

煤层地质基础

赵隆业 著

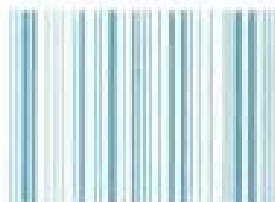
地震出版社

(北京)

110.2

6

ISBN 7-5028-1834-0



9 787502 818340 >

ISBN 7-5028-1834-0/P1064

(2369) 定价: 20.00 元



煤层地质基础

赵隆业 著

地震出版社

2000

图书在版编目 (CIP) 数据

煤层地质基础/赵隆业著. —北京:地震出版社,
2000.11

ISBN 7-5028-1834-0

I. 煤… II. 赵… III. 煤层 地质构造-研究
IV. P618.110.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 47531 号

煤层地质基础

赵隆业 著

责任编辑: 蒋乃芳

责任校对: 耿 艳

地震出版社 出版发行

北京民族学院南路 9 号

北京地大彩印厂印刷

全国各地新华书店经销

787×1092 1/16 8.125 印张 4 插页 208 千字

2000 年 11 月第一版 2000 年 11 月第一次印刷

印数 001—300

ISBN 7-5028-1834-0/P·1064

(2369) 定价: 20.00 元

赵隆业先生简历

赵隆业，男，研究员，1931年7月出生，浙江宁波人，汉族，中国共产党党员、中国民主同盟盟员。

1953年6月毕业于南京大学地质系，1953年6月到1954年6月在内蒙古拐子子地质部201地质队任技术员；

1954年6月被保送到北京地质学院地史教研室攻读研究生，师从王鸿祯教授；

1955年3月起在北京地质学院煤田教研室任助教，1960年9月任讲师，1962年担任教研室副主任；

1977年9月至1984年7月，调至中国地质科学院地质力学所，1982年任副研究员；

1984年7月调回中国地质大学地矿部北方煤炭测试中心，1985年起担任该中心总工程师，长期从事煤田地质和勘探的教学和科研工作。1987年任研究员。

1984至1988年，受聘担任全国矿产储量委员会煤炭专业委员会委员；曾任煤炭学会第二届理事，煤田地质专业委员会第一、二、三届委员；中国钱币学会理事，北京市钱币学会常务理事和东方收藏家协会钱币专业委员会主任。



参加1979年10月底于西安，参加煤田地质专业委员会成立和首届全国煤田地质学术会议，期间与北京地质院校友合影

二排左起第四人赵隆业，第五人杨起，第六人王大纯

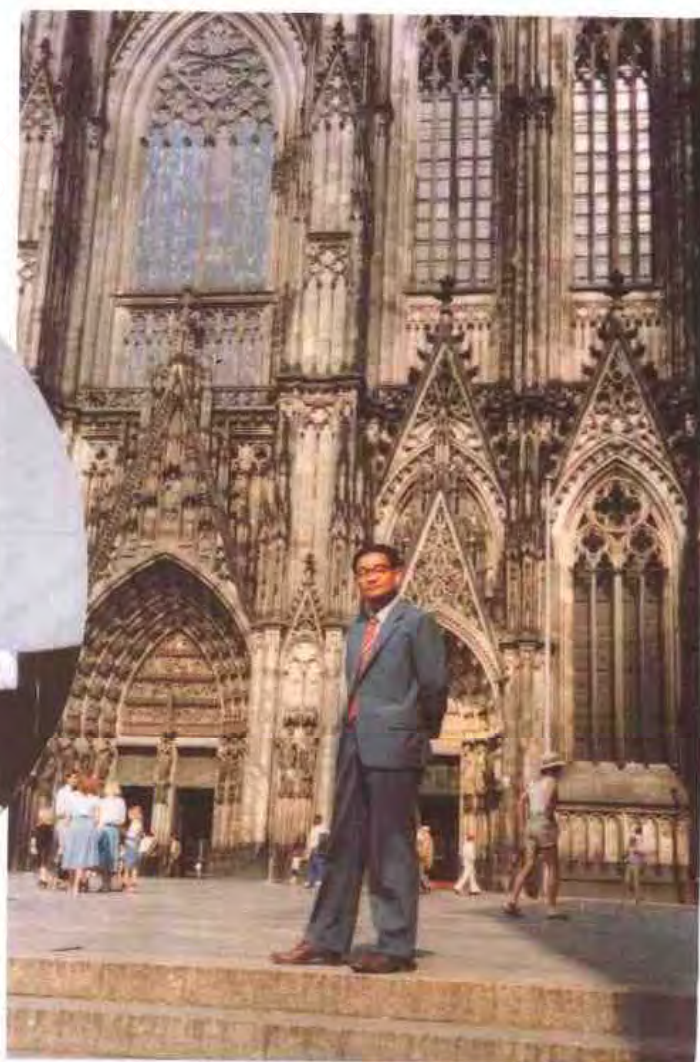


1983年赴西德考察褐煤

图为在褐煤矿井下考察，上井后的合影



1979年10月底在西安举行的首届
全国煤田地质学术会议上发言



1983年赴联邦德国考察，于科隆大教堂前



美满一家



中学时代
赵隆业



1957 年左右，
赵隆业在做试验



1956 年左右，年青时的赵隆业



1987年全国矿产储量委员会煤炭专业委员会全体委员合影

前排左起: 陈华彦 刘崇礼 钱大都 杜少先 陈 绳 沈尔炎 张延宾
 二排左起: 谢玉珍 蓝 瑛 孟宪铮 李 钰 毛节华 唐建益 郑宗义
 后排左起: 杜志超 冯士林 章有德 赵隆业 徐 伟



1985年冬于临汾,在山西地矿局213队讲学



1987年11月校庆时与煤田专业校友合影
 (59, 60届毕业生与老师合影)



1986年8月,中国煤炭学会二届二次理事会(扩大)会议合影
 三排右起第七人赵隆业



业余爱好收集钱币、邮票等。其中对古纸币的研究在国内处于前列

此为1989年初中央电视台采访时留影



1991年春节,与煤田教研室工作过的同事合影

前排左起: 李宝芳 傅泽明 杨 起

方克定 赵隆业 袁 容

后排左起: 吴志莲 叶敦和 尹善春

李思田 鲍亦周 潘治贵



1994年5月30日参加钱币学会会议
摄于黄山



1992年校庆时与煤田专业校友合影
(59届毕业生与老师合影)

编者的话

先师赵隆业先生一生致力于煤田地质与勘探事业，在长期的教学和科研工作中，积累了丰富的理论知识和实践经验，著有多本专业书籍和科研、考察报告，撰写和翻译了大量文章，留下了丰富的知识财富。

先师生前所著文章甚多（其中有一部分未发表），为系统论述其理论，从1986年起着手撰写《煤层地质及煤炭资源评价》一书，并拟了目录及部分内容。1987年撰写了第二稿，并对某些章节进行了调整，但因故未能定稿出版。

先师临终前，嘱家属整理出版其地质文献，以有益于煤田地质事业。受师母委托，也是尽弟子义务，我在整理先师遗作时，找到了《煤层地质及煤炭资源评价》手稿及大部分文章、著作。为体现先师一生对煤田地质事业的贡献，根据先师所遗手稿中较完整部分及其理论线索，将其对煤层地质研究的主要成果浓缩于本书，取名《煤层地质基础》。同时选摘了部分代表作列在本专著附录中，以示先师之博学。

先师在编著《煤层地质基础》时，引用了大量图表，其中一些图件尚缺，或仅以示意图标之。编者完整地表达先师意图，转引了一些他人著作中的图件，个别图件成图时间晚于1987年。所引图件未征得本人同意，仅在文中标注，在此谨请谅解。

编者自离开学校后即从事行政管理工作，长期疏于科研，对近年来煤田地质领域的新进展知之不多，自感实难承担编辑先师著作之大任。由于有杨起院士、李宝芳教授、袁鼎高级工程师和中国矿业大学任德贻教授以及中国地质大学煤田教研室众老师的鼎力支持，使本著作得以顺利出版。在此谨代表先师及其家属对所有给予支持的同志致以衷心感谢。

受编者学术水平和时间限制，本专著错漏及不足之处望读者批评指正。

赵先良

1998年4月于国土资源部

序

1997年4月,赵隆业研究员罹患胃癌和转移性肝癌不幸逝世,余深为悲痛和惋惜。

赵隆业先生一生致力于煤田地质事业,1955年来我校煤田教研室工作,执教煤田地质与勘探学科,长期进行教学和研究工作,建立了本门学科的教学体系,先后4次主编《煤田普查勘探方法》,并著有《煤炭资源地质勘探》及其他煤田勘探著作,是我校煤田地质及勘探学的奠基者之一,具有较高的理论水平和丰富的实践经验,1984年被全国矿产储量委员会聘为煤炭专业委员会委员。

在长期的教学和科研工作中,赵隆业先生组织或参加了多项科研项目,在我国和世界各地第三纪褐煤的研究中,分析对比了国内外数百个褐煤盆地的成煤特征及赋煤规律,著有《中国第三纪聚煤特征及找矿方向》、《世界第三纪褐煤》、《联邦德国褐煤地质研究》等论著。80年代末又对我国油页岩资源进行研究,极力倡导多种能源并用,为煤田地质事业作出了重要贡献。

赵隆业研究员从1981年起指导培养了多位研究生,并参加了全国煤炭资源远景预测等科研项目、博士及硕士研究生论文的评审工作。在筹建北方煤炭测试中心及担任中心总工程师期间,承担了大量的行政和技术业务工作,编写了有关教材,数次赴地质队传授煤田地质与勘探理论和经验,培训了不少煤田地质和煤岩测试方面的技术人才。

几十年来,赵隆业先生纵横于煤田地质科学领域,足迹遍布全国各大煤田,不仅在勘探学方面具有很深的造诣,而且在构造地质、数学地质、煤岩煤质、煤层地质、油页岩地质、能源资源经济及政策等方面都有论著。

赵隆业先生与余共事数十载,深感其待人谦和,工作勤奋,思路活跃,工作之余爱好广泛,尤其在古钱币的研究上,著书立说,亦颇有建树。

赵隆业先生一生热爱煤田地质事业和古钱币研究,直至生命最后阶段,仍念念不忘所热爱的事业,嘱其子完成未尽事宜。值得欣慰的是,适值赵隆业先生逝世2周年之际,由其子出资、弟子赵先良整理的赵隆业先生的专著如愿出版了。这本专著凝聚了赵隆业先生和外国及中国学者长期工作的成果,尤其在煤层地质研究方面,丰富了煤田地质勘探理论,拓宽了煤田地质研究领域,为煤田地质事业留下了一份宝贵的财富。赵隆业先生若九泉有知,也一定会欣慰的。

杨 起

1998年7月于中国地质大学

目 录

绪言	(1)
第一章 煤层的描述	(3)
第一节 软褐煤层的描述	(3)
第二节 硬褐煤、烟煤和无烟煤层的描述	(5)
第二章 煤层的组成	(8)
第一节 煤层的厚度	(8)
第二节 煤层的结构	(8)
第三节 煤层的顶底板	(10)
第四节 煤层中的结核和包裹体	(11)
第三章 煤层沉积相	(13)
第一节 近代泥炭沼泽的类别	(13)
第二节 沼泽的发展和演化	(15)
第三节 煤岩组分和煤层沉积相	(15)
第四节 煤层沉积相旋回	(17)
第四章 煤层的形成	(19)
第一节 泥炭层形成机理	(19)
第二节 泥炭堆积的速度和厚度	(20)
第三节 泥炭到煤厚度的缩减	(22)
第五章 煤层的形态	(30)
第一节 煤层形态的一般特征	(30)
第二节 煤层的分岔和尖灭	(32)
第三节 煤层厚度变化的原因	(38)
第四节 煤层变化性的定量统计	(46)
第六章 煤层发育的地史演化	(53)
第一节 煤层发育的机理	(53)
第二节 沉积旋回和煤层的发育	(54)
第三节 含煤建造组合和含煤性	(55)
第四节 区域构造和含煤性	(62)
第五节 厚煤层的成因	(67)
第七章 煤层研究的技术方法	(69)

第一节 研究煤层形态的技术方法.....	(69)
第二节 含煤性统计技术.....	(72)
第八章 煤层预测和合理的勘探网度.....	(75)
第一节 普查找煤期间含煤性的预测.....	(75)
第二节 勘探期间煤层预测.....	(76)
第三节 煤层勘探精度和合理勘探密度.....	(80)
第四章 煤层变化性与储量计算精度.....	(88)
参考文献.....	(93)
附录	
Ⅰ. 代表性论文	(95)
古构造研究方法	(95)
煤田勘探科学的研究	(103)
发现和勘探掩盖式煤田的几点基本经验	(108)
国内外煤炭资源及地质勘探情况分析	(114)
Ⅱ. 主要著作目录	(121)

绪 言

煤层地质是研究煤层的形成、形态、分布、变化以及预测的一门科学，是煤田地质学中的一个分支。

无论找煤、普查、详查、勘探以及煤矿开采，其目的层是煤层。找煤最终是为了找到具有工业价值的煤层。勘探的目的是对煤层进行详细评价，圈定煤层可采范围，并据以计算可供矿井设计、开采的煤炭储量。煤矿开采的对象是煤层，无论矿井设计、开拓布置以及回采工作面的施工方案都必须以煤层的可采性为根据进行部署。因此煤田地质工作者、矿井地质工作者，以及采矿工作者都必须研究煤层。

在勘探和开采过程中研究煤层，要查明煤层开采的地质条件，包括煤层厚度和变化、煤层及顶底板的物理机械性能，煤层的含瓦斯性，煤质及其工艺性能，以及风化氧化程度、煤层的充水程度等。

煤层研究要在煤层对比的基础上进行，为了对比清楚煤层，就必须详细研究含煤地层的结构，包括煤层层数、层序、旋回性、厚度和物质组成等，研究区域地质和矿区地质构造、查明煤层赋存的状态，研究煤层的组成和质量等。

对煤层进行研究，除了具有重要的成因理论意义外，还有重要的实用价值。

如果对煤层成因和赋存状况认识不足，会造成对煤炭储量估计失误。根据少数见煤钻孔，或者把储量估计过高，结果建井后长期达不到设计年产量，企业经济利益受损；或者把储量估计过低，使资源大量积压，不能充分发挥其作用，资源效益差。

煤层地质研究的基本任务是：

(1) 确定煤层形态：阐明煤层厚度、结构在三维空间范围内的分布，研究各种形态煤层的图文表达方法和定性、定量表达方式；

(2) 研究煤层的成因：阐明不同形态煤层的形成条件，从沼泽学、沉积学、地史学、构造地质学等方面，确定泥炭层到煤层的发育演化关系，确定含煤地层剖面上煤层发育的特点及其后期的形变，研究煤层在时间、空间上的发育不均一的原因；

(3) 进行煤层预测：确定合理的普查勘探方案，研究并探讨在一定勘探精度要求下的最优勘探网度和勘探布置形式，进而对煤层进行工业—技术评价，制订正确的开采煤层的矿井设计系统。

煤层地质研究方法有以下几种：

(1) 煤岩学煤化学方法：目的是研究煤层的物质组成和煤层的成因，是煤层成因学的基础。

(2) 地史学方法：用历史对比方法，研究在地质历史过程中，植物界的发生发展、古地理景观的演化、气候的变迁等，这是煤层发生学研究的基础。

(3) 构造地质学方法：是研究煤层形变、煤层产状及不同地质构造环境中煤层形成和形变规律的主要方法，是区域煤层地质学研究的基本方法。

(4) 沉积学方法：沼泽是煤层形成的基本场所，沼泽的演化发育，影响到煤层的组成、结

构和形态。该方法研究在不同沉积环境(三角洲、泻湖、大陆等)条件下沼泽的发育和分布特点、各种沉积环境条件及煤层赋存的特点。

(5) 统计学方法: 研究定性、定量表达煤层形态的方法, 统计含煤地层中含煤性与各种统计参数间的关系, 研究煤层定量预测方法, 探讨在一定精度前提下最优的勘探布置系统和网密度等。

各种研究的最终目的是为了应用, 因此煤层定性、定量预测是本学科研究的最终结果, 各种研究方法反映在最终成果上必然是综合的, 而其中地质学方法应当是最基本的方法。

第一章 煤层的描述

煤层描述虽是对煤本身的描述，但又有其本身的特点。因为煤层是由不同宏观煤岩类型组成的煤分层和岩石夹层所组成的，因此除注重煤本身宏观描述外，要注意各分层之间的相互关系，还要注意软褐煤与硬褐煤及烟煤、无烟煤之间的某些差别。

第一节 软褐煤层的描述

软褐煤层大多数是属于第三纪的煤，通常厚度大，不少可作为露天矿开采对象。因此观察的视域较宽广，描述的内容比较丰富，包括以下几个方面：

- (1) 亮度分为光亮、半亮和暗淡三级；
- (2) 含木质情况：软褐煤层中可以发现许多煤分层仍保持着原有的木本植物的残体，如树杆、树桩、小的木质断块等；
- (3) 结构分为层状煤、结构煤、结构基质煤和基质煤；
- (4) 断口分为阶梯状的、光滑的、贝壳状的及粗糙的等；
- (5) 凝胶化现象分为结构凝胶、凝胶块和凝胶脉等；
- (6) 其他标志，如含动物化石情况，含矿物质情况，以及丝质体和树脂体的性状。

根据以上描述内容，从宏观煤岩组成上，可以分出如表 1.1 所示的类别。

表 1.1 软褐煤层宏观煤岩组成类别

含木质情况	结 构	光亮度	表面特征
含木质煤	层状煤 结构煤 结构基质煤 基质煤	暗淡煤 半亮煤 光亮煤	粗糙 致密 不规则
不含木质煤	层状煤 结构煤 结构基质煤 基质煤	暗淡煤 半亮煤 光亮煤	粗糙 致密 不规则

对软褐煤层的描述，颜色不是主要的内容，光亮度总的来说比较低，因此大多数呈暗淡和半亮状态，而光亮煤很少。这样，煤的结构和含木质情况以及表面特征就成为主要的描述内容。

软褐煤层能够明显地区分出含木质情况，尤其是在经过风化的剥蚀面上，由于木质和一般褐煤层之间耐风化程度不同，很容易把含木质层剥离下来。这种木质层常由树杆、树枝、木质断块和树桩等组成，它们或者平行层面沿一定方向排列，或呈杂乱无章的堆积，有的单个出现，有的成层出现。树桩总的来说比较少见，但一经发现，它并不和树杆堆积在一起，而是独立地出现。这种现象说明，原始植物堆积时，有过一段距离的飘移。这种木质结构清楚的木质煤，往往表面上碳化程度很高，到内部和现代木头差不多，一经风化就碎裂成木片。

软褐煤的另一特点是在煤层中可发现凝胶化脉或块，它充填在褐煤层的裂隙内，并常具有一定方向性。这种凝胶化脉或块遇空气失水收缩率很高，可达40%~50%。凝胶化脉与煤的界线清楚，并经常仅见于煤层的底部，根据下莱茵褐煤田的观察，仅限于煤层底部7m左右的范围内，脉的宽度有20~30cm，成上宽下窄的漏斗状。这种现象说明，在软褐煤成岩期间，裂隙已被充填，可能是腐殖酸的运移或凝胶溶液沿裂隙充填所致。

图1.1是下莱茵褐煤田一层厚50m的主煤层柱状图，可作为具体煤层描述的内容和图示方法的示例。

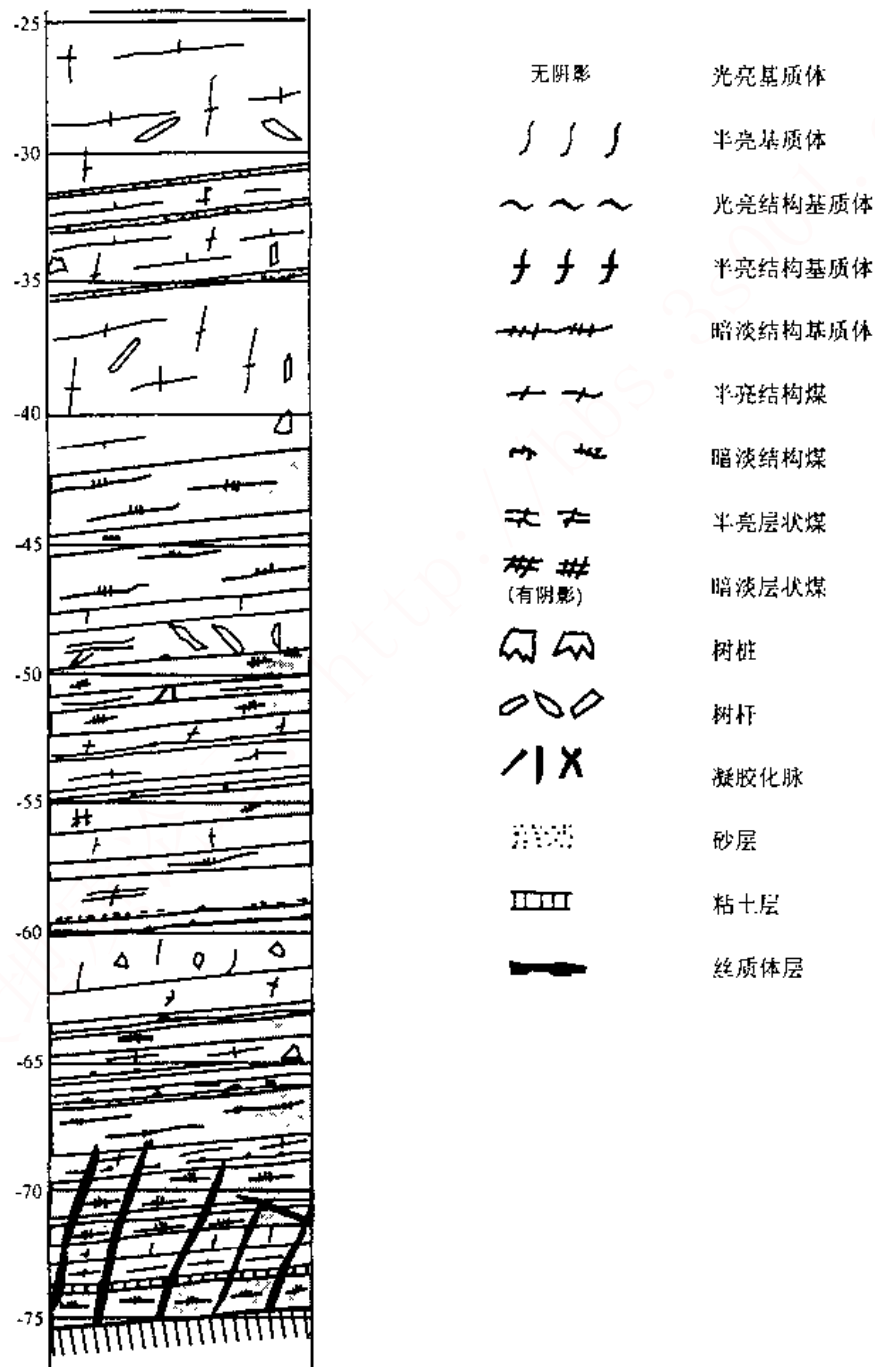


图 1.1 下莱茵褐煤田的主煤层柱状图 (引自赵隆业, 1986)

第二节 硬褐煤、烟煤和无烟煤层的描述

硬褐煤、烟煤和无烟煤层描述的首要对象是光泽，一般分为光亮的、半亮的、半暗的和暗淡的四种。煤的光亮程度和煤岩显微组分、矿物杂质含量和变质程度有关。在同一层煤内，因为变质程度相近，因此前两种是其影响的主要因素。

煤层描述时，颜色同样不具重要意义，除硬褐煤带有黑褐色外，其余煤类均为黑色。

结构是煤层描述的重要参数，它与各种煤岩组分及矿物质的分布有关，可分为：

①条带状结构：包括宽条带状、窄条带状、透镜条带状及分岔和斜交条带状；

②线理状结构：厚度 $<2\text{mm}$ 的条带称为线理；

③均一结构。

这些结构的划分与煤的肉眼描述基本一致。

在煤层描述时要着重描述各种煤岩宏观类型之间的分层接触关系，即所谓的煤层理，它代表了煤层整体中各煤分层的聚积环境的变化。和沉积岩中研究层理的方法类似，可以将层理分为：

①水平煤层理：包括连续水平煤层理和断续水平煤层理；

②波状煤层理：包括水平波状煤层理和斜波状煤层理；

③透镜状煤层理。

煤层理之间根据接触关系还可分为明显接触、渐变过渡接触等。

现已注意到，当煤变质程度增高后，各种煤岩类型之间的差别缩小，那么其间的接触关系也会变得不清楚，此时只有当其中存在薄的夹石层，或煤中矿物质有明显差别的情况下才可区分开来。

除此而外，还应当和描述煤一样，注意其中镜质组、惰性组、壳质组和矿物杂质含量的变化，以及各种包裹体和岩石夹层等的情况。现以鲁尔煤田石炭纪的 Midgard2 煤层、Ubk-3 煤层和 A 煤层三个煤层为例，说明煤层描述、分层和划分煤层类型的情况。

各个煤层在描述时，首先要对煤进行分层，并对各分煤层进行描述；还要对分煤层的镜质组、惰性组和壳质组以及矿物质进行定量统计。矿物质还应分出粘土质、砂质、碳酸盐和黄铁矿等，并分别描述各自的产状。然后根据以上描述的煤岩类型组合，对不同煤层进行成因分类，例如鲁尔煤田可分为三种类型：

类型一，主要为具有角质组的镜质组组成。粘土矿物条带和同生硫化铁矿物丰富，但是粗粒体、丝质体、大孢子体、环带孢子、厚壁孢子含量很低。

类型二，可分为上、下两部分，下部较均质，为几十厘米厚的富镜质组煤；上部为镜质组或富惰性组条带的互层。富惰性组条带含有大量丝质体及丰富的粗粒体、角质体、大孢子体、环带孢子和厚壁孢子。上部分层缺少粘土矿物，同时同生硫化铁矿物含量很少。

类型三，和类型二中富含惰性组部分一样，具有相类似的煤岩显微组分组合。这种类型通常很少见。

各类型所代表煤层的特征见表 1.2；

各煤层的分层中各种组分的变化由图 1.2~1.4 绘出。

各种类型煤所代表的成因意义可以归纳为：类型一是发育在洪积平原上，因此它受地下

表 1.2 鲁尔煤田成因分类特征

类 型	—	二	三
煤 层	Midgard 2	Ubk-3	A
有机质/%			
镜质组	75.2	64.1	29.6
惰性组	9.7	21.6	57.5
壳质组	15.1	14.4	12.9
矿物质/%	18.3	3.3	3.7
粘土矿物加石英	15.3	0.3	2.2
同生黄铁矿	1.0	0.3	0.1
后生黄铁矿	0.6	0.8	0.4
碳酸盐矿物	1.4	1.9	1.0

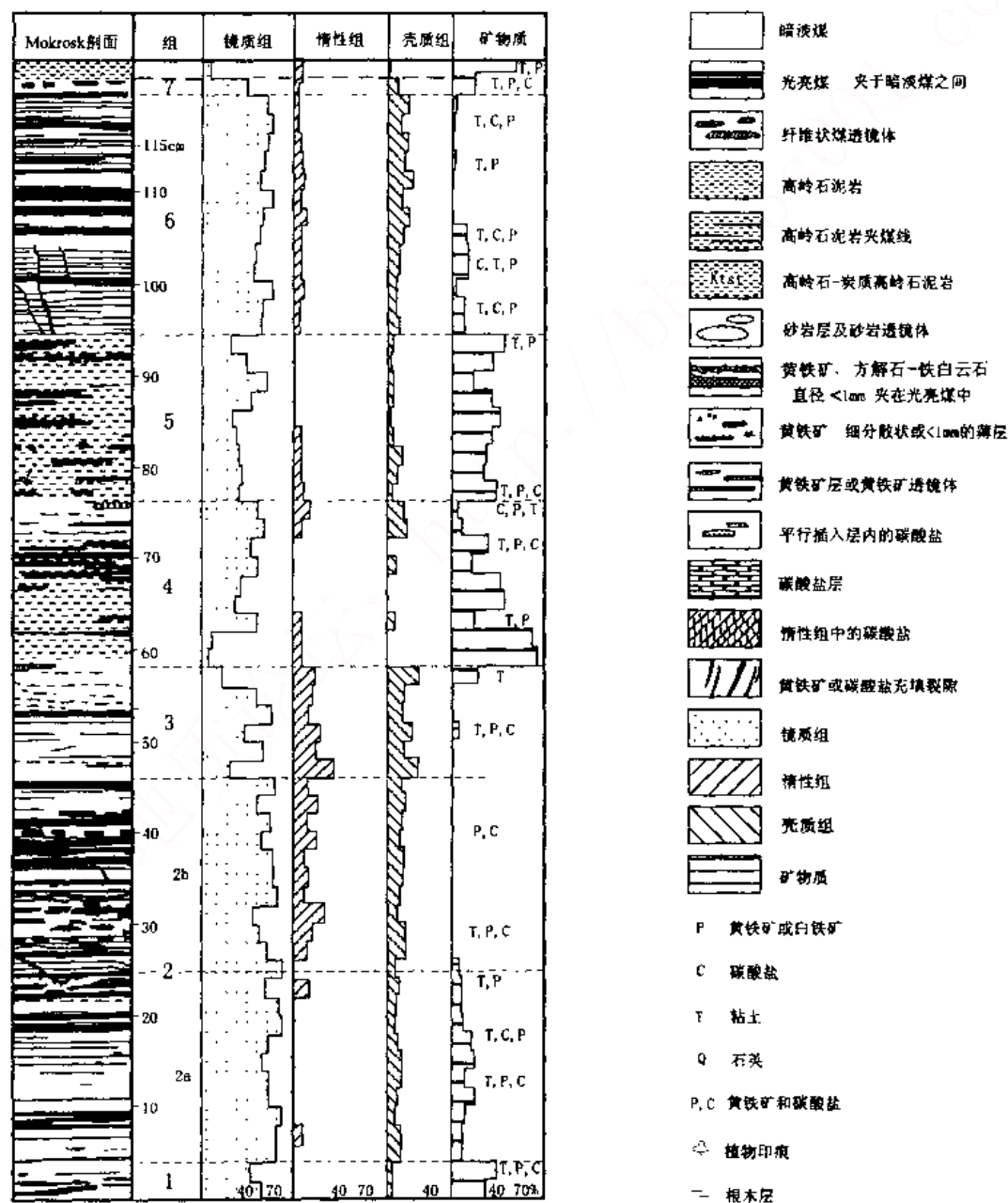


图 1.2 Midgard 2 煤层的镜质组、惰性组、壳质组和矿物质含量百分比及显微组剖面

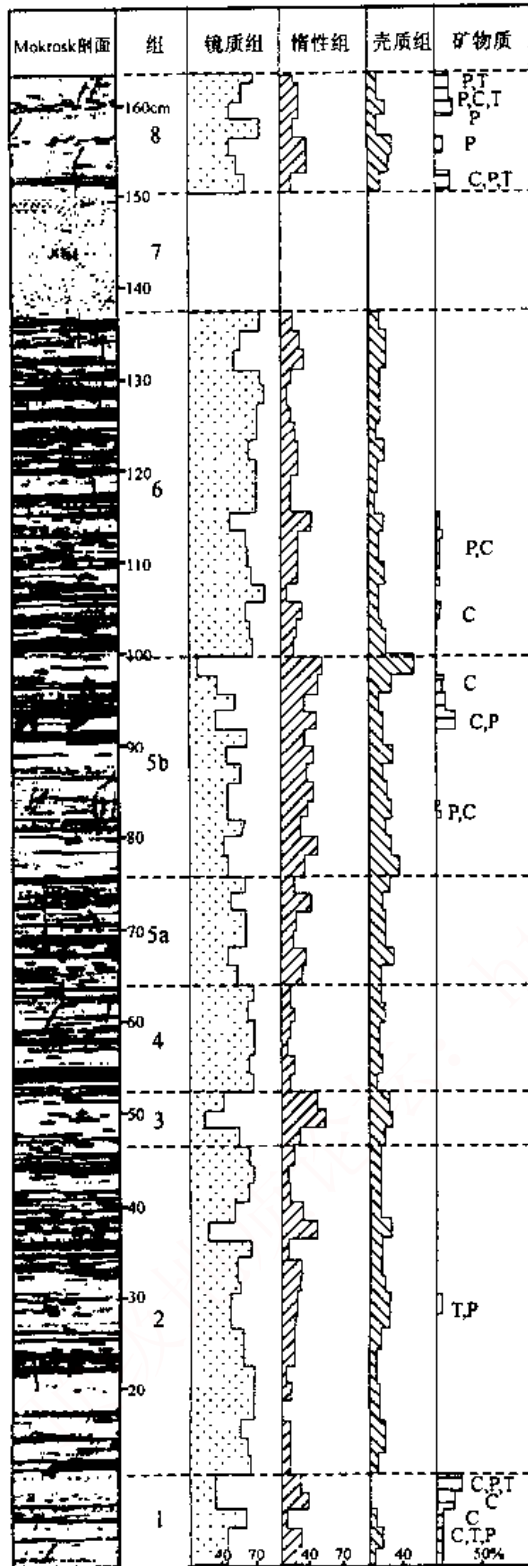


图 1.3 Hagen 1 Ubk-3 煤层的镜质组、惰性组、壳质组和矿物质含量百分比及显微组分剖面图

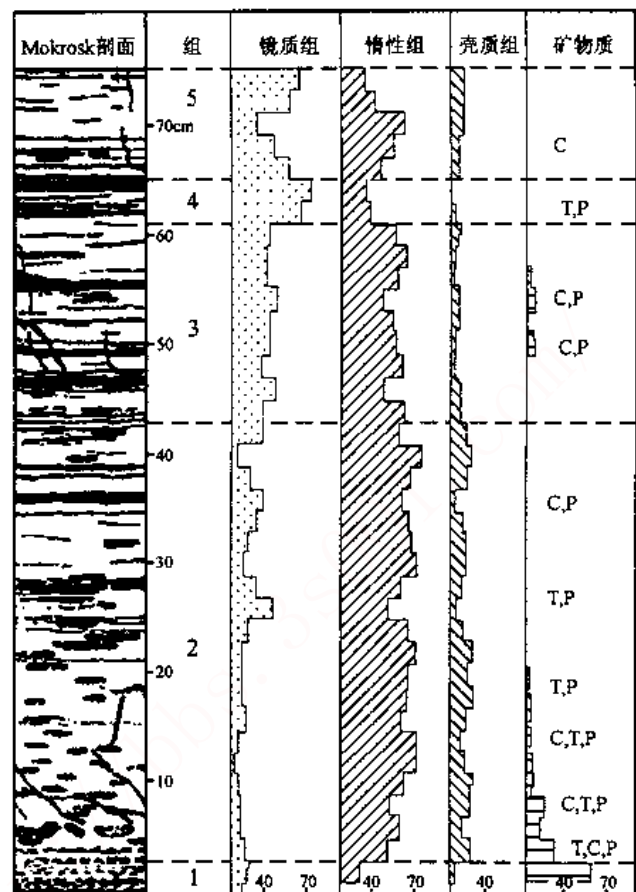


图 1.4 A 煤层的镜质组、惰性组、壳质组和矿物质含量百分比及显微组分剖面图

水的影响大，并显示出有较多的硫化铁和粘土矿物条带。类型二代表由森林泥炭沼泽发育成的高位沼泽，和近代热带地区的泥炭层剖面类似，硫化铁矿物含量低，这与高位沼泽比低位沼泽的硫含量低有关。

煤层描述时，除根据煤岩类型描述煤外，应注意各种煤岩类型的组合，注意这种组合的横向变化。往往分层越细，其横向对比意义越小，因此在研究煤层宏观分层时，除了应用煤层中夹石层分层外（它经常在水平方向有一定延展范围），还应当注意分层界限的确定。

第二章 煤层的组成

第一节 煤层的厚度

有关煤层厚度的一般术语如下:

(1) 煤层总厚度: 煤层顶板到底板的垂直距离, 包括所有煤分层和夹石层的厚度。

(2) 煤层最低可采厚度: 在当前技术经济条件下, 工业上可以利用的最低开采厚度, 是储量计算的工业指标之一。

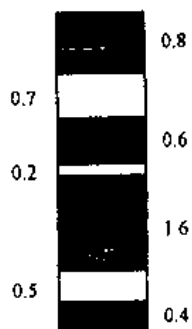


图 2.1 煤层结构及厚度示意图

(3) 煤层可采厚度: 又称采用厚度, 是按照储量计算规则计算的。总厚度不小于煤层最低可采厚度的煤分层(含厚度小于 0.05m 的夹矸)总和, 用于储量计算和可采程度评价。

(4) 煤层有用厚度: 又称有益厚度, 是煤分层厚度的总和, 一般用于地质研究。

例如, 煤层最低可采厚度定为 0.7m, 如图 2.1 所示:

可采厚度 = $0.8 + 0.6 + 1.6 = 3.0$ (m)

有用厚度 = $0.8 + 0.6 + 1.6 + 0.4 = 3.4$ (m)

煤层总厚度 = $0.8 + 0.7 + 0.6 + 0.2 + 1.6 + 0.5 + 0.4 = 4.8$ (m)

一般来说, 煤层厚度当顶底板界线清楚时很容易确定, 但当煤层顶底界线处于渐变状态时, 则要用化学分析方法来确定。

为便于煤层厚度的定性描述, 不少作者对厚度级别进行了研究, 《煤炭资源地质勘探规范》对厚度级别的定义如表 2.1。

在地质研究时, 常出现“煤线”一词, 煤线与煤层的划分没有严格的厚度界线。一般来说, 煤层是具有一定厚度并有一定延展方向和范围的煤和夹石的岩层, 而厚度极薄且无法确定分布方向和范围的称为“煤线”。

表 2.1 煤层厚度分级表

级 别	煤层厚度/m
薄煤层	≤ 1.3
中厚煤层	1.31~3.5
厚煤层	≥ 3.5
特厚煤层①	

第二节 煤层的结构

煤层的结构是指煤层和其含夹石层的情况, 通常分为简单结构、复杂结构和极复杂结构三类。

(1) 简单结构煤层: 煤层中没有夹石层或仅有个别夹石层;

(2) 复杂结构煤层: 煤层中有夹石层, 且在煤层中有一定的层位分布, 或在开采过程中

① 作者在《特厚煤层的建造组合特征类型》一文中, 将褐煤厚度在 40m 以上的煤层暂定为特厚煤层。有些作者将厚度大于 8m 的烟煤, 无烟煤定为特厚煤层。——编者注。

可以剔除掉或可分层开采,相邻钻孔之间可以对比;

(3) 极复杂结构煤层:煤层中央石层较多,并且无一定的层位,相邻钻孔之间难以对比,开采过程中经常要和煤层一起开采。

煤层中的夹石层,可以是砂岩、粘土岩、石灰岩、油页岩、凝灰岩,甚而包括岩浆岩、砾岩等。其中若是高岭石泥岩或凝灰质岩石,则这种岩层相当稳定,可作为对比的标志。

煤层结构与煤层厚度有一定关系,通常煤层厚度越大,其中夹石层越多。厚煤层通常都是复杂结构煤层。因此对厚煤层的研究,结构划分研究并不重要,而要注意煤层的分岔性。

煤层和夹石层的关系,反映了成煤过程中环境的变化,所以在研究煤层结构时应注意:

- ①夹石层的岩性及其结构和构造;
- ②夹石层的厚度及其延展性;
- ③夹石层和煤层的接触关系;
- ④夹石层中有无根化石和化石的保存程度。

通常情况下,煤层和夹石层的界线清楚,但也常见一些炭质泥岩和煤层呈过渡的接触关系。界线清楚,反映沉积有间断,或沉积环境发生突变。甚至可出现砂岩和砾岩的夹石层,见有层间冲刷现象。也可以由于煤层受挤压发生流变,周围岩石挤入煤层,或煤层穿插到顶底岩石中。也可由岩浆岩侵入体组成的夹石层,这种情况下煤层有接触变质现象。煤的夹石层可由以下岩性组成。

1. 高岭石泥岩夹层

由高岭石组成。高岭石成蠕虫状、粒状、团块状,还可以有少量水云母、黑云母等,有时含有炭质、石英碎屑。一般认为高岭石泥岩是火山碎屑物质经蚀变作用而成,也有认为是邻区风化产物经搬运而来,或原地泥质岩的风化产物,但当时地形一定比较平坦。

高岭石泥岩通常厚度薄,但分布范围极广。周义平研究滇东晚二叠世煤田中的高岭石泥岩时,曾称其分布面积达 67000km²。甚而有人还用它来进行大区域间的对比,如英国和西欧之间的对比、前苏联和波兰之间的对比等。

高岭石泥岩夹层和煤层的接触面通常比较清楚,其中不含根化石。

2. 砂岩、砾岩夹层

这种岩性夹层通常具有较大的厚度,和煤层的接触界面清楚,但延展不远,有时成透镜状夹在煤层之中,岩性具有上细下粗的特点,在夹石层中还可见到煤线或煤屑。

3. 泥岩或炭质泥岩夹层

和煤层之间可以是逐渐过渡或呈明显的接触关系,有时含有根化石,层理不清或呈块状。

4. 泥岩或泥质粉砂岩夹层

厚度不大,但延展较远,接触关系清楚,有保存好的植物化石或淡水动物,一般无根化石。

5. 油页岩夹层

在第三纪煤田或低煤级的煤层中,常见有油页岩夹层,有时厚度大,油页岩中可以具有动植物化石,和煤层的接触关系可以是渐变的,也可以是明显的。

以上几种夹石层,其中高岭石泥岩夹层和砂岩、砾岩夹层与煤层成因无直接的成因联系,它可以是外来的,反映了沉积环境的急速变化。

其他几种夹石层和泥炭沼泽的发育演化有一定关系,与沼泽覆水深度变化、外来无机质

的混入有关,它可以是过渡或明显接触,反映沼泽环境的渐变或突变。

至于出于构造挤压,是夹石层进入煤层中还是煤层进入顶底板岩层中,在钻孔中很难判断,但如注意其中层理、倾角的变化以及接触关系,有时也可能加以区分。

从研究煤层成因角度,则夹石层不论厚度多么薄,都要把它分出来,从勘探和开采角度考虑,0.01~0.05m的夹石层要标出,但可以合到煤层中去,但合并后煤层的灰分不能超过标准。夹石层与煤层的取舍,《煤炭资源地质勘探规范》有明确规定。

第三节 煤层的顶底板

煤层的底板是古代直接生长植物的土壤,因此常有植物根,称根土岩。根土岩在中新生代煤田中常可见直立的根茎和痕木(树桩)化石,但在古生代的煤层底板中,常是称 Stigmarite 的横伏的鳞木或封印木的支根。煤层底板也可以由没有根化石的碎屑岩组成,一种可能是异地或微异地形成的煤层,另一种可能是后期腐烂分解的结果。通常煤层和底板之间有一个明显的界面,煤层是层状的,而底板根土岩是块状的,其间看不到直立根和煤层的依存关系。但是在非煤层中,可能发现在砂岩中有直立的煤化树。

通常底板是不具层理、团块状的泥岩,古生代煤层的底板常为灰黑色,中、新生代煤层底板颜色较浅些,多数情况下可发现根化石。

煤层和底板的接触关系是反映煤层是原地还是异地、微异地的主要标志。

Болтков(1973)把煤层和底板的关系分为四型(图 2.2):

- 底板无根化石;
- 底板有根化石,但根化石只分布在具有底板标志的岩石中;
- 底板有根化石,根化石可存于具底板标志的岩石中,也可存于煤层过渡带的岩石中;
- 底板有根化石,根化石存在于有底板标志的岩层及煤层过渡带,并也见于煤层中。

同时根据其接触关系,还可分为四类:

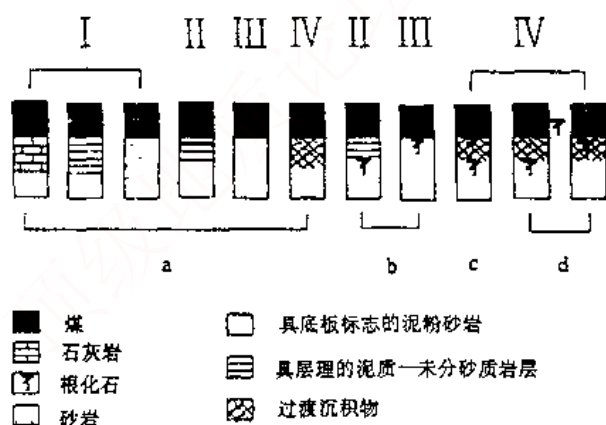


图 2.2 煤层与底板的关系
(据 Болтков, 1973)

I. 煤层和无底板标志岩石之间接触关系清楚;

II. 煤层和具底板标志岩石之间有过渡性沉积物,接触界面清楚;

III. 煤层和具底板标志岩石直接接触,其间无过渡性沉积物;

IV. 渐变接触。

综合以上两种标志的划分,可把煤层和底板的关系分为四组:

第一组,无根化石底板,和煤层清楚接触(Ia、IIa、IIIa、IVa),其中 Ia、IIa 为异地沉积,IIIa、IVa 为原地-异地沉积。

第二组,有根化石底板,和煤层清楚接触(IIb、IIIb),其中 IIIb 最为常见,根土岩和煤层之间有一明显接触面,大多数情况下表明是在原地沉积基础上叠加微异地作用,也可是煤层

和泥质沉积物压实率不同和受层间滑动影响所致。Ⅱ₁ 较少见,成因也较复杂,大多数情况是异地沉积的。

第三组,有根化石底板,和煤层逐渐过渡(Ⅳc),属于原地沉积,在煤层中无树桩及根。

第四组,有根化石及树桩,和煤层逐渐过渡(Ⅳd),属于原地沉积,在煤层中有树桩及根。

第三、四组大多数见于新生代煤田中。

对一个煤层来说,出于沉积时基底不平,煤层可以覆盖在几种岩性底板层之上,因此有几种底板接触类型存在。

在局部情况下,在煤层底板的砂岩、粉砂岩中有大的硅化木存在,这是明显的异地沉积的标志。

煤层的顶板,岩性通常是泥岩、粉砂岩、砂岩,也可以是石灰岩(泥灰岩)、油页岩、硅藻土等,煤层顶板和煤层的接触关系,可以呈明显的接触,也可以呈逐渐地过渡。煤层和顶板的关系,反映了沉积环境的变化,和聚煤作用的终止。在大多数情况下都是呈明显的接触关系,这是沉积环境突然变化的反映,例如石灰岩的顶板,顶板砂岩的冲刷等。

矿井开采过程中,很重视煤层顶板岩性及其机械强度,它会影响矿井支护和安全。因此还常区分为伪顶和老顶。伪顶即煤层之上有一薄层炭质泥岩或泥岩,再往上才是坚硬的石灰岩、砂岩、粉砂岩等老顶。这表明煤层和其顶板之间有一过渡层。

露天煤矿开采过程中发现煤层和泥灰岩、泥岩、粉砂岩等顶板岩石之间的界面是不平整的,可能是冲刷、挤压变形、岩相变化等等原因所引起。

新生代煤田的煤层中还经常见到大型脊椎动物化石,这些化石最常见分布在煤层顶板附近的煤层及岩石夹层中,并经常富集在某一固定地点。某些新生代煤田,具有巨厚的煤层,其上同一岩性顶板厚度亦相当大,表明是在一种特定的聚积条件下形成的。

第四节 煤层中的结核和包裹体

煤层中常见到各种成分的结核和矿物质包裹体。它可以是自生的,也可以是后生的(成岩的)。自生的结核和矿物包裹体直接受煤形成时的环境的影响,最常见的有黄铁矿和菱铁矿。

黄铁矿结核或包裹体,可以分布在各种煤级的煤中,它和煤形成时还原程度的强弱有关,可以成为结核状、鲕状、细分散状或成为树木根或动、植物各部分的假象。黄铁矿是植物分解时产生的 H_2S 和水溶液中铁的化合物相互作用的产物,初期形成 $FeS \cdot nH_2O$,以后在缺氧情况下转变成黄铁矿。后生作用形成的黄铁矿可充填在裂隙内、层间接触处,当在近地表情况下,黄铁矿发生氧化转化为氢氧化铁和硫酸,如与钙结合便形成石膏等。黄铁矿结核可在煤层各个部位中找到,但最常见的是在煤层接近底板及夹石层附近,并经常和丝炭共生,可能是因为丝炭形成时,局部发生放热反应,促使泥炭沼泽中形成温度差,促进了物质的运动。与黄铁矿相伴生的还有黄铜矿、方铅矿、白铁矿等。

方解石,呈结核状的是自生的,但大多数方解石是后生的。方解石可呈细脉状充填在裂隙中或植物组织的细胞内,在煤层顶板为石灰岩的煤层中尤为发育。

菱铁矿是自生的矿物,形态多种多样,小呈鲕状,大到成菱铁矿化的树干。它代表一种还原性强的环境,经常赋存在光亮煤和半亮煤中,而在半暗煤和暗淡煤中则很少见。

粘土质结核,可以是高岭石、蒙脱石、伊利石等矿物所组成,在光亮及半亮煤中的粘土

质结核大多数是自生的，而在暗淡煤中，则可能是由陆源碎屑物质搬运而来的。

硅质结核有石英和玉髓，可沿植物残体分布或使整个树干硅化，接触变质煤中有石英充填在煤的孔隙或裂隙中。

此外，还有一些砂质岩石、砾石、火山质岩石的包裹体，大多是陆源碎屑冲刷搬运而来，或火山喷发时期的产物。还可见到岩浆岩的浑圆体，它是岩浆和煤接触时侵入到煤层中的。

煤层中还有动物化石，它常赋存在煤层顶板及夹石层附近，并有一定的层位产出。

根据对顿巴斯煤层的研究，在不同还原性的煤中，所含的矿物包裹体有差别，其中强还原性煤中有黄铁矿、重晶石、方解石；中等还原性煤中有含铁和镁的绿泥石；弱还原性煤中常见含钛的磁铁矿和铁白云石。含砂质-粉砂质的矿物包裹体在强还原性煤中比弱还原性煤中多2~3倍。

至于后生的矿物包裹体，它可以是煤在变质过程中产生的。当煤变质程度增高，到无烟煤阶段时可出现新生矿物，如水白云母和绿泥石等。而低煤化阶段的片沸石、斜方束沸石、浊沸石则减少或消失。其中诸多不稳定矿物(绿帘石-黝帘石、黑云母、辉石、角闪石、石榴子石等)。

煤中结核也称作煤核，其中可保存良好的动植物化石，原因是结核内的化石碳化程度低，所以生物结构清楚。以往曾认为煤核是海相沉积的标志，这不一定确切，因为西欧早期研究石炭纪煤是在近海相煤层中找到煤核的，现在看来中生代煤(陆相)也不一定没有煤核。

第三章 煤层沉积相

众所周知,泥炭是在沼泽沉积环境中形成的。煤层代表沼泽的沉积环境,研究煤层沉积相就必然要研究沼泽的发生和发育。在这一方面,近代地理学、沼泽学和农业科学都有大量文献作过报道。但从地质学角度研究,就应当和各地质时期的成煤环境研究结合起来,采用历史对比的方法,因为近代沼泽显然和不同历史条件下的沼泽有所差别。

第一节 近代泥炭沼泽的类别

泥炭沼泽根据水分供应的方式和形态可分为三类,即低位泥炭沼、中位泥炭沼和高位泥炭沼。

1. 低位泥炭沼

沼泽中水分的供给主要依靠地下水、地表水以及大气降水。沼泽面的形态是平坦的,沼泽中央的水面比周围地下水水面略低些,在这种环境下可以有各种类型木本及草本泥炭的堆积。

2. 高位泥炭沼

沼泽中水分的供给主要是大气降水,沼泽面的形态是中央比周围稍高些,因而沼泽中央的表面略高于地下水水面,其中的植物类型主要是苔藓,堆积的泥炭常是泥炭藓或称藓泥炭。

3. 中位泥炭沼

介于上述两者之间的类型。

泥炭沼由于水分供给方式的不同,使沼泽水和植物类型有差别。一般大气降水的水中缺少营养质,而由地表水及地下水补给的水中富含营养质。因此随着沼泽中水分供给方式的不同,形成的泥炭就可以区分为富营养性、中营养性和贫营养性泥炭,它和泥炭沼的类型相对应。

由表 3.1 可见,富营养性泥炭与贫营养性泥炭相比,有机质含量低、灰分高、腐殖酸高、全氮高、pH 值高、持水量低、 P_2O_5 高、吸氮量低。

表 3.1 我国各种泥炭的一般理化分析

泥炭类型		有机质/	总灰分/	纯灰分/	腐殖酸/	全 N/	P_2O_5 /	pH	持水量/	吸氮量/
型	种	%	%	%	%	%	%		%	%
富营养泥炭	草本泥炭	50~70	30~50	7~15	20~40	1.5~2.5	0.2~0.4	5.5~7.0	400~800	0.5~1.0
	木本-草本泥炭	55~70	30~45	6~9	30~40	1.5~2.0	0.2~0.3	5.5~6.5	400~700	0.5~0.8
	木本泥炭	60~70	30~40	7~10	30~50	1.5±	0.2±	5.5~6.0	400~600	0.5~0.7
中营养泥炭	草本-藓类泥炭	70~75	25~30	5~7	30±	1.0~1.5	0.18~0.2	5.0~5.5	800~1100	1.3~1.5
	木本-草本-藓类泥炭	70~80	20~30	4~6	20~30	1.0~1.5	0.18~0.2	5.0±	800~1100	1.0~1.3
贫营养泥炭	草本-泥炭藓泥炭	80~85	15~20	4±	15±	1.0~1.2	0.15~0.18	4.0~5.0	1000~1300	1.5±
	木本-泥炭藓泥炭	80~85	15~20	4~5	15~20	1.0±	0.15±	4.0~5.0	1000~1200	1.5±
	泥炭藓泥炭	90±	10±	3~4	10~15	0.6~1.0	0.15±	3.5~4.5	>1300	>1.5

(据朗惠卿等, 1983)

沼泽^① 根据形成的场所可分为:

(1) 平地沼泽: 包括滨海沼泽、洪泛平原沼泽、牛轭湖沼泽、冲积扇前沼泽、平原凹地沼泽等。

(2) 山地沼泽: 包括谷头堵流沼泽、山谷沼泽、坡面沼泽、分水岭沼泽、火山口沼泽等。

以上都是根据沼泽所处的地形环境来划分的, 它们的形态、大小随地形而变化, 因此不同沼泽之间的特征千姿百态。

沼泽还可以根据其发展和演化来区分, 如:

(1) 蓄水盆地沼泽化: 指原来是一个蓄水的盆地或河流水系, 后来随着泥炭的生长和发育逐渐淤塞形成沼泽, 这种类型的沼泽化所形成的泥炭较厚。它还可分为湖泊沼泽化和河流沼泽化两类。

①湖泊沼泽化: 根据植物生长发育情况, 朗惠卿分为:

- 沼生植物带状侵入型;
- 沼生植物“浮毯”蔓延型, 浮毯可以是一侧蔓延, 也可以是从四周向中央蔓延;
- 复合型。

②河流沼泽化: 河床平浅、河曲发达、水流速度较慢的中小型河流, 随着植物的生长发育, 使河流阻塞, 在地面上甚而看不到河流的样子, 水只能在植物覆盖层不流动, 或整个被淤塞。

(2) 陆地沼泽化: 在陆地表面, 由于水分供应充分而转化为沼泽, 可分为:

①草甸沼泽化: 多发生在河漫滩、阶地、湖滨、沟谷台地及分水岭区, 地势低洼, 水分容易积蓄而转化为沼泽;

②森林沼泽化: 在地势低洼的森林地带, 地表水容易汇集, 加上土壤是粘土质, 隔水性好, 从而使地表面生长苔草、藓类植物等, 森林逐渐退化而形成沼泽。

还有人根据泥炭沼泽中的主要组成植物划分为木本、草本、藓类泥炭沼泽等。对于泥炭甚而褐煤, 根据其中组成的主要植物类别, 可进一步细分为赤杨、桦树、松、芦苇、苔草、睡莲、水藻等。例如 M. Teichmüller 在中新世下莱茵褐煤田的研究中, 把褐煤的形成环境分为红杉沼泽、杨梅科—西里拉科沼泽、水紫树—落羽杉沼泽、芦苇沼泽及开阔的水域。对石炭纪的煤田划分为鳞木、种子蕨森林沼泽、芦木沼泽等, 都是根据成煤的主要植物种属来进行划分的, 并用以恢复古景观。

