

地质学教程

DIZHIXUE JIAOCHENG

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本書系根据1959年修訂的矿区开采专业地質学教学大綱编写的。全書以地質学中动力地質学为綱，系統地闡述了内外力地質作用，矿物学、岩石学、地史学及构造地質学等学科的基本內容；是采矿人員应具备的地質学方面的基本知識。通过学习，讀者能認識一般地質現象，鑑定常見的矿物与岩石及具有閱讀分析一般地質图件的能力。

本書可作为高等工业院校采矿专业、矿井建設专业及矿山測量专业的地質学試用教材，亦可供煤炭工业基本建設及采矿技術人員的自学参考資料。

編 写： 叶敦和 刘国鈞 於 莊 高文泰 許至平
审 校： 叶敦和 刘国鈞 朱梅丽 於 莊 卓 越
狄乾生 高文泰 許至平 許燎华 張弼飞
黃克兴 錢光謨
总审校： 高文泰

1578

地 質 学 教 程

北京矿业学院煤田地質系編著

*

煤炭工业出版社出版(社址：北京东长安街煤炭工业部)

北京市書刊出版业营业許可証出字第 084 号

煤炭工业出版社印刷厂排印

新华書店科技发行所发行
各地新华書店經售

*

开本 787×1092 毫米 $\frac{1}{16}$ 印张 12 $\frac{3}{4}$ 插頁 16 字數 267,000

1960年8月北京第1版 1960年8月北京第1次印刷

統一書号：15035·1168 印數：0,001—6,000册 定价：1.65元

前 言

中华人民共和国建国十年以来，在党和毛主席的英明领导下，我国的地質和采矿工作和其他各项建設事业一样取得了光輝的成就。特別自1958年大跃进以来，在党的鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社会主义总路綫的光輝照耀下，貫徹执行了全民办地質的群众路綫和土洋結合、两条腿走路的方針，我国的地質与采矿工作出現了一个持續跃进的局面。1959年煤炭产量达到了三亿四千七百八十万吨，1960年党又提出四亿二千五百万吨煤炭产量的宏伟指标。我国的地質与采矿工作将以更快的速度与更大的規模向前发展。随着地質和采矿工作的跃进，培养建設人材的高等教育事业亦以跃进的速度发展起来。1957年全国只有两所矿业学院，1959年全国許多省市相繼成立多所矿业学院。为了适应这种新的形势，根据党的教育方針編出新型采矿专业所需的地質学基础教材，是当前迫切任务之一。

地質学教程是根据矿区开采专业1959年教学大綱編写的，总学时数为80~90学时。其内容包括地質科学中的动力地質学、矿物学、岩石学、地史学及构造地質学等地質基础学科。过去这些学科都是作为独立的課程分別进行講授，学时数較現在要多，三个学期才能学完。由于各个学科自成系統，内容不免前后重复，不能完全适合专业要求。

地質学是采矿专业一門重要的专业基础課。因为一切矿产皆賦存于岩石中，矿产的形成受到地質因素的控制。开采矿产，必先了解当地的地質条件。所以地質与采矿有着密切的关系。为了切合新型采矿专业的要求，在这本教材中，我們本着精簡内容、减少学时、提高教学質量的原則，以动力地質学为綱，系統地介紹了矿物学、岩石学、地史学及构造地質学等方面的知識，并力求系統分明以便于閱讀。

本書屬於地質学的基础課程，在闡明地質理論时以簡明为原則，尽量采用我国的典型实例來說明問題，書中照片与插图亦以我国实例为主。在内容上很多方面吸取了苏联教材的优点，批判地采用了一些資本主义国家的資料。

本書是在中共北京矿业学院党委会地質系总支直接领导下編写的，地質系普通地質、矿岩及煤田地質教研組的部分教师参加了編写及審校工作。由于編審時間比較仓卒，加上我們編審人員水平所限，本書在内容方面缺点与錯誤在所难免，我們恳切地希望使用本教材的同志們积极地提出批評与指正意見，以便再版时修正。

北京矿业学院煤田地質系

1960年4月

目 录

前 言	5
緒 論	5
第一节 地質学的内容和分科	5
第二节 地質学的特点和研究方法	5
第三节 地質学在国民經济建設方面的意义	6
第四节 地質学和采矿的关系	6
第五节 我国地質事业发展概况	7
第一章 地球的一般特点	9
第一节 地球在宇宙中的位置	9
第二节 地球的形状和大小	12
第三节 地球的物理性質	12
第四节 地球的构造	14
第二章 地壳及地質作用的概念	16
第一节 地壳的概念及其物質組成	16
第二节 地質作用的概念	18
第三章 矿物	20
第一节 矿物的定义	20
第二节 矿物的化学成分	20
第三节 矿物的外部形态	21
第四节 矿物的物理性質	24
第五节 矿物的生成、变化及矿物的共生	29
第六节 矿物的应用	29
第七节 矿物的分类、各类矿物的通性及其主要矿物	30
第八节 鑑定矿物的方法	35
附录 矿物各論	37
第一大类 自然元素	37
第二大类 硫化物	37
第三大类 氧化物及氢氧化物	40
第四大类 卤化物	44
第五大类 含氧盐	45
第四章 岩漿作用与岩漿岩	56
第一节 岩漿的概念及其活动类型	56
第二节 岩漿的噴出活动——火山作用	57
第三节 岩漿的侵入活动	61
第四节 岩漿岩	63

