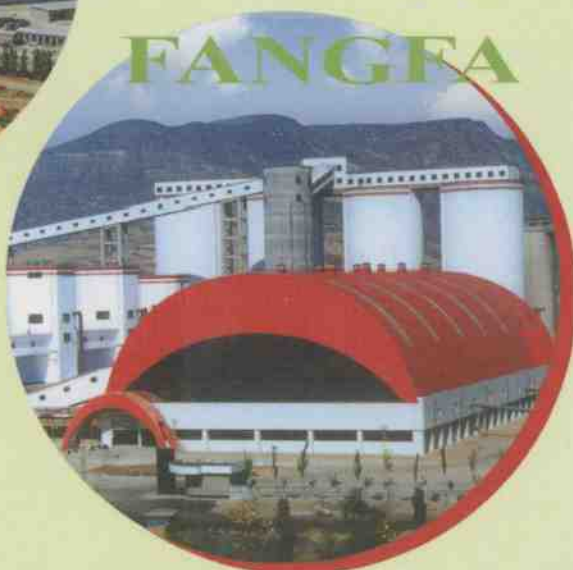
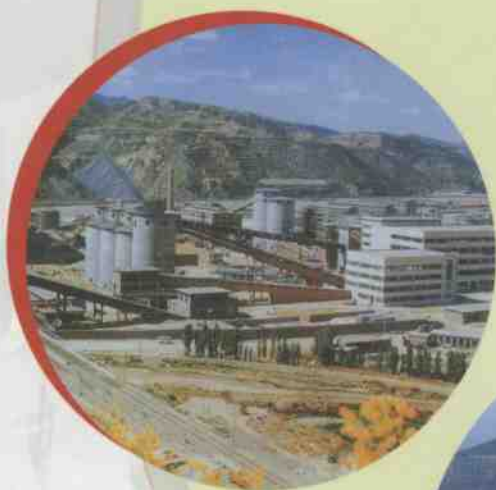


选煤工艺设计的 思路与方法

戴少康 编著

XUANMEI
GONGYI
SHEJI
DESILU
YU
FANGFA



煤炭工业出版社

选煤工艺设计的思路与方法

戴 少 康 编著

煤 炭 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

总结选煤工艺设计实践的经验和教训,阐述选煤工艺设计的思路与方法。全书共汇集23篇专题论文,论及工艺设计的所有重要方面。内容包括煤质资料调整与分析;产品结构定向与定位;选煤方法的比选与抉择;工艺流程的制定与计算;煤泥水系统环节的合理设置与洗水闭路循环有效途径的探索;工艺布置与厂址选择等。

本书可作为从事选煤厂工艺设计的设计人员以及从事选煤厂生产和工程建设管理的技术人员的参考书,也可作大、中专院校选煤专业的师生教学参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

选煤工艺设计的思路与方法/戴少康编著. —北京:

煤炭工业出版社, 2003

ISBN 7-5020-2364-X

I. 选… II. 戴… III. 选煤-生产工艺 IV. TD94

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第089204号

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居35号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

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787mm×1092mm^{1/16} 印张11^{3/4}

字数277千字 印数1—2,500

2003年12月第1版 2003年12月第1次印刷

社内编号5135 定价45.00元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

前言

选煤厂设计涵盖的内容庞杂，涉及专业面广，然而核心只有一个，那就是“选煤工艺”。其他专业的设计都是围绕“选煤工艺”这一核心做文章。所以，一部选煤厂设计做的水平高低，成功与否，首先取决于选煤工艺设计是否先进、合理。

面对一部选煤厂设计，究竟应该如何构思工艺，如何着手设计？这是任何一位工艺设计人员都会经常面临的问题。对于初涉设计领域的新手来讲更会感到茫然，无所适从，往往容易误入“捷径”歧途，即参照套用其他现成的设计蓝本。这样做看起来省时省事，实为设计“兵家”之大忌！遗患无穷。笔者集几十年搞设计的深刻体验，可以归结为一句话：“对症下药、量体裁衣、因地制宜”，这是选煤工艺设计的活的灵魂。设计最大的忌讳就是用一种固定的工艺模式到处套用，这如同企图用一种万能药方包治百病一样行不通。机械照搬、套用的歧途是工艺设计的死胡同。

本书的宗旨是：总结长期设计实践的经验和教训，以另一种角度和方式来阐述选煤工艺设计的思路与方法。它不像大学教科书和《设计手册》那样系统阐述，面面俱到，而是在与选煤工艺设计有关的主要方面重点展开，专题论述。

全书共汇集了23篇专题论文，论及工艺设计的几乎所有重要方面。内容包括煤质资料调整与分析；产品结构定向与定位；选煤方法的比选与抉择；工艺流程的制定与计算；煤泥水系统环节的合理设置与洗水闭路循环有效途径的探索；工艺布置与厂址选择等等。这些论文充分体现了“对症下药、量体裁衣”的设计思想，突出了“因地制宜”的设计个性。其中有部分专篇是通过对一些典型设计实例的剖析和评述，进一步阐明笔者的上述设计思想。本书的内容对选煤工艺设计和选煤厂建设很有针对性和实用性，其着眼点不仅在于文章内容的本身，而且希望读者通过阅读这些专题论述，能够开阔设计思路，掌握一些可资借鉴的分析论证方法。

鉴于选煤工艺设计是以煤质资料为主要依据的特点，本书个别专题论文必然涉及带有大量试验数据的实例，可是数据实例太多又会使论文主体支离破碎、层次不清晰。为此特地采用“附件”的形式来列举典型实例，并附于文章之后，独立成篇。

本书主要可作为从事选煤厂工艺设计的设计人员以及从事选煤厂生产和

工程建设管理的技术人员工作的参考，也可作为大、专院校选煤专业的师生教学、学习的参考书。若能对读者有所裨益和帮助，便是编辑本书的初衷和宿愿。

本书在编写出版过程中，承蒙煤炭工业太原设计研究院有关领导给予大力支持，特此深表感谢。由于水平所限，书中会有缺点和错误，专题论文中的观点也难免有失偏颇，不妥之处还望斧正。