近代泥炭沼泽的研究对古代成煤环境的解释有一定的用处, 尤其是中、新生代煤田。

泥炭沼泽随着其组成植物的不同, 其物质成分也有差别, 例如云南一些褐煤田, 其中褐煤腊比较高, 是由藓类植物形成的。

通常研究泥炭时, 因为能区分出植物残体, 因此可以用植物来划分泥炭的类别。到褐煤阶段, 它还能分出木本和草本(再细分则要用孢粉分析), 至于到烟煤和无烟煤阶段就难区分了, 它只能用煤的化学成分和煤岩及孢粉特征来估计。

^① 关于泥炭及泥炭沼的术语和译名比较混乱, 一般习惯用语和译名是 swamp 指森林沼泽(林沼); marsh 指草沼泽(草沼); bog 指出大气降水的贫营养高位沼泽; fen 指由地下水供给的营养性沼泽。bog peatland 和 fen peatland 泛指沼泽地; pond 是指泥炭地中的小湖沼, 即小的蓄水池塘。俄文 болото、德文 moor 均相当于 peatland, 泛指沼泽地。peat、torf (德文)、торф(俄文)均译为泥炭。

第二节 沼泽的发展和演化

沼泽的发展和演化比较复杂,这里主要从煤层结构的关系方面来加以探讨。

沼泽一般的演化是由低位沼泽转为高位沼泽的,因此在下部形成的泥炭是富营养质的,随着植物生长和堆积,转化为由大气降水供给而成为高位泥炭沼泽,相应种属也发生变化。从理论上讲,煤层下部矿物质多,向上逐渐转化成含矿物质少的层。

通常低位沼泽形成的厚度大,是泥炭资源中的主要部分,可厚达 10m,一般在 1m 左右。高位沼泽的特点是藓泥炭量增多,并夹有常绿的小灌木,形成贫营养性泥炭,因此灰分低。

一般正常泥炭沼的发育,有三种类型泥炭的结构存在。在剖面上如图 3.1 所示。

蓄水盆地沼泽化的发育系列是湖泊(或河流)→苔草沼泽(富营养质)→苔草泥炭藓沼泽(中营养质)→泥炭藓沼泽(贫营养质)。

陆地沼泽化的发育系列是松树林沼泽→落叶松灌木丛及苔草沼泽→落叶松、藓类沼泽→泥炭藓沼泽。

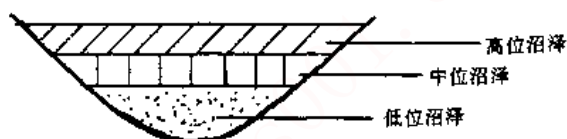


图 3.1 沼泽演化示意

但是沼泽的发育并不完全遵照上述程序进行,因此三层结构发育可能不完全。例如地下水连续不断地供应,或新构造运动持续地使地面下降,这样低位沼泽就可长期发育,缺少藓类植物的生长,因此不会发育到高位沼泽。

沼泽消亡及泥炭堆积终止可以受新构造运动的影响,如地面上升引起地形和水文条件的变化,也可以受河流改道、泉源干涸、气候变化、河流湖泊淤积等因素的影响,这样就使泥炭层之上为其他沉积物所覆盖。沼泽消亡的过程有渐变和突变两种,基本上和煤层与顶板接触关系相一致。



图 3.2 沼泽消亡与再生示意

沼泽消亡后还可能再生,因此泥炭层可以有多层,如同复杂结构煤层一样。同样,在沼泽演化过程中,一部分地段沼泽继续发育而边缘地段已经淤塞,使形成的泥炭层发生分岔。图 3.2 表示在沼泽中部泥炭持续生长,但在边缘,沼泽消亡后又可再生,因此在两层泥炭

层之间可以有其他沉积物。

煤层的这种分岔结构现象是很普遍的,以往习惯于用海进或海退来解释这种自然现象,实际上有不少是出于沼泽发育和消亡互相交替的结果,是水文和地形面变化引起的,它受气候和新构造运动的影响。

第三节 煤岩组分和煤层沉积相

煤层沉积相(简称煤相)是通过煤岩组分及其相互关系等方面来确定的。不同煤岩组分的形成除原始植物类别外,主要和水介质的氧化、还原条件有关。植物分解并堆积成为泥炭,以后转变为煤,必要的条件是有水分的供应。在缺少水分的条件下,植物物质氧化、分解成为腐殖质土壤,以后转变为黑色页岩。植物物质只有在水的覆盖下,在缺少氧气的条件下,才能转

变为各种煤岩组分。

细菌的活动也大大地影响着植物的分解。分解完全的植物所含的细菌数量高。研究表明,随着深度的增加,细菌的数量减少,因此它对植物分解的影响也降低。所以植物的分解作用大多是在地表近 1m 深的范围内进行的,向深部分解作用减少直至停止。

植物的分解度还与原始植物种属有关,水藓比较难分解,含水藓高的泥炭分解度低。含 C/N 比高的植物分解难。泥炭分解度还和泥炭层的通气性有关,矿物质含量高的泥炭分解度高,因此水面升降是影响泥炭分解强弱的主要因素。泥炭要聚积,则植物的堆积量必须超过分解量。热带植物生长速度最快,寒带最慢,分解度也是热带最高,寒带最低。从地质历史上看,生长速度并不是主要因素,而植物堆积后的保存条件很重要,分解度低的寒带对泥炭聚积最为有利。

植物转化成各种煤岩组分,主要是在近地表处进行,它和覆水、微地形差别等有关。

植物的各种组织,在不同覆水深度下可以发生凝胶化作用或丝炭化作用。凝胶化作用是在覆水较深、氧气供给不充分的条件下,经过还原作用使植物的各种组织分解成凝胶物质的过程,其中植物的细胞组织遇水逐渐膨胀,使胞腔缩小,根据分解完全的程度,形成木煤、木质镜煤和镜煤。如在水分供应不充分、植物组织暴露于空气中,则会缓慢地氧化并保存下来,这种作用称丝炭化作用。

自然界情况相当复杂,在原来形成泥炭的场所,如水面下降,可使原来已形成的组分再一次分解。如原来已进行过还原作用而形成的凝胶化组分,再度分解形成丝炭化基质,而原来经过丝炭化作用的植物残体,由于水面上升还可能在边缘或全部,再度进行凝胶化作用。

因此,煤层中各种显微组分的交替,反映了水位的升降变化,它可以是气候变化(干湿变化)、植物生长和堆积速度变化、大气降水差别、地表水流量变化以及海面升降等因素造成的。泥炭层的发育演化还影响到植物的生长量,一般泥炭层下部植物生长快,泥炭堆积速度也快,到泥炭层上部,由于植物生长缺少营养质,在泥炭层上不可能生长高大的树木,因而植物的堆积量减少,但如果其中有火山灰或粘土质的降下或混入,使泥炭沼的营养质增加,植物的生长量会再度增高,因此在原地生成的厚的泥炭层中,大部分中间有夹石层。

当覆水深度增大,富含蛋白质和脂肪的低等植物及浮游生物堆积、分解,在沼泽底部会形成腐泥,通常这种腐泥质层位于煤层的下部,呈透镜状夹层,灰分比较低。如果这种腐泥质层位于煤层顶部,则分布范围比较广,但灰分要高,或成为油页岩,所以油页岩一般位于煤层的上部或顶部。

Taylor 和 Warne(1960)研究澳大利亚若干煤层的煤岩组分时,认为同一煤层的煤岩组分在相当大的范围内是比较稳定的,但也可以有某些变化,向盆地中心,镜煤和亮煤所占的比例会增加,这是因为盆地中央水体相对较深的缘故。

对煤相的划分,不同作者提出过许多方法。例如 M. Teichmüller 根据下莱茵褐煤田煤的研究,把孢粉分析和煤岩学研究结合起来,划分出芦苇沼泽、森林沼泽、苔藓沼泽和开阔水域水生腐泥沼泽等。这种划分大多适用于煤化作用低的煤层。50 年代,苏联的 Л. И. 涅菲捷耶娃根据煤岩宏观类型,如光亮煤、半亮煤、半暗煤、暗淡煤的不同组合,结合煤层在含煤岩系中的位置,分出大陆煤相组(包括植物滋蔓湖泊相、积水沼泽相、“干燥”沼泽相、流水河漫沼泽相)和滨海煤相组(泻湖相、滨海深积水沼泽相)。近来对煤层中的各种煤的成因进行了详细研究,对煤相的划分更为细微,但是其最基本的仍是研究各种煤岩组分和覆水深度的

关系,研究煤岩组分、结构和矿物质、孢粉等组合,并把煤层在含煤地层中发育的层位结合起来进行探讨。

第四节 煤层沉积相旋回

煤层沉积期间,盆地的升降、沼泽覆水的深浅、植物堆积速度的变化等都会影响煤层中各种煤岩类型和矿物杂质等的变化。研究煤层结构、煤岩组成可以帮助我们讨论煤层的沉积环境,并用来恢复沼泽发展演化历史。

Hacquabord(1967)通过对加拿大煤田的研究,确定近海型煤田和湖相内陆煤田中的煤,其煤岩组分有差别,这种差别的原因是由于沉积环境差别所造成的。近海型煤田中的煤层,煤岩组分复杂,这是因为海面升降引起沼泽水面的变化,从而使煤岩组分多样化,但陆相盆地的煤层煤岩组合比较单一。

Shiboaka(1975)研究澳大利亚二叠纪 Gilawarra 煤系的 Bulli 煤层,其底部镜质组含量较高,顶部则较低,如果详细研究煤层的结构,则发现其中有几个旋回存在,由下而上为底部泥质岩,向上为富含镜质组层,再上为镜质组含量少的层,最后又是泥质岩夹层(图 3.3)。

Simth(1968)对英国石炭纪煤层进行了研究,证实存在微植物群的层序,并把煤层岩相和孢粉相序结合起来(表 3.2),他用地下水位变化和植物生长的关系进行解释。他观察到镜质组含量高的煤向上变为富含惰性组的煤,认为是沼泽表面升高,泥炭增厚,使生长乔木变为生长灌木和草。以后水面再上升(或盆地沉降速度略为加大)又重新生长乔木,并再次聚积镜质组含量高的煤。如果水面上升过大,或盆地下降过快,则转变为泥质夹层。这种煤岩相组的出现是非随机性的。煤层剖面中镜质组出现有旋回性,但总的趋势是向煤层顶部镜质组含量减少。单个旋回的厚度在 0.1~2m 之间。如果沼泽沉积环境不稳定,则沉积旋回的交替就很频繁,或成为不完整的旋回。

表 3.2 英国石炭纪煤层微植物群的层序

孢子相组	煤岩相组
5. 石松孢子	镜煤+亮煤
4. 过渡	暗亮煤+亮暗煤
3. 环带孢子	暗煤
2. 过渡	暗亮煤+亮暗煤
1. 石松孢子	镜煤+亮煤

(据 Smith, 1968)

煤层相旋回,一般由富含镜质组向贫镜质组煤交替,但如果沉积环境不稳定,旋回不完

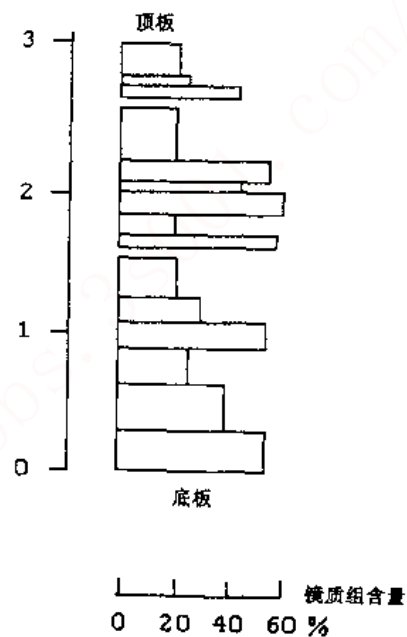


图 3.3 显微组分含量旋回示意
(据 Shiboaka, 1975)

Shibaoka(1972)研究澳大利亚煤时发现,煤层中泥质夹层增加,则镜煤+亮煤含量增加,反之则镜煤+亮煤含量就减少。这表明沉降速度快和变化交替时,光亮煤类型的含量高。如果含量减少,则表明是在沉降相对缓慢而单一的环境中。同时认为,由富含镜质组的煤转变到贫镜质组的煤,是因为地表水逐渐退缩的结果。如重新回到富含镜质组的煤时,则是水面上升,或盆地沉降速度加大的结果。

整，则煤层中富含惰性组的层就会减少，煤层中镜质组的含量必然会高；如果盆地稳定，沉降速度缓慢，而且在一个长的时期内速度又不变，则每个旋回贫镜质组的煤发育较好，就会形成一层相对贫镜质组的煤层。

Mackowsky(1968)对比了鲁尔和南非的煤，发现在地层厚度上，厚度大的煤系，反映沉降速度大，其中煤层的镜质组含量高，并认为镜质组是沉降速度大、地下水位较高的时期形成的，而惰性组则是沉降速度慢、暴露于大气条件下形成的。

总之，煤层内存在有煤层沉积相旋回现象，对这种相旋回不能完全用类似含煤建造中相旋回分析方法那样，用地壳升降的振荡运动来解释，大多数情况下是气候变化、水分供应等周期性变化所造成的。

第四章 煤层的形成

煤层的形成需要有持续的植物生长堆积,并转化为泥炭,因此需要有一定的地形条件,其中尤其重要的是要有充分的水分供应。气候条件虽不很重要,但它控制着植物生长和分解的速度,气候炎热则植物生长快,但分解也快,不利于成煤;相反,气候寒冷,植物生长虽慢,但分解亦慢,有利于植物的保存,有利于成煤。干旱气候带不可能有煤层的聚积,但在一些局部湿润的地带,也可能发现有透镜状的薄煤层或煤线。

为了研究煤层的形态和分布,必须先了解泥炭聚积和泥炭层形成的机理,以及其后的转变。

第一节 泥炭层形成机理

泥炭层堆积的最重要因素是水的供应,水供应充分才能使植物大量生长。据测算,生长1g的植物质料需要11kg水。如果以这一标准推算,形成几百米厚的褐煤,所需的水量就相当可观了。另外,植物死亡后要保存在水面以下,才可延缓植物质料的分解。根据水面的深浅,形成的泥炭质料有差别,这是因为水面深浅控制了植物的分带,较深的部位只能是由低等植物所组成的腐泥。水的运动和补给形式会影响到泥炭田的微地形差别,从而改变泥炭层的结构。例如水面升降、降水及径流补给方式,都能不断地直接或间接地影响泥炭层的厚度、结构和分布。

一、泥炭层堆积方式

根据泥炭层堆积和底板的关系,可分为原地、异地和微异地三种方式。

1. 原地堆积

原地堆积就是植物死亡后直接堆积在植物原来生长的地方。其中最明显的标志是煤层底板有大量根化石、树桩层。这些根化石可以成直立的形式发育在底板岩层中,根系有的可长达几十厘米到一米。底板岩石大多是粘土岩,具有团块状结构和菱铁质结核。原地堆积的泥炭层,质量较好,灰分产率低。在泥炭层内也能找到树桩,或有根土岩夹层。根据近代观察,这种原地堆积的泥炭层通常厚度不大,因为在泥炭层之上再长植物,其生长速度要降低。

2. 异地堆积

这是指植物死亡后,经过一段距离的运移,在新的场所堆积。因此组成泥炭的植物较破碎,或煤中木煤、丝炭组分较少,灰分产率增高,孢子、角质层等稳定组分大量破碎,有时可找到经过飘流的木块(树杆),基底无根土岩,煤层中央有各种碎屑沉积物。

3. 微异地堆积

这是介于上述两者之间的堆积,即既具有根土岩,同时泥炭层中可以发现各种树木飘流的痕迹,或破碎的显微组分。

根据现在对煤层的观察,在煤层底板有直立的根系,但和煤层之间有一截然明显的分界面,看不到植物直接生长的痕迹。相反的是在含煤地层的其他岩层内,可以见到直立的煤化

树。考察其原因,有三种解释:一是煤和底板的交界面在以后地质历史过程中,发生过相对挤压变动;二是煤层是由微异地堆积所形成的;三是泥炭层在成岩作用之前发生过泥炭的滑塌作用(即泥炭流)。第三种现象在现代泥炭田中已有不少报道。

同时也还观察到在同一煤田内,同一煤层底板在一些部位有明显的根土岩,而另一些部位缺少根土岩。对这种现象曾解释为同一泥炭田内,由于地下水的运动,把植物根分解掉了,这种底板通常是孔隙多的砂岩层。

二、水的供给

水的供给充分与否,影响到泥炭田水位的高低。植物只能生存在水面以下一定的深度内。通常情况下,泥炭层沉积表面和水面是相接近的,如果泥炭层表面在水面以下一定深度,则形成腐泥质层;如达到相当大的距离,则泥炭层的沉积就终止,而代之以各种碎屑沉积物。现在了解到木本植物大致只能生存在水面以下 0.5~1m 的范围,草本植物也不能超过 2~3m。要使泥炭层均衡地增长,只能是水面和泥炭沉积面保持一定的关系。

煤层本身是由各种宏观煤岩类型的分层所组成,各种类型煤的形成与水面有一定的关系,因此煤层本身就反映了泥炭沉积面和水面存在着一种不均衡的状态。这种不均衡状态的形成可以是:

- ①水分供给量的增加超过了植物质料堆积的速度;
- ②植物生长及堆积的速度超过了水分供给速度;
- ③泥炭田内部出于滑塌等因素,使泥炭层增厚、减薄,影响到水面和泥炭沉积面间的深度;

④地质构造条件的变化,如地表升降、同沉积断裂活动的强弱等。

三、营养料的供应

土壤可供给植物丰富的养料,但一旦堆积了泥炭,在泥炭上不能生长高大的树木,因为营养料供应缺乏,养料只能由大气降水供给。因此泥炭层往往下部堆积速度快,以后就变慢;泥炭下部灰分高,上部灰分低。除非发生异地堆积或泥炭堆积中止,覆盖有土壤层,形成煤层夹石层,再在其上生长植物,因此厚煤层大多数为复杂结构。

以上因素在泥炭形成和发展过程中都在变化。每个因素的变化相互制约和转移,导致煤层厚度和结构变化的多样性和复杂性。

第二节 泥炭堆积的速度和厚度

现代泥炭很少超过 10m,通常都在 1~2m 之间。据报道,最厚的泥炭在百慕大岛,厚度达 29.3m。希腊、马其顿地区有厚达近 200m 泥炭。

泥炭堆积的速度,可以利用以下几种方法来测算:一是根据已知掩埋在泥炭中的考古物进行测算;二是利用已知年代的火山喷发物测算;三是利用植物主长速度和分解速度来推算;四是用¹⁴C 测定泥炭层的顶底部的年代进行计算;五是根据冰期沉积物推算;六是根据花粉分析方法推算等。

表 4.1 列出日本各地泥炭地用¹⁴C 测得的泥炭堆积速度。

通常习惯用的泥炭平均堆积速度为 1mm/a,但是最高的泥炭平均堆积速度可达 3.4mm/a。泥炭堆积速度的变化,受植物生长和分解速度的差异控制,即它与气候、水分供应等的关

系很密切。前苏联第四纪各时代泥炭堆积的速度见表 4.2。

表 4.1 日本各地泥炭地泥炭堆积速度

地点	深度/cm	^{14}C 距今年代	堆积速度/(mm/a)
尾濑原	420	5678 ± 700	0.7~0.8
检川泥炭地	350	3072 ± 180	1.1
赤井谷地	300	6500 ± 110	0.5
会津泽谷浮岛	115	1120 ± 90	1.0
雾峰八岛原	420	3030 ± 110	1.4
雾峰八岛原	720	9680 ± 130	0.7

(据阪口丰, 1974)

表 4.2 前苏联第四纪各时代泥炭堆积的速度

时 代	同位素 年 代	泥炭堆积速度/(mm/a)			统计数
		最小	最大	平均	
全新世前期	7700~9800	0.09	1.91	0.63	21
全新世中期	2500~7700	0.12	0.67	0.32	48
全新世后期	0~2500	0.2	2.00	0.99	60

(据诺伊施塔特)

由表 4.2 可见, 全新世中期泥炭堆积速度最小, 而全新世后期堆积速度最高, 这是因为当时为亚寒温潮湿期, 而前者则是寒温干燥期。

泥炭堆积速度还和沼泽的类型有关。Durno(1961)计算了苏格兰东 Grampian 两个低位沼泽和两个高位沼泽的泥炭层, 发现低位沼泽比高位沼泽的泥炭堆积速度高 2~2.5 倍。

Reader 等(1972)在加拿大曼尼托巴州 140hm² 泥炭田内对森林沼泽、水藓沼泽、边缘低地等泥炭进行观察研究, 用 ^{14}C 测定年代得出不同沼泽地泥炭堆积速度不同, 见表 4.3。

表 4.3 加拿大曼尼托巴州泥炭田不同沼泽地泥炭堆积速度

沼泽地	泥炭层深度/cm	^{14}C 测定距今年份	年堆积厚度/(mm/a)	年堆积重量/(g/m ² ·a)
森林沼泽	185~190	4524 ± 126	0.414	36.3
水藓沼泽	200~205	7939 ± 103	0.255	26.8
边缘低地	80~85	2360 ± 73	0.279	51.7

(据 Reader 等, 1972)

由表 4.3 可见, 森林沼泽泥炭堆积的速度最大。Reader 还统计了植物生长量和泥炭堆积量之间的比值, 结果不到 10%, 说明由植物到泥炭, 由于有机质的分解, 约有 90% 以上的有机质被分解掉。R. Holling 等在 Witt 沼泽地对水藓泥炭层进行了统计, 由植物转变成泥炭, 有机物要损失 51%~81%, 表明水藓泥炭难分解。

近代泥炭沼泽的观察还表明, 表层泥炭的堆积速度超过全层泥炭平均堆积速度, 这可能是由于下部泥炭层已被压实的缘故。

麦特逊(1954)根据花粉分析结果, 对腊姆纳泥炭按深度分层分别计算了泥炭的堆积速度, 结果列于表 4.4。

表 4.4 腊姆纳泥炭堆积速度

泥炭层深度 cm	堆积期间 (公元年)	堆积速度 (mm/a)
0~70	1912~1000	0.74
70~130	1000~0	0.6
130~170	公元前 0~1000	0.4
170~216	公元前 1000~2000	0.46
216~260	公元前 2000~3000	0.44
260~300	公元前 3000~4000	0.40
300~350	公元前 4000 年以前	?

(据麦特逊, 1954)

由表(4.4)可见, 在 2000 年左右以前, 泥炭堆积速度几乎相近, 只是近 2000 年以来速度有所增加。

A. Л. Виноградов 等(1969)用放射性碳测定西西伯利亚泥炭的时代, 对厚 2.54~4.0m 的四个剖面进行研究, 得出要堆积这么厚度的泥炭要用 (3380~5760) ± (120~170) 年的时间, 根据这一时间计算泥炭堆积速度为 0.6~1.1mm/a。

J. A. R. Anderson 在 Marudi 采集泥炭样品, 分别用 ^{14}C 测定 5、10、12m 处样品的年代, 计算得出堆积速度见表 4.5。

表 4.5 Marudi 泥炭地堆积速度

深度	^{14}C 年代测定	堆积速度 (mm/a)
5	225560	2.217
10	385055	2.597
12	427070	2.810

C. H. Тюремнов(1976)根据现代泥炭田表层植物生长和沉积计算, 每年泥炭堆积可达 20~25mm, 显然该数字远远超过其他作者的计算值, 因为他完全没有考虑泥炭的压实。他还根据孢粉分析计算泥炭平均增长速度为 0.5~2.5mm/a。结果不同是因为泥炭湿度差别、分解程度和压实不同的缘故。

Stach(1975)提到泥炭年增长速度在温带估计为 0.5~1mm, 高位泥炭可达 1~2mm。美国佛罗里达州亚热带芦苇沼泽泥炭增长 1~3mm。Fisk(1960)估计密西西比三角洲泥炭增长速度为 1mm/a。加里曼丹热带森林沼泽泥炭的泥炭增长速度可达 3~4mm/a。由此可见, 森林沼泽的泥炭生长速度最快。

根据泥炭堆积速度反过来就可估计形成 1m 厚泥炭(或煤)所需的时间, 也可用褐煤煤田中树桩层的年轮来估计泥炭聚积的时间。Lang(1926)估计形成 1m 软褐煤层需要 2400~3000 年。在用软褐煤层中的纹理变化估计德国 Geiseltal 始新世褐煤层形成所需的时间时, 假设每一纹理需要 1 年, 形成 1m 厚的软褐煤需要 1000~2000 年, 如此推算, 形成 1m 烟煤则可能要 6000~9000 年以上。

第三节 泥炭到煤厚度的缩减

泥炭地当植物残体堆积后, 由于重力的压实作用, 使植物残体失去水分变为泥炭。以后由于上覆沉积物的不断堆积, 又对下伏的泥炭层进一步压实。在经过这种静压力和在一定时间的地热作用下, 泥炭转变成褐煤。现在褐煤层的厚度不等于原始泥炭层的厚度, 它是经过大大压实后的厚度。若把褐煤厚度和泥炭厚度之比值称为压实率(缩减率) K , 则

$$K = 1 - \frac{\text{泥炭厚} - \text{褐煤厚}}{\text{泥炭厚}}$$

有关文献还采用压实比 k 。这一指标, 即

$$k = \frac{\text{泥炭厚}}{\text{褐煤厚}}$$

在特厚煤层发育地区及煤层厚度变化大的地区, 必须计算煤层的压实率, 否则利用现在的煤厚来解释沉积环境和恢复古构造时会发生很大的误差, 目前一般文献中提出的煤层压实比为 2~30 以上。计算煤层的压实比有很多种方法, 其中可归纳为以下三类。

一、一般地质学方法

这是计算煤厚度压实的常用方法, 它主要根据煤层沉积时相同的层位, 对比煤和其他组成物质在厚度上的差别, 来计算其压实比。具体方法有如:

1. 根据树桩

煤层中有时能发现直立的树桩, 在树桩之上如有一个小的间断, 沉积了薄的粘土夹层, 那么这一层粘土夹层可在树桩两侧向下弯曲, 假设树桩高度没有压实或压实很少, 那么就可用来计算压实比或压实率。设某一树桩高度为



图 4.1 利用树桩测定压实比示意

2.7m, 粘土夹层向下弯曲后的高度为 1.5m, 则压实比 $k = \frac{2.7}{1.5} = 1.8$, 压实率 $K = 1 - \frac{2.7 - 1.5}{2.7} = 0.56$ 。根据欧洲软褐煤计算厚度的压实比为 1.2~1.8, 如考虑树桩本身也压实, 则压实比可能为 2~2.5。即 1m 褐煤相当于 2~2.5m 泥炭。

2. 根据煤层中的结核

结核是煤层中常见的成分。计算方法是在同一煤层选取结核附近相同层位的两个观察点,

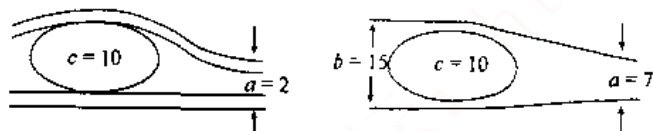


图 4.2 用结核法测定压实比示意

一个观察点全由煤组成, 另一观察点含有结核。现假设原始沉积时上下层位的夹层是平行的, 后来经过压实, 一个观察点的煤层压薄了, 另一个包括结核的观察点, 只是煤层压薄, 而假设结核没有受到压

实。计算方法有两种情况 (图 4.2): 一是结核上下不包括煤层时, 压实比为 $k = \frac{c}{a} = \frac{10}{2} = 5$ 。

二是结核上下还有煤夹层时, 压实比为 $k = \frac{c}{a - (b - c)} = \frac{10}{7 - (15 - 10)} = 5$ 。

这种方法应用较多, 例如 Прокопченко 在东顿巴斯用结核并同时结合树脂体来计算压实比, 发现不同变质程度煤压实比不同, 同时还与煤的灰分产率和煤岩类型有关。他提出, 随变质程度增加, 压实比增大数为: 3.5~4、4~4.5、5.5~7。灰分减少, 压实比增加, 如无烟煤, 灰分为 17%~20% 时, 压实比为 5.5; 灰分 10%~12% 时, 压实比则增大到 6~7。同时随丝炭组分的减少, 压实比增加。

Зарицкий 根据顿巴斯煤层 24 个结核观察点的统计, 发现结核成分不同, 在压实比计算时有差别 (表 4.6)。硅质结核计算时的压实比最小, 这

表 4.6 用不同成分结核测量的压实比

结核类型	测量数	压实比
碳酸盐	7	5.0 (4.4~5.3)
碳酸盐-硫酸盐	3	4.8 (4.6~5.1)
黄铁矿	8	4.3 (3.9~4.5)
硅质	6	3.4 (3.4~3.8)

(据 Зарицкий)

是因为硅质结核形成较晚，当时泥炭层已经压实了一部分。

Зарицкий (1974) 在顿巴斯十月革命 50 年矿井中对 L₆ 无烟煤层的观察发现，在煤层厚 1.2m、长 1km 的平巷中有许多圆的和椭圆形的碳酸盐结核，个体长度为 60~70cm。这些结核大部分产于煤层的下分层，少部分在上分层。经过对 25 个点的统计测量，由泥炭到无烟煤间的压实比如表 4.7。

表 4.7 顿巴斯十月革命 50 年矿井 L₆ 无烟煤层压实比

压实比 k 变动范围	3.9~4.6	5.0~5.9	6.0~6.6	7.0~7.3
压实比 k 平均值	4.3	5.4	6.3	7.1
测量值	2	10	9	4

(据 Зарицкий, 1974)

统计表明，大部分压实比为 5.4~6.3。由于大部分测点是在煤层下分层，因此统计值偏低。如在煤层顶板附近的结核，其压实比可达 7.0~7.3。根据 Зарицкий 对煤核的观察，发现离顶板不同距离的煤核细胞结构中，下部层位的细胞结构保存差，植物化石体积变化增大。

Зарицкий 的另一份报告提到煤层由顶板到底板的压实比变化为 4.8~4.4~3.5。表明底部煤层结核实际上受到压实，并且压实程度要大大超过顶部煤层的结核。

3. 根据煤中的矿物包裹体

用肉眼或显微镜来测定煤中的矿物颗粒，并用类似结核的方法测定上下两个相平行的夹层间的距离，来计算有矿物颗粒和无矿物颗粒的两个观察点的厚度之比（即压实比）；也可用煤中的树脂体、孢子等来确定压实比。如几个点测得的值有差别时，则取其平均值。

如图 4.3，设矿物包裹体的厚度为 112.5 μ m，在其两侧测得的相应厚度为 15 μ m 和 30 μ m，取其平均值 $\frac{30+15}{2}=22.5\mu\text{m}$ ，则压实比 $k=\frac{112.5}{22.5}=5$ 。

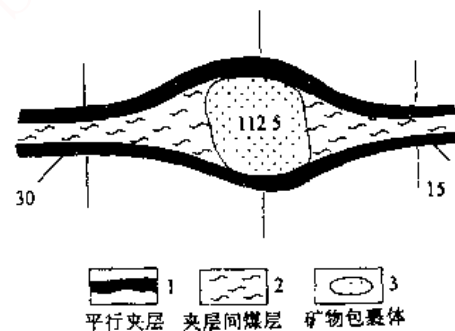


图 4.3 用包裹体测定压实比示意图

(据 Волкович)

1. 平行夹层；2. 夹层间煤层；
3. 矿物包裹体

4. 根据压扁的树杆

煤层中经常可找到一些压扁了的树杆化石，其横断面常成椭圆形。如

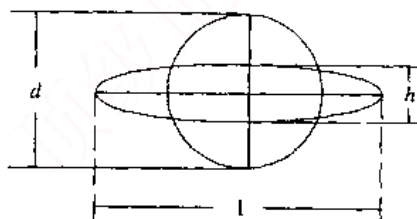


图 4.4 用树杆测定压实比示意图

(据 Кайо 和 Барановский)

图 4.4，假设原始树杆的断面是圆形的，经过上覆沉积物的

压实，如体积不变，则其压实比 k 为： $k=\frac{d}{h}=\sqrt{\frac{l}{h}}$ ，如长短轴之比为 $\sqrt{4}:1$ ，则 $k=2$ 。

C. 克伊认为，用这种方法测得的长短轴之比为 2~5.5，经过计算， k 应为 1.4~2.3 之间。显然用这种方法所测得的数据大大小于其他方法的结果，这可能是泥炭

的压实性比树杆大的缘故。

C. 克伊采用 ^{14}C 同位素确定泥炭层的原始厚度，并与现在层厚相比，计算的压实比与用压扁树杆计算的压实比进行对比后发现，泥炭层厚度的减少，比压扁树杆计算结果大两倍，即

用压扁树杆方法计算的结果要乘以 2 才是泥炭层的压实比。

5. 根据煤层和透镜状夹石层的关系

这是用类似煤层中结核的方法来计算煤层的压实比,但同时还要根据夹石层的岩性补充计算各种岩性成分岩石本身的压实比(图 4.5)。计算压实比 k 的

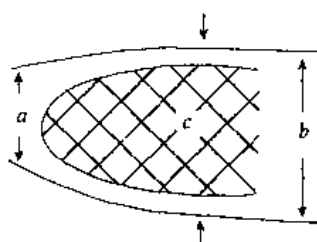


图 4.5 根据透镜状夹石层测定压实比示意

方程式为 $k = \frac{c \cdot q}{a - (b - c)}$, 其中 q 为岩石的压实比。

Ю. Н. Приходько 根据伯绍拉煤田 Пятинск 矿区长烟煤中的透镜体,用这种方法计算所得煤层的压实比平均值为 5.9。

6. 根据煤层厚度局部变化和围岩的关系

Wanless 对西伊利诺斯烟煤层进行了研究。煤层下伏地层为砂岩,中央部分的煤层厚 1.8m,到凹地边缘厚度逐渐减小直到尖灭。煤层上覆地层为粘土岩和石灰岩,中部厚度大,到边缘尖灭。

石炭岩之上为泥岩和砂岩,其厚度在凹地各处都一致(图 4.6)。

这种凹地成因上解释为:

- ①下伏物砂岩为三角洲沉积;
- ②凹地切割深度 4.5~6m,形成狭长形谷地;
- ③谷地内聚积泥炭,并在中心厚达 5~6m;
- ④水位升高,泥炭沼被淹没,沉积页岩和石灰岩;
- ⑤以后的上覆沉积物(泥岩、砂岩)形成。

估计凹地切割深度和古泥炭沼在凹地中央的最大厚度

相等。根据凹地中央煤厚 1.8m,可估算出其压实比为 3。

7. 根据 ^{14}C 方法计算

这种方法只能计算第四纪泥炭层的压实率。通过 ^{14}C 方法测定泥炭层的绝对年龄,并根据泥炭层表面和底面采的样品,分别作出深度和时间的坐标图。例如美国康涅狄格州 Clinton 附近冰川期后的埋藏泥炭长 1200m,顶面样品的测试结果列于表 4.8。

图 4.7 列出了泥炭层剖面及采样点位置。图 4.8 是用 ^{14}C 测得的距今年代和沼泽底面深度的关系图。根据图 4.8,通过表层样品作垂线,与底面时代—深度曲线相交,其间的深度就是泥炭层的原始厚度,如把它和现今泥炭厚度作比较,即可算出压实比。根据测定和计算泥炭的平均压实比为 4.2:1。

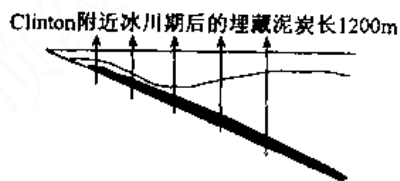


图 4.7 泥炭层剖面及采样点位置
(资料来源不详)



图 4.6 西伊利诺斯煤层厚度局部变化和围岩的关系示意图
(据 Wanless)

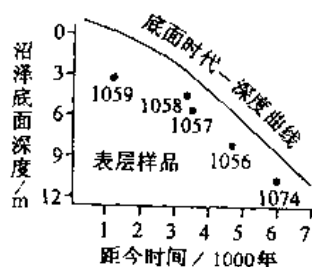


图 4.8 用 ^{14}C 测得的距今年代和沼泽底面深度的关系图 (资料来源不详)

8. 其他方法

这是一些偶然的例子,应用于沉积岩中。

(1) К. П. Войновский Кривер 等在伯绍拉煤田下二叠统的粉砂岩标本中发现植物化石 *Pecopteris anthriscifolia* (Goepp) Eal 和 *Cardioneura vorcutnesis* Zal., 小羽片一端沿层面分布(沿长度方向没有遭受压实), 但另一端其方向与层面成 45° 的交角(其长度已由于压实而减少)。羽片长度假设是对称的、一致的, 羽片长度的减少可认为是压实的结果, 根据计算得到的压实比为 $1.45 \sim 1.54$ (图 4.9)。

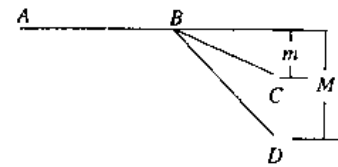


图 4.9 羽片压实示意

m 为现在岩层厚度; M 为原始岩层厚度; AB 为被压实的羽片长度; BC 为压实了的羽片长度; $BD = AB$ 压实前的羽片长度

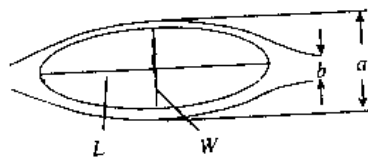


图 4.10 腕足类壳变形示意图
 a 为含贝壳的岩层厚; b 为不含贝壳的岩层厚; L 和 W 为贝壳在水平和垂直方向的长度

(2) Л. Ферпоссона 根据腕足类壳变形来确定粘土岩厚度的压实。

他利用腕足类 *Crurithyris urei* (Fleming) 壳的外形, 用类似于结核方法来确定沉积物的压实比, 如图 4.10。

设原始未压实前 $\frac{L}{W} = 1$, 即呈圆形, 经过压实后, $\frac{L}{W} = 3$, 而 $\frac{a}{b} = 2$, 则岩层的压实比 $k = 3 \times 2 = 6$, 但是这一值必须用类似压扁的树杆的方法进行校正, 因为长度比值不是压实比, 而要开平方, 即 $\sqrt{\frac{L}{W}} = \sqrt{3} = 1.7$ 。因此总的岩层压实率为 $k = 1.7 \times 2 = 3.4$ 。

二、地层分析方法

根据两条剖面, 一个是厚煤层, 另一个是含薄煤层的砂泥岩层, 经过对比, 找出与厚煤层相对应的层位, 在考虑两剖面均有压实的情况下, 认为煤层原来厚度与相应层位的砂泥岩层厚度相当, 经过复杂计算恢复砂泥岩层的厚度, 再计算压实率。如莱茵煤田 Straeten 1 孔和 49/71 孔的对比(图 4.11)。

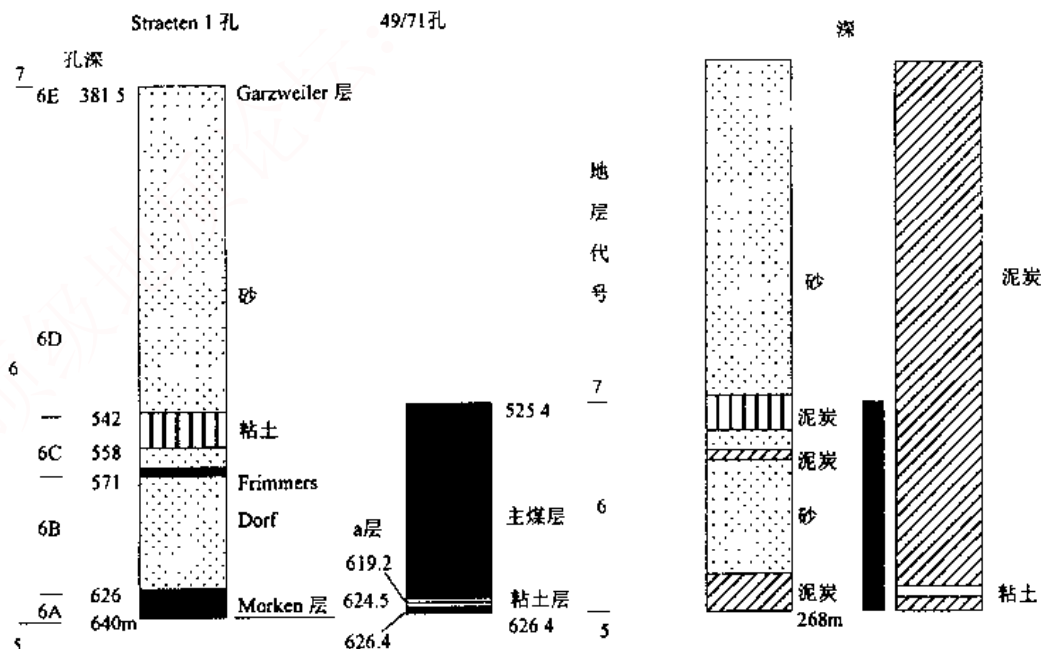


图 4.11 莱茵煤田 Straeten 1 孔和 49/71 孔煤岩层对比图 (据 Hager 等, 1981)

三、计算方法

厚度缩减由两个因素决定，一是泥炭机械地收缩，如在加压后先失去水分，减少孔隙度；二是由于固体物质可燃部分的损失和在泥炭化、煤化过程中结构的变化。

煤层体积的缩减由下列方程式确定：

$$K = \frac{V_1}{V_2}$$

式中， K 为缩减率； V_1 、 V_2 为开始和最终的体积。

体积 V 与重量 P 有关， $P = V \times \gamma$ (γ 为比重)，因此，

$$K = \frac{V_1}{V_2} = \frac{P_1 \times \gamma_1}{P_2 \times \gamma_2}$$

式中， γ_1 、 γ_2 为开始和最终的比重。

综合不同作者的资料，泥炭到煤的压实比见表 4.8。

表 4.8 不同学者测定的压实比

作者 (年份)	泥炭到煤的压实比	采用方法
Ashley G. H. (1907)	3.5 : 1	密度法
	4.1 : 1 ~ 7.0 : 1	地层法
Thiessen R. (1920)	5.0 : 1 ~ 40 : 1	煤岩法
Lewis J. V. (1934)	10.0 : 1	密度法
Stuttzer O. (1940)	2.2 : 1	结核法
Mott R. A. (1943)	12.5 : 1	密度法
Kasanke R. M. 等 (1958)	3.0 : 1	结核法
Weller J. M. (1959)	20.0 : 1	密度法
Bloom A. L. (1964)	5.0 : 1 ~ 10.0 : 1	地层法
Волков В. Н. (1964)	2.5 : 1 (褐煤) 5.0 : 1 (烟煤) 7.0 : 1 (无烟煤)	
Falini F. (1965)	10.0 : 1 (褐煤) 20.0 : 1 (烟煤)	
Stach 等 (1975)	7.0 : 1 ~ 20.0 : 1 (烟煤)	结核法
Зарицкий И. (1975)	5.0 : 1	结核法
Stanton R.	3.5 : 1 ~ 4.0 : 1 (烟煤)	结核法
Ryer 等	10.6 : 1	地层法
Thomas A. 等 (1980)	11.0 : 1	地层法
Glockner F. (1912)	2.0 : 1 ~ 2.5 : 1 (褐煤)	树桩法
Schulz P.	2.0 : 1 (褐煤)	树桩法
Straten L. Van (1954)	7.0 : 1 (致密泥炭)	^{14}C
Kaye C. A. 等 (1964)	4.0 : 1 (致密泥炭)	^{14}C
Kosanke R. M. (1958)	3.0 : 1 (烟煤)	结核法

表 4.9 样品测试结果

样品号	距今时间/年	泥炭现今厚度/m	泥炭表面埋深/m	下沉量/m	厚度压实值/m	泥炭原始厚度/m	厚度压实比	厚度压实量
1074	6130	0.69	10.71	8.31	2.40	3.09	4.5:1	22% (78)
1056	4780	0.36	8.16	7.85	2.31	2.67	7.4:1	13% (87)
1057	3540	0.78	5.58	3.66	1.92	2.70	3.5:1	29% (71)
1058	3450	0.96	4.68	3.45	1.23	2.19	2.3:1	44% (56)
1059	1280	0.84	3.21	1.17	2.04	2.88	3.4:1	29% (71)

由 4.9 可见,用不同方法计算的泥炭到褐煤的压实比差别很大,最小为 2:1,最大为 40:1,原因之一是对比的标准不一。原始泥炭本身含水量差别很大,用什么样的原始泥炭来计算压实比,就是一个很大的问题,尤其是用泥炭密度和煤的密度之比计算时,一方面灰分有差别,另一方面泥炭本身差别亦很大,是用经过上覆地层压实失去大部分水分的泥炭,还是用裸露的泥炭(其中保存大量水分),计算的结果肯定有大的差别。就各种方法来说,各方法间也有差别。因此我们倾向于泥炭到褐煤压实比为 2.5:1,到烟煤为 5:1,到无烟煤为 7:1。

四、煤层厚度压实研究的地质意义

泥炭到煤厚度的压实研究对研究煤化作用、沉积作用、古构造以及煤层形态变化等方面都有重要意义。

通常认为在泥炭聚积阶段,当其他因素固定时(如地壳运动等),泥炭层厚度的压实可为以后沉积物的沉积所补偿,因此它对以后的沉积没有实质性的影响。但泥炭层埋藏后,受上覆地层厚度的影响而压实,虽然作用是缓慢的,但它对沉积物的种类、厚度和分布,会起到一定的影响,尤其当泥炭层厚度及变化大的情况下,对上覆沉积物的影响会十分明显。如果在厚煤层发育地区,为了研究古构造和沉积发育的关系而编制各种类型的等厚线图、等值线图或岩比图时,就应考虑泥炭到煤厚度压实的影响。

В. И. Вощков 归纳各种压实的数据后,提出由泥炭到褐煤厚度缩减 2.5 倍,到烟煤缩减 5 倍,至无烟煤缩减达 7 倍,并列表表示煤层和泥炭层原始厚度的关系(表 4.10)。

表 4.10 煤层和泥炭层原始厚度的关系

泥炭厚	泥炭—褐煤阶段		褐煤—烟煤阶段		烟煤—无烟煤阶段	
	压缩率	煤厚	压缩率	煤厚	压缩率	煤厚
5	2.5	2	2	1	1.4	0.7
10	2.5	4	2	2	1.4	1.4
15	2.5	6	2	3	1.4	2.1

按上述压缩率计算,0.7m 厚的无烟煤在原始沉积阶段,与厚 5m 的泥炭层相当。

В. И. Афанасьев(1968)提出岛状成煤论(图 4.12)^①,认为厚煤层是聚积在古隆起(岛)位置上。他对厚煤层的发育,没有充分考虑泥炭到煤的压缩,如果按上述压缩率把煤层厚度进行恢复,很可能厚煤层聚积的场所,不是在所谓隆起部位,而恰恰是在拗陷或拗陷—隆起部位

① 本图转引自武汉地质学院煤田教研室编《煤田地质学》——编者注。

的斜坡带上。因为他所提出的隆起，是根据含煤等厚线绘出来的，厚度薄的区域，煤层厚度最大。

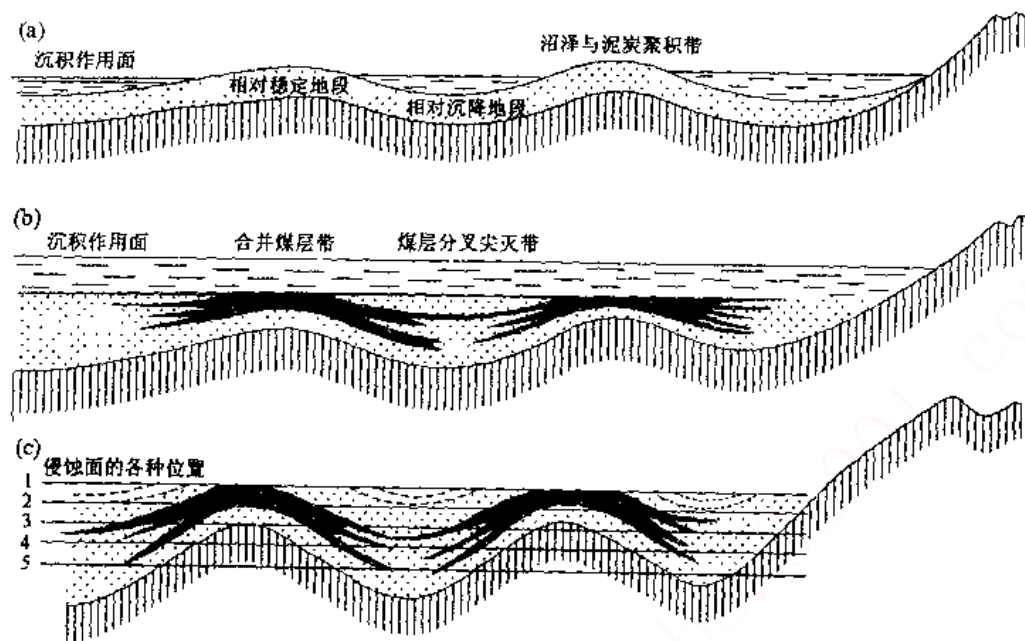


图 4.12 岛状成煤论厚煤层形成示意

(据 B. Л. Афанасьев, 1968)

(a) 造陆运动上升期; (b) 造陆运动下降期; (c) 构造继续发育时的侵蚀切面

第五章 煤层的形态

煤层形态包括厚度、结构在空间上的变化,普查勘探及矿井开采时都要对它进行研究,以便正确地计算储量和规划矿井的开采。

第一节 煤层形态的一般特征

煤层一般都是层状的,但对煤层无限制地追索并扩大范围时,煤层不是尖灭就是合并,所以它不是一个绝对的板状体。因此在研究煤层形态时,都应加上一个限制条件,即范围大小,就是说煤层形态在多大范围内变化。

目前对煤层形态的命名有:层状、似层状、串珠状、藕节状、瓜藤状、鸡窝状、扁豆状等,完全是按照其具体形态特征来命名的。

例如陈家怀等(1981)在描述南方早二叠世梁山煤系中的煤层时,采用以下术语并作了相应的说明:

(1) 似层状煤层。煤层的形态虽有厚薄变化,但总体稳定在可采厚度以上,延展长在 500~1000m。

(2) 藕节状煤层。煤层形态的变化似藕节状,总的厚度在可采厚度以上,局部地段厚度变薄到不可采,藕节长由几十米至几百米。

(3) 大透镜体煤层。大者平面分布直径达千米,小者几十米,最大厚度达 10~20 多 m,如鄂东南某煤矿中的一个透镜体煤层,厚达 28m。鄂西巴东一煤田煤层厚度达 14m 左右。

(4) 小透镜体煤层。煤层延展长度由几米到几十米,厚度在可采厚度之下。

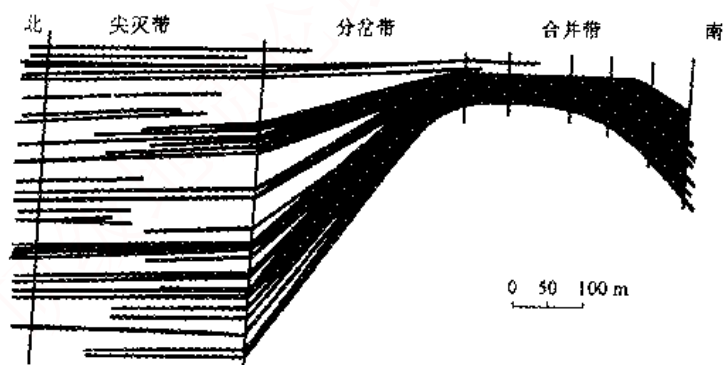


图 5.1 坎斯克—阿钦斯克煤田厚煤层分岔示意图

(据 B. A. 阿凡纳西耶夫)^①

但自然界比上述描述还要复杂,不但厚度有变化,还会发生分岔和合并,因此如果从形象化出发,还应加上马尾状、树枝状、Z 形、眼球状等。一个复杂结构煤层,在比较理想的情况下,可以分为合并带、分岔带和尖灭带(图 5.1)。

但实际情况远比标准划分复杂得多,因为有的煤层不分岔就尖灭,有的分岔后又合并,再加上局部冲刷、挤压流变,因而同一煤层在一个勘探区内,要分区段来研究。一个勘探区不同煤层形态变化还可不一致。在勘探区

①. 作者原为齐良宾剖面,原图未查到,本图转引自武汉地质学院煤田教研室编《煤田地质学》,有改动。——编者注。

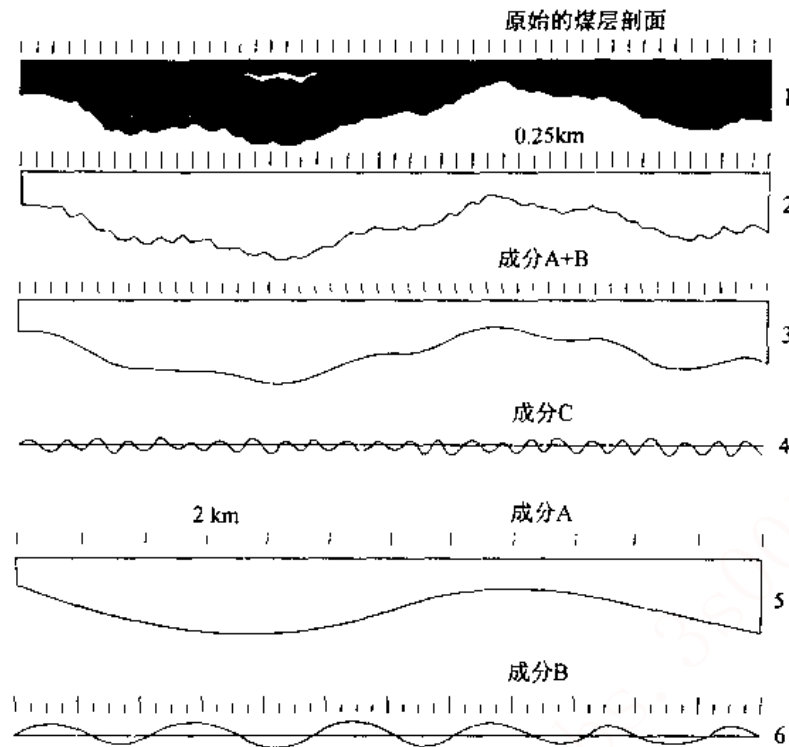


图 5.2 根据实际剖面对变化性成分的大致划分 (B. H. 据 Волков)

1. 煤层原始剖面; 2. 根据 0.25km 间距作出的煤层剖面;
3. 成分 A+B 剖面; 4. 成分 C 面; 5. 成分 A 剖面; 6. 成分 B 剖面

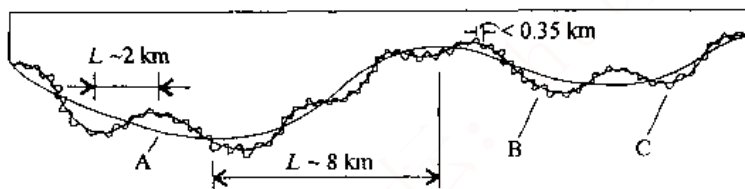


图 5.3 煤层厚度变化性成分 A、B、C 的划分 (据 B. H. Волков)

对主煤层按厚度和结构进行厚度结构变化性的分带, 以便确定不同分带区内合理的勘探网度:

③煤层内部厚度、结构的局部变化, 这种变化往往在勘探时期很难掌握, 需通过煤矿开采来圈定其范围。但有时其变化还有一定区域性的特点, 如由于陷落柱影响煤层的局部缺失, 只能通过矿井调查, 用地质类比法, 来计算缺失带的比率, 以便以后储量计算中予以剔除。

煤层厚度的变化可以是渐变的, 也可以是突变的, 因而这种变化可分出煤层厚度的结构规律性变化和偶然性变化。前者又可分为区域性变化 (即在大区域内渐变) 以及局部性变化 (在大区域性渐变的基础上, 受局部地形、地面升

内研究煤层变化性时要分出三种变化:

①勘探区内的总体变化, 即对含煤地层进行总体研究, 考虑到所有的煤层, 划分出富煤区、贫煤区和中等富煤区;