第五节 岩浆岩各論	70
第五章 风化作用	76
第一节 风化作用的概念及其分类	76
第二节 物理风化作用	76
第三节 化学风化作用	79
第四节 生物风化作用	80
第五节 风化壳及风化作用有关的矿产	82
第六章 剝蝕作用	84
第一节 剝蝕作用的概念	84
第二节 风的剝蝕作用	85
第三节 河流及其剝蝕作用(侵蝕作用)	87
第四节 地下水及其剝蝕作用	95
第五节 冰川的剝蝕作用与冰蝕地形	104
第六节 湖泊及海洋的剝蝕作用	106
第七节 剝蝕地形的演化規律	108
第七章 搬运作用	111
第一节 搬运作用的概念	111
第二节 搬运作用的分类	112
第三节 联合搬运作用	114
第八章 沉积作用	115
第一节 沉积作用的一般概念	115
第二节 大陆沉积	116
第三节 海洋沉积	121
第四节 沉积分异作用的概念	124
第九章 固結成岩作用及沉积岩	125
第一节 固結成岩作用	125
第二节 沉积岩及其一般特征	125
第三节 沉积岩的分类	129
第四节 碎屑岩	131
第五节 泥質岩(粘土岩)	132
第六节 化学岩及生物化学岩	133
第七节 沉积岩的岩相	137
第十章 变質作用与变質岩	138
第一节 变質作用的概念	138
第二节 变質作用的因素	139
第三节 变質作用的类型	140
第四节 变質岩	142
附录 岩石小結	144
第十一章 地壳运动与地震	149
第一节 地壳运动及其結果	149

第二节	地震及其灾害的防范	151
第十二章	地史学	155
第一节	地史学的基本概念	155
第二节	前古生代	159
第三节	古生代	161
第四节	中生代	167
第五节	新生代	171
第六节	小结	173
第十三章	构造地质和地质图	175
第一节	岩层及其露头	175
第二节	水平岩层	176
第三节	倾斜岩层	178
第四节	褶皱变动	181
第五节	节理	187
第六节	断层	189
第七节	地层的接触关系	193
第八节	地壳上大地构造区的基本类型	194
第九节	地质读图	196
结束语		198

緒 論

第一节 地質学的内容和分科

地質学是研究地球的，但主要是研究地壳的一門科学。地質学研究地壳的物質組成与构造，地壳演变的历史及地球上生物演化的历史，以及地壳演变过程中的普遍規律。因此地質学研究的范围是非常广泛的，随着生产发展的需要，地質学逐渐发展起来并分出一系列独立的分科。主要有以下几門。

矿物学 主要研究矿物的化学成分、物理性質、成因和用途。

岩石学 主要研究岩石中的矿物成分及其組合規律，岩石形成的原因和岩石的分类，以及岩石与矿产的关系。

矿床学 地質学最終目的是为了找矿，矿床学主要研究各种矿产的成因、物質成分及其分类，各种矿产的地質条件和分布規律。

构造地質学 研究地壳的地質构造，即地壳內岩石的各种产状，推究其形成的原因和彼此間的关系。

地史学 研究地壳发展的历史，如海陆的变迁，生物的演化……等。

除此之外，还有古生物学、水文地質学、工程地質学、找矿勘探、矿井地質学等。本教程主要是将地質学中基础分科如动力地質学、矿物学、岩石学、地史学、构造地質学等方面的基础知识作系統而概括的介紹。

第二节 地質学的特点和研究方法

地質学和其它科学一样，是以辯証唯物主义作为研究的指导思想。

地質学的研究对象具有以下特点：

時間性 地球及地壳的发展經過了漫长的世紀，多数地質变化往往要經過长期的地質历史（如数百万年甚至数千万年）才能完成，随着時間的推移，地球的历史在不可逆的向前发展着。因此，对于地質現象必須用辯証的观点来观察与研究。

区域性 各地区的地質发展史各不相同，例如我国华北和华南，秦岭和太行山，由于地質经历不同，地質現象就有很大区别。

复杂性 地球是一个非常复杂的物体，它拥有巨大的空間；地壳上的地質現象往往要經過极其复杂的变化过程；引起变化的条件与因素，不但复杂，而且規模无比庞大。

因此，对于这門科学，企图完全按研究物理学、化学等科学的方法主要在实验室内，用实验方法来解决地質学上的問題，是不可想象的。因为实验室内无法考虑到自然界那么复杂的情况，也不可能有足够的時間，所获得的結論亦不能适用于所有的地区。这就决定地質学必須以到自然界观察为主，把大自然当实验室进行研究。例如，我們不

可能用人工方法在实验室内造出一座火山，要研究火山活动就必须到自然界去观察当代火山喷发情况，再根据火山活动的遗迹，辩证地判断地球上过去火山活动的情况。必要时再在实验室内做模仿试验以求验证。

因此，地质科学的研究方法，必须充分考虑这些特点。根据这些特点地质学采用下述研究方法：

1. 野外观察：在生产实践中获得大量资料，加以整理和分析，综合出若干规律，然后用这些规律指导生产实践，并根据新的事实再丰富或修正理论，如此反复地循序渐进，以达到更深刻、更确切、更完善地反映客观事物的本质。这是地质学最基本的研究方法。

