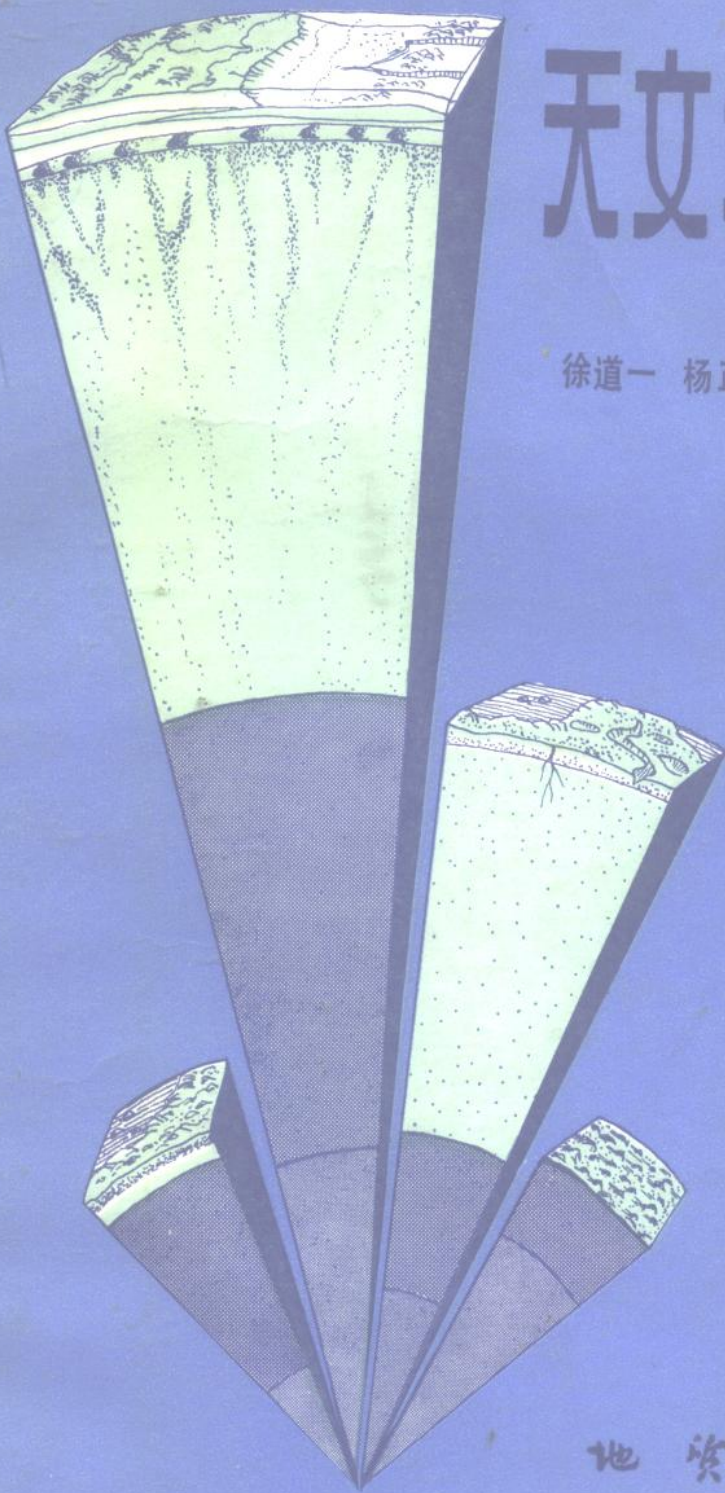


天文地质学概论

徐道一 杨正 张勤文 孙亦因 编著



地质出版社

P5-05
XDY

天文地质学概论

徐道一 杨正宗 编著
张勤文 孙亦因

地质出版社

内 容 提 要

本书较为全面地和系统地论述了天文地质学一些基本问题。作者通过大量资料和地质实例探讨了银河系、超新星、太阳、小行星、彗星、宇宙线、地球公转轨道要素、地球自转和月球等天文因素的变化与地层、古生物、沉积、古气候、构造运动、岩浆活动、地磁极性和石油、煤、铁等矿产形成等地质过程的可能联系。本书涉及地质学中一些基本问题的成因，涉及地质科学大部分领域，可供从事地质生产、科研人员及大专院校师生和天文工作者参考。

天文地质学概论

徐道一 杨正宗 编著
张勤文 孙亦因

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：刘海阔

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆·印张：18³/₈·字数：425,000
1983年10月北京第一版·1983年10月北京第一次印刷