②主煤层的区域性变化, 即

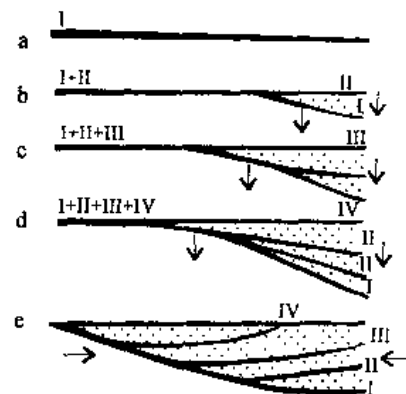


图 5.4 齐良宾煤田厚煤层分岔尖灭顺序发展阶段 (据 Крашенинников)

降影响而引起的变化), 这种变化可掌握。后者是由于受局部冲刷、挤压变形、岩浆岩侵入等影响, 形成的小范围内的变化, 这种变化不可控制。

В. И. Болтков(1971)提出, 在研究煤层厚度变化时, 要分出两个互有联系的概念, 即变化性质(规律变化或异常变化)和变化程度(变化幅度大小)。他以顿巴斯煤层为例, 总结出三种成分(图 5.2 及 5.3), 即:

①变化性成分 A, 是大范围的缓波状的具有规律性的厚度变化, 煤层在很大距离内变化(变化的半波长 L 平均为 8km), 厚度变化幅度与平均厚度相比在大范围内为 10%~90%, 厚度变化速率小, 为 0.01~0.11m/km, 平均 0.04m/km。

②变化性成分 B, 是在不大范围内的连续均匀变化, 或正常的波状起伏, 半波长 l 平均为 2km, 厚度变化幅度与平均厚度相比为 3%~40%, 厚度变化速率大于或等于 0.02~0.4m/km, 平均 0.11m/km。

③变化性成分 C, 是小的局部的无规律的(偶然性的)变化, 半波长 L 小于 0.35km, 厚度变化幅度不大。

由图可见, A、B 二种变化成分是煤层变化的主要因素, C 不很重要, 但实际上这种异常变化可以很大, 厚度可由 3~5m 变化到 0m, 由于这种变化在勘探中不能控制, 因此会给煤矿开采带来很大困难。

第二节 煤层的分岔和尖灭

煤层分岔和尖灭是自然界常见的现象, 即使是很稳定的煤层, 当延长到很远时, 也会有分岔和尖灭现象的存在。如果在普查勘探过程中对煤层分岔和尖灭现象认识不足, 就会把一个结构复杂的煤层, 错误地分成两个煤层, 造成煤层对比错误, 影响勘探资料的可靠性并造成矿井开采时的损失。对煤层分岔从形态、成因、分类等方面有过不少研究。

Г. Ф. Крайневичев 研究齐良宾煤田煤层分岔时, 认为是由于基底的差异构造运动造成, 图 5.4 左侧相当于 I、II、III、IV 煤分层沉积期间基底沉降缓慢而形成厚煤层; 而右侧因沉降快形成分岔, 以后经过侧向挤压而形成相当于图 5.5 中 g 阶段的分岔形态。

Павлов (1967) 则强调, 煤层分岔是地壳振荡运动时海水进退、岸线移动和物质堆积速度不同而造成的, 并以伯绍拉煤田伏尔库特矿区一个分岔煤层为据(图 5.5)。

Павлов 认为, 煤层是在海进和海退的过渡期形成的, 即同一煤层不是同期沉积的。他把煤层分岔分为 8 类, 到 1985 年又增加了第 9 类, 前五类是近海或内陆盆地中形成的, 后四类则主要是在内陆盆地中形成的, 同样也是以水面升降或盆地升降来解释。

分类的具体内容为(图 5.6):

(1) 束状散开的煤层分岔(I 类): 煤层分岔成一束(即在 A 点没有运动), 由 A 点开始分出很多分岔煤层。

(2) 海进式的煤层分岔(II 类): 其特点是分岔点向陆地方向推进, 即图上的分岔点 A_1 、 A_2 、 A_3 顺序地由下而上向陆地方向推进。在这一类型中还可根据厚煤层的位置, 分为两型: 即 II a, 最厚的煤层在下部; II b, 最厚煤层在上部。

(3) 海退式的煤层分岔(III 类): 和第(2)类正好相反, 即分岔煤层点 A_1 、 A_2 、 A_3 顺序地由下而上向陆地相反方向退缩。同样也可根据厚煤层在下或在上分为 III a、III b 两型。

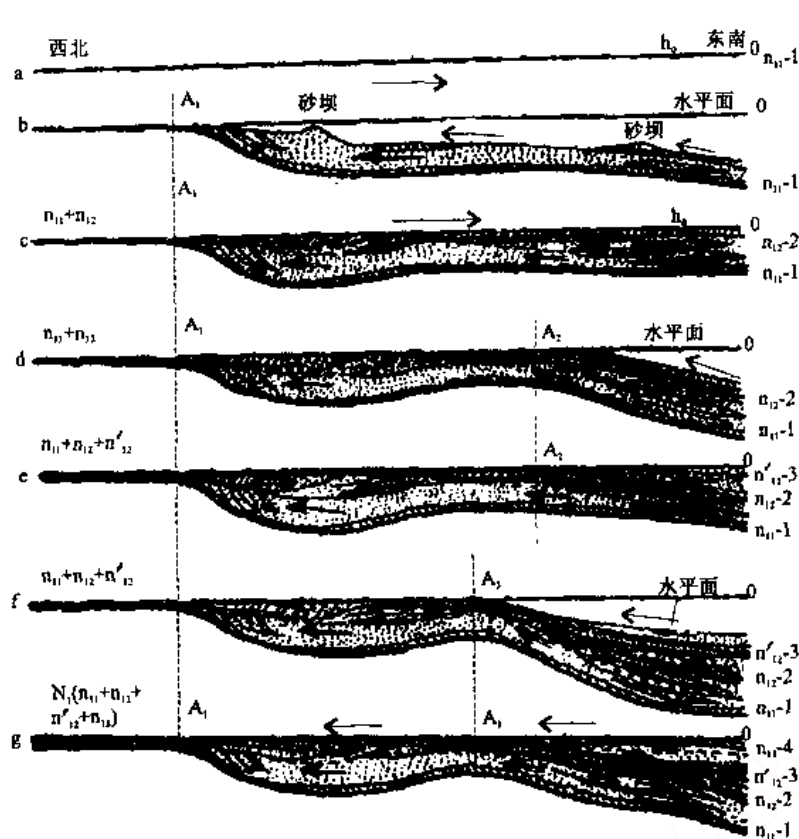


图 5.5 伯绍拉煤田厚煤层 N_1 ($n_{11} + n_{12} + n_{13} + n_{14}$) 的分岔和形成阶段顺序略图 (据 Иванов)

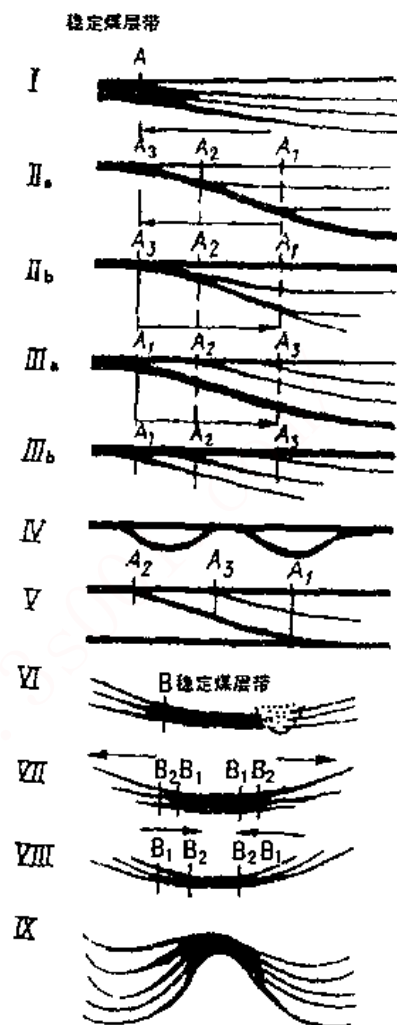


图 5.6 分岔煤层的主要类型 (据 Иванов)

(4) 二分裂开分岔 (Ⅳ类): 分岔及其以后的合并交替, 是在小的波状拗陷作用下形成的。

(5) Z 形分岔 (Ⅴ类): 在两个相反的方向上分岔, 这是近海成煤条件下煤层分岔最复杂的情况, 是波状拗陷由这一方向到另一方向交替的结果。

(6) 向上发散束状分岔 (Ⅵ类): 分岔点(B)保持固定位置。

(7) 煤层裂开成顺序发散束状分岔 (Ⅶ类): 煤层裂开点顺序由下而上向外扩散, 煤层范围相应地扩大, 表明煤盆地受到淤积, 使煤层聚积范围逐渐扩大。这类煤层中碎屑物质很少。

(8) 煤层裂开成顺序的退缩束状分岔 (Ⅷ类): 煤层裂开点顺序由下而上向内退缩, 煤层范围相应缩小, 这是煤盆地两侧碎屑物质的大量搬入、淤塞, 促使煤盆地范围逐渐缩小的结果。

(9) 短轴向斜分岔 (Ⅸ类)。

为了解释分岔煤层的成因, 对于树枝状的分岔, Иванов 用海进、海退进行解释, 每一次分岔代表一次海进和海退 (图 5.7)。

Црокопченко (1977) 把煤层分岔分为三型七级 (图 5.8、表 5.1)。他的分类考虑了煤层分岔的形态, 是一个比较全面的分类。

值得提出的是 Z 形分岔已在很多近海型煤田中发现, 如完全用海进和海退是解释不通

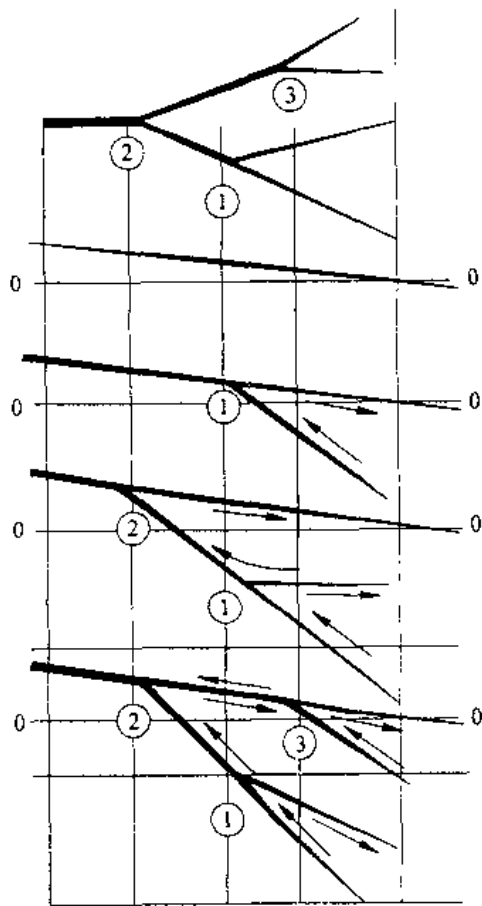


图 5.7 分岔煤层形成示意图 (据 Цанов)

①→②为海进式分岔; ②→③为海退式分岔

的。

Britten 等(1975)通过对澳大利亚悉尼煤田的研究指出,二叠纪不同煤系中的煤层具有不同的分岔形态,它和聚煤时的沉积环境有关。二叠系下部称 Greta 煤系,厚 150m,夹在两层厚的海相层群之间,煤层呈单方向分岔,或称海进式分岔。其上为 Singleton 煤系,厚 1400m 以上,分为三个煤层群: A、B、C 层群,为三层海进层序所分开,煤层形态成 Z 字形分岔或称多方向分岔。二叠系上部称 Illawarra 煤系,沉积在海相层之上,通常厚 200m,其中的 Bulli 煤层无分岔现象(图 5.9)。这三个煤系中煤层形态的不同是由于沉积环境和盆地沉积所引起的。Illawarra 煤系是在沉降速度缓慢、比较稳定的环境下形成的,因此各煤层平行,未见分岔现象。而前两者则表示煤层很快聚积和埋藏,Singleton 煤层的 Z 字形分岔表示有机质和无机质沉积之间有快速的震荡,具体的解释见图 5.10:

(1) 最初有一厚层泥炭层(A)聚积,并在 P、Q 两点有初期沉积物;

(2) A 层泥炭在 P、Q 两点随沉积物的加厚而受到压实;

(3) A 层泥炭在 P、Q 两点压实达到极限;

(4) 继续聚积泥炭并形成 B 层泥炭层;

(5) 开始在 R、S、T 三点有初期沉积物;

(6) R、S、T 三点的沉积作用继续,直到 A 层泥炭的压实极限, B 层泥炭在 P、Q 两点的沉积物上发生弯曲;

(7) 继续聚积泥炭并形成 C 层泥炭;

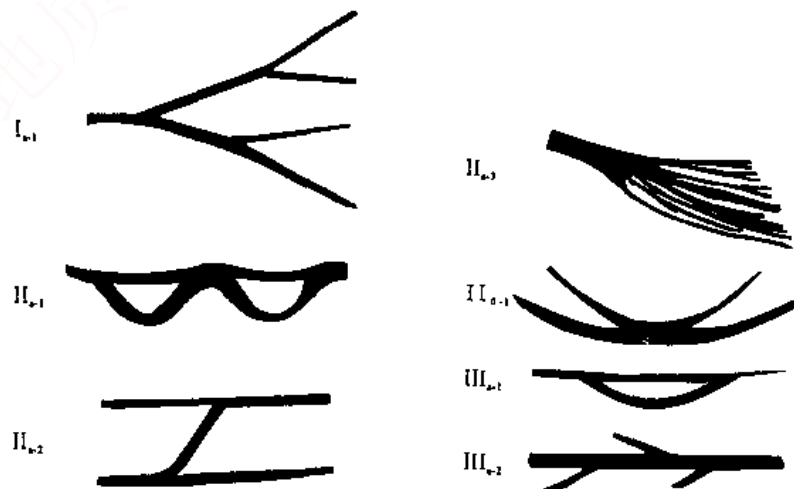


图 5.8 煤层分岔类型 (据 Прокопченко)

- (8) 煤系或其他沉积物继续稳定地沉积, 增加负荷和发生压实作用;
(9) 经过煤化作用及煤层和层内沉积物的最终压实, 产生煤层的分岔。

表 5.1 煤层典型分岔表 (据 Прокопченко, 1977)

型	亚型 分岔方向与 古构造和古 地形的关系	级 分岔形态	分岔后的特 征和分岔数 目	代表性的分 岔梯度/%	分岔带大小	和其他分岔 级的共生关 系	煤田和矿区 实例
I 区域的	I _a 向盆地总体 加深方向分 岔	I _{a-1} 分枝分岔 (顺序的二 分)	2~12 厚度减少和 尖灭	0.002~ 0.005	几百平方 公里	除 I _{a-3} 外, 可为任何级 的分岔复杂 化	顿涅茨 (边 部) 伯绍拉 卡拉干达
II 带状的	II _a 向同沉积盆 地方向分岔	II _{a-1} 二分岔(煤层 分岔和合并 交替)	2~6 分岔后附近 又重新合并	0.007~0.02	几十、几百平 方公里	除 II _{a-3} 外, 可和任何级 的分岔联合	顿涅茨 库兹涅茨
		II _{a-2} Z 形分岔	2	0.007~0.02	几十平方公 里	除 II _{a-3} 外, 可和任何级 的分岔联合	库兹涅茨 顿涅茨少数
		II _{a-2} 簇状分岔	大于 10 厚度很快变 薄和尖灭	大于 1	几平方到几 十平方公里	未见和其他 级分岔联合	齐良宾 麦库边
	II _b 向同沉积隆 起方向分岔	II _{b-1} X 形分岔	2~6 分岔后趋向 尖灭	0.01~0.05	几平方到几 十平方公里	除 II _{b-3} 外, 可能向任何 级分岔形态 过渡	顿涅茨 库兹涅茨 外贝加尔矿 区
III 局部的	III _a 向沼泽水体 为经常和间 断的河床方 向分岔	III _{a-1} 眼球状分岔	2~4 分岔后再合 并	0.02~0.06	小于 1km ²	使 I 和 II 型 煤层合并和 分岔带复杂 化	在不同煤田 和矿区可见 到
		III _{a-2} 茎状分岔	2 分岔后尖灭	0.01~0.04	小于 1km ²	使 I 和 II 型 煤层合并和 分岔带复杂 化	在不同煤田 和矿区可见 到



图 5.9 悉尼盆地某些煤组煤层分岔特征示意图 (据 Britten, 1973)

图 5.11 是一个具体的实例, 表明新南威尔士 Foybrook 组内煤层的分岔及其活动的压实构造的形成, 在分岔点可见到分岔煤层的交角可超过 45°, 分岔煤层之间的夹石层的层面与下伏煤层相交, 与上覆煤层相切, 并且层面向上弯曲。相反, 在分岔煤层之上的夹石面却向下弯曲。

如图 5.12 所示, 下莱茵褐煤田的主煤层(6)向西北方向分岔分为 6A~6E 几个分层, 其中 6C 层中夹有一层河流砂层透镜体, 6D 层是一个海相砂层, 向西北方向厚度逐渐增加, 这两层砂引起了 6C~6D 煤层的分岔, 在部分地段煤层形成 Z 字形分岔。

图 5.12 中显示 Hambach 露天矿西北部分的两个交错剖面, 其中 NW—SE 向剖面明显地显示出出海相砂层和河流砂层分割开的 6C—6E 煤层的 Z 字形分岔形态。

在一些剖面中还可见到由于河流侧向迁移而引起的煤层分岔, 这种现象往往也是造成 Z 字形分岔的主要原因。

Ткаченко 认为, 煤层分岔可能是不均衡压缩的结果, 这是因为他观察到在南顿巴斯存在的煤层分岔具有以下特征:

①矿区内各个煤层的分岔方向, 有的向东、有的向西, 看不到有继承性的煤层分岔现象, 因此不好用基底差异运动来解释;

②两个分岔煤层之间交角很大;

③一些分岔带的范围很小;

④有一些地段的地层厚度变化强烈, 显然是受基底差异运动影响, 但煤层分岔不强烈。

Ткаченко 通过统计发现, 含煤地层厚度局部变化和地层中砂岩含量成线性相关关系, 表明是不同压缩比的结果, 因此, 泥炭堆积厚的地方压缩比大, 其上就会有碎屑沉积物进入泥炭沼而形成岩石夹层。

Сергеев(1976)指出, 煤层分岔现象是复杂的。在顿巴斯西部, 下石炭统的煤层有广泛的分岔现象, 这一地区经许多人研究确认存在同沉积构造现象, 如把煤层分岔线展在平面图上, 和区域地质构造、岩相带分布结合起来研究, 可以分出三种成因, 即:

①造陆沉积的, 在本区由西北向东南延长, 大致平行海岸线, 反映出由于盆地岸线逐渐

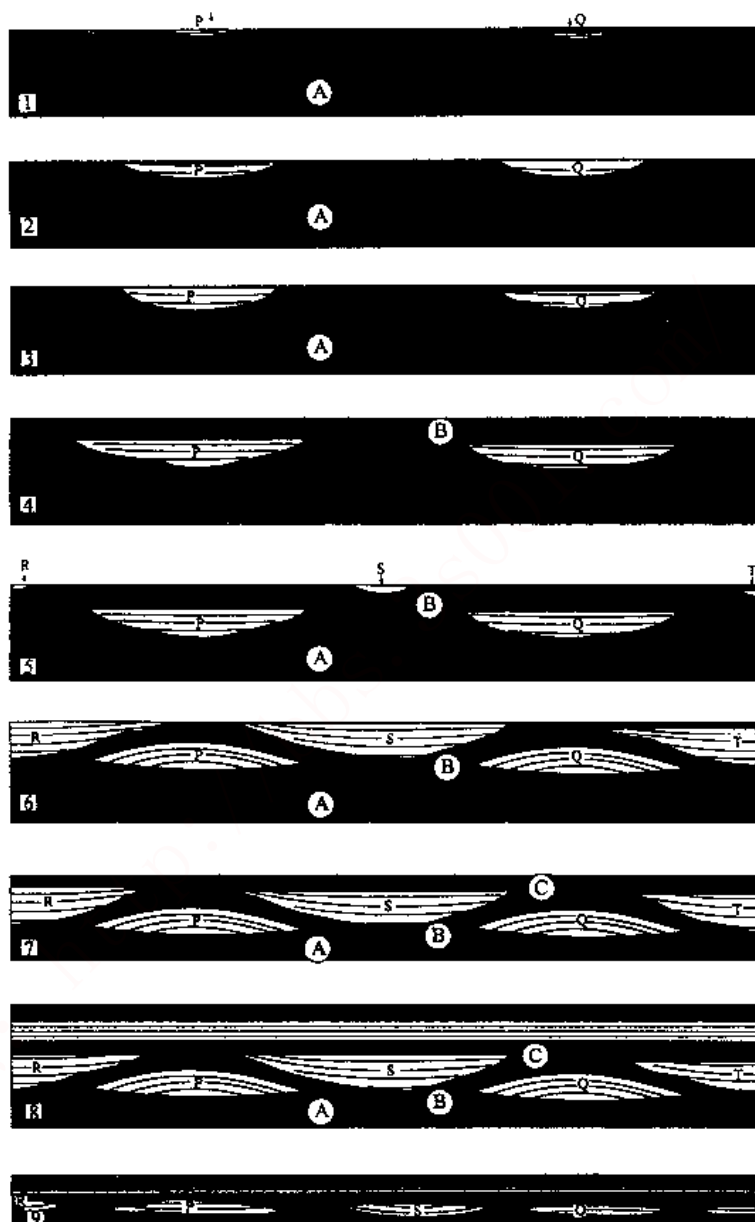


图 5.10 Singleton 煤层的 Z 字形分叉解释 (据 Britten, 1975)

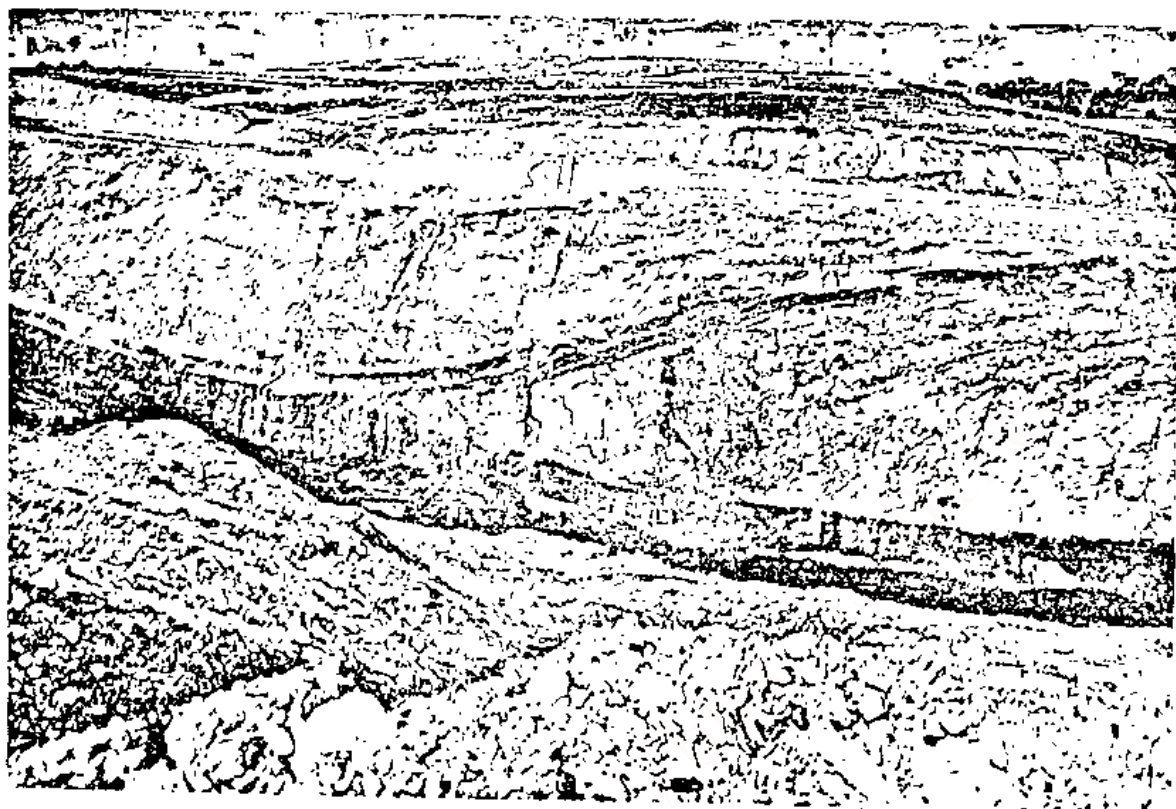


图 5.11 新南威尔士 Foybrook 组内的煤层 Z 形分岔实例 (据 Britten, 1973)

下沉而引起的煤层分岔，在相当大的范围内保持相同的厚度和煤质，分岔煤层的总厚度不超过原来未分岔煤层厚度。这种类型在西顿巴斯最为发育。

② 构造的，即沿某一区域断裂，各煤层都有分岔现象，岩石夹层在短距离内 (0.5~1km) 增厚，由 0.1m 到 3~5m。这种构造分岔往往是同沉积构造的标志。

③ 沉积的，煤层分岔是河流活动的结果，煤层在河床剖面方向上很快分岔和尖灭，并逐渐过渡到炭质泥岩。

煤层的尖灭可以是原生的，也可以是后生冲刷造成的。原生尖灭一般具有渐变性质，与后生冲刷、构造挤压、陷落柱等则会使煤层尖灭具有突变性。煤层尖灭线通常具有一定的带状分布，它和尖灭的原因有密切关系。

与海水进退有关的煤层尖灭线与岸线方向有关。与河流冲刷有关的尖灭线具有突变性质，它与河流的方向有关。与基底地形起伏有关的尖灭线也具有方向性，但是变化的形态较为复杂；与陷落柱有关的尖灭线，已在华北不少石炭二叠纪煤田中发现，但规律性很难找，也不好预测和控制，通常只能求一个陷落柱煤层尖灭带的系数，需要随开采工作的进行不断地摸索；受构造挤压的尖灭和变厚带具有一定的方向性，并与构造轴线有一定联系；岩浆岩侵入煤层尖灭带的规律很难查明。煤层尖灭带除煤厚有变化外，煤质上也会有反映，通常情况下是煤的灰分增高。

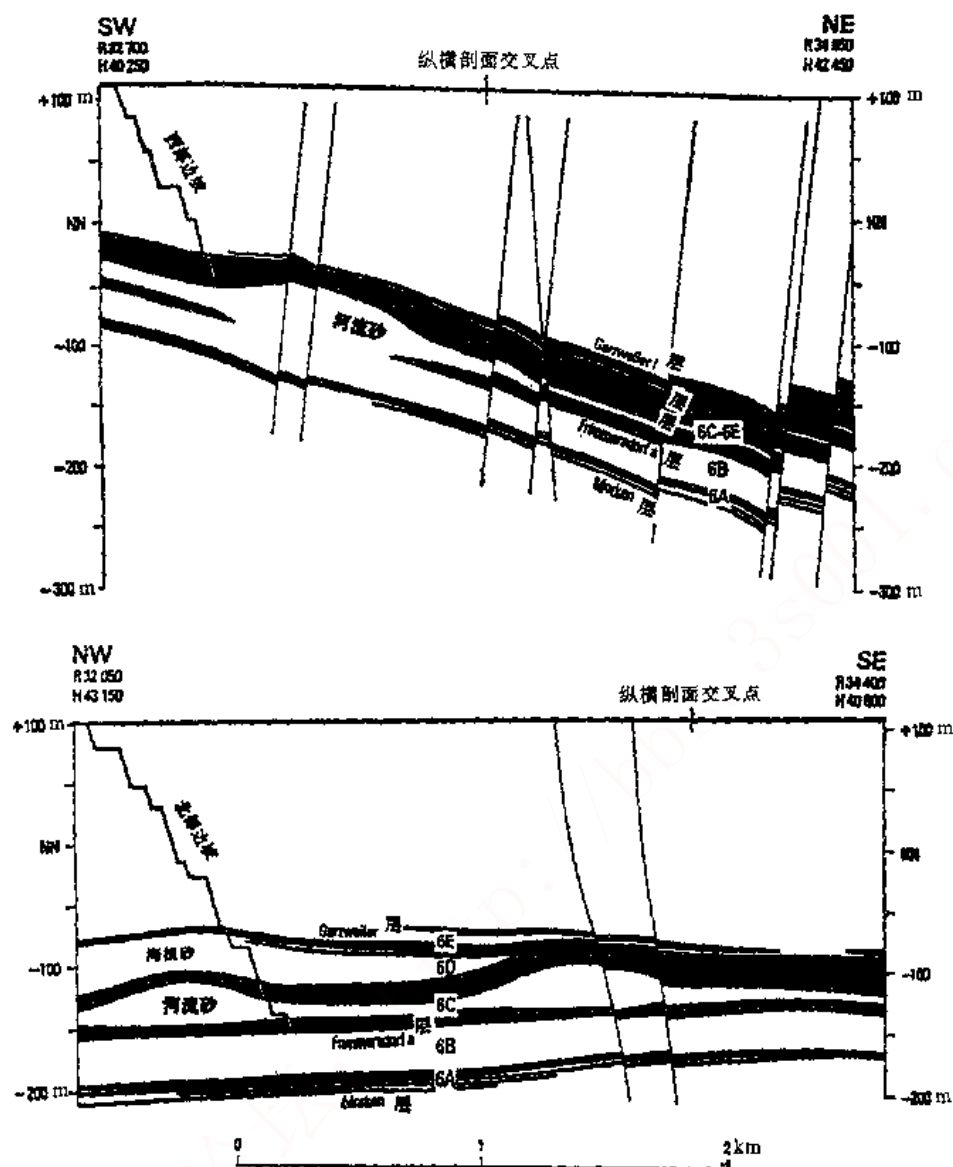


图 5.12 下莱茵煤田 Hambach 矿区西北部相互垂直的两条剖面，显示了槽形夹层和一个海砂尖灭层之上的煤层形变（据 Hager, 1981）

第三节 煤层厚度变化的原因

煤层厚度变化的原因可分为原生变化和后生变化。

一、煤层厚度的原生变化

煤层厚度的原生变化是在泥炭聚积期，由于基底地形的影响、古水流的影响以及泥炭聚积期的同沉积构造和河流、海水同沉积冲刷等原因所造成。

1. 古地形对煤层厚度的影响

泥炭聚积期的古地形对煤层厚度的影响很大。众所周知，石炭二叠纪的滨海沼泽环境下形成的泥炭田，由于地形平坦，煤层可以广泛地分布在很大的范围内，煤层中的夹矸有时亦

能进行区域性的追踪和对比。在整个含煤沉积剖面上，通常除了石灰岩以外，煤层本身就是一个很好的标志层。在这种条件下，煤层厚度的变化经常具有渐变性。由于邻近海面，只要地面稍有升降或供水条件有轻微的变化，就会造成区域性的大面积的泥炭聚积的中断。但中、新生代煤田则有所不同，除少数在基底平缓的大盆地中沉积外，大多数分布面积有限，同时由于基底地形面有起伏，同一煤层基底的连线，不等于是同时沉积面。例如下莱茵褐煤田的主煤层，经过详细的孢粉研究认为，盆地有一个逐渐扩大的现象，最早的泥炭聚积只局限在一个小区域，然而向上聚积面积逐步扩大，到晚渐新世海进幅度最大（图 5.13）。

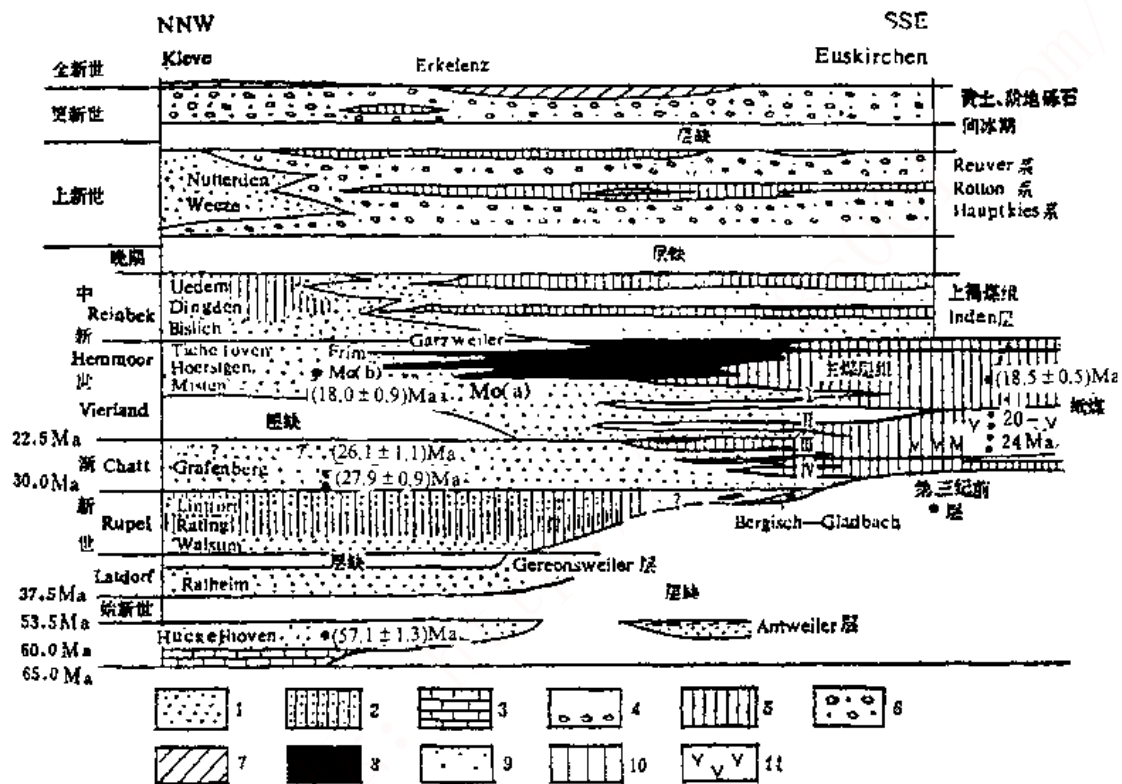


图 5.13 下莱茵湾第三纪地层剖面示意图（据 Quitzow、R. Teichmüller 等）

海相沉积：1. 砂；2. 含砂粘土；3. 石灰和泥灰土；4. 砾石；5. 粘土

陆相沉积：6. 含砂砾石；7. 炉姆；8. 褐煤；9. 砂；10. 粘土；11. 凝灰土

陈家怀等(1981)在研究早二叠世梁山煤系中的煤层后指出，梁山煤系沉积基底的顶面是一个具有岩溶地形的剥蚀面。沉积梁山煤系时地形起伏，沉积序列逐渐超覆扩大，基底沉积的煤层分布局限，多不稳定，下部煤系地层厚度变化大，显然当时是对古地形起填平补齐的作用，凡地形低洼处含煤地层厚度大，煤层的厚度也大。例如鄂西巴东的一个煤田，煤系基底中石炭统黄龙灰岩薄处，煤系厚度大，达 30m 以上(一般地区煤系厚 10~20m)，煤层也可达 10~12m。

第三纪昭通褐煤田受凤凰山和狮子山这两个古山梁的影响而分割成三个向斜，每一个向斜内都聚积有很厚的主煤层，煤层在靠近古山梁处突然变薄尖灭，这显然是受古地形的影响（图 5.14）。

云南其他许多晚第三纪煤田受地形控制非常明显，因为时代新，煤盆地基本保持原来沉

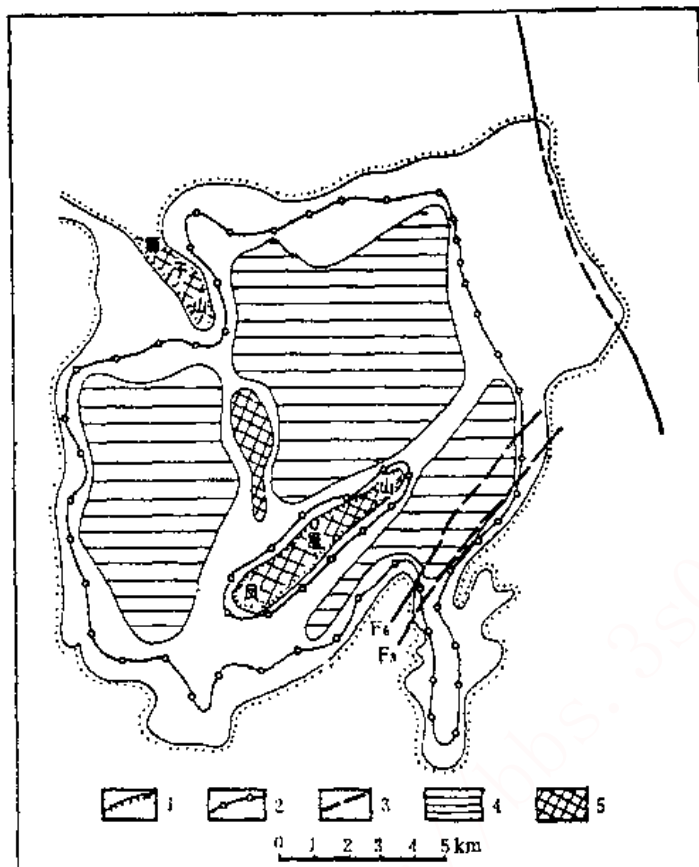


图 5.14 昭通盆地古山梁和主煤层富集区分布图 (据 143 队资料简化)

1. 盆地沉积边界; 2. 主煤层沉积边界; 3. 同沉积断层; 4. 主煤层富集区; 5. 古山梁

积时的地貌特征, 含煤最丰富的部位是位于大盆地的顶端或一侧, 即所谓的堵流盆地中, 古地形控制了水流的方向和位置。如果盆地内有一古隆起挡住了水流, 或使水流的出口变狭, 在盆地内就容易沼泽化而聚煤, 在这种堵流的盆地内, 低凹的地方煤层厚度大, 向盆地边缘厚度变薄。

国外报道的一些所谓非构造类型的盆地, 大多数是地形控制煤层发育的盆地, 如古火山口、岩溶侵蚀盆地、盐溶盆地都可见到在局部低凹处有厚煤层的聚积。这种成因的煤层向盆地的边缘煤层或者是尖灭, 或者分岔成几个分煤层。

德国赫尔姆施泰煤田由东西两个盆地组成, 中间为盐丘。该盆地的形成是由于盐丘发生塑性流动, 随第三纪构造运动, 顶开其上的薄弱盖层, 从而在两侧形成向斜盆地 (图 5.15)。

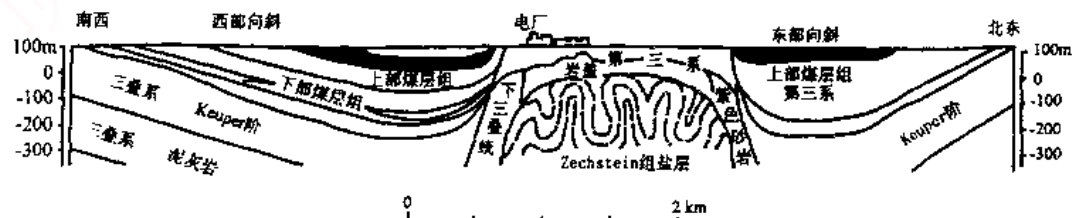


图 5.15 赫尔姆施泰煤田剖面图 (据 BKB 公司)

2. 同沉积构造对煤层厚度的影响

泥炭聚积期的同沉积构造包括同沉积断裂和同沉积褶皱。在不同煤田，其影响程度有大的差别。

(1) 同沉积断裂对煤层厚度的影响。

许多煤田都发现有同沉积断裂的存在，大的区域性断裂影响到含煤地层的岩相分带，并从而控制煤层的厚度带，影响到煤层的分岔和尖灭。煤盆地边缘的区域性盆缘断裂会形成大的冲积扇带，在冲积扇带前会有厚的煤层聚积。如霍林河盆地内区域断裂两侧，不但含煤地层厚度有明显的差别，而且煤层层数、厚度等都有变化（图 5.16）。

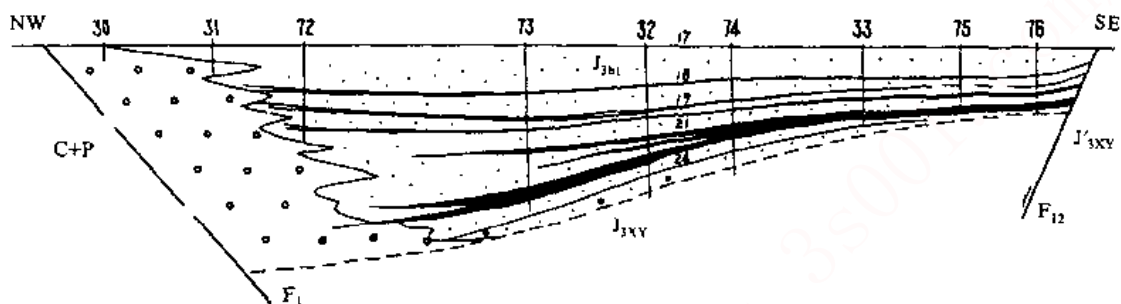


图 5.16 霍林河煤田创办盆缘同沉积断裂及沉积剖面图（据吉林煤田地质公司）

盆地内基底的同沉积小断裂，会影响到煤层厚度的局部变化。常常发现煤层内底板有小断层，而煤层顶板没有错断的现象，如德国西 Zukunft 矿的一个地质断面，在断裂的下降盘煤层增厚（图 5.17）。

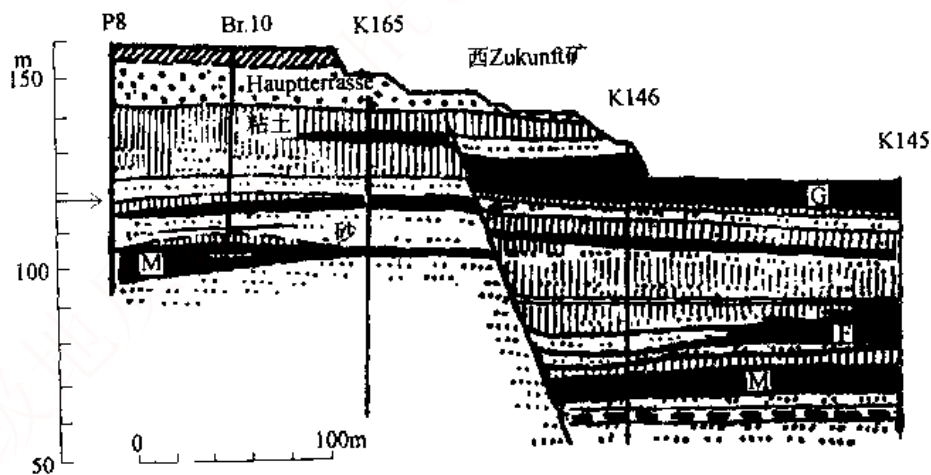


图 5.17 德国西 Zukunft 矿的一个同沉积断裂（据 Dolezalek, 1968）

(2) 同沉积褶皱对煤层厚度的影响。

同沉积褶皱对煤层厚度的影响通常很难判断，主要通过编制含煤地层沉积等厚线图，并和煤层等厚线图结合起来进行分析才能确定。这种地层等厚线图所采用的地层等厚线间距要大一些，否则不容易区分煤厚是受古地形起伏的影响，还是受同沉积褶皱的影响。

还可以编制煤层分岔线和现在构造的关系图，它可以表明煤层分岔和现在构造形态之间的关系，研究现在构造和古构造的联系，从而判定同沉积构造对煤层分岔线的影响。一些煤

盆地由于区域性的隆起,使煤层厚度变薄,一些挠曲带不但影响煤层厚度变化,还会影响煤的质量,在挠曲带的两侧煤层厚度以及煤质发生突然的变化。图 5.18 中煤层分岔和 Деложовско-Садкинской 向斜有一致性,区域资料也表明,向向斜轴部方向,煤层分岔厚度可从 1~2m 到 3~5m 以上,显示顿涅茨煤田存在同沉积褶皱。

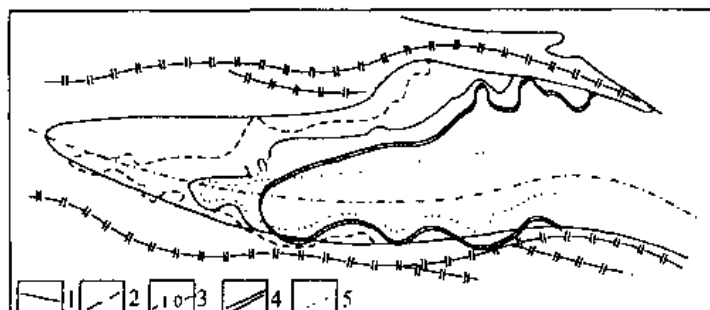


图 5.18 Деложовско-Садкинской 向斜与煤层分岔关系图

(据 A. M. Ровинский 资料改编)

1. K₁ 煤层露头, 2. K₂ 分岔, 3. K₂ 层 1m 等厚线;

4. K₃ 分岔; 5. K₂ 煤和砂岩交替线

(3) 沉积环境对煤层的影响。

众所周知,近海型煤田或大型湖泊盆地中形成的煤可以在大范围内保持稳定,但是内陆的小盆地内的煤层厚度变化可以很大,这种变化受局部性的沉积环境的影响,根据成煤沼泽的位置,以及三角洲、冲积扇前缘、河流、湖泊等环境的聚煤特征,可以预测煤层的厚度及煤质的变化。

(1) 同沉积冲刷作用对煤层的影响。

煤层同沉积期间发生的同生冲刷作用在许多煤田中均有发现,它直接影响煤层厚度的局部变化,而这种变化在勘探过程中很难控制,其中最常见的是煤层内夹石层(砂砾岩)冲刷煤层,或造成煤层分岔。

二、煤层厚度的后生变化

煤层厚度的后生变化是通过挤压变形、沉积压实、冲刷、火成岩侵入、岩溶陷落柱等后生原因引起的煤层厚度变化。

这种变化由于叠加在原生厚度变化之上,因此有时很难恢复原生厚度变化,尤其是构造变形和岩浆岩侵入引起的变化。

1. 差异压实

由于煤层和围岩压实比不同,在上覆岩层的重力作用下,势必会产生差异压实,各种差异压实引起煤层形变,可用图 5.19 来解释,它说明了差异压实过程与海相砂层沉积变薄的关系,解释了炭和褐煤在以后碎屑沉积物压力负荷下在水平和垂直方向对煤层的差异压实。具体解释为:(a 剖面)阶段沉积了厚的泥炭,并在自身重量作用下对下部泥炭压实;随后海相砂层快速沉积,导致同时期聚积的泥炭层中断,并对下伏泥炭层进行差异压实(b 剖面),以后在砂层和未被覆盖的泥炭层上积了更厚的泥炭(c 剖面);再在厚炭层上沉积一层碎屑物,两层炭之间没有砂层或砂层变薄地方,上部炭及碎屑物开始变形(d 剖面);以后沉积物使原来下部泥炭层的弯曲消失(e 剖面)。

图 5.20 是德国西 Zukunft 露天矿的一个连续测量的剖面,图中 a~d 是对所观察剖面重塑煤层压实的过程,显示差异压实对煤层厚度的影响。差异压实实际上很难与原生沉积厚度变化区别,因此也可放在原生厚度变化范围内。

由于存在差异压实的影响,对厚煤层矿区,如用厚度法来研究古构造就会造成误差。Афанасьев 认为,厚煤层是在古隆起的顶部形成的,即岛状成煤论(参见图 4.12)。现在看来是不确切的,有可能的是,厚煤层之处地层厚度比较薄,因此等厚线少的地方煤层厚,这种情

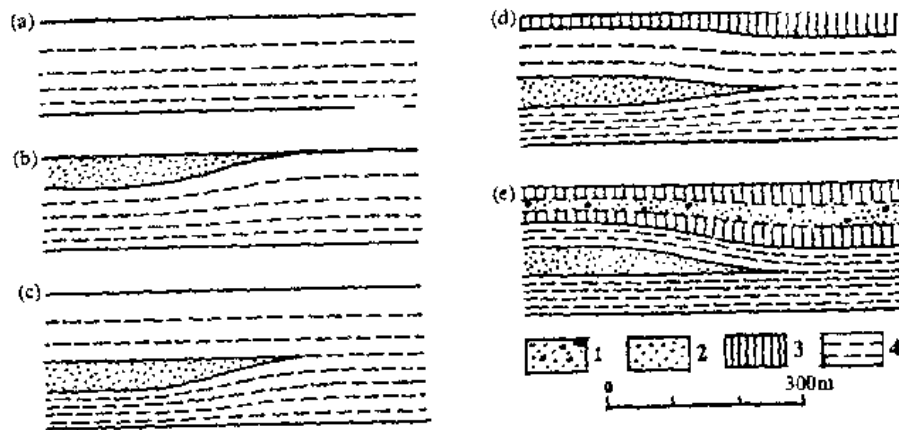


图 5.19 尖灭的海相砂层之上,煤层差异压实的过程示例(据 Hager,1981)

1. 砂和砾;2. 粉砂;3. 粘土和粉砂;4. 泥炭或褐煤

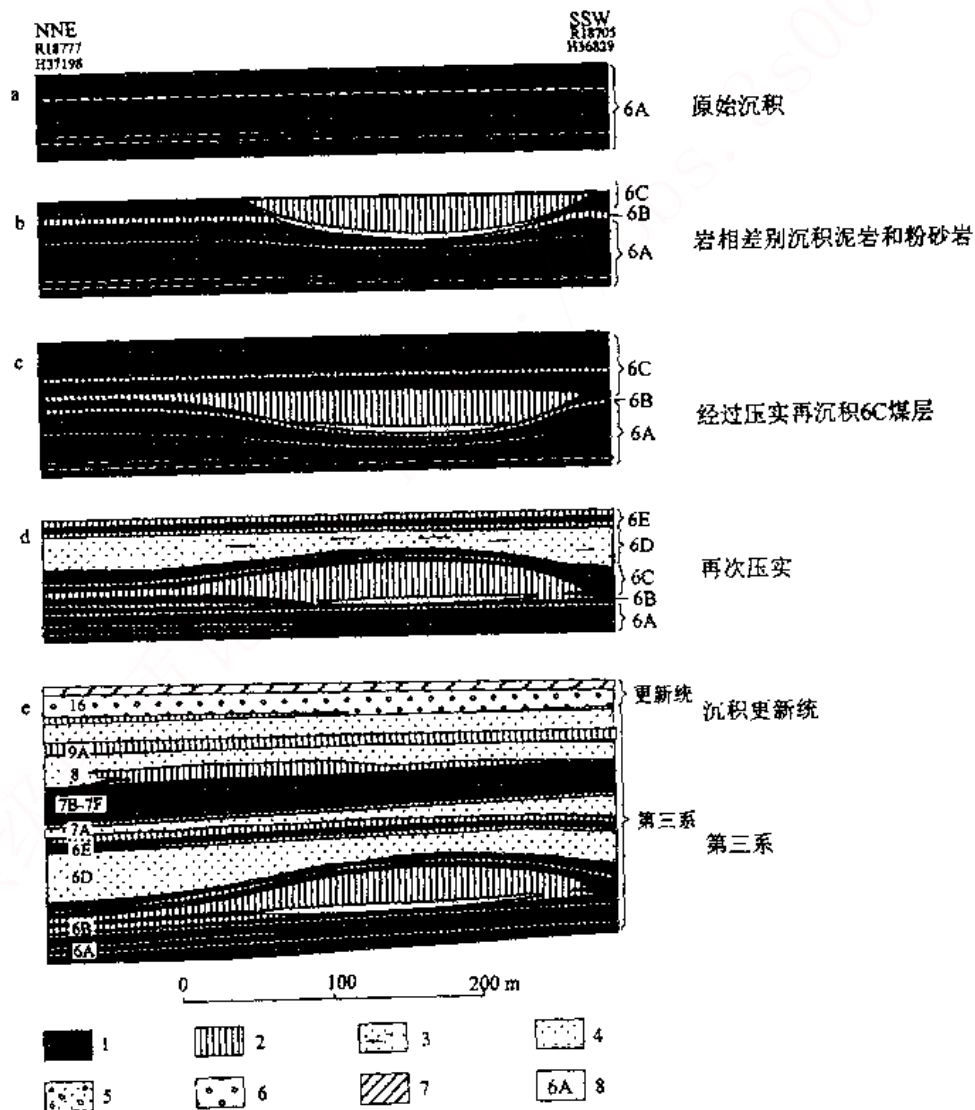


图 5.20 德国西 Zukunft 露天矿的一个剖面,槽形夹层上部煤层差异压实剖面的重塑(据 Hager,1981)

1. 褐煤;2. 粘土和粉砂;3. 含粘土砂;4. 砂;5. 砂和砾;7. 黄土;8. 地层代号

况用古构造来解释则是古隆起。

2. 构造形变

构造挤压变形对煤层的影响很大, 因为煤是可塑体, 易发生流变, 在背向斜轴部煤层厚度会加大。受构造变形影响, 煤层在结构上可见到构造岩、镜面、粉状、瓣片状结构。煤层流变会挤入顶底板的裂隙中, 成为分岔煤层。即使煤层顶底板很平整, 煤层也会有流变现象。

大型流变现象和区域构造方向一致, 如厚煤层和背向斜轴线一致。小型流变现象只引起煤层顶底板的波状起伏, 严重的可使煤层成为串珠状。

断裂一般在断裂带附近对煤层有影响, 造成断缺或重复加厚, 但很少引起大范围厚度变化。但是若断裂消失在煤层中, 或沿煤层滑动、错动, 如滑脱构造、推覆构造等, 则这些断裂带两侧煤层厚度变化就会很大。

3. 后生冲刷

后生冲刷主要有两种, 一是煤层形成后, 后期山洪、河水沿河道、冲沟对先期煤层(泥炭层)上覆地层及本身进行切割冲刷, 并充填砂砾、泥土。这种冲刷具有游摆性, 范围较广, 影响层位较多, 具有准原生冲刷性质, 也是最常见的一种冲刷, 通过对上覆砂岩层的研究, 可大致了解其对煤层冲刷的影响程度, 并可作出预测。另一种是由于煤系地层抬升后遭受风化剥失, 并被河流侵蚀切割, 煤层遭冲刷, 后又被砂砾、泥土充填。这种冲刷常出现在不整合面附近, 分布局限, 常成窄条带状。煤层的后生冲刷造成煤层厚度突变, 或明显变薄, 对煤质的影响较小。

4. 岩浆侵入对煤层厚度的影响

我国东部中生代岩浆活动比较强烈, 在不少煤田中都发现有岩浆侵入煤层而引起煤层厚度和煤质变化的情况。

岩浆通常成岩脉或岩床侵入煤层, 并以基性侵入体为主。呈岩脉侵入煤层的, 对煤层厚度影响小些, 只是沿煤的裂隙扩大其空间。而呈岩床侵入煤层的, 则可以部分或全部吞蚀掉煤层。由于岩浆侵入, 压力加大, 致使附近煤层厚度扩张, 但大多数情况下, 煤层厚度没有变化, 而是由岩浆替代了部分煤层, 使煤层变为不可采或厚度减少。由于岩浆侵入改变了煤层及上下地层的空间, 煤层原始厚度恢复难度较大。

根据河北三河煤田的观察, 三号和四号煤层厚度大, 其中在多数见煤孔都发现有基性岩侵入煤层中, 并使煤质成为无烟煤。而在其上的一、二号煤层, 则没有岩浆侵入, 煤质仍为烟煤, 主要原因是这两层煤比较薄。这说明, 煤层越厚, 岩浆侵入体越易侵入, 由于侵入体没有一定层位, 因此见煤孔之间很难进行对比, 即使除去侵入体部分, 这类煤层勘探期间也难以准确估算储量。

岩浆侵入煤层, 不但对煤层产生影响, 而且对煤质变化也特别显著。众所周知, 岩浆接触部位存在无烟煤或天然焦, 由于岩浆热和去氧作用, 影响了煤的成分和性质, 同时也会使岩浆成分发生变化。

岩浆侵入煤层比较多的是沿煤层的顶底部分, 并且常在顶板附近最多, 这样煤层的底板还比较平整, 而顶板的厚度变化非常显著, 甚而全部为岩浆吞蚀, 使煤层只剩下夹在岩浆岩中的煤层包裹体。

