性质差异很大，分类的方法也很复杂。就其原始成煤植物的不同可以分为腐植煤和腐泥煤两大类。腐植煤按煤化程度不同又可分为泥炭、褐煤、烟煤和无烟煤等。若按煤的岩相不均一则可分为镜煤、亮煤、暗煤和丝炭。还可以按煤的成煤地质年代不同分为第三纪煤、侏罗纪煤、二叠纪煤、石炭纪煤、泥盆纪煤。总之，按煤的应用目的不同可以有两种不同的分类方案。

目前，世界各国没有一个统一的国际通用煤的分类方案。各国执行的煤的分类方案大多是适合本国或本地区煤炭资源的工业分类。

我国1958年4月颁布的煤分类方案是以炼焦煤为主的分类方案。它有两个主要指标：煤的变质程度(v' %)和粘结性(Y 毫米)。分类表中 V' %表示煤的可燃基挥发分产率； Y 毫米表示胶质层的最大厚度。本分类方案把从褐煤到无烟煤之间的所有煤种分为10大类和24小类〔见附表1〕。

这10大类煤的煤质特征及用途都有明显的区别。了解各种煤的特性，对我们正确进行加工和合理利用，有一定的参考价值。现分别作一简介。

1. 无烟煤 无烟煤是煤变质程度最深的矿产煤。含碳量通常高达90~98%，可燃基氢含量较低，一般 H' 小于4%。无烟煤的化学反应性较低，光泽强，硬度高，常用作民用燃料。一些化学反应性较强、热稳定性较高的无烟煤还可作合成气的气化原料。而低灰、低硫的老年无烟煤则是制造炭素制品的重要原料。

2. 贫煤 贫煤是烟煤中变质程度最高的一种煤。加热时不产生胶体，不能结焦；燃烧时火焰短，多用于动力或民用燃料。

3. 瘦煤 瘦煤加热时能产生少量的胶体，软化温度高，在炼焦时可以单独炼焦，结成的焦炭块度大，裂纹少，熔融较差，耐磨强度低。

4. 焦煤 焦煤加热时能产生稳定性很好的胶质体。焦煤是优质的炼焦原料，用焦煤进行单煤炼焦时，所得焦炭块度大，裂纹少，机械强度和耐磨强度都很高，但由于膨胀压力大，大型焦炉生产时易造成推焦困难。

4

5. 肥煤 肥煤属中等变质的烟煤，加热时产生大量的胶质体。在炼焦过程中，煤的软化、固化温度的间隔较大。肥煤单独炼焦时能产生熔融性良好的焦炭，但有较多的裂纹，焦炭易成小块，机械强度和耐磨强度均比焦煤焦炭差，一般作为配煤炼焦的主要成分。

6. 气煤 气煤加热时有较多的挥发物和较多的焦油析出，胶质体的热稳定性差。气煤能单独炼焦，但焦炭细长而易碎。配煤炼焦中多配气煤可以增加煤气产率和大大提高副产品回收率。

7. 弱粘煤 弱粘煤隔绝空气加热时产生的胶质体很少，有的也可单独炼焦，但焦炭多呈小块，而且容易粉碎，炼焦时可以掺用一部分。它主要用作气化原料、发电厂和机车的燃料。

8. 不粘煤 不粘煤在焦化时不结焦，煤的水分有时高达10%以上，一般用作动力及民用燃料，也可作气化用煤。

9. 长焰煤 长焰煤是最年轻的烟煤。呈弱粘性的长焰煤在低温干馏时能析出较多的焦油。这种煤一般用作动力、气化及民用燃料，也可作低温干馏炼油的原料。

10. 褐煤 褐煤的化学反应性强，放在空气中极易风化而碎裂成小块。它的热稳定性差，块煤加热后破碎严重。褐煤多作为民用及气化原料，有时也作为化工原料生产出多种煤化工产品，如褐煤蜡、硝基腐植酸铵等。

我国原有的煤分类方案经过多年来的实践证明：它对指导生产、科研及煤炭技术管理等方面起到过一定的积极作用。近年来，随着煤炭、冶金、化工、铸造等工业的发展，新煤田的不断发现，炼焦工业和煤化工事业对煤质的要求越

