

DIQIU KEXUE GAILUN

地球科学概论

杨树锋 主 编



浙江大学出版社

地球科学概论

(第二版)

主 编 杨树锋
副 主 编 竺国强 兰玉琦 承继成
 陈汉林 沈晓华

浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

地球科学概论 / 杨树锋主编. —2 版. —杭州: 浙江大学出版社, 2001. 9

ISBN 7-308-02806-2

I. 地... II. 杨... III. 地球科学 IV. P

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 065132 号

主 编 杨树锋

责任编辑 杜玲玲

封面设计 俞亚彤

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 浙江大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 17.25

字 数 442 千

版 次 2001 年 9 月第 2 版 2004 年 7 月第 4 次印刷

印 数 4001—6000

书 号 ISBN 7-308-02806-2/P·005

定 价 26.00 元

再版前言

为了适应高等学校教学改革的新形势,充分发挥综合性大学多学科的优势,扩大学生的知识面,使理、工、医、农、人文、社科各专业的学生树立科学的自然观、辩证观和可持续发展观,提高全面素质,浙江大学地球科学系于1989年秋季开始面向全校各专业学生开设“地球科学概论”选修课。该课程除了讲授地球科学的基本理论、基本知识以外,还结合杭州周围山水的优越环境,辅以野外实地教学,效果良好,深受同学欢迎。经过4年的教学实践,于1992年由兰玉琦、杨树锋、竺国强整理讲稿,编写了《地球科学概论》一书,1993年由浙江大学出版社出版。该书正式出版后,除了浙江大学用作教材外,也被许多兄弟院校选用、参考。我们在教学实践中深深感到在高校设立“地球科学概论”课程的必要性。1996年国家教育委员会地质学教学指导委员会聚会浙江大学,提出了编写《地球科学概论》的倡议。

在十年教学实践的基础上,我们重新修订了第一版的《地球科学概论》,并作了较大的变动。变动之一是在学科体系上,按照固体地球科学和表层地球科学两大部分展开,阐述地球科学各分支学科的基本理论和基本知识。前者主要包含地质科学和固体地球物理学。后者则主要包括地理科学、海洋科学、大气科学和地球系统科学的内容。随着系统科学向各学科的渗透以及信息科学和信息技术的迅猛发展,产生了地球信息科学和地球系统科学两门崭新的分支学科。虽然这两门分支学科目前还不是非常成熟,但却代表了地球科学未来发展的方向。因此在第二版中增加了这部分内容,用相当的篇幅介绍了地球信息科学和地球系统科学的最新研究成果。

此外,在第一版中,以附录的形式介绍了杭州地区野外观察简介,此次修订仍予以保留,因为地球科学是一门实践性很强的科学,在讲授基本理论和基本知识的基础上,辅以少量的野外实习,是很有必要的,这也是本书的特色之一。

本书是集体劳动的结果。全书分上、中、下三篇,共二十一章。其中第一、二、五章和附录由杨树锋和兰玉琦执笔;第三、四、六、七、九章由陈汉林执笔;第八章由竺国强和兰玉琦执笔;第十、十一、十二、十三章由沈晓华执笔;第十四、十五、十

六、十七章由竺国强和沈晓华执笔；第十八、十九、二十、二十一章由承继成和陈汉林执笔。

由于作者水平有限，书中定有疏漏、不妥之处，敬请读者批评指正。

作 者

2001 年 3 月

前 言

人类生活在地球上,人们日益关心地球的一些基本概况及其与人类的关系。作为自然科学学科之一的地球科学,包括地质学、地理学、大气与海洋学等不同分支学科。本书重点论述了与固体地球有关的地学内容,涉及地球的结构与基本特征、矿产资源与应用、环境地质与防灾减灾,对其中有关的地质现象、形成机理、演化历史及其与人类生存的关系等问题,给予了相应的阐述,有助于人们认识地球形成、发展过程中的某些地质规律。

