

李四光研究会系列论著之二
李四光地质科学奖基金会支持



地质力学的发展与矿产预测

高庆华 编著

地质出版社

会系列论著之二
学奖基金会支持

地质力学的发展与矿产预测

高庆华 编著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是在应用地质力学理论方法研究矿产分布规律,寻找隐伏矿产过程中,扩展了地质力学研究领域,进行了地质系统整体观与地质系统科学性研究的基础上,提出了地质系统对成矿系统的控制理论,研究了构造体系对成矿体系的控制作用,提出了隐伏矿产预测的方法步骤。1985~1987年作者等曾对我国主要成矿带和成矿远景区进行了预测,嗣后部分已被实践验证。

本书以大量野外调查为基础,实际资料丰富,矿产预测理论方法系统,具有很强的实用性。可供地质工作者找矿、科研、教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

地质力学的发展与矿产预测/高庆华编著. —北京:
地质出版社, 2011. 8

ISBN 978-7-116-07267-1

I. ①地… II. ①高… III. ①地质力学-应用-成矿
预测-研究 IV. ①P55②P612

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 140557 号

责任编辑: 赵俊磊 蔡卫东

责任校对: 李 玫

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324571 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京天成印务有限责任公司

开 本: 850mm × 1168mm ¹/₃₂

印 张: 4.25

字 数: 150 千字

印 数: 1—500 册

版 次: 2011 年 8 月北京第 1 版

印 次: 2011 年 8 月北京第 1 次印刷

审图号: GS (2011) 1197 号

定 价: 40.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-07267-1

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

前 言

1988年由地质矿产部地质出版社出版的《中国地质大观》^①一书中关于地质力学的发展这样写到：

“地质力学是运用力学的原理研究地壳及与其有关的地质构造现象，解决生产和科学研究中的有关地质问题的科学。它是李四光于20世纪20年代开始研究，于40年代初创立起来的，迄今已有60多年的历史。40年代初，他正式提出了‘地质力学’一名，并以构造体系这个概念为指导，继续从实践和理论上进行深入探索。1945年，他出版了《地质力学的基础与方法》一书，使我国独创的这一新兴学科挺立于世界科学之林。

新中国地质力学的发展，不仅其理论体系走向完善，方法更加具体，而且广泛与生产实践相结合。旋扭构造、莲花状构造、辐射状构造、反S构造等多种构造型式的提出和论证则是20世纪50年代地质力学理论研究的突出成果。1956年地质部建立了地质力学研究室，1958年又改为地质力学研究所。自此之后，在研究形变的基础上，又在我国境内各条巨型构造带，结合矿产资源的地质勘探和开发利用，开展了物质集散、运移与构造体系之间相关关系的研究。通过生产和科学研究的实践，厘定了与矿产形成有关的众多旋卷构造和山字型构造，建立了构造体系复合控矿的概念。1962年出版了李四光的《地质力学概论》。此书是自20世纪20年代以

^① 《中国地质大观》编写组，1988，《中国地质大观》，北京：地质出版社，65~66页。

来地质力学研究工作的第二次重要总结。为研究地质构造和地壳运动问题开辟了一条新的途径，提出了一套新的工作方法，同时也为指导找矿和解决其他地质问题起到了积极作用，特别是在指导我国寻找石油等矿产资源方面作出了重大贡献。20 世纪 60 ~ 70 年代，尤其大庆油田成功开发之后，地质力学获得了更为迅速的发展，除了李四光本人仍辛勤耕耘于研究工作的第一线以外，许多地质学家运用地质力学的理论和方法，在区域地质、水文地质、工程地质、地震地质、地热地质，以及现今地应力测量、古构造体系的研究等方面，均取得了重要成就。”

在地质科学理论体系中，地质力学是由中国人独创的地质学理论，是对自然科学的重大贡献之一，是中华民族的骄傲。李四光在中华大地上创立的地质理论及其领导的地质事业，不仅给社会发展创造了巨大的物质财富，留下了珍贵的科学遗产，也给中华民族留下了宝贵的精神财富和文化遗产，有着深远的影响。因此，为了发展地质科学和地质事业，需要深入研究李四光学术思想，加以继承和弘扬，为经济建设、国家安全、社会可持续发展作出更大的贡献。

当前，我国处于社会主义经济建设迅速发展的时期，对矿产的需求量愈来愈大。随着地表和浅部矿床的不断发现与开采，寻找隐伏矿床的工作则显得更加重要。

寻找隐伏矿床的方法大体可分为两种：一种是根据矿物和成矿元素的物理化学性质，采用各种物理、化学探矿手段，并参考卫星及航空照片资料，圈定异常区，然后进行工程揭露，寻找隐伏矿床；另一种是研究成矿理论或矿床分布规律，指导隐伏矿床的普查和勘探。

地质力学对于矿产分布规律的研究，过去主要是研究构造体系控矿，并且总结出构造体系多级控矿、构造体系复合控矿、构造体系不同部位控矿、不同性质结构面控矿等规律

性认识，在指导找矿勘探中取得了巨大的成效，为我国找矿事业作出了突出的贡献。然而根据李四光系统整体观的学术思想加以分析，仅仅重视构造体系的控矿作用是不全面的。因为所谓成矿过程实际上是地壳中 有用元素或成分的迁移、聚集的过程，矿产的形成第一必须具备成矿的物质条件；第二必须有“力”的作用，使有用元素发生运动；第三必须具备含矿溶液流动的通道和储存的空间。因此，有必要创新发展地质力学，提高矿产预测的理论水平和工作方法。