来越细，原来煤分类方案中作为两个主要分类指标之一的胶质层最大厚度 Y 毫米值，只能反映出煤加热时胶质体的数量，而不能反映胶质体的质量，即不能反映其结焦性。另外，该方案对非炼焦煤的正确划分考虑很少，划分得不够精确，不能适应当今工业发展的需要。

为了克服原来煤分类方案中的不足之处，我国于1986年颁布了适用于无烟煤、烟煤和褐煤分类的《中国煤炭分类》试行方案，现将与炼焦有关的《烟煤的分类》列于附表2，供炼焦选择煤种时参考。

第二节 炼焦用煤的基本要求

煤可以炼焦，但并不是所有的煤都能炼焦，也不是能炼焦的煤都可以炼出优质的焦炭。用于炼焦的煤不仅要具备一定的物化性能，而且还要符合一定的工艺技术要求，这些要求综合起来有以下六点：

1. 结焦性能要好

煤能炼成焦炭的最根本原因之一，是煤在加热干馏时，除了分解出气体、焦油外，还能生成一种粘稠液体。它和气、固相统为一体称为胶质体。胶质体随着温度变化逐渐固化、收缩成为焦炭。胶质体对于煤成焦的过程很重要，不能生成胶质体的煤是不能成焦的。胶质体生成的数量对成焦质量影响很大。

一般地炼焦煤的结焦性用胶质层最大厚度值（ Y 毫米）表示。 Y 值是在专门的胶质层测定仪中测得的，工业上一般胶质层最大厚度 Y 值在14~22毫米之间较好。乡镇小焦化厂由于采用捣固和延长结焦时间等措施， Y 值的范围可适当放宽。

2. 挥发分要适中

炼焦煤中的挥发分在炼焦过程中转化为煤气和化工产品。在配煤中较多地加入高挥发分的气煤，可以增加煤气产量，更多地回收煤焦油和其他化工产品。但挥发分过多，则使焦炭质量受到影响，焦炭易成碎块，有时部分出现蜂焦，机械强度和耐磨强度都会降低。根据经验，一般挥发分 $V' = 28 \sim 32\%$ 较好。当前乡镇小焦化厂普遍采用捣固炼焦，炼焦时用较高挥发分的煤对焦炭强度影响较少。但选用高挥发分的煤炼焦，必须改进煤气的回收设施，加强对煤焦油及煤气的回收，否则不仅焦炭产率受到影响，而且会加剧对生产环境的污染。

3. 硫分要低

煤中的硫是十分有害的成分。在选用炼焦煤料时，尽量选择含硫量低的煤。煤中的硫通常以黄铁矿、硫酸盐和硫的有机化合物三种形式存在，通过洗选只能除去黄铁矿及部分硫酸盐中的硫。装炉煤中残留的硫在炼焦过程中，一部分硫酸盐和 FeS_2 转化为 FeS 、 CaS 和 $\text{Fe}_n\text{S}_{n+1}$ 残留在焦炭中；一部分有机硫则转化为气态硫化物随荒煤气析出，这些气态硫化物中又有一部分在经过高温焦炭夹缝时，与焦炭反应生成复杂的硫碳复合物而进入焦炭。也就是说，装炉煤中的硫除了荒煤气带出部分外，大多数仍留在焦炭中，其中留在焦炭中的硫约占装炉煤全硫的70%左右。由于硫对焦炭的质量影响很大，所以对炼焦煤的含硫量要求比较严格，一般规定干基全硫含量 $S_b < 1\%$ 。

怎样降低装炉煤的含硫量呢？除了洗选方法外，目前尚无成熟的好方法，而洗选法对降低煤的硫含量也是很有限的。从当前的实际情况出发，要降低煤的硫含量，除了选择

低硫分煤种外，采用低硫煤种配煤以降低配合煤的总硫含量是当前切实可行的方法之一。

4. 灰分要低

煤的灰分是指煤中所有可燃物质完全燃烧以及煤中矿物质在一定温度下产生一系列分解、化合等复杂反应后，剩下的残渣。煤中的灰分全部来自煤中的矿物质。煤中矿物质由三个方面来源：其一，原生矿物质。它是由成煤植物本身所含的矿物质形成，原生矿物质在煤中含量很少；其二，次生矿物质。它是在成煤过程中由外界混到煤层中形成的，这种矿物质一般不多，但也有少数煤层含量较高。以上两种矿物质总称为内在灰分。内在灰分很难用洗煤的方法除去。第三种是外来矿物质，这种矿物质原来不含于煤层中，它是由开采过程中混入煤中的顶板、底板和夹矸层中的矸石所形成的，称为外在灰分。外在矿物质用选煤的方法比较容易除去。

