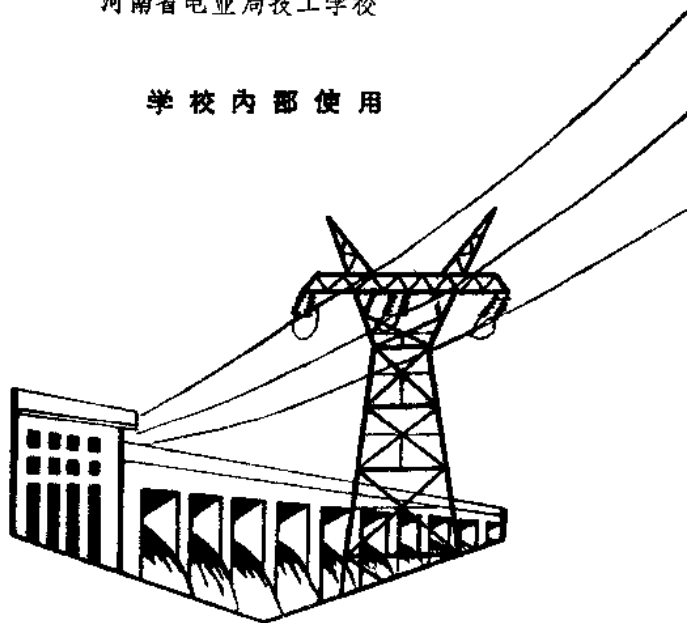


技工学校交流讲义

电 厂 用 煤

陕西省电业局技工学校
河南省电业局技工学校 合編

学 校 内 部 使 用



中 国 工 业 出 版 社

技工学校交流讲义

电 厂 用 煤

陕西省电业局技工学校
河南省电业局技工学校 合編

中国工业出版社

本书叙述煤的生成,煤的性质,较详细叙述了煤的取样、制样、工业分析、元素分析和发热量的测定意义和方法。最后简单的介绍了煤耗计算方法。

本书为电力技工学校电厂化学专业教科书,同时可供具有初中文化水平的煤化验技工阅读,也可供锅炉运行人员参考。

本书由陕西省电业局技工学校崔德森、夏红英和河南省电业局技工学校鄢厚芳编写;并经陕西省电业局电力研究所苟侨生审查。

电 厂 用 煤

陕西省电业局技工学校
河南省电业局技工学校 合编

*

水电技工教材编辑组编辑(北京阜外月坛南营房)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{2}$ ·印张 $4 \frac{7}{16}$ ·字数93,000

1961年11月北京第一版·1964年9月北京第三次印刷

印数1,822—2,936·定价(科二)0.36元

*

统一书号: K15165·1058(水电-164)

目 录

第一章 燃料概念.....	1
第一节 燃料的种类.....	1
第二节 煤的生成.....	1
第三节 燃煤的分类.....	3
第二章 燃煤的取样和制样.....	5
第一节 燃煤的取样.....	5
第二节 燃煤的制样.....	10
第三章 燃煤的工业分析.....	13
第一节 煤质试验的目的.....	13
第二节 煤质分析标准、成分符号和标准的换算.....	14
第三节 水分.....	22
第四节 灰分.....	31
第五节 挥发分和固定炭.....	37
第六节 硫.....	43
第四章 燃煤的元素分析.....	56
第一节 碳氢.....	57
第二节 氮.....	79
第三节 氧的计算.....	82
第四节 燃煤中的其他元素.....	83
第五章 燃煤的性质.....	83
第一节 煤的物理性质.....	83
第二节 煤的风化与自燃.....	85
第三节 煤粉的自燃及爆炸.....	88
第四节 煤的粘结性和可磨性.....	90

第六章 燃煤发热量的测定	92
第一节 概述	92
第二节 发热量的测定	102
第三节 由元素、工业分析结果计算发热量	111
第四节 发热量各种分析标准的换算	113
第七章 煤粉、炉渣、飞灰的取样和分析	114
第一节 煤粉的取样和分析	114
第二节 炉渣、飞灰的取样和分析	119
第八章 烟气的分析	121
第一节 燃烧产物的成分和测定意义	121
第二节 烟气的分析方法	123
第九章 标准煤和煤耗的计算	130
第一节 标准煤	130
第二节 煤耗的计算	130
附表 1 试验数据的容许误差一览表	133
附表 2 仪器规格参考一览表	135