本书是根据浙江大学地球科学系所设置的地球科学概论教学大纲的要求,在总结近年来本课程的教学经验以及学科发展的基础上编写而成的,并收集引用了国内外有关的文献资料,目的在于为学习地球科学的基本理论、概念和规律等知识打下基础。本书分上、中、下三篇共十五章,其中第一、五、七、八、十一各章由兰玉琦执笔;第二、三、四、六、十各章及附录由杨树锋执笔;第九、十二、十三、十四、十五各章由竺国强执笔。本课程为3学分,教学时数50~60。内容编写力求反映本课程的科学性、通俗性、应用性,以适应广大学习对象的需求。

书中疏漏、不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

1993年3月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 地球科学的学科体系	1
第二节 地球科学的特点	2

上篇 固体地球科学

第二章 地球的宇宙环境	9
第一节 地球在宇宙中的位置	9
第二节 地球的起源	10
第三章 地球的物理性质及其应用	11
第一节 地球的形状与大小	11
第二节 地球的质量与密度	13
第三节 地球的重力场	14
第四节 地球的磁场	15
第五节 地球的电性	17
第六节 地球的弹性和塑性	18
第七节 地球放射性与内部的温度和能量	18
第四章 地球内部圈层的特征及其意义	20
第一节 地球内部圈层的划分依据	20
第二节 地球内部圈层的划分	21
第三节 地球内部各圈层的物质组成及物理状态	23
第四节 地球不同圈层的相互作用	27
第五章 地壳的组成物质	29
第一节 矿物概述	29
第二节 矿物的基本特征	29
第三节 矿物分类和重要矿物简介	35
第四节 矿物的识别和利用	37
第五节 岩石概述	38
第六节 火成岩	38
第七节 沉积岩	43

第八节 变质岩	46
第六章 岩石圈板块运动与构造变形	50
第一节 大陆漂移和海底扩张	50
第二节 板块构造	58
第七章 生物演化与地质年代学	67
第一节 生命的起源与演化	67
第二节 地质年代学	71
第八章 金属与非金属矿产资源	75
第一节 矿产资源概述	75
第二节 金属矿产资源	80
第三节 非金属矿产资源	87
第九章 能源	95
第一节 能源概述	95
第二节 石油与天然气	97
第三节 煤	101
第四节 核能	103
第五节 地热资源	104

中篇 表层地球科学

第十章 大气及其运动	109
第一节 大气圈的组成	109
第二节 气压	109
第三节 风	110
第十一章 气候与降水	119
第一节 气候	119
第二节 温度及其影响因素	120
第三节 湿度和降水	123
第四节 气候类型	130
第十二章 海水运动与海底地貌	138
第一节 海水及运动	138
第二节 海洋轮廓和海底地貌	146
第十三章 海洋资源	154
第一节 海洋资源开发	154
第二节 海岸带的开发	155
第十四章 大陆地貌与陆地淡水资源	157
第一节 控制地貌形成的主要因素	157
第二节 构造地貌的主要类型与特征	158
第三节 外营力地貌的主要类型与特点	160
第四节 陆地淡水资源	173

第五节	重要的淡水资源——地下水·····	176
第十五章	旅游地学资源·····	178
第一节	蓬勃发展的旅游产业·····	178
第二节	倡导科学旅游势在必行·····	179
第三节	我国旅游地学资源的主要类型与特征·····	181
第四节	典型旅游地学资源的成景机制·····	186
第五节	旅游地学资源的评价与预测·····	188
第十六章	地质灾害与防灾减灾·····	190
第一节	环境与环境地质学·····	190
第二节	宇宙环境对人类的影响·····	193
第三节	火山灾害·····	195
第四节	地震灾害·····	198
第五节	外动力地质作用产生的环境灾害·····	205
第六节	地球化学元素迁移对人类的影响·····	211
第十七章	人类活动引起的环境污染·····	212
第一节	人类活动对地质环境的影响·····	212
第二节	人类活动导致重金属元素的富集·····	214
第三节	人类活动对土壤环境的影响·····	215
第四节	人类活动对水环境的影响·····	219
第五节	人类活动对大气环境的影响·····	223
第六节	依法保护地质环境,国际合作防灾、减灾·····	225

