

04498

煤田地质勘探干部技术知识丛书

构造地质

吴得辰 编著



煤炭工业出版社

煤田地质勘探干部技术知识丛书

构造地质

吴得辰 编著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书比较深入浅出地介绍了地质构造的概念、研究意义及研究方法,介绍了各类地质构造的形成过程、主要特征及表示方法。此外,还简要介绍了地质力学及大地构造学说的基本内容。全书共分八章:第一章 形成地质构造的控制因素;第二章 层状岩石的水平产状及单斜产状;第三章 褶皱构造;第四章 断裂构造;第五章 地质构造的图示方法;第六章 地质构造的综合分析;第七章 地质力学及其应用;第八章 大地构造学说简介。

责任编辑:吕代铭

煤田地质勘探干部技术知识丛书

构造地质

吴得辰 编著

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

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787×1092¹/₃₂

印张4⁷/₈插页1

字数105千字

印数1—4,620

1984年1月第1版

1984年1月第1次印刷

书号15035·2599 定价0.65元

出版说明

提高整个煤田地质勘探队伍的技术素质，是关系到煤田地质勘探工作能否适应煤炭工业发展需要，拖不拖新井建设后腿的重大问题之一。整个勘探队伍的技术素质的提高，关键在于勘探部门各级领导干部必须首先实现专业化和知识化。

正是由于这个原因，我们出版这一套《煤田地质勘探干部技术知识丛书》，供煤田地质勘探部门各级领导干部阅读，也可以作为干部技术培训教材，借以满足他们学习专业基础知识和专业技术知识的迫切需求。

编写这套《丛书》力求兼顾广新、浅显易懂，着重介绍一些基本概念、基本原理及工作原则，尽量避免繁复的公式推导及具体的操作方法与步骤。同时增加形象的插图，帮助干部加深理解。

这套《丛书》，拟出矿物岩石、古生物与地层、构造地质、水文地质、煤田地质、钻探技术、物探技术、煤炭资源地质勘探、勘探企业管理、煤田地质勘探新技术等十个分册。

构造地质分册由吴得辰编著，高文泰审校。

目 录

绪论	1
一、构造地质学研究的内容	1
二、构造地质学的研究意义	2
三、构造地质学的研究方法	4
第一章 形成地质构造的控制因素	7
第一节 地壳运动及其类型	7
第二节 应力与变形	9
第三节 岩石的力学性质及其影响因素	14
第四节 变形椭球体简介	17
第五节 岩石变形的产物——地质构造	22
第二章 层状岩石的水平产状及单斜产状	23
第一节 沉积岩层的成层构造	23
第二节 水平产状的岩层	25
第三节 单斜产状的岩层	27
第三章 褶皱构造	39
第一节 褶曲要素	40
第二节 褶曲的分类及其组合类型	42
第三节 褶皱构造的形成	46
第四节 褶皱构造的观察与研究	50
第四章 断裂构造	59
第一节 断层的几何要素	59
第二节 断层的分类及其组合类型	63
第三节 断裂构造的形成	68
第四节 断层的观察与研究	74

第五节 节理与劈理简介	85
第五章 地质构造的图示方法	89
第一节 地形图的简单知识	89
第二节 地形地质图及各类地质构造的表现	91
第三节 地质剖面图	97
第四节 构造等值线图及各类地质构造的表现	99
第六章 地质构造的综合分析	105
第一节 地层的接触关系	106
第二节 一次构造运动形成的构造组合特征	109
第三节 多次构造运动形成的构造叠加和改造	112
第四节 地质构造综合分析的实例	112
第七章 地质力学及其应用	116
第一节 构造形迹力学性质的鉴定	117
第二节 构造体系及其类型	121
第八章 大地构造学说简介	128
第一节 地槽-地台学说及地壳构造发展的多 旋回学说	128
第二节 地洼学说	135
第三节 断裂与断块大地构造学说	137
第四节 地壳的波浪状镶嵌构造学说	141
第五节 板块构造学说	144
参考书目	150