印数：1—6,246册 定价：3.10元

统一书号：15038·新968

序

古希腊的一些学者往往既通晓天文学、数学，又研究物理学、生命科学和地球科学。这种趋势在文艺复兴初期还占重要位置。自然科学之迅速发展，促使自然科学家“专业化”，而且随着时间之推移，自然科学的内容越分越细，“专业化”也越来越“专”。首先出现天文学、数学、物理学、化学、地球科学和生命科学的分工，也就是人们一般称呼的“数理化天地生”。随后，在地球科学方面又再分为地质学（狭义的）、矿物学、岩石学、矿床学、古生物学、地层学等等。由于自然科学的互相渗透，而产生了許多边缘学科，如地球物理学、地球化学、生物地层学、……。自然科学之进一步发展，内容日新月异，但是由于个人的精力有限，因而学科不得不再细分。例如古生物学再分为无脊椎古生物学、脊椎古生物学、微体古生物学。而且实际上在无脊椎古生物学方面又出现三叶虫专家、珊瑚专家、腕足类专家、……。这种趋势如果继续发展下去，必将产生一种危险，那就是对于一个重大的自然现象只依靠一两个分支学科专家来进行研究，将像瞎子摸象一般，得不到正确的解释和结论。因此，近来的趋势是组织许多分支学科的专家对某一重大问题进行集体讨论或联合攻关。国际上举行的无数次的科学讨论会（symposium），其目的就是在于动员各种专家，使用不同方法、不同观点、不同理论来解决一个重大问题。最近出现的地球岩石圈计划也体现了这种精神。另一方面，我们又要求一位科学家把自己培养成既专又博的高级研究人员，就是说他对某一学科要有很深的造诣，而对各种有关学科也有比较广泛的了解，这无疑在今后自然科学界发展的一个重要方向。在我国，例如在地质学方面，这样的专家还很少。老一辈地质学家对此已无能为力，我们寄希望于中青年，特别是青年地质学家。

地质科学近来有一个可喜的趋势，几个重大的一级边缘学科，特别是地球物理学和地球化学，已得到应有的重视，而较小的边缘学科，如地震地质学、古地磁学、生物地球化学等，也有一部分人专心研讨。特别是像数学地质学这样一个一级边缘学科已经开始发展起来。但是另一个重大的一级边缘学科，地质学和天文学的边缘学科，天文地质学，还没有引起人们的注意，更不用说得到重视了。现在徐道一、杨正宗、张勤文、孙亦因同志收集、整理了大量有关天文地质学方面的资料和论著，写成了四十余万字的“天文地质学概论”，对一些天文地质学中的重大问题，如银河系运动与宇观地质现象、超新星的爆发与地质灾变、太阳系天体对地球的影响等问题作了系统的介绍，并提出了自己的看法。这样的工作在我国还是第一次，是很有意义的。我谨向地质科学界和其他各门有关科学的读者推荐这一新著。

最近几年国际地质科学工作者的一个热门科研方向是“新灾变论”的提出。不少人利用这一理论来解释白垩纪末恐龙的突然灭绝。在白垩纪和第三纪的厚度约几厘米的过渡地层中，发现了微量元素铀的特高异常值，表示这种元素来自陨落的天体（彗星或大型陨星），而地球上许多冲击坑的发现，说明这种天体曾经撞击地球；因此人们把恐龙之灭绝和天体陨落与冲击坑直接联系起来是有道理的。我国有非常好的白垩纪、第三纪连续地

层剖面，对这一问题的解决可以直接发挥作用。最近美国联邦地质局吴景祯博士指出，湖南早寒武世的石煤经专家分析，确定其含铀异常值特别高，这是否是陨星撞击地球的结果？冲击坑在世界各地、特别在前寒武纪地台区已经找到很多，在我国境内也应该找而且相信可以找到。我举出这些例子是想说明天文地质学研究在我国确有现实意义。此外，造山运动、大陆冰期、古生物演化的多旋迴性，正如书中所指出，可能和太阳系、银河系的运行密切相关；这些大问题都值得从中国的实际材料出发进行探讨。从这些方面看，本书之出版是值得我们欢迎的。

黄 汉 清

1982年9月17日于北京

前言

“天文地质学”一词至今对于许多地质工作者来说还是比较陌生的。实际上，在当代科学技术发展的推动下，天文学与地质学这两大古老的基础学科，正在相互渗透着。一门崭新的边缘性学科——“天文地质学”已经问世。

顾名思义，天文地质学是从天文学角度来研究地质学许多有关问题的一门边缘学科。从天文学的角度来看，地球是作为一颗普通行星存在于宇宙间亿万个天体之中的。地球的形成与演化规律和其它一些类型的天体具有着许多共性。当然，地球自身的演变，也是在与其它天体相互影响、相互制约的宇宙环境中进行的。从广泛的意义上来说，天文学所观测研究的一些“类地天体”，也可以当做地质体看待。现代地质学的发展，已经突破了纯粹的“就地球论地质”的经典地质学的研究阶段，推进到了对于地球和宇宙间其它类地天体局部细节及其相互之间关系方面的研究时期。这一动向，反映出了在当前地质学研究中正在发生的意义深刻的变化。

越来越多的事实表明，在地球岩石和其它地质采样中，记录了许多可以反映出地质历史时期的天文过程的信息。它们不仅包括了有关地球在宇宙空间中运动状态的历史记录，而且也记录了太阳、太阳系和银河系等天体和天体体系的本身演变及其对地球影响的历史过程。由此可见，地外宇宙因素对于地球本体的影响和作用确实是存在的，是一个不可忽视的重要方面。