2. 实验的比拟法：在实验室内要模仿自然界演化之复杂性、长时间性和区域性虽然存在着许多困难，不能完全实现相似的条件，但随科学的发展，实验方法的采用必将逐渐广阔起来。如目前制造人造矿物和岩石，这对了解自然界矿物岩石的形成和在岩石中矿产分布的规律起到很大作用。

3. “将今论古”的推论法：研究地史时采用此法，它是凭借对现代各种地质现象的观察和了解做为基础，再根据地壳中过去地质作用的遗迹，辩证地判断过去地壳发展变化的情况。

第三节 地质学在国民经济建设方面的意义

地质学和其它科学一样，与生产实际有密切的关系。地质工作者的首要任务是用最短的时间和最少的经费，大量地、有效地找出和探明我国社会主义工业化所需要的各种矿产资源。因为矿产资源的勘探进度，资料供应的保证程度，是合理分布生产力，建立新工业基地，正确规定工业计划的先决条件。所以人们称地质工作者为工业建设的尖兵。

地质工作和各项工程建设同样有着密切的关系。如公路、铁路路线的勘测，桥梁、隧道、运河的修建，河流的治理，水库、水坝、水电站、重大厂房及矿井的建设等等，首先要考虑地基问题，故须根据地质构造、岩石性质以及第四纪地质研究才能选定建筑的位置。因此地质工作又是重大工程建设的侦察兵。

第四节 地质学和采矿的关系

地质学是从采矿工作的实践中发展起来，反过来地质理论又指导矿产的寻找与开采。故地质与采矿两门科学的关系是很密切的。埋藏在地下的矿体，要多快好省地把它开采出来，就必须充分掌握矿产形成的地质条件、矿体的几何形态等。矿区的范围是按地质条件决定的，地质情况不同，采矿的方法亦不同。因此，在进行采矿以前都必须进行周密的地质研究。采矿工作者根据地质勘探所提出的地质报告和图件进行采矿设计。此外在采矿过程中亦会遇到一系列地质问题，如煤层突然变薄或消失，地下水突然涌出等。若不了解地质就无法解决这些问题，尤其在中小型矿上，那里可能没有地质人员，这些问题就需要采矿人员来解决，所以地质是采矿的眼睛。地质课程对采矿专业人员来说是一门必备的基础知识。

第五节 我国地质事业发展概况

恩格斯说过，科学的兴起与发展，从开始便是由生产所决定。我国是世界上文明发达最早的国家之一，中国将近五千年有文字可考的历史。在这悠久的历史上，我国对矿产的利用和开采是很早的。地质工作随着生产力的发展而发展起来，但仍未经过系统的整理，现在约略把它分为古代、近代和解放后三个阶段来介绍。

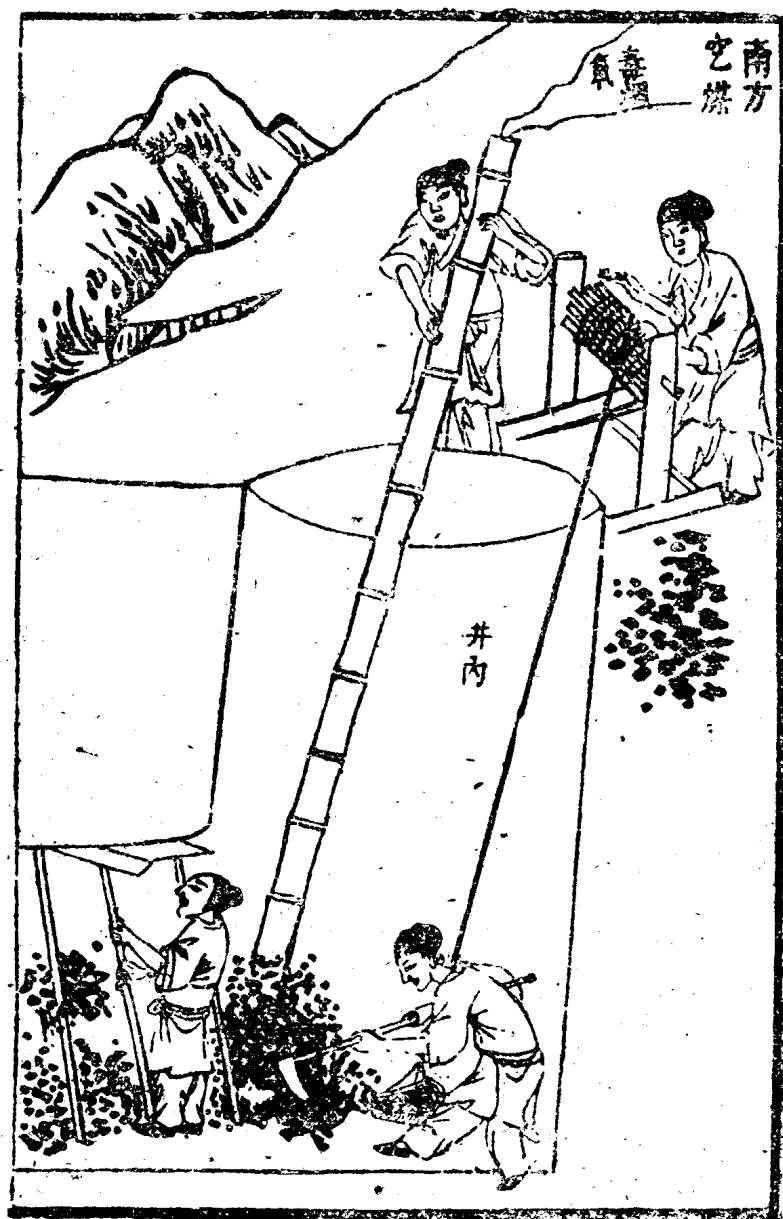
我国古代（1840年鸦片战争以前）不论在矿产的认识和利用或地质学原理的阐明方面，都有光辉的成就及卓越的见解，并走在世界各国地质学历史的前面。我国是世界上最早用铜、铁、煤、石油的国家之一，远在公元前十五世纪的高代就已进入青铜器时代。公元前五世纪春秋战国时代就已开始用煤和铁了。地质学原理的叙述方面，也出现许多卓越的学者，如沈括、朱熹等。他们对岩石、山脉等的形成都有精辟的分析。但由于长期封建主义的束缚，这些成就没有得到应有的发展。