由于岩浆的侵入常受构造的控制, 所以具有一定的延展方向。在江苏利国煤矿, 发现岩浆侵入体与煤层走向垂直和断层方向基本一致, 同时在断层带上侵入上盘的比下盘的多。

由于岩浆侵入压力造成煤层流动而引起煤层厚度变化目前很少研究。从若干已知岩浆岩区煤层厚度变化大的特点来看,这种流动现象似乎是存在的,例如,利国矿七煤层,井下采煤最大煤包的采高可达 21m,勘探过程中可见到煤层厚度从煤线到 8.56m,说明煤层厚度变化是受到岩浆侵入的影响的。

潘占峰等在淮北朱仙庄井煤田对煤层中岩浆岩体进行了观察,认为其形态有以下几种:

(1) 倒立波状起伏岩体:煤层底板平直,顶板也平直,只是岩体吞蚀了煤层,并不引起煤层厚度增厚的变化。这种倒立的岩体方向为 N60E~N70E,和本区构造线一致。

(2) 成层岩体:成层岩体侵入在煤层中较弱的层位中,岩浆岩体本身还可以有起伏,成波状,局部可使顶板拱起。

(3) 扁豆状岩体:岩体长 3~7m,厚 0.2~1m,宽 0.5~2m。扁豆状岩体延长方向和煤层走向一致,成北北东向。两个岩体纵向间距约 0.5~1m,横向间距 2~30m (图 5.21)。

岩浆岩体分布受构造控制,大多数沿深大断裂侵入,并且下部煤层比上部煤层遭受侵蚀更烈,如三河煤田下部的五号煤岩浆侵蚀区占 50%,中部四号煤占 15%~20%,上部三号煤占 15%。

岩浆侵入体的另一个特点是具有区域分布性。在安徽淮北朱仙庄,常集中在二号断裂带之间,超过断裂带,煤层就正常了。

河北蔚县崔家寨井田西南部煤层有岩浆侵入,推断岩浆是由西向东侵入的。断层以西,侵入岩将大部分煤系地层及上覆地层吞蚀,岩体以岩盘形式覆盖在残存的煤系地层上。断层以东,侵入岩变薄分岔,并沿 F_1 断层走向分布(图 5.22),在平面上可看到 F_1 断层对岩流的阻挡和屏蔽作用,在 F_1 断层消失的南端,岩流受 F_1 断层阻挡作用小,向东多侵入 3000m。

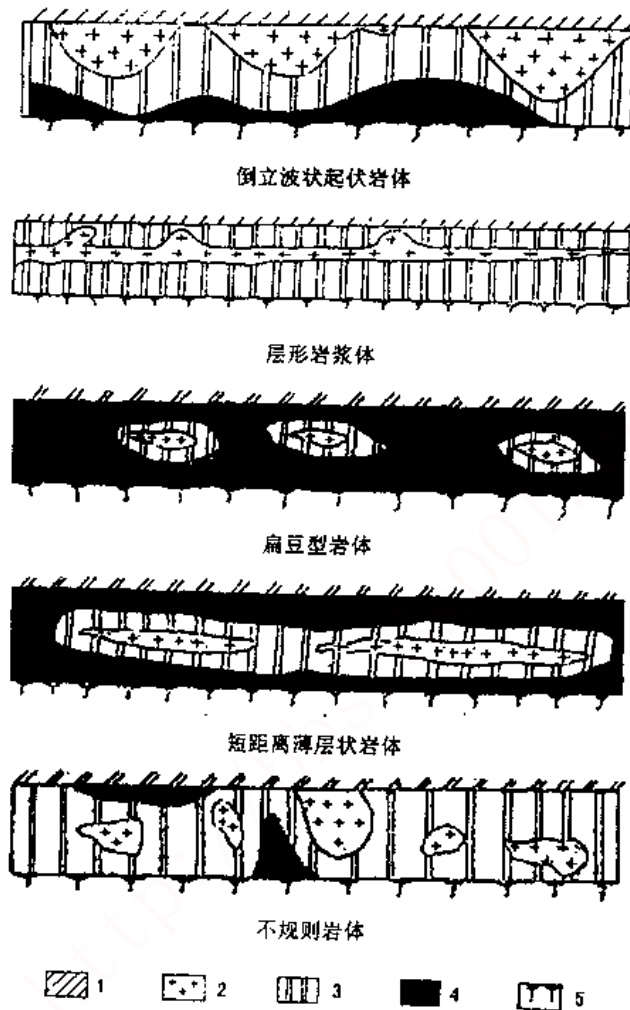


图 5.21 岩浆岩侵入煤层的产状、形态和特征(据潘占峰等,1980)

1. 顶板, 2. 岩浆岩, 3. 残煤, 4. 残煤, 5. 底板

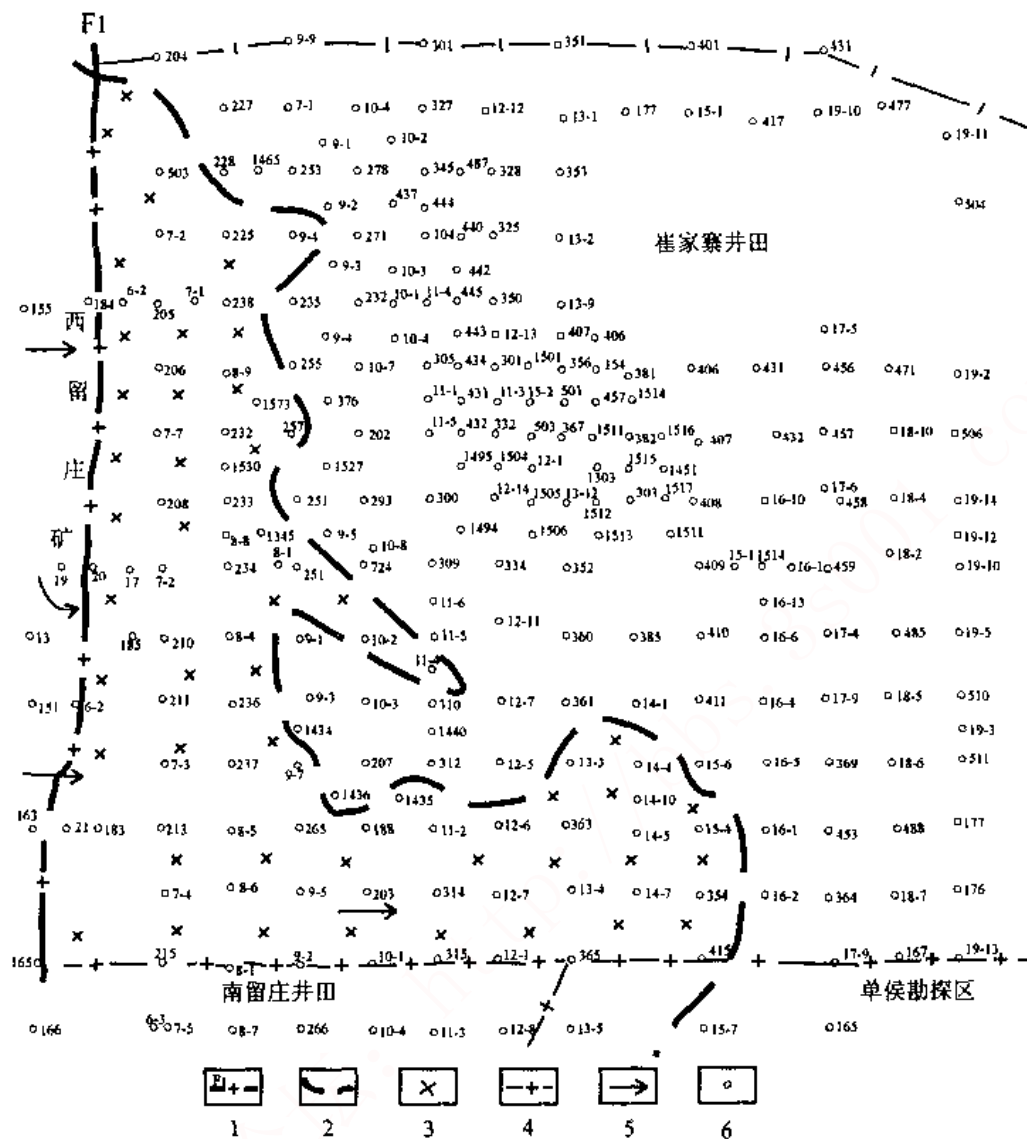


图 5.22 河北蔚县崔家寨井田西南部岩浆侵入煤层范围

(据河北省煤田地质勘探公司第四勘探队, 1985)

1. F 断层; 2. 岩浆侵入边界; 3. 见岩浆钻孔; 4. 井田边界; 5. 岩浆侵入方向; 6. 钻孔

第四节 煤层变化性的定量统计

煤层的变化性(稳定性), 主要是指煤层厚度和结构的变化, 它是煤田勘探过程中确定煤矿勘探类型很重要的一个参数, 是决定勘探密度及储量计算可靠性的重要指标, 因此国内外对煤层变化性进行过不少有益的探讨。

煤层变化性不能单从地质概念出发, 而必须考虑工业技术上的标准, 因此它要考虑以下三方面的因素:

①煤层厚度、结构变化的幅度和范围;

②煤层厚度值的变化范围, 尤其注意是否薄到不可采;

③煤层厚度、结构变化的性质,是属于规律性的变化还是突然的变化。

早在1947年,《苏联煤矿储量分类方法应用规程》就已对库兹涅茨煤田的煤层稳定性作过规定:稳定煤层其厚度偏离平均厚度的偏差值在勘探区内不超过15%~25%,较稳定煤层其偏差值不超过30%~50%。以后大量地利用数理统计中的变异系数来反映煤层稳定性。例如:

1958年B. H. Волюков在伯绍拉煤田用变异系数来评价煤层稳定性,确定出稳定煤层的变异系数为5%~25%,较稳定煤层的变异系数为25%~50%,不稳定煤层的变异系数为50%~75%,极不稳定煤层的变异系数大于75%。

1970年,Трофимов等提出,顿涅茨煤田稳定煤层的变异系数小于18%,较稳定煤层18%~35%,不稳定煤层大于35%。

1973年,М. Кучеренко在顿涅茨煤田用1km长度内煤层厚度变异系数来划分煤层稳定性(厚度点的平均间隔为6.1~16.4m),确定出稳定煤层变异系数小于5%,较稳定煤层的变异系数为5%~10%,不稳定煤层的变异系数为10%~20%,极不稳定煤层的变异系数大于20%。

1963年,Богачкин提出用煤层最大厚度与平均厚度之比值来确定稳定性,并把这一指标称为不稳定指数 H_n ,其标准是稳定煤层 $H_n < 2$,较稳定煤层 $H_n = 2.2 \sim 2.7$,不稳定煤层 $H_n > 2.7$ 。

1976年,В. М. Желинский对南雅库特煤田的煤层变化性进行研究,计算的变异系数都为45%~89%。如按上述各作者的标准,则都应划为不稳定或极不稳定煤层,但实际上很多都是属于稳定或较稳定煤层,其中主要是因为煤层厚度级的不同。像南雅库特煤田的这种厚煤层来说,即使厚度变化很大,也没有变薄至不可采厚度,故仍可列于稳定或较稳定的煤层。因此,当定量确定煤层稳定性时,应当按照煤层厚度级分别进行计算。

1973年,К. В. Мирнов认为确定煤层稳定性时,不但要考虑厚度分级,还要订一个范围。他确定了在不小于4km²面积内,煤层厚度偏离平均厚度的允许范围(表5.2)。同时认为,对厚煤层和特厚煤层,因为在井田范围内都可采,所以稳定性问题对勘探和开采的影响不如构造和开采技术条件重要,因此没有予以统计。

表5.2 煤层厚度偏离平均厚度的允许范围

煤层类型	薄煤层	中厚煤层
稳定煤层	30%	25%
较稳定煤层	35%	50%

大多数作者认为在定量表述煤层稳定性方面,不能单独用变异系数这一项指标,还需要寻找一些辅助指标,尤其是煤层是否变薄到不可采以及煤层结构的复杂程度等。如B. H. Волюков(1961)提出要附加可采性指数 K_m :

$$K_m = \frac{n'}{n} \times 100\%$$

式中, n' 为合乎可采厚度的钻孔数; n 为全部见煤钻孔数。

并规定:

①主要合乎可采标准的煤层, $K_m = 90\% \sim 100\%$,在井田范围内煤层厚度实际上没有降低到可采标准以下,这类煤层在详细勘探之后,得到的 $(A+B)/(A+B+C)$ 储量可大于50%。

②合乎可采标准的煤层, $K_m = 45\% \sim 90\%$,系指井田范围内的部分煤层厚度低于可采标准,详细勘探结果可以得到 $(A-B)/(A+B+C)$ 储量10%~50%。

③不合乎可采标准煤层, $K_m=0\% \sim 45\%$, 厚度在井田范围内部分或完全不合可采标准, 这一类煤层不能获得 (A+B) 级储量。

在研究煤层稳定性时, 应分别考虑煤层厚度分级、厚度变化系数和可采系数。为此, Волков 针对以上参数对煤层稳定性作了更详细的分类, 见表 5.3。

表 5.3 煤层稳定性划分方案 (据 Волков, 1961)

煤层厚度分级	煤层稳定性	变异系数 / %	煤层厚度值 'm			可采系数 K_m
			最小	平均	最大	
厚煤层 (最低平均厚度 3.5m)	稳定的	5~25	2.6~3.3	3.5	3.7~4.4	100
	较稳定的	25~50	1.75~2.6	3.5	4.4~5.25	
	不稳定的	50~75	0.87~1.75	3.5	5.25~6.13	
中厚煤层 (最低平均厚度 1.3m)	稳定的	5~25	0.97~1.2	1.3	1.41~1.63	100
	较稳定的	25~50	0.65~0.97	1.3	1.63~1.95	100
	不稳定的	50~75	0.32~0.65	1.3	1.95~2.28	≤ 100
薄煤层 (最低平均厚度 0.5m)	稳定的	5~25	0.38~0.48	0.5	0.52~0.62	< 100
	较稳定的	25~50	0.25~0.38	0.5	0.62~0.75	
	不稳定的	50~75	0.13~0.25	0.5	0.75~0.87	

同样 M. T. Сарсолов(1961)也用变异系数和可采系数来划分煤层的稳定性, 其标准见表 5.4。

一些学者还把概率论理论应用于统计煤层的稳定性, 如:

Трофимов 等(1970)统计了顿巴斯已开采的很多煤层, 发现煤层不同厚度值的分布, 在各个井田接近于正态分布

表 5.4 按变异系数和可采系数划分煤层稳定性表

煤层类型	变异系数 / %	可采系数 %
稳定煤层	0~30	95~100
较稳定煤层	30~50	95~100
不稳定煤层	>50	50~95
局部可采煤层	>50	0~50

(据 M. T. Сарсолов, 1961)

曲线, 他推荐利用正态分布函数 $F_x = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ 的数值表来计算, 对所获得的煤厚数据先

要经过 $Z = \frac{M_k - M}{\sigma}$ 方程式变换成标准正态分布曲线 (其中 M 为厚度平均值; M_k 为最低可采厚度; σ 为标准差)。计算所得的 Z 值要通过查表得出 M_k 在 $(-\infty, x)$ 区间的概率 $F_x = P\{-\infty < M_k < x\}$, 把它用 1 减去, 所得的数就是最低可采厚度的概率, 称为可采系数。他还规定了在顿巴斯条件下, 稳定煤层的可采系数为 98%~100%, 较稳定煤层的可采系数为 80%~98%, 不稳定煤层的可采系数 $< 80\%$ 。

Яковлев(1973)通过对顿巴斯西南部煤层厚度及灰分的研究亦认为这两参数的分布是正态的, 只有很小的不对称。他应用概率论确定煤层厚度的随机值 x 位于 x_1 和 x_2 之间, 那么其概率 $P\{x_1 < x < x_2\} = \frac{1}{2} [\Phi(t_2) - \Phi(t_1)]$ 。以此概率作为煤层可采性系数。 x 、 x_1 、 x_2 相

应地为一般厚度、可采厚度和最大厚度, 应用 $\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$, 以 $t_2 = \frac{x_2 - x}{\sigma}$, $t_1 = \frac{x_1 - x}{\sigma}$

值代入来确定在 t_1 、 t_2 区间的概率。他对顿巴斯西南部计算的结果,厚度可采性指标由 3.5% 到 99%, 灰分可采性指标为 42%~100%。厚度变化大于灰分的变化, 指标值高表示变化性小, 并提出对煤层稳定性的划分(表 5.5)。

以上对煤层稳定性的研究, 没有考虑含夹石层的情况和统计点的分布情况, 显然在定量确定煤层稳定性方面, 具体数据是有差别的。

Внуков(1976)采用更复杂的统计方法, 提出用三个参数来确定煤层形态的复杂性。如:

①煤层边界模数:

$$M_k = \frac{L_\phi}{4.7a + 1.5 \frac{S_\phi}{a} - 1.77 \sqrt{S_\phi}}$$

其中, a 为煤层边界轮廓长度(最大值)的一半; S_ϕ 为实际边界的面积; L_ϕ 为边界的周长。

通过对比 60 个以上煤矿资料的统计, 分别提出不同煤层的 M_k 值为: 简单煤层 $M_k = 1.0 \sim 1.4$, 复杂煤层 $M_k = 1.4 \sim 1.8$, 很复杂煤层 $M_k > 1.8$ 。

②煤层结构复杂系数:

$$K_c = 1 - \frac{M_n \cdot N_n}{M_y \cdot N_y}$$

其中, M_n 为岩石夹层的平均厚度; M_y 为煤分层的平均厚度; N_n 为岩石夹层数; N_y 为煤分层数。

K_c 值趋于零表示煤层结构复杂, 趋于 1 表示煤层结构简单, 等于 1 表示煤层中无夹石。

③煤层厚度变异系数 C_v 。

他把以上三个指标综合起来, 用 Φ 值来反映煤层形态的复杂性:

$$\Phi = \frac{C_v \cdot M_k}{K_c}, \text{即煤层形态变化大, } C_v、$$

M_k 值高, 而 K_c 值小, 则 Φ 值高。

根据苏联 49 个露天矿具体数据的计算结果, 用 Φ 值把煤层形态分为简单、比较复杂和复杂三类。结合具体构造类型, 提出各类型的煤层形态

Φ 值的数据见表 5.6, 各露天矿的具体指标值见表 5.7。

在定量表达煤层变化性方面, 由于要涉及厚度、结构、煤质、可采性指标、范围和数据点的分布等等许多因素, 因此很难用一具体数字来表达, 如果按照这一思路研究下去, 则所选用的参数和表达的方程式等将越来越复杂, 同时用一个具体数字来划分煤层稳定性级别会使复杂的问题简单化, 反而造成错误, 因此我们探索采用相对定量方法, 即利用数理统计中

的方差比法, 它是在计算了各矿区、各煤层的方差 S^2 ($S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$) 后, 用 $F = \frac{S^2(\text{大})}{S^2(\text{小})}$ 来计算每两煤层之间的方差比。由于把方差大的作分子, 方差小的作分母, 所以计算所得的 F 值恒大于 1。然后通过查数理统计中的 F 表, 来进行 F 检验。若方差比小于 $F_{0.05}$ 表中值, 说明

表 5.5 煤层稳定性划分

煤层变化性	可采性指标/%	
	厚度/m	灰分
高可采性	>75	>75
中可采性	50~75	50~75
低可采性	25~50	<50
很低可采性	<25	

表 5.6 各类型的煤层形态 Φ 值

构造类型	煤层形态分级 Φ 值		
	简单	比较复杂	复杂
简单 I	<0.2	0.2~0.7	0.7~1.0
比较复杂 II	<0.5	0.5~0.8	0.8~2.2
复杂 III	<0.35	0.35~0.55	0.55~1.0
很复杂 IV	<0.6	0.6~1.0	1.0~1.2

(据 Внуков, 1976)

表 5.7 有关煤田的具体指标值

矿区、煤层	变化性指标 C_v	结构复杂系数 K_c	边界模数 M_k	形态指标 Φ
Назаровск, 厚层	0.09	1	1, 2	0, 1
Талдинск, 78	0.14	0.89	1.1	0.1
Бардинск, 1	0.1	0.92	1.39	0.14
Березовск	0.14	1	1.12	0.16
Экибастуз, 1	0.16	0.94	1.1	0.18
Абанск, 厚层	0.17	0.96	1.2	0.2
Экибастуз, 2	0.2	0.88	1.88	0.25
Томск, 1у-у	0.22	0.82	1.38	0.35
Черновск, 3	0.4	1	1.0	0.4
Черемуховск, 上层	0.17	0.73	1.8	0.4
Татауровск, 3	0.37	0.9	1.1	0.45
Батаевск, 矿层	0.4	0.92	1.1	0.47
Аленинск, 次层	0.23	1	2.2	0.5
Ново-Дмитриевск, 平均	0.5	1	1.0	0.5
Красноярский, 11	0.37	0.84	1.1	0.5
Андреевск, 厚层	0.26	0.64	1.3	0.52
Тарбагатайск, Тигинск	0.4	0.91	1.2	0.52
Кедровско-Крохадеевск, Волчанск	0.35	0.92	1.46	0.55
Кедровско-Крохадеевск, Кемеровск	0.36	0.75	1.46	0.56
Александровск, 下层	0.19	0.56	1.8	0.6
Гордовск, 上层	0.54	0.81	1.1	0.6
Мугунск, 2	0.34	1	1.8	0.6
Васильевск, 3	0.41	0.78	1.2	0.6
Чинхельск, 厚层	0.62	1	1.1	0.68
Тарбагатайск, 新	0.5	0.94	1.2	0.7
Роттиховск, 赤褐色	0.55	0.91	1.2	0.72
Сисбино, 2	0.45	1.0	1.0	0.72
Харанерск, 新 1-a	0.4	0.94	1.8	0.73
Райчихинск, 顶	0.89	1	2.9	0.74
Восточно-Историческ, 2	0.43	1	1.8	0.77
Наратцайск, 2	0.39	0.9	1.8	0.78
Нижнеермеевск, 厚层	0.58	0.9	1.4	0.8
Волчанск, 上层	0.51	0.7	1.1	0.8
Тарбагатайск, 伴生	0.49	0.71	1.2	0.83
Норильинск, 厚层	0.7	1.0	1.3	0.96
Экинск, 厚层	0.68	0.8	1.2	0.9
Бихинск, 2-a	0.61	0.7	1.1	0.97
Бачатск, 厚层	0.71	0.98	1.5	1.0
Экибастуз, 3	0.4	0.4	1.1	1.05
Андреевск, 顶层	0.57	0.64	1.3	1.1
Хиткавичевск, 透镜体	0.63	0.6	1.2	1.1
Олень-Нийбирск, 18	0.7	0.96	1.5	1.0
Краснобродск, 焦层	0.8	0.9	1.6	1.4
Призерн, 厚层	0.74	0.73	1.2	1.3
Верхне-Архагалыск, 复杂层	0.7	0.9	1.8	1.4
Богославск, 矿层	0.66	0.5	1.2	1.6
Кашмурунок, Н. 厚层	0.6	0.9	1.8	1.6
Харанерск, 1	0.74	0.95	2.2	1.7
Коржаниск, 2 下层	0.69	0.78	2.5	2.2

两煤层之间变化性没有显著差别,可作为同样稳定性的煤层进行考虑。若方差比值大于 $F_{0.05}$ 表中值,但小于 $F_{0.01}$ 表中的值,则说明两煤层的变化性有差别,但不十分显著。若计算的 F 值大于 $F_{0.01}$ 表中的值,则两煤层的变化性有显著差别。现列出湖南 12 对矿井 14 个煤层两两之间方差比矩阵(表 5.8)。由表可见,资兴周源山、北平硐、南平硐、牛马司水井头、铁箕山井田的煤层属于同一种稳定性类别,新生觉光寺、马田爱河山Ⅲ_A煤、Ⅱ_B煤、煤炭坝竹山塘、牛马司、斗笠山、洪山鲤鱼塘的煤层又是另一种煤层稳定性类别,杨梅山新总井、杨总井煤层变化性最大,是单独的一种稳定性类别。用相对定量方法虽然不能具体地确定某一煤层其方差要多大才能算为稳定的、较稳定的或不稳定的煤层,但通过多个煤层之间相互比较,则可对具体煤层进行稳定性的分类。

表 5.8 不同井田煤厚点方差比值表

井田名称	资兴 周源山	资兴 北平铜	资兴 南平铜	牛马司 水井头	牛马司 铁箕山	金竹山 平铜 ■煤	金竹山 平铜 v煤	新 觉光寺	马田爱 和山 ■A煤	马田爱 和山 ■B煤	煤炭坝 竹山塘	牛马司 斗笠山	洪山 鲤鱼塘	杨梅山 新总井、 杨总井
资兴周源山	1	1.44'	1.25'	1.03'	2.32'	5.19	22.03	19.11	16.67	17.11	12.74	15.59	10.83	62.59
资兴北平铜		1	1.15'	1.19'	1.60'	3.59	13.26	13.23	11.54	11.85	8.82	10.79	7.50	43.33
资兴南平铜			1	1.22'	1.84'	4.12	17.50	15.18	13.24	13.59	10.12	12.38	8.60	49.71
牛马司水井头				1	2.24'	3.02	21.33	18.59	16.13	16.56	12.33	15.09	10.48	60.57
牛马司铁箕山					1	2.24'	9.53	8.26	7.20	7.39	5.50	6.23	4.68	27.04
金竹山平铜■煤						1	4.25	3.69	3.21	3.30	2.46	3.01	2.09	12.09
金竹山平铜v煤							1	1.15'	1.32'	1.29'	1.75'	1.41'	2.04'	2.84
新生觉光寺								1	1.15△	1.12'	1.50'	1.23'	1.77'	3.28
马田爱相山■A煤									1	1.03'	1.31'	1.07'	1.54'	3.76
马田爱相山■B煤										1	1.34'	1.10'	1.58'	3.66
煤炭坝竹山塘											1	1.22'	1.18'	4.91
牛马司斗笠山												1	1.44△	4.02
洪山鲤鱼塘													1	5.78
杨梅山新总井、杨总井														1
方差	0.27	0.39	0.34	0.28	0.63	1.40	5.95	5.16	4.50	4.62	3.44	4.21	2.92	16.90
样本数	27	20	13	32	23	55	43	30	41	100	16	27	46	30

注:△表示 $F < F_{0.05}$; *表示 $F_{0.05} < F < F_{0.1}$

第六章 煤层发育的地史演化

在地质历史发育过程中, 煤的聚积受古气候、古植物、古构造和古地理的制约, 在各个地质阶段聚煤作用的强度是有差别的, 例如本世纪早期 Степанов 就曾指出, 全世界有三个聚煤作用最强的时期和三个最弱的时期, 但是针对具体情况来说, 主要的含煤发育层段又有所不同。纵观各时代含煤地层的发育, 几乎可以说, 从泥盆纪开始有陆生植物以来, 各个时代只要古地理、古构造、古气候条件适宜, 均可能有煤的聚积, 只是聚煤作用强弱有别而已。各时代含煤地层的发育受不同阶段地壳发展总规律的控制, 因此造成煤层厚度、结构、分布、规模等方面以及煤质上的差别。

第一节 煤层发育的机理

一个煤层可延伸几百到上千平方公里, 但也可以只局限在很小的一个凹陷里。它是植物演化、气候变迁、地壳运动、海陆相沉积环境的差别等等原因造成的。

为什么同一煤层能延伸上千平方公里的范围, 这早在 50 年代 Жемчужников 和 Иванов 等学者就已指出, 是由于煤层形成在滨海的地带, 垂直岸线有不同的岩性组成, 由于海水的进退, 造成了煤层在垂直走向方向上有广泛的分布。以后 Иванов 还用这种海水进退的理论来解释煤层分岔的原因。从这一理论出发, 同一煤层是非同时期形成的, 与此相似, 各种岩性成分的层也是非同时期形成的。但近来发现煤层中有薄的高岭石泥岩夹层, 是火山灰堆积后转化而成, 因此其分布范围十分广泛。如果从这一现象出发来研究煤层, 则应该认为同一煤层形成时范围非常广泛。H. R. Wanless 也认为, 如果在大面积内煤层和其中的夹石层成平行分布, 表明煤层是同时期形成的。К. Г. Войновский-Кригер (1949) 通过伯绍拉煤田的研究, 认为煤层形成不是成带的, 而是在广阔的范围中形成的, 只有当煤层中的夹石和煤层的顶底板呈明显的斜交时, 才可认为是非同时期形成的。

现在普遍认为, 陆相的厚煤层分布范围有限时, 才是同时期形成的。至于广阔范围内同时期成煤的假说, 很难和近代滨海泥炭沼相对比, 因为这种广阔的范围在现代滨海地貌中很难找到, 那么是否古生代有如此广阔的滨海沼泽呢? 这是理论上未解决的。如果真是如此, 那么同一煤层沿走向和倾向的变化, 就不是海进和海退周期性变化所造成, 而是受水面变化和植物堆积速度等因素的制约。在这种广阔的滨海低地要成煤, 条件非常严格, 即水深不能超过 2m。石炭纪时期形成的煤层通常厚度不大。形成不同厚度煤层所需的这种环境延续的时间, 可以用以下方程式计算:

$$m = \frac{V \cdot T}{k}$$

则

$$T = \frac{m \cdot K}{V}$$

其中, m 为煤层厚度(现今厚度); V 为泥炭聚积速度; k 为泥炭到煤的厚度压实比; T 为泥炭沼持续时间。

设泥炭聚积平均速度为 1mm/a, 褐煤、烟煤、无烟煤的厚度缩减率相应地为 2.5、5 和 7, 则不同厚度的煤层聚积所需时间见表 6.1。

表 6.1 不同厚度的煤层聚积所需时间

单位: 千年

煤化作用 等 级	现今煤层厚度				
	1m	3m	5m	10m	100m
褐煤	2.5	7.5	12.5	25	250
烟煤	5.0	15.0	25.0	50	500
无烟煤	7.0	21.0	35.0	70	700

因此, 在剖面上煤层代表环境最稳定期间, 厚度虽薄但持续时间比等厚度的砂岩、泥岩和灰岩的时间都长, 那么这种持续上万年以至十几万年的稳定水位在历史阶段是否有可能, 这仍然是一个值得研究的理论问题。

目前倾向于这两种煤层形成的机理都存在, 所不同的是要对具体情况作具体分析, 不能一概而论。例如煤层厚度及结构都比较稳定的煤层, 通常倾向于同时期形成的; 而煤层有分岔及尖灭现象存在时, 则倾向于非同时期形成的。

第二节 沉积旋回和煤层的发育

含煤地层沉积旋回理论的发展, 已有近半个世纪的研究历史, 尤其在近海型的煤田中, 研究和应用最为普遍。А.КЕМУВ.ЖИЛИКОВ 等把含煤地层剖面中沉积物的多相组合, 有规律地多次重复出现, 称为旋回性。因此在含煤地层中旋回可以多次重复, 旋回内部各种岩相之间也具有规律的成因联系。在一个旋回中, 可以按照岩相序列分为海进相序和海退相序, 而煤层往往就是这二种相序的分界线。也就是说, 在剖面上煤层最发育的位置, 是海进和海退的过渡阶段。

含煤地层的这种旋回结构, 在区域上有一定的稳定性。因此, 对剖面进行旋回分析的方法, 往往用于煤层的对比。

旋回的形成可以是地壳振荡运动的结果, 也可以是河流侧向迁移、地下水面的升降, 甚至是气候周期性变化的结果, 但是现在大多数都是用地壳振荡运动来解释。

旋回结构和煤层厚度之间还没有发现规律性的联系, 但旋回的厚度与煤层厚度之间确存在某种统计的相关性, 即旋回厚度大时, 煤层也厚, 但旋回厚度大到一定程度时, 煤层厚度却要减薄。但是这种统计必须是有一定的前提的, 即含煤建造的成因类型必须是近似的, 不能把陆相山间盆地的与近海型边缘凹地的含煤建造放在一起进行统计。

早在 20 世纪 50 年代, 苏联学者就提出过含煤旋回结构和厚煤层发育的关系, 认为厚煤层发育在含煤地层的中部。但情况并不如此理想, 一些煤田主要的厚煤层发育在含煤地层的底部, 而另一些却在含煤地层的上部。厚煤层在含煤地层中的位置与盆地的发育演化有关。

根据我们观察研究, 在含煤地层中的旋回组合存在两大类, 即海进式旋回组合和海退式旋回组合。旋回组合的关系和盆地发育演化有关。通常, 含煤地层下部的旋回是以陆相沉积为主的, 上部的旋回海相成分增加, 这种旋回组合称为海进式旋回。反之, 含煤地层下部的旋回存在大量海相成分, 而往上的旋回中陆相成分增多, 这种组合称为海退式旋回组合。在这两种组合中, 往往厚煤层发育在其中的过渡阶段。例如:

①联邦德国下莱茵褐煤田，下部是海相成分较多的旋回，其中发育一些薄而不稳定的煤层，到上部河流相沉积物发育，旋回结构以陆相为主，其中煤层也不发育，而厚 105m 的主煤层则发育在其中的过渡性阶段(图 6.1)，这阶段地壳升降变化正好和植物堆积速度相当。

华北太原组与山西组含煤地层的旋回组合也具有这种特征。太原组是以海相为主的沉积旋回，山西组则是以陆相为主的沉积旋回。太原组下部和山西组上部的旋回中，煤层厚度都比较薄，而太原组与山西组的交界处形成的旋回，其中煤层厚度最大。

②山东黄县第三系始新统含煤地层下部大多数是由陆相沉积组成的旋回，到含煤地层的上部，沉积旋回中的海相成分增加，表明地壳升降运动逐渐地趋向由陆地到海洋，沉积的基底面深度逐渐加深。在这一含煤地层剖面中，稳定的厚煤层发育在其中下部。

第三纪有一些煤田的含煤地层结构简单，只有一个主煤层，主煤层以上就是厚度很大的较深水的沉积物，如油页岩、泥灰岩等。这时厚煤层就发育在上部。

旋回结构组合的研究，尤其是与煤层位置和厚度结合起来研究，要考虑地壳振荡运动幅度的大小、岩性岩相变化等，情况比较复杂，但无疑这是今后深入研究的方向。

在一个旋回中，煤层往往代表比较稳定的环境，因为煤层是在地面起伏变化不大的宁静时期聚积的。当泥炭聚积时，只要地形稍有起伏，沼泽环境就会改变，煤层就会相变为其他岩性沉积物，因此同一煤层延长几十到几百公里，在这样大的范围内要保持泥炭的聚积，地壳运动、地形变化必须非常稳定。因此在含煤地层的对比中，煤层本身就是一个良好的对比标志，尤其是厚煤层。如果利用煤层本身各种标志都不能把地层对比清楚，则利用其他标志层就更加困难了。在这种情况下，只好寻找局部的标志层(如砂岩)或其他较薄的更稳定的标志层(如高岭石泥岩等)。

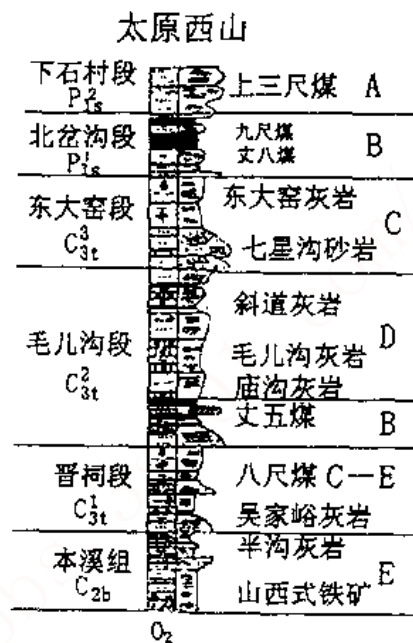


图 6.1 华北石炭-二叠系旋回组合
(据张韬等, 1995, 编者加)

A. 冲积平原沉积组合; B. 上三角洲平原—过渡带沉积组合; C. 下三角洲平原沉积组合; D. 三角洲前缘和前三角洲沉积组合; E. 边缘三角洲平原或障壁-泻湖沉积

第三节 含煤建造组合和含煤性

含煤建造组合是从含煤建造的整体出发，研究含煤层位、结构、厚度和建造发育的关系，研究含煤建造的形成和含煤性的关系。这是从宏观角度出发来研究含煤建造的组成，及其形成的构造-沉积环境。

含煤建造的研究，可分为几个步骤：

- ①研究含煤建造和上下地层(建造)的相互演替关系；
- ②研究含煤建造内部与含煤性组合的关系；

③通过以上研究,探讨含煤建造形成的构造发育。

一、含煤建造与上下地层(建造)的演替关系

含煤建造与上下地层(建造)的演替可以是渐变的和突变的,它具体反映在建造间的接触关系上。

1. 建造突变型

这是指含煤建造与上下地层层位关系均为不整合接触,或存在明显的界限,它又可区分为上下均为不整合接触和上下均有明显的相变两类。前者大多是中新世代的含煤建造,即含煤建造发育在强烈的褶皱作用基底上,含煤建造形成期间或以后,又为其他建造不整合所覆盖。例如吉林晖春煤田的始新世晖春群,不整合覆盖在上侏罗统之上,上覆地层就是第四系。河北张家口北部的汉诺坝组,是玄武岩夹煤的建造组合结构,与上下地层均为不整合接触,反映建造形成前后地壳运动比较强烈。后者如南方晚二叠世的龙潭组,其下界为早二叠世的茅口灰岩,上界为晚二叠世的长兴灰岩,均存在着岩相的突变现象。这同样表示沉积构造环境的不稳定,其中保存的煤层不是变化大,就是分布面积不广。

2. 建造渐变型

这是指含煤建造与上下地层的关系都是逐渐过渡的,不存在明显的界限,即使有界线,亦大多是冲积或沉积间断关系。例如陕北晚三叠世的延长群顶部为瓦窑堡煤系,与侏罗纪的富县组及延安组呈假整合逐渐过渡关系,延安组之上与不含煤的直罗组也是假整合接触。华北太原组和山西组含煤地层和本溪组成渐变关系,其上与石盒子组也是渐变过渡关系。又如云南晚三叠世的一平浪煤系与其下的乌格组及中下三叠统地层均是逐渐过渡,与其上的杂色禄丰组呈渐变关系。这种建造组合类型,含煤建造发育比较完整,可以表明这一盆地的构造沉积的演化,如果地层厚度较大,则煤层层数较多,但煤层比较薄。如地层厚度较薄,则可找到厚煤层。

3. 建造突变 渐变型

这种类型在我国最为常见,即含煤建造与下部地层呈不整合接触关系,但向上则逐渐过渡到不含煤的地层。华北东北普遍发育的中生代煤田,大多是这一种建造组合类型,例如内蒙石拐子煤田,早侏罗世的石拐群与下部三叠系呈不整合接触关系,但向上与中侏罗世长沟汉组则是渐变过渡关系。阜新、北票、京西以及第三纪的许多煤田,如黄县、抚顺、昭通、小龙潭等都属于这一类。这类建造组合常可发现厚的煤层。

二、含煤建造内部的含煤性组合

近年来,研究沉积环境模式和煤层发育的关系都企图寻找在含煤建造内部含煤性发育的特征,确定出含煤层段的位置,预测煤层的层位、厚度和分布。根据岩相-旋回分析法,从建造整体出发,可以区分出海进式旋回序列和海退式旋回序列。前者如黄县煤田,第三纪含煤组由下而上,旋回结构中海相成分逐渐增多,是代表盆地由浅向深逐渐演替的过程。后者如华北地区的太原组、山西组到石盒子组地层,旋回中海相组成逐渐减少,以致最终全为陆相地层所组成,是海水逐渐退却的结果。德国下莱茵煤田上第三系在聚煤期间是滨海沼泽环境,以后转变为以陆相河流沉积为主的建造组合,煤的聚积也就停止了。这种近海型的煤田,煤层最厚、分布范围最广的层位,通常是在含煤地层由海到陆,或由陆到海的稳定过渡阶段。

但是纯陆相的含煤建造内部,尤其是第三纪煤田,由于建造内旋回不发育,因此建造分析方法应有所不同。根据我国第三纪煤田的建造组合特征,结合含煤性预测,可以划分出三

种含煤建造组合,即:三段式、二段式和玄武岩夹煤结构组合。

1. 三段式结构组合

这类含煤建造明显地具有三分性,按岩性岩相组合对含煤地层分为三段,即下段为粗碎屑沉积物,有时夹有火山岩及薄煤层;中段或者是一层特厚煤层,或者是砂页岩与煤层的互层;上段通常为泥岩、油页岩等细碎屑沉积物,也可以是代表冲积、洪积的粗碎屑沉积物。这三段相应地代表盆地沉积的三个阶段,即下段代表盆地的补偿期沉积,对凹凸不平的基底起填平补齐的作用;中段为沼泽化成煤期,代表以河湖沉积为主体的、在纵向或横向上的区域性沼泽化聚煤;上段为后沼泽化期,或者代表盆地覆水加深形成湖泊而终止聚煤,或者是冲积、洪积作用加强使沉积大于盆地沉降而聚煤作用终止,使盆地整个充满了各种粒度的碎屑沉积物。这种建造组合,常有特厚煤层的发育,例如抚顺、昭通、小龙潭等煤田都具有这种建造组合(图 6.2)。

2. 二段式结构组合

这类含煤建造是在煤盆地基底已准平原化,或在大盆地的边缘地形平缓地区接受的沉积,盆地基底补偿期沉积不发育,因此只发育有沼泽化期和后沼泽化期。在建造沼泽化期的下部,由于微地形的差异,煤层可以较厚,但连续性差,或者厚度比较薄。这类含煤建造通常不含特厚煤层,并且煤层层数较多。如后沼泽化期沉积受到后期风化剥蚀,则所保存和能够揭露的就只有一个沼泽化期的沉积,因而表现出来的就是整个含煤建造由上到下均含有煤层。例如吉林晖春煤田、云南嵩明杨林煤田(图 6.3)。

3. 玄武岩层夹煤的结构组合

我国晚第三纪玄武岩在东部很发育,已知在福建、浙江、内蒙古、河北、山西都有这类结构的含煤建造,它代表在玄武岩喷发的间隙期,在地势低洼处聚煤。通常煤层厚度薄,且分布范围局限。例如山西繁峙有五层玄武岩,其中四层玄武岩之间夹有煤层,煤层最大厚度 1.5m。浙东玄武岩也有五层,但其中含煤的只在下部一、二玄武岩层之间(图 6.4)。

三、含煤建造组合的构造—成因意义

根据含煤建造组合特征,可以赋予建造成因的构造发育意义。旋回结构清楚的近海型煤田,总体上可用地壳的波状振荡运动来解释,局部可用沉积环境变迁、河流的侧向迁移等来解释。但对于旋回发育不明显,或侧向变化巨大的陆相含煤建造就会有很多困难。这里仅从总结具有特厚煤层(厚度大于 40m)的建造组合,提出以下几种建造组合类型,它和盆地的发育演化有一定的联系。

1. 缓慢沉降型

这是含煤盆地在缓慢沉降过程中所聚积的含煤建造,因此建造的组合特征基本上为三段式,即下段为砂砾岩沉积,有时伴有火山碎屑岩,或者夹有薄煤层;往上是一层特厚煤层,或者复杂结构的煤层组,煤层厚度比较稳定,在盆地范围内,煤层厚度虽有变化,但很少出现分岔现象;特厚煤层沉积后,继之沉积了一套巨厚的油页岩、泥岩或泥灰岩。例如昭通煤田,上新世的含煤地层不整合地沉积在二叠系和三叠系碎屑岩或石灰岩之上,整个含煤地层分为三段:下段是基底砾岩,厚 20~30m,只分布在盆地的低洼处。中段是含煤段,下部是泥质岩和炭质泥岩的互层,厚 70~80m;上部是一特厚煤层,煤层厚度可达 190m,煤层中间夹有几层泥质岩的夹研。上段是泥质岩段,为厚层泥岩夹砂质粘土,出露厚度在 130m 以上。辽宁抚顺(图 6.5)、沈北,云南昌宁湾甸、罗茨大猪街煤田等都是这一类型,这类含煤建造组合有

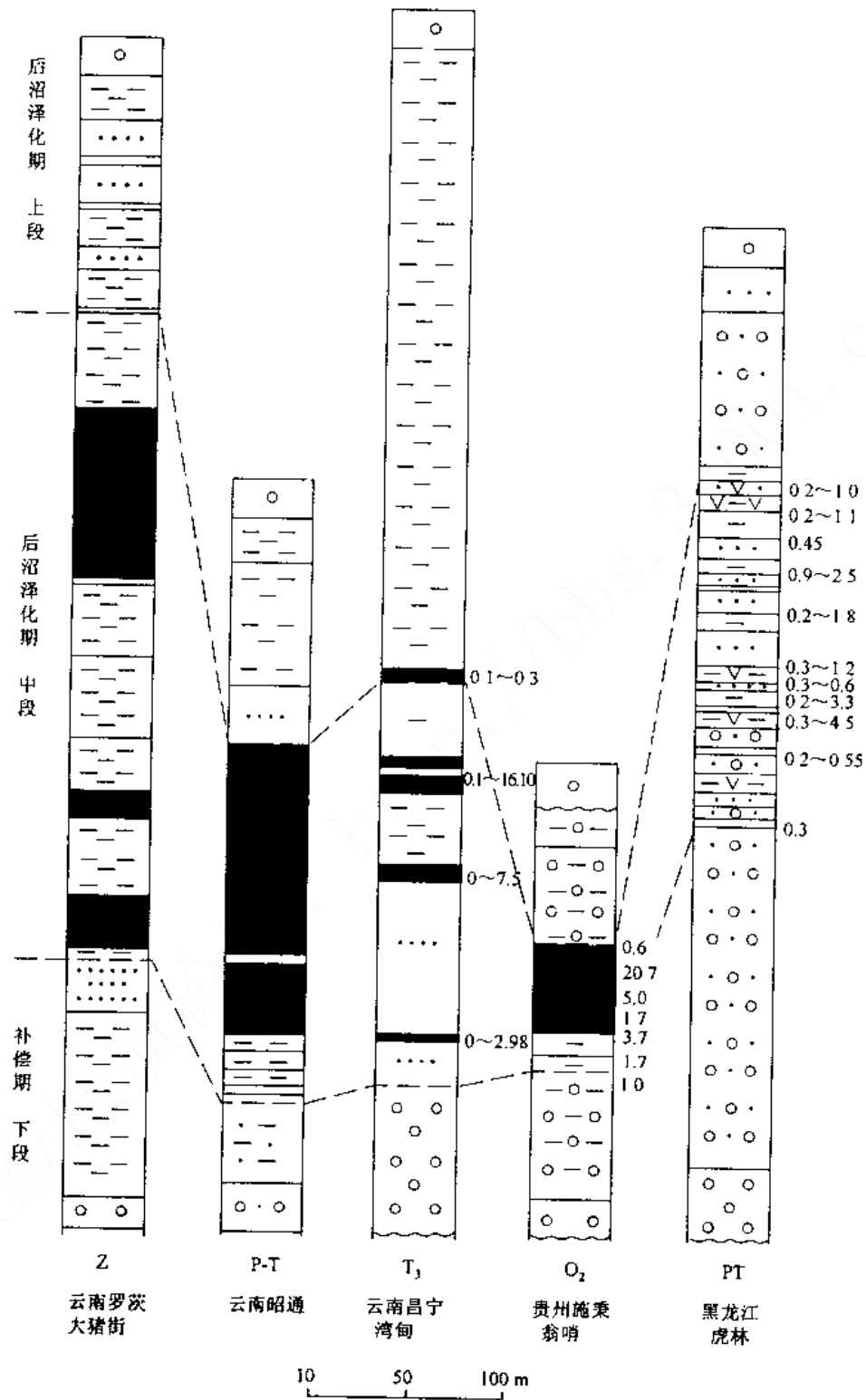


图 6.2 三段式含煤地层结构组合

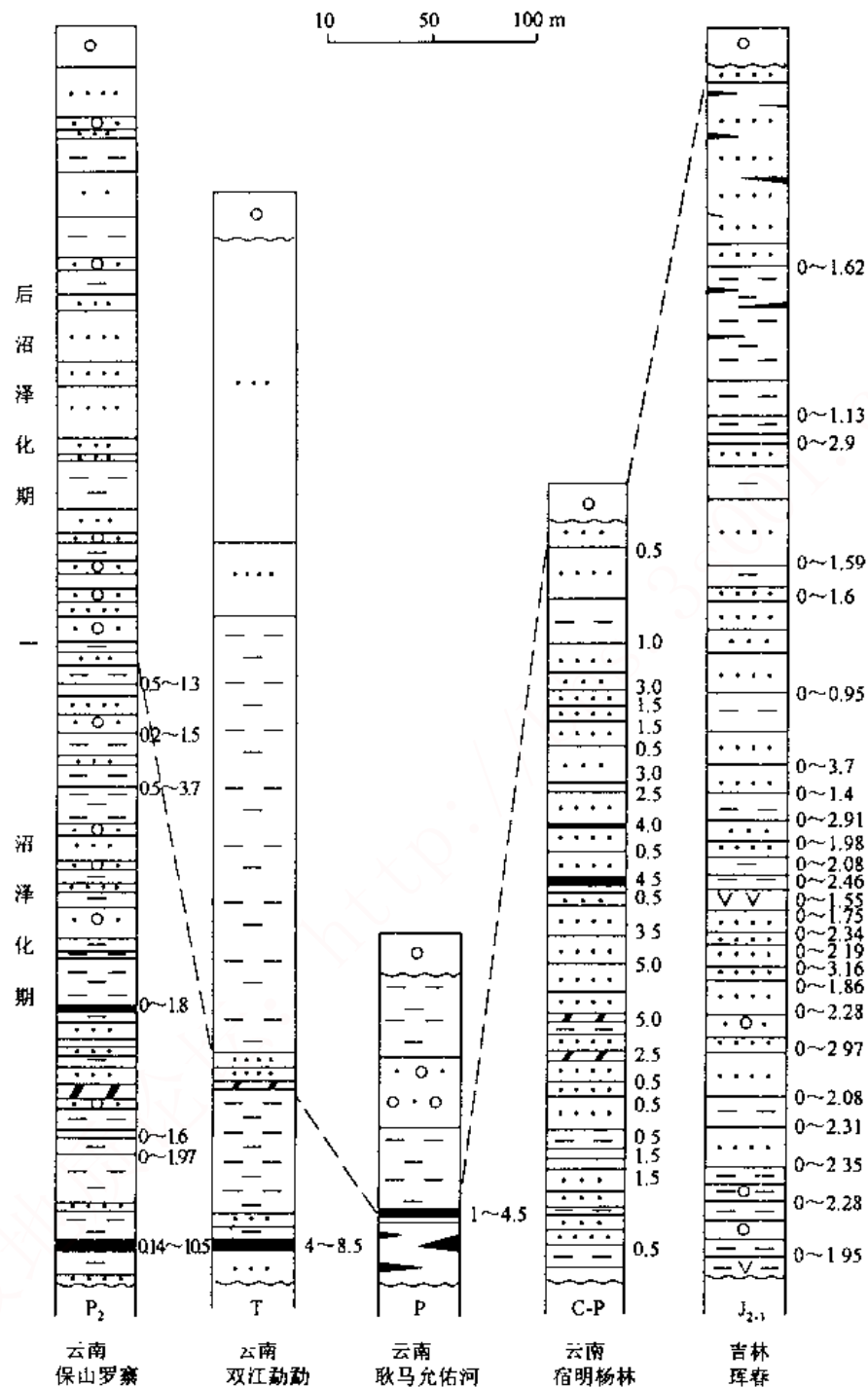


图 6.3 二段式含煤地层结构组合

以下共同特征:

- ①特厚煤层位于所有煤层的最上部, 或者整个建造只有一层特厚煤层;
- ②煤层厚度大, 煤层顶板的泥质岩、油页岩、泥灰岩等不但厚度大, 并且稳定;
- ③特厚煤层往往在盆地中央最厚, 向两侧逐渐变薄, 没有显著的煤层分岔现象;
- ④含煤建造的基底补偿期沉积非常复杂, 不但厚度变化大, 岩相变化也大, 有时还有火

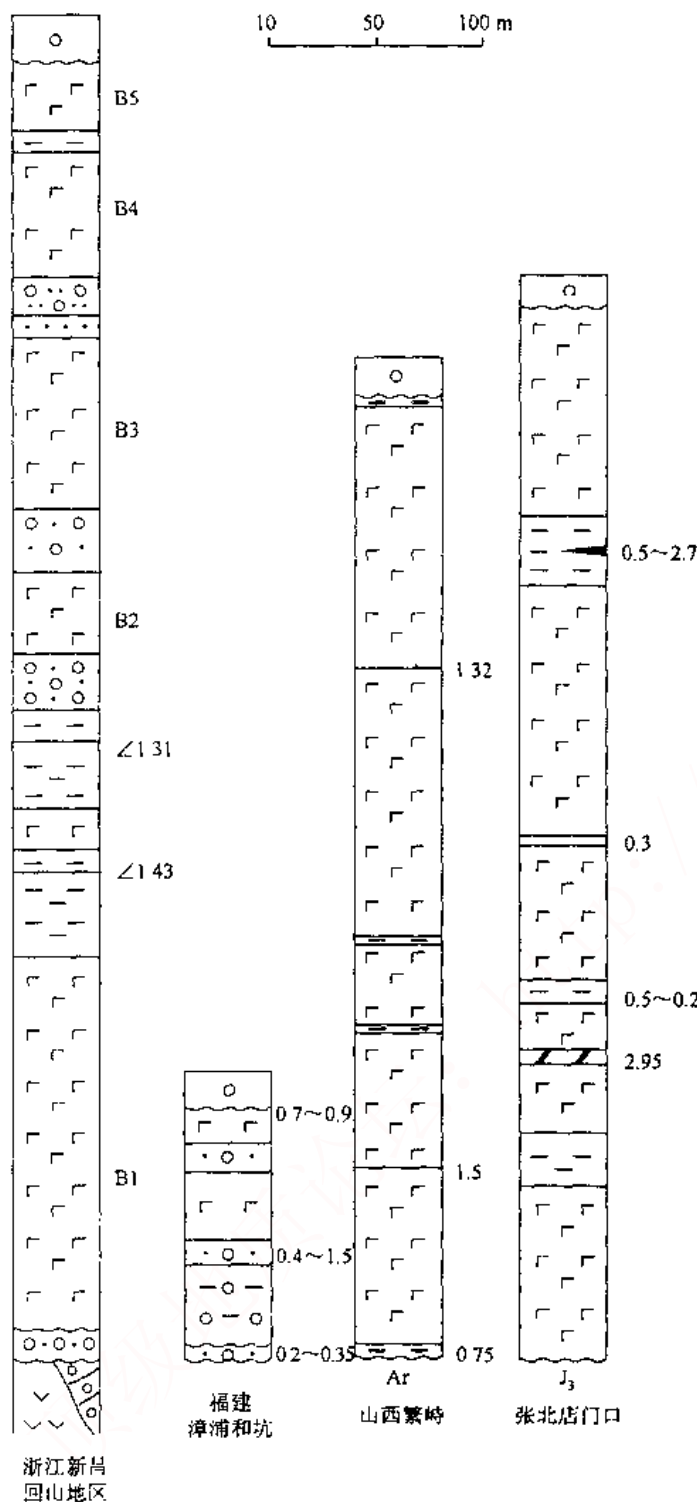


图 6.4 玄武岩夹煤地层结构组合

状，特厚煤层只在局部地段发育，有时下止一层。这种类型可以阜新煤田(图 6.6)和元宝山煤田为代表。例如元宝山煤田，晚侏罗世元宝山组，含煤六组，五、六煤组全区发育，其中红庙露天区，五、六煤组均为复杂结构煤层，五煤组由 6~32 个煤分层组成，六煤组由 13~60 个煤分层组成，整个含煤建造所含的粗碎屑沉积物丰富，且相变大，煤层分岔尖灭显著。这

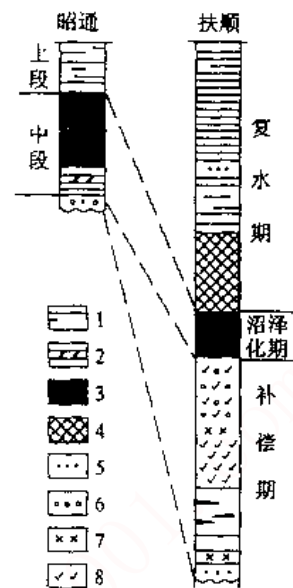


图 6.5 昭通和抚顺煤田的含煤建造组合和盆地沉降期划分

1. 泥质岩；2. 炭质泥岩；
3. 煤；4. 油页岩；5. 砂岩；
6. 砾岩；7. 玄武岩；8. 凝灰岩

山碎屑岩的沉积和火山喷发岩的存在；

⑤由下而上沉积范围扩大，因此即使特厚煤层在几个盆地沉积的范围内不连续，但上覆的覆水期沉积物如泥质岩、油页岩等的分布却可以延展很广。因此若根据上覆的覆水期沉积物来推断下部的特厚煤层，有时要落空。