下篇 数字地球科学

第十八章	“数字地球”产生的时代背景及其基本概念·····	229
第一节	信息时代与数字地球·····	229
第二节	数字地球的基本概念·····	230
第三节	数字地球的基本框架·····	231
第十九章	地球数据的获取技术——地球观测系统建设·····	232
第一节	遥感技术·····	232
第二节	高空间分辨率的遥感卫星数据·····	236
第三节	遥感小卫星·····	237
第四节	全球定位系统(GPS)·····	237
第二十章	地球过程的仿真与虚拟实验技术·····	239
第一节	虚拟与仿真技术简介·····	239
第二节	虚拟技术的地学应用及实例·····	242
第三节	虚拟地球系统模型·····	245
第二十一章	数字地球的应用示范·····	248
第一节	数字地球应用综述·····	248
第二节	数字国土·····	249

第三节	数字海洋.....	250
第四节	数字城市.....	253
第五节	虚拟学校.....	254
附录	杭州地区地质观察简介.....	257
参考文献		263

第一章 绪 论

第一节 地球科学的学科体系

自然科学有六大基础学科:数学、物理学、化学、天文学、地学和生物学。其中地学即地球科学,是以地球为研究对象的科学体系。从不同角度对地球的不同圈层进行研究,形成了地球科学的各个分支学科,主要包括固体地球科学(地质科学、固体地球物理学)和表层地球科学(地理科学、海洋科学、大气科学、空间物理学)两部分。地球科学与其他五大基础学科有密切的关系,与人类的生活和生产息息相关。

现将地球的主要分支学科简介如下:

一、地质科学

地质科学是关于固体地球的物质成分、内部结构、外部特征、各圈层间的相互作用和演变历史的知识体系。根据研究内容和任务的不同,地质科学的主要分支学科主要有:

- (1)研究固体地球,尤其是地壳的物质组成的学科,如结晶学、矿物学、岩石学等;
- (2)研究地球内部构造的学科,如构造地质学、大地构造学等;
- (3)研究地球演变历史的学科,如地史学、古生物学等;
- (4)将地质科学的基本理论、基本知识用于研究资源、能源与环境的学科,如矿床学、石油地质学、煤田地质学、水文地质学、工程地质学、环境地质学、地震地质学等。

二、地球物理学

地球物理学是应用物理学的原理和方法,通过利用先进的电子和信息技术对各种地球物理场(如地磁场、地电场、重力场、地震波场、地球温度场、地球内部放射性物质辐射场等)进行观测,探索地球的内部结构、形成和演化,研究与其相关的各种自然现象及变化规律的科学。其主要分支学科有地震学、地磁学、地热学、重力学等。

三、地理科学

地理科学是研究固体地球表面的自然现象、人文现象以及它们之间的相互关系和区域分异的学科。地理科学一般包括自然地理学、人文地理学、地图学与地理信息系统三大组成部分。自然地理学是研究自然地形、地理环境的结构及发生、发展规律的学科,主要分支学科有自然地理学、地志学、土壤学等;人文地理学则是研究人、社会与自然地形、地理之间的相互关系的学科,主要分支学科有经济地理学、政治地理学、社会地理学等。

四、海洋科学

海洋科学是研究地球上海洋的自然现象、性质及其变化规律,以及与开发和利用海洋有关的知识体系。它的研究对象是海洋中的水以及海洋环境,其主要分支学科有物理海洋学、化学海洋学、海洋气象学、环境海洋学等。海洋科学也研究生存于海洋中的生物和存在于海洋(底)中的资源,因此也包括某些交叉性的学科,如海洋生物学、海洋(底)地质学等。

五、大气科学

大气科学是研究大气圈的组成、结构和气候过程,尤其是大气的各种物理现象及其变化规律的科学,研究内容广泛,包括许多分支学科,如大气物理学、天气学、气候学、天气动力学、气象学。其目的在于揭示大气中各种物理现象和物理过程的发生、发展本质,从而掌握并应用它为人民服务。

六、空间物理学

空间物理学是地球物理学和空间科学交叉而形成的边缘学科,是1957年第一颗人造地球卫星发射成功,人类进入空间时代后迅速发展形成的基础学科。它用物理学的原理和方法,采用火箭、卫星和飞行器等直接探测工具和其他地面间接探测手段,研究广阔的日地空间(包括地球空间、日球层空间、太阳大气及行星大气)环境中的物质构成、运动规律、各种物理现象的相互影响以及不同圈层之间的相互作用,是人类认识自然和生存环境的前沿学科之一。其主要分支学科有磁层物理学、电离层物理学及电波传播、日一地关系学等。