近代（从鸦片战争到全国解放前）是地质科学在中国发展的时期。帝国主义的侵入，对中国封建社会起了解体的作用。现代工业的初步发展促使地质事业也发展起来。1912年在南京农商部矿务司下成立了地质科，章鸿钊就是这个地质机构的创始人。以后在全国许多省份逐渐成立地质机构，培养地质人材，开展地质调查，取得了一定的成就。如李四光教授等的著作都得到国际上相当高的评价。但在解放前的反动统治时期，地质事业不被重视，发展很慢，并且也脱离生产，因而不可避免地带有半封建半殖民地的色彩。

解放以后，在中国共产党的领导下，地质事业的面貌起了根本变化，党和政府把地质工作提到工业建设的先行地位。1952年成立了地质部领导全国地质工作；随后又成立了各省地质局，并建立了我国地质教育工作和科学技术工作机构网，大力普及地质科学，为国家培养了大批的地质人材，进行许多研究工作，取得辉煌成就。

中央提出全民办地质的号召后，广大人民破除了地质工作的神秘观点，掀起了一个万马奔腾的找矿运动。他们以“向地球宣战，要高山献宝”的豪迈气概上山找矿。真是采宝心坚，不怕山高路远，因而能在短短几个月内，就找到十六万个矿点。解放以来，由于党的英明领导、苏联和其他兄弟国家的援助，全国人民的努力，地质事业得到了飞跃的发展，十年内发现与探明大量矿产。我国多种矿产已探明的储量均占世界前列。事实证明，我国不仅地大而且物博，真是“遍山遍地尽是宝，长眠万年今方晓；如今工业大跃进，采得宝山眉眼笑”。

在伟大的二十世纪六十年代里，在党的领导下，我国地质事业随着技术革新、技术革命运动的深入开展将会有更大的跃进，为国家工业化提供更多的矿产资源，为建设社会主义及共产主义做出更出色的贡献。



我國古代采煤技術

第一章 地球的一般特点

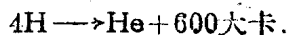
第一节 地球在宇宙中的位置

地质学的研究对象——地球，是宇宙间亿万颗星体之一，它不是孤立存在的，我们不能脱离周围的环境来研究地球，这里将引用天文学上的成就，简略地介绍一下地球以外的情况。

一、太阳系的构造

人们曾经相信地球是宇宙万物的中心；日、月、星辰都围绕地球旋转。现在，科学已经无可辩驳地证明了地球是太阳系的一个成员，它和许多行星、彗星、流星一起，围绕太阳旋转，组成一个太阳系。太阳系是由下列天体组成的：

1. 太阳 占太阳系总质量的98%，距地球1.5亿公里，光从太阳到地球，要经过8分15秒。太阳的直径比地球的大109倍；质量比地球大33.3万倍。太阳是一团炽热的气体，表面温度6000°C，内核估计达两千万度。太阳每时每刻散发出巨大的能量。其表面每平方厘米发出的能量可使62盏一百瓦的灯泡发光。太阳辐射出的全部能量，只有二十二亿分之一到达地球上，就是地表生物活动的能源。太阳的能量是由热核子反应产生的：



由于这一反应，太阳每分钟要失去2.4亿吨质量，即太阳的 15×10^{15} 分之一。

太阳并非静止的，它也以逆时针方向绕轴自转；因为它不是固体，所以两极和赤道的旋转周期不同。赤道25日一周，两极需34日。除自转外，太阳还和整个太阳系一起，在太空中运行。

2. 行星 太阳系有九大行星（见表I-1），地球就是其中的一个，它们都是借太阳的照耀而反光的。行星除绕轴自转外，各沿一个椭圆形的轨道，围绕太阳运转，太阳在其轨道的一个焦点上。这些椭圆都压缩得不厉害，而且几乎都在太阳的赤道平面上（天王星例外），水星距日最近为5800万公里，冥王星距日最远为60亿公里。

