

煤炭教育
教学与教材
建设委员会

中等职业教育规划教材
中国煤炭教育协会职业教育教学与教材建设委员会审定

矿井地质

● 主 编 陈春龙



煤炭工业出版社

中 等 职 业 教 育 规 划 教 材
中国煤炭教育协会职业教育教学与教材建设委员会审定

矿 井 地 质

主 编 陈春龙
副 主 编 赵普明
参编人员 杨大牛 林刘军

煤 炭 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

地质基础/李华奇主编. —北京: 煤炭工业出版社,
2009

中等职业教育规划教材

ISBN 978-7-5020-3603-4

I. 地… II. 李… III. 地质学-专业学校-教材
IV. P5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 185027 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.ceiph.com.cn

煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm^{1/16} 印张 15^{1/4}

字数 354 千字 印数 1—5,000

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

社内编号 6413 定价 30.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前 言

为贯彻《教育部办公厅、国家安全生产监督管理总局办公厅、中国煤炭工业协会关于实施职业院校煤炭行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》（教职成厅〔2008〕4号）精神，加快煤炭行业专业技能型人才培养培训工程建设，培养煤矿生产一线需要，具有与本专业岗位群相适应的文化水平和良好的职业道德，了解矿山企业生产的全过程，掌握本专业的基本专业知识和技能，具有从事矿山地质勘查与矿山测量的技术能力的中级技能型人才，经教育部职成司教学与教材管理部门的同意，中国煤炭教育协会依据“地质与测量”专业教学指导方案，组织煤炭职业学（院）校专家、学者编写了地质与测量专业系列教材。

《矿井地质》一书是地质与测量专业中等职业教育规划教材中的一本，可作为中等职业学校地质与测量专业测量基础课程教学用书，也可作为在职人员培养提高的培训教材。

本书由宁夏煤炭工业学校陈春龙主编并统稿，其编写了绪论、第四章、第七章；石家庄工程技术学校的赵普明任副主编，其编写了第一章、第八章；安徽能源技术学校的杨大牛编写了第三章、第六章；河南工程技术学校的林刘军编写了第二章、第五章。

中国煤炭教育协会职业教育
教学与教材建设委员会

2009年9月

目 次

绪 论	1
第一章 煤、煤层、煤系、煤田	5
第一节 煤	5
第二节 煤层	16
第三节 煤层厚度的变化及探测	19
第四节 煤系	24
第五节 煤田	28
复习思考题	30
第二章 矿井地质构造	31
第一节 单斜构造及煤(岩)层产状的测定	31
第二节 褶皱构造的观测与分析	36
第三节 断层的观测与分析	43
第四节 矿井地质构造的预测	53
第五节 生产中对断层的处理	60
复习思考题	65
第三章 矿井其他地质因素	66
第一节 岩浆侵入体	66
第二节 岩溶陷落柱	69
第三节 矿井瓦斯	71
第四节 矿压和地温	75
复习思考题	79
第四章 矿井地质勘探	80
第一节 建井地质勘探	81
第二节 生产地质勘探	84
第三节 矿井延深、扩建地质勘探	87
第四节 老区找煤	90
第五节 矿井地质勘探手段及其应用	93
复习思考题	96

第五章 矿井原始地质编录	97
第一节 原始地质编录的内容和方法	97
第二节 井筒、石门地质编录	99
第三节 煤层巷道地质编录	106
第四节 回采工作面地质编录	110
第五节 井下钻孔地质编录	112
第六节 矿井原始地质资料的整理	113
第七节 矿井地质制图	114
复习思考题	143
第六章 矿井地质说明书的编制	144
第一节 矿建（或基建工程）地质说明书	144
第二节 开拓区域（或水平延深）地质说明书	145
第三节 采区地质说明书	146
第四节 回采工作面掘进地质说明书	147
第五节 工作面回采地质说明书	148
复习思考题	149
第七章 煤炭储量与矿井储量管理	150
第一节 储量的分类及特点	150
第二节 煤炭储量计算	155
第三节 三量管理	157
第四节 加强储量管理工作的措施	162
复习思考题	163
第八章 矿井水文地质	164
第一节 矿井充水条件	164
第二节 矿井突水	171
第三节 矿井突水水源识别	173
第四节 矿井充水程度及水文地质的类型	175
第五节 矿井涌水量的观测与计算	177
第六节 地面防治水	181
第七节 探水	183
第八节 疏放水	188
第九节 矿井水的隔离与堵截	190
复习思考题	196
参考文献	197