迄今为止，天文地质学所讨论的内容，还仅散见于一些刊物中，尚缺乏系统的阐述。本书的目的就在于试图弥补这一缺陷，对于这门新兴的边缘学科作一系统的概述。书中尽可能地归纳了当前天文地质学研究的主要内容，其中也包括了作者自己的一些观点。除了对一些最基本的事实、资料、论点和主要学说等方面进行分析、综合和阐述外，还介绍了一些正在探讨中的课题。这样做的目的，不仅为了给广大地质工作者及其它领域中的感兴趣的读者提供一本系统阐述天文地质学的引导性的入门读物，而且使读者能够直接接触到当前这一研究领域中正正在热烈讨论的一些课题。本书后面列出的参考文献，可供读者进一步研究和查证之用。

天文地质学作为一门新兴的边缘学科，与地质学领域中其它同级的学科相比较，目前还是比较薄弱的的一个分支。我们相信，随着宇航探测和测试技术进展将会有更多的地质工作者关心天文地质学的发展、重视影响地质现象的各种天文因素的研究；并在他们解决地质学的各类研究课题时，取得丰硕的成果。天文学与地质学这两大古老学科的结合必将有力地推动这两门学科自身的发展，使其达到一个新水平。

本书是在徐道一、杨正宗、张勤文和孙亦因四人共同讨论的基础上进行编写的，杨正宗写了第一章至第六章中的天文及其有关部分，张勤文写了第七章全章和第八章部分内容，孙亦因写了第五章陨石与古生物灭绝及第六章中的古生物钟部分，其它部分都是由徐道一执笔的。作者对全书各章进行过多次修改和补充。本书编写开始阶段，尹赞勋教授给予了热情的支持。本书完稿后，又承黄汲清教授提出了宝贵意见，并在百忙中为本书写了序

言。马杏垣教授、王绶琯教授都曾给予关心和指导。作者所在单位的领导和有关人员都曾给予大力支持和帮助。本书成稿后，北京天文台付研究员蒋世仰、太阳研究室主任史忠先分别审阅了第三章、第四章原稿，北京天文馆副研究员马星垣、张元东审阅了第二、四、五、六章原稿，并提出了宝贵意见。本书绝大部分图件都由地质科学院地质研究所绘图组同志清绘。对以上同志，我们在此表示衷心感谢。

最后，由于作者学识有限，书中涉及天文、地质各方面问题又十分广泛，因此难免有疏漏错谬之处，敬希批评指正。

目 录

序

前 言

第一章 绪论	1
第一节 天文地质学产生的背景	1
一、天文学的特点及其现代发展	1
二、当前地质学发展的几个特点	5
第二节 天文地质学的定义、任务和研究方法	7
一、定义	7
二、任务	8
三、研究方法	8
第三节 天文地质学发展简史	9
一、第一阶段：1957 年以前	10
二、第二阶段：1957—1974 年	11
三、第三阶段：1975 年至今	13
第四节 宇宙圈与地质学研究领域的划分	16
一、宇宙圈概念的提出	16
二、研究领域的划分	16
三、宇宙地质学与其它学科的关系	17
第二章 银河系运动与宇观地质现象	19
第一节 银河系的结构与运动	19
一、银河系的结构	20
二、银河系的运动	23
三、太阳系在银河系中的运动	24
四、星际气体、尘埃、磁场和银河宇宙线	27
第二节 银河年的 G 值变化与地质变动	29
一、 G 值随时间和空间的变化	29
二、 G 值在银河年中的变化	30
三、 G 值变化与地质现象的对应	32
四、银河系旋臂与地质过程的周期特征	35
第三节 银河年与大冰期的重复出现	36
一、 G 值（向银心力）曲线与冰期	37
二、银道面物质分布与冰期形成	38
三、银河系旋臂与冰期	41
第四节 银河系与古生物发展	43
一、宇宙空间中的有机物质	43
二、 G 值变化与古生物演变	46
三、动、植物门类的灭绝和演化	46

第五节 银河系与古地磁场长期变化	48
一、银河年与古地磁极性长期变化	50
二、古地磁极性变化原因的探讨	50
第六节 太阳系在银道面两侧往返运动与相应的地质旋迴	52
第三章 超新星爆发与地质灾变	56
第一节 超新星的基本特征	56
一、超新星的发现和证认	57
二、超新星的爆发特性	58
三、超新星爆发的频率	65
第二节 超新星对地球影响的可能性	66
一、太阳系附近出现超新星的可能性	66
二、地球上可能接收到的超新星爆发的能量	67
三、太阳系附近超新星爆发对地球的可能影响	67
第三节 超新星爆发在地质记录中的反映	69
一、树木 ¹⁴ C含量的变化	69
二、南极冰硝酸根离子含量的变化	71
三、第四纪晚期沉积物有机质含量的变化	72
四、岩石和陨石中同位素的异常	74
第四节 超新星与地质灾变假说	75
一、古生物灭绝与超新星爆发	75
二、超新星诱发太阳系起源假说	78
第四章 太阳活动与日地关系	80
第一节 太阳结构和太阳活动	80
一、光球与太阳黑子	82
二、色球与耀斑	83
三、日冕和太阳风	84
四、太阳磁场	85
第二节 太阳的长期变化	87
一、几亿至几十亿年尺度的变化	87
二、几百万至几千万年尺度的变化	93
三、几百年至几千年尺度的变化	94
第三节 太阳活动与大气	97
一、太阳辐射与大气	97
二、太阳活动与气候变化	99
三、耀斑与臭氧层	102
第四节 太阳活动与生物	103
一、臭氧层变化对生物的影响	105
二、耀斑与古生物灭绝	106
第五节 太阳活动与层理纹泥周期	109
一、现代沉积中的层理和纹泥	109
二、地质时代的层理和纹泥	110