戴少康

2003年10月

目 录

第一篇 论选煤工艺设计的基础与前提.....	1
附件一 华亭矿区百草峪选煤厂设计煤质资料调整	15
附件二 太原选煤厂技术改造工程方案设计煤质分析及产品 结构论证	30
第二篇 山西离柳矿区煤质浅析	47
第三篇 宁夏鸳鸯湖矿区煤炭洗选加工原则之浅见	52
第四篇 乌达矿区苏海图选煤厂煤质及选煤工艺的剖析	56
第五篇 关于重介旋流器分选工艺的几个原则问题的思考	61
第六篇 对跳汰粗选—重介旋流器精选流程的探讨	83
第七篇 选煤工艺流程计算中一个被忽视的问题	90
第八篇 谈谈部分煤泥水直接浮选与合理的煤泥水流程	96
第九篇 选煤厂洗水平衡及闭路循环的有效途径.....	106
第十篇 望峰岗选煤厂煤泥水系统技术改造的途径和效果.....	110
第十一篇 多功能洗水净化再生工艺专有技术简介.....	116
第十二篇 论工艺设备选型在选煤厂设计中的重要性.....	119
第十三篇 屯兰选煤厂采用加盖均质化混煤场与其他储、配煤方式的 比较论证.....	126
第十四篇 选煤厂主厂房工艺布置设计的新模式.....	130
第十五篇 关于马兰选煤厂厂址问题的论证.....	135
第十六篇 澳大利亚模块式重介选煤厂的工艺特点及其在中国应用的 局限性的评析.....	143
第十七篇 济北矿区唐口矿选煤厂设计咨询建议.....	148
第十八篇 海勃湾矿区骆驼山矿选煤厂设计咨询建议.....	152
第十九篇 准格尔矿区黑岱沟露天矿选煤厂设计咨询建议.....	156
第二十篇 云南省老厂矿区白龙山选煤厂设计咨询建议.....	159
第二十一篇 乡宁矿区王家岭选煤厂设计咨询建议.....	162
第二十二篇 合理利用贵州省发耳井田煤炭资源优势的建议.....	168
第二十三篇 中国现代化选煤厂设计的发展趋势.....	173

第一篇

论选煤工艺设计的基础与前提

选煤工艺设计的特点是数据量大、相关因素多、因果关系交错、内在规律复杂，选煤工艺设计是一项技术性较强的工作。那么哪里是设计的切入点呢？关键是要吃透、吃准设计的“两头”，这是选煤工艺设计的基础和首要前提。所谓选煤工艺设计的“两头”主要是指：

设计的源头——原煤的煤质特性。

设计的终端——选后产品结构定位。

其中，原煤特性是自然形成的因素，是选煤工艺设计的基础；产品定位是市场需求的体现，是工艺设计的前提和最终目标。它们都是千变万化、无可定型的因素，选煤工艺设计之所以千部千面、很少雷同，有别于其他一些行业设计的独特之处就在于此。对选煤工艺而言，脱离了这“两头”搞设计就是无的放矢，设计本身也就成了无源之水、无本之木。

历来搞选煤工艺设计虽然也做煤质分析，但深度、重视程度远远不够。至于对产品结构的论证在计划经济条件下就更不重视了。随着技术不断进步，市场经济不断发展，现在大多数设计院在搞选煤厂设计时都越来越重视这两部分内容。通常这两部分都放在设计说明书“工艺设计”的最前面，分析论证清楚以后，才展开工艺设计的其余部分，足见“两头”的重要性。

设计抓好“两头”的关键是突出一个“透”字和一个“准”字。下面分别对工艺设计的这“两头”进一步展开论述。

一、原煤煤质资料的分析

1. 煤质分析工作的重要意义

设计好比医生看病。医生诊病的对象是人，通过号脉、检查，把病因找准才能对症下药。而洗选加工的对象是煤，对煤质进行分析、评述，就是对煤进行号脉诊断，设计就是开处方。煤质分析得是否透彻，原煤特性把握得是否准确，直接关系到设计的“处方”——选煤工艺能否“对症”，能否切合入选原煤的实际特性。这是衡量一部设计好与坏、合理与否的最重要的标准。

众所周知，由于成煤环境和成煤条件不同，形成了煤炭赋存状况上的差异。因而各煤田、各矿区的煤种、煤质情况千差万别，在我国尤其如此。有时候即便同属一块煤田，但在不同的井田，甚至不同的采区，不同的层位，其煤质的变化和区别也是非常明显的（本书第二篇专题论文《山西离柳矿区煤质浅析》所阐述的内容就充分表明了一个矿区内煤质上的差异及其变化规律，极具代表性）。所以，如何将被分选的原煤的“脉”号准，是搞好选煤工艺设计必须重视的基础问题，也可以说是头等重要的问题。

2. 煤质分析的主要内容和方法

（1）首先评价入选煤源的可靠性；掌握主要可采煤层特征，可采储量，矿井服务年限，

来煤方式。

(2) 了解井下各主要煤层的赋存特点：有无伪顶以及顶、底板的岩性；有无夹矸、夹矸层厚度和层数及其岩性，以便判断矸石是否易碎易泥化及其对煤质可能产生的其他影响。同时还要了解采煤方法、井下运输、提升环节等，以便判断矿井生产对原煤的粒度组成和对毛煤中矸石含量的大致影响。掌握这些情况对正确评价生产煤样筛分浮沉资料的真实性和代表性有重要的参考价值，对正确制定选煤工艺也有重要影响。例如某矿煤层的顶、底板和夹矸多为易碎的泥质页岩和炭质页岩，矿井的采煤方法又是综采，预计开采过程中会有大量页岩被破碎混入各粒级毛煤中，可能会造成筛分资料中可见矸含量虽不多，但浮沉资料 $>1.8\text{ kg/L}$ 密度级的矸石含量反而比较多的现象。进行设计时你可以对比手中的筛分浮沉资料，看一看是否符合这种规律，从而判断试验资料的真实性和代表性。