2. 差异沉降型

盆地发生差异沉降活动，并伴随有火山活动，整个含煤建造沉积物都比较粗，且相变大，在盆地边缘还可以有盆缘断裂，而形成冲积扇带，盆地内部也有同沉积断裂而导致岩相及地层厚度的突变。煤层分岔显著，且常呈马尾

类含煤建造的共同特征为:

①特厚煤层在建造中没有固定的位置,但常见于建造的中部或下部,而很少在顶部或上部,特厚煤层厚度变化大,结构较复杂,分岔尖灭显著,常呈马尾状分岔;

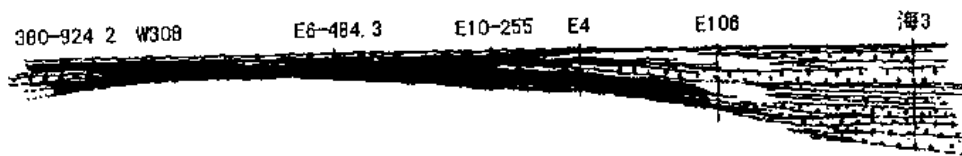


图 6.6 阜新海州组阜新组太平煤层群沉积剖面示意图 (据辽宁 103 队)

②整个含煤建造粗碎屑沉积物所占比例很高,并经常呈各种粒级砂岩的互层,泥质岩只发育在含煤层段附近;

③特厚煤层在盆地中的位置,不是在中央或边缘,而是在中央一边缘的斜坡位置;

④火山喷发岩可以在含煤建造的各个组段中找到。

3. 节奏沉降型

按盆地运动性质还可分为两个亚型:

(1) 均衡节奏沉降亚型: 盆地在含煤建造缓慢地沉降过程中,具有波状起伏的差别,因而表现有韵律的结构,韵律越发育,其中所含的煤层厚度就越薄。例如云南昌宁红星矿区的中新世含煤建造(图 6.7),甘肃华亭煤田的早中侏罗世含煤建造,其共同特征为:

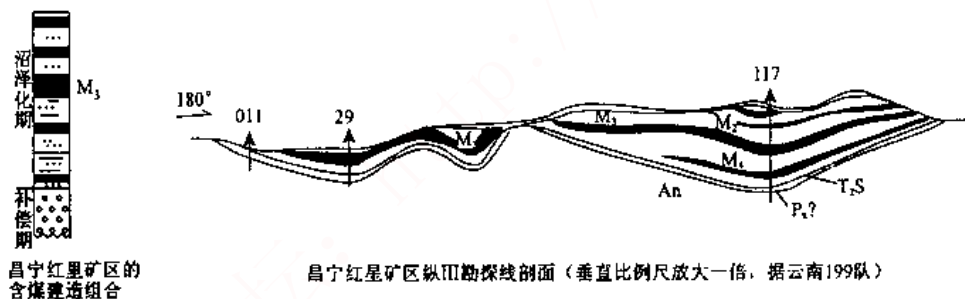


图 6.7 云南昌宁红星矿区的中新世含煤建造

①含煤建造煤层层数多,而煤层厚度相对较薄,特厚煤层往往在建造组合的中部,少数在下部,盆地中央煤层厚度大;

②含煤建造的基底补偿期不发育,甚而还可以与下部地层成逐渐过渡的接触关系;

③煤层分岔不明显,或只在盆地边缘出现;

④后沼泽化期的岩性组合比较复杂,经常是砂泥质岩或各种粒级砂岩的互层,或受到剥蚀。

(2) 差异节奏沉降亚型: 盆地在沉降过程中,不但有快、慢节奏的特点,并且在地区上

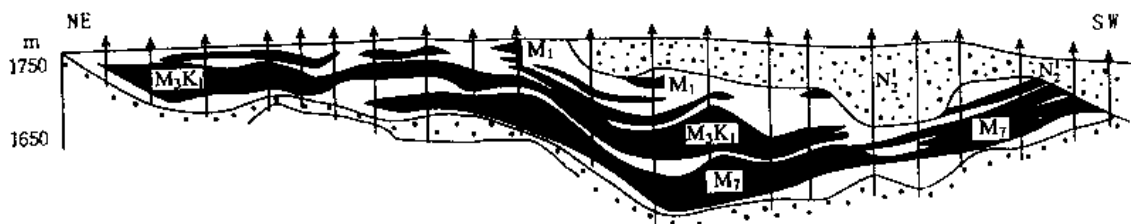


图 6.8 云南宜良马街矿区沿走向的剖面图 (垂直比例放大一倍, 据云南九队)

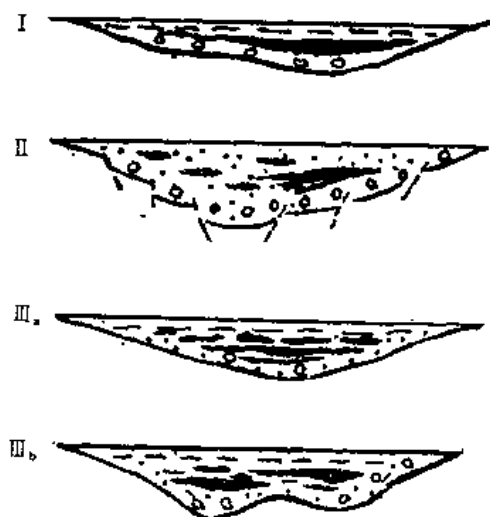


图 6.9 三类四型建造组合的沉积盆地模式示意图

I. 缓慢沉降型; II. 差异沉降型;

III. 均衡节奏沉降亚型; IV. 差异节奏沉降亚型

沉降的速度还有差别, 因而不但碎屑岩比较发育, 在沼泽化期还有韵律性, 使煤层不但层数多, 同时分岔尖灭现象显著。例如云南景东大街、南华吕合、宜良马街等的中新世含煤建造 (图 6.8), 其共同特征为:

①特厚煤层位于含煤层段的中部, 煤层有分岔现象, 并且由于差异的沉降, 使煤层的沉积中心有迁移;

②含煤段碎屑岩组分, 特别是粗碎屑的沉积不太发育;

③盆地边缘有时有盆缘断裂, 沉积物显著变粗。

④含煤建造补偿期比较发育, 不但有粗碎屑沉积物, 而且厚度差别大, 一些煤田还有火山喷发岩。

综上所述, 这种特厚煤层的含煤建造组合上的差别, 主要是由于盆地沉降速度、幅度等的差别所引起的。对上述三类四型含煤建造组合, 可以提出相应的沉积盆地模式 (图 6.9)。

第四节 区域构造和含煤性

区域构造控制了沉积盆地的沉降条件, 从而也影响到含煤性。众所周知, 构造变动大的煤产地, 煤层层数多而薄, 相反, 构造变动小的煤产地, 煤层层数少而厚。原苏联学者在研究不同盆地形成的大地构造条件后, 列出了各种构造条件下含煤建造的特征。现列出 K. B. Мирфонов(1977)提出的不同煤田的构造成因类型, 其中对各类型煤田列举了一些实例, 表明其主要可采煤层厚度的情况 (表 6.2)。

表 6.2 苏联不同煤田的构造成因类型

成因类	型	煤田、煤产地	主要可采煤层
地槽		Елоринско-каменск	厚度 1~2m 的煤层少于 10 层, 由于构造因素, 煤层厚度由不可采到 5~10m, 结构简单
		苏昌	厚度 0.7~1.3m 煤层少于 15 层, 由于构造和岩浆活动因素, 煤层厚度变化大, 结构简单到中等
后地槽	边缘拗陷	顿涅茨	0.7~1.5m 煤层 20~30 层, 结构简单到中等
		伯绍拉	厚度 0.7~2.5m 煤层 10~15 层, Рудницк 亚组煤层结构简单到中等, 上伏尔库塔亚组煤层结构很复杂
		林斯克煤田滨维尔花扬部分	煤厚 0.7~2.4m, 结构简单到中等

续表

成因类型		煤田、煤产地	主要可采煤层
后槽地	继承性坳陷	卡拉干达煤田	厚度 2~6m 煤层少于 20 层, Долинск 组煤层结构中等, 其他组煤层很复杂
		Самарск 煤产地	厚度 1~1.5m 煤层 7 层, 煤层结构中等和很复杂
		Кучкинский 煤产地	3 层煤, 厚 12~14m, 结构很复杂
		库兹涅茨	巴拉洪组煤层少于 30 层, 厚度 2~10m 之间, 结构复杂。库列楚根组煤层少于 50 层, 厚度中等, 2~5m 之间, 结构简单和中等
		Горловск 煤田	厚度 2~5m 煤层少于 15 层, 根据结构影响程度有变化, 结构复杂
	上叠盆地	米努辛煤田	厚度 1.3~6m 煤层少于 40 层, 厚煤层结构很复杂, 薄煤层结构简单和中等
		爱基巴斯图斯煤田	厚度 20~90m 煤层 4 层, 下煤层结构很复杂, 上煤层结构中等
		Бурейск 煤田	厚 1~5m 煤层少于 20 层, 厚煤层结构很复杂, 薄煤层结构简单或中等
		绥芬煤田	1 层煤, 平均厚 2.6m, 厚度变化由不可采到 7m, 结构很复杂
		莫斯科近郊煤田	1 层煤, 厚 1.4~2.8m, 厚度有变化, 不稳定, 结构复杂
地台	陆向斜	伊尔库茨克煤田 (东北部)	煤层 1~3 层, 厚 2~10m, 厚度有变化, 结构复杂和不稳定
		通古斯煤田 Порныйск 区	煤层少于 12 层, 厚度 1~5m, 结构简单和中等, 在厚煤层中有岩浆岩侵入
		伊尔库茨克煤田 Новометелкинский	煤层少于 5 层, 厚 2~14m, 厚度有变化, 结构复杂, 煤层沿倾斜分岔
	边缘地带的山前坳陷	通古斯煤田 Кокуниск 煤产地	上部煤层 20 层, 平均厚度 61m, 结构中等
		第聂伯尔煤田	煤层 1~2 层, 层状及透镜状, 结构复杂, 平均厚度 3~6m (<25m)
		南雅库特煤田	Чульмаканск 产地 5~7 层煤, 厚 0.3~3.5m; Нежонринск 煤产地 1 层煤, 厚 25m, 结构简单至中等
	地台上的侵蚀构造盆地	外贝加尔湖煤产地	1~18 层煤, 厚 1~10m (个别地区达 40m), 结构中等至复杂
	造山期后盆地	车里亚宾斯克煤产地	厚煤层 (60~200m) 沿倾向很快分岔至厚 1~3m 的煤层, 结构很复杂
		Убояанск 煤产地	煤层厚度 10~70m, 结构复杂
		Угловск 煤田 Майхинск 煤产地	厚度 1~2.5m, 煤层少于 8 层, 有分岔和合并, 煤层厚度和结构变化大, 结构复杂
年青地台	继承性盆地	Майкубенск 煤田	煤层少于 4 层, 层状, 沿倾向分岔, 厚度在露天处增加, 由分岔部分 10~20m 到 100m
		Улукхемск	1 层煤, 厚 3~8m, 结构中等复杂
		坎斯克-阿钦斯克煤田	1 层煤, 厚 15~100m, 主要部分结构简单
	继承性盆地	中亚煤产地	厚的层状煤, 厚度 10~30m, 个别有 1~3 层和达 7~10 层, 厚 1~4m。结构复杂
		乌拉尔东坡 Серовск 煤产地	2~3 层层状煤, 沿倾向分岔, 未分岔区煤厚 10~20m, 分岔区厚 <150m

续表

成因类型		煤田、煤产地	主要可采煤层
地台	上叠盆地	南乌拉尔煤田	煤层 1~3 层, 透镜状, 平均厚 5~20m (个别达 100m 或更大), 结构简单和中等
		Новодмитровск 煤产地	煤层少于 5 层, 透镜状, 结构复杂, 煤层主要部分厚 60m, 其他部分 4~10m
	陆间斜地	Кивдо-Ранчихинск 煤产地	煤层 2 层, 厚 5~6m 和 1~2m, 结构简单
		Свободное 煤产地	煤层 4 层, 厚 3~5m; 1 层厚 10m, 大部分结构简单
	非构造盆地	比金煤产地	煤层少于 15 层, 厚 2~10m, 结构很复杂
		Ланьовск 煤产地	层状煤, 厚 14~33m, 结构简单

从表 6.2 可看出, 不同成因类型煤田, 在含煤性上有差别, 表现在煤层层数、厚度和结构等方面。如边缘拗陷的顿涅茨煤田煤层有 20~30 层, 但厚度均较薄。而地台类的不同煤产地, 煤层层数少, 但煤层厚, 结构复杂, 有的还分岔, 变化性大, 但再进一步研究, 要过细地划分构造类型并研究其含煤性就比较困难。

Bless 等统计了西欧石炭纪煤田的含煤地层厚度和煤层总层数的关系, 并制成图 6.10。表明山间盆地含煤地层厚度大, 但煤层层数少, 而地台或前缘盆地煤层层数多, 地层亦厚。

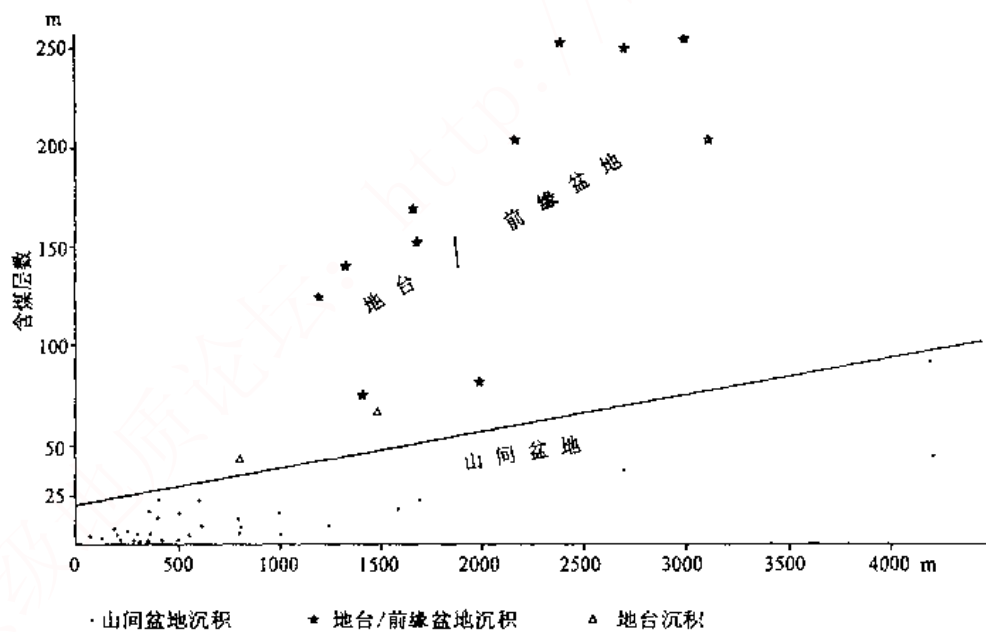


图 6.10 山间盆地和地台或前缘盆地内含煤地层厚度与含煤层数的关系

• 山间盆地沉积; ★地台或前缘盆地沉积; △地台沉积

(据 Bless 等)

如再按含煤地层厚度和最厚煤层的厚度进行统计(图 6.11), 则山间盆地的地层厚度小, 但煤层很厚, 而地台或前缘盆地的地层厚度大, 但煤层薄。如果仅仅利用这些资料, 很难看出构造和含煤性的具体关系, 尤其是在煤富预测中, 希望能找出构造对煤层厚度的控制关系, 因此必须分析预测区的区域构造活动性和局部构造变动对煤层的影响。

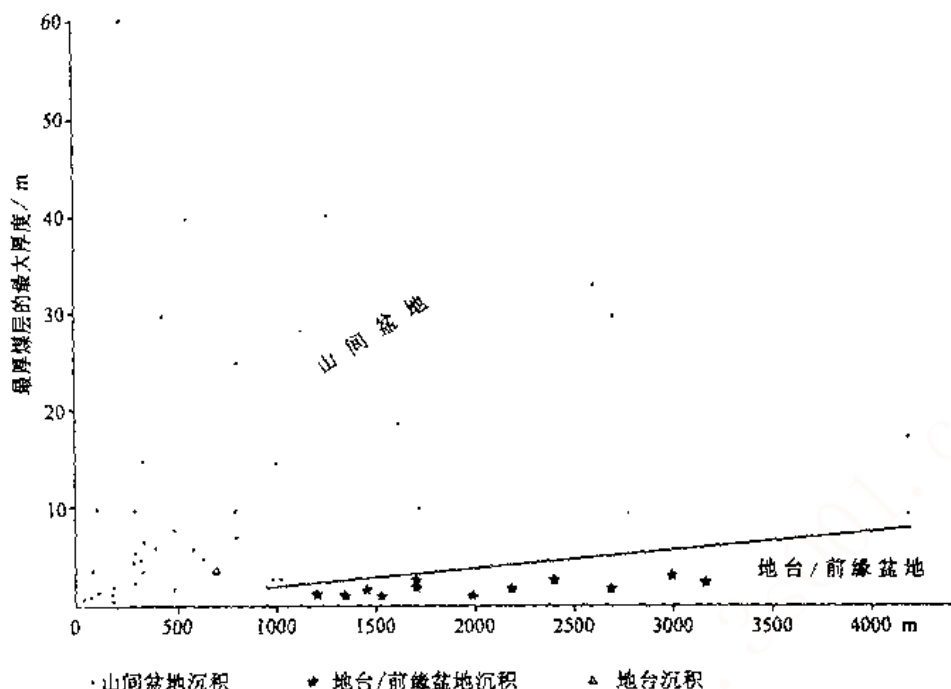


图 6.11 山间盆地和地台或前缘盆地内含煤地层厚度与最厚煤层厚度的关系
(据 Bless 等)

地质构造活动性对煤层是有影响的。一般认为，构造活动性影响含煤地层沉积环境，而沉积环境控制了含煤性的变化。

通常要进行以下分析：

- ①区域构造活动性对含煤地层的厚度、煤层层数和煤层厚度的影响程度；
- ②局部构造（指同沉积断裂和褶皱）对含煤地层、煤层的厚度分带的影响程度；
- ③后期构造变动对煤层厚度的具体变化细节的影响程度。

现以云南第三纪煤田的分布和构造对含煤性控制为例加以具体的说明：

①云南地区以红河—元江断裂为界，可分为东北与西南两部分。东北部分区域的总体构造活动性较弱，在晚第三纪时期，发育了不少大小不等的煤盆地，其中在聚煤期构造活动性微弱，有巨厚煤层聚积，例如昭通煤田煤层最大厚度达 190m，小龙潭煤田煤层厚度可达 223m，先锋煤田煤层厚度达 262m，吕合煤田煤层厚度 52m。宜良马街单层煤厚达 60m，四个煤层总厚最大达 122.2m。但红河—元江断裂以西，迄今没有发现厚的煤层，最大的煤田储量亦只有 5000 万 t 左右，一般只有几百万吨。显示了区域地质构造的影响。

②区域的断裂控制了煤盆地的发育。纵观云南全境可发现存在一系列近南北向的断裂，煤盆地大多沿断裂带分布，例如曲靖断裂（曲靖、越州、陆良盆地）、小江断裂系（西昌、东川、嵩明、寻甸、宜良、马街、可保、建水等盆地）、普渡河断裂（昆明、玉溪盆地）、罗茨断裂（罗茨盆地）、元谋断裂（元谋盆地）、程海断裂（程海、宾川、祥云盆地）等（图 6.12）。以上断裂都是长期发育，并影响含煤建造的沉积和煤层的发育。从沿断裂分布的一些煤田来看，凡是盆地和断裂带平行，且长宽比大于 5:1 的盆地，含煤性往往较差。盆地方向和断裂以一定角度斜交的含煤性较好。而含煤性发育最好的是在盆地内受古地形隆起所分割的小凹陷内，

这些小凹陷往往是一个独立的聚水盆地(堵流盆地)。有的堵流盆地和断裂的关系不密切,仅受古地形控制。

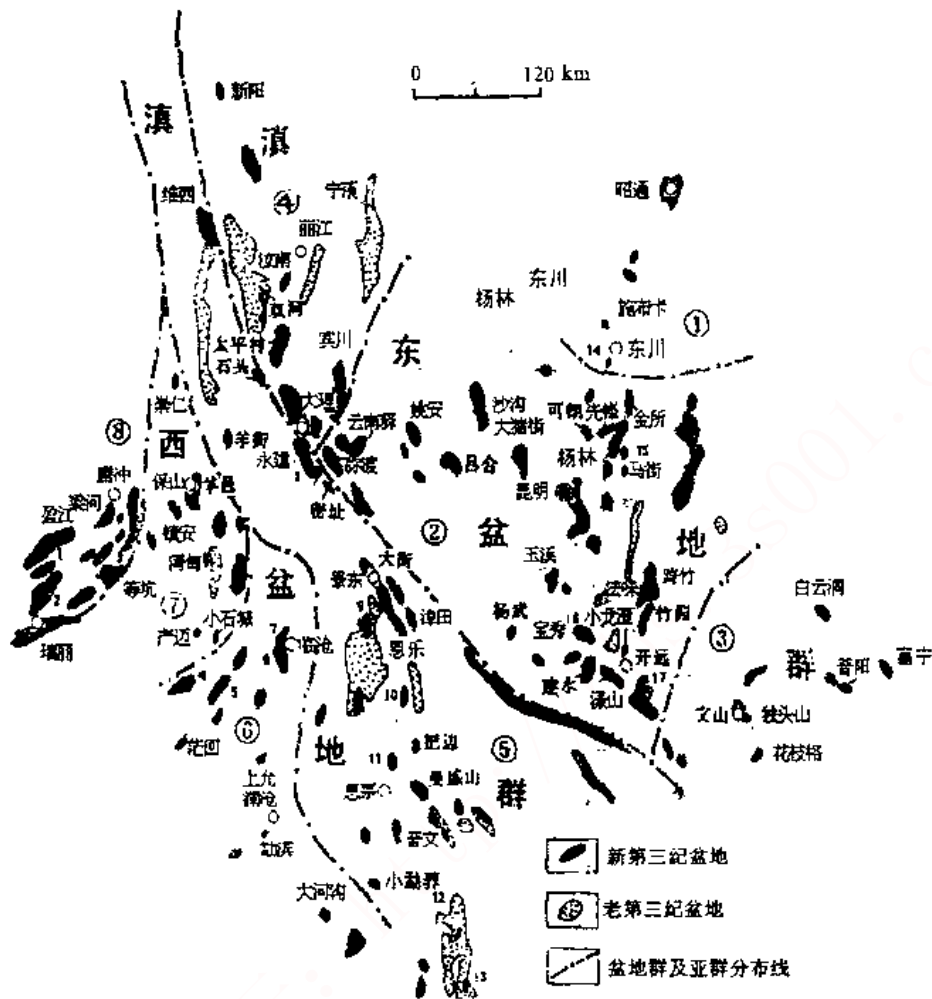


图 6.12 滇东、滇西盆地群(云南省部分)及亚群分布图

①昭东盆地; ②昆明盆地; ③文富盆地; ④丽大盆地; ⑤景思盆地; ⑥临沧盆地; ⑦保水盆地; ⑧其他盆地;

1. 户撒; 2. 陇川; 3. 江东; 4. 勐定; 5. 允佑河; 6. 冷背背; 7. 大板树; 8. 永平; 9. 大旱地; 10. 民乐; 11. 普
洱; 12. 勐腊; 13. 尚岗; 14. 乌龙; 15. 小新街; 16. 小沟治; 17. 雨远铺

③红河-元江断裂以西的广大地区, 总体来说构造活动性强, 煤盆地的含煤性发育差, 但是详细研究其中受断裂分割的各个块段, 其活动性也有差别。根据所划分的五个块段(图 6.13), 其中临沧-澜沧复背斜, 是相对较稳定的块段。一些发育在晚古生代-中生代岩浆岩基底之上的煤盆地, 如凤庆大乃琪、云县、临沧等, 含煤性普遍较差, 储量只有几百万吨。但是沉积在中生代平缓褶皱基底上的煤盆地, 含煤性较好, 如澜沧勐洪, 有三层煤, 已获 6000 万 t 煤储量, 煤层最大厚度达 19.62m。耿马允佑河盆地有四层煤, 最厚煤层达 5m。澜沧上允盆地一层结构复杂煤层, 厚度 0.02~19.54m, 平均厚度达 10m, 也获得了 3000 万 t 煤储量。双江勐定盆地的主要煤层在露天采区厚 8~9m 等。这表明在构造活动地区也可能找出构造相对稳定地块, 其中可能有较厚的煤层聚积。

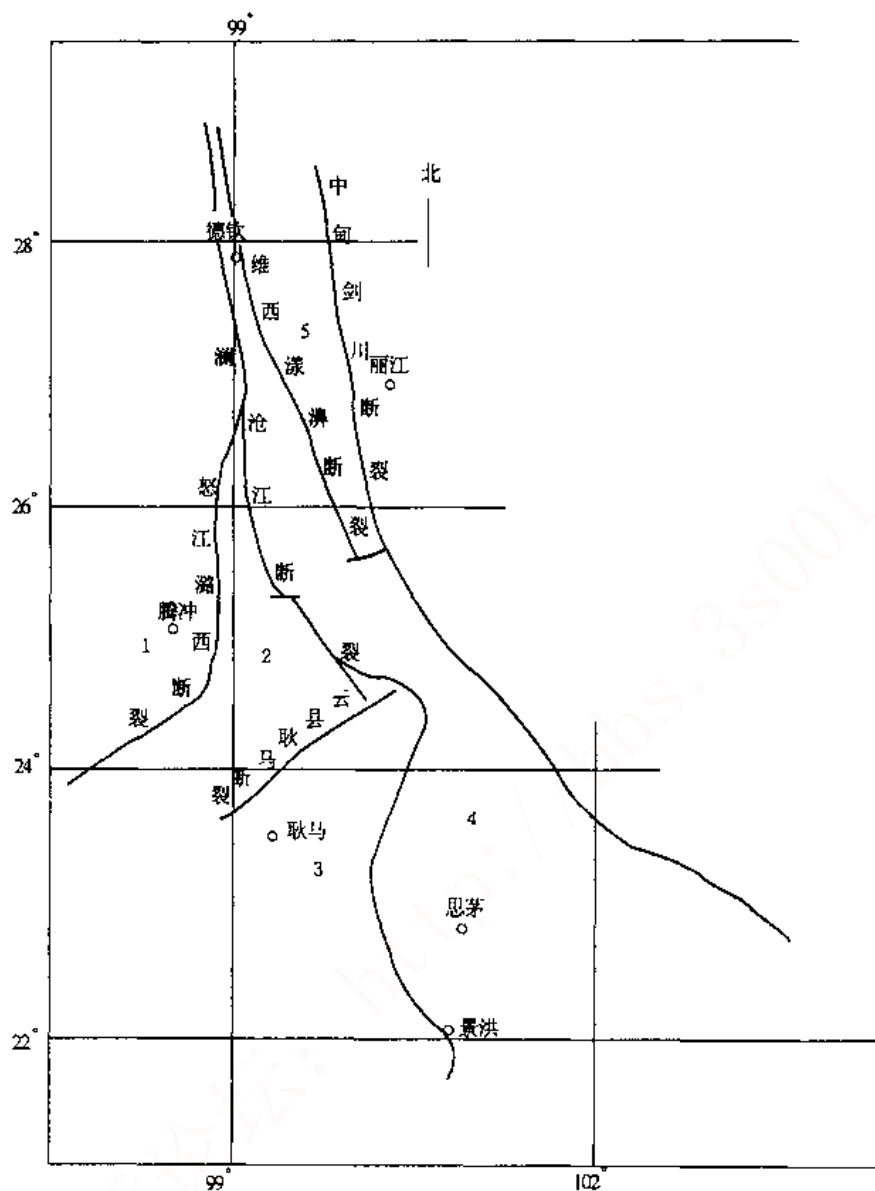


图 6-13 滇西含煤区主要断裂和含煤亚区划分

1. 梁河-陇川复背斜; 2. 保山-水德复向斜; 3. 临沧-澜沧复背斜; 4. 兰坪-思茅复向; 5. 金江复背斜

第五节 厚煤层的成因

世界上有许多特厚煤层的煤田,个别的如加拿大 Hat Creek 褐煤田,煤层厚度可达 500m,但这种煤层分布的范围都比较局限。如按泥炭平均堆积速度 1mm/a 来计算,并考虑泥炭到褐煤的压缩率(2.5),则要形成 200m 厚的褐煤层(如云南小龙潭煤田煤厚 223m,昭通煤田煤厚 190m 等)需要 50 万年。50 万年从地质历史上来看不算太长,但要 50 万年在同样范围内保持水位稳定的沼泽环境来聚积泥炭,就很难了,即使按较高的泥炭堆积速度(平均 2.5mm/a)计算,也需要 20 万年。

根据对特厚煤层的观察,煤层中可以有泥质及砂质的岩石夹层,煤层厚度变化大,分岔

尖灭显著。煤层中常可发现有飘木残体，表明除了原地堆积泥炭以外，还应当存在微异地堆积的泥炭。

根据近代泥炭田的观察，可以发现泥炭流的存在，即当泥炭田水分增大时，原先保持在边缘斜坡上的泥炭层，会沿斜坡发生滑塌，流到低地沉积下来。阪口丰(1974)所著《泥炭地地学》一书中，有两段生动描述泥炭流时例子，现录于下：

在 1772 年 12 月 16 日天下了大雨，Solway 泥炭田泥炭层像吸足了水的巨大海绵，急剧地膨胀，比周围的土地异常的高起来，泥炭层立刻呈现出像空气袋装入水似地鼓起来，当黑色半凝固的泥炭流在平原上滑行时，其速度与普通的熔岩流相似……，覆盖了 162 公顷田地。过后，原来的泥炭地的最高点约低了 7.6m。

“爱尔兰西北郊的 Donegal，1833 年在泥炭层 4.3m 处发现一栋园木茅舍，内部充满泥炭，别的小木房子围绕着它，这些小木房舍四周有树干和树根，保持着自然状态，显然是被崩塌泥炭所吞没的一个村庄。”

许多褐煤田，尤其在煤田边缘和煤层的上部可以发现一些脊椎动物化石，保存良好，并成群集中出现。这些化石的产地，很可能是由于泥炭田边缘泥炭崩塌所造成的。云南昭通煤田在凤凰山的东南麓，是象化石的产地，褐煤层和凤凰山的阳新灰岩之间是突变接触关系，煤层突然变薄，在平面图上和阳新灰岩呈犬牙交错接触关系，在古地形上有比较大的高差，推断在泥炭层形成时，可能有泥炭崩塌现象。

以上只是从泥炭聚积的沉积条件考虑，另一方面还必须注意泥炭层形成时的构造条件。现代已知的褐煤田，都形成在小的凹陷盆地内，这种盆地的成因，可以是盐丘、岩溶、河流侵蚀谷地以及火山口等等。我国云南第三纪煤盆地，在地貌上还和古堵塞盆地有关。这些地方沉降和植物堆积速度一致，因而能保存有极厚的煤层。有些盆地甚而很少有外来杂质的输入，使煤层中灰分很低。

特厚煤层在宽阔的平原上是不能形成的，它只能形成在山间盆地中，盆地周围地形高差大，周围山地是成煤植物供应的场所，以后由于飘浮、滚动而进入沼泽地。

云南小龙潭、先锋、马街等具特厚煤层的煤田，当时地形高差都比较大，周围山地迄今还在上升，这样就使原始的含煤沉积能保存下来。

第七章 煤层研究的技术方法

本章主要讨论在研究煤层过程中,所采用的制图和统计方法,目的是为了更好地了解煤层的形态,并用来研究煤层成因和预测。

第一节 研究煤层形态的技术方法

研究煤层的形态通常采用以下的制图技术:

1. 煤层等厚线图(煤厚等值线图)

这是在平面上研究煤层厚度变化最常用的制图技术方法,它可以一目了然地了解煤层厚度在平面上的变化,可用来研究煤层厚度变化趋势、变化率,确定煤层可采部分的范围。若配合其他图件,如煤组等厚线图、煤层间距等厚线图、煤层底板等高线图,以及与煤质各种指标等值线图结合起来,可帮助我们了解它们之间的相互关系。煤厚等值线图也是勘探报告、研究报告中经常采用的,其缺点是不能反映煤层的结构(图 7.1, 7.2)。

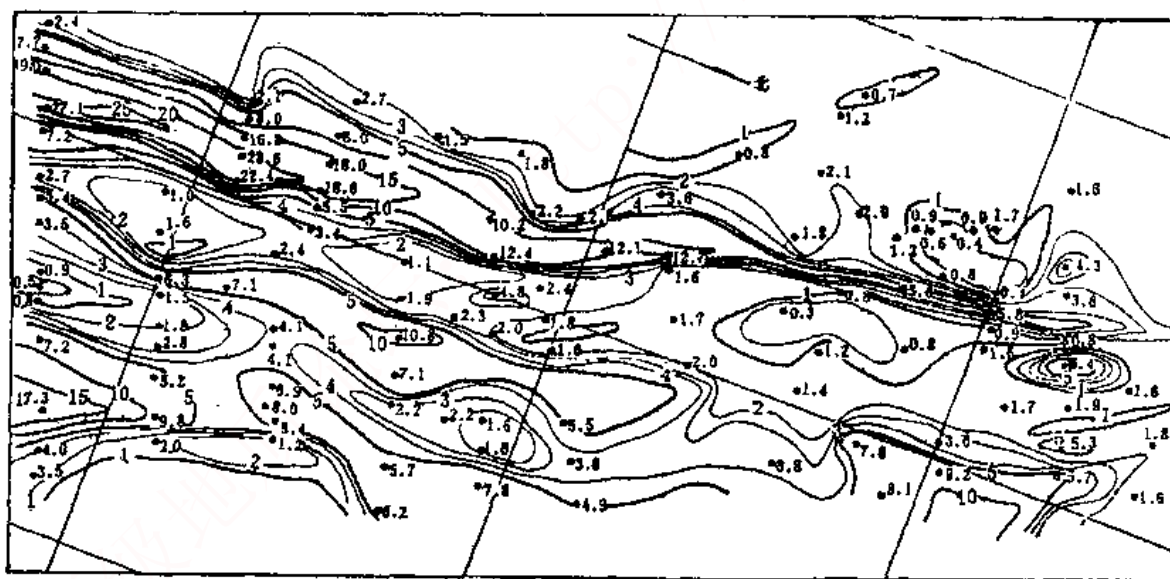


图 7.1 周家坳二平洞 61 煤层等厚线图

2. 煤层剖面图

该图可用来反映煤层的产状,煤层厚度、结构的变化,煤层间的相互关系,尤其是厚煤层或特厚煤层以及在煤层分岔和尖灭变化大的情况下,用这种图能最明显地反映煤层形态的变化。但对于薄煤层或厚度比较稳定的煤层,经常要采用放大垂直比例尺的办法,这样虽然会歪曲煤层的具体形态,但若为了某种研究工作的需要,例如为了研究基底断裂对煤层的综合影响,同沉积断裂的演化、煤层间砂体的分布和变化等,这种剖面图是一种很好的图示方法(图 7.3~7.5)。

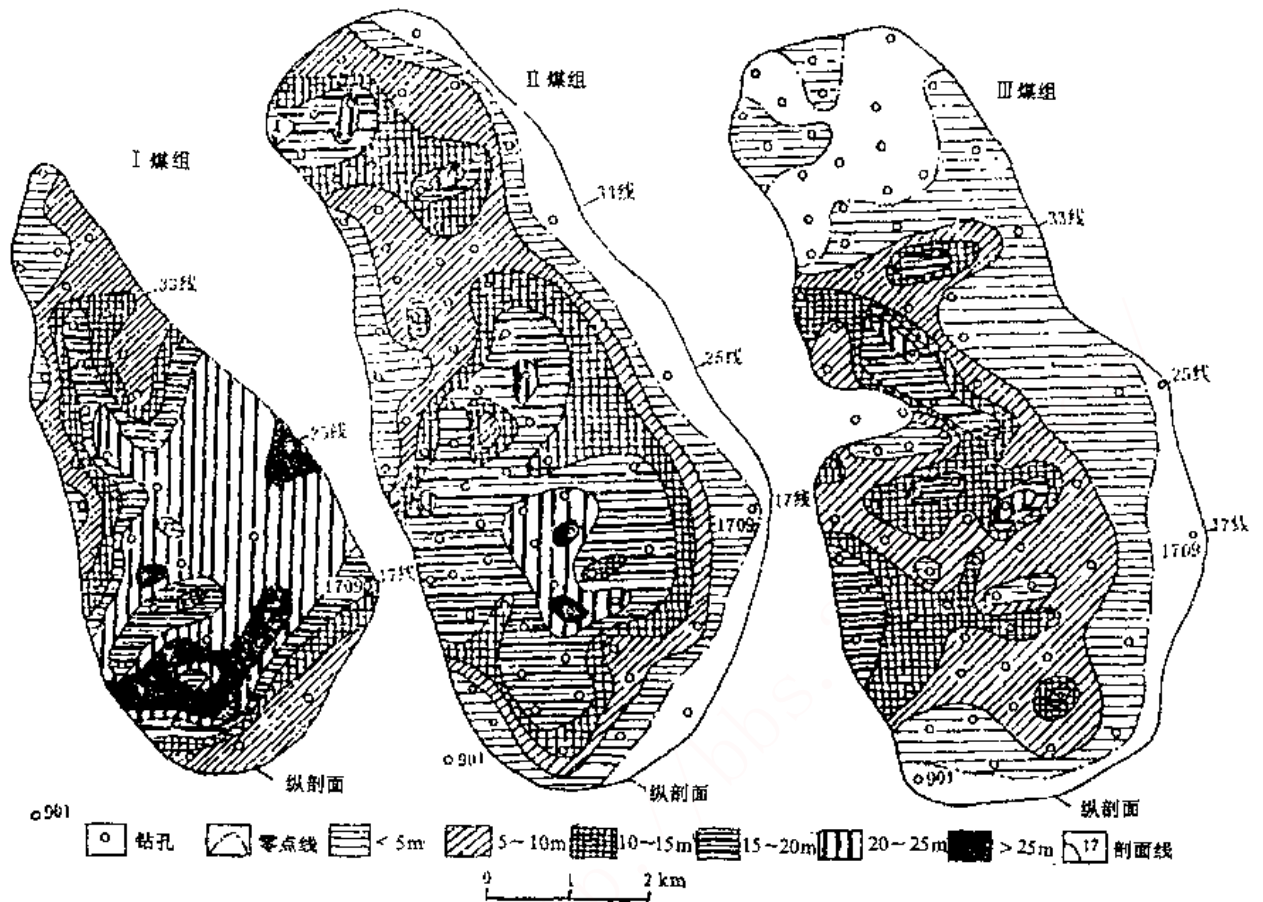


图 7.2 煤层厚度分布图 (资料来源不详)

3. 煤层水平切面图

这是露天采矿必备的图件, 表示同一水平面上煤层顶板和底板的分布范围, 以及顶底板之间煤层在同一水平面上的分布, 用以确定在开采同一水平时, 煤层可采的范围。

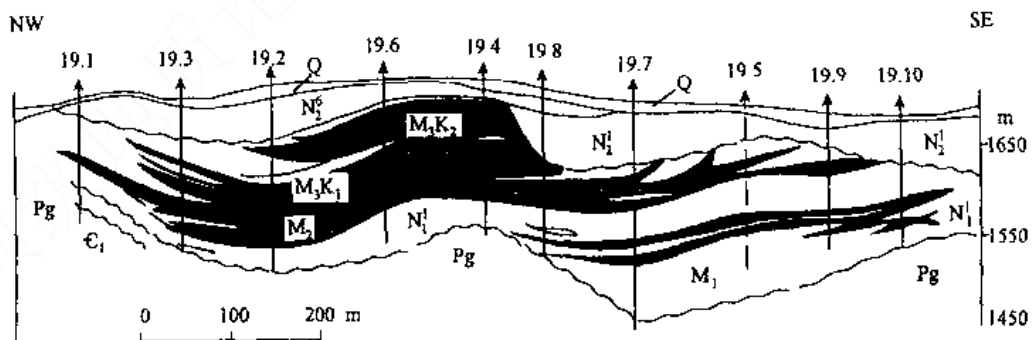


图 7.3 云南马街 19 线剖面图 (据云南第九地质队)

4. 煤厚趋势面图

趋势面是反映某一变量在平面图上变化趋势的数学分析方法和图示方法。以煤层厚度为例, 每一观察点所测得的厚度, 可以分为两部分, 其一是厚度的趋势值, 反映厚度区域性变化的总趋势; 另一是厚度的偏差值, 反映厚度的局部性变化。这两种变化是我们在研究煤层

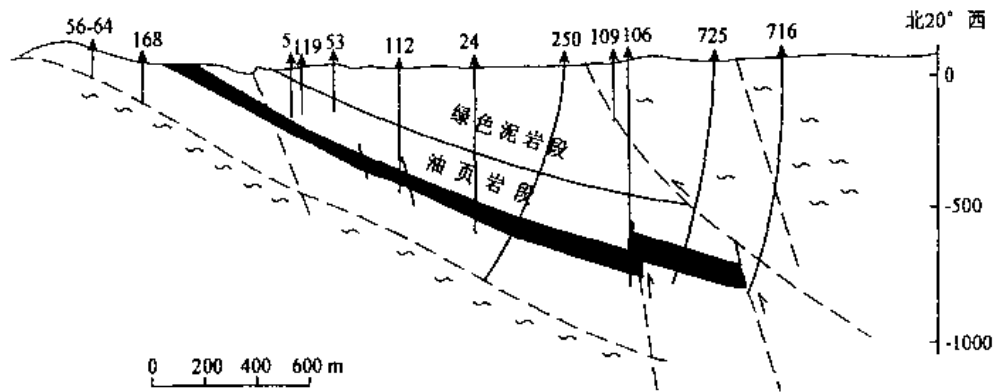


图 7.4 辽宁抚顺煤田 N-N' 剖面图 (据抚顺矿务局)

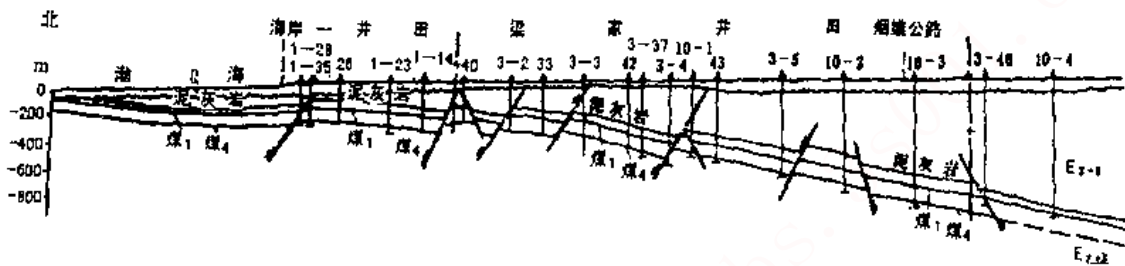


图 7.5 黄县煤田横剖面图 (据山东第四煤田勘探队)

形态时很有用的参数。趋势面可分为一次、二次、三次,直到 n 次(图 7.6),但并不是趋势面次数越高,作出来的图越精确。通常情况下计算到三次趋势面已可满足要求。一次趋势面拟合的是一个均匀倾斜的平面;二次趋势面拟合的是一个抛物线的曲面,趋势面次数越高,曲线复杂。

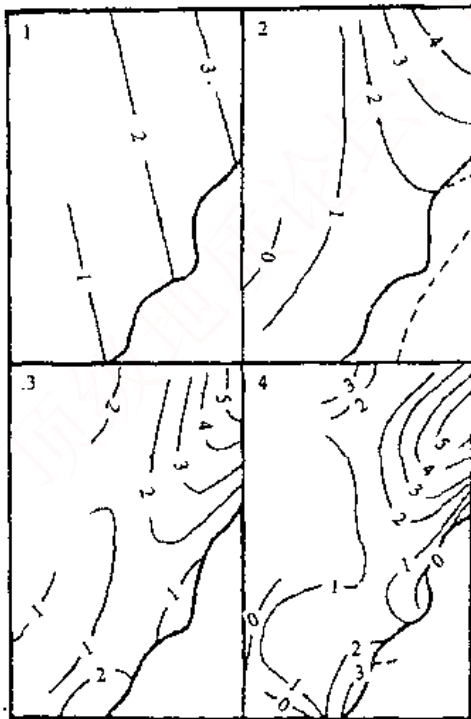


图 7.6 沃拉拉煤层厚度趋势面图 (一~四次)

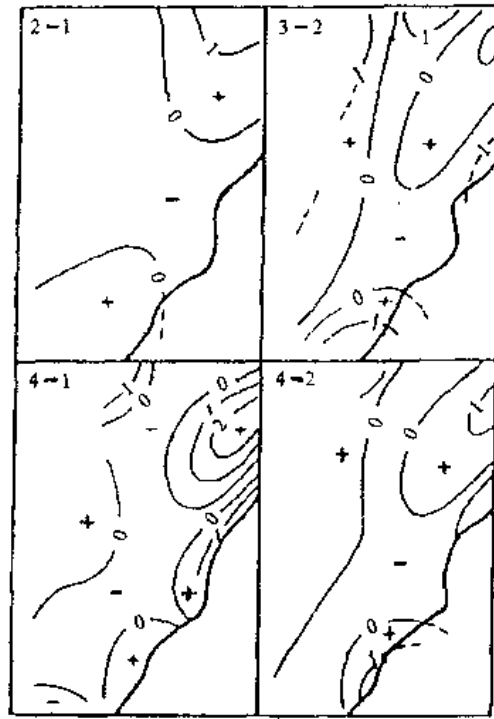


图 7.7 沃拉拉煤层厚度剩余趋势面图

剩余趋势面图(图 7.7)是由各观察值减去区域性变化的厚度后作的趋势面图,它反映煤层厚度的局部性变化趋势。

残差图是由各观察值减去区域性变化厚度的剩余值所作的等值线图,反映局部的变化(图 7.8)。



图 7.8 沃拉拉煤层二次厚度残差图

第二节 含煤性统计技术

含煤性统计是煤田普查勘探工作中经常采用的方法,它可以统计煤层总厚、可采煤层总厚、煤层层数、可采煤层层数、含煤地层总厚、各煤层层间距等,通常用最大值、最小值和平均值表示,也可用标准差及变异系数表示。为了研究各种统计值之间的相关联系,可以应用回归分析方法,其中最常用的是作相关图和求两统计变量之间的回归方程式,这种技术方法在近海型煤田中应用最为广泛,同时两两统计变量之间的规律性也表现得最为清楚。

原苏联 Куцеренко 等(1971)在顿巴斯对 C_2 煤组剖面 C_2^1 组的变化进行了研究,一般情况是含有 3~42 层煤层和煤分层,煤层总厚 1.6~10.25m,可采煤层 1~14 层,总厚 0.45~8.4m,总的含煤系数为 0.3%~2.5%,可采含煤系数 0.1%~2%,平均 100m 地层厚度内有煤层 2~5.4 层,有可采煤层 0.2~2.5 层。煤田范围内含煤性变化很大,但含煤性变化有一定的方向性,它和煤层中出现的夹石层层数和厚度有关,局部也可和区域性尖灭、冲刷有关。含煤层数在东南部最多,但含煤系数最高是在西部。他统计了 234 个点的资料,内容包括煤层层数、煤层总厚、 C_2^1 组地层厚度等,并分别作出 C_2^1 煤组厚度和煤层层数(图 7.9)、可采煤层层数和煤层总厚(图 7.10)、可采煤层总厚等的相关图,还统计了 m_2 煤层厚度和 $m_1 \sim m_4$ 煤层层间距的关系并作出相关图(图 7.11)。通过相关图看出,煤层层数随煤组地层厚度的增加而

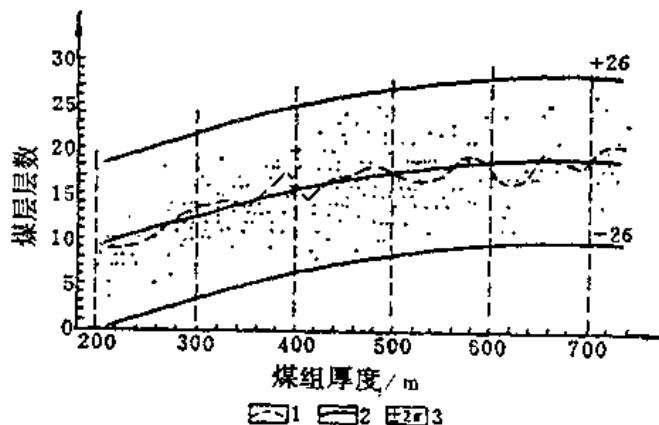


图 7.9 C_2 煤组煤组厚度与煤层层数相关图

1. 煤层层数算术平均值变化曲线; 2. 煤层层数理论变化曲线; 3. 两倍的标准差值 (据 Куцеренко 等, 1971)

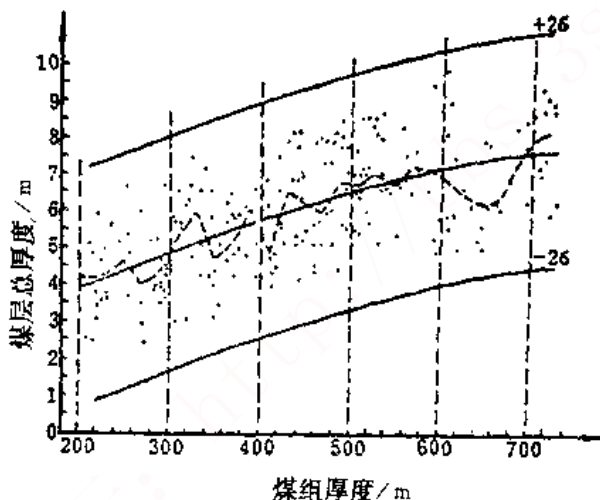


图 7.10 C_2 煤组煤层总厚度与煤组厚度相关图

(据 Куцеренко 等, 1971)

增多, 但增加到一定值后又减少, 成一条抛物线。因此可求得煤层数目(y)和 C_2 煤组厚度(x)的回归方程式:

$$y = -1.368 + 6.096 \times 10^{-2}x - 0.45 \times 10^{-4}x^2$$

即当煤组厚度由 210m 增加到 230m 时, 煤层层数增加 0.823; 厚度由 230m 增加至 250m 时, 煤层层数增加 0.787; 厚度由 250m 增加到 270m 时, 煤层层数增加 0.751 等, 但当 C_2 煤组厚 670m 时, 煤层层数最多, 再增加 20m, 煤层层数减少 0.036, 两者的相关系数 $R=0.64$ 。

用同样方法可求得煤层总厚和 C_2 煤组总厚的关系, 其回归方程式是:

$$\text{煤层总厚 } y = -1.403 + 1.35 \times 10^{-2}x - 0.642 \times 10^{-5}x^2 \quad (\text{相关系数 } R=0.68)$$

同样可得可采煤层层数和可采煤层总厚及与煤组厚度的关系, 几乎成直线关系, 其间的关系很密切。

Куцеренко 等还研究了 m_3 煤层厚度和 $m_3 \sim m_4$ 煤层层间距的关系, 结果为呈抛物线关系, 即煤层厚度随层间距的增加而增加, 但增加到一定程度后(相当于层间距 29m), 再增加层间距, m_3 煤层的厚度就减少, 其间的回归方程式为:

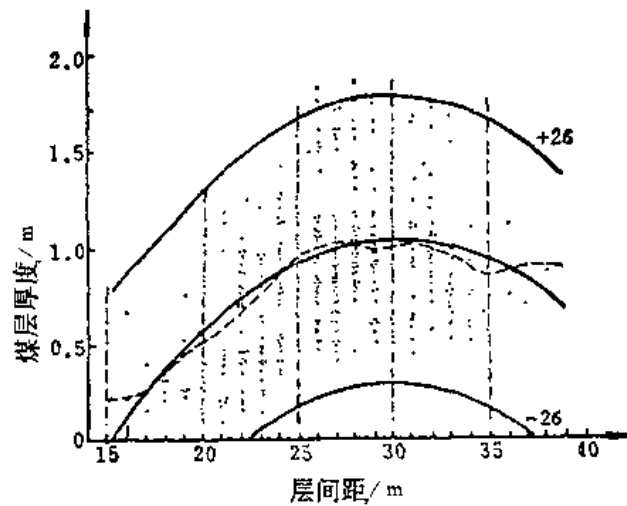


图 7.11 C₂ 煤组煤层厚度与 m₃~m₄ 层间距相关图

(据 Куценко 等, 1971)

m₄ 煤层厚度 $y = -3.315 + 0.291x - 0.486 \times 10^{-2}x^2$ (相关系数 $R = 0.54$)

m₃~m₄ 层间距每增加 2m, m₃ 煤层厚度增加 0.019m。这表明 m₃ 煤层厚度与沉降强度有关, 当缓慢沉降时, 有机物分解快, 堆积慢; 增加沉积强度, 有机物堆积速度逐渐加快, 但达到某一极限后, 再增加沉降强度, 则有机物堆积速度反而减弱。

利用统计技术结合地质分析, 可以进行地质成因解释, 在实践中并可用于含煤性预测。

第八章 煤层预测和合理的勘探网度

地质勘探时期, 钻孔不可能无限制地加密, 勘探规范规定, 最密的勘探线距是 250m, 个别如湖南杨梅山煤产地也有的已打到 125m 线距。即使如此, 在钻孔之间, 对地质构造和煤层在钻孔未控制区, 也都是推断的。煤层变化性小的勘探区, 推断可靠些, 反之则要差些, 个别的还会有失误, 造成井田建井后无煤可采的局面。目前推断大多是采用机械的内插和外推方法, 甚而有成文或不成文的规定, 这样做很容易形成教条主义, 造成地质人员不重视地质研究。众所周知, 预测应建立在地质分析和规律性研究基础上, 因此必须研究煤层变化性的地质规律和预测的技术方法。

第一节 普查找煤期间含煤性的预测

普查找煤的主要任务是找到具有工业价值的煤层, 并估计 (C+D) 级储量。在一些地区找到煤系就可以预测有工业价值的煤矿床, 但是另一些地区找到煤系后, 就不一定有工业价值的煤层存在。根据我国煤田地质特点, 在普查找煤期间, 预测含煤性的根据有如:

1. 根据煤层发育的区域性特点进行含煤性预测

含煤地层内含煤性经常有分带现象, 一些地区含煤性好, 另一些地区含煤性较差, 它是受不同地区构造和沉积条件所控制的。例如华南早石炭世测水煤系在湘中和粤北含煤性好, 其他周围地区如广西、江西等地都变差。华北大原组和山西组在晋西北含煤性好, 煤层厚, 到东南含煤性减弱。陕北早中侏罗世煤田, 最发育是在神府和榆横地区, 往南变薄, 它主要和沉积环境有关, 因为靠南部已接近湖区。

2. 根据盆地发育演化预测煤层

占生代的盆地面积大, 其中煤层发育面积也比较大; 中新生代盆地面积小, 往往含煤性差别很大。因此采用统一的标准估算含煤性, 常会发生错误。因此应当注意盆地在聚煤期间的发育和运动性质, 例如前已述及缓慢沉降型盆地, 容易聚积有特厚煤层; 差异沉降型盆地, 煤层经常分岔。研究盆地演化就是研究构造发育规律。

3. 根据含煤地层基底起伏(厚度变化)预测含煤性

含煤地层基底面的起伏影响到其上含煤地层的厚度和含煤性, 通常在低凹地区(基底面低凹区)聚积的煤层厚度大。例如前已述及的湖北早二叠世梁山煤系就是这种情况。

4. 根据地貌形态预测含煤性

云南第三纪煤田, 并不是整个煤盆地都含煤, 含煤最富集的地方往往集中在盆地顶端的类似冰斗地貌的堵流盆地中, 或在大盆地一侧的小的山间堵流盆地中。

5. 根据含煤建造成因类型预测含煤性

煤田成因类型近年来在我国讨论比较少, 但在国外, 主要在前苏联还有所发展。无疑煤田成因类型对含煤性是有影响的, 它可以帮助我们在新区普查找煤初期初步估计含煤性。

6. 根据含煤建造岩性组成预测含煤性。

含煤建造内部岩性组成和含煤性之间常存在统计关系,例如含煤地层中砂岩组成含量高的地段,含煤性比较差,反之则好等等,有些含煤地层也有相反的现象存在。

第二节 勘探期间煤层预测

勘探期间已施工了不少钻孔,但是钻孔不可能无限制地加密,钻孔与钻孔之间,以及钻孔向外推断部分的煤层形态变化和厚度,均有一个预测问题。从勘探角度出发,应当预测两部分内容,一是可采边界线的形态及范围;二是预计煤层可能的厚度。