第六节 太阳活动与现代构造变动	116
一、11年与22年周期在地震活动中的反映	116
二、地震的昼夜周期和季节周期	118
第五章 太阳系天体及其对地球的影响	120
第一节 太阳系天体概况	120
一、行星概况	121
二、小天体概况	124
三、行星际粒子概况	131
第二节 小行星冲击地球的效应	132
一、小行星与太阳系一些天体的关系	132
二、某些小行星冲击地球的可能性	132
三、小行星冲击地球的直接效应	135
四、小行星冲击地球引起的地质后果	139
第三节 彗星与地球上的灾变现象	142
一、彗星与地球上的生命	142
二、彗星与地质历史时期中的生物灭绝	144
三、彗星与地震	145
第四节 陨石与地球	149
一、玻璃陨石与地球光环	149
二、陨石与地震	151
第六章 地球旋转与月球对地球的作用	153
第一节 地球与月球的运动	153
一、作为行星的地球	153
二、地球最近的星体——月球	154
三、地月系	156
第二节 地球轨道要素的变化与古气候的变迁	158
一、米兰科维奇假说	158
二、深海沉积研究提供的新证据	161
三、黄土沉积反映的地球轨道要素变化	167
四、 ϵ 的长期变化	169
第三节 地球自转速度变化与地球形变	174
一、地球自转产生的主应力分布	175
二、地球自转速度变化与地质构造体系	178
三、地球自转长期变化与在银河系中运动的可能联系	181
四、地球自转速度变化与地震	182
第四节 地球自转与古生物钟	185
一、生物生长节律和天文条件的关系	186
二、古生物记录与地球古自转的演化	188
三、月地距离变化及其地质效应	194
第七章 月球、行星与地球的地质发展的比较	196
第一节 月球与地球的地质发展的比较	196

一、月球与地球表层特征的比较	197
二、月球与地球内部结构的比较	199
三、月球与地球演化历史的比较	199
第二节 行星、其它小天体与地球的地质发展的比较	200
一、行星与地球表层特征的比较	200
二、行星断裂和地球断裂系统的比较	204
三、行星和地球内部结构的比较	210
四、行星与地球演化史的比较	211
五、陨石分析在研究地质发展史中的意义	212
第三节 从星球比较角度分析地球地质历史的发展	213
一、地球的一些基本特征	213
二、地球地质发展简史	214
第八章 有关地质理论的几个基本问题	216
第一节 地质旋迴和天文周期	216
一、地质旋迴的普遍性	216
二、地质旋迴的多级性	220
三、全球性地质旋迴	221
四、地质历史中的基本旋迴——大地构造旋迴	224
五、各种地质周期性现象的相关性	227
六、地质旋迴形成的根本原因	229
第二节 古气候变化与大冰期的宇宙成因假说	231
一、冰期	232
二、古气候变化	234
第三节 古生物演化的天文背景	238
一、生物的诞生和发展	238
二、古生物的灭绝	243
第四节 地质学中的新灾变假说	248
一、地质学历史发展过程中的灾变论与均变论	248
二、新灾变假说所根据的主要事实	249
三、新灾变假说的重要意义	250
第五节 宇地关系探讨	252
一、宇地关系的几个模式	252
二、宇地关系的几个假说	254
结束语	257
参考文献	258

第一章 绪 论

地质学是研究地球自形成以来在漫长的历史时期内发生的地质过程的一门基础学科。它包括的内容十分广泛,诸如地质时期海、陆的分布(古地理)、气候的变迁(古气候)、生物的发生、繁衍和灭绝(古生物)、地层褶皱和断裂的发生及其变化、矿物和岩石的物质组分,矿产资源的分布和预测以及地球的物质结构和组成等。在地质学研究的早期阶段,人们只是根据在地球上所熟悉的自然现象,来阐述地球在地质历史时期内所发生变化的过程。这种以地球为基点的研究方法,在地质学发展历史中曾经起过积极的作用。然而,当前越来越多的事实表明,许多地质学的基本问题,如果仅限于从地球本身的因素来考虑,是很难得到全面而正确的答案的。这就直接影响到地质学的进一步深入发展。将地质学与天文学结合起来进行研究,有可能在较大范围内对一些长期未能解决的难题,给出较为正确的解答。

第一节 天文地质学产生的背景

现代科学技术的发展推动着传统地质学的前进,使它正面临着一次新的飞跃。

首先是现代科学在物质世界两个极端尺度领域的深入研究,使自然科学取得了迅速的发展。物理学在物质微观世界的探索,已深入到基本粒子领域,并在向更小的微观层次“夸克”进一步深入。微观的基本粒子反应过程和各种宏观现象(天体演化、地质过程等)之间是有密切联系的。另一方面,人类正在向宇宙空间进行着深入的探测,一些形形色色的奇异天体“闯入”了人们的视野,这就使得地球上人类的眼界顿然开阔。目前,人类对于宇宙的认识已大为改观。