下面再举一个矸石岩性对选煤工艺造成影响的实例。淮南新矿区某矿拟建一座动力煤选煤厂，曾有外国公司提出采用两产品有压入料重介旋流器方案，系统先进简捷，但最终未被矿方采纳。原因就与原煤中矸石的岩性有关。按常规讲，动力煤洗选排矸，如果末煤量比较大，采用两产品重介旋流器分选工艺本是可行的方法之一。但是，对于淮南新区的煤矿而言，若要采用重介旋流器分选工艺，特别是采用有压入料方式，则必须慎重。因为该矿煤层的顶、底板及夹矸层多是一种性质极为特殊的泥岩，这种泥岩一经水浸泡，几分钟内便可化为泥浆。对照浮沉试验资料可以看出，其浮沉煤泥量高达12%以上，灰分高达32%，也从另一个侧面证实了矸石易泥化的特性。面对这种不利条件，外国公司的设计方案仍然采用香蕉筛按传统方式进行选前脱泥。但是，常规意义上的选前脱泥方式在这里已经不解决问题，根本达不到预期的脱泥目的。在淮南新区，所谓预先脱泥应该理解为除常规意义上的脱泥外，还须将泥矸也同时排除掉。而脱泥筛无法将泥矸脱除，因为该矿原煤中混杂的各种粒度的泥岩，在脱泥筛上停留时间很短暂，大约几十秒钟，仅能被喷水润湿，使矸石表层泥化而已。绝大部分块状泥岩仍然混在筛上物中一并进入重介系统，在混合桶内被循环介质浸泡，然后又被入料泵高速回转的叶轮强力撞击、搅拌，在高压下进入重介旋流器，在旋流器的离心力场中再次被剧烈搅动。可以肯定，经过这一过程，大部分泥岩都会化成细泥。实际上它将导致旋流器内工作介质的非磁性物含量大大增加，引起重介悬浮液特性参数的改变，对分选效果将产生严重影响。此外，泥岩产生的细泥还会给重介系统带来一系列问题和诸多弊端。例如对分流、磁选、脱介、密度控制等环节，都会产生不利影响。在这里就不再赘述了。鉴于上述分析，矿方决定放弃重介旋流器分选方案，改用跳汰排矸。尽管跳汰选对洗水的泥质含量也有浓度要求，但不像重介选那样敏感，而且跳汰机在矸石段就可将泥岩先行排出，泥化现象远不如有压入料重介旋流器那样严重。当然，也可以考虑采用大直径无压入料重介旋流器，该分选工艺也是泥化现象较轻的选煤方法之一。

不论采用哪种选煤方法，泥岩都会给煤泥水系统带来相当大的麻烦，使煤泥回收、洗水净化和闭路循环变得十分困难。它提示我们对煤泥水系统的设计应给予足够的重视。

通过上述实例的剖析，充分说明了在进行煤质分析时，认真了解矸石岩性的重要性，不要因为矸石不是构成原煤的主体而忽视它。

(3) 了解煤岩组成，特别是显微煤岩特征，以便从根源上掌握和解释原煤的各种特性。例如根据惰质组（丝质组）含量的多少可以判断煤本身是否易泥化、预测煤泥浮选的难易

程度；又如，根据无机矿物组分中粘土质的分布形态（分散状、浸染状或是充填在植物细胞腔内）来判断它们对煤炭内在灰分的影响。

(4) 煤层煤质特征及工艺性能特性的分析。主要包括以下与设计有关的内容：

①煤的物理性质：密度、摩擦角、静止角（安息角）、硬度、脆度。

②煤的工业分析：水分（ M_{ad} ）、灰分（ A_d ）、硫分及硫成分（ $S_{t,ad}$ ， $S_{o,ad}$ ， $S_{p,ad}$ ， $S_{s,ad}$ ）、挥发分（ V_{daf} ）、发热量（ $Q_{gr,v,ad}$ ）、固定碳（FC）、透光率（ P_M ）。

③煤的元素分析：C、H、N、O 及其他有害微量元素的分析。

④煤的工艺性能分析：粘结性、煤灰成分及灰熔融性、结渣指数、(Slagging index) 结污指数 (fouling index) 可磨性指数及可磨性系数、煤的气化及液化性能、煤尘爆炸性、煤的自然倾向等等。

上述各项分析内容是确定煤种牌号和选后产品定向定位的主要依据之一。举例说明如下：华亭矿区某矿5号煤属特低灰、特低硫、低磷、高挥发分长焰煤，煤质可谓不错。但由于内在水分高达7.5%，对煤的热值将产生不利影响，加上灰分偏碱性，酸碱比为0.61，致使灰熔点（ST）低，仅为1208℃，属低熔灰煤。综合起来看该矿原煤就不能算作优质动力煤了，宜作普通电煤。另外也因内水高，且可磨性指数较低，为55，导致成浆性难度指数偏大，不宜作水煤浆原料。该矿原煤煤种是长焰煤，属年轻烟煤，本该是煤炭直接液化的良好原料，但又因煤的显微煤岩组成中惰性组分含量高、镜质组和半镜质组分含量偏低，仅为60%，故也不符合直接液化用煤的煤质要求。但该矿的煤，对二氧化碳反应性大于60%，具有良好的化学活性，且热稳定性好，机械强度亦高，是较理想的气化用煤。块煤可单独分出来作为气化煤产品销售。同时因煤中有害元素含量低，在当地，块煤产品是极受欢迎的民间食品烧、烤燃料。经上述粗略分析，对该矿煤炭的产品结构定向与定位就有了初步轮廓，为下一步产品结构论证提供了依据。