第一章 燃料概念

第一节 燃料的种类

燃料是我們日常生活和工业生产中必不可少的，它的用途非常广泛。在大多数情况下，它是各种工厂的动力泉源。

由于用途的不同，燃料的种类也有千差万别，但可按以下二种方法分类：一种是按用途分类，如火力发电厂用的燃料、火车用的燃料、民用燃料等；另一种是按燃料形态分类，这种分类如表1-1所示。

表 1-1 燃料按形态分类

固 体 燃 料	液 体 燃 料	气 体 燃 料
1. 煤及其机械加工品 2. 焦炭与半焦 3. 原子燃料 4. 木材、草及其残骸	1. 石油及其制品 2. 煤焦油及其制品 3. 木焦油及其制品 4. 酒精 5. 人工合成液体燃料	1. 发生炉煤气 2. 水煤气 3. 高炉煤气 4. 天然气

第二节 煤的生成

煤是古代高等组织的植物及水中的微生物植物(藻类)被埋在地下，经过长期的炭化作用而生成可燃性物质。如果将其磨成薄片，放在显微镜下观察，便可证实这一点。若在煤层中发现有植物残骸的痕迹，也可证实这一点。

煤的生成可分以下三个过程：

一、原始植物的堆积 根据现代发掘出来的煤矿，可以

知道必須有大批植物堆积在一起才能有条件造成煤田。古代生长在池沼里的繁茂植物，它們不断的生长，不断的死亡，这些死亡的植物沉入水底时，由于水中溶解的空气很少，沒有足够的氧气使它分解，就一代一代的累积下来，在原来植物生长的地方，造成了煤田。另外一种比較少的情况是：造成煤田的地方并不是从前植物生长的地方，而是有生长在陆地上的植物夹杂着泥沙，被水冲到湖沼和海洋三角洲地带沉积下来而生成的，这种煤田总是夹杂着一层很不規則的岩石。

二、生物化学作用 古代枯死的植物，假如暴露在空气中，便和空气中的氧接触，受“好气菌”的作用，很快的全部分解掉，变成二氧化碳和水。但是聚集在沼泽中的古代植物有机体，却与上述情况不同，只在开始一段时期經過“好气菌”阶段，随之沉入水底后，与空气隔絕，在这种沒有空气的情况下，受“厌气菌”的分解作用，将原生植物质中的氢和氧釋放出一部分，因此碳分就相对的增加，慢慢地变成了泥煤，这就是最初阶段的煤。它的特征是在其中尚保存有未变化的或很少变化的植物形态部分，如莖、叶、树皮、根等。

三、动力化学作用 植物质受“厌气菌”的作用变成泥煤后，又經過地壳的动力化学作用再次分解，碳分又有增加，这个过程，主要是依靠压力和热力，在很早以前，地球表面很少是平靜的，它有时上升，有时下沉，如果沼泽下沉的話，泥煤上面就开始堆积起砂砾、粘土等沉淀物，这些粘土沉积物的厚度隨地壳經常的下沉，而日漸增加。泥煤受压力后，变成原来体积的五分之一到十分之一，其中的揮发物质也隨着压力的增加而逐漸减少。同时愈深的地方，温度愈高，所以位置愈深的煤，揮发物质，也就是氢与氧的組成就可能愈少，这样就变成了褐煤或烟煤。它們的特征是其中已

不存在有未分解的植物形态部分。有时火成岩的造成，也給予煤质很大的影响，当岩浆侵入煤层附近时，岩浆的高热便散布到煤层中去，使其中的揮发物质大量的散失，因此还可以造成焦炭，我国山东淄川的自然焦，便是明显的例子。岩浆散布的高热，也可以使年代近的低級煤，变成高級煤，如我国撫順煤矿，在地质史上还是很年輕的，同一时代的其他地方的煤，还都是褐煤或泥煤，而撫順的煤变成烟煤或无烟煤了。主要原因就是煤层造成不久，便受熔岩的侵入，逐出了其中的水分、二氧化碳、沼气等揮发物质，因而变成了較高級的煤。泥煤受地壳动力化学作用，年代愈久，則其中含炭会愈高。