绪 论

矿井地质是运用地质学的基本理论，在地质勘探的基础上，研究解决与煤矿设计、建设、生产有关的一门地质学的分支学科。

矿井地质工作贯穿于建井、开拓、掘进、回采直至矿井报废的矿井生产建设的全过程。它关系到煤矿安全生产，关系到煤炭资源的合理开发和利用；它是保证老矿挖潜，新井建设，煤炭稳产、高产，以及与水、火、瓦斯等自然灾害作有效斗争的一项重要的技术基础工作，是煤矿生产建设中不可缺少的重要环节。大量事实证明，矿井地质工作开展得好，生产建设就能正常顺利进行；矿井地质工作跟不上，生产建设就往往由于地质情况不明而造成被动局面。因此，矿井地质工作常被称为煤矿生产建设的“尖兵”和“眼睛”。

我国的矿井地质工作是在近 20 多年来，特别是在改革开放后，随着煤炭工业的迅速发展而逐渐建立和开展起来的。通过生产实践，积累了丰富的地质资料，形成了一套比较完整的工作方法，对于促进煤炭工业的发展、完善矿井地质学科的内容、培养矿井地质的技术人员具有十分重要的意义。

一、矿井地质工作的目的和基本任务

矿井地质工作的目的在于研究和解决矿井建设和生产过程中所出现的地质和水文地质问题，保证矿井生产建设的正常安全进行和高速度的发展，保证国家资源的合理开发和利用。为了实现上述目的，矿井地质工作需要完成下列各项任务：

(1) 研究矿区、井田的地质和水文地质情况，查明影响煤矿正常生产和建设的地质因素。

影响煤矿生产建设的地质因素很多，其中煤层厚度变化、矿井地质构造和矿井水文地质条件对很多煤矿都有影响；此外，某些矿井还受到岩浆侵入煤层、岩溶陷落柱、煤与瓦斯突出、围岩膨胀等因素的影响。随着开采深度的不断增加，地温和地压也越来越成为影响正常生产的地质因素。因此，在研究影响煤矿生产的地质因素时，要从各矿的实际情况出发，抓住所在矿井的主要地质问题，有重点地予以查明。

(2) 研究煤层的赋存情况、煤的物理化学性质，掌握煤层、煤质的变化规律。

煤层是煤矿开采的对象。煤层产状、厚度、结构、结核包裹体及煤层顶、底板等是确定开拓方式与采煤方法的重要依据。因此，研究煤层的赋存情况、掌握煤层的变化规律是矿井地质的重要任务。

煤质决定着煤的合理利用，对多煤种的矿井需要系统地研究煤质，以便分采、分运、分别利用。

(3) 分析矿井充水条件，预测矿井涌水量、预防和处理水文地质问题。

在全面调查和观测矿井涌水条件的基础上，分析矿井充水的水源和通道；预测各水

平、各采区及矿井总的涌水量；提出可能受到水害威胁的地段；及时编制矿井水的防治方案，并与生产部门一起做好地面和井下的防治水工作，以保证煤矿安全生产。

此外，尚须研究和解决矿区的供水水源及矿井水的综合利用问题。

(4) 提供矿井生产、基本建设及新井移交生产所需要的地质、水文地质资料，参加采掘设计的审查，以及生产计划的编制。

煤矿生产建设计划和采掘工程设计的编制都是以正确可靠的地质资料为基础的。矿井地质人员要根据生产建设的要求，有计划地、及时地提供所需要的地质、水文地质资料。资料提出后，矿井地质人员还要配合生产部门参与设计与计划的编制工作，审查计划是否妥当，设计是否合理，并根据自己掌握的地质情况对计划或设计提出修改意见，做到地质与生产紧密配合，坚持地质为煤矿生产服务的方向。

(5) 根据地质情况与生产部门密切配合，指导掘进和回采工作的合理进行，监督煤炭资源的充分开采。

矿井地质人员不仅要参加采掘工程设计的审查，而且要与生产部门密切配合；指导采掘施工，要把地质工作做到掘进工作面 and 回采工作面，及时发现和研究地质对生产的影响，配合生产部门正确处理地质问题，从而指导采掘工作的合理进行。

(6) 掌握地质储量变化，进行矿井储量管理、组织补充勘探、增加矿井储量、延长矿井服务年限。

矿井储量是煤矿生产的物质基础，随着开采、损失、井田边界变化及重新计算储量等原因，矿井储量经常发生变化。为了使安排生产、制订规划有所依据，矿井地质人员需要管理储量并定期进行储量计算。