(5) 原煤的筛分、浮沉特性的分析。这是与分选工艺直接相关的最主要的煤质分析内容。在这一部分分析中要特别关注以下几点：

①分析煤的粒度组成，要特别关注煤的易碎程度。对13 mm以下末煤含量大的原煤，特别是3 mm以下粉煤含量大的易碎原煤，在确定选煤方法时尤须慎重对待。现以汾西矿区某选煤厂设计的教训为例，来说明原煤粒度组成对确定选煤方法的重要影响。

该厂入选原煤为特低硫、特低磷主焦煤，但粒度、密度特性存在以下问题：

粒度特性：原煤极易粉碎，末、粉煤含量特别大。其中小于13 mm末煤的产率占原煤的80%以上；小于3 mm的粉煤产率高达47.9%，占原煤几近一半；<0.5 mm原生煤泥含量为17.66%。可谓是粉、末煤含量大的典型。

密度特性：原煤中轻产物含量少，且内灰高，其中<1.4 kg/L密度级浮物累计量仅为43%；累计灰分已达9.20%；当精煤灰分要求为10.5%时， $\delta \pm 0.1$ 含量为33%仍属难选煤。

对于这种粉、末煤含量极大，且可选性亦难的原煤，原设计采用了传统的混合跳汰分选工艺。且不论跳汰选对难选煤能否胜任，单就粉、末煤量如此之大这一点而言，就不宜选择跳汰选。因为跳汰机分选末煤，特别是分选3 mm以下的粉煤时，透筛损失大，分层效果差，分选效率明显降低。这一点在该厂的生产实践中也得到了充分证实。该厂建成投产 after，由于跳汰机精煤损失大，精煤产率过低，生产亏损严重，不得不长期关门停产，给矿方造成了巨大经济损失。这就是由于对原煤筛分特性与选煤方法的相关关系认识不到位，导

致选煤方法抉择失误的典型事例。产生这样的后果，教训是深刻的。

②分析密度组成，要重点注意各密度级的灰分和产率的变化规律，关注浮物累计特性。借此可大致判断选后精煤灰分的合理波动范围。浮沉资料还是评定煤的可选性和分选作业流程计算的依据，而可选性的难易又是确定选煤方法的重要依据之一，其重要性不言而喻。

通过可选性的评定，应该能够全面地反映出该原煤的洗选特性。因为一种原煤的可选性不是一成不变的，当选后产品灰分要求不同时，其分选密度和邻近密度物的含量是变化的，可选性也会相应改变。所以应该以动态的眼光看待原煤可选性的难易。目前在设计中比较周到的做法是：先利用浮沉资料综合表（含浮物累计）显示出各密度级条件下邻近密度物的含量及其可选性的大致变化规律，也就是先反映出该原煤可选性的全貌，然后再根据可选性曲线求得在推荐的产品方案所要求的灰分条件下相应的可选性等级。具体做法和表述格式，请参阅本文“附件二”典型范例的有关内容。

③分析硫分组成，硫的粒度分布特性和硫的密度分布特性。随着环保要求日益严格，选后硫分降幅的大小在评定洗选效果方面所占的地位也越来越突出，已不亚于降灰的重要性。特别对于含硫高的原煤，现在也像评定可选性那样，开始重视评估洗选的脱硫效果及可行性。在工艺流程计算时，对硫分的计算方法与计算灰分的方法基本相同，即以加权平均法为基本计算方法。计算时，硫分指标是以全硫为基准。但是在煤质分析的时候，需要对选后脱硫效果进行预测和解释，往往涉及煤中含硫的成分。一般来讲煤中硫的形态主要分为有机硫和无机硫两大类。无机硫又分为硫化铁硫（黄铁矿）和硫酸盐硫两种。众所周知，洗选过程无法去除煤中的有机硫和硫酸盐硫，只能排除黄铁矿硫。而洗选脱硫的效果又主要取决于黄铁矿在煤中赋存嵌布的特性，即结核状、团块状、微粒状、星散状或浸染状等。其中结核状、团块状硫化铁通过洗选比较容易脱除；星散状或浸染状硫化铁脱除比较困难，这还要取决于硫化铁嵌布的细度。过细的浸染嵌布，甚至浸入植物细胞腔内，则与有机硫一样无法脱除。下面仅以太原东山煤矿为例来分析说明硫成分及其赋存嵌布特性对洗选脱硫效果的影响。

东山煤矿主采煤层为15号、12号二层煤。均属高硫煤，其中：15号煤 $S_t=3.45\%$ ；12号煤 $S_t=3.74\%$ 。

根据该矿1998年6月生产大样所做的筛分浮沉资料化验的硫分指标可以看出二层煤的硫成分有很大区别，赋存规律也各具特点。限于篇幅，原始资料省略不录，仅简扼地将分析结论阐述如下：

15号煤硫分的赋存特点是：①有机硫成分含量高，一般高达2%左右，而且密度越低有机硫含量越高， $<1.3\text{ kg/L}$ 低密度物料有机硫含量最高，一般都超过2%，各粒度级的浮沉资料均有此规律。②无机硫含量也比较高，分布规律明显随密度增高而增多，其中低密度物中无机硫含量仅在0.1%~0.3%，而高密度物中无机硫含量可高达10%以上。说明通过洗选排矸能够去除大部分无机硫。值得注意的是各粒度级高密度物料中无机硫含量都同样高，甚至3mm以下的粉煤中高密度物的无机硫含量之高与其他粒级也基本相同。这就提示我们，要想最大限度降低15号煤总硫分，必须降低洗选下限，即各粒级原煤必须全部入选。③1.6~1.8kg/L中间密度物所含的无机硫具有随粒度减小而逐降的规律，说明中煤破碎后再选能使部分无机硫进一步解离排降。但是这对总硫分的降低只略有作用，因为东山煤矿原煤的中间密度物产率本身就少（ $\delta_{1.6\sim 1.8}$ 含量为5.91%），能被破碎解离出的硫化铁就更少，