第三节 燃煤的分类

一、按成因分类 由上述已知煤可以由高等組織的植物和水中微生物經過炭化作用生成，由于原始植物的不同以及生成条件的不同，因此形成的煤也不相同。来自高等組織植物的煤，称为腐植煤，它是具有芳香結構的煤，是地球上分布最广而最重要的一种煤。而来自水中微生植物和浮游生物的煤，称为腐泥煤或藻煤，它沒有芳香族的結構，而脂肪性很强，其中含有多量的氢，能析出大量的瀝青焦油。

腐植煤由于它变质程度的不同，所以还可分为下列几种：

1. 泥煤 暗色、土状固体，它是植物质在堆积初期变化时所形成的，年代最短，是煤的雛形。在它的組成中存在有未分解的木质素、纖維素、蜡、树脂以及植物成分中所含有的其他組成，并含有腐植酸及其盐类，水分很多，約在75%以上，干燥后可以作燃料。

2. 褐煤 在褐煤中已不能发现植物的原生物质，而腐植酸部分已轉化为腐植质。它可以使碱溶液染成褐色，故称为褐煤。含水分达40%以上，发热量低，在空气中易被氧化而自行粉碎。

3. 烟煤 这是炭化程度較高的煤，在其中已沒有腐植酸的存在。它的組織极为致密，含揮发分少，但发热量最高。

4. 无烟煤 这是一种炭化程度最高的煤。也是最古老的煤，含碳质量最高，可揮发的物质較少。

由泥煤轉变为无烟煤时，碳的含量逐漸增加，氢、氧的含量逐漸減少。在不同的地质年代就有不同种类的煤，一般情况是：年代最近的是泥煤，較老的是褐煤，最老的是烟煤和无烟煤。但也决不能說煤的种类是由其所經歷的年代来决定，煤若不遭受动力化学作用，不管年代如何长久，仍旧只能停留在褐煤阶段。其变质的程度主要依赖于地壳的变动和复盖于上面的沉积物的厚度而增长的，而地质年代仅代表地层低下的程度。

实验室的試驗已經証明，在高温高压下，泥煤可以轉化为褐煤，褐煤可以轉化为烟煤，然后再轉化为无烟煤。

二、按用途分类 可分为动力用煤、化学加工用煤和冶金用煤。动力用煤是含碳量較高，含氧量低和揮发物产率低的煤，或是发生了高度变质的煤，如无烟煤。

化学加工用煤应当是变质程度較低的各种烟煤，这些煤的含炭量較低，而氢、氧的含量較高，它是用在低温干餾，因此焦油的产率或揮发物产率較高。

冶金用煤必須是粘結性高的煤，含灰量少和硫磷化合物极少的煤。

第二章 燃煤的取样和制样

第一节 燃煤的取样

煤质监督工作主要分为三个部分，取样、制样和分析测定。要得到正确的分析结果，就必须采取有代表性的煤样，如果采取的试样不正确，即是分析得很精细，也毫无意义。而在我们的工作中，往往重视分析测定，而对取样、制样注意不够。其实分析工作一般容易掌握，即使发现了问题，也可以返工。但取样工作就较难达到精确程度，而且在取样过程中发生错误时，也不可能重复进行。根据研究结果指出，在煤质监督工作的三个部分中，取样所产生的误差较大，分析误差较小，制样阶段误差介于两者之间。

均匀的物质，取样并不困难，但是燃煤不均匀性的程度很大，所以正确采取煤样就是一件非常困难的事。煤的不均匀性是由于它天然就混有不均匀的杂质，例如，有的煤层均匀，有的有岩石，灰分大。在煤开掘出来以后，由于气候的变化，使其内部和外表的组成变为不均匀，如外部的煤易失去水分和发生氧化作用，就会改变化学组成，不同大小的煤块，也可能具有不同的成分。因此在取样时不能只取小块或者只取大块，特别是煤在运输过程中，由于振动和大小块重量不同，就会发生成层作用，小块集中在中间，大块分散在边缘，这样就更增加了它的不均匀性。