3. 卫星 多数行星都有卫星，木星最多，有12个，地球只有一个，就是月亮，卫星绕轴自转，所以运动很复杂。值得注意的是：太阳、行星、多数卫星的旋转方向都是逆

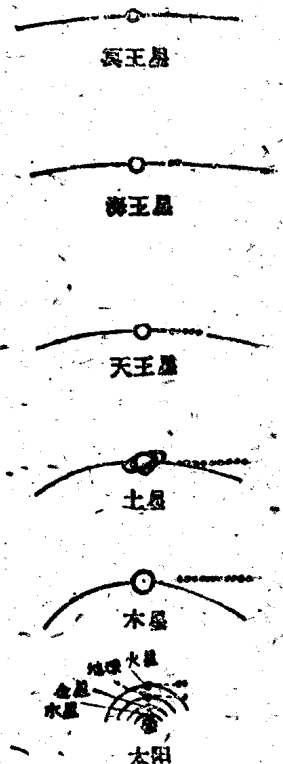


图 1-1 行星与太阳的距离和它们的相对大小，太阳较原比例小10000倍，行星旁边标着它们的卫星。

对針的。只有几个卫星是以順时針的方向繞行星旋轉(称为逆行)。

茲將太阳及各大行星的主要特征列表如下:

太阳及各大行星的主要特征

表 1-1

名称	距日平均距离		赤道直径		密度	質量	大气	自轉周期	公轉周期	卫星数	其他
	百万公里	天文单位	公里	地球为1	水=1	地球=1	气		年		
太阳	—	—	1391000	109.1	1.4	333400	—	25日	—	0	
水星	57.8	0.387	4800	0.38	5.5	0.074	无	27日23时6分	0.24	0	
金星	108.1	0.723	12200	0.96	5.1	0.814	有	30日?	0.62	0	
地球	149.5	1.00	12757	1.00	5.52	1.00	有	23时56分	1	1	
火星	227.8	1.524	6700	0.52	4.1	0.108	有	24时37分	1.88	2	
木星	777.8	5.203	142000	10.97	1.35	318.4	有NH ₃ , CH ₄	9时56分	11.60	12	第8、9、11、12逆行
土星	1426.8	9.538	120000	9.4	0.72	95.2	同上	10时14分	29.46	9	另有一光环, 土卫九逆行
天王星	2869.1	19.19	48000	3.8	1.56	14.5	有CH ₄	10时48分	84.02	5	天王星及其五个卫星都反常运行
海王星	4495.7	30.07	43000	3.4	2.47	17.2	有CH ₄	15时48分	164.78	2	
冥王星	5899.1	39.458	5000	0.46	2?	0.03?	?	?	250	?	

月亮是地球的卫星, 它自轉的周期和繞地球运行的周期是一样的, 因而永远以一个面朝着地球, 月亮的背面从来沒有人看見过。随着科学的昌明, 人类开始把自己的活动范围扩展到宇宙中去, 流传人类社会几千年的太空之謎, 被精湛的科学所探明。1957年以来, 伟大的苏联連續发射了三顆人造地球卫星, 两顆宇宙火箭, 并于1959年10月4日发射了第一个宇宙行星际站, 繞过月球, 成功地拍摄了月球背面的照片(照片I-1, I-2) 这是苏联科学家的卓越贡献。

4. 小行星 太阳系中主要在火星与木星之間, 还有一群小行星, 它們亦都以橢圓軌道繞太阳旋轉, 但是軌道要扁些。小行星的形状不規則, 大小悬殊, 最大的一个, 长軸780公里; 一般仅数十公里。

5. 彗星 是一种奇异的星体, 它是由冻结状态的气体如甲烷、氨、碳酸气等組成。由于太阳光的光压作用, 而形成长达几万万公里的彗尾来, 因此, 彗星的体积很大, 甚至超过太阳, 但其密度很小, 所以質量也微不足道。有时彗尾扫过某个行星, 甚至看不出它对行星的运动有什么牵动。彗星也是太阳系的成員, 它們沿一个拉长的橢圓軌道, 繞太阳环行。我国历史上关于彗星出沒的記載非常丰富, 根据这种記載能証明彗星的运动周期, 预测彗星的出现。

6. 流星 是以每秒13—70公里飞入地球大气中的天体碎块。由于与大气的磨擦而燃烧发光, 多数流星在落到地面之前已熔成灰烬, 但也有一部分落到地面, 这就是隕石。每昼夜落到地球上的大流星約有7500万个, 总重达十万吨。

太阳和圍繞它運轉的这許多星体組成了太阳系, 其直径为120亿公里。所有这些星都无例外地不断運轉。而整个太阳系又作为銀河系的一部分, 参加銀河系的運轉。現已得知太阳在銀河系中以每秒250公里的速度在週轉, 周期約为1.8亿年。

二、銀河系

銀河系是一个庞大的星团，其中有千亿多顆象太阳一样的“恒星”，以及一些星云和其它星际物質。

1. 恒星 晴朗的夜晚，我們能看見滿天星斗，这些星星的相对位置似乎是不变的。例如北斗七星多少年来都成勺状，而北极星又和它前沿的两顆星在一条直线上等等。因此，人們称之为“恒星”，实际上恒星也在迅速轉动着。只是距我們太远，不易察觉罢了。現已証明十萬年前和十萬年后北斗的形状都不是現在这个样子(图1-2)。恒星都会发光发热，太阳就是距我們最近的一顆恒星。在已知的所有恒星中，太阳是很小的一顆，也是比較暗的一顆。例如已知最大的恒星直径比太阳大2000倍，已知最亮的星比太阳亮20000倍，表面最高溫度可高达30000°C(图1-3)。

