

中国煤变质研究

杨 起

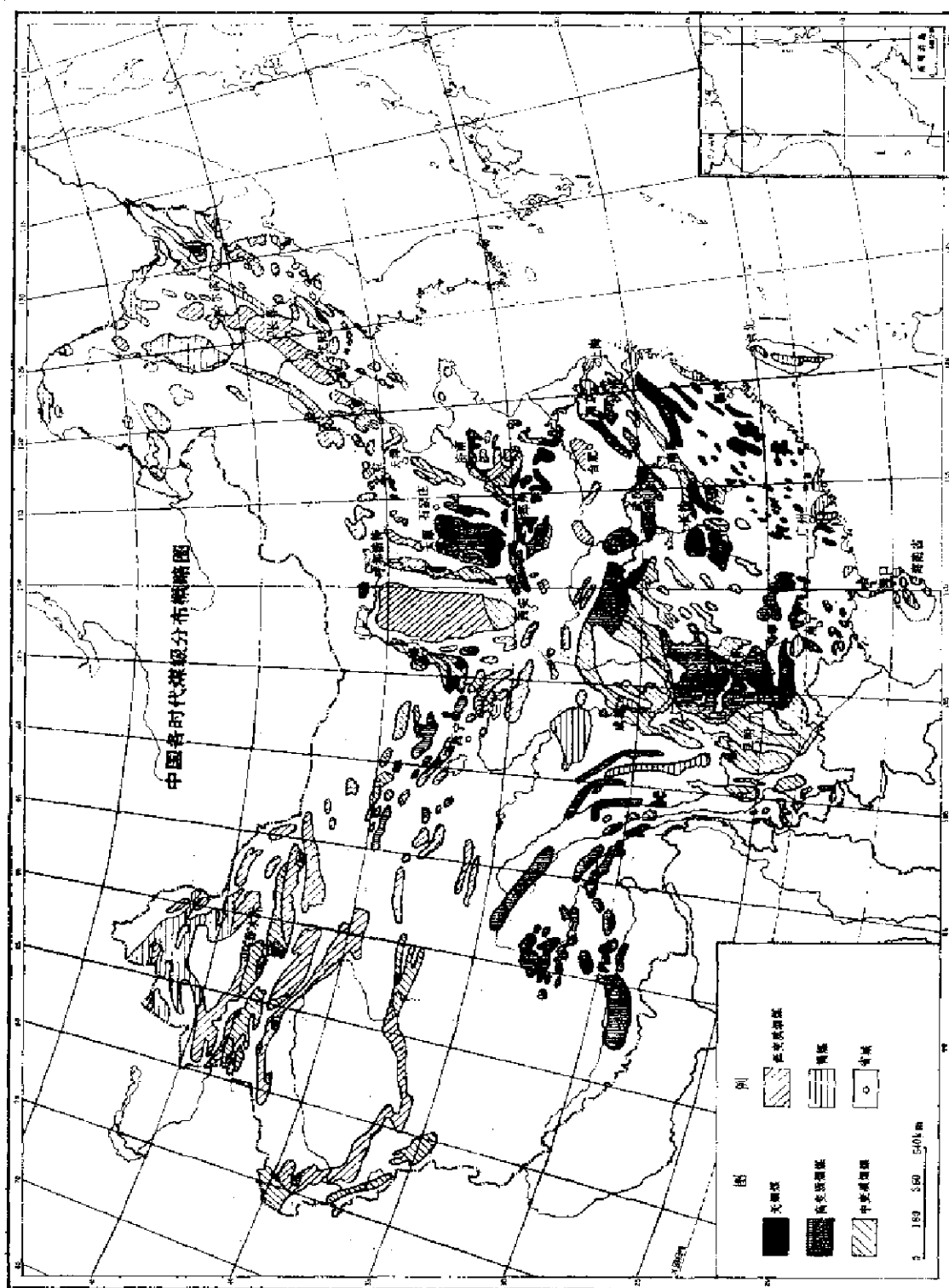
摘 要 本文简要地概括了中国煤变质的特点和煤级分布规律；指出中国赋存着储量丰富的能够满足多种用途的各煤级煤是三个变质演化阶段的综合结果。第一阶段是以深成变质作用形成低煤级煤为主；第二阶段叠加的区域岩浆热变质作用使部分低煤级煤上升为中、高变质煤；第三阶段的构造变动奠定了中国煤变质带分布的总格局。鉴于煤变质研究是预测煤质与指导开采所需煤种的理论基础，文中提出了应从煤变质作用实质、各变质作用类型的特点、探讨新的煤变质作用类型，完善煤级参数以及成煤古温度等方向加强研究。文中附有从地质因素分析入手，以煤变质作用类型研究为基础的中国各时代煤级分布概略图。