20世纪后半叶,地球科学各自分支学科和边缘学科大量涌现,地球科学的学科体系进一步扩大。当前值得人们重视的是,由于信息科学和信息技术的迅猛发展,以及系统科学的理论向各学科的渗透,产生了地球信息科学和地球系统科学两门崭新的边缘学科。

地球系统科学诞生于20世纪80年代中期。地球系统科学强调地球的整体概念,将大气圈、水圈、岩石圈和生物圈看成是具有有机联系的“地球系统”,把太阳和地心作为两个主要的自然驱动器,人类活动作为第三促动因素。发生在地球系统中的重大全球变化是在上述三个力的作用下,通过物理、化学、生物过程相互作用的结果。而地球信息科学是以地球深部莫霍面到地球表面电离层的物质能量的信息流作为研究对象,以空间技术和信息技术为手段,以研究信息机制、模型、处理分析、共享和管理等理论和技术为内容,为资源调整、环境监测、城市管理和区域可持续发展目的服务的综合性的交叉学科。它是(地质、地理、海洋、气象、环境)+(认识心理学、环境心理学)+(航空摄影测量、大地测量、遥感、全球定位系统)+(计算机网络)的综合和交叉。图1-1和图1-2是我国著名地球科学家陈述彭院士用以表达地球科学和地球信息科学、地球系统科学之间的关系以及地球信息科学的结构框架。

第二节 地球科学的特点

地球科学研究的是整个地球。地球是一个历史演化的产物,同时它又处在一个不断发展演变的过程中,因此与其他学科相比,地球科学具有自己鲜明的特点,主要表现在以下几方面:

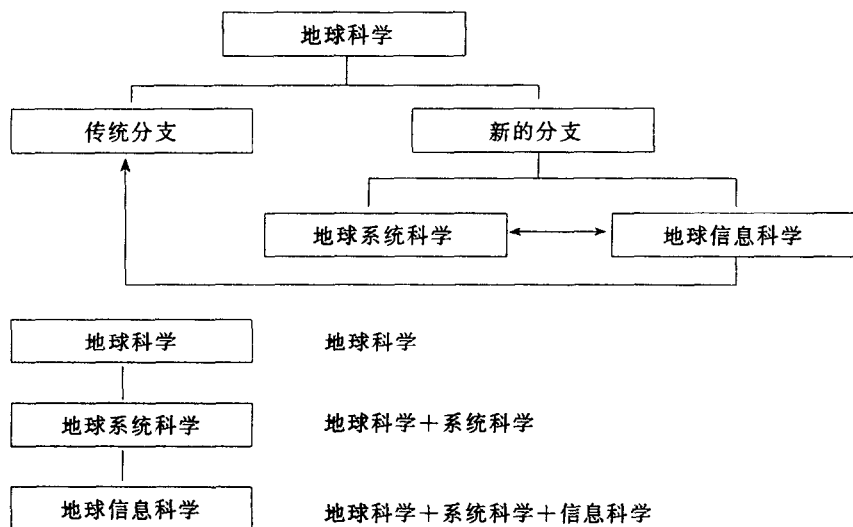


图 1-1 地球科学和地球系统科学、地球信息科学的关系(据陈述彭)