如要使取样正确，最好用全批煤进行缩制，但实际上是不可能的。因此要达到较高的正确度，必须科学的确定一个具体方法。

火力发电厂燃煤取样地点一般是在火车来煤时车箱上取，以及在运行中输煤皮带上取，有时也在贮煤场煤堆中取。

采取煤样的多少，应由原煤的不均匀程度决定，我们用灰分的含量和煤粒度的大小作为判断不均匀性的标准。一般粒度小的煤，灰分大，粒度大的煤，灰分小，有时也会有相反的情况，总之煤的粒度不同，质量也就不同。而在每批煤中，粒度不同的煤会分布得很不均匀，例如，在煤堆上，四周集中了很多大块，上部的粒度就较小；又如在皮带上，由于运输中的振动，使大块煤分向二边，中间小块煤就较多。

因此规定1,000吨煤中采取平均试样是根据灰分的含量来决定取样的份数，如表2-1。由粒度的大小决定每份的重量，如表2-2。假使原煤不到1,000吨，则按比例地减少取样的数量。

表 2-1 灰分含量与取样份数的关系

灰分含量(%)	<10	10~15	15~20	>20
份 数	60	90	120	180

表 2-2 粒度与每份试样重量的关系

粒度(毫米)	0~25	0~50	0~75	0~100	0~150
重量(公斤)	1	2	3	4	5

注：上二表规定取燃煤0.01%~0.1%为原则。

如果在煤中还有粒度大于150毫米的煤块，则应从这些大块上取下一部或几部分具有代表性的煤，每份总重约5

公斤左右，取样地点应平均分配在同一批煤中所有的大块中，采取的份数应按大块的含量成比例的减少。例如在一批原煤中(1,000吨)，灰分的含量大于20%，其中粒度大于150毫米的煤块总重量占5.5%，按表2-1，灰分大于20%时应采取180份，但大于150毫米的煤块仅占5.5%，所以用来采大块煤的份数应为：

$$\frac{180 \times 5.5\%}{100} = 9.9 \text{ 或化为整数为10份。}$$

在取样时不准随意抛弃任何落在取样器上的东西。例如矿石或硫铁矿石之类，只有大于150毫米的煤块，才可以抛掉，另外按上述大于150毫米的煤块采样法采集之。

在煤堆中取样，其条件是比较不利的，由于外层和内层的煤受天气变化的影响，可能不一致，天气潮湿时，外层比内层就有较多的水分，天气干燥时，外层首先失去水分。在长期储存时，外层的煤又易受风化而变质。另外在堆煤时，由于分层作用，大块煤集中在底部，粒度小的煤聚集在当中，因此煤堆中各部分是不均匀的。在煤堆内部的煤是不易取得的，因为扒开煤往往就要破坏煤的储存条件，促使空气进入堆内，引起煤质成分的改变，或引起过热发生自燃。基于以上原因，在煤堆中选择取样地点，可以用互相垂直的线，把煤堆表面划成许多区域，区域的数目可以随煤样的份数而决定。内部的煤可以按粒度的大小，由表2-3规定的深度来取。

表 2-3 取样深度与煤粒度的关系

粒度(毫米)	25以下	50	75	100
深度(米)	0.3	0.4	0.5	0.6

在煤堆的側面上可以离堆底0.5米外划第一橫綫，在离第一綫0.5米处再划一橫綫，依此类推，在这些橫綫的交叉点上选取距2米的取样点(图2-1)，在每点上按表2-3所示深度取样。

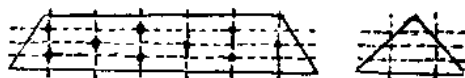


图 2-1 从堆中取样地点分布图

如果在車廂中取样，按图2-2方法进行。在煤斗放到車廂时，煤形成錐体，经过平車以后，小粒度的煤会分散在表面，所以就須要挖一定的深度，否則，就会取不到大块。如果在平車以前取样可以不必向下挖。如从斗車上选取煤样，按图2-3方法进行。在斗車上采取煤样准确性是比較差，但为考虑目前的实际条件，仍可在煤車上或卸車时进行取样。