现代科学发展的另一个趋势是各基础学科之间的相互渗透,促成了各学科之间的横向联系,形成了许多边缘学科,打开了局限于某一学科的狭隘视野。在各学科分支越分越细的情况下,从科学研究方法论的角度看,提出了应进行最大限度地综合研究的新要求。

综上所述,现代科学技术发展趋势具有纵向深入和横向联系的特点。这对地质学发展亦有深刻影响,它促使地质学研究进行更细致的分析和更全面的综合。天文地质学就是在这一总的发展趋势下,成为地质学深入发展的必然产物的。

一、天文学的特点及其现代发展

在自然科学的各大分支中,天文学具有着最悠久的发展历史。天文学的产生,可以追溯到远古的游牧时代。早在人类文化萌芽的早期阶段,人们为了生活和生产实践的需要,开始利用日、月、星辰来测定时间,季节和判别方向,于是便产生了史前时代的天文学。由于天文学具有着极其漫长的发展历史,留传至今的古代天文记录,就显得十分珍贵。在我国古代浩瀚的史料中,保存了许多古天文记录。它不仅具有重要的历史价值,其中有些在今天仍具有一定的科学意义,这些记录在天文地质学研究中也有一定的实用价值。

天文学是研究天体的科学。它所研究的对象，除地球及外空陨落到地球上的陨石外，都位于遥远的空间，这些天体在本世纪六十年代以前，一直是研究者未能触及的。因此，自古以来，研究天文学最根本的方法就是观察测量法。各种类型的观测手段（包括从眼睛到最大口径的现代望远镜）都是用来观察、测量和记录各种天体资料的，据此，对天体所处的状态加以描述。显然，天文学的实际工作方法，还是一种被动的实验科学方法，人们无法像地质学家那样去主动地敲打天体的一块标本（除陨石外），并在实验室条件下采取对天体施加影响的方法，来进行研究。然而，方法本身是可以根据实际情况创造出来的。人的主观意识是具有一定能动性的，人类可以能动地改造现实世界，在现实条件允许的情况下，创造出适宜于自己研究的有效方法。事实上，良好方法的运用，即使是被动的方法，仍然可以取得丰硕成果的。当代天文学所取得的一系列重大发现，就是这种方法所取得成功的例证。当前，随着航天技术的飞速发展，开始改变了天文学研究方法的一贯的被动性。自从1957年，人造卫星上天以后，揭开了天文学研究新方法的序幕。

天文学所研究的天体对象，包括处于不同物质层次的各种类型的天体。例如在太阳系中包括有行星、卫星、小行星、彗星、流星等天体；银河系中则包括有各种类型的恒星（太阳本身就是一颗G2V型恒星）、星云、星团、星际物质；此外，尚有星系、星系团、超星系团，以及六十年代发现的脉冲星、类星体等各种新型的天体。所有这些天体，按其所属的不同类型的物质层次，都分布在极其辽阔的宇宙空间。当代最大的光学望远镜，已经可以观测到100亿光年*的遥远目标。在这个极其辽阔的宇宙空间范围内，可以观测到数以十亿计的像银河系那样庞大的恒星系统（简称星系）。星系本身是数目庞大的恒星集团。我们自己所处的银河系，就是星系这一物质层次的一个普通成员，它拥有一千四百亿颗恒星。人类赖以生存的太阳，又是银河系这些恒星当中的一个普通成员，是太阳系中唯一的一颗恒星天体。太阳系也是一个庞杂的天体家族。已知它拥有九颗大行星、四十余颗卫星、二千多颗小行星以及难以计数的彗星、流星等天体。地球是太阳系中的一颗行星天体。此外，地球还拥有一颗体积较大的卫星——月球。由上可见，天文学所研究的空间范围，是任何学科所不可相比的。在这样一个硕大无朋的物质世界里，包含有极为丰富的物质样品和各种各样的特殊物理条件。其内容之丰富，规模之宏伟，是地球上任何实验室所不能比拟的。如所周知，地质学所研究的唯一对象就是地球——一颗普通的行星天体。显然，天文学对于其它行星的深入研究，将有助于人们对地球的认识；而地质学对地球研究的成果，也将有助于人们对其它行星的了解。

天文学至今已经历过几次阶段性的发展，每产生一次质的突破，都直接关系到人类对宇宙认识的巨大变革，这对于形成人的正确宇宙观和确立科学方法论方面，都起着特别重大的影响。

天文学的一系列伟大成果，证实了宇宙的物质性和物质的统一性。处在各个层次的物质（天体），都是处于永恒的运动、变化之中的。宇宙间的事物都是相互联系而又相互制约着的。各种不同物质层次之间，也是相互联系、相互影响着的。在历史上，居于统治地位达一千二百多年的托勒玫地心说宇宙观，终于为建立在现代自然科学基础上的哥白尼日心说宇宙观所代替，使人类在认识客观世界方面，发生了一次质的飞跃。这一观念上的飞跃，直接