一、煤层可采边界线的预测

煤层可采边界线,影响到储量计算的范围,可采边界线推断错误对储量的估算影响很大,尤其是极不稳定的煤层,会涉及到对该煤层有无开采价值的评价,或矿井开采设计的规模。

根据单一煤层的总体形态(不包括细节),从平面分布上大约可分为以下几种:

- ①全区可采;
- ②煤层形态均一,煤层可采边界线近于圆形(图 8.1 中 1);
- ③煤层形态呈单方向延长(图 8.1 中 2a, 2b, 2c);
- ④煤层形态呈三方向延长(图 8.1 中 3a, 3b, 3c);

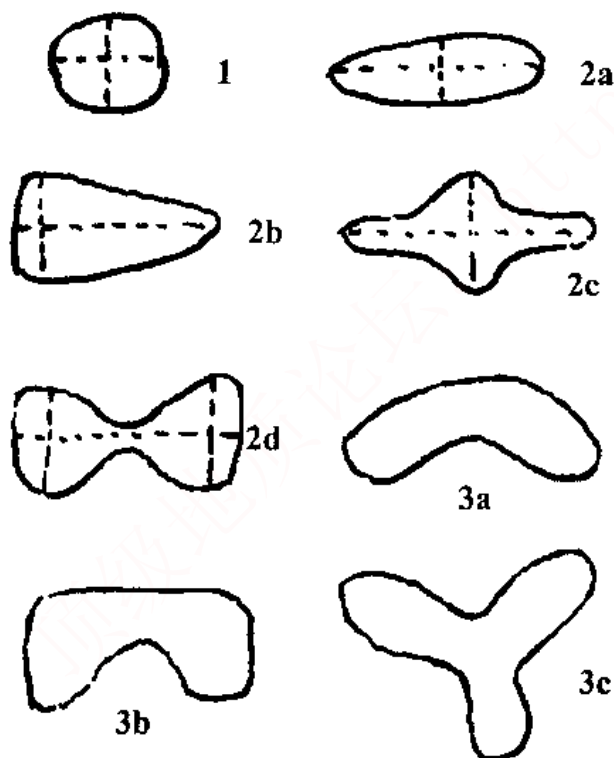


图 8.1 单一煤层的总体形态示意图

除此而外,煤层总体可采边界线内部,还可分出:

- ①全部可采(无不可采见煤点);
- ②不可采点成大的块段,且占总体面积小于 10%;
- ③不可采点成小的块段,且占总体面积的 10%~30%;
- ④不可采点呈散分布。

煤层可采边界线的形态与钻孔布置的关系很密切。在稀疏勘探网情况下,或则漏掉煤层,或则把煤层可采面积估计过大。以图 8.12 中 c、2d 的形态为例,按均一勘探网度,则对 2c 煤层形态可能会全部漏掉(图 8.2a),但对 2d 煤层形态则可能估计可采面积偏大(图 8.2b)。

根据这一形态,如网度加密一倍,则煤层边界可全部控制住(图 8.2c、d)。

因此,推断边界线的形态要看煤层总体形态的变化性(大小和类型)。

二、煤层厚度变化的推断

在可采边界内部,从勘探区范围进行评价,要控制和推断煤层厚度,必须研究煤层厚度的变化性。从剖面上观察不在于煤层厚度变化绝对值的大小,而在于厚度变化的转折点的多

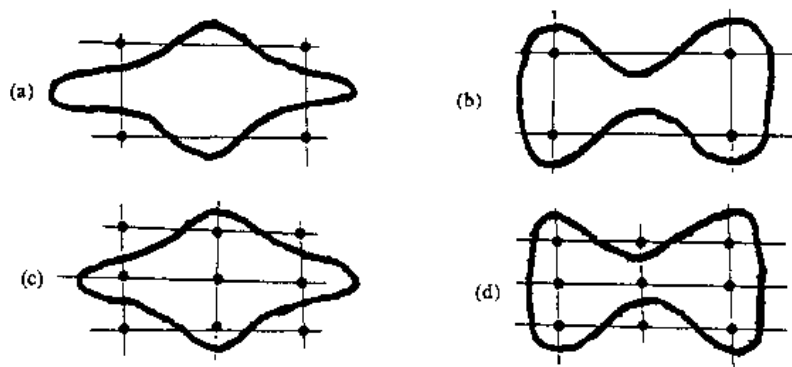


图 8.2 煤层形态与钻孔密度的关系示意图

少。勘探过程不可能要求查明每一个煤层厚度变化的细节，只能要求查明煤层总体厚度的变化性。

设以某一形态煤层剖面为例，由 2 点顺序进行加密 2, 3, 5, 9, 17, 35, 最终加密到 65 点，得到如图 8.3 所列 1~7 样式的剖面，分析这七个剖面看出，由于中部观察点正好偏于局部加厚处和个别点正好处于变薄处，使得剖面 5、6、7 的形态和 1 剖面有极大的出入，1~4 剖面的形态基本一致，也就是说观察点只要加密到 9 个(剖面 4)，基本能控制住这一煤层的形态。

因此从单一的厚煤层来看，厚度变化即使较大，但有变厚、变薄规律性，这种情况下，钻孔之间的煤层厚度比较容易推断。相反，对于薄煤层，尤其是厚度处于可采边界线附近的煤层，钻孔间的厚度就难以准确推测了。

从平面图上，如分析煤层等厚线图，如果等厚线具有方向性，煤层厚度预测推断会准确些，反之等厚线的变厚、变薄中心点不但数量多，且无规律性，则煤层厚度的推断就不易准确。

三、煤层厚度预测方法

按煤层变化性对煤层区域的厚度变化作出预测。

1. 统计法

这是对观察点的平均厚度和偏差值进行统计，根据偏差值大小来估计煤层的变化性的方法。分析这些偏差，确定其偏差范围，哪些是在允许范围之内？哪些是超出的？按概率论原则确定 5% 置信区间，那么只有少数点在这一范围之外，把这一范围划出来，考虑控制这些异常应采用多大网度。一般来说，在 $\pm 5\%$ 区间都可满足。这只是从平均值角度出发来考虑的。

2. 分析方法

连接两个钻孔煤层，用平均法计算储量，就是等于把这一复杂形态变成一个厚度一致的层状体。但是实际情况很复杂，只要其中没有不可采点，那么不管怎样变化也只是量上的差别；如有不可采点存在，就会涉及不可采面积，影响就大多了。

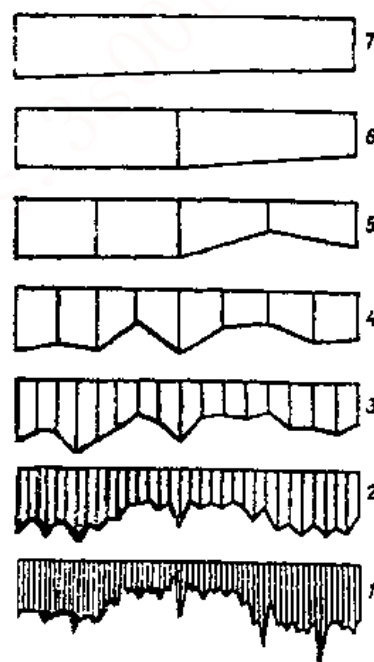


图 8.3 煤层形态与钻孔加密程度的关系

在都可采情况下,可以估计形态变化最大的限度(1~2倍),这时的估计方法,一是到井下去找这种厚度变化的最大速率;二是研究矿区煤厚区域变化规律,最主要的是统计各钻孔间距和厚度差的关系。

从统计学角度出发只能预测平均值的变化,不能确定煤层的具体变化,因此需要作一些图,例如趋势面图。因为在各钻孔之间采用几何内插方法,受到特厚、特薄煤层的影响非常显著,用趋势就是在消除了个别偏差后的总体平均趋势,对储量的平均值估算要可靠些,但仍不能确定具体煤层的边界,用偏差值可以给出煤厚度变化的区段。

以上只是从数学方法上作的预测,煤层厚度的最终预测推断必须建立在地质分析基础上,例如,若煤厚突变点是受到河流冲刷的影响,那么要找出古河流的方向和范围;若是由于基底古地形影响,那么就要编制基底古地形图,找出控制古地形的因素;若是构造挤压,就要找出其变厚变薄和构造带的关系;若是火成岩侵入,就要考虑侵入的影响程度,进行地质分析。

勘探网中间钻孔煤层厚度预测推断大多数是用几何内插方法,但是也可用以下计算方法确定:

(1) 统计法:主要是利用标准误差的方程式

$$q = \pm \sqrt{\frac{\sum (m_i - \bar{m}_i)^2}{N-1}}$$

来评价内插误差的范围。其中 q 为钻孔间厚度内插的线性误差绝对值, m_i 为观察点见煤厚度; \bar{m}_i 是该点厚度的滑动平均值; N 为观察点数。这方法是 КОЛЕНИСТОВ 于 1956 年确定取样点间距时提出的。根据滑动平均值和实际测定值之间的比较,求得各观察点的误差范围。每一点的测定值是真值,但如考虑周围的变化性,为了求得平均值,必须使之平滑化,通过平滑化后的值与真值的比较,就是内插误差。

(2) 顺序二级差法:即评价参数的内插均方差(图 8.4, 8.5)。

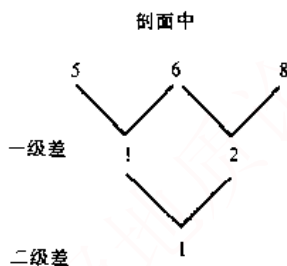


图 8.4 剖面顺序二级差示意

①利用剖面确定内插线性误差的公式为

$$q = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta_i')^2}{6(N-2)}}$$

式中, Δ_i' 为沿剖面厚度的二级差。

若测定值为 x_1, x_2, x_3, \dots , 则

一级差 Δ_i 为 $\Delta_1x, \Delta_2x, \dots$

二级差 Δ_i' 为 $\Delta_2'x, \Delta_3'x, \dots$

相对平均二级差为 $\frac{|\Delta_1'x| + |\Delta_2'x| + |\Delta_3'x| + \dots}{x}$

②利用四个钻孔中央内插误差的公式为

$$q = \pm \sqrt{\frac{\sum K_i^2}{4k}}$$

式中, K 为 Осечко 指数, $K = |(m_1 + m_3) - (m_2 + m_4)|$, $m_1 \sim m_4$ 是四个钻孔的煤厚; k 为 K 值的数目。

(3) 离散的克立格法: Матерон 提出用四个角上钻孔内插中央钻孔煤厚误差的方程式是:

$$q = \pm \sqrt{3\alpha (1.28 - 0.25 \ln \frac{m}{l})}$$

用对角线上二钻孔内插的误差为

$$q = \pm \sqrt{3\alpha (1.74 - 0.5 \ln \frac{m}{l})}$$

根据一个钻孔确定外推误差为

$$q = \pm \sqrt{3\alpha (2.67 - \ln \frac{m}{l})}$$

沿剖面相邻钻孔内插误差为

$$q = \pm \sqrt{\frac{3\alpha}{2} (\ln \frac{m}{l} - 0.39)}$$

式中, q 为克立格均方差; l 为钻孔间距; m 为块段中煤层平均厚度; 3α 是变化性指标。

3α 是地质统计学中重要的参数, 计算复杂, 但可用简单的线性等值法 $D = 3\alpha \ln(L/m)$ 确定, 其中 D 是同一块段或地区内厚度实际方差; m 为煤层平均厚度; L 为块段中线性等值, 在正方形网为 $L = a + a$, 三角形为 $L = a + b$ (图 8.6)。如正方形网 2000m 间距, 则 $L = 4000m$, 煤层平均厚度为 5m, 钻孔测定的厚度方差为 4.65。代入方程式得

$$4.65 = 3\alpha - \ln (4000/5)$$

则 $3\alpha = 0.7$ 。有了 3α 即可计算 q 值。

Попов 和 Матерон 方法对比见表 8.1。

表 8.1 采用 Попов 和 Матерон 方法计算内插均方差的比较

例 子		煤层内插均方差	
		勘探线 M/%	勘探网 M/%
第聂伯尔 125m × 125m	实际误差	0.85/17	0.90/18
	Попов	0.90/18	1.0/20
	Матерон	1.1/22	1.15/23
10m × 10m	实际误差	0.41/11	0.6/16
	Попов	0.49/13	0.52/13.5
	Матерон	0.50/13.5	0.71/18.5

这种计算方法首要的条件是要有一个实际勘探的数据分布, 以便研究推断值和实际值之间的误差。

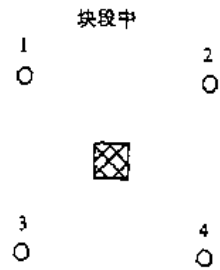


图 8.5 利用四个钻孔估计中央内插误差示意

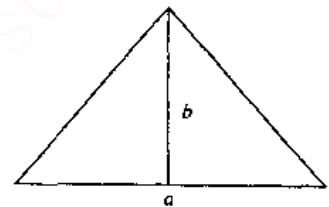


图 8.6

第三节 煤层勘探精度和合理勘探密度

勘探密度和勘探精度有密切的关系。勘探要求精度高,相应地勘探的密度就要求密。勘探精度通常用储量计算的误差来表示,但是储量误差本身会受到各块段误差正负的影响。亦就是说,全井田储量误差值可能不大,但各个计算块段的储量误差值可能很大。从这一点出发,也许煤田普查期间用较稀的密度得出的储量,与勘探期间用很密的网得出的储量在绝对值上差不多。因此提到勘探精度,不能按全井田考虑,而应分块段来进行,要分块段对比普查储量和精查储量或精查储量与开采储量间的误差。矿井开采要求确定某一具体部位煤层的厚度及其储量,这一点即使钻孔打得很密仍旧做不到,因此勘探期间所谓的精度,也仍然只是分块段的储量的平均值而已。储量平均值和煤层变化性之间的关系极大,变化性大的煤层,计算所得的平均值的误差就大,反之则小。

根据煤层变化性,在确定勘探网密度时,常用以下四种方法。

1. 经验和类比方法

即利用某一种勘探类型的勘探经验,或根据邻近井田地质构造和煤层稳定性的分析,参照煤矿勘探类型的划分,按规定的勘探密度布置钻孔。近年来,勘探密度有加密的趋势,主要是生产矿井提出一系列按原网度没能控制的地质问题,和采煤机械化程度提高后,要求勘探精度更高的缘故。我国现行的在北方普遍采用 500m 线距,在南方用 250m 线距的习惯做法,似乎提不出更多的理由进行验证。

2. 统计计算方法

即以数理统计中的误差理论为根据来确定勘探密度。在煤田勘探过程中,总体的煤层厚度是不知道的,它只能利用较多见煤工程点的厚度平均值估计。这种估计的煤层平均厚度和实际的煤层平均厚度之间,有一定误差,称抽样误差,用 S_s 来表示。它一方面受煤层厚度变化性的影响,可用煤厚标准差 S 来反映,其关系为

$$S_s = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

其中 $S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$; x_i 为各见煤点的厚度; \bar{x} 为平均厚度; n 为见煤点数目。

当煤层厚度变化性大(即标准差 S 大)时,误差就大。另一方面又与要求的勘探精度有关。通俗地说,就是对所估计的误差有多大的把握性,因此要引入置信度的概念。据统计研究,煤层厚度变化有 90% 以上是成正态分布的,习惯上要求的精度为 95%,即置信度为 5%,此时,概率系数取 $t=1.96$,因此抽样误差的方程式要改写为

$$m - t \frac{S}{\sqrt{n}} = 1.96 \times \frac{S}{\sqrt{n}}$$

这一方程式经过变换,可改写为

$$n = \left(\frac{1.96 \times S}{m} \right)^2$$

也就是说,已知煤层厚度标准差 S ,并规定了抽样误差 m 的范围后,就可以用以上方程式计算所需要的钻孔数目。

例如, 已知某勘探区煤层厚度标准差为 0.47, 在求 A 级储量时, 抽样误差规定为 10%, 需要钻孔数目为

$$n = \left(\frac{1.96 \times 0.47}{0.1} \right)^2 = 84.65 \approx 85$$

C. Ф. 特罗菲莫夫认为, 以上计算仅考虑煤层的厚度误差, 故只适用构造简单的矿区。他研究顿巴斯、卡拉干达、伯绍拉等煤田后认为, 古构造复杂地区, 由于构造的影响, 使勘探精度降低, 储量会有 2%~3% 的变动, 因此在这类地区, 应当提高煤层平均厚度的精度, 即抽样误差应由 10% 降低到 7%。则上述方程式用于构造复杂地区要改为

$$n = \left(\frac{1.96 \times S}{0.07} \right)^2$$

上例所用数据代入该方程式应是

$$n = \left(\frac{1.96 \times 0.47}{0.07} \right)^2 = 173.2 \approx 173$$

利用统计计算方法, 没有面积大小的概念, 通常用计算的结果, 勘探密度偏稀。

3. 分析方法

就是根据已知勘探区的煤层等厚线图, 或煤层厚度变化的剖面图, 来分析合理的勘探网度。

И. О. 波格列皮斯基(1965)对第聂伯尔褐煤田的一层煤, 利用已知有关煤层厚度资料, 作了一张煤厚变化模型(图 8.7)。分别以 500m×500m 和 125m×125m 网度来计算煤层的平均厚度, 并对比两种密度之间误差的大小。对比结果为: 在煤田西南部用 500m×500m 网度密度的煤层平均厚度, 比用 125m×125m 网度时大 0.8m, 即相差达 22%。其他地区平均厚度只差 0.1~0.2m(表 8.2)。似乎只要加密西南部分的网度就可以提高勘探精度。研究表明, 勘探

表 8.2 第聂伯尔褐煤田的一层煤煤层厚度分区变化情况

煤层变化性指标	地 区				全 区
	西北	东北	西南	东南	
初步勘探 (500m×500m)					
孔数 n	17	18	11	15	54
平均厚度 \bar{m}/m	4.4	3.7	4.4	3.6	3.8
标准差 σ/m	±2.3	±2.0	±2.6	±1.7	±2.2
变异系数 $C/\%$	52	54	59	47	58
平均值的绝对误差 m/m	±0.58	±0.47	±0.75	±0.43	±0.29
平均值的相对误差 q/m	13	13	17	12	8
详细勘探 (125m×125m)					
孔数 n	258	260	201	233	888
平均厚度 \bar{m}/m	4.5	3.9	3.6	3.4	3.8
标准差 σ/m	±2.4	±2.1	±2.2	±2.1	±2.2
变异系数 $C/\%$	53	54	61	62	58
平均值的绝对误差 m/m	±1.5	±1.3	±0.15	±0.11	±0.08
平均值的相对误差 q/m					

注: $m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, $q = \frac{m \times 100}{\bar{m}}$

(据 Ильяребский И. О., 1965)

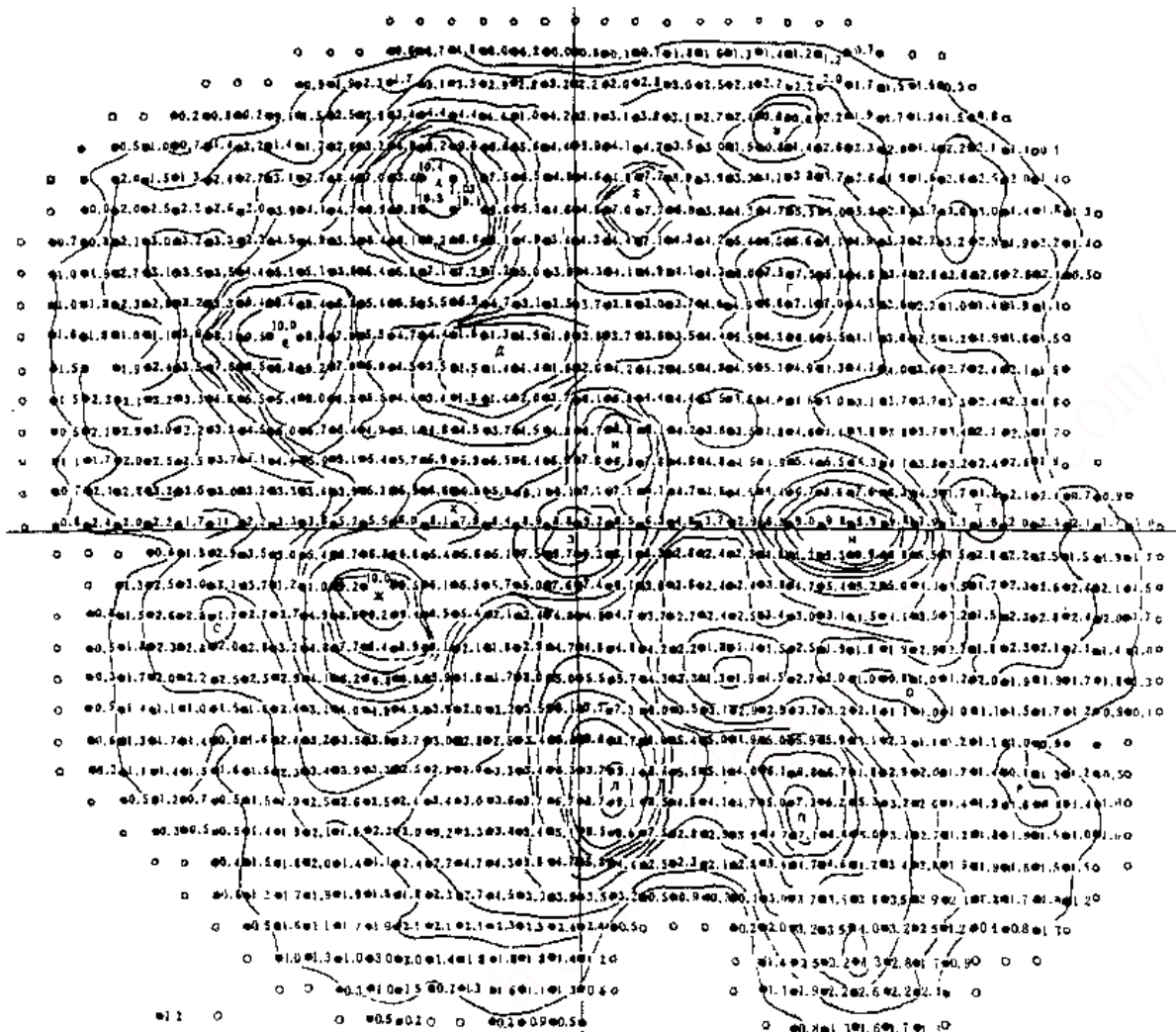


图 8.7 第聂伯尔褐煤煤田以 $125\text{m} \times 125\text{m}$ 网度及 1m 等厚线作出的煤层形态图

* 见煤孔；◊ 未见煤孔；图中 A、B、B'、F 俄文字处表示煤厚异常地段

(据 H. O. 波格列巴斯捷, 1965)

不能只考虑煤层厚度的误差，还应考虑工业和经济上的合理性，即要求能圈定最小煤厚异常地段的范围(即图上用俄文字母表示的地段)。这种异常地段在东北、西北和东南部更为复杂，只有用 $125\text{m} \times 125\text{m}$ 网度才能把异常地段圈定出来。因此总的结论是，在勘探过程中，勘探密度从总体上要达到 $250\text{m} \times 250\text{m}$ ，而只是在发现煤层变薄的异常地段局部加密到 $125\text{m} \times 125\text{m}$ 。这种分析表明，用统计分析的方法才能确定一个大致的范围，至于具体布置钻孔时，要具体情况具体分析，因而勘探密度从全区来看是不均匀的。

4. 综合对比方法

这是根据已勘探的若干煤矿床的实际经验来研究某种表达煤层变化性和构造复杂性的参数与勘探网密度的相互关系，并用来预测、推测新勘探区的勘探密度。这里只介绍前苏联的两个实际例子，从中可以了解应用这种综合对比方法的思路。

(1) A. B. Митхелис(1974)对顿巴斯经过详细勘探的 24 个井田分别求出各井田的构造断裂强度系数 K_L 和煤层不稳定系数 K_H ，并和该井田的勘探密度 P 和初期开拓范围的勘探密度进

行回归分析。其中 $K_T = \frac{\Sigma L}{S}$ (ΣL 为断裂破坏总长度; S 为地区的面积), $K_H = \frac{\Sigma S_1}{\Sigma S}$ (ΣS_1 为可采煤层在地区范围内出现不稳定部分的总面积; ΣS 为可采煤层在地区范围内总的面积)。具体统计数据见表 8.3。

表 8.3 顿巴斯构造断裂强度系数 K_T 和煤层不稳定系数 K_H 与勘探密度的关系

地区 (井田) 名称	系数		网密度	
	煤层不稳定性 K_H	构造断裂强度 K_T	按地区 P	按初期开拓范围 P_1
Красноармейск				
Добропольск 主矿	0.42	0.41	4.5	7.1
Самарск 主矿	0.25	0.50	6.7	8.4
Терешковск 1	0.51	0.74	6.6	11.8
Терешковск 2	0.33	0.80	7.8	12.0
Красноармейск 主矿	0.24	0.32	2.0	2.9
Орловский	0.45	0.30	7.0	10.6
Красноармейск 西 1	0.07	0.53	3.6	4.1
Красноармейск 西 2	0.02	0.22	4.3	8.6
南 донбасс				
南 донбасс 1	0.35	0.66	7.9	10.1
南 донбасс 3	0.21	0.35	0.34	4.5
南 донбасс				
Георгиевск	0.16	0.14	3.0	7.0
Петровск 深井	0.01	0.10	1.7	3.4
Абакумовск 深井	0.05	0.36	2.7	5.5
Бажанова	0.10	0.42	6.6	7.2
Кальмиусск 矿	0.08	0.21	2.4	2.5
21-бис	0.30	0.98	6.0	7.2
Октябрьск 深井	0.34	0.24	3.8	6.0
Чайкино 深井 2	0.13	0.71	4.6	7.0
Орджоникидзевск 深井 2~4	0.20	0.78	5.8	8.0
Холодная балка 下部	0.49	0.92	7.4	9.3
Харцызск 矿	0.27	0.88	5.6	7.3
Чистяково-снежинск				
Ждановск 深井	0.09	0.26	1.5	1.7
Кировск 主井	0.31	0.11	4.0	7.2
Шахтерск 深井	0.08	0.04	2.9	5.0

根据作相关图和计算回归方程式, 可以求出全区勘探密度 P 对煤层不稳定系数 K_H 的回归方程式为

$$P = 8.7K_H + 2.68 \quad (\text{相关系数 } R = 0.65 \pm 0.12)$$

对构造断裂强度系数的回归方程式为

$$P = 4.95K_T + 2.4 \quad (\text{相关系数 } R = 0.7 \pm 0.1)$$

如按初期开拓范围计算, 则勘探密度 P_1 对 K_H 的回归方程式为

$$P_1 = 12.18K_H + 4.08 \quad (\text{相关系数 } R = 0.66 \pm 0.11);$$

对 K_T 的回归方程式为

$$P_1 = 5.13K_T + 4.5 \quad (\text{相关系数 } R = 0.52 \pm 0.15)$$

但是勘探密度与煤层稳定性和构造复杂程度之间的关系十分复杂, 不是单因素所确定的, 所以应当采用多元回归方程来表达, 即既考虑煤层稳定性, 同时又必须考虑构造复杂程度。这样, 在全井田范围内求出二元一次回归方程式为

$$P = 3.55K_T + 5.52K_H + 1.71 \quad (\text{复相关系数 } R = 0.79)$$

同样可计算出

$$P_1 = 2.66K_T + 9.8K_H + 3.4 \quad (\text{复相关系数 } R = 0.65)$$

结果表明, 用复相关系数并按两个参数确定的二元一次回归方程式比较可靠。

(2) А. В. БИРКОБ(1976)根据 49 个露天矿的具体数据, 按照矿区的构造复杂类别, 找出煤层形态指数 Φ 值和勘探密度之间的相关联系, 作出两者的相关图(图 8.8), 求出不同构造类型勘探密度表 8.4 和煤层形态指数之间的回归方程式。

根据作图和计算, 各构造类型的勘探密度为:

I 类 2~23 孔/ km^2 , 平均 10 孔/ km^2 ;

II 类 15~40 孔/ km^2 , 平均 24 孔/ km^2 ;

III 类 20~70 孔/ km^2 , 平均 34 孔/ km^2 ;

IV 类 40~160 孔/ km^2 , 平均 80 孔/ km^2 。

对构造简单煤矿床得出的勘探密度和煤层形态指数之间的回归方程式为

$$P = 3 + 14\Phi$$

其中, P 为勘探密度(孔/ km^2)。

对于构造复杂的煤矿床还要乘以一个系数 T_k , 即 $P = T_k(3 + 14\Phi)$ 。 T_k 值随构造复杂程度的增加而增大。如 I 类构造简单的煤矿床, $T_k = 1$; II 类 T_k 为 2.1, III 类为 3.0, IV 类为 6.7。

以煤层形态为基础进行统计则可得到:

①简单的煤层形态, Φ 平均值 = 0.3, 随构造复杂程度的增加, 其比例为 1、2.4、3.8 和 7.8(I 类为 7 孔/ km^2 , II 类为 17 孔/ km^2 , III 类为 27 孔/ km^2 , IV 类为 55 孔/ km^2)。

②较复杂煤层形态, Φ 平均值 = 0.3~0.8, 随构造复杂程度增加的比例为 1、2.1、2.7 和 6.6(I 类 12 孔/ km^2 , II 类为 26 孔/ km^2 , III 类为 33 孔/ km^2 , IV 类为 80 孔/ km^2)。

③复杂煤层形态, Φ 平均值 > 0.8, 随构造复杂程度增加的比例为 1、2.0、2.7 和 6.2(I 类 17 孔/ km^2 , II 类为 34 孔/ km^2 , III 类为 46 孔/ km^2 , IV 类为 106 孔/ km^2)。

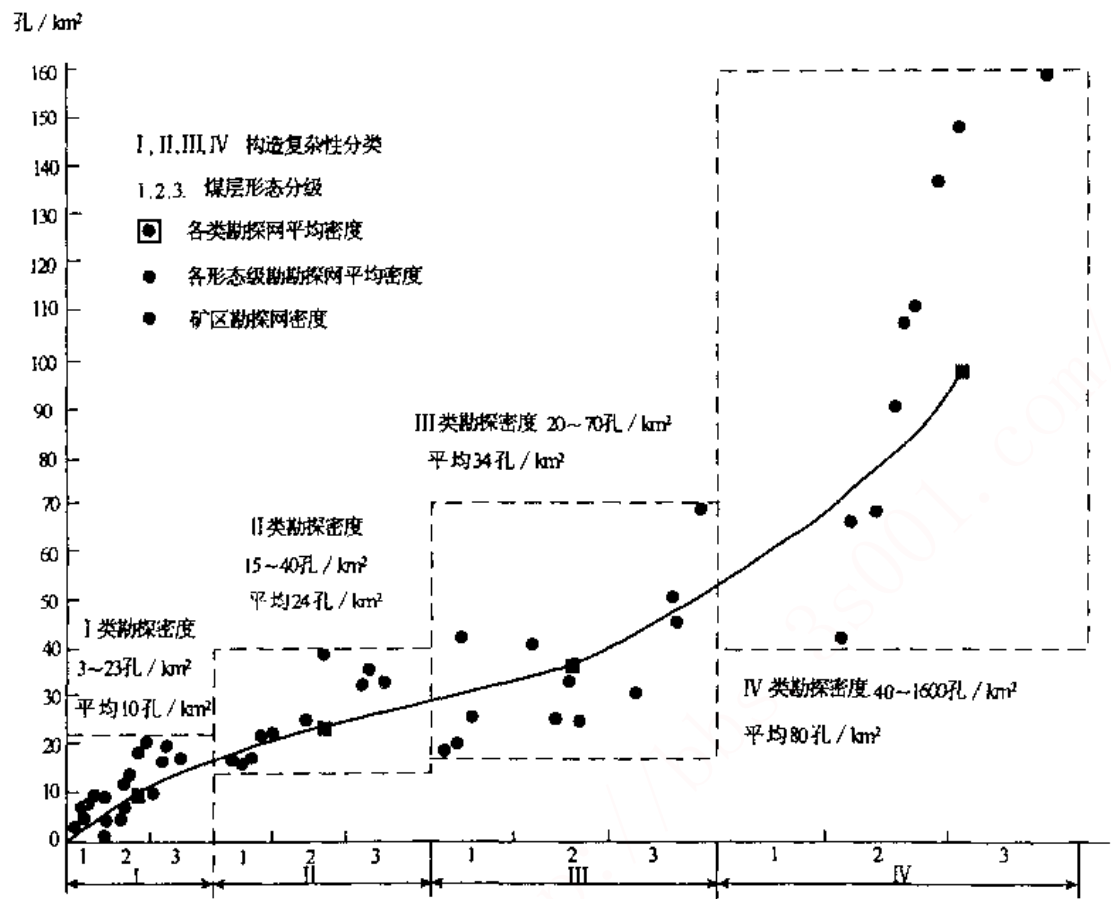


图 8.8 煤矿地质构造复杂程度和勘探密度的经验曲线 (据 A. B. Вилков, 1976)

I、II、III、IV 为构造复杂程度的分类; 1、2、3 为煤层形态分级

黑圆点为各矿区的勘探网密度; 黑方点为各类矿区的勘探网平均密度

表 8.4 各类煤矿床的勘探密度

露天矿 构造类别	平均勘探密度 $P = T_k (3 + 14\Phi)$	煤层形态分级		
		简单 I	比较复杂 II	复杂 III
简单 I	$P = (3 + 14\Phi)$	$(3 + 14\Phi)$	$(3 + 14\Phi)$	$(3 + 14\Phi)$
比较复杂 II	$P = 2.1 (3 + 14\Phi)$	$2.4 (3 + 14\Phi)$	$2.1 (3 + 14\Phi)$	$2 (3 + 14\Phi)$
复杂 III	$P = 3 (3 + 14\Phi)$	$3.8 (3 + 14\Phi)$	$2.7 (3 + 14\Phi)$	$2.7 (3 + 14\Phi)$
很复杂 IV	$P = 6.7 (3 + 14\Phi)$	$7.8 (3 + 14\Phi)$	$6.6 (3 + 14\Phi)$	$6.2 (3 + 14\Phi)$

以上计算是按规则的每平方公里的钻孔数, 钻孔之间的间距可用方程式 $L = \sqrt{\frac{S}{n}}$ 求得, 其中 S 为矿区面积; n 为钻孔数; L 为钻孔间距。

各类煤矿床的勘探密度的变化还可明显地用图来表示, 如图 8.9。

具体矿床的计算值列于表 8.5。

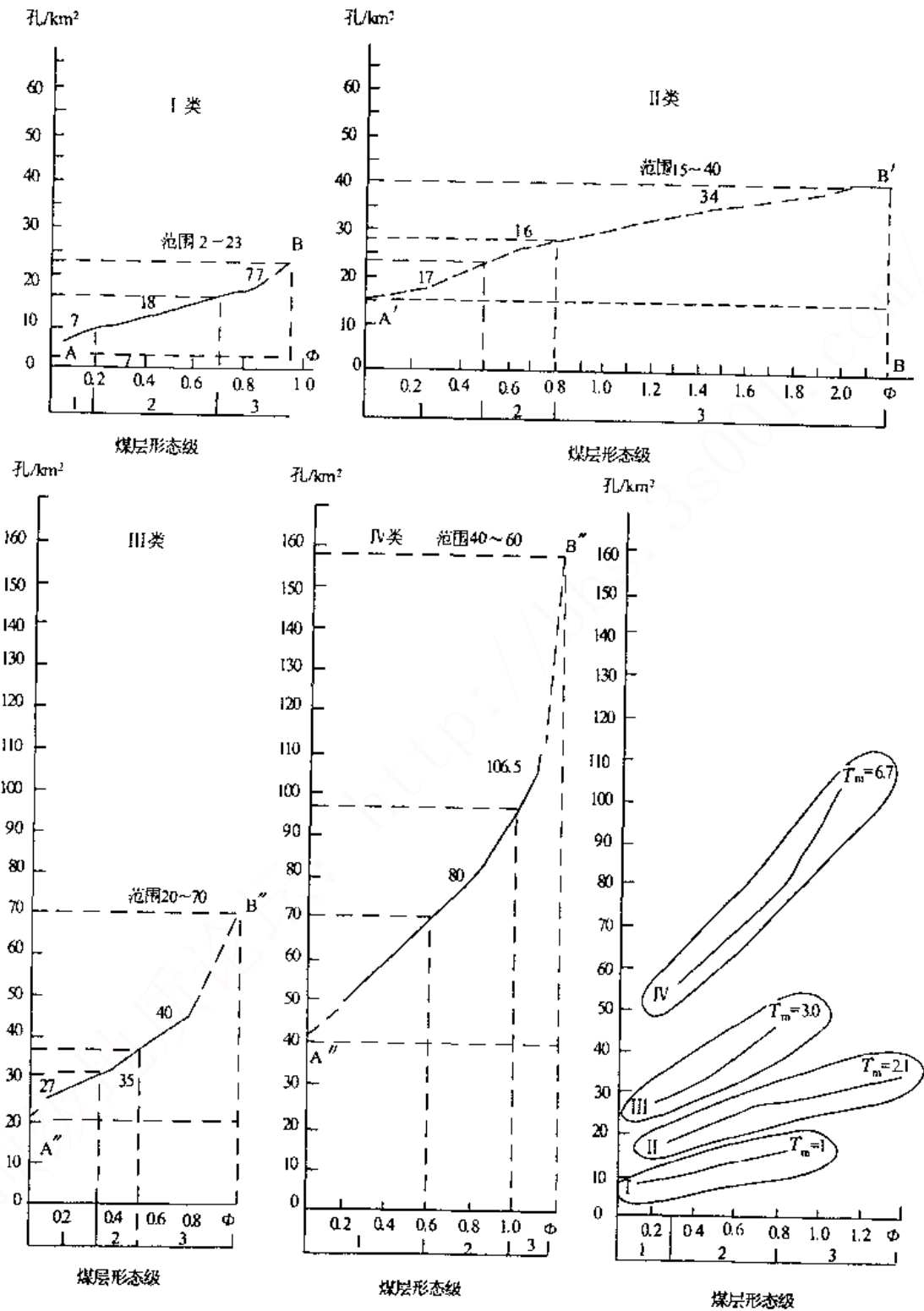


图 8.9 煤层形态指标 Φ 和勘探密度间的关系(据 А. В. Внукон, 1976)

T_m 为各类比 I 类钻孔增加的比率; 虚线方框为各类型勘探密度的范围; 数字为平均勘探密度

表 8.5 原苏联露天矿勘探网参数计算结果

编号	矿 区 及 煤 层	煤层形 态指标	平方公里勘探 密度/孔			钻孔间距/m			推荐的 网密度/ m×m	构造 类别	煤层 类别
			最小	最大	平均	最小	最大	平均			
1	Назаровк 厚煤	0.1	2	6.5	4.4	400	714	476	400 × 600	简单 I 类	1
2	Бородинск I 煤	0.14	2	6.5	4.4	400	714	476			
3	Березовск 厚煤	0.16	2.8	7.1	5.0	384	588	454			
4	Черемховск 主煤	0.4	6.0	11.1	8.6	303	416	345	250 (300) × 300		2
5	Александровск 下煤	0.6	8.6	14.1	11.4	270	345	295			
6	Чихезск 厚煤	0.68	9.6	15.4	12.5	256	322	285			
7	Реттиховск	0.72	10.1	16.0	13.0	250	312	278			
8	Свободное II 煤	0.72	10.1	16.0	13.0	250	312	278			
9	Рапчихинск	0.74	10.4	16.3	13.4	250	312	277			
10	Восточно-латорическ II 煤	0.77	10.8	16.8	13.8	250	303	270	225×275		
11	Бикинск 2a 煤	0.97	13.3	19.8	16.5	225	277	250			
12	Черновск III 煤	0.4	12.7	23.3	18.0	208	285	238	200 (250) × 250 (300)	较复杂 I 类	1
13	Татауровск III 煤	0.45	14.0	25	19.5	200	270	227			
14	Бабаевск 矿层	0.47	14.6	25.6	20.1	200	263	222			
15	Ново-дмитриевск 中煤	0.5	15.4	26.5	21	196	296	217			
16	Красно-Чикойск II 煤	0.5	15.4	26.5	21	196	256	217			
17	Ангренок 厚煤	0.51	15.7	26.8	21.3	196	256	217	175 (200) ×250	较复杂 I 类	2
18	Тарбагатайск	0.7	20.7	32.9	26.8	175	220	196			
19	Веседовск	0.6	18.1	29.8	23.9	182	238	204			
20	Таранорск	0.7	20.7	32.9	26.8	175	220	196			
21	Харанорск	0.73	21.5	33.9	27.7	172	250	192			
22	Волчанск 上煤	0.8	23.4	36.2	29.8	167	208	182			
23	Тарбагатайское Спунгик	0.83	24.2	30.7	37.1	166	204	181	125 (150)×150 (200)	较复杂 I 类	3
24	Перюгинск 厚煤	0.96	27.7	4.3	34.5	156	192	172			
25	Олонь—Шибирек 18 煤	1.01	29.0	42.9	35.9	153	188	178			
...									200 (250) ×300	复 杂 II 类	1
32	Лоркинск I 下煤	2.2	60.7	81.1	70.9	110	130	129			
33	Экибастуз I 煤	0.18	9.8	23.2	16.6	208	322	250			
34	Экибастуз II 煤	0.25	12.5	26.4	19.5	196	285	227	150× 200		2
35	Томск IV—V 煤	0.35	16.3	31.0	23.7	180	250	204			
...									125× 150 100× 125 75× 100	很复杂 IV 类	3
38	Экибастуз III 煤	1.05	43	63.1	53.1	126	156	139			
39	Гордовск 主煤	0.6	57.7	95	76.3	103	131	115			2
...											
42	Красноброек	1.4	125.8	177	151.4	75	89	81			3
43	Верхне-Аркагалинск	1.41	126.0	178	152	75	89	81			

(据 А. В. Внуков, Р. А. Карпов)

第四节 煤层变化性与储量计算精度

一、储量计算的精度与工程控制关系

储量计算的精度与工程控制关系密切，尤其是对透镜状煤层，应研究其分布规律，取得合适的网度。图 8.10 是透镜状煤层的优化控制示意图，在平面图中可见，用 L 间距占孔对上述形态的煤层所圈定的面积和用 $L/2$ 间距得出面积相等，只是具体位置不同而已；但另一种情况下用 L 间距可能全部落空，但用 $L/2$ 则可以得到满意的结果。因此要圈定这种煤层，要用煤层在平面图上直径的 $L/2$ 才能得到良好效果，储量精度才能有较高的保障。

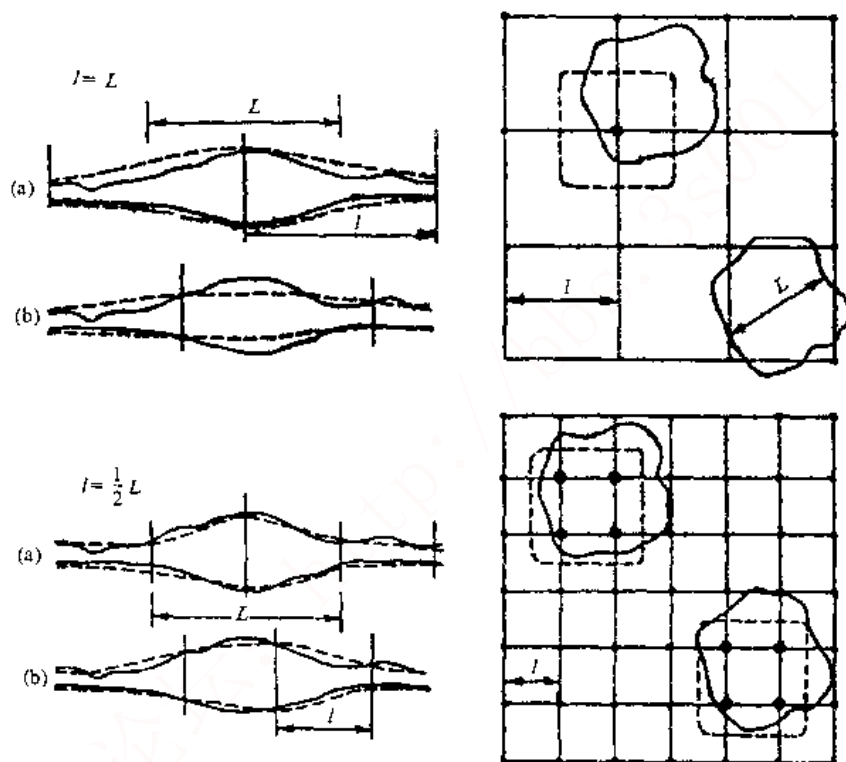


图 8.10 煤层形态与工程控制的关系

二、煤层对比

对于标志层清楚的煤田，通常勘探中的煤层对比资料都是可靠的，储量计算比较准确。只有在煤层经常分岔、尖灭，煤层层数多，煤层结构复杂或构造复杂的情况下，才会构成误差。

例如，湖南永来煤田富台下井田，晚二叠世龙潭煤系与白垩系红层之间为冲刷接触关系，6号煤层分岔，在勘探过程中将其误当作6号、5号两层煤，后经开采证实是属于煤层分岔（图 8.11）。

不过，辽宁铁法煤田大明一、二矿仅验证对比了矿井已揭露范围内 18 个钻孔的 76 个见煤层次，就发现其中有 10 个钻孔的 29 个层次煤层对比有误。这一方面是由于钻探质量较低，另一方面也是由于对侏罗纪含煤地层中的一些局部性标志层或薄层高岭石泥岩研究得不够的缘故。

三、煤层变化性

一般认为，钻探见煤厚度尚较可靠，但是钻探对煤层变化性的控制却有较大出入。

例如，湖南金竹山煤矿一平硐 CK23 孔储量计算时采用煤层真厚度为 0.99m，井下巷道在

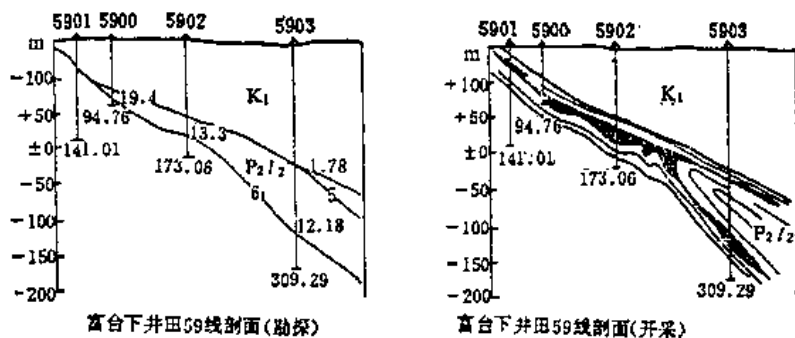


图 8.11 永来煤田富台下井田 59 线剖面采、探对比(据湖南煤田一队)

钻孔旁 14m 处通过,测得煤厚为 0.98m,证明钻孔见煤厚度可靠。在巷道通过处,煤层都达可采厚度,但向两侧很快变薄,无法进行回采(图 8.12)。

又如,湖南洪山煤矿鲤鱼塘井 CK12 孔,见煤厚度为 3.68m,但附近达到这一厚度的煤层面积很小,大约只有 30m 左右的范围,而大部分地段煤层厚度都只有 2m 左右(图 8.13)。

以上两例都说明,如用钻孔见煤厚度计算储量,会把煤层储量算多了。

更有甚者,如湖南大马矿区 1502 孔,见煤换算的真厚度为 0.92m,但该矿开掘了六条不同标高的巷道,共约 4000m,有的根本未见煤,有的即使见了煤也不可采,而经巷道验证,该钻孔的见煤厚度是可靠的,只因为煤层极不稳定,钻孔恰巧打在一个直径为 6m 的小煤包上。对于这类煤矿床,利用钻探就难以控制煤层厚度的变化情况。

对于变化性较大的煤层,钻孔见煤厚度都具有偶然性,钻孔位置不同,见煤厚度也就不同,相应的计算平均厚度相差会很悬殊。例如,萍乡青山矿大槽煤,同样用 500m 的孔距来控制(图 8.14),按第一种布孔位置,各钻孔的见煤厚度为 1.5、0、3.7、2、1.5、3.5m,平均煤厚 1.7m;按第二种布孔位置,各钻孔的见煤厚度即变为 6.5、13、2、1.5、13.7,平均煤厚成了 7.5m,相差达 4 倍之多。

武汉地质学院通过对湖南十二对矿井的采探对比认为,由于煤层稳定性的不同,在勘探过程中不能对煤层的变化作同等程度的查明。一些煤厚变化比较小的矿井,勘探煤厚和开采煤厚的变化基本一致,但对于煤厚变化性比较大的矿井,勘探和开采结果则有较大的差别。

采用同样的钻孔间距,布置位置不同得到的煤层形态有差别,尤其在不稳定煤层区,储量计算误差大,精度低。例如湖南一些小煤矿,根据稀疏钻孔来评价煤层,计算煤层平均厚度时,常常不可采。又如宁远狮子岭煤矿,在一个向斜中施工了三个钻孔,最厚只有 0.24m,

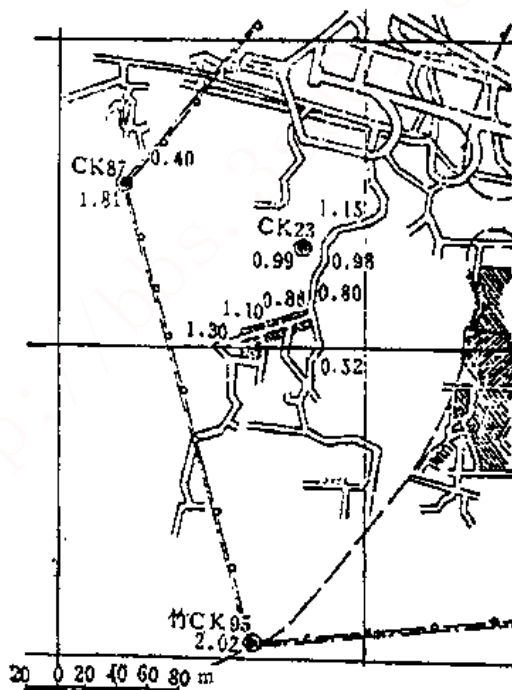


图 8.12 金竹山煤矿 CK23 孔附近井巷揭露煤层厚度(据金竹山煤矿, 1973)

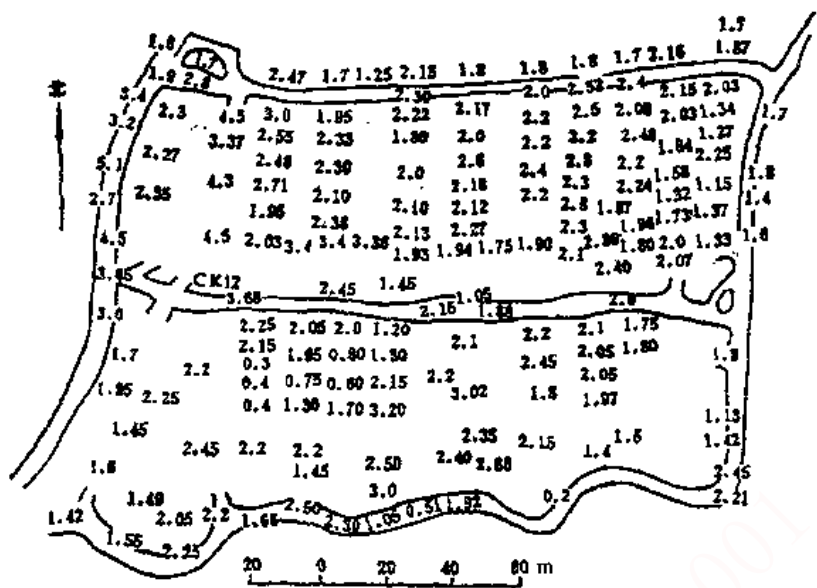


图 8.13 湖南洪山矿鲤鱼塘井煤厚变化情况 (据洪山煤矿)



图 8.14 萍乡青山矿大槽煤厚度变化情况 (据萍乡矿务局生产技术处)

确定为无开采价值,后来小煤窑在此开采,在开采区煤层平均厚度达 0.53m,但是形态复杂,只能边采边探,这时应统计坑道内可采面积并计算其平均厚度 $M=Q/sd$ 作为储量计算参数,其中 M 为老窑内煤层平均厚度; Q 为老窑的总产煤量; s 为老窑总采空区面积; d 为煤的密度。

四、储量计算

煤层厚度、煤层对比、地质构造等勘探资料的误差,会直接影响储量精度。具体来说,就会引起储量计算时选用面积、厚度、容重等具体参数的误差。

面积误差可由煤厚变化到不可采、断层边界两侧缺煤、煤层倾角误差、老窿边界变化以及计算误差等引起。

据涟邵矿务局等单位调查,湖南洪山煤矿鲤鱼塘井各个块段的储量误差如表 8.6 所示。

表 8.6 湖南洪山煤矿鲤鱼塘井各块段的储量误差统计

块段及级别	A_{2-1}	A_{2-2}	A_{2-3}	A_{2-4}	B_{1-5}	B_{1-7}	C_{1-3}	C_{1-9}	C_{1-10}	C_{1-13}	A_2+B+C_1
勘探储量	65.84	47.91	62.0	3.05	40.54	13.25	69.4	42.44	30.64	28.28	412.35
生产获得储量	53.38	38.49	32.1	0	30.89	12.62	57.02	26.01	12.25	9.4	272.22
面积损失	23.07	15.37	27.78	3.05	71.49	6.32	31.76	24.96	7.28	13.25	160.63
老窿边界变化	0.39		1.25				0.95	-5.62	7.22	7.35	11.54
煤厚变化	-9.99	-5.12	5.64		12.07	-5.39	-11.9	-1.11	4.78	-1.8	-12.84
倾角变化	-0.99	-0.54	-4.77		-1.20	-0.29	-8.41	-1.23	-0.88	-0.05	-18.36
计算技术误差	0.02	0.29			0.01	0.01		0.63	0.01	-0.13	0.84
相对误差率%	18.9	19.67	48.23	100	37.6	4.7	17.84	38.38	60.1	66.77	33.97
绝对误差率%	52.4	44.4	63.7	100	42.6	90.2	76.5	79.0	66.0	80.2	49.5

由表中可以分析出,由于倾角变化、计算技术误差、老窿边界变化引起的误差均不大,主要误差是面积损失所引起,其次由计算采用的平均煤厚所引起。还可看出,无论是相对误差率还是绝对误差率,和储量级别的关系都不显著。即并非 A 级误差小, C 级误差大。特别是 A₂₋₄ 块段,由于整个面积无煤可采,即使作为 A 级储量,其误差仍达 100%。因此,可以说,个别块段的储量误差很大。

但从整个井田来看,由于不同块段间储量的增、减相互抵消,整个井田的总误差并不大,甚至从储量的绝对数字看,普查、详查、精查之间的储量,在数量上差别都很小。当然,不同勘探阶段的储量所反映的地质研究程度差别是很大的。

武汉地质学院计算了湖南十二对矿井工业储量的误差,计算结果如表 8.7 所示。由表可知,误差值的大小及正负性质与地质构造的复杂程度没有直接关系。例如,资兴煤田地质构造比较简单,但四个井田中,周源山井误差达 50.08%。北平硐达 -39.37%,而地质构造相当复杂的马田爱如山井误差却只有 15.48%。因此,一方面要求全井田储量误差越小越好,以免影响确定井型及服务年限;但是,另一方面也不能简单地以储量误差大小来衡量地质勘探资料的可靠性。

表 8.7 湖南 12 对矿井工业储量误差

井 田	误差%	井 田	误差%
马田爱如山	15.48	杨梅山杨总井	50.97
牛马司	25.23	煤炭坝竹山塘	-0.99
杨梅山新总井	26.54	金竹山一平硐	-5.68
资兴宝源南平硐	32.14	资兴宝源中平硐	-8.43
新生觉光寺	44.56	洪山鲤鱼塘	-13.73
资兴周源山	50.08	资兴宝源北平硐	-39.37

储量计算方法选择不当也会产生储量误差。不过一般认为,这种误差比地质研究和勘探程度不足所产生的地质误差要小很多。计算方法上的误差,主要产生于煤层厚度和面积的乘积,产生于煤层平均厚度的计算。最理想的情况是,使每一个见煤钻孔所见的煤层厚度,在计算平均厚度时只利用一次,或者在计算中使各钻孔见煤厚度参与计算的次数相等,借以消除计算误差。

具体计算储量时,由于使用求积仪所产生的面积误差,或因图纸收缩、划分块段过多,使小块段面积之和不等于总面积等等而产生的技术误差,通常认为不大。据鲤鱼塘井的资料,影响储量误差的诸因素中,它是最小的,也是易于克服的。

图 8.15 列出煤层地质的研究方法基本程序。

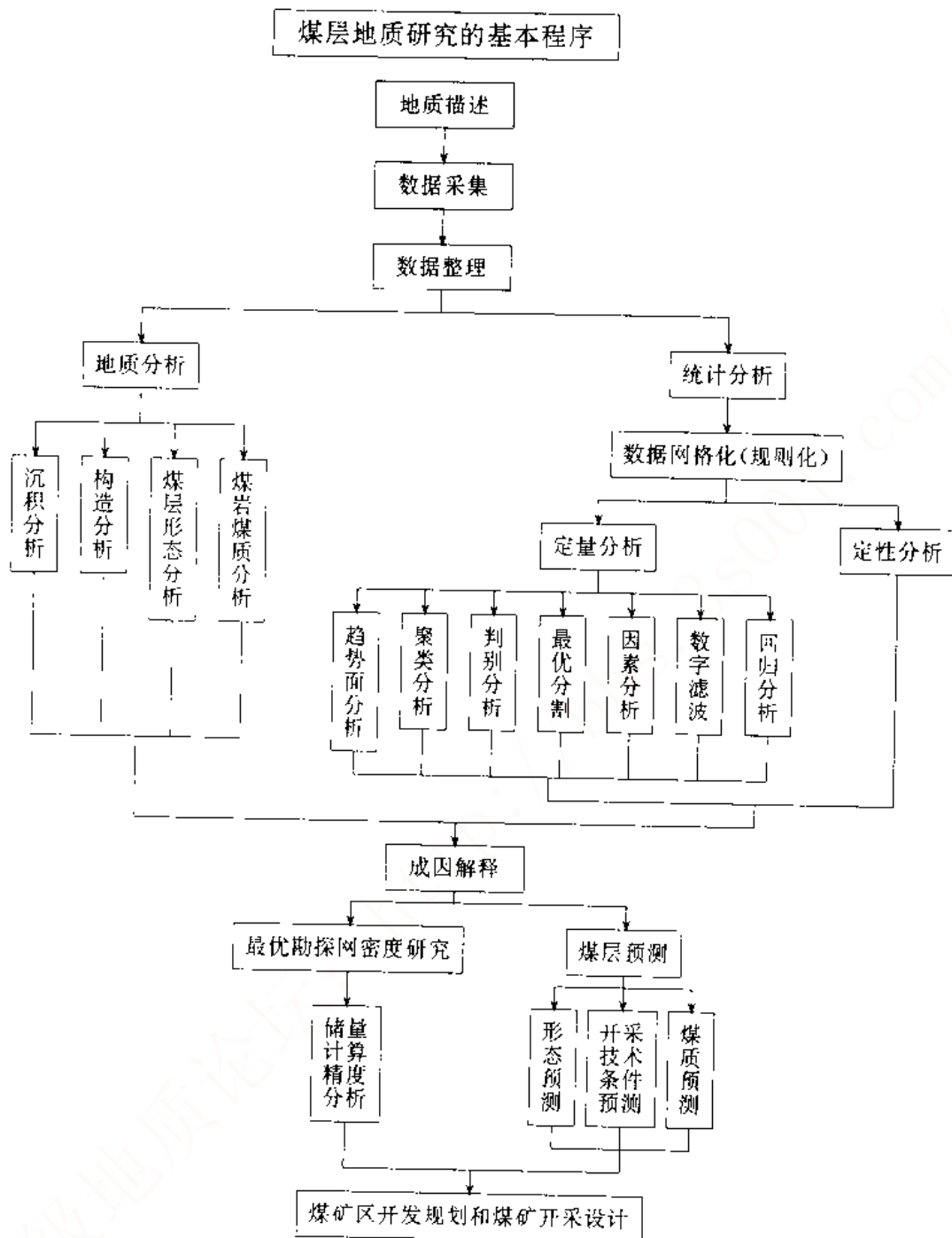


图 8.15 煤层地质研究基本程序

参 考 文 献

阿干镇煤矿开拓科石井矿地质组, 1977, 阿干镇矿区侏罗系煤田同生断裂的认识及其在矿井挖潜找煤上的应用, 煤田地质与勘探, 第 5 期

阪口丰, 1983, 泥炭地质学——对环境变化的探讨, 科学出版社

陈家怀、黎汉明, 1981, 试论我国南方早二叠世梁山煤系的控煤因素, 煤田地质与勘探, 第 3 期

福建省地质二队, 1977, 加福煤田煤系沉积条件与煤厚变化因素, 煤田地质与勘探, 第 6 期

河北省煤田地质勘探公司第四勘探队, 1985, 河北省蔚县矿区崔家寨井田精查地质报告

江汉铨, 1980, 从潘集三井田煤层数理统计中得到的启示, 煤田地质与勘探, 第 6 期

朗惠卿、祖文辰、全树仁, 1983, 中国沼泽, 山东科学技术出版社

门桂珍等, 1982, 平顶山煤田的数学地质研究, 煤田地质与勘探, 第 6 期

潘占峰、周建节, 1981, 试谈淮北朱庄井田岩浆侵入规律和找煤问题, 煤田地质与勘探, 第 1 期

武汉地质学院煤田教研室, 1981, 煤田地质学, 上、下册, 地质出版社

王其魁, 1982, 煤层稳定性定量评价的尝试, 煤田地质与勘探, 第 2 期

王庆全, 1982, 大同侏罗系煤层古火区地质特征, 煤田地质与勘探, 第 6 期

武汉地质学院煤田教研室, 1978, 湖南煤田勘探方法初步研究, 地质科技资料, 第 1 期

杨起、韩德馨主编, 1979, 中国煤田地质学, 上册, 煤炭工业出版社

朱雪芬, 1985, 研究煤相的几种方法 (一)、(二), 煤田地质与勘探, 第 5、6 期

张世平, 1985, 煤系沉积物的压实校正, 煤田地质与勘探, 第 3 期

张廷俊, 1981, 湛江地区厚层泥炭沼泽盆地成因探讨, 煤田地质与勘探, 第 3 期

张韬等, 1995, 中国主要聚煤期沉积环境与聚煤规律, 地质出版社

赵隆业, 1979, 煤田地质勘探译文集, 煤炭工业出版社

赵隆业, 1979, 煤层稳定性的一种相对定量方法, 地质论评, 第 1 期

赵隆业, 1981, 特厚煤层的建造组合类型, 煤田地质与勘探, 第 6 期

赵隆业, 1982, 世界第三纪煤田, 地质出版社

赵隆业, 1983, 第三纪煤田和含煤性, 地质学报, 第 3 期

赵隆业, 1983, 中国第三纪聚煤特征及找煤方向, 中国地质科学院研究报告 0054

赵隆业、王仁农, 1983, 煤炭资源地质勘探, 煤炭工业出版社

赵隆业, 1986, 联邦德国褐煤地质研究, 地质出版社

涅非捷耶娃 Л. П., 1959, 煤岩成分与煤层形成环境, 煤炭工业出版社

Britten R. A., Smyth M., Bennett A. J. R., Shibaoka M., 1975, Environmental Interpretation of Gondwana Coal Measure Sequences in the Sydney Basin of New South Wales, Gondwana Geology, Australia National University Canberra

Stach E., 1975, Stach's Textbook of Coal Petrology

Волков В. Н., 1985, Геология и Охрана Ресурсов Ископаемых Углей Недр, Л.