对于老矿区、老矿井还要注意扩大矿井储量，延长矿井寿命，这对于维持和发展煤矿生产、充分利用现有设备有重要意义。

(7) 研究和调查煤系地层中伴生矿产的赋存情况和利用价值。

为了贯彻综合利用的原则，矿井地质工作还要研究和调查煤系与煤层中伴生的铁、硫、铝土、油页岩、稀有元素等矿产的赋存情况和利用价值，并考虑在采煤过程中能否同时采出这些有用矿产。

矿井地质人员要很好地完成上述任务，必须要认真学习煤矿生产建设的基本知识，熟悉生产对地质的要求；同时要加强调查研究，注意综合分析，做到理论与实践的紧密结合；还要充分地依靠长期工作在井下的工人和采掘技术人员的支持和帮助；并注意引进先进的技术手段和新的地质理论，为不断提高我国矿井地质的的工作水平作出应有的贡献。

二、矿井地质工作的阶段和内容

煤矿开采主要分为矿井建设和生产两个阶段。矿井地质工作也相应地分为建井地质工作和生产地质工作，它们各有不同的具体任务和工作内容。

1. 建井地质工作

建井地质工作主要是在矿井建设时期为井筒、井底车场、硐室和主要运输大巷等基建工程提供地质资料，及时解决施工过程中所遇到的地质、水文地质问题，保证矿井基建工程的顺利进行，按时移交生产，并为投产后的生产地质工作奠定基础。建井地质工作的基本内容有：

(1) 研究和核定井田勘查地质报告，复查煤矿设计决议书，进行必要的建井地质勘探工作。

(2) 根据井田地质勘探和建井地质勘探所获得的资料编制建井地质说明书（也称基建工程地质说明书），作为建井部门选择施工方案和编制作业规程的地质依据。

(3) 井筒破土施工后进行日常性的地质工作。例如，收集井巷揭露的地质资料；编制井筒、大巷、石门等实测剖面图；查明和处理影响基建工程的地质、水文地质问题；根据新揭露的地质资料修改井田地质剖面图、煤层底板等高线图等综合图件；采集煤系、煤层标本及样品。

(4) 做好井筒的防治水工作，开展井上、下的水文地质观测。当井筒穿过含水层时，根据不同情况选择采用堵、截、挡、排等方法，以防止地下水进入井筒影响施工。在施工过程中，及时观测井巷的涌水情况，定期观测各出水点、井筒、大巷及整个矿井的涌水量，必要时，从各出水点取水样化验，以取得各含水层的水质资料。

(5) 新建矿井准备移交生产时，应根据井田勘探资料和建井时期所取集的资料、编制矿井地质鉴定书。鉴定书中除了扼要地叙述地质构造、煤层情况和水文地质等内容外，还应指出尚未查明的和移交生产后应该注意的地质、水文地质问题；对煤炭储量要重新进行计算；要附有各种图纸资料，以此作为生产地质工作的基础。

2. 生产地质工作

生产地质工作是在矿井移交生产后，在井田地质勘探和建井地质工作的基础上进行的。生产地质工作的主要内容有：

(1) 详细分析和研究井田勘探和建井地质资料，充分了解井田内的地质构造、煤层赋存情况；及时查明妨碍煤矿生产的各种地质因素，尽可能地掌握它们的变化规律和内在联系，做好生产地质的基础工作。同时还应熟悉矿井开拓布置、生产计划和采掘方法，了解生产、设计部门的意图和要求，以便使地质工作密切配合井下生产，保证开拓、掘进和回采工作的正常进行。

(2) 新区开拓前，要根据勘探、建井和已开拓区的地质资料，编制开拓区域（或水平延深）地质说明书，或为某些主要开拓巷道提交掘进地质说明书。在开拓掘进过程中，要作好巷道地质观测编录，分析判断掘进前方可能出现的地质变化，及时指导开拓巷道的施工。

(3) 采区设计前，根据总体开拓方案所划分的采区，编制采区地质说明书。在准备和回采巷道掘进前，对于某些地质条件复杂的主要巷道还要编制掘进地质说明书。在采准巷道掘进过程中，要继续作好巷道地质观测编录，以便及时查明掘进中可能出现的地质问题，配合掘进部门研究处理措施，保证巷道施工达到预期的目的。有的煤矿还开展掘进地质预报，以便及时地为掘进工作面提供预见性的地质情报资料。

(4) 根据采区、采面准备巷道的掘进资料，编制回采地质说明书。在回采过程中，应及时观测采面的地质变化，与采煤人员一起研究采取有效的处理措施；要进行采面回采率的检查，保证煤炭资源的充分回收；进行原煤质量检查，分析煤质变化的原因，提出提高煤质的意见。另外，还应积极创造条件，开拓采面地质预报，使地质工作直接为采煤生产第一线服务。工作面采完之后，应坚持开展采面地质总结，总结地质特点和规律；总结工作中的经验教训，不断提高地质工作水平。