煤中的灰分是有害成分，它对焦炭产品的质量品级影响很大。炼焦煤的灰分在炼焦中全部残留在焦炭中，一般煤的成焦率为70%左右，焦炭灰分是煤中灰分的1.3~1.4倍。我国乡镇小焦化厂属内热式炼焦，煤的成焦率更低，焦炭灰分高达煤中灰分的1.5倍以上。

我国规定一级冶金焦炭灰分不大于12%，若按成焦率75%计，则炼焦煤的灰分应该不大于9.0%。目前，多数炼焦煤的灰分在10%左右，要想炼出优质焦炭，灰分以7~8%较为理想。当前我国降低炼焦煤灰分的主要方法是进行煤的洗选。

5. 煤的粒度

用于炼焦的煤必须经过粉碎，使之达到一定的粒度。煤

的粒度对焦炭质量的影响十分复杂。用粗粒煤料炼焦时煤在一次裂解所生成的原子氢全部消耗在煤粒内部，它与煤分解产生的有机物进一步反应生成甲烷和不饱和碳氢化合物，因而焦炉气中氢含量较少，但挥发分总产率却比小粒煤高。大粒煤炼焦所产生的液态产物焦油、粗苯等比小粒煤多。因此用颗粒很小的煤炼焦，由于液态产物少，而容易出现“自瘦化效应”。另外，煤料过细，动力消耗大，煤的粉尘多，堆比重降低，煤气管道中焦油渣增多，对于萍乡炼焦炉来说，煤粉易于被洗煤水带进抽风道影响抽风均匀。相反，煤料粒度过粗，焦炭结构不均匀，配煤时不易混合均匀，焦炭机械强度和耐磨强度都会降低。为了提高焦炭质量，一般要求煤料粉碎后 <3 毫米的占全部煤料重量的80%左右，并要控制大颗粒(>3 毫米)和细颗粒(<0.5 毫米)的含量。

6. 水分

煤中的水分分为内在水分和外在水分。吸附或凝聚在煤颗粒内部毛细孔中的水称为内在水分；附着在煤颗粒表面上的水称为外在水分。内在水分比外在水分难蒸发。

在煤的工业分析中所测定的水分，分为原煤样的全水分和分析煤样的水分。煤样的全水分如符合应用状况，则称为应用煤水分。应用煤就是指即将进入炼焦炉之前的煤。

应用煤的水分含量直接影响到煤的堆比重、结焦时间和焦炭质量。一般焦炉应对入炉煤进行脱水或干燥，以尽量地减少水分含量。萍乡炉多为洗煤后的精煤连同洗煤水一起直接冲入焦箱，经过一定时间空水后即进行捣固，实践表明：水分过大时，对炭化和捣固不利；水分过小，煤层不易捣实，一般以水分含量9~11%较为合适。

由于萍乡炉具有人工捣固、结焦速度慢等特点，对上述

六项具体要求也要因地制宜地灵活掌握。例如，可以不需配煤直接用单一煤种炼焦，对于挥发分较大、粘结性较小的煤种，只要操作得当，也可以炼出优质焦炭。国内外均有采用捣固措施，用气煤和弱粘结性煤种炼出优质焦的先例，他们用 $V' = 35 \sim 36\%$ 、 $Y = 10 \sim 14$ 毫米，及 $V' = 32.17\%$ 、 $Y = 11.86$ 毫米的煤都炼出了质量较好的焦炭。

煤从外观上看都是黑的，要想确定它的性能用途，必须对原料煤进行必要的分析，根据分析结果确定其用途。煤的分析项目很多，对于炼焦煤来说，进行以下几项分析便可以了。

1. 煤的工业分析

煤的工业分析包括煤中水分的测定、灰分的测定、挥发分产率的测定、固定碳含量的测定和煤中硫的测定。至于煤的比重测定和着火点测定并不重要，可作为参考数据。

2. 煤的结焦性测定

煤的结焦性是煤粒在隔绝空气条件下，受热后能否粘附本身或惰性物质而生成优质焦炭的性质。对炼焦煤来说，这些分析指标是十分重要的。测定煤的结焦性的方法很多，对于小型焦化厂炼焦煤来说，只要进行胶质层最大厚度“Y值”和烟煤的粘结指标 $G_{R,1}$ 等的测定就可以了。