Волков В. Н., 1973, Генетические Основы Морфологии Угольных Пластов Недр М.

Волкова И. Б., 1971, Типы Угольных Пластов Основных Эпох Углеобразования на Территории СССР Химия Твёрдого Топлива No. 3

Желинский В. М., Коробичина В. Н., Каримова С. С., 1976, Мезозойские Отложения и Генетические Типы Угольных Пластов Южной Якутии Наука Новосибирск

Зарицкий П. В., 1974, О Сокращении Мощности Исходного Вещества Антрацитов в Ходу Литогенеза, Док. А.

И. СССР Том 215, No. 5

Иванов Г. А. , 1967, Угленосные Формации Наука Л.

Иванов Н. В. , Тараканова А. С. , 1985, Научные Основы Прогнозирования Мощных Пластов Недр Л.

Миронов К. В. . 1977, Разведка и Геолого-Промышленная Оценка Угольных Месторождений Недр М.

Иванов Г. А. , Иванов Н. В, Македонов А. В. , 1985, Основные Законмерности Строения и Образования Угленосных Формаций и Методы Прогноза Угленосности Недр Л.

Прокопченко А. С. . 1977, () Зональности Угльных Залежей Сов. Геология No. 4

附录 I. 代表性论文

古构造研究方法^①

通过沉积建造来研究古构造是很重要的一个方面。从国外材料来看, 比较多的集中在三种方法: ①厚度法; ②岩相法; ③煤变质作用法。

一、厚度法

厚度法是研究古构造最古老的方法, 主要是通过地层沉积厚度的变化来研究古构造—拗陷、隆起、断裂、褶曲等。其中又可派生出来许多与沉积厚度有关的方法。

1. 等厚线法

通过作地层厚度的等值线来阐明在平面图上地层厚度的变化。其中又可分为简单的等厚线法和复杂的等厚线法。

①简单的等厚线法, 就是按照独立的地层单位, 例如以一个地层组或段, 甚而一个煤组(大旋回)为单位编制出等厚线图, 如一个区域的地层划分为三个层段, 就编制三张等厚线图。这种等厚线图不但可以反映某一个地层组段沉积厚度的变化, 同时把三张图进行对比研究, 还可确定各层段间厚度(构造运动)由下而上变化顺序发展的情况, 也是通常应用最多的一种方法。

英国南威尔斯煤田通过作不同地层组段的等厚线图, 可以看出各地层组段的沉积中心(X、Y、Z)由南往北迁移的情况, 结合地质剖面的研究, 认为由于南部的隆起, 促使沉积中心向北迁移(图1)。

利用等厚线图, 在厚度的突变带往往可发现同沉积的断裂或挠曲。

图2表示英国林格尼斯附近尼思断层的发育展布情况, 通过对D2石灰岩等厚线分析, 可明显的反映出沿断层的地层等厚线有明显的差别。如再结合岩性岩相研究, 可见到粗砂岩和石灰岩直接接触。说明这一断裂带活动时期很长, 是同沉积的断裂。

②复杂等厚线法, 是按照不同层厚度的累计方法, 来编制等厚线图, 例图3, 有1、2、3、4号地层段, 则先可按1号层段编第一张等厚线图, 然而用(1+2)号层的累计厚度编等厚线图, 再用(1+2+3)号层的累计厚度编等厚线图, 依次类推, 分多少层就可编多少张等厚线图。这种图的应用是当各层段间对构造运动的差异性变化不清楚或存在有一些局部异常的情况下, 通过作这一类图件相互之间进行对比, 可反映出构造运动继承性发育的情况。有关文献中还提到作更复杂的等厚线三角图, 例如有5个地层层段, 则编制出的等厚线图如图三所示, 共要编制15张图, 地层分层越多, 编制出来的图数目可按 $n(n+1)/2$ 计算, 如分20层, 则要编210张图。显然这类等厚线三角图的工作量太大了, 现在很少使用。

2. 古构造剖面

就是把现在实际的地质剖面去掉断层(如研究断层两侧厚度变化, 也可以不去掉断层), 把

① 据湖南省煤田地质勘探公司翻印稿, 1980.10。

某一个标志层当作水平拉平,就可以看出地层厚度在剖面上的变化。(如果是一个褶皱的矿区,也可以先把地层展平后来研究古构造剖面)。

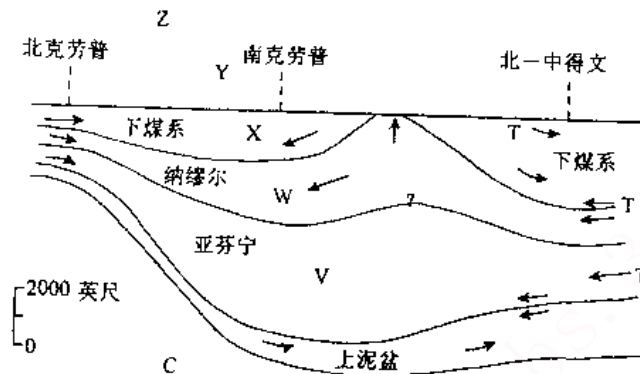
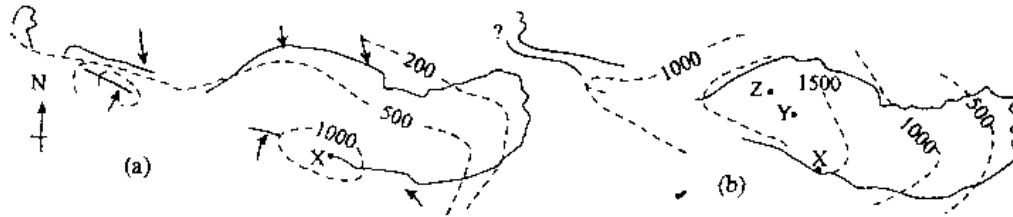


图1 南威尔士煤田早期构造发展 (据 Owen)

(a) 下煤系的等厚线图(单位英尺, 箭头表示古流向); (b) 中煤系的等厚线图; (c) 南威尔士和北-中得文上泥盆曲线表示下维新发阶层序的厚度变化, 箭头表示搬运方向; T, 浊积岩; V, Z 表示石炭系最大厚度位置的迁移

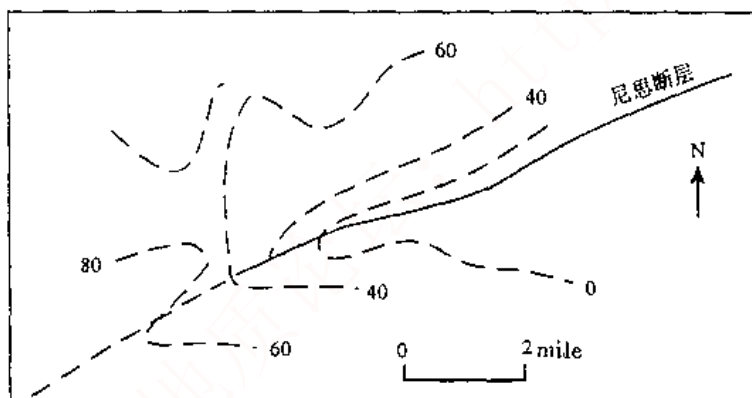


图2 林格尼斯附近 D2 石灰岩的厚度变化 (据 Owen)

例如顿涅茨煤田北缘有一组近断裂的局部隆起构造(图4), 中上石炭统地层为上白垩统地层不整合所覆盖。研究时先绘出现在的实际地质剖面, 然而去掉白垩纪地层, 并按上石炭统开始的 N1 层为标志层拉平, 成为由组沉积开始的古构造剖面, 同理还编制了由组沉积开始时的古构造剖面, 这样就可以统计各层组段沿剖面的厚度变化, 通过

对比看出在背斜顶部地层厚度减少, 具体数据如表 1。

				5
			4	4+5
		3	3+4	3+4+5
	2	2+3	2+3+4	2+3+4+5
1	1+2	1+2+3	1+2+3+4	1+2+3+4+5

图3 等厚三角示意图

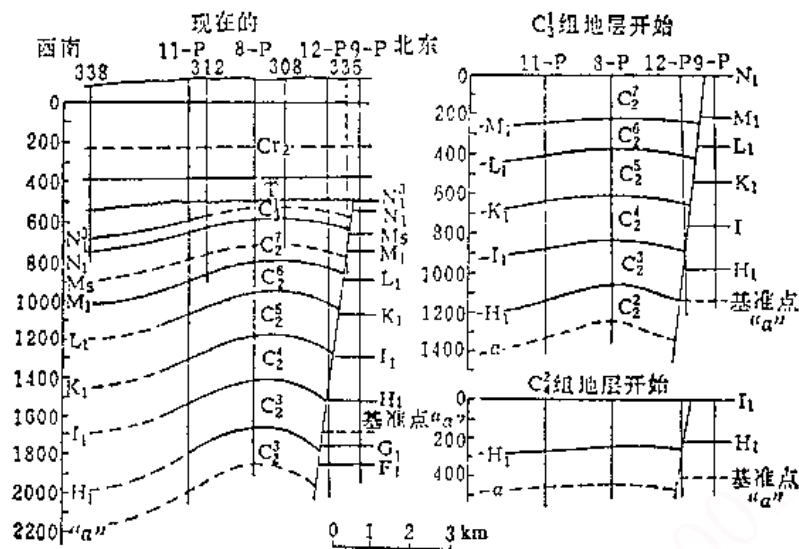


图4 顿涅茨煤田穿过 Боровск 隆起的古构造剖面

表 1

	地 层 组				
	C_2^3	C_2^4	C_2^5	灰岩 L_1-M_5	灰岩 M_5-N_3
顶部	237	221	210	246	175
翼部	263	250	235	268	190

由于这些地层组之间均为整合的，因而认为这种地层厚度的变化是属于同沉积期的。

剖面中的断层发生的时间是同沉积期的，还是沉积期后的，可通过研究断层两侧地层厚度的变化来判断，本例的数据是：钻孔在深 600~800m 处通过 $C_2^5 \sim C_2^4$ 组的断距是 70~80m，深 1420~1450m；通过 $C_2^3 \sim C_2^4$ 组的断距是 200~210m，不同地层区段的断距幅度不同，由上而下断距幅度增加 130m。断层上盘的地层厚度比下盘小得多等等。据此判断，该断层是同沉积期发育的，并且随着石炭纪地层的沉积，断距逐渐缩小。

通过古构造剖面厚度的观察，还可以看到地层厚度的突变带，这种地方往往有同沉积基底断裂的存在。如结合平面图和现在的地质构造对比起来研究，就可以进一步的讨论这种构造和现在地质构造的关系。

例如，Белоконов 研究了顿涅茨煤田的含煤地层厚度变化，编制了古构造剖面。从顿涅茨煤田北部 $N_1 \sim M_5$ 灰岩间的厚度变化(图 5)，看出厚度的突变带和现在断层的位置相一致。因此认为沉积期间构造运动的性质和在该地区后期发生的褶皱和断层有密切关系。

3. 构造形成图

以各地层组段的厚度为纵坐标，距今地质年代的长短为横坐标，编制出地壳升降幅度的曲线。它是以地层厚度的绝对值为基础，用地层厚度来反映地壳升降幅度的一种方法。由于厚度往往不能代表升降幅度。因此有人采用相对值的方法，即通过两地地层厚度的差别来反映两地区构造运动的强弱。由于避开了厚度和沉降深度的关系，用这种方法可以表达两个地区相对的构造运动的差异。其方法是两个地区按不同时代统计地层厚度，并计算两地区厚度

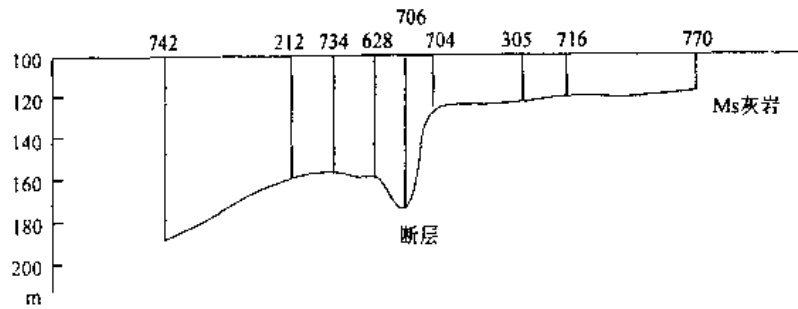


图 5 顿涅茨煤田北部 N-M 灰岩间地层厚度变化

的差值, 如表 2。

根据表中数据作坐标图 (图 6)。

表 2

时代	A 地	B 地	厚度差	厚度差总和
J ₁	250	557	307	-307
J ₂	182	291	-109	-416
J ₃	271	176	98	-318
K ₁	268	106	162	-156
K ₂	178	220	-42	-198
N ^a	1795	132	1663	1465
N ^b	258	154	104	1569
总和	3586	1916		

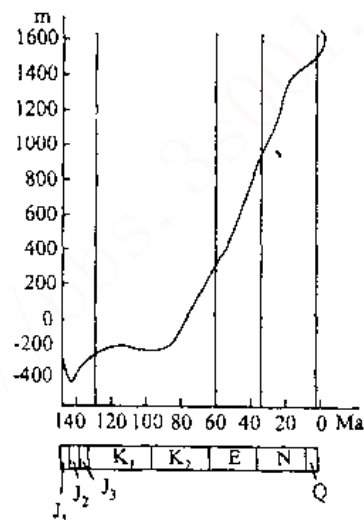


图 6 以 A 地为基础的 B 地构造形成图

从图 6 看出, 两地区的厚度差别主要反映在第三系上, 从这张构造形成图上反映第三系的厚度差值特别强烈。这种图可用来比较两地区不同时代构造运动的强弱。

还可以按厚度的极差 $D = H_A - H_B$ 来作图, 可看出构造作用力在不同地质时代上的强弱。

1. 构造发育的继承性关系

通过两地区不同地层沉积厚度关系的计算, 来确定两地区构造发育继承性的定量关系。这种关系用继承性系数来表达。每一个层位在两地区厚度的差别表明相对的垂直构造运动方面的差别。例如用 $|H_1 - H_2|$ 表示两地厚度差的绝对值, 代表构造运动幅度的垂直差别。图 7 列出两种情况, 两地的厚度差都是一样的, $|H_1 - H_2| = 230 - 170 = 60\text{m}$, 但由于不同层位的厚度差值不同, 其继承性发育关系应当有所差别。如用下列继承性系数方程式来计算, 则图 7(a):

$$K = \frac{|H_1 - H_2|}{\sum |h_1 - h_2|} \times 100\%$$

$$K = \frac{|230 - 170|}{|100 - 10| + |50 - 120| + |80 - 40|} = 30\%$$

$$\text{图 7 (b): } K = \frac{|230 - 170|}{|100 - 80| + |50 - 30| + |80 - 60|} = 100\%$$

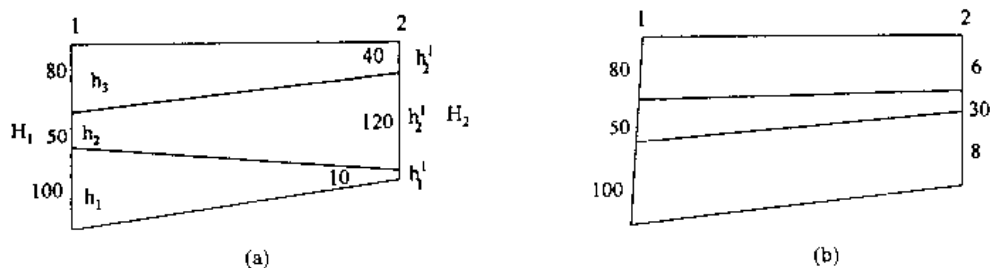


图7 继承性关系示意图

继承性关系系数 K 值大, 表示继承性关系好。还可以人为地把继承性系数进行分级, 如规定为:

$K < 20\%$	继承性差
$K = 20\% \sim 40\%$	继承性中下
$K = 41\% \sim 60\%$	继承性中等
$K = 61\% \sim 80\%$	继承性中上
$K > 81\%$	继承性好

两钻孔或地层剖面之间的继承性系数, 还可以在平面图上根据系数值勾绘出继承性系数等值线来。等值线值高的区段, 表明各层沉积之间继承好, 反之则差。用来反映各地区之间继承性的好和差的关系。

5. 统计法

就是用直接坐标统计下列两方面的关系。

①统计地层厚度的变化有无方向性、有无和现在地质构造关系。方法是作某一方向地层厚度和距离之间的相关图, 例如 В. Ф. Ткаченко 编制的顿巴斯、顿涅茨—马克也夫区西部 C_2^2 组的厚度统计图(图 8a(缺)), 可以看出, C_2^2 组由西南向东北方向逐渐减薄。同时还作了垂直向斜轴 C_2^2 组地层厚度的相关图(图 8b(缺)), 看出整个地层的厚度差别只有 20m, 未见在向斜轴部厚度有增加或减少的现象, 平均值线向东北方向有微弱的倾斜, 说明 C_2^2 组厚度的区域增厚或变薄不显著。这些都说明该向斜在 C_2^2 组地层沉积过程中还没有形成。

②统计地层厚度和含煤性、砂岩含量等各种沉积参数之间的关系。正常的情况是地层厚度增加, 砂岩含量、含煤性也增加, 如果发现有反常的现象或一些点的数据值异常, 就应当考察这些异常点的分布和位置, 从地质特征方面分析其原因。

二、岩相法

利用岩相分析来研究古构造也是很重要的方法。

(1) 岩相等厚线: 就是应用不同岩相的地层厚度来作等厚线。例如顿涅茨煤田 Шахтинско—Несветаевск 向斜的 $i_2 \sim i_3$ 煤层之间的厚度有 115m, 其中 60%~70% 为过渡相和沼泽相。如用整个煤组之间的厚度来作等厚线, 虽然也能反映当时沉积构造的情况, 但不如用过渡相和陆相的厚度作等厚线。这种用不同岩相作的等厚线反映向斜构造的面貌更加清楚, 不但反映出了向斜中部地层厚度大, 两翼薄, 并出现了一个横断隆起。该区又用海相地层作等厚线, 则出现相反的情况, 最厚的在向斜两翼, 最薄的在向斜轴部。分析认为, 陆相和过渡相地层的厚度已经经过补偿, 而海相地层则没有经过补偿, 所以认为用经过补偿的过渡相和陆相地层作等厚线图反映古构造的面貌更好些。

(2) 岩比等值线: 按各种岩性的比值作的等值线图, 也可用来推断古构造。这方面材料国内在煤田预测过程中用得很多, 不拟再作介绍。

(3) 岩相剖面: 通过沿某一方向编制岩相剖面, 可以看到沿剖面岩相的具体变化情况, 如有岩相的突变带存在, 说明有一同沉积的构造存在。如岩相是渐变的, 则结合它和现在构造的位置来研究向斜、背斜和岩相带发育变化的关系。

Михаилов 研究顿巴斯 Должанско-Садкинский 向斜及其他向斜, 见到 L_6-L_7 灰岩之间的层间距总厚度在向斜轴部加厚, 砂岩含量增多, 煤层和某些石灰岩层尖灭。所有这些都说明有同沉积构造存在(图 9)。

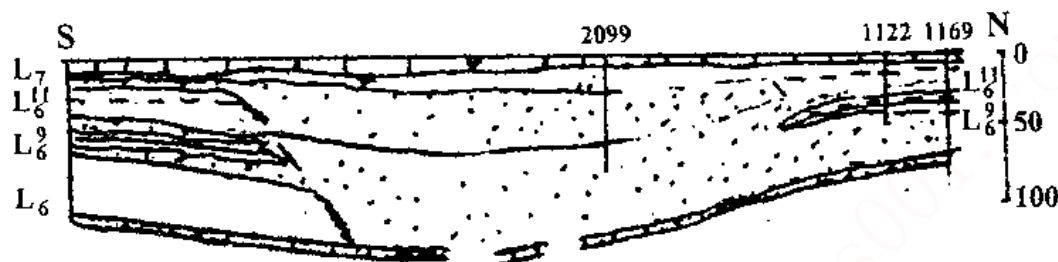


图 9 Должанско-Садкинский 向斜岩性剖面图
(据 Михаилов)

(4) 古流向分析。古流向分析是研究古构造很重要的方面。方法是选择能反映古流向的沉积标志, 如斜层理、砾砂、化石排列方向、沉积物粒度粗细变化、层面各种水动力等, 来确定沉积时古水流的方向。如所测的岩层是倾斜的, 则要用吴氏网的投影把它恢复到原始的水平位置。然后把所测得的各点的水流向投在平面图上, 即可用来分析。如能和地层等厚线图、砂体形态图等结合起来, 效果会更好些。例如南威尔士煤田下朗达层(1~2号朗达煤层之间)的等厚线图, 显示出东部及东北部地层厚度薄, 西南部厚度大, 等厚线方向近乎东西向, 厚度向北很快减少, 向东减少比较慢。结合古流向分析(斜层理方向, 图 10), 认为当时是一个集水盆地, 东部是源区, 东部及东北部已封闭, 是隆起区。古水流由东、北、南向中心会合, 到盆地中央产生沉积物的混合和重新分配。

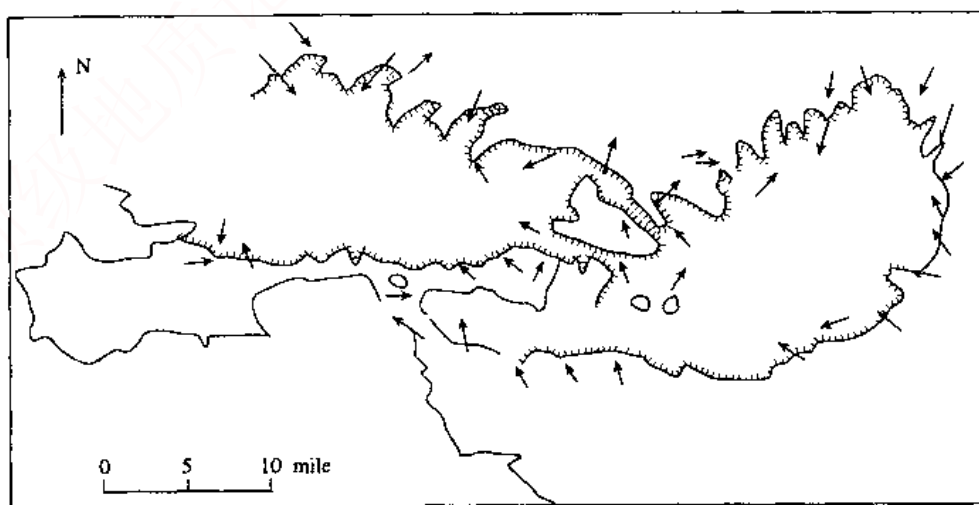


图 10 南威尔士煤田下朗达层交错层理方向的模式 (据 Kelling)

当所研究的地层受到后期构造变动侵蚀而保存不全时,通过古流向的研究可以帮助恢复当时沉积盆地的范围。如古流向穿过剥蚀区(隆起区),说明这一隆起区的形成是后期的(图 11a)。如古流向不通过隆起区,则说明这隆起区在沉积以前就已存在(图 11b)。



图 11 (a)



图 11 (b)

(5)煤层分岔带研究:煤层分岔是含煤地层中反映沉积和构造的明显标志。它可以是后期构造挤压的结果,但比较多的是反映沉积期间的构造运动。一些小的分岔也可以是非构造形成的。通过对煤层分岔的研究,可以帮助阐明沉积期间地壳振荡运动情况,可以是受基底断裂的影响,也可能是河流侧向迁移的结果。因此在平面图上绘出煤层分岔带的位置对研究古构造很有帮助。如果不同煤层的分岔带都在相同的位置上,则这一分岔带可能是受基底同沉积断裂的控制。上下煤层的分岔带界线作有规律的方向性迁移,表明构造运动迁移的方向。

三、煤的变质作用方法

利用煤的变质作用来研究古构造是建立在煤的区域变质(深成变质)理论基础之上的。随着地层层位的加深,厚度的加大,使煤的变质程度增加。目前所利用的反映煤变质程度的指标,通常是镜质组的最大反射率,也有选用固定碳、热值和挥发分的。可按以下顺序进行研究。

(1)选择地层厚度最大、地层层序最完全的剖面编制地层层序厚度和煤变质带间的关系图。不同煤田地层厚度和煤变质分带的关系不可能一致。

图 12 表明,据 Лёвентштейн 研究顿巴斯和 Иах 研究库兹巴斯的材料,不同煤变质带和深度(地层厚度)的关系有所不同。如果在一个钻孔或剖面中反映的煤变质带所代表的地层厚度不足,那末就表明这一地层中曾受到冲刷或有断层的存在。

图 13 表明鲁尔地区 Krughiitte 2 号孔,由于逆掩断层使煤化作用曲线发生位移。钻孔在 550m 处的煤化作用突然降低,从而确定其间存在有断层,通过地层对比,存在有厚 200m 的地层重复。钻孔中通过煤化作用的研究,当有逆断层存在时,煤会突变到低级别煤。如有正断层存在,在断层面之下煤级会突然增高。

但是只根据单个钻孔资料,很难确定这断层是同沉积期的,还是沉积期后的。

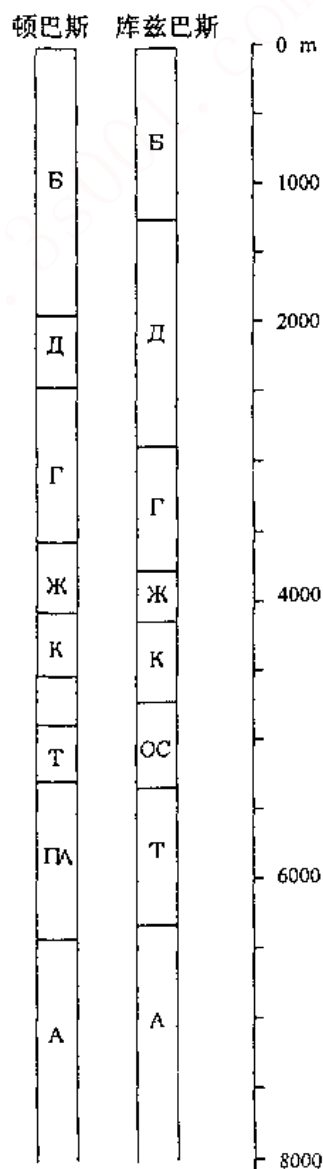


图 12

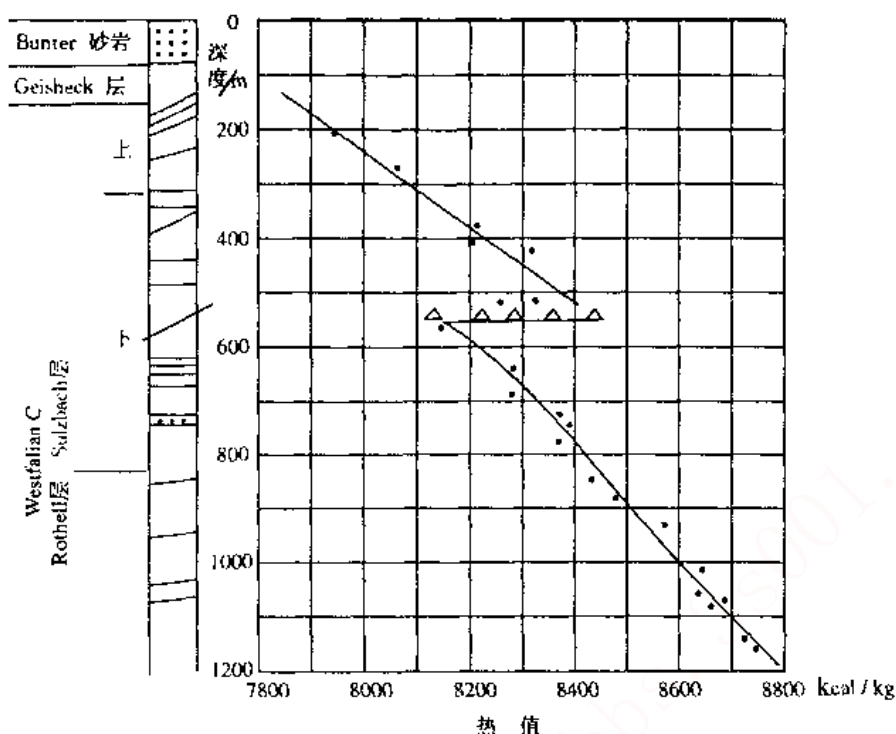


图 13 煤化作用曲线的位移 (据 Damberger)

(2) 在地质剖面上, 对不同煤层测定反映煤变质程度的指标(如镜质组最大反射率等), 然后按相同的测定值(如最大反射率)进行连线, 称为等变质线。等变质线和煤层产状的关系, 在一般情况下是等变质线的倾向和煤层的倾向一致, 只不过倾角略小于煤层倾角。如果出现异常现象, 就表明其间经过构造变动。还可研究等变质线和断层之间的关系, 当有断层存在的情况下, 等变质线也一起断开。如果等变质线没有断开, 则表明这断层发生的时期要早于煤变质期。

(3) 在平面图上编制同一煤层的等变质图, 并和煤层底板等高线结合起来, 分析煤变质和构造的关系。也可将地层等厚线图和煤层等变质面结合起来, 研究煤变质是否受到后期构造运动的影响等。如果等变质面和地层等厚线的方向一致, 则说明煤的变质要受到沉积期间地壳沉降深度的影响, 按 Пономин 的定义, 即是古变质作用的结果。如果不一致则存在有新变质作用, 在一个具体的矿区, 可以先按地层厚度和反映煤变质程度的指标的关系作出理想的古变质作用图, 然后用现在实际的等变质面图减去, 则成为反映新变质作用强度的图。拿它和现在的地质构造进行对比, 就可用来推断煤变质和构造之间的关系。对于某个具体煤田来说, 各矿区等变质面和构造的关系应是一致的。如发现不一致, 则说明构造运动在不同矿区之间有差别, 或者说各矿区的构造不是同一期形成的。

(4) 在小比例尺的区域地质图上把煤变质带和地层厚度分析资料、构造形态以及岩浆岩活动等待征结合起来, 可以作为分析构造发展历史的根据。

煤田勘探科学的研究^①

煤田普查勘探是不是一门科学？是一门什么样的科学？这是我们搞煤田普查勘探的同志经常提到的问题。

我们说煤田普查勘探是一门科学，是因为它是来自于生产，而且是为生产服务的。现在煤田普查勘探每年要投入几亿的资金，提供和查明上百亿吨的储量，我们已有一百多个普查勘探队在这一领域内进行工作，并且有了一套从中央到地方的管理机构，制订了各种相应的规程、规范。不仅如此，作为一门科学，它还有了其本身要求的研究方向和独特的工作方法。

但是煤田普查勘探科学和一般的地质科学不同，这是因为有它本身的要求。

(1) 以地质观察研究为基础。地质勘探的对象是地质体，其结果是要提高地质研究程度，提交煤炭的各级地质储量，运用的主要是地质学的方法，进行的主要是地质观察、研究、分析和推断，自始至终要求解决的是地质问题。也就是说，在普查勘探的不同阶段和时期，都要求研究地层、构造、煤层、煤质、岩浆活动、水文地质和工程地质等方面的问题，而最终提交的是根据以上综合研究成果所反映出来的地质储量报告。

(2) 要有各种技术规程和运用综合的技术手段。

(3) 要重视经济规律的研究和掌握管理技能。

因此可以说，煤田普查勘探是一门介于地质和技术经济科学之间的科学，但更偏向于地质科学。由于它的社会性比较强，作好普查勘探，不单是纯技术问题，还要运用社会科学的规律，如价值法则、管理技术等等，因此它又是介于自然科学和社会科学之间的科学，它更偏于自然科学。

下面我们就本科学研究的方向和研究方法，并对大家所关心的勘探类型问题提一点想法。

一、煤田勘探科学研究的方向

作为一个精通勘探的地质工程师，不能只是要求他能担任施工管理，布置几个钻孔，提交几份勘探报告，而应当要求他能够进行煤田普查勘探的科学研究，提高勘探的科学理论，熟悉和掌握客观的地质规律和科技情报，进行和组织勘探生产和科学研究工作。

勘探的科学研究涉及的面很广，要求进行科研的人员有广厚的基础理论和掌握各种方法和动态，不单要懂得地质科学，还要有工程技术和管理科学方面的技能。现在，煤田普查勘探科学研究方面非常薄弱，究其原因，一方面是提不出合适的研究课题来，另一方面是研究的成果未能被很好的重视和利用。

我们认为勘探科学的研究主要有以下三个方面。

1. 勘探科学的理论研究

勘探不是单纯的一门方法性科学，虽然它方法性较强，但仍应有理论指导。这种理论涉及到许多经济科学理论、自然科学理论。现初步提出几个方面问题。

(1) 勘探体制的研究。纵观世界各国的勘探体制，有很大差别，首先是社会主义国家和资本主义国家之间有着本质差别，即使在社会主义国家内部，或资本主义国家内部，在进行

^① 刊于湖南省地质学会、湖南省煤炭学会 1980 年煤田地质学术讨论会论文摘要选编。

勘探工作方面,也有着各自不同的道路。解放以来我们学习苏联,引进来许多适合苏联情况的从机构组织到具体施工方法等一系列的勘探体制,几次曾企图改革都没有突破,而对英美的一套体制虽然了解不多,也缺少实践经验,但有无可取之处也没有深入研究过。怎样建立起适合于我国国情的勘探体制?值得很好研究。当前在扩大企业自主权以后,怎样使勘探工作来一个突破?这里有大量的研究课题,各级领导可以从中进行总结和研究。

(2) 勘探数学研究。这里不是单纯的只指把数学地质的一些具体方法引入到勘探工作中,以解决某些勘探施工、资料整理和报告编写过程的一些具体问题,而是要求通过勘探的数学模型,来解决勘探施工、组织管理、勘探布置、勘探密度等综合方面的问题。把矿床形态数据化,并用计算机进行控制。通过勘探施工,随着资料的逐步丰富,以显示矿床的数学模型,并进一步指导施工,并随时提供所需要的各种数据。

(3) 勘探经济研究。它涉及三个方面,其一是煤炭经济,即煤炭的供求和外贸动向、煤炭价格政策等,以便考虑在什么时候,在什么地方,用多大力量进行勘探和开采最为有利。如果提前勘探,则形成呆矿,使资金积压,不好;任务过急,突击搞会战,也会造成许多方面考虑不周,违反科学性。

其二是勘探程度和投资的经济效果。勘探到什么程度方可满足设计部门的要求,是一个很复杂的问题。现在有两种表达的方法,一种是用 $(A-B)/(A+B+C)$ 级比例来表示,另一种是用具体文字来说明对构造、煤层、煤质等探明到什么程度。但根据是什么呢?现在还拿不出有说服力的根据来,以致引起审批报告中的争论。从勘探到设计、开采之间要保持多长时间间隔才算合理?什么样属于呆矿勘探?据了解,现在全国探明的煤炭储量为 6000 亿吨,其中精查可供建井的只有 1600 亿吨,这一比例是否合适?在 1600 亿吨精查储量除掉已建和在建的矿井占储量 $\times \times \times$ 亿吨外,所剩的只有 $\times \times \times$ 亿吨储量可供利用,其它是属于构造复杂、交通运输困难和勘探程度不足等的储量,这样的比例又是否合适?在什么时候,以什么样的比例,提高成为可供建井的精查储量最经济合理?勘探投资和使当地煤炭产量的增长之间应该有一个比例,现在基本上勘探和煤炭产量之间的关系是脱节的。以上都属于这一范畴研究的内容。

其三是勘探成本。在具体勘探某一煤田时,研究怎样使所花的工程量最少,时间最短,而所获得的地质资料和储量最丰富。它将涉及许多勘探技术方法方面的内容。

这几个方面,现在都很少研究,即使和具体进行勘探工作的同志有直接关系的勘探成本,最多也只是在勘探报告的最后,罗列一不每吨煤的勘探成本而已,而且统计也极不完全,也没有一个标准。由于勘探投资没有摊入采煤的成本中,从而也就不好来衡量勘探的经济效果。

(4) 勘探未来学研究。当今未来学的研究已在各行各业中都受到了重视。回顾我国 50 年代和 70 年代的地质勘探工作,之间确有明显的差别,这种差别表现在浅部和暴露式的煤田已逐步勘探清楚,东部人口稠密区地质研究程度大为提高,老矿区开采深度加大,要求勘探深部的矿井,由于勘探深度的加大和机械化采掘程度的提高,提出了一系列对地质勘探工作的新要求。露天开采的扩大和掩盖式煤田的勘探,也提出了勘探中许多新的课题。同时由于物探、遥感等新技术手段的引进,怎样运用综合的手段,以提高勘探地质效果也需要研究等等。那末在今后 20 年,到 2000 年我国实现了四个现代化后,煤田勘探将是一个什么样的局面呢?应该提前有所考虑和安排。

2. 勘探地质基础理论研究

对勘探地质基础理论研究,应该给予充分的重视。普查勘探过程的始终,都应当研究地层、构造、煤层、煤质、岩浆活动、水文地质和工程地质、地热地质、瓦斯地质等方面问题。但勘探地质研究又不同于上述各门学科研究的内容。它要求研究上述各门学科中结合勘探比较密切的部分和实用性比较强的部分内容,例如研究煤层,在煤田地质学中主要是通过煤层的成因和形态等方面来确定煤层厚度的变化,并阐明其形成条件。而勘探科学对煤层研究,则既要重视成因方面,也要重视工业利用方面,从煤层能得以合理开发的角度出发,研究井田内两个钻孔之间或两个巷道之间煤层具体的形态的变化,和煤层对比连接的方法,及其对比连接可靠性的评价,以达到使煤储量计算得更加精确。现在煤田勘探过程中的地质研究工作比较薄弱,勘探中发现的地质问题,不是首先通过地质研究来解决,而是通常用加密钻孔网度来解决,这是一种极不正常的现象。实践表明,有时虽然勘探密度已经加密到不能再加密的程度,但明明可以解决的地质问题仍旧解决不了,这应当引起领导和煤田地质工作者的严重注意。勘探过程中对地质研究所需要的投资与钻探工程的投资费用相比,所占的比例是很小的,但是通过地质研究,不但可以更多节省钻探和其它工程量,并且可使对矿床的评价更为可靠,其收益是很大的。现在煤田勘探中重视地质研究不够,一方面是由于地质人员少,技术水平低,另一方面在组织领导工作中,也还是注意钻探进尺而轻视地质工作和地质研究工作的组织。

3. 勘探技术方法研究

勘探技术方法涉及到不同类型煤田的勘探阶段、勘探进程、勘探布置、勘探密度、勘探程度等方面。可以按类型来提出研究课题,如掩盖式煤田勘探方法的研究、露天式开采、小型煤田、平硐开采等等煤田的勘探方法的研究,也可以按地区提出研究题目,如湖南煤田勘探方法研究、太行山东坡煤田勘探方法研究等。也可以按所划分的勘探类型的两项指标来进行研究,如构造简单煤矿床、构造复杂煤矿床,稳定煤层、极不稳定煤层勘探方法研究等。

综上所述,煤田勘探领域内涉及的研究内容非常广泛,每一项研究的成果都可能对勘探投资的经济效果有着影响。提倡开展勘探科学研究,不但具有理论意义,而且有很强的实践意义。以上提到的各个题目从勘探队的领导到每一位具体施工人员都可以选定课题进行研究,只要在工作中留心观察、深入思考 and 对比分析,肯定会提出丰硕的研究成果来。

二、煤田勘探科学研究的方法

进行任何工作都要注意方法。地质勘探工作的方法,不是泛指钻探方法或物探方法。地质勘探过程中应用钻探、物探都只是一种技术手段,即使日前常提到的所谓钻探—物探综合方法,也只能够说是综合的应用了各种技术手段,对地质勘探工作有良好的效果。

作为一种科学的方法,应该是指应用这些方法,可以解决这门科学提出来的各种问题,或一部分问题。那么根据要完成地质勘探的任务所采用的方法有哪些呢?我们认为主要有以下四种方法:

(1) 类比法。类比法不仅在地质勘探工作中,就是在整个地质科学领域内这种方法都是应用得很广的方法。有比较才能有鉴别,不论是领导干部或是具体施工的技术人员,多少都在不同程度上应用了类比法。例如运用煤田成因类型来指导找矿,应用勘探类型来指导钻孔布置等。有经验的工程技术人员,在取得了一个个的煤田勘探经验之后,都会应用以前勘探的正反两方面的经验来指导和影响新区的勘探工作。如果能再进一步对所勘探的矿区,在矿

井建设并开采若干年以后,由原来负责该区勘探施工的同志亲自做些调查,进行开采资料和勘探资料之间的对比,那么,对今后新区的勘探施工,就会有更多的指导意义。可以说,勘探经验越多,灵活应用类比法也会越广。

钻探资料和物探资料的对比,用钻探资料验证物探资料,或用测井资料检查钻孔质量也是一种类比法。至于各种化验方法之间的对比,以及内外检查等,从广义上说也是一种类比法。因此不管是否承认有类比法,在实际工作中,这种方法是应用得相当广泛的一种科学的方法。

(2) 剖面法。地质勘探工作中,要正确反映矿床的形态,就要求制作各种方向的剖面,如纵剖面、横剖面和水平切面等。勘探施工为了能获得各个方向的剖面,就要求钻孔、物探等工程量都沿剖面分布,使得剖面做得准确。剖面既是控制矿床形态的质和量最好的方法,也是开采工作中最需要的一种资料。因此剖面法可以说是勘探中的一种独特的方法,过去对这一方法理解和认识不足,曾一度有人提出过“破线破网”的勘探方法经验,结果证明是走了弯路的。通过正反方面的经验的总结,现在都已经认识到勘探布置要沿勘探线进行的重要意义了,而且还提出了在勘探过程中要采用主导勘探剖面 and 加密勘探剖面等等的概念。

(3) 地质推断法。勘探工作中钻孔与钻孔之间、坑道与坑道之间、剖面与剖面之间,都不可能无限制的加密。因此在钻孔之间、坑道之间,多少都存在一个地质推断的问题,这种推断是勘探过程中出现误差甚至于错误的主要来源。现在采用的推断方法多是几何学方法,即插入法。这是一种机械的方法,不容易符合客观地质情况。因此应当提倡通过本地区已有的开采资料,结合勘探资料,在进行地质理论研究的基础上,采用地质的推断方法。湖南省的同志在处理特厚见煤点的问题上,把特厚见煤点的范围,根据井下资料,使它局限在一定的范围之内,避免了煤储量不致因特厚见煤点的存在而扩大。这就是很好的应用了地质推断法的一个例子。

(4) 综合评价法。煤田普查勘探的过程就是煤田评价的过程。无论是普查勘探项目的选择或者是具体钻孔的施工布置,都要有综合的评价观点,即从地质、技术和经济方面,是否符合国民经济发展的需要,是否有利于矿井生产力的提高,是否有利于矿井开采,是否适合本矿区地质特征,以及是否符合经济的原则等方面来衡量。在具体进行勘探工作时,要抓住影响评价的最主要因素进行突破,否则即使矿床勘探报告提交了,仍不能投入开采利用。例如一些矿井、煤层、构造以及交通运输等条件都很好,但处于于早缺水地带,或者水文地质条件很复杂,则首先要解决水文地质问题,作出矿井能否开采的水文地质条件的评价,否则就是勘探结束,也会形成呆矿,使资金和技术力量积压。

三、煤矿勘探类型和勘探模式

煤矿勘探类型是勘探过程中大家关心的问题,它直接影响勘探工作量的大小。煤矿勘探类型是以构造复杂程度和煤层稳定性两项指标来进行划分的,目前国家已用规范的形式把它肯定下来。

为了考核现行勘探类型的作用,有必要回顾一下划分勘探类型的简短历史,特别是苏联的历史。苏联 1947 年在制订煤矿储量分类方法应用规程时,曾以当时苏联主要煤田的勘探实践提出了如莫斯科近郊、顿巴斯(卡拉干达)、库兹巴斯、齐良宾及苏昌煤田等五种类型。其中不但提出了各煤田影响勘探的代表性标志,还根据各级储量的标准,列出了对构造、煤层、煤质以及水文地质及开采技术条件等方面的要求,规定了按煤层稳定性或构造复杂程度不同

相应采用的勘探线间距。1949年瓦西里也夫在他所著《煤》一书中，提出了十七种煤矿工业类型，并介绍了各个类型从普查到精查应该进行的工作和勘探的要求，都是从具体的煤矿床出发进行的总结。1954年苏联根据以往勘探的实践经验，在制订煤和油页岩矿床储量分类规范时，提出了以构造复杂程度和煤层稳定性这两项指标作为划分勘探类型的根据，并且提出了所谓的“三类九型”勘探类型表，这无疑是一个进步。以后，在1960年及1968年修订新规范时，一直沿用这种类型的划分。我国1961年在制订煤矿勘探规范时，曾参照了苏联的规范，只是在第一类（构造简单）中，作了一些勘探密度方面的修改，并提出了我国的煤矿勘探类型表。与此同时，还附有南方小型煤田的勘探类型表。但执行几年以后，在1965年召开的铁法勘探方法改革会议上作了否定，当时根据铁法煤田的勘探实践提出了“单项分析，分别对待，综合研究，统一定孔”的方法。经过“文化大革命”正反经验的总结，在1980颁布试行的煤炭勘探规程中，仍旧采用了以构造复杂程度和煤层稳定性为基础的勘探类型表。

我们认为煤矿勘探工作应当有类型，才便于运用类比法。但是作为勘探类型，我们希望其作用除了指导勘探密度外，最好能对勘探进程、勘探程度、施工布置以及评价等等方面都能起到一定的作用。而现在的勘探类型，主要是一个勘探密度类型，并且和勘探程度表不能结合在一块。1973~1974年期间，笔者作为武汉地质学院煤田教研室的成员，曾和陶继文、张守良、谷上礼同志在进行湘南煤田勘探方法课题的研究时，针对所调查的十对矿井，提出了四种类型，其中考虑了勘探进程、最终勘探的密度和所能达到的最高储量级别等，企图对现有的勘探类型在概念和划分方法上有所突破。但是，由于人们对固有的勘探类型的概念印象很深，就是在最近颁布的《煤炭资源地质勘探规范》中，仍旧沿用了原有的划分方法。为此我建议，应当在这一种划分勘探类型之上，再加上一层勘探模式的概念，用以全面指导煤田勘探工作。

煤矿勘探过程中，勘探密度固然很重要，但是从综合评价的角度出发来考虑，涉及勘探项目的选择、井田划分、勘探进程和勘探程度的确定等等问题更显得重要，勘探密度可以通过勘探施工程序来加以确定。而上述这些问题解决不好，在政治和经济上的损失要比勘探密度选择不当来得大。因此勘探模式的研究和确定远比勘探类型更为重要。

我们认为，勘探模式的确定，除了应用固有的各项地质方面的指标外，还要加上技术和经济方面的指标，并且还要适应国民经济发展不同时期，即它是有时间性的。

我们在湖南划分的四种类型，是否可以当作四种勘探模式的雏形来考虑呢？请大家审议。勘探模式不可能有固定统一的划分标准和格式，也不可能具有勘探类型那样三三得九的形式。通过发动群众，从具体煤田的勘探实践中进行总结，有一个算一个，有多少算多少。这样我们的思路就广了，各种勘探研究的项目也可以提出来了。

发现和勘探掩盖式煤田的几点基本经验^①

随着我国大规模煤田普查勘探的开展,容易发现的暴露式煤田,除西部研究程度较低的地区外,大多数都已进行了不同程度的工作;今后除继续开展暴露区和老矿区外围的煤田普查外,要把主要精力集中到寻找新的掩盖式煤田上。由于掩盖式煤田多地处平原,交通方便,有的还在城市郊区,开发这些掩盖式煤田,对解决工农业的能源供应有重要意义。

一、掩盖式煤田的类型

1957年以来,我国发现大量掩盖式煤田,已知有:

(1) 第四系覆盖下的石炭二叠纪、侏罗纪和第三纪煤田,如兖州、丰沛、邯邢、肥城、淮北、沈北、永乐、三河等煤田。面积大,分布广,储量大,只要第四系覆盖层的厚度较薄,通常都具有很大的工业价值。

(2) 第三纪、白垩纪红层不整合覆盖下的晚二叠世、早石炭世等时代的煤田。如广东南海县官窑、曲仁,湖南永兴高亭司,安徽广德的新杭等煤田。目前大多还只是在红色盆地的边缘进行工作。