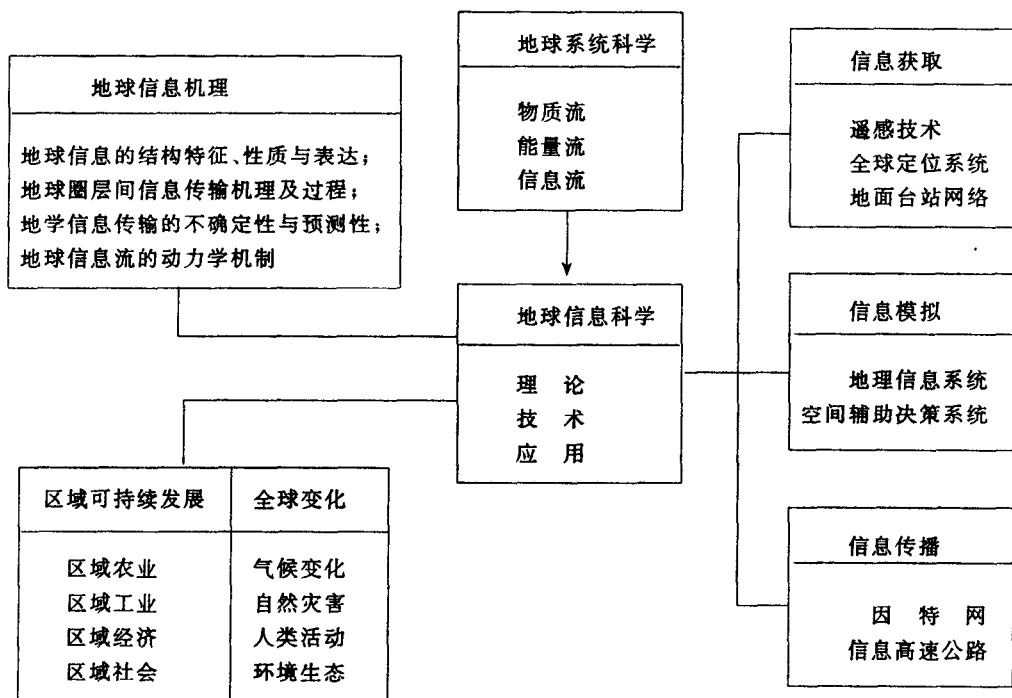


图 1-2 地球信息科学的结构框架(据陈述彭)

一、全球性与区域性

地球作为一个整体,组成地球的各个层圈在空间上是连续的,同时各个层圈之间都存在物质—能量交换关系,它们之间互相作用、互相影响。因此整个地球系统过程具有明显的全球性

特点,许多自然现象和过程,都不受国界的限制。但是地球又是非均质体,即使是同一层圈,在空间上又具差异性,例如地壳这一层圈,在全球是连续分布的,但在不同的空间部分,其物质组成、厚度、结构有明显的差别,海洋地壳的厚度与大陆地壳的厚度相差数十千米,从成分上说,前者富含硅镁,后者富含硅铝。因此地球系统过程又具有明显的区域性特点。

地球科学研究对象的这种全球性特点和区域性特点,就要求研究者不但要研究、阐述区域性的地学现象,又要把它放到全球的整体中去,探索其发生、发展的普遍规律。

二、时空尺度的差异性

一个地学过程的孕育、发生、发展在时间尺度上的差别是非常显著的。有在几亿至几百万年时间尺度内发生的,如海陆的变迁、山脉的隆起;有在几百万年至几十万年时间尺度内发生的,如矿物、岩石、矿床的形成;有在几年至几小时时间尺度内发生的,如各种天气现象、海洋现象;地震的时间尺度则是在分秒之间,表现为巨大的能量骤然释放。

同样,地球系统内部各种地学过程发生的空间尺度亦具有极大的差别。例如大气变化、板块的运移等,是全球规模的地学现象,而矿物晶体结构及晶格位错,则需要在电子显微镜下进行研究,两者在空间尺度上相差甚远。

地球科学的这种特殊的时空尺度,决定了研究方法和研究手段的复杂性。对于在几亿至几十万年时间尺度上发生的地学现象,短暂人生很难观察到其全过程,而只能观察到事件完成后留下来的结果,以及正在发生的事件的某一阶段的情况,人们无法在实验室再造地球系统的真实过程。19世纪英国地质学家莱伊尔提出了“现在是了解过去的钥匙”的“将今论古”的现实主义原则。例如现代珊瑚只生活在浅海环境中,我们如果在岩石中发现珊瑚化石,则可推断该岩石是在古代浅海中形成的。

三、理论和实践的密切结合

地球科学是一门实践性很强的科学。长期以来地学工作者通过科学实践,逐渐形成了许多假说和学说。假说是根据某些客观现象归纳得出的结论,它有待进一步在实践中验证;学说则是经过了一定的实践检验,在一定的学术领域中形成的理论。假说和学说对推动地球科学的发展起着重要作用,它们为探索地球科学的客观规律指出了方向,对实践起着一定的指导作用,同时在实践中不断得到检验、补充和修正,日趋完善。有些假说和学说在实践中被扬弃或否定。