在掘进、回采过程中的水文地质工作主要是进行水文地质观测，分析矿井涌水条件，开展矿井涌水预报。对有水害威胁的地段，应采取相应措施，以保证正常安全生产。

(5) 根据生产计划，配合开拓、掘进、回采工作，有计划地组织矿井地质勘探，对新开拓区、深部水平、井田外围通过矿井地质勘探，查明影响煤矿生产的地质因素，提高储量级别，增加矿井储量，延长矿井服务年限。

(6) 根据新揭露的资料，修改补充各种综合性地质图件。要定期按分煤层、分水平、分采区计算储量，掌握储量变化，进行储量管理。随着新资料的不断积累，矿井地质人员对矿井地质的认识不断深化，每隔一段时间（一般是3~5年）编制一次矿井地质报告。

除了以上工作内容之外，凡是生产部门需要解决的地质问题，都要主动配合、帮助解决。

三、矿井地质工作的特点和要求

1. 矿井地质工作的特点

(1) 密切联系生产实际。矿井地质工作与煤矿生产建设有着直接的密切联系。随着煤矿生产建设的发展，生产部门向矿井地质人员提出需要及时解决的地质问题，而矿井地质人员对各种地质现象的分析判断，又直接用来指导生产工作的开展，并立即受到严格的实践检验。因此，矿井地质工作的好坏，直接关系到生产是否正常、合理和安全的进行。

(2) 及时发现和处理问题。煤矿生产是不断移动工作场所的多工序的综合性连续的地下作业。由于工作场所的经常移动，新的地质现象不断出现，这就需要及时收集资料，及时发现问题和解决问题；反之，如果不及时收集资料，就无法了解地质变化情况，也就不可能发现和解决地质问题，这会给煤矿生产带来严重影响。

(3) 提供准确的地质资料。由于煤矿生产建设中开掘了大量井巷，揭露了大量珍贵的地质资料，同时又有地质勘探成果作为基础，因此矿井地质部门作出的判断和提交的地质资料更能准确而真实地反映事物的本质。而且煤矿生产建设也要求对地质的判断和提交的资料尽量准确，否则不仅会造成报废巷道、损失煤量，甚至可能发生严重的安全事故。

(4) 预测可能发生的地质变化。矿井地质工作不能满足于出现问题之后再来查明和处理，而是要事先查明和预测到可能出现的地质变化，以便合理地确定开拓方案和采掘方法。特别是随着采掘机械化程度的不断提高，对地质资料提出更高的要求，就这更加需要对地质变化有预见性。

2. 矿井地质工作的要求

矿井地质是一门实践性很强的学科。地质人员不仅要有地质学的基础理论和采煤、测量、制图等方面的基本知识，掌握研究影响煤矿生产、建设的地质因素和解决煤炭开采过程中的地质、水文地质问题的工作方法，而且在调查研究时要由点到面、由已知到未知、由浅部到深部、由简单到复杂、由个别到一般，通过“实践、认识、再实践、再认识”的认识过程，培养分析问题和解决问题的实际能力，为煤炭开发作出应有的贡献。

第一章 煤、煤层、煤系、煤田

煤是一种由沉积作用形成的，其灰分小于 40% 的黑色可燃性有机矿产。它是由多种高分子碳氢化合物和少量无机矿物质组成的复杂混合物。

煤既是重要的工业原料（发电、炼焦等），又是重要的化工原料（制药品、塑料、化肥、橡胶等），同时还可从煤中提取稀有元素（铀、锆、镓等）。由此可见，煤是工业的食粮，是国民经济建设的重要能源，只有煤炭工业持续稳定快速发展才能使国民经济快速健康发展。本章主要介绍煤、煤层、煤系和煤田的成因、性质、分布情况及变化规律等，并介绍煤层和煤系的观测内容和方法。

第一节 煤

一、煤的形成

（一）成煤的原始物质

成煤的原始物质是什么？以前有人认为煤和其他岩石一样从“开天辟地”起就存在，也有人认为煤就像岩浆岩一样侵入到地层中形成的，还有人认为煤是由于石头吸取了自然界中某种液体而形成的等。随着自然科学的不断发展，人们在长期的生产实践和科学研究中逐渐认识到煤是由植物遗体变化而成的。