排除后对总硫分的降幅十分有限，可是增设中煤破碎再选工艺将使系统变得复杂，生产成本增高，是否值得应做经济比较，慎重处理。

12号煤的硫分含量也很高，但其赋存特点与15号煤不同，具有以下规律：①煤中有机硫含量很少，约在0.6%左右。②12号煤硫分组成主要以无机硫为主。从分布上看，各粒级无机硫含量均随密度的增高而增多。与15号煤不同之处是12号煤低密度产物中的无机硫含量相对较高，一般在0.7%~1.0%，而且随着粒度的减小，这一含量无明显变化，比较稳定，甚至<0.5mm低密度煤泥的无机硫含量也是如此。这就说明有相当一部分无机硫是以极细的浸染状嵌布在煤中的，采用物理选煤方法是很难将其去除。

总之，东山煤矿二层原煤通过洗选均有一定的降硫效果，但降幅不大。其中15号煤因有机硫含量高，选后硫分估计仍在2%以上，12号煤含无机硫为主，选后降硫幅度稍大，估计可降至1.5%左右。

经常遇到的情况是矿方提供的煤样试验资料对硫分化验的指标并不完全；一般仅有全硫一项，很少按有机硫、无机硫、硫酸盐硫分类化验。这样就很难直观地预测或解释洗选脱硫效果的好坏。在这种情况下，如何解决这个问题呢？通过不断摸索，发现可以根据筛分浮沉资料中全硫指标的分布规律来大致判断硫的成分和嵌布特性，这是一种粗略的分析方法。下面就以西山局某矿8号煤的筛分浮沉资料中全硫指标的分布规律为例，进行分析判断。

表1为8号煤筛分资料综合表，表2为8号煤小筛分试验报告表。表3为8号煤各粒级浮沉资料汇总表。

表1 8号（自然级+破碎级）筛分资料综合表

粒度/mm	$\gamma/\%$	$A_d/\%$	$S_{a,d}/\%$
50~25	26.636	26.53	2.01
25~13	19.906	21.54	1.93
13~6	16.034	20.44	2.02
6~3	8.687	18.50	2.01
3~0.5	21.114	18.23	2.00
<0.5	7.623	17.77	2.27
合计	100.000	21.44	2.01

表2 8号<0.5mm煤小筛分试验报告表

粒度/mm	$\gamma/\%$	$A_d/\%$	$S_{a,d}/\%$
0.50~0.25	16.89	16.66	2.17
0.25~0.125	51.78	17.47	2.26
0.125~0.075	16.70	18.62	2.31
0.075~0.045	7.88	18.68	2.34
<0.045	6.75	19.63	2.43
合计	100.00	17.77	2.27

表3 8号煤各粒级(自然级+破碎级)浮沉资料汇总表

密度/($\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$) 粒级/mm	<1.4		1.4~1.8		>1.8	
	$\gamma_{\text{全}}/\%$	$S_{\text{a,d}}/\%$	$\gamma_{\text{全}}/\%$	$S_{\text{a,d}}/\%$	$\gamma_{\text{全}}/\%$	$S_{\text{a,d}}/\%$
50~25	17.386	1.85	4.737	1.47	4.309	3.23
25~13	14.382	1.88	3.169	1.55	1.976	2.95
13~6	12.113	1.91	2.423	1.73	1.324	3.55
6~3	6.735	1.88	1.181	1.76	0.687	3.76
3~0.5	15.221	1.83	3.732	1.81	1.508	4.16
50~0.5(合计)	65.837	1.87	15.242	1.63	9.804	3.40

注: 1. 本表根据8号煤各粒级浮沉资料整理汇总而成;

2. 浮沉煤泥总量为 $\gamma_{\text{泥}}=1.494\%$,表中省略未列。

从表1可知,8号煤硫分为2.01%,属中硫煤,其全硫指标在筛分资料中的分布规律是:原煤不论粒度大小,硫分基本相同,均在2.0%左右,特别是<0.5mm粉煤的硫分最高,达2.27%。结合表2可更清楚地看出,越细的粉煤硫分反而越高,这说明煤中所含硫的成分存在两种可能:一种可能是以有机硫为主,另一种可能是,若为无机硫的话,有相当数量属于嵌布十分致密的星散状或浸染状无机硫。究竟是哪种情况,还需要结合浮沉资料进一步判断。

由表3可知8号煤的浮沉资料中全硫指标的分布规律是:<1.4 kg/L低密度物和>1.8 kg/L高密度物的硫分都比较高,1.4~1.8 kg/L中间密度物的硫分反而低一些,而且各粒级的浮沉结果均形成两头高中间低的现象。这说明两种硫成分在原煤中是同时存在的。其中<1.4 kg/L的低密度物(净煤)中的硫分可能是以有机硫为主,因为黄铁矿(无机硫)本身密度高,无论嵌布多么致密,其密度仍然很高,不可能大量存在于低密度净煤中,这说明净煤所含的硫分主要应来源于煤中的有机硫。而中间密度物的硫分略低恰好从另一个侧面也证明了煤中硫分是以有机硫为主的,因为中间密度物中有一定量夹矸存在,煤所占的比例相对少一些,煤中所含的有机硫的总量也就少一些,自然硫分也就少一些,另外>1.8 kg/L以上高密度物中的硫分则肯定是以黄铁矿无机硫为主。从表3还可以看出随着粒度的减小,其>1.8 kg/L密度物中的硫分有增大的趋势,说明黄铁矿的嵌布状况是以微粒状和星散状居多。遗憾的是,原资料中<0.5 mm小浮沉试验没有化验各密度级的全硫指标(故本文未列小浮沉表),使我们无法进一步准确判断<0.5 mm级中硫的确切成分和嵌布特性,但从表2中<0.5 mm小筛分资料看出,煤粉越细,硫分越高的趋势,可以推断有相当数量的无机硫是以浸染状嵌布在煤的基质中或充填于植物的细胞腔内。通过上述分析,可以初步预测8号煤经过洗选排矸只能除去存在于高密度物中的部分黄铁矿,但存在于煤中的有机硫和浸染状无机硫则无法脱除,总的脱硫效果不会太明显,选后硫分大约仍在1.8%以上。