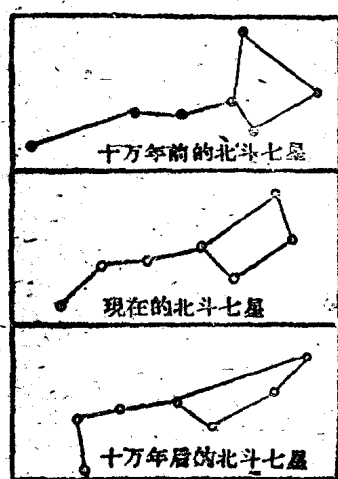


图 1-2 北斗七星

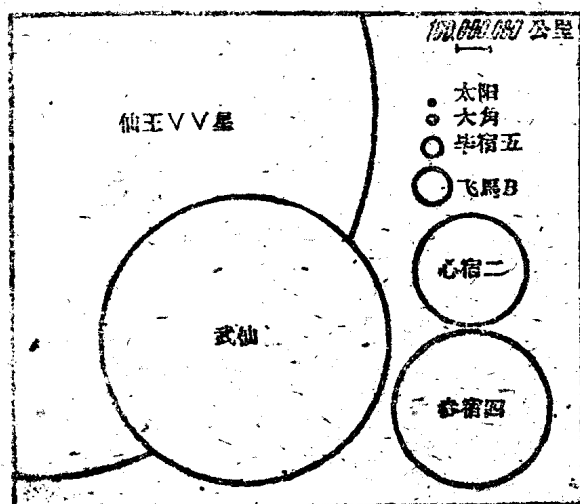


图 1-3 太陽和其他恒星的相对大小

2. 其他 在銀河系中还有許多其他物質，如由气体和尘埃組成的星云。这些星云的附近若有发光很強的恒星存在，常能放出微弱的螢光。

在銀河系之外，天文学家发现数百万个类似的銀河系，其中也有恒星、恒星周围的行星及发光或不发光的星云等。由于我們在銀河系內，所以看不見銀河系的全貌。据天文学家們推断，銀河系的星体密集的部分象一个双凸的透鏡，向四外逐渐变得稀疏而沒有明显边界。平面上看則象一个旋渦，直径有十萬光年，太阳距其中心約 23500 光年。

三、宇 宙

随着科学的进步，人們能制造越来越強大的望遠鏡，人类的眼界也就日益扩大，能見到更远的天体。这就証实整个宇宙是沒有尽头，沒有边界的。宇宙中的天体都在不断地运动和演化着。一部分衰老下去，而新的又不断地发生着。所以宇宙不論在空間上或時間上都是无尽的。战国时，我国有个学者曾写道：“天地四方曰宇，古往今来曰宙”，很恰当地概括了宇宙的概念。

在宇宙中，地球真是滄海一粟，十分渺小，然而它是宇宙的一個成員，它是我們的家園。我們研究地球就在于要從這裡出發去征服宇宙。1957年10月社會主義革命40周年的前夕，蘇聯發射人造地球衛星的成勳，開始了人類征服宇宙的新紀元，從而也將大大促進我們對地球的研究。

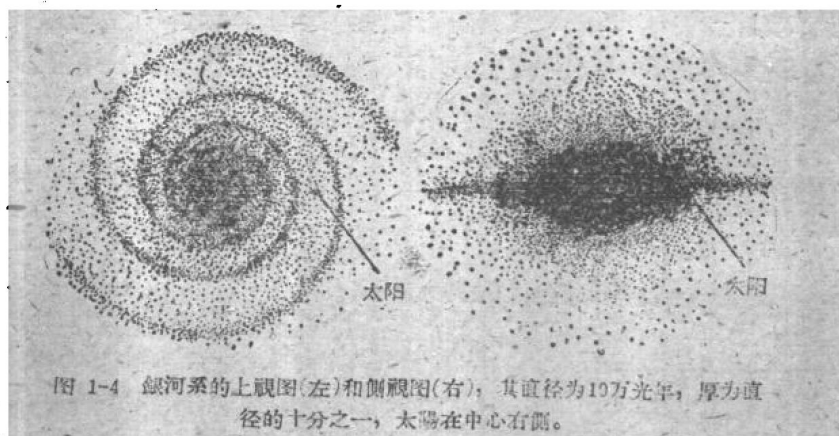


圖 1-4 銀河系的上視圖(左)和側視圖(右)，其直徑為10萬光年，厚為直徑的十分之一，太陽在中心右側。

第二節 地球的形狀和大小

以往人們認為天圓地方。而隨着科學文化的發展，人們知道大地是個球體，後來又証實地球是一個兩極略為壓扁的橢球體。1958年蘇聯發射人造衛星以來，又証明了地球的北半球較南半球更為凸出。蘇聯測地學家克拉索夫斯基1940年發表的關於地球大小的數據，也經証明是正確的。這些數字是：