在煤矿开采生产中，经常在煤层顶底板中发现有许多植物化石。例如：阜新煤田曾经找到由外形保存良好的树干变成的亮晶晶的煤块；唐山矿的 5 号煤层和 8 号煤层顶板岩石中含有大量的植物化石；井陘煤矿在 1 号煤层和 2 号煤层的顶底板，以及 4 号煤层和 5 号煤层底板都可见到植物化石。当把煤制成薄片在显微镜下观察时，可以看到在煤中有由细胞组成的保存很好的植物孢子、花粉及树脂体等植物化石。因此，完全可以证实煤是由植物转变而成的。

根据植物的生活方式和结构的不同，植物可分为高等植物和低等植物两大类。

1. 低等植物

低等植物多生活在水中，其特点是结构简单，无根、茎、叶之分。水生的低等植物菌、藻类在适当的环境中繁殖的很快，死亡后沉积到湖泊、沼泽的底部，经复杂的生物化学作用及地质作用，并和一部分泥质沉积物一起形成腐泥，进而形成腐泥煤。

2. 高等植物

高等植物生长在陆地上及沼泽中（灌木、乔木及草等），其特点是植物体结构复杂，有根、茎、叶之分。主要组成部分是木质素、纤维素及角质层、孢子、花粉、树脂体等稳定成分，这类植物形成的煤叫做腐植煤。腐植煤分布广、储量大、品种多、质量好，是开采利用的主要对象。

(二) 成煤条件

并不是所有的植物都能形成煤，煤的形成必须具备一定的条件。

1. 植物条件

煤是由植物遗体转化而成的；植物是成煤的原始物质，是成煤的物质基础。因此，植物大量的繁殖生长是形成煤的必要物质条件。往往地史上植物大量繁盛的时代，就是重要的聚煤期。

植物的大量繁盛是在地球形成数十亿年后，因此煤炭的形成也是近几亿年才开始的。震旦纪至早泥盆世低等植物发育，在这个时期有石煤形成。志留纪末出现了陆生高等植物，为煤的大量聚积提供了条件。我国的几个主要成煤时代，即石炭二叠纪、三叠侏罗纪、第三纪，分别与孢子植物、裸子植物及被子植物的繁盛相对应。

2. 气候条件

植物生长与气候有密切的关系，温暖潮湿的气候最适于植物的大量繁殖生长，同时这种气候还有利于沼泽的发育；而寒冷干旱的气候条件则不利于植物的大量繁殖生长。因此，温暖和潮湿的气候是成煤最有利的条件。

3. 自然地理条件

有了适当气候条件，植物就会大量繁殖生长，但如果没有合适的自然地理条件，成煤的物质也会被破坏掉。例如，高山上的植物死亡后常会被暴雨冲走或被氧化破坏。所以最有利于植物大面积繁殖生长和植物遗体聚积的自然地理条件是积水沼泽。沼泽是常年积水的洼地，通常积水较浅，而又含较多的有机质，适于高等植物的生长；同时植物遗体堆积后，又能为积水覆盖，使其得以保存下来转化为泥炭，最终形成煤。

4. 地壳运动条件

除了上述3个条件外，还需要有与之相适应的地壳运动条件配合才能形成煤。地壳持续缓慢的沉降是形成煤的不可缺少的条件，且成煤所需要的沼泽环境也是在地壳不断下降过程中产生得以延续的。

上述4个形成煤的条件是互相配合的整体，缺一不可。只有上述4个条件密切配合时，才能形成大规模的具有开采价值的煤田。

(三) 成煤过程

在地质历史中，地球上一些区域曾有过植物繁盛时期，而形成人们所开采的煤田，从植物死亡、聚积而转变成煤，则经历了一系列的演变过程。根据成煤的物质、作用时间、影响因素的结果不同，形成煤的过程分为两个阶段。

1. 第一阶段——腐泥化及泥炭化阶段

1) 腐泥化阶段

在湖泊、海湾、潟湖及积水较深的沼泽中，低等植物的菌、藻类死亡后，同泥沙等一起沉积下来，在还原的环境中经厌氧细菌的化学分解和合成作用，使植物中的蛋白质和脂肪等成分破坏，从而形成富含沥青质的胶体物质，这种物质同泥沙等物质混合后而形成腐泥。这个作用阶段叫做腐泥化阶段。

腐泥化阶段形成的产物是腐泥，腐泥呈黄褐色或黑褐色，水分含量为70%~90%，含杂质多，一般超过40%。

2) 泥炭化阶段

生长在陆地的高等植物死亡后，堆积在积水沼泽中，组成高等植物有机体的木质素、纤维素及蛋白质等成分，在厌氧菌的作用下，经过复杂的化学分解、合成等生物化学作用，而形成腐植酸、腐植酸盐、沥青质及硫化氢、二氧化碳、甲烷等，当不稳定的物质气体等排出后同泥沙等矿物质混合而沉积形成泥炭。这个作用阶段叫做泥炭化阶段。