* 光年是天文学中用以度量距离的一种单位，为光传播一年所经过的距离。

影响到了对地球科学的研究。日心说的确立，把地球从居于宇宙中心、为众星所拱的中心地位，推移到了以太阳为中心，地球仅处于由太阳向外数为第三颗行星的地位。地球作为一个行星的概念，终于被确立了。地球作为宏观世界的一个物质层次，既受到所属系统同一层次天体的影响和制约，又受到其它物质层次的影响和作用。考虑到内因和外因之间的关系所具有的相对性，从现代科学研究的观点出发，去探讨地球的地质运动和变化规律时，就必须在着眼于地球本身因素的同时，也着眼于地外因素。显然，把地球作为太阳系一颗普通行星的地位来研究的时候，则太阳系范围的地外因素，就成为内部因素了。天文地质学在研究某些地质现象时，通常都同样重视这两种因素的作用和影响。

天文学既然是以认识宇宙为主题的一门科学，观测天体便是它的基本科学实践活动。在天文学的研究中，理论与实践两方面的研究是相互促进的。因此，天文学也总是沿着从观测实践上升到理论，然后从理论的预测，再回到观测实践中来检验的一般认识规律在发展着。

直到本世纪中叶，人类对于除地球以外所有天体的了解，都是通过对从天体辐射来的可见光观测所取得的。这是由于光学波段的电磁波，可以穿越地球的大气层，而为人的肉眼直接接收。五十年代以来，天文观测技术有了重大的发展。首先是一系列的各种射电望远镜的出现，打开了地球大气层所允许透过的射电波段的天窗，取得了许多重大的天文发现。对天文学有重大影响的六十年代四大发现，就是其中的一部分成果。在此期间，从1957年人造卫星上天开始的航天探测，开创了地外天文观测的新纪元。这种观测彻底摆脱了由于地球大气形成的天然屏障，从而开始了对于地球大气不透明的、x射线、 γ 射线、紫外线、红外线等各个非可见光波段的天文观测。现在能进行天文观测的电磁波段，已经扩展到从波长 10^{-14} 米到波长100米的极其宽广的范围。一门崭新的全波天文学已经诞生（图 1.1）。它为我们提供出一幅丰富多采、宏伟壮观的宇宙图景。天文学家们使用了各种强有力的新式观

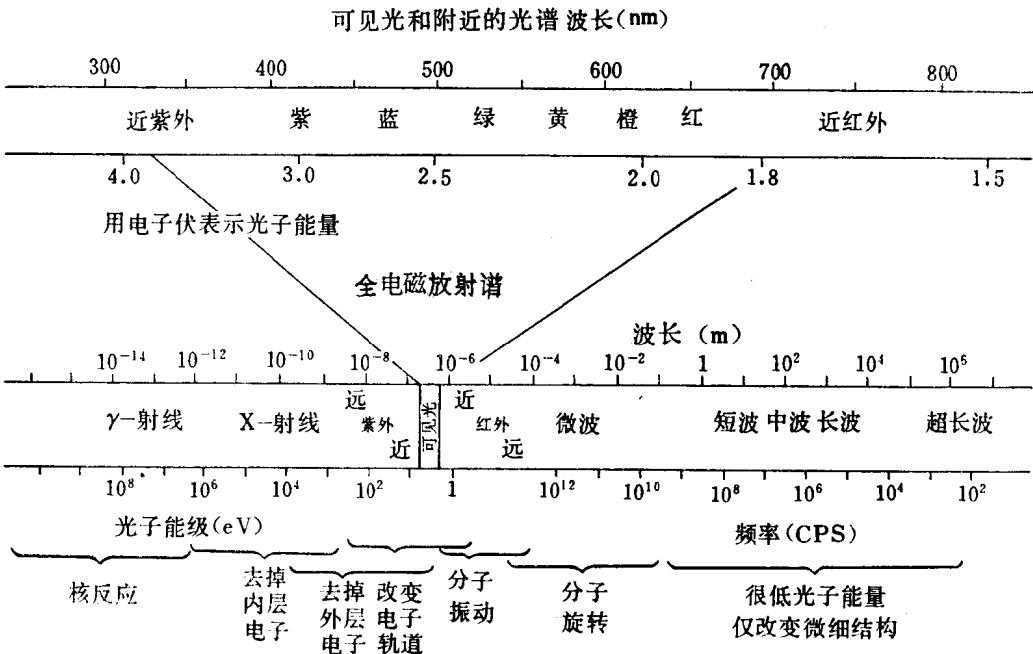


图 1.1 电磁波的分类(Kandel, 1980)