关键词 煤的深成变质作用，煤的区域岩浆热变质作用，煤变质的演化阶段。

1 中国各时代煤级分布

泥炭层被埋藏后，随着基底的沉降经受成岩作用，逐渐形成褐煤。基底继续沉降，继之而来的是进行深成变质作用。煤的变质程度是随煤层沉降幅度的加大、地温增高和受热时间的持续而加深的。因而体现沉降深度的煤层上覆岩系厚度的大小和埋藏时间决定着煤级的高低，此即煤的深成变质作用。中国煤的第一演化阶段主要是进行深成变质作用。但是中国各聚煤期的煤由于上覆岩系厚度，除少数地区外，一般比较薄，因而形成的主要是低煤级煤。可事实上中国赋存着丰富的中、高变质程度的煤。从地质时代上看，晚古生代煤按其沉降深度大多数应不高于肥气煤阶段，而大量的晚古生代煤却系中、高变质程度烟煤、无烟煤，甚至超无烟煤；中生代除褐煤外，却以低、中变质烟煤为主，而且也不乏无烟煤；第三纪煤按其埋藏深度和经受地温的持续时间应处于褐煤阶段，但也有低煤级烟煤。在空间分布上，大致在北纬38°以北，总的是以褐煤和低、中变质程度烟煤为主；北纬38°及以南的华北地区赋存着各种煤级的烟煤和无烟煤；西南和南方以中、高变质烟煤占优势，而东南地区则以无烟煤和高煤级烟煤占主导地位。这些中国煤变质特点显然不是第一煤化阶段、埋藏深度不大、只依靠正常地温的深成变质作用所能单独形成的。

中国赋存的大部分中、高变质煤，包括一些大面积的无烟煤是形成于第二演化阶段，即主要由于岩浆活动，特别是燕山期岩浆的侵入使成于深成变质作用的一部分低煤级煤又遭



中国各时代煤级分布概略图
Sketch map showing the distribution of coal ranks of all period in China

受叠加的区域岩浆热变质作用，增高了煤级，构成了许多具有高、中、低煤级的煤变质分带。

由于大多数晚古生代煤和中生代煤在燕山运动后期被抬升接近地表，它们以后经受的地温尚不足以进一步提高煤级。中国煤的第三演化阶段不再是以继续加深变质、提高煤级为主，而是新生代的构造运动使已形成的煤变质分带发生位移为特征，如沿北纬 $37^{\circ}\sim 38^{\circ}$ 横贯中国东西断续分布的中高级煤变质带，西起新疆西部的英吉沙、莎车，向东经南疆东段且末阿羌，青海大柴旦、木里、柴达尔，甘肃九条岭，宁夏的中卫、中宁、韦州，山西的临县、太原西山、阳泉，既至河北西部时，被嫩江-紫荆关断裂的右旋运动，将断裂东侧、原本也分布在北纬 $37^{\circ}\sim 38^{\circ}$ 的河北邯郸、山东济南、淄博和坊子等煤田的中、高变质煤向南方推移了约100km，成为现今所见到的分布于北纬 $36^{\circ}\sim 37^{\circ}$ 的中、高变质煤带。

总之，第一演化阶段的深成变质作用使中国煤主要演化到低煤级阶段；第二演化阶段使部分褐煤和低变质烟煤进一步变质到中、高变质阶段；而第三演化阶段通过构造变动奠定了中国煤变质分带的总格局。正是区域岩浆热变质的叠加作用导致以低煤级为主的各时代煤部分地提高了煤级，从而使中国得以赋存着储量丰富的、能够满足多种用途的各级变质程度的煤。深成变质作用和区域岩浆热变质作用在形成中国煤变质特点上同等重要，缺一不可。附图是从地质因素分析着手，基于煤变质作用类型研究，概略地表示中国各时代煤级的分布。

2 煤变质研究

近年来，煤变质研究受到煤田地质工作者的重视，发表了不少涉及一些煤田或省区范围的甚至更大区域的煤变质研究成果，取得了可喜的进展。煤变质研究作为预测煤质和指导开采所需煤种的理论基础，还应当着重从以下几个方面作进一步的探讨：