泥炭化阶段形成的产物是泥炭。泥炭呈黄褐色或黑褐色，富含水及腐植酸，晒干后可用作燃料及肥料。

2. 第二阶段——煤化阶段

由于地壳的不断下降，腐泥或泥炭被埋藏在地下深处，随温度、压力的不断增大，而使腐泥转变成腐泥煤、泥炭转变成腐植煤的地球化学作用称为煤化作用，其作用的过程称煤化阶段。根据作用的阶段不同，煤化作用可分为煤成岩作用和煤变质作用。

1) 煤成岩作用

泥炭或腐泥被掩埋后，在压力、温度等因素的影响下转变为褐煤的作用称为煤成岩作用。

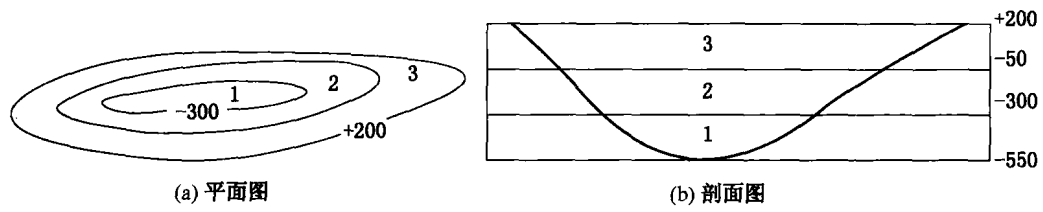
泥炭形成后，由于地壳沉降幅度的加快，而被泥沙等沉积物覆盖，随着覆盖层的加厚，在温度、压力作用下泥炭逐渐被压紧，不断失去水分，并释放出气体，而使泥炭中的碳元素含量增多，氢、氧元素含量减少，腐植酸的含量降低直至完全消失，泥炭转变成较坚固致密的褐煤；而腐泥经成岩作用后可转变成腐泥煤。

2) 煤变质作用

泥炭形成褐煤或腐泥形成腐泥煤后，随着地壳进一步下降，温度压力的进一步增高，使煤中元素成分不断发生改变，碳元素含量逐步增加，氧、氢元素含量逐渐减少，水分和挥发分逐步减少，腐植酸完全消失，而使煤的结构、化学成分、物理及化学性质发生改变而形成烟煤或无烟煤、天然焦、石墨等；而腐泥煤变为高级腐泥煤，这个变化过程叫做煤变质作用。

影响煤变质的主要因素是温度、压力和作用时间。

(1) 温度。温度是影响煤变质的主要因素，温度升高则煤的变质作用增强，在煤矿中煤的变质程度一般是由浅部向深部逐层递增（图 1-1）。



1—高变质煤；2—中变质煤；3—低变质煤

图 1-1 煤质随深度变化示意图

(2) 压力。压力是影响煤变质的次要因素。通常它只能促使煤的物理性质发生变化，而不能明显地引起煤的化学变化。同时压力增大使煤体收缩，由于内摩擦产生的热量，间接地使煤的变质程度增高。

(3) 时间。温度和压力持续作用的时间也是影响煤变质的主要因素。在受热条件相同时，煤的变质程度取决于受热时间的长短。受热时间长，则变质程度高；受热时间短，则变质程度低。

变质作用的温度、压力及时间是互相影响、互相促进的。

二、煤的化学成分和工艺性质

为合理利用煤炭资源，必须对煤的化学成分和煤的工艺性质进行研究，以便综合利用。

(一) 煤的化学成分（元素组成）

煤是由 C、H、O、N、S、P 等元素所构成的有机质和一些矿物杂质、水分等无机质组成。其中 C、H、O 元素占有机质含量的 90% 以上。对煤进行化学成分分析，可了解煤的性质，确定特定用煤的指标。

1. 碳（C）

碳是煤中有机质的主要组成元素，是组成煤结构单元的骨架，是炼焦时形成焦炭的主要物质基础，是燃烧时产生热量的主要来源。

煤中碳元素含量随变质程度的增高而增加，见表 1-1。

表 1-1 煤中碳元素含量与变质程度的关系

煤 种	碳含量/%	煤 种	碳含量/%
泥炭	50 ~ 60	烟煤	74 ~ 92
褐煤	60 ~ 77	无烟煤	90 ~ 98

2. 氢（H）

氢是煤中有机质的第二个主要组成元素，也是组成煤大分子骨架和侧链不可缺少的元素。与碳元素相比，氢元素具有较大的反应能力，单位质量的燃烧热也更大，每千克氢完全燃烧时产生的热量约为碳的 4.2 倍。煤中的氢元素含量随变质程度的增高而降低，见表 1-2。