四、研究方法和研究内容上的多学科性

地球科学是真正意义上的自然科学,研究对象是整个地球。自然界本来就是不分学科的,只是人们为了研究的方便,才分门别类地开展研究。地球系统内各种地学过程,既有物理运动,又有化学变化,还有生命现象。地球本身是天体的一部分,因此它也包含在天文学的研究范畴内。这样看来,地球科学从本质上讲,从来就是多学科的,涉及到数学、物理学、化学、生物学、天文学等自然科学的各个领域。地球科学工作者要关注基础研究领域中的新理论,不断更新知识,促进地球科学的发展。

在人类进入21世纪后,人类社会可持续发展的课题被提到议事日程上来,人口爆炸,资源、能源的短缺,环境恶化,灾害频发,给地球科学提出了新的挑战。因此地球科学工作者在处理人—地关系方面还需要更多地关注诸如经济学、社会学、政治学等社会科学领域的新的研究成果。

高新技术的发展和使用,从来都是促进学科发展的动力之一。有了当年偏光显微镜的使用,才使得近代岩石学、矿物学得以创立;而有了电子显微镜、X 光衍射仪等高精度观察、分析仪器在地质科学的应用,才有现代意义上的矿物学、岩石学。现代信息技术、空间技术等高新技术的迅猛发展必将导致地球科学新的飞跃。地球科学工作者必须密切关注技术科学领域中的研究成果,不失时机地将高新技术应用于地球科学的研究中。

(一)“地球日”简介

1970年4月22日,美国的一些环境保护工作者和社会名流首次在美国境内发起了“地球日”活动。这一天,全美有2000多万人,约1000所中小学、2000所高等院校和全国的各大团体参加了这次活动。人们举行集合、游行、宣讲和其他多种形式的宣传活动,高举着受污染的地球模型、巨画和图表,高呼口号,要求政府采取措施保护环境和资源,美国国会也在地球日休会,以使议员们能回到各自的代表区参加宣讲会。全美三大商业网和公共广播系统对地球日的活动情况作了全天的报道。这次活动是人类有史以来第一次规模宏大的群众性环境保护运动,它有力地推动了世界资源和环境保护事业的发展。1972年联合国人类环境会议在斯德哥尔摩的召开,1978年联合国环境规划署的成立,各国新的环境组织的创立,国际性环境组织“绿色和平组织”的创办,以及保护环境的政府机构和非政府组织在世界范围内的不断增加,都对“地球日”活动起了重要的促进作用。

人类历史上第一个“地球日”是1969年美国哈佛大学法律系的25岁学生丹尼斯·海斯在校园里发起并组织的。他在学校举办环保问题讲演会,并会见了纳尔逊且受到鼓励,后停学专心从事环保运动,在美国各地展开大规模的社会性活动,并将1970年4月22日定为第一个“地球日”。以后他在研究所及政府任职,制订了有关能源政策,取得法律博士学位后,仍一直从事环保运动。1988年他又筹办纪念“地球日”20周年活动,得到世界上大多数国家和联合国的支持,有140个国家的团体组织了活动,活动规模很大。这天,美国约有1亿人停用汽车,不让废气排放污染环境。

(二)“世界环境日”简介

每年的6月5日是“世界环境日”。1972年6月5日至16日,在瑞典首都斯德哥尔摩召开了第一次国际性的人类环境会议。这次会议探讨了当代环境问题和保护全球环境的战略,通过了著名的《人类环境宣言》,发出了“为了这一代和将来世代而保护和改善环境”的呼吁。为了纪念斯德哥尔摩会议和进一步发扬会议精神,第27届联合国大会决定把首次环境会议开幕的日子定为“世界环境日”,并要求各国政府在这天开展各种纪念和宣传活动。

所以,这一天是全世界从事环境保护工作的人们集中思考环境问题,并采取实际步骤来解决人类所关注的环境问题的重要节日。

1992年6月在巴西举行的“地球首脑会议”上决定于1993年2月在荷兰海牙正式成立国际绿十字会,这是一个专门从事环境保护的国际机构,其宗旨是对付世界范围内生态环境的破坏问题。它是由戈尔巴乔夫在1990年最先倡议的。

上 篇

固 体 地 球 科 学