赤道半徑 $a=6378.2$ 公里；

極半徑 $b=6356.9$ 公里；

平均半徑 $r=6371.2$ 公里；

扁率 $\left(\frac{a-b}{a}\right)=\frac{1}{298.3}$ ；

表面積 510 000,000 平方公里；

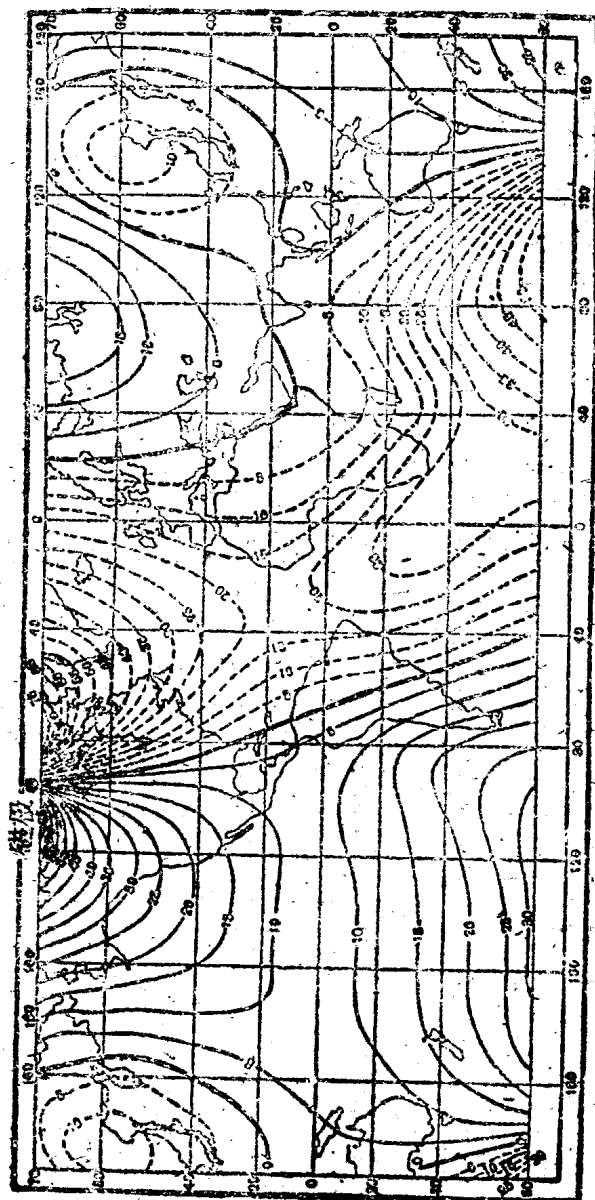
體積 $\frac{3}{4}\pi r^3=1.033320\times 10^{12}$ 立方公里。

第三節 地球的物理性質

地球最重要的物理特性有如下幾種：

1. 地球的密度和重力：地球的平均密度是5.52，而地表的岩石，密度約在2.6~2.8之間，可見地球內部必然有密度大於5.52的物質。地球物理學的資料表明，地內是由密度為11或更大的物質組成的。

地球的萬有引力就是重力。地表各地的重力並不相等，海拔不同時，重力會變化，已為人們所熟知。此外，還有因緯度不同而發生的變化。兩極半徑較短，引力較大；同時，由地球自轉產生的地表切綫速度從兩極到赤道逐漸增大，所以赤道的物體所受的離心力



世界海平面图 5-15 图

較大，離心力抵消了一部分地球的萬有引力，因而赤道的重力更小了。一般情況下，赤道地帶重力小於兩極約5%。

除了這種有規律的增減之外，在某些地區，由於地下埋藏著密度特殊的岩石或礦產，會引起局部地區的“重力異常”。根據這個原理，我們可以用精密的重力測量來幫助尋找礦體。我國在實際勘探鐵礦時，就曾應用這種方法。

2. 地磁：早在二千多年前我們的祖先就發現了地磁，將一根磁針水平地支撐起來，使它自由轉動，它就會在近於南北的方向上停止下來。仔細地測量證明，磁針靜止時並不正是地理上南北的方向，而與地理子午綫有一個夾角，這個角就稱磁偏角。世界各地的磁偏角不一樣。早在11世紀我國學者沈括（1030~1090）就已經指出：漢口一帶東偏 2° ，沿海為 4° 。連接磁偏角相等的各地，就成為等磁偏綫圖（圖1-5）。從這幅圖上可以看出，在北緯 $70^{\circ}53'$ 、西經 $96^{\circ}43'3''$ 和南緯 $75^{\circ}6'$ 、東經 $154^{\circ}8'$ 處各有一個聚合點，這就是地磁的南北極。地磁造成了地球表面的磁場，地磁磁場的方向和強度有時會因為外來的干擾而發生區域性的變化，主要是由於地下磁性礦體的存在而引起的。

3. 地熱：地球內部是熱的，自地表往下，溫度逐漸升高。地表熱源主要得自太陽，地面上同一地區得到太陽的輻射熱量因晝夜、季節而變化，所以地面溫度有周期性的變化。北京氣溫最高近 40°C ，最低可達 -20°C ，相差近 60°C 。從地面往下，影響逐漸減弱，一年中最高與最低溫度的差就逐漸減小。到了一定深度，一般在地下十五米左右的地方，太陽熱的影響消失了，溫度終年不變，這一層稱常溫層。北京常溫層約在地下12~14米。常溫層的溫度大體與當地地面年平均溫度相同。從常溫層再往深處去，溫度隨深度增加，增加的比率稱地熱增溫率，一般約每百米增高 3°C ，世界各地互有出入，如日本越後增溫 1°C ，只需22.9米，而美國格勒士巴勒却需104.1米。由於地熱，使深埋地下的礦產目前還不能採掘。例如美國科木托斯克金礦，采到3600米，井下溫度高達 42.2°C ，人已無法在這樣高溫下工作，雖然含金豐富，只好放棄。一般煤礦埋藏深於1800米時，目前是不計入國家礦產儲量的。