表 1-2 煤中氢含量与变质程度的关系

煤 种	氢含量/%	煤 种	氢含量/%
泥炭	6	烟煤	4 ~ 5
褐煤	5 ~ 6	无烟煤	2

3. 氧（O）

氧也是组成煤有机质的一个十分重要的元素，氧在煤中存在的总量和形态直接影响煤的性质。氧是煤中不可燃的物质成分。

煤中的氧元素含量随变质程度的增高而降低。当煤氧化时，氧元素的含量迅速增高，而碳、氢元素的含量降低，可以此确定煤的风化和氧化，见表 1-3。

表 1-3 煤中氧含量与变质程度的关系

煤 种	氧含量/%	煤 种	氧含量/%
泥炭	30 ~ 40	烟煤	1 ~ 16
褐煤	15 ~ 30	无烟煤	<2

4. 氮 (N)

氮是煤中唯一完全以有机状态存在的元素。煤中氮元素含量较少，它主要来自成煤植物中的蛋白质。氮元素的含量在煤中为 1% ~ 3%，含量随变质程度的增高而降低。

5. 硫 (S)

硫是煤中的有害物质。煤中硫在燃烧时与空气中的氧化合形成二氧化硫，腐蚀锅炉，污染空气，炼焦中的硫还会转入焦炭，降低钢铁质量。因此，炼焦用煤的含硫量规定不得超过 1%。

6. 磷 (P)

磷是煤中的有害成分，在煤中含量极少，一般为 0.001% ~ 0.1%，最高不超过 1%。炼焦煤中的磷会进入焦炭，进而转入钢铁中，使钢铁发脆。因此，炼焦用煤的含磷量规定不得超过 0.03%。

7. 其他元素

煤中含有微量的稀有元素，如锆 (Zr)、锂 (Li)、铍 (Be)、镓 (Ga)、铀 (U) 及钒 (V) 等。随着科学技术的发展，这些稀有元素将会从煤中得到提取利用。

(二) 煤的工艺性质和工业指标

1. 煤的工艺性质

煤的工艺性质是对煤质评价的依据，并以此确定煤的工业价值和利用途径。煤的工艺性质是指煤在加工和利用时表现出来的性能，主要有煤的发热量、胶质层厚度和黏结指数等指标。

1) 发热量 (Q)

单位质量的煤完全燃烧时放出的热量称为发热量，单位为 J/g 或 MJ/kg，它是用专门的发热量测量仪器在实验室测定的。发热量的大小是评价煤质的重要指标。

发热量的大小主要取决于煤中碳、氢元素的含量，并与煤中的水分和灰分有关，一般来说，随着煤的变质程度增高发热量增大，见表 1-4。

表 1-4 煤的发热量与变质程度的关系

煤 种	发热量/ (MJ · kg ⁻¹)	煤 种	发热量/ (MJ · kg ⁻¹)
泥炭	10.468 ~ 17.585	烟煤	32.031 ~ 36.636
褐煤	14.655 ~ 29.728	无烟煤	34.333 ~ 35.171

有的烟煤发热量甚至比无烟煤还高，这是因为此烟煤的含氢量高，因氢的发热量是碳的 4.2 倍，因此，在其他条件相差不大的情况下，发热量的大小取决于氢元素的含量多少。

2) 胶质层厚度 (Y)

将煤样放置在密闭的胶质层测定仪中加热到 350℃，煤中有机质开始分解软化形成胶质体，继续加热至 510℃ 时重新固结成焦炭为止，所连续测得的胶质体的最大厚度称为胶质层厚度。胶质层厚度的大小是反映黏结性好坏的重要指标，胶质层厚度越大煤的黏结性越好。变质程度很低或很高的煤，胶质层厚度都很小或为零，也就是黏结性很差。胶质层厚度是测定炼焦用煤的重要指标。

3) 黏结指数 ($G_{R,L}$)

黏结指数也是反映煤的黏结性好坏的指标，比胶质层厚度测定所需的煤样少，鉴别能力强，是我国现行煤的工业分类的主要指标之一。

2. 煤的工业指标

为了确定煤质牌号和质量优劣，要求对煤中的水分、灰分、挥发分及固定碳等工业指标进行确定，以便合理地开发和利用煤炭资源。

1) 水分 (M)