绪 论

一、构造地质学研究的内容

构造地质学是专门研究地壳地质构造的一门学科，也是地质学的一门分支学科。

什么叫地壳地质构造呢？我们知道，世界上一切物质都在不停地运动变化着。地壳也无时无刻不在运动变化，这就是地壳运动。地震、火山活动、海陆变迁等等，都是地壳运动的表现形式。地壳运动还使组成地壳的岩石发生变形，例如使沉积岩层由沉积当时的水平状态或原始倾斜状态变成倾斜状态或弯弯曲曲的褶皱状态，使沉积岩层或岩浆岩、变质岩岩体发生断裂甚而产生相对位移等等。岩层和岩体在地壳运动过程中发生形变后所表现出来的种种形态，就叫地壳地质构造。它是人们认识地壳运动的实际材料，也是研究各种矿床赋存规律的重要依据。

由于我们煤田地质工作者所接触的主要是沉积岩层，因而本书主要介绍有关沉积岩层的地质构造，不涉及岩浆岩和变质岩岩体的构造。

要谈到地壳地质构造，实际上是非常复杂的。大的构造可牵涉到一个大区域甚至全球；小的构造可以存在于一块标本内，有的还要借助显微镜进行观察研究。我们通常把存在于一个勘探区（或矿区）和地表某一露头上（或矿井下一条巷道中）的地质构造分别称为中、小型构造。中、小型构造又是研究更大区域构造的基础。通过对中、小型构造的研

究，可进而分析、归纳和总结出大区域构造的特征。大区域的构造简称为区域地质构造。本书除介绍中、小型构造的内容外，还简要介绍区域构造的内容。

概括地说，构造地质学的主要内容就是研究地质构造的形态特征、形成条件、分布与组合规律、发展演化以及形成地质构造的地壳运动。

二、构造地质学的研究意义

矿产的赋存条件是与地质构造密切相关的。例如，岩浆金属矿产往往沿着岩层的裂隙带或断裂带分布发育，有的则分布在褶曲岩层的虚脱部分；石油和天然气常分布在穹窿或短轴背斜的顶部或具有圈闭条件的断裂之中。层状金属、非金属矿床以及煤系、煤层，则更受地质构造的直接控制。

煤层常存在于一定层位的沉积岩层中，当沉积岩层发生褶皱以至断裂时，煤层也会随着发生变形，并有可能使其局部厚度发生变化。因此，煤田地质工作者需要通过各种手段了解地质构造的形态特征及分布与组合规律，分析其形成条件，从而了解煤层的赋存情况。

在地层出露良好而地质构造甚为复杂的地区可以看到，煤层不但被挤压得弯弯曲曲，而且还被多条断层所切割，从而变得支离破碎。要把支离分割的同一煤层加以编联，就需要细致地查明地质构造的形态及其组合规律。我们现今所见的地质构造，往往是多次地壳运动的产物，因此就需要研究不同时期地壳运动对地质构造的形成所施加的影响，从而“层层剥皮”，将不同时期形成的地质构造形态、方向及其组合规律区分开来。例如，我国湖南涟邵、郴耒等煤田及广东、江西、浙江、苏南、皖南等某些煤田的地质构造就很复杂（图1）。

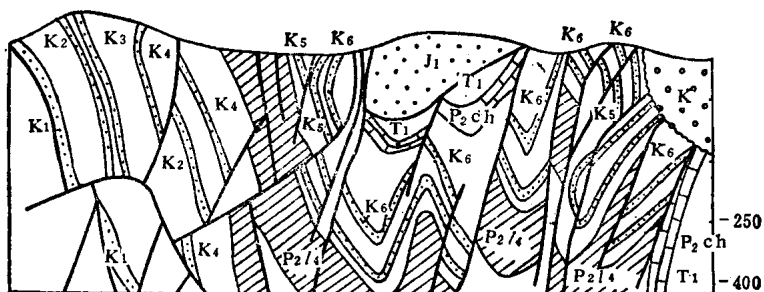


图 1 粤北某煤矿区剖面图 (据广东202煤田地质队)

K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 、 K_5 、 K_6 —晚二叠世煤系中的标志层
 P_2ch 、 T_1 、 J_1 、 K —煤系的上覆岩系

在我国北方的某些煤田，像鲁西、太行山东麓及燕山南麓的一些煤田，煤层深埋于地下，上面被第四纪沉积层所覆盖，只有通过采用物探、钻探等各种技术手段，才能了解地下煤层的赋存情况，这样就必须根据零星的地质资料，运用有关地质构造发生、发展规律的理论来指导地质勘探工程的施工，并用施工后所获得的资料进一步验证上述理论的可靠性和正确性。如此不断修正和丰富已有的理论，才能确切地了解地下煤层赋存情况 (图 2)。