(6) 煤泥筛分浮沉特性的分析。除进行与原煤筛分浮沉特性相同的一些分析内容以外,还应侧重分析与煤泥的分选和回收方式密切相关的特性。例如粗粒煤泥含量大且密度组成又好的煤泥,宜考虑优先采用重力法分选粗煤泥,对炼焦煤而言这一点更为重要,可以减

少进入浮选的煤泥量，大大降低生产成本。

(7) 对小浮选资料的分析。可以确定合理的入浮浓度和加药量。预测煤泥浮选的效果。

(8) 对煤泥及矸石的泥化试验和沉降试验结果进行分析，以此作为煤泥水系统及煤泥回收环节设计的主要参考。

3. 分析煤质资料时应特殊关注的问题

(1) 煤质资料的代表性问题。煤质资料作为工艺设计的主要依据，其代表性好坏是个十分重要的问题。用不具备代表性或代表性差的筛分、浮沉资料做设计，是对设计的误导，后果是严重的。建成投产后若设计采用的选煤工艺与本矿原煤实际特性相去甚远，不能适应，将会给选煤厂生产带来诸多困难，给管理造成被动。这一点应引起设计者的高度重视。但在实际设计中，由于各种原因的影响，往往得不到本矿入选原煤的生产大样资料。特别是新矿区的选煤厂设计，更没有本矿原煤生产大样试验资料作为设计依据。这时大多采用邻近矿井生产煤样、或地方小窑生产煤样、或本矿建井期煤巷掘进头的煤层煤样来代替，但是这些替代煤样都存在缺乏代表性问题。作为设计者有责任根据情况，采用不同的方法对这类替代煤质资料进行调整处理，以增加资料的代表性，尽量减少设计与本矿实际煤质偏离的差距。鉴于目前国家或煤炭行业对煤质资料代表性的调正处理方法尚无统一的标准和规定，各设计院调整筛分、浮沉资料代表性的方法也不尽相同。下面仅粗略介绍几种实际用过的调整方法，以供参考。

①若替代煤质资料系同矿区邻近矿井的生产煤样，且采煤方法与本矿井相近或相同，则可结合本井田地质报告中钻孔平均灰分对替代资料进行调灰处理即可。如果本矿首采区服务年限较长，比如在15~20年左右，则可以首采区的钻孔煤心灰分统计平均值为准，进行调灰处理，同时兼顾一下全井田的煤质变化趋势。调灰的办法是用两井田钻孔平均灰分的差值，来调整（增减）邻近矿井生产煤样的原煤灰分。

②若替代煤质资料来自于邻近的小窑或系本矿建井期所采的煤层煤样。在这种情况下，有三种调整筛分资料原煤灰分的办法：

其一是除需同前做调灰处理外，还因小窑采煤方法与大型正规矿井不同，而煤层煤样又不是生产大样，所以还必须对资料进行调研处理。

如果本矿井采煤方法为综采时，一般认为伪顶含全部塌落，而直接顶、底板在综采过程中各按50 mm厚度落下混入原煤中，此外还应将厚度超过地质（勘查）报告钻孔灰分统计规定厚度的夹矸层补充加入原煤中，故需增加替代筛分资料中的矸石含量，相应减少资料中的煤量，并视顶、底板及夹矸矸石的岩性来决定矸石调入筛分资料的粒度范围。一般岩性较硬的矸石，例如：砂岩、石灰岩可考虑只对 $>50\text{ mm}$ 的可见矸进行调整；如果是岩性较软的泥岩、页岩、炭质页岩等，则可按进入全部筛分粒级进行调整。矸石进入各粒度级的比例可按下述方法计算：将原资料 $>50\text{ mm}$ 各级的可见矸石含量（占全样）与 $<50\text{ mm}$ 各粒级浮沉资料中的 $>1.8\text{ kg/L}$ 密度级的沉矸含量（占全样）相加作为100%，换算出矸石进入各粒级的分配率，将顶、底板混入原煤中的矸石量分配到各粒级中，并相应减少各粒级煤量。在调研处理后的筛分资料的基础上，再对浮沉资料按常规方法进行校正。

其二是一种比较简便的近似计算方法。即将调灰与调研合并为一步来完成。具体的做法是将矿井综采过程中可能混入毛煤中的顶板、底板、夹矸层的灰分与该煤层的灰分的加权平均值作为该煤层预测的生产毛煤灰分。近似计算公式如下：

$$A_d = \frac{h_1 d_1 A_1 + h_2 d_2 A_2 + h_3 d_3 A_3 + h_4 d_4 A_4}{h_1 d_1 + h_2 d_2 + h_3 d_3 + h_4 d_4}$$

式中

h_1 ——该煤层平均厚度, m;

h_2 ——混入毛煤中的顶板厚度, m; 在综采条件下一般按伪顶全部厚度、直接顶按50 mm厚度混入考虑;

h_3 ——混入毛煤中的底板厚度, m; 在综采条件下一般按50 mm考虑;

h_4 ——混入毛煤中的夹矸层厚度, m; 一般指厚度超过地质勘察报告钻孔灰分统计规定的夹矸层厚度之和;

d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 ——分别为煤层、顶板、底板、夹矸层的平均视密度, kg/L;

A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 ——分别为煤层、顶板、底板、夹矸层的平均灰分, %;

A_d ——该煤层预测的生产毛煤灰分, %;

其三是如果本矿井采用的是综采放顶煤开采法, 则因在顶煤垮落过程中, 有相当数量的顶板矸石通过液压支架天窗混入原煤中, 名曰“窜矸”现象。窜矸量比普通综采时顶板矸石混入量要大得多, 故对筛分资料的调整需做更复杂的处理。为了具体说明综采放顶煤开采条件下的调研的具体办法。现以华亭矿区白草峪矿选煤厂煤质资料的调整为例, 做进一步阐述, 详见本文“附件一”。