煤中的水分是有害物质。煤中的水分含量多可使煤风化、破碎、自然发火，可降低煤的发热量，以及增加运输成本等。煤中的水分可分为外在水分和内在水分两种。

(1) 外在水分。外在水分是指在开采及运输等过程中留在煤炭表面的水分。

(2) 内在水分。内在水分是指吸附、凝聚在煤炭的毛细、孔隙中的水分，是在成煤过程中产生的，并随着煤的变质程度增高而降低，见表 1-5。

表 1-5 煤中水分与变质程度的关系

煤 种	水分/%	煤 种	水分/%
泥炭	30 ~ 40	烟煤	0.5 ~ 15
褐煤	10 ~ 30	无烟煤	0.6 ~ 6

2) 灰分 (A)

煤的灰分是煤完全燃烧后所剩下的灰渣。灰分的主要成分有三氧化二铝 (Al_2O_3)、二氧化硅 (SiO_2)、二氧化锰 (MnO_2)、三氧化二铁 (Fe_2O_3) 等。煤中的灰分可分为外在灰分和内在灰分。

(1) 外在灰分。在采煤运输过程中混入煤层顶底板岩石碎块中而形成的灰分，在洗选过程中可除掉。

(2) 内在灰分。内在灰分是在成煤过程中同植物遗体一起沉积的泥沙等无机物质形成的灰分，在洗选过程中很难除掉。根据灰分含量的多少可将煤划分为特低灰分煤 ($\leq 5.00\%$)、低灰分煤 (5.01% ~ 10.00%)、低中灰煤 (10.01% ~ 20.00%)、中灰分煤 (20.01% ~ 30.00%)、中高灰煤 (30.01% ~ 40.00%)、高灰煤 ($> 40.00\%$)。国家规定：矿井生产的原煤灰分应小于 40%。

3) 挥发分 (V)

在隔绝空气的条件下将煤置于 900℃ 的温度加热 7min，煤中有机体发生热分解而分解出来的气态物质叫挥发分。

挥发分的组成成分为氢 (H)、氧 (O)、氮 (N)、甲烷 (CH_4)、乙烷 (C_2H_6)、乙炔 (C_2H_2)、一氧化碳 (CO)、二氧化碳 (CO_2)、硫化氢 (H_2S) 等。挥发分随着煤的变质程度增高而降低。褐煤可燃基挥发分大于 40%，烟煤可燃基挥发分为 10% ~ 37%，无烟煤可燃基挥发分为 0 ~ 10%。挥发分是鉴定煤质的重要指标，是我国煤分类的主要指标。

4) 固定碳 (FC)

测定煤的挥发分时，剩下的不挥发物质称为焦砑，焦砑减去灰分即为固定碳。

三、煤的物理性质

煤的物理性质包括煤的颜色、条痕、光泽、硬度、脆性、密度、裂隙及导电性等性质，煤的这些物理性质与煤的成因、变质程度及所含矿物杂质有关。

1. 颜色

颜色是指煤新鲜表面的颜色，反映了煤对自然光波的吸收性质。随着煤变质程度的增高，煤的颜色逐渐加深。褐煤为褐色及深褐色，烟煤为褐黑色到黑色，无烟煤为带银白色彩的灰黑色。

2. 条痕

条痕是指煤的粉末颜色。随着煤变质程度的增高，煤的条痕色加深。褐煤的条痕为棕色，烟煤的条痕为深棕色到黑色，无烟煤的条痕为灰黑色。

3. 光泽

光泽是指煤表面的反光能力。煤的光泽与煤中的灰分含量及煤的变质程度有关。变质程度低的煤光泽弱，随着煤变质程度的增高，煤的光泽增强。褐煤为暗淡光泽，烟煤为玻璃光泽，无烟煤为似金属光泽。

4. 硬度

硬度是指煤抵抗外部机械作用的能力，用矿物硬度等级来衡量。随着煤变质程度的增高，煤的硬度增大。

5. 脆性

脆性是指煤受压力作用的破碎性质。中变质煤（肥煤、焦煤）脆度大，低变质煤和高变质煤脆度都很小。

6. 密度与视密度

1) 密度

密度是指不包括煤中裂隙在内的单位体积煤的质量与同体积水的质量之比。密度的大小取决于煤中的灰分、水分的含量，并与煤的变质程度有关。煤中矿物杂质含量高、变质程度高的煤，其密度就大。

2) 视密度

视密度是指包括煤中裂隙在内的单位体积煤的质量与同体积水的质量之比。视密度是煤炭储量计算的重要参数。

7. 裂隙

煤中的裂隙按成因可分为内生裂隙和外生裂隙。

1) 内生裂隙

内生裂隙是在成煤的过程中形成的，裂隙面垂直于层理面。内生裂隙在中变质的烟煤