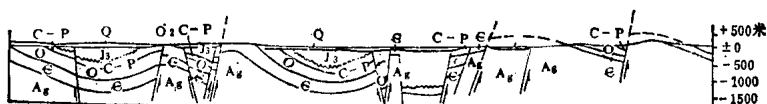


图 2 山东西部煤田剖面图 (据山东煤田地质勘探公司)

$C-P$ —煤系； Q —煤系的上覆岩系； $Ag \cdot \epsilon \cdot O$ —煤系的基底

此外，在煤田地质勘探工作中，研究地质构造还有利于查明煤质、水文地质条件、瓦斯和地质构造的关系，从而提

供煤的利用和开采技术条件方面的依据。

三、构造地质学的研究方法

在煤田地质普查和勘探工作中，构造地质学是对地下情况侦察、研究的学科，实践性很强。其研究方法和步骤可大体归纳如下：

1. 野外观察。首先在野外仔细观察各种地质构造现象，收集丰富的第一性资料。无论对区域性构造或邻近矿区地质构造的资料都应注意搜集。在此基础上，通过地质制图，用文字描述和各种图件把所观察到的各种地质构造特征反映出来。

在露头良好地区进行地表观察当然比较理想，会收到较好的效果，但在交通不便或露头被表土掩盖的地区就比较困难了，这样就要加强对卫星摄影照片和航空摄影照片的判译，在大大扩充了观察地表构造视域和深度的基础上，就有可能解译所要了解地区地质构造的大致特点。同时，再用钻探、坑探及地球物理勘探等技术手段加以配合，就能了解地下隐伏构造的情况。

2. 采集标本，进行室内研究。在野外观察中，应注意采集有特殊意义的标本，并标明标本的采集方向和构造部位，送到实验室用岩组学方法研究岩石中矿物定向排列的情况；用显微镜观察变形构造的细节；借助应力矿物推求出应力性质，推断出应力场的分布状况，以合理解释岩层褶皱和断裂之间的成因关系。近年来，用电子显微镜研究岩石的微观结构，使人们对地质构造的观察深入到了更微细的领域，从而大大丰富了对构造变形微观方面的观察内容。

3. 综合分析工作。岩层变形所形成的各种地质构造，是在地下复杂条件下（高温、高压等）和漫长的地质历史过程

中由地壳运动所引起的。我们在室内不可能再造地质历史中地壳运动引起岩层变形的全过程，而只能根据现今存在的变形结果，结合岩石的物理力学性质，分析推断当时各点的受力状况，进而推测区域受力状况及地壳运动的性质和特点。

因此，在获得了大量第一性资料及有关实验成果后，不能只罗列现象和堆砌资料，而必须进行综合分析，并上升到理性认识阶段。既然地质构造是岩层在地壳运动过程中受了力的作用而产生的，那么我们就应用力学原理，结合对岩石力学性质及岩石变形环境的分析，来鉴定形成各种地质构造的力学性质，分析它们的形成方式及空间展布特点，了解各种地质构造间的内在联系，得出区域构造的分布规律及其所反映的地壳运动性质等。这是研究地质构造的重要方面。

4. 模拟实验和计算。为了更科学地进行论证和推理，还要辅以各种模拟实验和计算，如常用的泥巴实验和光弹实验等。

简单地说，泥巴实验就是用粘土等做试料，通过一定的受力方式，在特设的边界条件下使其发生变形，以观察其发生的构造变形的特点、应力与变形之间的关系，并用来与自然界的地质构造进行类比，借以探讨它们的发生、发展与分布规律和它们所反映的力的作用方式和方向。光弹实验是采用某些透明的弹性固体材料（如环氧树脂、酚醛塑料等），按其在应力作用下的暂时双折射性能来确定其中的应力分布，包括主应力的方向和大小。

当然，室内的模拟实验不可能完全模拟出自然界地质构造现象的发生和发展情况。因为，自然界的地质构造现象是在规模巨大的、漫长的地质历史中形成的。不过，模拟方法在实际研究中仍能起到某些启示作用。