1. 煤变质作用(煤化作用)实质的研究 煤化作用不是直线发展的，而是在煤化过程中几次出现明显的跃变，包括煤的某些物理化学、工艺性质呈现跳跃式变化或转换方向的变化。例如煤的沥青化作用开始于煤的第一次煤化作用跃变，并与开始形成石油的阶段相当；沥青化作用结束于第二次煤化作用跃变，这又与石油消亡、湿气大量产生的阶段相对应，而煤的各种性质的演变与煤的分子结构在煤化过程中的变化密切相关，为了搞清煤各种性质演变的机理，应对煤分子结构在各煤化阶段的变化实质和四次煤化作用跃变进行较深入的研究，经受叠加的区域岩浆热变质的煤的工艺性质和分子结构的变化又有什么特点，也是应该探讨的。

2. 研究不同类型煤变质作用的特点 主要应对煤的深成变质作用和区域岩浆热变质作用特点做进一步的比较研究，目前在这方面虽有某些了解，但还不够系统深入，应对煤本身的物理化学性质、镜下光学特征、煤变质带特点以及围岩的变化等进行研究，以便能更有效地鉴别某地区煤的地质经历、受热历史，例如，只是经受过深成变质作用，还是叠加上了其它类型的变质作用（如区域岩浆热变质作用）。

3. 探讨新的煤变质作用类型 除熟知的四种煤变质作用类型以外，已有人提到的有放射性元素蜕变热引起煤的变质、构造体系反映的构造应力场控制的构造应力变质作用等，最近还提出了受到热液影响的煤的热液变质作用和来自侵入岩浆的高温蒸气及其形成热液的气成热液变质作用，都是值得深入探讨的。从促使煤变质的热源考虑，例如因地球内部物质，特别是上地幔物质向上运动所产生的附加热，局部莫霍面较高都可能增高煤的变质程度等，

也有可能发现迄今不为我们所知的新的煤变质作用类型,特别是中国不少的煤变质程度相对上覆岩系厚度来说较高,应从多方面寻找其成因。

4. 研究完善现有煤级参数并寻找新的参数 镜质组反射率在测定低煤化阶段时辅以壳质组的荧光性是目前测试煤级最有效的参数。不过由于双反射的影响,在测试高变质煤时仍不够理想。因此应一方面研究如何使镜质组反射率作为煤级参数更趋完善,另一方面还应寻找新的煤级参数。如以牙形刺的色变指数、孢粉的透明度和颜色变化、伊利石的结晶度、共生矿物的形成温度以及碳优势指数等在煤化过程中的变化表示煤级,都是很好的尝试,但作为良好的煤级参数还嫌不足,因此应再做努力。

5. 成煤温度研究 这是煤变质研究中极为重要的课题,不少学者如列文斯坦(М.Л. Левенштейн, 1989)、阿莫索夫(И.И. Аммосов, 1976)、卡纳纳(Я.Ф. Канана, 1979)都提出过各级煤以及石墨的形成温度。不同方案中同级煤的形成温度并不一致。J.卡维尔(J. Karweil, 1956)、洛帕金(Н.В. Лопатин)与魏普勒斯(D.W. Waples, 1971)、泰希缪勒(M. & R. Teichmüller, 1973)、包斯提克(D.W. Bostick, 1973)等进一步把煤级、温度和受热的持续时间用计算公式表示,如卡维尔(1956)采用阿罕纽斯公式(Arrhenius equation)做图表示温度、时间与煤级的关系,包斯提克(1979)的镜质组反射率与最高岩石温度和有效受热时间的关系图;洛帕金与魏普勒斯(1971)根据温度、时间计算反射率的TTI法,高里村(М.В. Голицын, 1975)提出根据热对煤化作用速度的影响计算温度与受热时间的变质冲量公式等。但是从确定成煤古地温的要求来看都还有待于改善。以上所涉及的都是如何确定形成变质煤的温度,对于我国占重要地位的区域岩浆热变质煤其成煤古地温也应该得到足够的重视,为此需要研究各种形态、不同规模、不同岩性的岩体的侵入温度,岩体在不同地质条件下的散热速度等,后者也涉及到岩浆热作用于煤层所持续的时间,其它方面如煤变质研究在地质上的应用也是很值得重视的。

文中附图是汪正平同志帮助编制,由中国地质大学(北京)绘图室杨希娜同志清绘,特此致谢。

参 考 文 献

- (1) 杨起等. 华北石炭二叠纪煤变质特征与地质因素探讨. 地质出版社, 1988
- (2) 北京矿业学院, 北京地质学院等. 中国煤田地质学, 第二册. 煤炭工业出版社, 1961