测仪器，作出了许多新奇的发现。目前正在深入探讨它们的性质。

所谓六十年代四大天文发现，包括有类星体、脉冲星、星际有机分子以及宇宙微波辐射等内容。类星体是一种完全新型的天体，它的发现标志着现代天文学观测的两种锐利的武器——射电望远镜和大型光学望远镜成功地合作获得的第一项丰硕成果。1960年，天文学家发现有一部分发射很强无线电波的射电源，实际上对应着一种光度暗弱、颜色发蓝的天体。光谱分析的结果更是奇特，这种天体的谱线看来和已经知道的恒星光谱似乎完全不同。1963年，美国天文学家施密特提出，这种天体的奇特谱线不是别的未知新元素发出的，而是氢元素发出的光谱，只不过是向光谱的红端方向大幅度移动后的结果。不久又发现，即使不发射无线电波的天体，也可能具有很大红移的谱线。现在对于这样两种具有大红移的天体，统称为类星体。目前已发现的类星体总数约有一千多颗。现在认为类星体是一种极其遥远的宇宙天体。它以极高的速度远离我们而去。类星体的能量更是大得惊人，很难用一般的能源机制来解释。一颗类星体发射的能量竟然比具有上千亿颗恒星的星系所辐射的能量，还要强一百倍。脉冲星则是另外一种完全新型的天体，它的发现，验证了三十年代的中子星理论模型。脉冲星是属于恒星层次的天体，它具有极其特殊的物理性质。其体积仅及地球的千万分之一（直径约数十公里），但在这种天体上，却具有超高温、超高压、超高密度、超强磁场和超强辐射等极端天体物理条件。脉冲星的发现，对现有恒星演化理论是一个检验，并提供了一个极端物理条件的难得的天然实验室。星际有机分子的发现更是引起了人们普遍的兴趣。早在1937年，天文学家用光学望远镜在星际气体云中发现了几种双原子分子。1969年，首次在星际空间中发现甲醛分子——一种有机分子。截止到1978年为止，已经发现了48种星际分子，它们包括双原子分子、水分子、氰基辛炔、乙醇分子等。这促使人类在探索宇宙空间的生命物质、地外理智生命的道路上跨进了一大步。微波背景辐射的发现，激起了人们探索宇宙演化的热潮。被搁置了数十年的宇宙大爆炸学说似乎从此找到了依据。所谓宇宙大爆炸学说指的是宇宙具有一段从热到冷的演化史，宇宙不断地在膨胀，物质密度从密到稀地进行演化。此一过程相当于规模最大的宇宙爆发。然而以微波背景辐射的发现作为大爆炸学说的证明，为时是过早的。七十年代初，理论家们掀起的“黑洞热”，至今仍吸引着不少天文学家的兴趣。所谓“黑洞”，是广义相对论所预言的一种特殊天体。在一定条件下，恒星物质球体坍缩到一定的半径时，这个球体所发射的任何光线或其它粒子，都不可能逃脱球外，从而形成了黑洞。寻找黑洞，成为当时的一个十分热门的课题，大批的物理工作者蜂拥而至，推测着最有可能找到黑洞的各个观测方向。可惜的是，黑洞至今还没有在实际上得到证实。

对地质学更有现实意义的，要算是太阳系的新发现了。七十年代以来，太阳系天文学进入到一个蓬勃发展的新时期，取得了一系列的突破性成就。1977年发现了天王星环，1978年发现冥王星的卫星，1979年又发现了木星环及其一系列的卫星。航天探测不仅把天文学的观测手段推进到了全波观测的新时代；而且尤其意义深远的，是这种手段至少在太阳系范围内，将天文学从亘古以来的被动观测研究的方法，转变为载人飞船在地外天体上软着陆的实地勘察的主动研究方法。这种主动探测方法，目前虽然只是在月球和少数行星上得以实现，在不久的将来，可望在其它行星上同样实现。与天文地质学密切有关的地球动力学目前已进入到测量精确度为厘米级的研究阶段。由于采用了激光测距仪和射电干涉技术，可以在短时间内监测出地壳形变、板块运动以及研究各种天文因素对地球的各层、各

块、各个地区和各个时间段分别作用的情况。这就加深了对地球力学性质、地质发展过程和地质现象成因的认识。全面而深入地探讨地球作为宇宙中的一个天体，就需要既考虑到地球内部进行的过程，又考虑到地球周围的宇宙环境的影响和作用，这就是天文地质学的重要中心课题之一。

总之，从学科本身的发展历史来看，天文学与地质学都具有各自不同的历程和相对的独立性，在研究方法上，长期不能互相通用。然而，这两大学科的发展并不是孤立的。所有的基础学科之间，都是相互促进，共同发展起来的。近年来天文学突飞猛进的新发展，大大促进了天文学与各有关学科之间的联系，特别是与地质科学之间的有机联系。

二、当前地质学发展的几个特点

近代地质学的发展，主要是根据人们在地表观测到的地象（地球上自然现象的总称）来进行分析和推论地质历史上的事件。这种“将今论古”的方法曾经大大地促进了地质学的发展。在地质工作中已经形成了一个传统方法，即主要着眼于地球上自然现象来推论过去地质发展历史，或者可称为“就地球论地质”的传统方法。

因此，地质工作者往往容易忽略在地球上看不到的，而在宇宙中经常发生的许多过程和作用，容易忽视地球是一个处于运动状态的天体，它经受着宇宙间各种因素影响的这一基本事实。

1. 在地学领域中各种理论大多是把地球当做一个封闭系统的前提下建立起来的。也就是把系统内部各种过程的形成和变化看成与系统外部因素无关的，系统内部过程是独立进行的，完全由系统内部因素来确定的。