(2) 多层原煤混合入选问题。如果选煤厂入选的原煤来自多个矿井或同一矿井的多个煤层(实际上大多数设计是属于这种情况), 这时重点要考虑两个问题。

①各层煤(或各矿的原煤)能否混合入选。这主要取决于以下三个因素: 一是它们的煤种分类是否相同或相近; 二是它们的可选性差别的大小; 三是要特别关注与分选密度相邻的密度级的基元灰分(λ)是否接近, 以判断混合入选是否符合“ λ ”等原则。在实际设计中能同时满足以上三点的理想情况是很难遇到的。大多数情况下是各层煤之间三个方面有异。当然, 如果条件基本允许, 则应优先考虑混合入选方式, 因为混合入选会使工艺系统和工艺布置比较简化, 也会给生产管理带来诸多方便。但是, 如果各层煤差别太大, 则不宜混合入选, 只能分组入选或单独轮选。一般来讲, 混选、分选两种方式关系到工艺的合理性、系统的复杂性、管理的难度、投资的大小以及经济上是否合算等诸多方面, 是个牵涉面广, 较复杂的问题, 需要权衡利弊, 全面考虑, 再决定取舍。

②如果决定采用混合入选方式, 则还需进一步合理确定各层煤混合入选的比例。这主要取决于以下两个因素: 一是井下根据各层煤储量和煤层厚度有个按比例合理配采问题; 二是各层煤硫分高低有别, 当前因环保部门和用户要求日益严格, 为保证选后产品硫分不超标, 需根据各层煤精煤回收率的不同, 返算高、低硫原煤混合配选的比例。选煤工艺设计的责任是, 综合考虑以上两种因素, 在满足产品硫分要求的前提下, 尽量兼顾井下合理的配采比例。这方面的典型实例请参照阅读本书第二篇《山西离柳矿区煤质浅析》、第四篇《乌达矿区苏海图选煤厂煤质及选煤工艺的剖析》的相关内容。

4. 煤质分析小结

综前所述, 可以简扼归纳为以下两点:

(1) 在分析煤质资料时, 切忌就资料本身死板地罗列数据, 孤立地就事论事, 把煤质分析与工艺设计割裂开来。

(2) 合理正确的方法应该是将煤质资料的数据规律和分析内容与选煤方法的选择、工

艺环节的设置、流程的制定、设备选型，甚至与产品的定向定位挂起钩来，有机地联系起来，分析考虑，为下一步工艺设计做铺垫。这就使煤质分析工作具有了生动的含意、活的灵魂。

本文有关煤质分析的主要论点和相关设计思路，在本书的第二篇、第三篇、第四篇、第五篇、第十二篇、第十七篇、第十八篇、第十九篇、第二十篇、第二十一篇等多篇专题论文中，都有不同程度的体现和应用。请参照阅读。

为了对正确的煤质分析方法有一个比较全面系统的理解，特以西山矿务局某选煤厂技改设计对煤质资料分析的实例为蓝本，供读者参阅。详见本文“附件二”的有关内容。

二、产品的定向与定位及产品结构的论证

1. 产品定向与定位的必要性

在工艺设计之前，除了必须首先进行煤质资料的分析评述之外，还有一个重要的设计前提问题，那就是必须明确产品的定向与定位。这样做的目的是使选后产品能适销对路，能适应市场的多元化需求。在市场经济日趋发达的今天，这项工作的重要性更加突出了。

从道理上讲，产品结构是原煤经洗选加工之后才能产生的结果，在选煤工艺设计之前就预先敲定，似乎不合逻辑。要理解这一点并不难，因为与产品结构相关的因素是多方面的，它既与市场的需求和用户对产品质量的要求有关，也与选煤工艺有关，更与煤炭本身的先天煤质条件有关。用辩证的观点看，产品既是分选后的结果，也是选前应该预定的加工目标。所以在正式开展工艺设计之前，就应先对产品结构进行多方案比选、论证，找到洗选加工可能达到的最佳结果，预先锁定选后产品结构，使工艺设计做到有的放矢、目标明确。

2. 产品的定向

所谓产品定向即指确定产品用途的主导方向。产品定向的主要依据是煤的品种和煤的主要工艺性能。众所周知，不同煤种有不同的用途：焦煤、肥煤和优质瘦煤是炼焦煤的宝贵资源，一般不应当作动力煤用；无烟煤和贫煤是良好的造气和动力用煤，同时又是优良的高炉喷吹用煤，可代替焦炭炼铁；气煤既可作炼焦配煤又可作动力煤，也是制造水煤浆的良好原料。

有些煤种在不同的地域，因储量多少的关系用途也会有区别。比如华东地区的兖州、济宁、淮南等矿区气煤储量特别丰富，但当地炼焦配煤用量不大，故大部分气煤都被当作发电用煤了。由此可见，产品定向也与当地市场的需求有关，应作市场调查，根据具体情况区别对待，不必墨守成规。

另外，在产品定向的时候应特别关注对稀缺煤种资源的保护利用。例如，焦煤、肥煤在我国的储量不多，是宝贵的炼焦煤资源。但因其变质程度适中，也是制造水煤浆的良好原料。山西有的地方拟将肥煤制成水煤浆作锅炉燃料，其产品方向是否合适？值得探讨。

3. 产品的定位

所谓产品定位就是在已经明确了煤炭产品大方向的前提下，进一步确定产品的档次和结构。它主要取决于市场需求和煤炭本身的煤质特性两个关键因素。

(1) 产品定位必须以原煤本身的煤质特性为基础。

煤质特性是煤炭与生俱来的天然品质。如果天然成煤条件不好，比如在成煤过程中，有

些粘土矿物质和黄铁矿微粒被散布在凝胶化基质中或填充在植物的细胞腔内。则会造成煤炭内在灰分升高,硫分难以脱除。那就无论如何分选加工,也不可能选出低灰、低硫的优质高档煤炭产品来。所以煤质本身的好坏是产品定位的基础,是第一位的,不能脱离这个基础去妄定产品的档次。这就叫做“量体裁衣”、“因材施教”。本文前面在煤层煤质特征及工艺性能分析一节中曾列举华亭矿区某矿5号煤的煤质特性决定了其产品定向与定位的实例就很具有典型性。下面再举两例来进一步说明这个问题。