A STUDY ON COAL METAMORPHISM IN CHINA

Yang Qi

(China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract

In China the coal occurs north to 38°N. Lat., being mainly the bituminous coal and lignites of low rank. Along and south to 38°N. Lat. in North China

bituminous coal and anthracites occur. Medium and low volatile bituminous coal and anthracites predominate in southwestern China, while anthracites and low volatile bituminous coal play a leading role in southeastern China. Such characteristics of Chinese coal metamorphism could not be formed by the geothermal metamorphism during the first evolutionary stage of coal metamorphism alone because the burial depth was usually shallow; the coal of higher rank was formed during the second evolutionary stage, then the magmatic activities, especially the mesozoic magmatic intrusives promoted a part of the low ranking coal to form the medium and/or high ranking one, and many coal metamorphic zonings of low to high rank were formed. In the third evolutionary stage as most coal measures had been uplifted to depths near the earth surface, the geothermics under which the coal suffered in this stage was too low to further raise the coal rank, however, the Tertiary crustal movement settled the distribution of the coal metamorphic zones mainly through dislocation. As the study on coal metamorphism is the theoretic basis of coal rank needed, research directions such as the essence of metamorphism, discovering new types of metamorphism not yet known, the feature improvement of the coalification parameters and the paleotemperature of coalification are emphasized.

Key words geothermal metamorphism of coal, telemagmatic metamorphism of coal, evolutionary stage of coal metamorphism.



论文摘要

选择提取技术在表生地球化学 异常评价中的应用研究

胡子兴(研究生) 阮天健(导师)

元素存在形式可以指元素结合的化合价、赋存矿物粒度、产出基体种类以及空间上微观和宏观的分布等,其中对产出基体种类的研究手段主要是地质样品选择提取技术。目前这方面的研究,已直接用于地质普查,从而发现了大型矿床;除铜、铅、锌多金属矿床外,在金、铀矿床的勘查上也有了突破。笔者从提取过程的动力学、提取过程的平衡学、复杂体系的沉淀和溶解、吸附和解吸、交换和平面能等几方面研究了不同气候条件下元素存在形式和试验优化了选择提取分析的部份提取条件,并应用到实际地质调查中,得到一些新的认识。

在元素存在形式研究中,根据野外记录选择有代表性的58个样品,用AAS分析测定Cu、Pb、Zn元素含量,从中选择三组24个样品,每组8个,按前人方法顺序提取可溶和可交换相、含氧酸盐相、有机物相、锰氧化物相、非晶质铁氧化物相、晶质铁氧化物相、硫化物相、硅酸盐相8个部分,计算对比了南北方样品中矿化和非矿化土壤、铁帽之间元素含量的差异,考察分析这些差异发现,若以异常区和背景区某元素含量比值定义为该元素的异常衬度,则南方样品锰氧化物相衬度最大而北方样品非晶质铁氧化物相衬度最大,同一样品中各相之间衬度值的相对大小与样品基质无关,只与采样区气候条件有关,各相间差值在2以下,个别大于2,因而南方样品锰氧化物相、北方样品非晶质铁氧化物相是表生地球化学勘查中要选择提取的分析相。

在此基础上,对选择提取及其提取条件进行了简化和优化,首先对比相同试剂顺序提取和平行提取的结果差别,发现二种方法提取碳酸盐相、有机物相、锰氧化物相、晶质铁氧化物相的结果基本一致,说明提取选择性都高;提取非晶质铁氧化物相的结果不尽一致,平行提取结果偏高,说明平行提取的选择性有所降低,但在勘查地球化学中这种降低对实际勘查指标(如异常衬度的计算)影响不大,因而认为平行提取总的来说可取代顺序提取,这就使选择提取大大简化。

在优化选择提取分析的部分提取条件中,在提取选择性满足要求的前提下,以缩短提取时间为优化目标,通过正交试验和单纯形优化,优化了提取温度、试剂浓度、样品称重,溶液酸度,使提取时间缩短且提取完全。

正交试验是常用的条件优化试验,其原理是规则几何图形中有些点位之间的相当性类似于对称性,反映正交表中为试验水平数码的“搭配均衡性”,这次确定每个条件的水平为三个,则有1、2、3三个水平数码,正交试验的依据是正交表,正交表是已编制好的规格化表,按正交表的提取条件组合,通过少数几次试验,就可求得提取条件的最佳水平组合,这次试验以前人经验的提取条件为基准,将其放大或缩小,再取得二个水平,这样共计三个水平,

(下转366页)