但是，事物发展的基本规律告诉我们，自然现象之间的互相联系和互相制约的规律是普遍存在的。从形式上看，直接联系最易为人们接受；间接联系则要经过中间媒介物，通过转化，才能发生联系。在自然界中存在的许多事例表明，通过中间媒介物，把似乎毫无关系的方面联系起来，构成事物间的普遍联系。两种不同的物体，总有某些质的方面是它们所共有的，总是以这种或那种方式联系着的。因此，地球在几十亿年期间，绝不可能与宇宙的发展分割开来，成为一个“封闭系统”。地象的产生和发展决不是孤立的，它与宇宙中各种天体和物质的影响和作用有关。太阳系的演化也不是在一个封闭系统中进行的。在它的演化过程中，都会受到银河系及河外星系的影响。

2. 地质学家在长时期工作中记录和描述了许多现象，积累了大量宝贵的资料，对各个具体的地质问题进行深入细致研究，为地质学奠定了基础。在资料分析和解释中主要应用现实主义原理的观点和进化论的观点。达尔文进化论者认为，生物界的质变是通过逐渐缓慢变化过程来完成的。依据这种观点，自然界存在的许多灾变性地质现象，被认为不是由于突然变化造成的。这种观点在过去很长时期中为地质界许多人所接受。

但是，仅用进化论观点很难解释一些地质上的灾变现象。Резанов (1980) 认为忽视地球历史中的灾变现象是我们时代的一个很大错误。事物的突变是事物发展的一种十分重要的形式。地球上的一些大灾变很可能与天文因素有密切关联；而宇宙中发生的突变和灾变现象已被证实，并已为许多天文学家所接受。

3. 地球科学经历了从早期对地质现象的记录、辨认和分类而进入到中期研究地质作用进行方式的阶段，当前又发展到逐步研究其动力和成因的阶段。这个过程就是由形态学

研究深入到运动学研究,并进一步发展到动力学和成因研究的阶段。

由于现代科学技术的发展,地质研究涉及的空间范围大大地扩展:从大陆扩大到海洋;从局部地区扩展到全球范围;从表层扩展到深部,从而发现了许多新的地质现象和规律。对此仅从地球本身的发展和地球内部的动力来解释这些现象常常会遇到许多困难,因而很多地质学家却回避这些现象的成因问题不谈。

地质学中对许多现象的成因问题研究得不够,这就导致有些人认为地质学主要是观测资料和图件的堆积,没有自己的理论和规律。这是由于地质学对一些基本地质现象(如大冰期、生物大灭绝、长期旋迴等)无法作出令人信服的解释。

过去把地质学当做研究地球发展历史的一门科学,近来已开始重视各种现象的成因问题。如把地质学定义为研究“地球发展历史和成因”的科学。Карогодин(1980)把地质学看成是关于在地质历史中各种地质体的物质成分、内生和外生结构、性质、过程(形成和再形成)、成因、系统和进化的科学。Хитаров(1981)认为地质学应是整体地研究地球的科学。在这些定义里,已经把对地球整体的研究和地质现象的成因问题比较突出地提出来了。在解决上述任务中,地质学必须与天文学紧密结合起来。

4. 传统地质学把影响地质过程的作用分为两大类:内生作用与外生作用。内生作用是指来源于或位于地球内部所进行的地质作用,如岩浆侵入、火山活动、地震等;外生作用是指在地球表面进行的地质作用,如沉积、搬运、风化等作用。多数地质理论把内生作用和外生作用割裂开来,强调内生作用起主导作用。

把内生作用与外生作用完全对立起来的看法是不符合客观实际的。某些物质位于地球内部,表面看来是内生成因的,但实际上却有可能部分是外生成因的。如煤层由于下沉,在地壳深部作为热能来源,但这些热能的原始来源是由太阳提供的。地球内部放射性元素蜕变产生辐射热,被认为是内生作用能源的重要来源。但放射性元素的丰度和形成却是与银河系超新星爆发有关。又如万有引力的大小与地球质量有关,也与太阳和月球等天体质量有关。因此、内生作用与外生作用的区分是相对的,它们的重要性也是相对的,是随着时间、空间和条件的变化而变化的。

在地质学中,对外生作用范围的认识亦有很大局限性,它仅限于地表和大气环境。现在则应广义地来理解环境的涵义,即应包括辽阔的宇宙环境,要考虑到从宇宙中辐射到地球的整个波段的电磁波、高能粒子流及各种天体的影响等。

5. 内因与外因关系问题。外因对事物发展能否起重大作用呢?这需要具体分析,不能一概否定。在一般情况下,外因对于事物的发展过程起加速和延缓作用。但在一定条件下,外因能迅速地通过内因引起事物的质的变化。例如鸡蛋因得适当的温度而变为小鸡;植物的叶子因有阳光通过光合作用而生长。生物界演化本质上取决于环境因素的变化,一定意义上可说生物是环境的产物。因此,在一定条件下,外因对事物的发展变化可起很重要的关键作用。对地震成因研究表明,大地震的成因中,即有地球本身的热能和位能(内因),亦有天体的影响和能量的供给(外因)。这些因素的复杂组合,反映了地震在时间、空间分布的规律性(徐道一等,1980)。这对其它地质过程亦是适宜的。

外因与内因的区分也是相对的,有条件的。在一定条件下,两者又是互相转化的。太阳系中其它天体对地球来说是外因。但是,由于地球是太阳系的一个成员,太阳系又是银河系的一个成员。因而从整体来看,银河系,太阳对地球的影响不能看做是地球的外因。