最后，要把上述各方面资料进行综合分析，以构成一幅地质构造形成、发展和演化的完整图象，得到规律性的认识和有关地壳运动方式的结论，并用以指导煤田地质普查和勘探工作。通过实践可进一步检验这些认识的正确性。

本书作为干部读物，主要是概括地介绍构造地质学的基本知识和基本理论，以及对地质构造的一般地质研究方法。

第一章 形成地质构造的控制因素

地质构造是地壳运动中岩石变形的产物，但岩石本身的物理力学性质及所处的环境同样也影响着地质构造的形态及其发生和发展。所以，我们在研究地质构造时，除应注意在野外对地质构造形态进行仔细的观察和描述外，还必须研究地壳运动所引起的地应力的活动规律和岩石的变形特征，这样才能分析各种地质构造的发生、发展及其组合规律，为煤田地质普查和勘探工作提供地质构造的科学依据。所以，在没有讨论地质构造形态特征之前，有必要先简要介绍形成地质构造的控制因素，包括岩石本身的物理力学性质及外力对岩石变形所施加的影响。

第一节 地壳运动及其类型

地壳就是地球最外层的薄壳，如同煮熟了的鸡蛋最外边的硬壳。地壳是不停地在运动着，不过人们不易察觉罢了。诸如地震、火山爆发及热水、热汽的溢出等，往往给人们留下地壳运动的深刻印象。事实上，缓慢而长期的地壳运动经常地在进行着，例如喜马拉雅山自第三纪以来，平均都在以0.05厘米/年的速度持续上升，尽管在1862~1932年的七十年间，其上升的平均速度已增为1.82厘米/年，但这种速度仍是极其缓慢的。再如我国一条纵贯山东郯城及安徽庐江的断裂，从白垩纪以来近一亿年的时间内，其两侧的相对水平错

动已达150~200公里，最大达350公里，这种速度若按年计算也仍然是很缓慢的。

对地壳运动的看法，目前存在着不同的认识，其分歧点在于地壳运动的主导究竟是垂直运动还是水平运动的问题。对地壳运动的起源及动力来源问题，各家也有不同的学说。地壳运动的方向包括水平运动和升降运动两种类型，二者常交替出现。

一、水平运动

指平行于地表（即沿地球切线方向）的地壳运动，用地理方向（东、南、西、北）来表明其运动方向。例如，南北向的水平挤压常造成东西向的褶皱山系。水平方向的运动人们不易观察，常用大地三角测量方法来查明，例如据测定，1966年3月8日和3月22日邢台地震时地表产生的裂隙，其两侧的水平错动距离1至7厘米不等；1973年2月6日四川甘孜地区地震产生的多条裂隙中，有一条主裂隙断续延伸50公里以上，其两侧水平错动最大为3.6米，一般为数十厘米。水平运动的主要表现是使岩层发生挤压褶皱和断裂，并使地表起伏加大。

二、升降运动

指垂直于地表（即沿地球半径方向）的运动。表现为上升或下降的运动，造成地壳的隆起或拗陷。升降运动现象比较容易识别，第三纪以来地貌和地物的变迁现象，就表明这种地壳运动的存在。例如，我国旅大附近、山东荣城、福建漳州和广东雷州半岛等地的古海滩，都已高出现代海面40~80米；广州东南七星岗有海浪破坏痕迹，而现在已远离海边数十公里；据研究，我国舟山群岛、台湾岛和海南岛在第四纪早期都是与大陆相连的，后来由于台湾海峡地区地壳下

沉,才使它们与大陆分开成为岛屿。升降运动控制着沉积岩或沉积物的厚度和岩相的变化,也可造成岩层的褶皱和断裂。

水平运动和升降运动是密切相关的,在某一时期和某一地点可能以水平运动为主,而升降运动则退居次要地位或不明显;相反,也可能以升降运动为主,而水平运动则退居次要地位或不明显,它们在时间上和空间上往往是交替出现的。

第二节 应力与变形

一、外力、内力与应力

外部施加于物体的力称为外力,而物体内部各部分之间相互作用的力称为内力。例如,施力于某一岩石上,则岩石内部就要产生抵抗力以抵抗外部施加的力或是使岩石发生变形的力,那么外部施加的力即为外力,而岩石内部的抵抗力即为内力。