[实例一] 古交矿区东曲选煤厂入选原煤是我国比较稀缺的低硫瘦煤煤种,但煤的内灰较高, <1.40 kg/L 密度级累计浮物灰分已高达 10.05%; 且轻产物上浮量少, <1.40 kg/L 密度级累计浮物产率仅 43.08%; 可选性又属极难选(详见表4)。通过分析表4,得出选后精煤产品灰分最低也不可能小于 10.50%, 否则精煤产率过低,必将导致亏损经营。尽管精煤灰分较高,但因硫分很低 ($S_t < 0.5\%$), 且又是国家稀缺的瘦煤品种,故仍是比较宝贵的配焦煤产品。为了验证上述分析是否符合实际,是否有参考价值,特将该厂设计的产品平衡表与投产后实际生产的产品数、质量(摘自东曲选煤厂 1996 年 4 月份月综合)列于表5。

表4 东曲选煤厂入选原煤浮沉试验综合表

密度/ (kg · L ⁻¹)	产率 γ/%	灰分 A _d /%	累 计		δ±0.1 含量	
			Σγ/%	A _d /%	δ	γ/%
<1.30	3.19	5.50	3.19	5.50		
1.30~1.35	20.37	8.34	23.56	7.90	1.3	51.62
1.35~1.40	19.52	12.57	43.08	10.05	1.4	71.30
1.40~1.45	12.25	17.00	55.33	11.59	1.5	32.15
1.45~1.50	7.36	21.27	62.69	12.72	1.6	14.70
1.50~1.60	7.22	28.11	69.91	14.31	1.7	10.08
1.60~1.70	5.05	35.88	74.96	15.76		
1.70~1.80	3.36	44.30	78.32	16.99		
1.80~1.90	2.66	51.34	80.98	18.12		
1.90~2.0	2.47	58.71	83.45	19.32		
>2.0	16.55	76.33	100.00	28.75		
总 计	100.00	28.75				

表5 东曲选煤厂产品平衡表

产品名称	初步设计		实际生产结果		
	γ/%	A _d /%	γ/%	A _d /%	S _t /%
精 煤	44.08	10.45	45.10	10.48	0.42
混 煤	22.98	19.91	16.36	27.49	0.37
中 煤	15.31	43.19	11.89	35.07	0.38
矸 石	17.63	66.86	26.65	58.86	
原煤合计	100.00	27.58	100.00	29.08	0.36

由此可见,上述分析与设计结果和生产实际还是比较吻合的,它进一步说明了“煤质特性是产品定位的基础”这一观点的正确性和实用性。

[实例二]众所周知,大同矿区开采的侏罗系弱粘结煤,具有内在灰分低、硫分低、挥发分高、发热量高、热稳定性好等煤质特性,是动力发电、工业制气、工业窑炉、冶金炼焦配煤的优质原料。长期以来畅销国内外。此外,大同侏罗系原煤可选性极好,主要体现在: $<1.5\text{ kg/L}$ 低密度物累计灰分低($A_d<5.5\%$)、累计产率高($\Sigma Y>83\%$)、 $1.5\sim 1.8\text{ kg/L}$ 中间密度物含量极少(约 2.5% 左右)。因而分选加工十分容易,只需通过排矸处理,产品灰分就可以降到很低,一般均小于 $7\%\sim 8\%$,根本不存在出中煤产品的问题。

然而,大同矿区即将开发的石炭二叠系的气煤,虽然同属一个矿区,其煤质却比侏罗系差。尽管煤的挥发分、发热量仍比较高,硫分也低,仍不失为动力发电的良好原料;但是,煤炭产品的档次却不能与侏罗系煤同日而语。这主要是因为大同矿区石炭系的煤的内在灰分比侏罗系煤高得多,而低密度物的产率却又低得多。现将大同矿区侏罗系与石炭系煤的密度组成累计计算结果对比列于表6。

表6 大同矿区侏罗系、石炭系煤浮物累计对比表

密度级/ ($\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$)	侏罗系煤浮物累计		石炭系煤浮物累计		石炭系煤沉物累计	
	$\Sigma Y/\%$	$A_d/\%$	$\Sigma Y/\%$	$A_d/\%$	$\Sigma Y/\%$	$A_d/\%$
<1.35			37.44	6.26	100.00	29.13
$1.35\sim 1.40$	80.48	5.01	45.98	7.37	62.56	42.81
$1.40\sim 1.50$	82.81	5.53	59.02	9.84	54.04	47.64
$1.50\sim 1.60$	84.77	5.81	65.16	11.64	40.98	56.92
$1.60\sim 1.80$	86.29	6.45	71.07	13.81	34.84	61.84
>1.80	100.00	17.01	100.00	29.13	28.93	66.76

由表6可以看出,在同一密度级条件下,石炭系煤比侏罗系煤的浮物累计灰分要高出 $2.36\%\sim 7.36\%$,但相应的浮物累计产率却要低 $34.52\%\sim 15.22\%$ 。

如果将这两种煤按生产同样灰分的产品进行对比,则两种煤的差异更为明显。根据表6的有关数据预测产品灰分 $<7\%$ 时,两种煤选后结果对比见表7。

表7 大同矿区侏罗系、石炭系煤选后产品预测对比表

煤 系	理论分选密度/ ($\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$)	选后产品(理论值)	
		产率/ $\%$	灰分/ $\%$
侏罗系煤	1.90	87.00	6.80
石炭系煤	1.375	41.70	6.87

由表7可以看出,在选后产品灰分 $<7\%$ 的相同条件下,两者的产品产率相差一倍多。这说明,脱离开石炭系煤本身的煤质特性去勉强要求石炭系煤达到侏罗系煤的产品质量档次,那是不现实的。后果是产品的产率低下、经济效益急剧下降、企业必然亏本经营。