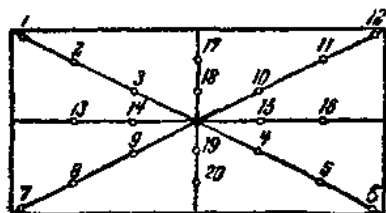


图 2-2 从車廂中取样的方式

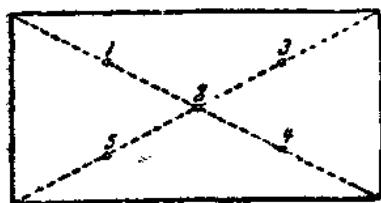


图 2-3 从斗車中取样的方式

例如有一批原煤，用60个車廂运输，其中灰分含量为14%，按规定应取90个份样，則在每一車廂取一份，取滿60份后，再每隔一車取一份，共取90份，取样方法是从第一个車廂上在第一号取样点取样，从第二車廂的第二号取样点取样，依次类推，使在20个車廂中把图中所有

的点，都取完了，这时再重复如上，从第二十个車廂中在第一号取样点来取样。第二十二个車廂中在第二号取样点来取样。直到60份試样从60个車廂取完后，剩下的30份試样，每隔一个車廂按上述順序采取。

从車廂上取样采用20点的方法，这是一种比較复杂的方法，在实际工作中是很难达到的，同时取样的代表性也未必很高。现在苏联用的十五点取样方法，仍然还不能滿足要求，代表性也是比較差。在苏联又提出了一个平行綫方法，采样的方法是把車廂中的煤均匀的分成相等的15个矩形，而以每一个矩形作为一个取样点，每点的取样深度为0.4米。取样的数量按表2-2进行。

如在輸煤皮带上取样，就比較方便，可以每隔一定的時間，按輸煤皮带的全寬取得，因为由于輸煤带运动的緣故，大块靠近边缘，小块聚集中心。相隔的时间，可以由取样的总量和每次取样的多少来决定。例如每班須取250公斤，取样器每次可取10公斤，因此每班应取 $\frac{250}{10} = 25$ 次，每相隔

$\frac{8 \times 60}{25} = 20$ 分钟取一次。每班所取的重量，应按輸煤带的輸运速度以及煤块的粒度，灰分含量而决定。例如有一輸煤带以20吨/小时的速度輸运，煤的粒度为50毫米，灰分含量为8%，这样的輸煤带每班共運輸160吨煤。按上述規定，由灰分决定分样份数則每班共取： $\frac{60 \times 160}{100} = 9.6$ 份，每份按粒度規定重2公斤共取 $9.6 \times 2 = 19.2$ 公斤。

另外在取样时一般可按下列几項規定进行：

(1)在炉前煤槽或落煤管取样时，每隔0.5小时取样一次，要求每份重量及样品总量不得少于表2-1和表2-2的規定。

(2)若用入炉煤过磅时的煤量做为换算煤耗的依据时，应在过磅附近采样，使样品总水分与过磅时煤质相同，至炉前仍应取样。

(3)若炉前和过磅皆采样时，其分析项目可将其中代表性较强的一份做为工业分析及总水分试样。另一份为总水分试样。

(4)燃用混煤时，如系人工混合，应在混合前分别单独取样，混合测定或单独测定皆可。机械混合时，如能保证混合均匀，即可在混合后取样。

(5)煤粉炉应取原煤，作为总水分及工业分析试样。

在输煤皮带上采取煤样时，应用卷边的鍤子，其宽度应为最大粒度的三倍（不足总煤量5%的特大粒度可不考虑），其边缘高度至少为最大粒度的2倍，其长度则随取样地点的不同而异（如：皮带的宽度不同等等），但长度不应小于宽度，其容量应保证当煤流最大时，取样器在取到样品后，尚有25%的空余。盛煤试样的桶，以金属制成，可以盛15~20公斤的煤样，桶上应有规定的标签，在标签上要记明取样、制样日期、值别、炉别、取样、制样人等。