近年來蘇聯開始對地下熱源加以利用，用來取暖、發電。我國亦有條件發展這一事業。

地熱增溫率隨深度增加而遞減，目前的資料證明，認為地心只有 $3000^{\circ}\sim 5000^{\circ}\text{C}$ 。而現在所知，那裡的壓力很高，所以一般相信地球內部是固體。高速旋轉的地球赤道部分僅僅向外突出了不到 $1/800$ ，亦有力地支持了這一結論。

關於地熱的來源，還是一個沒有解決的問題，大多數人相信是放射性元素蛻變產生的。

第四節 地球的構造

前面已經講過，地球不是均質體，它是由若干個同心圈層和一個核心組成的。外面的幾個圈是我們可以直接觀察的，常被稱為外圈；而地球內部各圈則還沒有能揭露過，稱之為內圈。關於內圈現在只能根據地震等方面的資料作出判斷。從最外圈開始，地球可分為下列各圈層：

1. 大氣圈 是地球最外面的一層，它的下界就是地面。向上氣體漸趨稀薄，逐漸過

渡为宇宙空间。通常认为大气圈外界的高度在800~1000公里的高空。大气圈从下往上,是由三个不同物理状态的分层组成的(图1-6),即:

a)对流层 平均高度为地面以上10公里,大气的70~75%集中在这层里。风云雨雪等气象现象都产生在这一层里。对流层的特点是空气发生上下与水平的流动。空气所以发生上下对流是由于空气不能直接从阳光中吸收热量,只有经过晒烫的地面烘烤,温度才会升高,这就使地表气温高于上空,大约每上升100米,降低0.5~0.6°C。由于地表水份不同,植物多少不一,所以各地温度不同,热空气上升,附近冷空气流过来递补,就发生对流,而生风。水蒸气参加了对流,由于它遇冷凝聚,于是出现了云、雾、雨、雪。地表发生的各种自然变化常是这些气象直接或间接的结果。

b)平流层在对流层之上,直到80公里的高空,这一层空气只作水平流动,故称平流层。这里空气稀薄,氢含量的百分比略有增加,没有水汽,无云、无雨。在这里航行是最平稳的了。

c)电离层在距地面80公里以上的高空,空气非常稀薄,在太阳和其它星体辐射射线的影响下,成为带电荷的离子,故称电离层。

大气圈保护了地面生物不受强烈的宇宙射线的伤害和流星的撞击。如前所述,每天有十万吨陨石落到地球上,由于大气的摩擦,大多燃烧成为灰烬,否则人们将频繁地见到大块的陨石落在周围了。

2.水圈 地表71%为海水所复,陆地上也广布湖泊、河流,而在地下还有地下水与海水相连。因此水圈也是一个连续的圈层,复盖着地球表面。水圈里的水在太阳能的驱使下,不断地在循环,对地表面貌的改变,起重要的作用。

3.生物圈 在地表附近,分布着大量的有生命物质,征服地球的人类、空中的鸟和水里的鱼都属于这一圈。甚至在岩石中也有各种的细菌。生物圈和地壳一起演化着,彼此影响,互相联系。

4.岩石圈 是地球最外面第一个固体圈层。只有它的表层,人们可以直接观察。这一圈属于内圈或外圈,常有不同意见。这一圈是由以硅酸盐类为主要成分的岩石组成,所以称岩石圈。岩石圈从地面往下达到1200公里的深度,又由成分不同的三个分层组成的:

a)花岗岩层 主要分布在大陆上,一般厚20公里,在一些大山脉底下,厚度可达50公里,好象是个“山根”,而在太平洋底部则没有,因此是一个不完整的圈层。成分近似花岗岩,故名。由于富含氧化硅和氧化铝,故称为硅铝层。

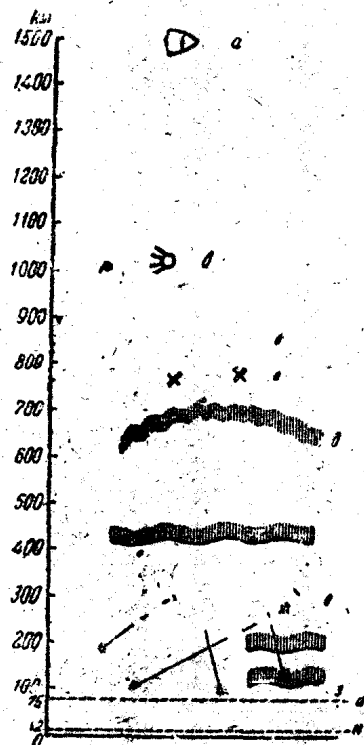


图 1-6 大气圈的垂直剖面

a—苏联第二颗人造地球卫星轨道高度;
b—苏联第一颗人造地球卫星轨道高度;
c—人造卫星显著减速区; d—人造卫星失效区;
e—照像观察到的极光; f—肉眼观察到的极光;
g—降落的星体; h—(80—120公里)——大气氧区;
i—曙光界线; j—云的界限。