外力和内力是矛盾的对立统一,可以相互转化。如在地壳运动中,一部分岩石推挤另一部分岩石,对整个地壳而言,都是内力。对被挤压的岩石来说,那么来自另一部分岩石的挤压力就是外力了。

在物体受到外力作用时,物体内部相应地要产生抵抗外力的内力。物体内部单位截面积(平方厘米)上的内力,叫做应力。应力是内力的量度,应力单位用公斤/厘米²表示:

$$\text{应力} = \frac{\text{内力}}{\text{截面积}} \quad (\text{公斤/厘米}^2)$$

当我们在受外力作用的物体中任选一个截面,使其与作用力的方向成任意角度时,则可根据力的分解法将作用力分解为两个分力,即垂直于截面的垂直分力和顺沿截面的切向

分力。截面单位面积上的合力称为合应力，单位面积上的垂直分力称为直应力（正应力）。

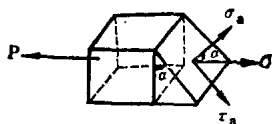


图 3 在斜截面上的应力状况

σ —合应力； σ_n —直应力；
 τ_n —扭应力

直应力可以是挤（压）应力，也可能是拉伸（张）应力。单位面积上的切向分力称为扭（剪）应力（图 3）。

各种地质构造均是岩石变形的产物，而岩石变形主要是由地壳内力的作用所引起的。

因此，从整体来看，地壳内单位面积上的力可称为地应力。研究地质构造时所涉及的应力均指地应力。

上面我们介绍了有关力的一些概念。现将挤（压）应力、拉伸（张）应力和扭（剪）应力间的相互关系归结如下：

1. 最大直应力是作用在与挤压力相垂直的断面上。如在拉伸应力作用的情况下，在垂直于拉伸应力的断面上，拉伸应力最大。

2. 最大扭应力是作用在与挤（压）应力成 45° 角的斜面上，而且最大扭应力值为最大直应力的一半。

3. 直应力和扭应力间不仅在大小上存在上述关系，而且在方位上也存在一定关系。

直应力包括挤压应力和拉伸应力，它们在方位上是相互垂直的。即当物体在一个方向受到挤压应力作用时，相当于在其垂直方向上受到拉伸应力的作用，同时也相当于在物体内部不同方向的截面上，受到不同大小的扭应力的作用，而且以在 45° 方向的截面上扭应力最大（图 4a）。

如果物体的两侧受到扭应力作用时，则相当于在其 45° 的方向上分别受到拉伸应力和挤压应力的作用，其关系见图 4b。

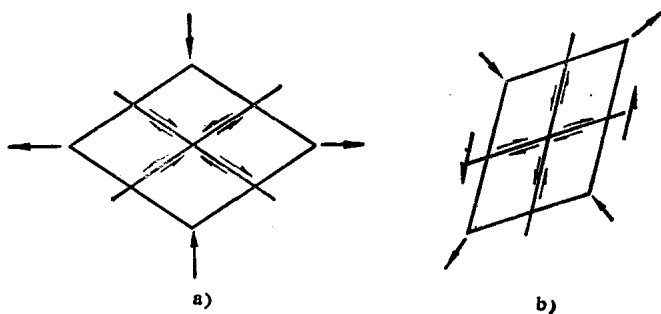


图 4 直应力和扭应力图解

a—直应力，b—扭应力

上面讲的是物体仅在一个方向上受到应力作用的情况，至于在两个相互垂直方向甚至在三个相互垂直方向上受到应力作用的情况就更为复杂了。不过在对地质构造现象的分析中，在只判断某一个方向的主应力作用的情况下，通常都按照上面归结的简单应力关系来分析。

二、岩石变形的分析

物体受了外力作用后，必然引起内力的变化，使物体内部质点之间发生相互位置的改变，如发生分离、聚集或位移，从而造成物体形状或体积发生变化，这就叫变形。组成地壳的岩石，由于受地应力的作用，几乎都发生了变形。这种变形，往往既有形状的变化，又有体积的变化。

岩石变形的方式随外力作用的形式而有所不同，基本分为五种：

1. 拉伸(引张)变形：指由沿岩石轴线方向的一对反向拉力作用所引起的变形。可使岩石内部质点距离被拉长，即使岩石沿轴线方向伸长(图5a)。