用人工取样最费劳动力，最好采用机械取样，在煤流动的运输过程中，每隔一定的时间，采取一定量的煤样。

第二节 燃煤的制样

一、实验室试样的制备 采用上述方法，由原煤中取出各个分样的总和，即为原始试样。取得原始试样后还需经过粉碎、混合与缩分的过程，才能制成实验室试样。原始试样的数量通常很多，可达数百公斤，但在实验室供分析用的试样，最多只有2公斤，最少不过半公斤。因此在从原始试样

变为分析試样的加工过程中，每一个阶段的样品必須和原始試样的成分相当，其中煤的有机物成分变化可能性較少，而变化較大的就是水分，其次是灰分，所以加工时应使煤中水分变化尽量在小的条件下进行。把原始試样变为 实 驗 室 試 样，一般必須遵守下列規則：

- 1.各份原始試样須盛于密閉的，便于搬运的桶中；
- 2.在加工前，应存放在阴凉不受热的地方；
- 3.試样置放時間不能超过24小时；
- 4.粉碎試样时，必須用耐磨工具，勿使工具被磨損而落入煤中；

- 5.全部煤块都应磨碎，不准抛掉任何难磨的部分；
- 6.在加工时尽量要使水分損失小，粉碎混合都要迅速。

粉碎試样，可用粉碎机或手工方法。粉碎大量試样比較困难，如超过 300 公斤时，可使粉碎与縮分結合起来进行。先粉碎到一定粒度，經縮分后样品少了，再进行第二次粉碎，就比較容易。一般先将試样粉碎成25毫米以下的粒度，然后根据表 2-4 要求进行粉碎和縮分，当縮分到3.75公斤的試样(3毫米)时，再进行縮分，取出两份 0.5 公斤的試样，一份送进化驗室化驗，另一份保存于制样室备查。

表 2-4 試样最大粒度与縮分后試样重量关系

試样的最大粒度(毫米)	25	13	3
縮分后試样的最小重量(公斤)	60	15	3.75

如果用机械粉碎，就可不必这样麻煩，可直接將試样粉碎到 3 毫米的粒度。粉碎可在 2×1.5 米的表面平滑的鋼板上进行。

混合試样可用“錐形法”进行，即將試样逐漸堆成一錐形，每次將試样倒向堆頂時，至使其均勻地沿錐形的表面滑

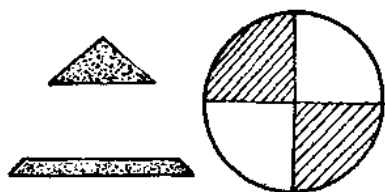


图 2-4 用四分法縮分煤样簡图

下，当全部試样都堆集成一堆時，再用鏟推成另一錐堆。以作第二次混合。

縮分試样是用“四分法”进行，所謂四分法是将上面的錐堆頂部压平成圓形，厚度应均匀相同，

然后再以二条互相垂直的对角綫將圓分成四个扇形（如图 2-4），弃去相对的二份。把剩余的二份試样，再进行粉碎、混合和縮分，一直到规定的数量与粒度为止。

二、分析試样的制备

1. 將粒度到 3 毫米以下的試样縮分到 500 克，粒度 1 毫米以下的試样縮分到 200~250 克。

如必須測定工业分析試样中总水分時，应在未縮分試样之前，自試样中取出一部分供測定工业分析試样中总水分 (W^d) 之用。

2. 將已縮分过的試样撒布在方形淺盘中，并使之在 45~50°C 徐徐干燥，粉碎到 3 毫米的褐煤繼續干燥 2~3 小时，粉碎到 1 毫米的褐煤繼續徐徐干燥 1.5~2 小时，粉碎到 3 毫米的其他各种煤及无烟煤应徐徐干燥 1.5~2 小时，粉碎到 1 毫米的其它各种煤及无烟煤应徐徐干燥 1~1.5 小时，但方形淺盘內的煤层厚度，不超过 4 毫米，并須使烘箱保持良好的通风。在干燥过程中，至少要将試样攪混 3~4 次。

3. 將已干燥的試样粉碎到 0.20 毫米。

注：不准使用生鉄研钵粉碎試样。