第三节 煤的洗选

为了降低焦炭灰分和提高焦炭质量，目前乡镇小焦化厂都有自己配套的选煤设备，现对有关煤的洗选部分略作介绍。

当前对煤的洗选，主要是为了降低炼焦煤中灰分的含量。严格地讲，不管原煤中灰分高低，作为炼焦用煤都应该

进行洗选。因为洗选后的精煤不只降低了灰分，而且能脱除丝炭、半丝炭等不粘结的惰性组分，使粘结成分镜煤和亮煤得到富集，改善了炼焦煤的粘结性，并可以降低硫、磷等有害组分的含量。煤的洗选是降低焦炭灰分，提高焦炭质量的重要途径之一。

洗煤的方法很多，而乡镇小焦化厂普遍采用的是小型跳汰洗煤。生产实践证明，这种洗煤方法具有投资小，技术成熟，与小焦化厂生产能力配套，洗选和炼焦两者生产工艺便于衔接等优点。各生产厂家在生产实践中已积累了许多经验，对降低焦炭灰分，提高焦炭质量起到了十分重要的作用，这里仅对此法作一简单介绍。

一、跳汰洗煤的生产原理

跳汰洗煤是重力选煤的一种，主要是在垂直升降的变速水流中按比重不同进行分选煤粒的过程，这种洗煤设备叫跳汰机，其作用原理如图1。

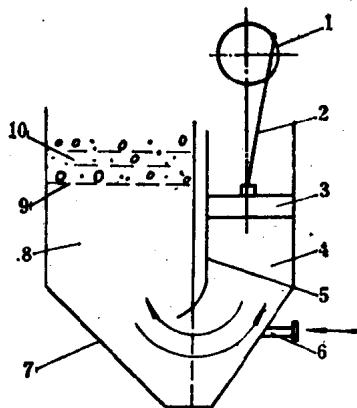


图 1 活塞跳汰机原理图

- 1—偏心轮，2—连杆，3—活塞，4—活塞室，5—隔板，6—补水管，
7—机体，8—跳汰室，9—筛板，10—物料

当煤料进入跳汰机筛板上时，受到两种水流的作用。一种是由于活塞的运动形成垂直升降的变速脉动水流；另一种是由于补充水不断进入跳汰室，使水沿水平方向向前流动的水平流。前者是物料按密度分层的动力，使大密度物在下，轻密度物在上；后者的水平流对分层后的轻产物起输送作用。由于补充水不断地流入跳汰室和活塞不断地上下运动，在跳汰室里便形成了反复的有规律的脉动水流，而且上升的水速总比下降的水速要大。筛板上的物料不断地被脉动流按比重分层，同时又不被水平流把比重不同的物料分段排出机外，从而对不同密度，即不同灰分含量的煤起到分选作用。

怎样把不同密度的产物分段排出机外呢？我们由活塞跳汰机的基本结构便可看出（如图2），由于脉动力的作用，按

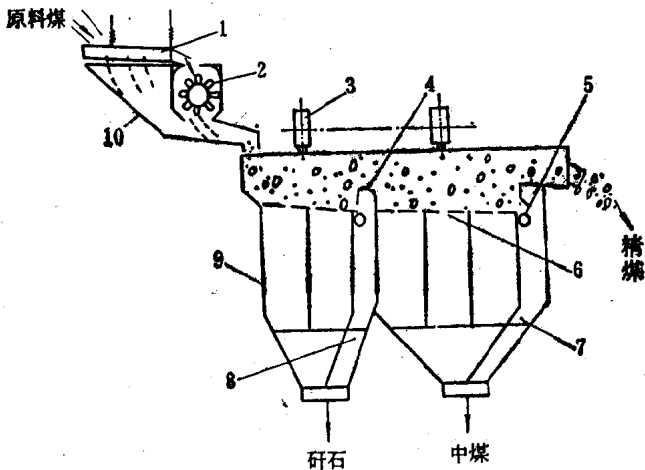


图 2 活塞跳汰机的结构原理

1—筛分机；2—破碎机；3—偏心轮；4—溢流堰；5—排矸轮；6—筛板；7—排中煤道；8—排矸道；9—机体；10—煤斗