(3) 侏罗白垩纪火山岩、第四纪玄武岩覆盖下各时代的含煤岩系。如东北敦化、延吉地区广大第四纪玄武岩下的煤田,京西髯髻山火山岩系下的煤田,浙南广大侏罗白垩纪火岩岩系下的煤田等。目前因对火山岩的分层、厚度以及其下伏的地质构造研究不足,工作还没有大量地展开。

(4) 各时代大逆掩断层下面的煤矿区近年来时有发现,特别在湖南、广东、江西、吉林等省都开始注意到了这种类型煤田。如湖南杨梅山煤田在早石炭世地层逆掩断层面下找到晚三叠世的煤层,扩大了煤田范围。郴莱煤田的荆草坪地区,在早二叠世地层的逆掩断层面下发现有晚二叠世的煤田。这类掩盖式煤田的发现,大多是对过去所判定的断层性质确定得不准,随着勘探或开采,发现断层面倾角变缓,逐步沿煤层追索,而在断层面下发现了新的含煤地区,通常规模不大,但如果勘探深度加大后,也可能会有较大的发现。

(5) 岩浆岩侵入体下的煤矿区。大多是对岩浆岩体产状重新研究,确定属于岩床性质,穿过岩床在其下面发现煤矿区。如安徽宣城的新田矿区、京西斋堂矿区都曾发现过。

(6) 含煤地层为侏罗白垩纪红层,新生代玄武岩等不整合所覆盖,后又为第四系松散的近代沉积不整合覆盖。如铁法煤田晚侏罗世含煤地层为玄武岩不整合覆盖,后又与第四纪近代沉积成不整合接触。山东西部一些石炭二叠纪含煤地层,上部不整合地覆盖有晚侏罗世红层,后又与第四纪沉积物成不整合接触。平原地区随着煤田普查勘探深度的扩大,这种在两个不整合面下煤田发现的可能性,将逐渐地成为主要的了。

(7) 海、湖区下面的掩盖式煤田。近年来在微山湖、太湖的水面下,已进行了找煤,并有所发现。渤海下也已知有部分地段有含煤地层的赋存。如山东黄县煤田向北已延展到渤海面之下,并已在桑岛打钻见煤。

综上所述,把所发现的掩盖式煤田归纳起来,存在三种类型:

① 引自地质矿产部《煤田地质工作会议专辑》(内部刊物),1983.3,《地质论评》,第26卷第5期,1980.9。

(1) 狭义的掩盖式煤田：即各时代的含煤地层直接为第四纪沉积物所覆盖。当存在大片第四系发育的平原地区时，都应该研究确定其下面是否有合乎开采要求的煤矿区存在。以往这类煤田发现较多，今后仍将是寻找掩盖式煤田的重点。

(2) 埋藏式煤田：含煤地层在较新的地层(不包括第四系)不整合面下、或在较老地层的逆掩断层面下，或火山岩覆盖下(包括岩床下)的煤田。这种类型地表往往露头良好，地形起伏变化大，目前发现的煤田规模都比较小，但如找煤的深度加大后，也可能会有较大的发现。

(3) 掩埋式煤田：上述埋藏式煤田又为第四系所覆盖。这类煤田发现的难度较大，目前虽已有少数发现的实例，但还没有引起足够的重视。

掩盖式煤田还可以按照第四系厚度和基岩的出露程度，分为全掩盖型或半掩盖型、全埋藏型和半埋藏型。

全掩盖或全埋藏型是指含煤地层或与含煤地层呈连续沉积的其他地层，受到第四系或其他时代上覆地层的不整合覆盖；或仅有个别露头，第四系或上覆不整合地层的厚度较大。

半掩盖或半埋藏型是指含煤地层虽然没有出露，但与含煤地层连续沉积的其他上覆或下伏的地层有部分出露，并根据这些露头可以初步推断深部含煤地层的赋存和地质构造情况，第四系或不整合面以上的地层厚度较薄。

划分这三种类型，目的是在开展煤田地质工作时，不要仅局限于寻找狭义的第四系下面的掩盖式煤田，而应该通过区域的地质分析来扩大寻找掩盖式煤田的思路，并可针对不同的掩盖式煤田类型，来总结其普查勘探方法。

二、发现掩盖式煤田的地质依据

掩盖式煤田的发现，大多数都是地质人员在区域含煤远景和地质构造的基础上，有目的地发现的。总结起来，可归纳以下几点依据。

1. 根据地层的层序规律找煤

这是最简单也是最常用的方法。例如华北地区，众所周知在奥陶纪灰岩风化面上沉积有中石炭世本溪组。以上为晚石炭世的太原组、早二叠世的山西组，再往上就是石盒子组和石千峰组。在一些地方再往上还有早侏罗世的含煤地层，其中某些地层层位之间可能是局部不整合，但基本上是连续沉积的，我国 50 年代末和 60 年代初在山东、河北、安徽北部某地发现的大煤田都是应用了这一规律。开始时根据平原地区出露的奥陶纪灰岩的小孤山，参照山区边缘地质构造，按产状在平原地区推断第四系覆盖下、奥陶纪灰岩之上可能有石炭二叠纪的含煤地层沉积，从而发现了一批掩盖式煤田。后来又逐步地扩大到根据平原地区钻孔发现寒武、奥陶纪灰岩，参照大面积的物探图件来指导找煤，从而又发现了一批大煤田。

现在因为勘探的深度加大，又开始注意到平原地区对揭露有石盒子或石千峰组的钻孔，往下推断深部有石炭二叠纪含煤地层。但由于石盒子组或石千峰组的层位对比和厚度变化不清楚，因此提出了要对这些上覆地层进行分层和对比方面的研究，以便准确地估计其下伏石炭二叠纪含煤地层埋藏的深度。南方的一些丘陵地区也应用这一规律进行找煤，例如湘中地区中石炭世壶天灰岩分布很广泛，在壶天灰岩下面存在早石炭世的梓门桥灰岩和测水煤系。为了寻找埋藏较浅的测水煤系，就要研究壶天灰岩的褶皱构造形态，在有壶天灰岩出露范围的背斜部位找下伏的早石炭世测水煤系。浙江已知早三叠世青龙灰岩的下面有晚二叠世长兴组和龙潭煤系，曾根据青龙灰岩的构造来推断深部的晚二叠世龙潭煤系。应用地层层序规律找煤时，必须注意各地地层沉积厚度的变化及局部不整合，区域性的大规模侵蚀、冲刷等现象。

2. 根据盆地的构造类型找煤

从找煤的角度看,最重要的是分清两大类盆地,即是继承性盆地或是上叠盆地,如属于继承性盆地就应注意是否存在双纪煤田或多纪煤田。例如京西煤田、三河煤田、大同煤田和鄂尔多斯盆地都是双纪煤田,早侏罗世的含煤岩系继承性地沉积在石炭二叠纪煤系及其以上石盒子、石千峰组地层之上。因此在该地区的平原地段如找到石炭二叠纪煤田,则可以注意在盆地的中部寻找早侏罗世的煤系。类似地,湖南晚二叠世煤系和早石炭世测水煤系也具有继承性的沉积特征。有的盆地上下两时代煤系虽具有继承性的沉积特征,但在沉积关系上可以存在着中心迁移,方向偏转等,这在应用继承性原则找煤时,要予以注意。对于上叠煤盆地,往往和区域的某一方向断裂构造有关,例如东北两条华夏式断裂,伊兰-伊通、抚顺-密山在断裂带中均有第三纪煤田赋存。山东黄县煤田受北东东向的黄县断裂所控制,东北的一些晚侏罗世煤田都与某一方向的断裂有关,即形成在所谓的断陷盆地内。因此寻找上叠煤田应当根据区域断裂的方向和活动时期来找煤。

3. 根据煤盆地的空间展布特征找煤

煤盆地可以是同沉积期的盆地,也可以是后期改造成的盆地。在一个地区不论是何种成因的盆地,盆地与盆地之间往往有一定的排列组合的关系。这种关系可以是相互平行的、雁列的、递次变小的、以某种角度相交的、弧形的等等。这在暴露地区看得很清楚。例如北京西山地区由西北向东南,发育有髫髻山向斜、九龙山向斜和房山北岭向斜。向斜由北而南一个比一个小,均为北东向递次雁行排列。即使在一个向斜内还可以发现有更次一级的雁行排列形式。如九龙山向斜和香峪大梁向斜成雁列形式,它往东可以延展到平原下面。燕山南麓平原下面现在也已发现有开平向斜和车轴山向斜等雁列现象。东北的一些晚侏罗世煤田,据东北三省煤田预测的材料,这种北东向的雁行排列十分清楚。山东西部煤盆地的排列又是另一种形式,它是以阶梯状单斜断裂的形式出现,一个个的向斜在北部多被正断层所切割,因此隔一定距离只要出现有老的地层,在其北部沿着倾斜方向就可以找到另一个煤田。

4. 根据煤盆地的区域构造形态找煤

煤盆地的具体构造形态有其区域的特征。这种特征可以从平面上和剖面上区分出来。从平面上看有的成S形、星月形、椭圆形、狭长形等。这种平面上的形式都各由其不同的力学机制所形成,我们暂且不加讨论,但其区域特征是值得注意的。例如湘中的晏家铺、桥头河、恩口等多呈S形,往往西北部地层产状陡、东南部产状平。山西的一些煤田,如大同、宁武、沁水等形态多呈椭圆形。京西房山北岭向斜呈星月形,明显地受房山花岗岩侵入的影响,使其东南部地层围绕着花岗岩体而分布。根据这一点在平原下面如三河煤田的西部构造形式和北岭向斜类似,并且含煤地层中有许多火成岩的侵入,可以推断在其西南部的深部亦是受火成岩侵入的影响所致。这种具体的构造形式对掩盖地区在圈定含煤盆地时有很重要的参考价值。

另外还应注意煤盆地的剖面形态,从剖面观察,第一要注意不同地层上下的继承性关系。现在发现许多煤田,例如石拐子、萍乡、京西等都是地表上的向斜中心,而不是煤盆地的沉积中心。很多都有往北迁移现象。例如石炭二叠纪盆地的沉积中心在南部,而早中侏罗世的沉积中心往北迁移。即使在同一时期,如早中侏罗世,其上部层位的沉积中心比下部层位偏北。这提示我们如在南部发现有较好的含煤层位,往北部去推测相当的层位,有可能埋藏会浅些,但含煤性可能要变差。第二要注意剖面的具体形态。例如燕山南麓的煤田大多是一侧

直立甚而倒转，另一侧平缓，而且产状陡的一侧都在北面。湘中一些煤田也是一侧陡，近于直立，另一侧平缓，产状陡的一侧都在西北部。山西的煤田，如沁水煤田产状平缓，断层较少。但在太行山东坡却不同，成为不同方向正断层切割的、以断裂为主的煤田。湖南一些煤田一侧为逆断层切割，通过详细研究发现逆断层面变缓，从而在逆断层面的下面扩大了含煤的远景。总之，煤盆地的构造形态有其区域性的规律，研究这些规律有助于掩盖地区找煤。

5. 根据含煤地层区域性的分布规律找煤

不同时代的含煤地层，在各个地区的发育特点是不同的。一些地区只要发现有含煤地层的层位存在就可以肯定有工业价值的煤层。但是有的层位发现含煤地层不一定含有工业价值的煤层。研究含煤地层发育的区域性规律，可以有助于找煤。例如我国早石炭世测水煤系发育在南方，主要集中于湘中和粤北两个地区，其他地区测水煤系虽然也含煤，但含煤性就差些。晚二叠世龙潭煤系在华南发育于湘、赣、闽、粤、桂、浙北、苏南一带，但在鄂西、鄂东南和湘西地区不但煤系变薄，含煤性也变差。华北广大地区石炭二叠纪煤系虽然广泛发育，但太原组含煤好的地方主要在北纬 35° 以北，而在其南，不但石灰岩层数增多，而且含煤性亦差。石盒子组含煤地层发育在北纬 35° 以南，而在其北基本不含煤。晚三叠一早侏罗世含煤地层发育在秦岭—淮阳东西带之南，而在其北到阴山东西带之间主要是早中侏罗世的含煤地层。阴山东西带之北则为晚侏罗世—早白垩世含煤地层。第三纪的煤田则主要发育在东北和西南等。研究这一规律可以有助于找煤。它可以提示我们在什么地方，重点应该找什么时代的含煤地层，并初步估计其含煤性。

6. 根据含煤沉积相和环境找煤

这对中、新生代煤田尤为重要。因为中、新生代煤田，即使找到盆地也并不普遍均含有煤层。另外富煤地带（厚煤层）的发育亦往往和含煤沉积的特定相带有关。例如东北一些侏罗纪煤田，厚煤层发育在与同沉积断裂有关的冲积扇带的前方。

7. 根据地貌形态找煤

特别是新生代的煤田，往往还保存着含煤沉积时的地貌特征。根据云南某些晚第三纪煤田的研究，在有一定方向延展的长形盆地中，河流相沉积很发育，只有在河流源头的所谓堵塞小盆地中含煤性发育好，或在盆地两侧的阶地上聚积有厚的煤层。而在圆形的盆地，通常在盆地中间煤层厚，向两侧变薄，但是如果盆地内有古隆起，则古隆起上煤薄，而两侧凹地中煤层赋存厚。吉林珲春煤田，现在的珲春河流入图们江，在珲春河的上游，河流相发育，煤层发育差，而下游即现在的珲春盆地，煤层发育好。许多山间盆地类型的煤田，现在都还保存着原始盆地的外貌等等。

8. 根据煤的变质规律来找寻一定牌号的煤

找煤不但要注意煤的储量，还要注意煤的质量。现已了解，煤的变质作用存在着区域性的垂直和水平分带现象，尽管不同变质类型对变质带的宽狭可以有差别，但分带现象总是存在的。现已了解各种牌号煤的分带性宽狭有所不同，褐煤、长焰煤、气煤以及贫煤和无烟煤分带较宽，而肥煤、焦煤和瘦煤带很狭，从而决定了肥、焦煤的资源相对要少些。利用煤质的分带性可用来指导找某一特定的煤种。

总之，这些根据在一个特定地区找煤时，往往是综合的，必须注意其中主从关系，有针对性地根据其中几个方面来找煤。

找煤要以地质为基础，通过区域地质历史演化和聚煤规律的研究，从地质理论上指出哪

些地方可以有煤田的赋存,然后再考虑综合的技术手段的布置。

三、若干掩盖式煤田发现过程简介

发现掩盖式煤田,必须要用钻孔直接打到煤层,尽管其他各种手段(物探、航测、卫片解释)或地质推断可能有含煤地层赋存,都不能认为找到了煤田。因此在掩盖地区初期钻孔的布置非常重要,只要有一个钻孔见煤或见到目的层,则以后布置钻孔的位置就容易确定,后期钻孔主要只是追索和圈定煤田的范围。下面列举一些煤田简单的发现过程。

(1) 河北省三河煤田的发现,是通过1:20万区测发现北面的二十里长山为寒武奥陶系,平原地区高楼镇有一小孤山为奥陶系,初步推断其中为一向斜,直接布置钻孔,位置定在小孤山之北,结果仍见奥陶系,在其北再布置第二个钻孔,则见到太原组底部地层。以后利用钻孔沿走向及倾向追索,确定出南部二个井田的位置,以后再用物探(电法、地震)配合钻探来圈定整个盆地的范围。

(2) 河北省玉田煤田的发现是根据4公里左右一条电测深剖面,在玉田县附近发现存在有向斜构造,然而上钻,直接找到了煤层。

(3) 吉林梅河煤田的发现是根据抚顺-密山断裂带在吉林梅河镇附近通过,而该地区在地形上正是一个非常开阔的第四系掩盖的平原区。通常了解第三纪含煤地层赋存在断裂带内,为了寻找这一狭长断裂带的位置,在垂直断裂带的方向,布置找矿剖面线。在打了22个钻孔以后,才有一个钻孔见到含煤地层。以后加密钻孔,发现这一断裂带宽仅几百米到上千米,煤层就赋存在这一狭长的断裂带范围内。

(4) 海南岛长坡煤田的发现,是根据区域的重磁测量结果,确定在儋县长坡是一个凹陷区,在凹陷区中直接布钻,第一个钻孔就打到了晚第三纪煤层,以后沿走向及倾向进行追索,圈定了煤田的范围。但对附近几个凹陷区,同样地布置了钻孔,虽见到含煤地层,却没有可采价值的煤层。

(5) 开滦煤田是一个老矿区,认为向斜向东已封闭,但在唐家庄井开采过程中,发现向斜向东并没有封闭,沿走向布置钻孔进行追索,从而发现了徐家楼井田。

(6) 湖南杨梅山矿是解放前建的老井,北侧为早石炭世地层所逆掩,以往认为煤层为逆掩断层所切,但在矿井开采过程中,发现煤层沿逆掩断层面可以向北延展,进而再布置钻孔,找出了逆掩断层面以下煤层延展的范围,扩大了井田的范围。

(7) 甘肃阿甘镇煤田,原来在勘探和开采时均认为只有一个主要的可采层,但开采过程中发现该煤层有一个下部分岔的分煤层。通过补充工作,发现这一分煤层延展很远,并未为以往勘探所揭露。如果在勘探时,钻孔深度能打得再深一点,就可扩大煤层分布的范围。

(8) 湖南郴莱荆草坪区,从地表发现煤层受阶层切割,在倾向方向上不可能延展很深,后来通过勘探,发现这一断层面向深部倾角变缓,从而扩大了在断层面以下煤层分布的范围。

(9) 安徽宣城的新田区有大片花岗闪长岩分布,紧挨着岩体有煤层露头,通过在岩浆岩体上布置钻孔,穿过岩浆岩在其下部打到了煤层,认识到这一岩体不是岩基而是岩床,它对煤层破坏不大,从而在岩体下面找到一个可供小型井建设的井田。

以上列举的大多数例子,虽然都是在地质推断的基础上,用钻探直接发现的,使用物探手段较少,但今后发现掩盖式煤田的难度增加了,为了提高找煤效果,应当更多采用物探、钻探以及遥感等综合和先进的技术手段。

四、掩盖式煤田普查勘探的几点方法性意见

掩盖式煤田的普查勘探工作要针对具体地区的地质特点,并考虑到各种技术手段装备条件,参照当地的施工经验进行。但下面一些意见在我国现有技术条件下是可行的。

(1) 发现掩盖式煤田通常要用物探、钻探相结合的综合普查方法,但不一定先用物探扫面,以物探资料来圈定可能的含煤面积及远景区,再布置钻孔。根据我国情况,特别在东部地区,过去已经有了不少区域的物探资料和某些深钻孔,应该在区域地质分析并搜集各方面资料的基础上,在认为最有远景的地区直接布置钻孔,待钻孔打到含煤地层,或认为有含煤地层存在时,再用物探扫面。也就是说,利用物探不是作概略的大面积的找煤工作,而是要在现有物探技术可能的条件下,做细致的圈定盆地、推断构造等工作,为进一步布置钻孔服务,以加快普查评价煤田的速度。

(2) 按照区域的地质特点,必须首先确定布置钻孔所要解决的地质任务和方向。例如,太行山东坡找煤,钻探主要是打隆起,钻探如能见到奥陶系灰岩,其意义往往比见到石炭二叠系上覆石盒子、石千峰组的意义大。因为见奥陶系灰岩就意味着石炭二叠纪煤系可以在较浅的地方找到。而见到石盒子或石千峰组虽然可以肯定下面有石炭二叠纪的煤系,但埋藏深度往往比较大。但在燕山南麓,钻探的主要目标应是找盆地,即希望钻孔能见到比含煤地层更新的层位,它比发现老的寒武、震旦系的意义大。因为这一地区只有盆地才能保存含煤地层。

(3) 寻找掩盖式的煤田时,打落空钻的现象是常见的,只要钻孔布置确有根据,不能认为是浪费。普查期间的找煤钻孔打第四系、第三系等上覆地层可以不取芯,以提高施工效率。

(4) 掩盖式煤田的勘探网度要比暴露式煤田密一些,或者说在相同的勘探密度下,其研究程度要低。这一点在作勘探设计以及报告审批过程中要加以注意。

(5) 掩盖式煤田的勘探深度相应的要大些,如在华北平原地区找煤,目前至少要用千米钻。南方的找煤钻孔也要打深孔。

(6) 普查勘探期间,钻探施工首先必须打出一条剖面来,以便了解地质构造。在剖面上施工的钻孔,一个深孔的效果比打几个浅孔来得好。

(7) 掩盖式煤田在圈定煤层风化带、氧化带、煤质研究以及水文地质等方面不能忽视,并且要用专门的方法。

国内外煤炭资源及地质勘探情况分析^①

煤炭是重要的一次消耗性能源矿产。据 1977 年第十届世界能源会议的估计,世界煤炭地质储量有 10.126 万亿 t, 其中经济可采储量有 6369 亿 t。按目前的年产量水平估算, 可以开采 200 年。

我国煤炭资源丰富, 已探明储量 6000 亿 t, 1979 年产量达 6.35 亿 t。煤炭在我国能源消耗构成中的比重为 70.6%。今后煤炭产量还将大幅度增长。

一、几个煤炭资源大国的煤炭储量动态

我国煤炭地质储量丰富, 煤炭工业发展潜力大。我国煤炭地质储量最早见于 1913 年第 12 次国际地质会议上的数字, 为 9966 亿 t。这是外国人对我国煤炭资源作的一次估计。解放前发表的数字, 如 1945 年第七次矿业纪要刊载的为 2653.11 亿 t, 1947 年伪资源委员会计算为

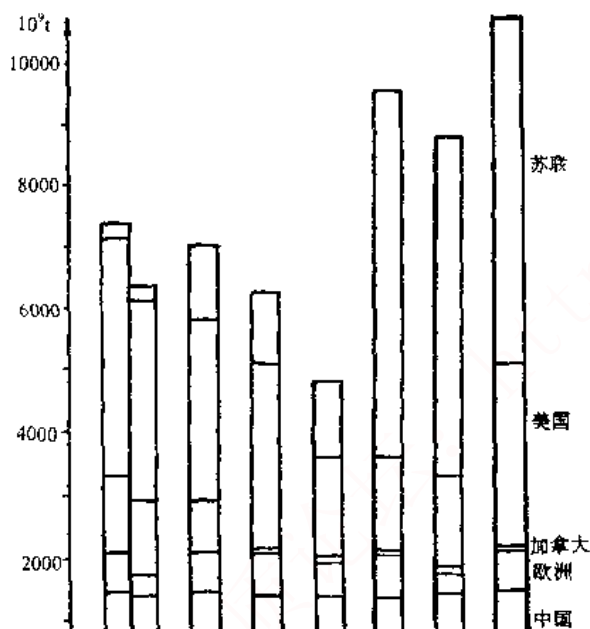


图1 世界煤炭资源的对比

(据《能源估计的方法和模式》, 1979)

解放后煤炭地质储量的统计表明, 我国煤炭资源很丰富, 有发展煤炭工业的巨大潜力。

苏联煤炭地质储量大, 但多属于预测可能。苏联历年来统计的储量数字变动很大, 如 1913 年计算了顿巴斯、库兹巴斯等 5 个煤田储量, 发表的煤炭地质储量为 2310 亿 t, 占世界第五位。1917 年计算有 2220 亿 t, 1927 年增加到 4754 亿 t, 1937 年在第 17 次国际地质会议上发表的材料, 统计了 83 个煤田和矿区, 总计地质储量 16540 亿 t, 这是全苏第一次系统的煤炭储量统计。1955~1956 年进行了第二次煤炭储量统计, 发表的数字为 86695 亿 t, 跃居世界第一位, 但

4445.11 亿 t。解放后, 1953 年联合国亚洲经济会议发表的我国煤炭储量为 3096.6 亿 t。此后, 国外一般公认我国煤炭储量有 1~1.5 万亿 t, 占世界第三位(图 1)。如: 1972 年联合国统计年鉴发表的是 10119.8 亿 t, 1974 年第九届世界能源会议估计为 10117 亿 t, 1977 年第十届世界能源会议认为有 14380.45 亿 t。苏联的高罗别夫(1966 年)认为有 1.5 万亿 t。马特维也夫(1976 年)认为这一数字偏低。

我国解放后作过两次比较系统的煤田预测和储量统计。1959 年煤炭部在煤田预测基础上, 提出全国预测储量有 93779 亿 t, 其中 600m 以内的有 26380 亿 t, 600~1200m 有 31421 亿 t。这一数字虽曾公布, 但未被公认。近年来煤炭部又组织进行煤田预测(尚未最后完成), 据估计在 2000m 深度内, 煤炭地质储量约 50000 亿 t, 大大超过国外对我国煤炭资

^① 载于地质矿产部《地质工作研究》, 1980 年第 17 期;《工业经济管理》丛刊 1980 年第 7 期转载。

其中(A+B+C₁)级只有 2412 亿 t, C₂ 级有 941.9 亿 t, 预测可能的储量占到 74864 亿 t, 也就是说, 探明储量和预测可靠的储量只有 7831 亿 t。1968 年进行了第三次系统的储量统计, 发表的地质储量数为 67900 亿 t (其中合乎可采储量标准的为 57150 亿 t), 这次统计数比 1956 年发表的减少近 20000 亿 t, 主要是勒拿煤田储量数减少了近 10000 亿 t, 坎斯克-阿钦斯克煤田由于褐煤储量计算深度减小到 600m 以内, 使储量数减少了 5000 多亿 t。在这 67900 亿 t 储量中, (A+B+C₁)级只有 2550 亿 t, C₂ 级为 1700 亿 t, 大部分仍是预测可能储量。

苏联在 1962~1978 年间编写了一套《苏联煤和油页岩矿床地质》, 共 12 册。其中对各个煤田分别进行了储量统计, 总储量 97600 亿 t。不但像顿巴斯、库兹巴斯、坎斯克-阿钦斯克、伯绍拉等大煤田的地质储量有增加, 并且报道了在鄂毕河和额尔齐斯克河之间发现的一个老第三纪的大煤田, 预测储量 16000 亿 t, 但可靠性稍差。

苏联的煤炭地质储量虽大, 占世界第一位, 但探明储量只占其中的 0.3%。大多属于预测可能, 并且大部分分布在西伯利亚和北极地区附近, 开发和利用条件困难。

美国煤炭地质储量占世界第二, 探明储量占世界第一。美国含煤面积占全国陆地面积的 13%, 大部分煤层埋藏浅, 利于开采。据历年统计, 其煤炭地质储量(表 1)变化不大。

表 1 美国历年煤炭储量

年份	地质储量/亿 t	探明储量/亿 t
1913	34819.7	
1927	33559	
1969	29115	14149
1972	29244	14340
1974	35989.8	15700

美国统计的方法和标准与我国不同, 其中探明和预测储量均在 914m 以内, 914~1828m 的预测可能储量只占总储量的 10% 弱。因此, 即使我国预测储量达 50000 亿 t (计算到

2000m), 超过了美国, 实际上美国煤炭地质储量可能仅次于苏联, 居世界第二。

美国煤炭探明储量 15700 亿 t, 超过苏联和我国, 居世界首位。由此可见, 美国煤炭储量的可靠性较大。

我国煤炭的经济可采储量还不够多。我国煤炭探明储量 6000 亿 t, 包括普、详、精查(即 A+B+C₁+C₂ 级)储量, 其中属于精查可供建井的 A+B+C₁ 级储量只有 1600 亿 t。已建或在建的矿井占去了 950 亿 t, 剩余的除去交通不便、构造复杂、开采困难的部分, 能够用于设计建井的只有 300 亿 t, 其中三分之二集中在山西, 如果全部用上, 最多只能新增 3 亿 t 的年生产能力。

国外统计煤炭资源时, 比较注意经济可采(Economically Recoverable)储量的数字, 它是代表经过勘探、可供建井, 并且扣除了回采损失及从经济上无利和难以开采出来的储量后, 实际上能开采出来加以利用的储量(一般低于 A+B+C₁ 级储量的一半)。据第十届世界能源会议估计, 煤炭经济可采储量为: 美国 1775.88 亿 t, 按现在开采水平, 可采 297 年; 苏联 1099 亿 t, 可采 152 年; 我国 988.83 亿 t, 可采 156 年。从绝对数量对比, 我国煤炭经济可采储量占世界第三位。但据国内已掌握的材料, 这一估计数似乎偏高。

二、煤炭资源分布不平衡决定了长距离运输不可避免

世界煤炭资源的 80% 集中在北半球, 90% 集中在 12 个国家的 27 个大煤田。

据统计, 煤炭储量在 10000 亿 t 以上的国家(按储量大小排列)有苏联、美国、中国和巴西(?), 1000~10000 亿 t 的国家有德国、澳大利亚、英国、波兰、加拿大和博茨瓦纳。储量在 500~1000 亿 t 的有印度和南非(阿扎尼亚)。

如按煤盆地进行统计,储量在 10000 亿 t 以上的大煤田(含煤区)有苏联的通古斯、勒拿、鄂毕—额尔齐斯克(?)、巴西的亚马逊河上游(?)等 4 个煤田;5000~10000 亿 t 的有美国的落基山北部,苏联的库兹巴斯、坎斯克—阿钦斯克等 3 个煤田;2000~5000 亿 t 的有美国的阿帕拉契、落基山南部、伊利诺斯,苏联的泰梅尔、伯绍拉,德国的鲁尔等 6 个煤田;1000~2000 亿 t 的有苏联的顿巴斯,澳大利亚的拉特罗布、悉尼,波兰的上西里西亚等 4 个煤田(图 2)。我国煤炭储量在 5000 亿 t 以上的有新疆的准噶尔、哈密—吐鲁番煤田和陕甘宁煤田,储量在 1000~5000 亿 t 的有新疆的伊犁、塔里木北缘,内蒙的海拉尔、胜利、霍林河,蒙晋陕煤田,山西沁水煤田和黔西煤田。以上 27 个大煤田(或含煤区)的煤炭储量合计约占世界煤炭资源的 90%。

世界煤炭贸易量 2 亿 t,大部需长距离运往缺煤国家和地区。1978 年世界煤炭的贸易量达 2 亿 t。日本、意大利、法国、丹麦均是煤炭进口量大的国家,苏联、美国、加拿大由于煤炭资源和产销不平衡,既是煤炭进口国、也是出口国。1961~1974 年,煤炭进出口贸易量年平均增长率为 4.5%;1975~1978 年,年平均增长率为 1.1%。随着世界煤炭价格上涨和煤炭在能源消耗中比重的增加,有人估计到 2000 年,世界煤炭的贸易量将达 4 亿~9 亿 t。

目前世界煤炭贸易中的绝大部分都要通过长距离运输。澳大利亚煤炭出口占世界第二位,1978 年出口 3868 万 t,主要通过海运输往日本、南朝鲜及西欧各国,海运距离最长达 27000 多 km(图 3)。

各国煤炭产销不平衡,陆地运距长达 3000km。美国、苏联、波兰、德国都是主要产煤国。美国接近 90%的煤炭要长距离运输,其中 64%由铁路运出,11%由水路运出,11%由公路运出,1%由管道运出,就地发电的只占 13%。由于美国西部地区探明的煤炭储量占全国总储量的 53%,又属于低硫煤,近年来加快建设露天煤矿,产量大幅度增长,西煤东运的问题很突出,运输距离长达 1500~2500km。

苏联东部煤炭产量占全国的 60%,而工业大多集中在西部,因此大量煤炭要由东向西运,例如由库兹巴斯运到南乌拉尔的马格尼托哥尔斯克钢铁厂距离 2000km,到伏尔加河流域的萨拉托夫距离 3310km;由伯绍拉煤田运到科拉半岛距离 2800km;由顿巴斯和伯绍拉煤田运到列宁格勒和波罗的海沿岸距离 1500~2400km。

波兰煤炭出口到西欧(除英国和卢森堡外)各国及原苏联西部,运距也在 1200km 以上。

各国除了研究怎样在煤炭产地大量利用当地廉价资源外,都很注意研究如何加快和加大煤炭的输送能力。现有方法有:①建设坑口电站,高压输电;②建设铁路专线,增开运煤专列;③煤浆管道输送;④通过内河和湖泊,开展水陆联运;⑤建设专用海港,发展海运;⑥扩大煤的气化和液化工业。

我国煤炭出口贸易量不到总产量的 1%,远洋海运量少;国内陆地运输,由山西、河南运到广东的距离,虽有 1500~2000km,同国外相比并不算长。

要重视我国北煤南运的现实,提高煤炭输送能力。我国南方几省通过大量地质勘探工作,已证明江西、湖南煤田地质条件稍好,其他各省大多缺乏煤炭资源。勘探南方煤田不但耗费投资大、获得储量少,并在开发时碰到“三大”(水大、瓦斯大、煤层变化大)和地质构造复杂的困难。近年来对探采南方煤田投入的力量很大,但煤炭产量增长的幅度远赶不上当地工农业发展对煤炭需要量的增长。我国北煤南运是由资源条件所决定的,即使就地强化开采,以缓和紧张局面,从长远看仍不可能解决根本问题。因此必须重视北煤南运的现实,作好北煤

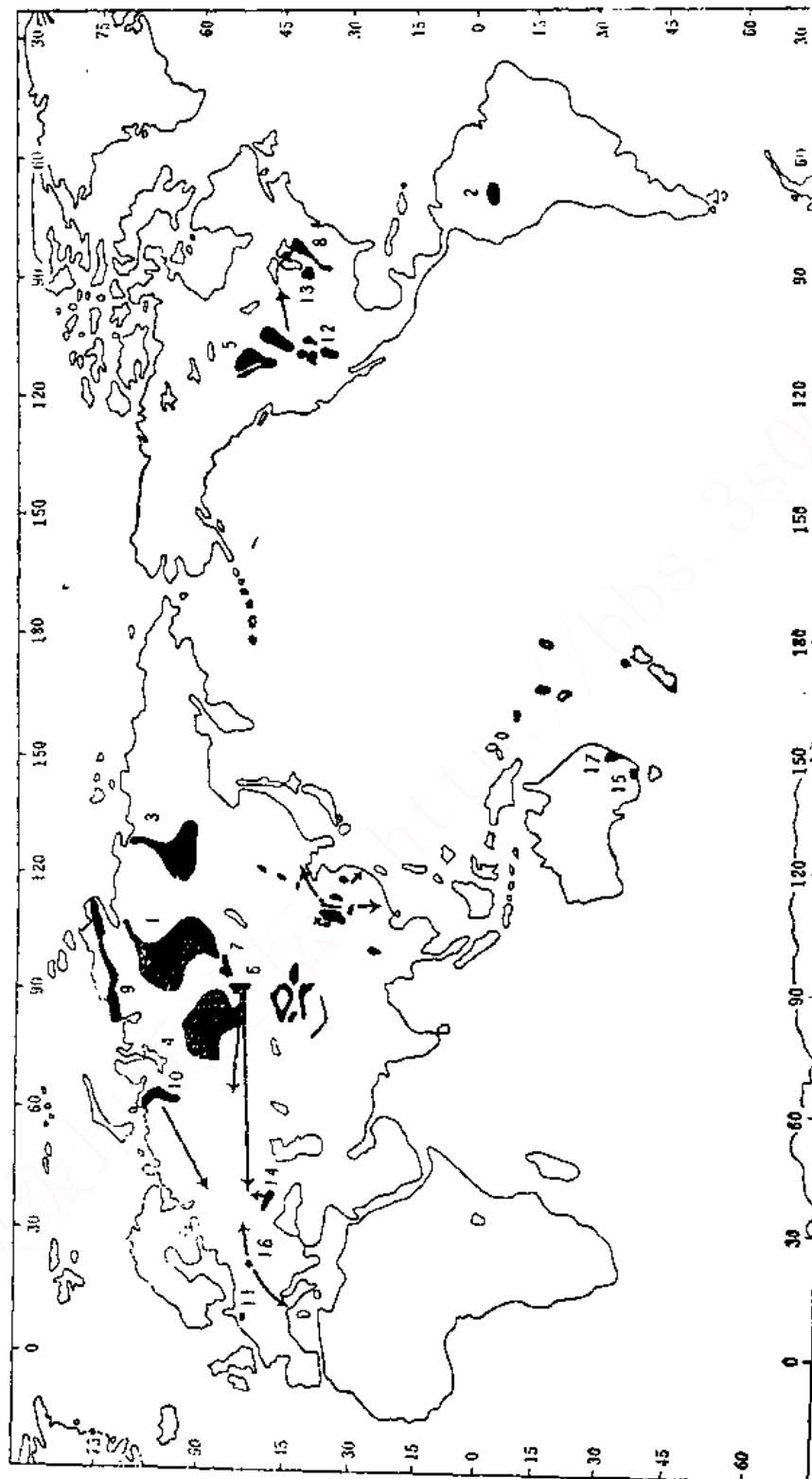


图2 世界大煤田分布及陆地主要运煤路线示意图

煤炭地质储量在1000亿以上的大煤田: 1. 通古斯; 2. 亚马逊河上游; 3. 勒拿; 4. 鄂毕-额尔齐斯克; 5. 落基山北部; 6. 库兹巴斯; 7. 坎斯克-阿钦斯克; 8. 阿帕拉契; 9. 泰梅尔; 10. 伯绍拉; 11. 鲁尔; 12. 落基山南部; 13.

伊利诺斯; 14. 顿巴斯; 15. 拉特罗布; 16. 上西里西亚; 17. 悉尼 (据 D. W. Barnett, 1979)

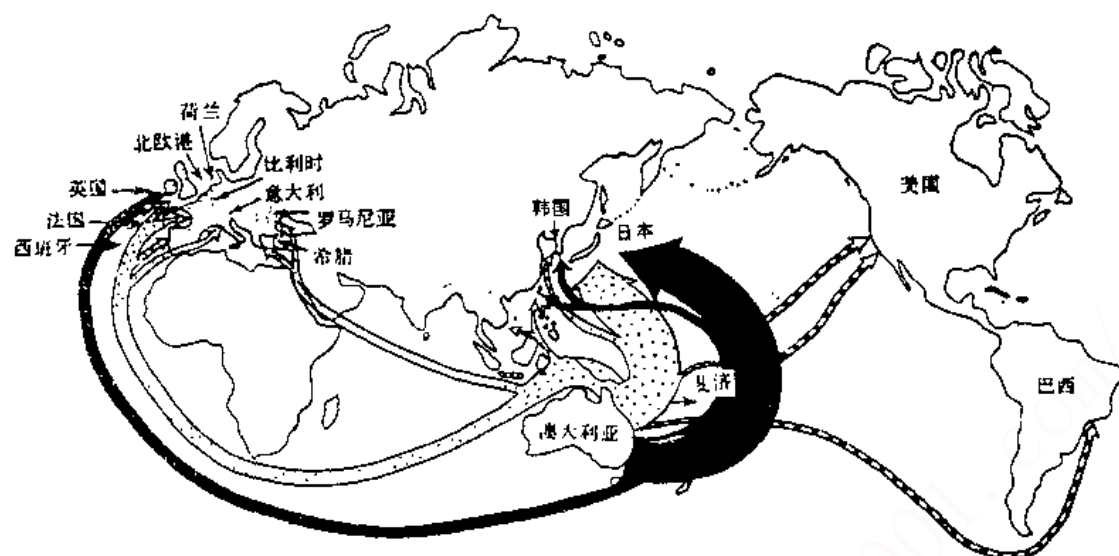


图3 1957~1978年澳大利亚煤炭输出路线示意 (据 D. W. Barnett, 1979)
黑箭头代表由南威尔士输出, 点箭头代表由昆士兰州输出, 箭头粗细代表输出量的大小

南运的长远规划, 提高煤炭的输送能力。同时, 也要注意南方多种能源的供应。

三、我国煤炭产量高速增长要求加快煤田普查勘探速度

我国煤炭产量增长速度居世界首位。据统计, 1950~1977年全世界年采煤量平均增长速度为2.4%。澳大利亚、印度、波兰、苏联超过这一数字, 美国、联邦德国低于这一数字, 法国、日本、英国煤产量是下降的。各国煤产量平均年增长速度(%)见表2。

表2 各国煤产量年均增长(%)

年份	美国	苏联	波兰	联邦德国	英国	印度	澳大利亚	法国	日本
1951~1960	-2.5	6.9	4.1	1.7	-1.1	4.8	4.6	1.0	2.8
1961~1970	3.5	2.1	3.4	-0.9	-3.0	3.9	6.1	-3.6	2.7
1971~1975	1.1	2.4	4.1	0.1	-2.3	5.0	6.8	-7.7	-13.7
1976~1978	0.7	1.1	3.4	-2.0	-1.4	2.1	4.3	-5.9	0.1
1951~1978	0.6	3.7	3.8	0.1	-2.0	4.2	5.6	-3.0	-2.6

我国以1950年煤产量4292万t为基准, 到1979年产煤6.35亿t, 29年的年平均增长率为9.7%, 大大超过各主要产煤国家。如以1959年产煤36879万t为基准, 到1979年, 年平均增长率仍达到2.8%, 超过世界煤炭产量平均增长速度。粉碎“四人帮”以后的1977到1979年, 增长速度达到9.5%, 仍居于世界首位。

采探比例要保持平衡, 就要加快普查勘探步伐。要想使煤炭产量增加幅度大, 就要有更多的后备勘探储量作保证, 相应地要求我国煤炭普查和勘探的速度也要超过各国, 才能保持采探之间的相对平衡。苏联1951年的A+B+C级储量为708亿t, 1971年达到2722亿t, 20年的年平均增长速度为7.0%, 而这一阶段(1950~1970年)煤炭产量增长的速度为4.5%, 采探速度之比为1:1.56; 美国1968~1974年探明储量的, 年平均增长速度为1.49%, 而煤炭产量的增长速度为1.07%, 采探速度之比为1:1.39, 他们的勘探速度均大于产量增长速度。

我国煤炭产量 1950~1979 年平均增长速度为 9.7%，超过苏联和美国。与此相应，煤田地质勘探的速度也应超过苏、美。

再从煤炭产量增长较快的几个国家统计，他们煤炭出口数量占相当大的比重。例如澳大利亚煤炭出口占产量的 34.3%，波兰占 17.2%，苏联占 3.5%，美国出口煤炭数量自 1975 年以来逐年减少，但 1978 年仍占 6.17%。我国出口煤炭的数量很少，还不到产量的 1%，产出的煤炭主要供国内消费，但目前煤炭供应仍十分紧张，迫切要求大幅度地增加产量。虽然采取了老矿挖潜、加大开发强度等措施增产煤炭，可以缓和紧张局面于一时，根本的还是要加快普查勘探速度，为新井建设提供充分的地质资料。

矿井逐年老化，要求更新。近年来强调矿井挖潜、强化开采，使矿井的老化率增高，这容易引起采掘比例失调，回采率降低，造成资源浪费损失，不是长远之计。据统计，苏联地下开采每年平均延深 8~9m，其中，顿巴斯平均延深 15m。近十几年矿井平均深度由 320m 增到 420m，顿巴斯达到 628m，有 40 多个矿井深度超过 800m，最深的矿井达 1400m。西德鲁尔煤田，每年平均延深 8~9m，平均开采深度达 850m，最深矿井达 1286m。由于开采深度加大，采煤成本增加，鲁尔有些煤矿采煤的成本高于进口美国煤的价格，失去了竞争能力。

我国目前不少矿井都是解放前兴建的，煤炭保有储量和产量之间的关系已达到相当紧张的程度，如开滦一些矿井，开采深度已达 1000m；抚顺西露天矿已无发展余地；大同、京西、峰峰、淄博、淮南等煤田的一些矿井都已老化，需要更新。

四、我国煤炭资源勘探中值得注意的几个动向

(1) 煤田勘探的地质经济效益逐年降低。煤田勘探的地质经济效益，可用钻探工程量和所获得的储量数之比来表示。我国煤炭资源勘探，据不完全统计，历年为获得万吨煤炭储量的钻探工程消耗率如表 3。

表 3 钻探工程消耗率

年 份	钻探工程时消耗率/ (m/万 t)	平均/(m/万 t)	消耗率增加/%
1953	5.97		
1954~1957	1.14~2.34	1.62	
1958~1960	0.34~0.79	0.52	
1961~1964	1.15~5.91	2.78	
1965~1968	0.23~0.98	0.65	
1969~1973	0.17~1.41	1.01	55.4
1974~1977	1.06~2.72	1.82	80.2

表中显示，1958~1960 年钻探工程量消耗最低，是由于加强普查，发现了许多新煤田。1960~1964 年消耗最高，是由于调整国民经济，大量进行补充勘探，而地质储量增长不多。1965 年以后钻探工程量的消耗率按正常比率增加，大致增加 55%~80%。

从获得万吨 A+B+C₁ 级储量的钻探工程消耗率看(表 4)，也显示出有逐年增长的趋势。

表 4 A+B+C₁ 级钻探工程消耗率

年 份	钻探工程时消耗 率/(m/万 t)	消耗率 增加/%
1954~1956	2.11	
1957~1962	25.44	
1963~1967	1.87	
1968~1970	4.57	144
1971~1973	17.25	55.4

特别是 1957~1962 年钻探工程消耗率高达 25.44m/万 t, 一方面是由于加强了普查, 另一方面也是国民经济调整中进行了储量复审、勘探补课而得不到 A+B+C₁ 级储量增长数的缘故。苏联为获得万吨 A+B+C₁ 级煤炭储量的钻探工程量消耗, 1951~1955 年为 2.17m, 1956~1960 年为 3.00m, 1961~1965 年为 4.24m, 1966~1970 年为 5.93m, 各年份消耗率平均增加 40% 左右。

我国近年来无论是钻探工程消耗量, 或是消耗率增加系数, 显然都超过了苏联。这是值得注意的动向, 很值得从组织管理和任务部署方面进一步总结经验教训。

(2) 东部后备勘探基地紧张。我国东部地区人口和工业比较集中, 煤炭需要量大, 地质研究程度相对较高。1958 年以来发现了许多大的煤田, 经过陆续勘探, 正在作为新的基地进行设计和开采。今后发现新煤田的难度较大, 或只能向深部延深。辽宁、吉林、河北、山东东部、江苏、浙江、福建的勘探后备基地都很紧张, 或只能在老矿区外围补一点工程量, 储量增长的速度缓慢。今后除加强总的聚煤规律研究外, 建议在找煤的工作部署上, 对中新生代火山岩、红层不整合面以下布置一些探索性的钻探、物探工作, 以期有新的突破。

(3) 南煤勘探投资大、收效少, 勘探方法值得研究。目前南方煤田勘探项目不少是经过多次勘探而重新评价的, 或者是建井后才做补充勘探的。新发现的煤矿区很少, 常遇到钻孔越打越多, 而储量越算越少的情况, 有的每平方公里要打三十几个钻孔。每吨煤勘探费用(人民币)一般的要一二角, 最高达到一元(湖南中方勘探区), 而勘探北方煤田, 吨煤成本只要几分或几厘。有的勘探结束后由于开采技术条件的限制, 目前还不能开采。勘探周期, 据湖南资料, 少则 5 年, 多则达 11 年。比较理想的矿井, 达到设计要求都要提交 2~3 次勘探报告并且都有勘探队几进几出、提交补充报告的历史, 因此, 应当进一步研究南煤勘探的地质经济效果、储量利用效果和可以增加煤炭生产力之间的关系, 按不同地质特点, 从保证中近期能提高煤炭产量的需要出发部署勘探工作。建议组织力量研究南煤勘探方法。

(4) 西部大片地区煤炭资源不清。我国有二分之一以上煤炭储量集中在新疆和内蒙古, 但那里地质工作程度很低。我国北煤南运现象久已存在, 现在西煤东运已见端倪, 从长远看还有扩大的趋势。资源分布受地质条件的限制, 是不能改变的, 但开发、运输条件是可以努力改善的。50 年代, 边缘地区的几处煤田勘探工作, 如石拐子、桌子山等, 现在都已成为新的工业基地。因此很有必要提前作好西部地区的煤田普查工作, 为国民经济远景规划提供地质依据。

(5) 重视矿井地质工作, 搞好资源保护。煤炭产量大, 拣肥丢瘦、乱挖乱采所造成的资源破坏十分突出。现在一般矿井的煤炭回采率不到 50%。如果全国每年把回采率提高 1%, 就相当于增加了 600 万 t 矿井的煤炭资源。它既不需要勘探、建井和开采的投资、设备, 又有利于延长矿井服务年限。煤层上面及煤层中间有许多其他矿产, 如抚顺主煤层上面的油页岩, 过去都在本地炼油, 现在除了少数富矿外, 基本上不加利用而丢弃了。对南方缺煤地区的煤层工业指标, 也要因地制宜重新加以审订。湖南资兴煤矿采出的夹矸石或高灰分煤, 当地已利用, 甚至运往广东, 但过去和现在都不计算储量。有的省规定低热值燃料, 只要热值达到 800~3000kcal/kg, 就可单独计算平衡表内储量, 标准显然偏低。这一系列问题都比较复杂, 要作专门调查研究。建议正草拟中的《矿产资源法》要给矿井地质机构以一定权力, 使能起到保证、监督煤矿开采和保护资源的作用。

附录Ⅱ. 主要著作目录

- [1] 北京煤田地质构造特点和找煤方向, 赵隆业等, 研究报告, 1960 年
- [2] 南方煤田勘探类型及勘探方法的初步探讨, 赵隆业、陶长晖、张爱云, 地质论评, 1963 年第 1 期
- [3] 论含煤沉积接触变质作用的因素, 赵隆业, 湖南煤田地质勘探, 1974 第 3 期、第 4 期
- [4] 库兹巴斯叶鲁那柯夫区与北波里索夫区的煤核, 赵隆业译, 煤田地质情报, 1975 年第 2 期
- [5] 根据显微标志对比含煤地层的经验, 赵隆业译, 煤田地质情报, 1975 年第 2 期
- [6] 库兹巴斯煤田别洛夫区用光谱分析对比含煤地层, 赵隆业译, 煤田地质情报, 1975 年第 2 期
- [7] 国外在煤变质作用理论方面的若干看法, 赵隆业, 地质科技资料, 1975 年第 3 期
- [8] 湖南煤田勘探方法初步研究, 赵隆业、张守良、谷上礼、陶长晖, 研究报告, 刊于地质科技资料, 1978 第 1 期
- [9] 煤田普查勘探, 赵隆业(主编), 1978, 武汉地院内部教材
- [10] 数理统计方法在煤田地质勘探中的应用, 赵隆业, 云南一九九队教材, 1978 年 7 月
- [11] 煤田地质勘探译文集, 赵隆业, 煤炭工业出版社, 1979 年 5 月
- [12] 煤层稳定性的一种相对定量方法, 赵隆业, 地质论评, 1979 年第 1 期
- [13] 含煤建造分析方法, 赵隆业, 煤田地质与勘探, 1979 年第 4 期
- [14] 国内外煤炭资源及勘探运输情况分析, 赵隆业, 工业经济管理丛刊, 1980 第 7 期, 原载《地质工作研究》1980 年第 17 期
- [15] 含煤地层菱铁质结核和围岩成分的对比分析方法, 赵隆业, 湖南省地质学会、湖南省煤炭学会论文集, 1980 年
- [16] 发现掩盖式煤田的若干地质依据, 赵隆业, 地质论评, 1980 年第 26 卷第 5 期
- [17] 第三纪煤田分布和煤聚积因素的讨论, 赵隆业, 煤田地质与勘探, 1980 年第 6 期
- [18] 煤矿勘探网度的数学分析(译文), 赵隆业, 地质科技参考, 1980 年左右, 系淮南煤炭学院地质系所编内部刊物
- [19] 特厚煤层的建造组合类型, 赵隆业, 煤田地质与勘探, 1981 第 6 期
- [20] 煤田勘探统计分析方法初步, 赵隆业、刘级堂, 江西煤田地质勘探, 1981 年第 1 期
- [21] 顿巴斯红军区北部煤层厚度的稳定性, 赵隆业译, 地质科技动态, 1981 年第 12 期
- [22] 辽吉东部两条华夏式断裂带构造特征及找煤方向, 赵隆业、杨仲勋、刘铁成, 辽宁煤田地质与勘探, 1981 年第 1 期
- [23] 国外煤变质因素若干实验室研究结果的综述, 赵隆业, 豫煤地勘, 1981 年第 3 期
- [24] 煤层现在埋藏深度对煤化作用的影响, 赵隆业、姜炳栋, 科学通报, 1982 年第 11 期
- [25] 国外煤田地质领域若干统计资料, 赵隆业, 地质科技动态, 1982 年第 9 期
- [26] 煤炭资源地质勘探, 赵隆业、王仁农编著, 1983 年, 煤炭工业出版社
- [27] 中国第三纪聚特征及找煤方向, 赵隆业, 1983 年, 中国地质科学院研究报告 0054 号
- [28] 全苏煤田地质会议简介, 赵隆业, 煤田地质与勘探, 1983 年第 5 期
- [29] 发现和勘探掩盖式煤田的几点基本经验, 赵隆业, 地质矿产部煤田地质工作会议专辑, 1983 年 3 月
- [30] 褐煤资源及其形成条件分析, 赵隆业, 地质矿产部煤田地质工作会议专辑, 1983 年 3 月
- [31] 煤层稳定性的相对定量方法, 赵隆业, 地矿部全国煤田地质工作会议, 1983 年 3 月(陶继文、张守良参加调查, 并做了部分工作)
- [32] 发展能源应当重视油页岩资源, 赵隆业, 地质工作研究, 1983 年 6 月 28 日, 第 16 期, 地质矿产部政研室编

- [33] 对华北平原部署找煤工作的意见, 赵隆业, 中国地质, 1983 年第 2 期
- [34] 第三纪煤盆地和含煤性, 赵隆业, 地质学报, 1983 年第 3 期
- [35] 山西煤成分的统计分析, 赵隆业, 中国地质科学院地质力学所所刊, 1983 年第 4 期
- [36] 参观联邦德国褐煤基地的启示, 赵隆业、钱大都, 能源政策研究通讯, 1984 年第 18 期
- [37] 勘探和评价阿斯图里中部煤炭资源的方法和问题, 蒋瑞良、赵隆业译, 国外煤田地质, 1984 年第 2 期
- [38] 油页岩地下下馏, 赵隆业, 地球, 1984 年第 2 期
- [39] 重视油页岩资源的开发和利用, 赵隆业、杨美伶, 中国地质, 1984 年第 3 期
- [40] 联邦德国褐煤地质研究, 赵隆业等编译, 地质出版社, 1986 年 10 月
- [41] 第三纪的聚煤带和聚煤特征(摘要), 赵隆业, 地矿部北京地质教育中心科学报告会论文摘要汇编, 1986 年 11 月
- [42] 地质勘探时的煤质评价, 赵隆业编著, 1987 年(为煤质评价短训班所编教材)
- [43] 煤质评价应注意的几个问题, 赵隆业, 煤田地质经济技术研究, 1987 年第 1 期
- [44] 鄂尔多斯盆地早中侏罗世煤炭资源开发建设条件, 赵隆业、詹才高、陆汝伦, 1990 年 6 月
- [45] 我国油页岩的成分和品级划分, 赵隆业、陈基娘、王天顺, 现代地质, 1991 年第 5 卷第 4 期
- [46] 油页岩定义和煤、油页岩界线的讨论, 赵隆业、陈基娘、王天顺, 煤田地质与勘探, 1991 年第 1 期
- [47] 关于中国油页岩的工业成因分类, 赵隆业、陈基娘、王天顺, 煤田地质与勘探, 1991 年第 5 期
- [48] 煤田地质与勘探专业的回顾与展望, 赵隆业、张爱云, 高教研究, 1992 年校庆专辑
- [49] 煤炭资源评价方法——以鄂尔多斯盆地为例, 赵隆业、詹才高、陆汝伦、张良山, 煤田地质与勘探 1993, 第 1 期
- [50] 世界第三纪煤田, 赵隆业编著, 地质出版社
- [51] 煤地质学进展(负责编写第七章), 杨起主编, 科学出版社, 1987 年
- [52] 我国南方极不稳定煤矿床的勘探方法问题, 赵隆业, 地质科技, 1978 年第 3 期
- [53] 煤田勘探进程和勘探模式问题, 赵隆业, 未见发表日期
- [54] 煤田勘探科学的研究, 赵隆业, 湖南省地质学会湖南省煤炭学会 1980 年煤田地质学术会议论文摘要选编
- [55] 煤层稳定性的一种相对定量方法, 赵隆业, 地质论评, 1979 年第 25 卷第 1 期
- [56] 古构造研究方法, 赵隆业, 1980 年
- [57] 回归分析方法在国外煤田地质勘探中的应用, 赵隆业, 地质科技资料(武汉地质学院), 1975 年 3 期

(赵先良整理)