李四光学术思想贯穿始终的是地球系统整体观，他不仅将构造体系、全球构造看做相互联系的整体，用地球运动统一协调的观点进行解释，而且将天文、地质、古生物、人类与地球的生物圈、大气圈、水圈、岩石圈等各圈层和相关的自然现象，以及地球的热场、化学场等各种场都作为一个整体系统进行研究，解决了地球科学中和社会经济建设中许多理论与实践问题。李四光坚持的系统整体观是研究地球系统科学宝贵的指导思想，不仅对发展中国的地球科学具有重要的理论意义，也是构建矿产预测理论体系，完善矿产预测工作方法的重要指导思想。

在李四光学术思想指导下，作者在孙殿卿等许多前辈、同仁指导与帮助下，在学习与应用地质力学理论方法的基础上，开展了大量野外实际调查工作，进行了结构面力学分类，研究了构造序次转化对矿产分布的多级控制作用，研究并总结了各种类型的构造体系复合的标志和规律，拓展了地质力学地壳运动研究领域，进行了地质力学理论方法创新研究。1976 年开始，根据李四光的遗愿开展海平面变化、地壳表层系统、现今地壳运动和自然灾害研究。1988 年提出自然灾害系统、1990 年提出地壳运动整体观在自然灾害综合研究中的应用等新理念，将自然灾害综合研究纳入地质力学的研究范围。同时学习融合了其他地质科学的研究成果，在李四光学

术思想指导下,创新发展了地质力学的基础理论和具体工作方法,将构造体系研究扩展到地质体系研究的范畴,结合地球科学其他方面的研究成果,开展了地质系统整体观和地质系统科学的研究。1984年提出地质系统论。1980年形成地壳运动整体观的基本观念,1995年与马宗晋、孙殿卿共同提出地壳运动整体观。2008年构建了“地质系统整体观”的理论体系,勾画出“地质系统科学”的框架轮廓,并且尝试应用到解决区域地质构造问题、自然灾害综合研究和减灾、隐伏矿产预测等方面。50多年来所做的具体工作和取得的成果,反映在本书最后地质力学、自然灾害综合研究、地质系统科学等三套系列著作中,作为参考文献供大家参考。

其中,在寻找矿产资源方面,总结了广大地质工作者应用地质力学找矿的经验和方法;开展了构造体系对矿产成矿条件的控制;地质体系及地应力场对地球化学场、有用元素迁移聚集、矿产分布规律等方面的研究。提出了地质体系控矿、成矿系统与成矿体系、矿产预测整体观等新的理念,总结了矿产预测的理论方法和步骤。1985年高庆华撰写了《地质系统与隐伏矿产预测》^①,1987年孙殿卿、高庆华编著了《隐伏矿床预测》^②,提出了我国有希望的成矿带和成矿远景区。现在20多年过去了,我国地质找矿事业得到突飞猛进的发展,根据可收集到的有限资料,在所提出的预测成矿带和成矿远景区内已经找到了工业矿产或确认是很有希望的成矿地区,从而直接或间接地证明了当年提出的预测意见是正确或基本正确的。这一事实,说明了地质力学的矿产预测理论和方法确实具有一定的实用性。笔者认为,为了满足国家对

① 高庆华,1985,《地质系统与隐伏矿产预测》,内蒙古自治区地质矿产局科技情报室印制。

② 孙殿卿、高庆华,1987,《隐伏矿床预测》,北京:地质出版社。

矿产资源日益增长的需要，必须坚持两条腿走路，一方面继续采用新技术新方法，寻找矿产资源；另一方面则需要发展矿产预测理论，创新矿产预测工作方法，为找矿提出可能的靶区或远景区。

正是出于这一认识，才使笔者有勇气撰写了本书，以为实现国家矿产资源发展战略，尽一个老地质工作者一份绵薄之力。

客观地说，以上各个方面的工作，只是个人初步的认识和总结，其基本观点和工作方法，尚存在许多不足甚至错误之处，仍需继续大量调查研究和实践检验。尽管如此，由于这些方面的工作都经过了几十年艰难的调查研究，都有着本土化的气息，既是继承也是创新，且能够应用于实践，是值得进一步深入研究的。可叹，我已过古稀之年，身体欠佳，心有余而力不足，这恐怕要成为终生的遗憾。因此，在我即将结束科研工作，颐养天年之际，将我已经做的工作和取得的初步成果，作为铺路基石介绍给大家，衷心希望有志同仁能够重视这一方面的工作，能够继续研究下去，作出更大的贡献，这是笔者撰写此书的最终目的和期盼。

几十年来，在课题调研和综合研究过程中，得到地质力学研究所、原地质矿产部 562 综合研究队、原国家科委国家计委国家经贸委自然灾害综合研究组、中国地震局地质研究所、原地质矿产部（国土资源部）、中国地震局、原冶金工业部（局）、原煤炭工业部（局）、原石油工业部（局）、中国气象局、国家海洋局、水利部、民政部及所属单位和科研院校的大力支持；李四光、钱学森、孙殿卿先生等前辈曾亲自给予教诲和指导；得到孙殿卿、高文学、马宗晋、王泽九、周振玲、龙长兴等许多领导的支持和指导；毕子威、杜立祥、杜建军、侯振杰、胡景江、蒋凤亮、李志强、刘惠敏、聂高众、曲国胜、苏桂武、徐炳川、杨华庭、张业成、张宝元、

郑锦城、周显强、周魁一等（以姓氏拼音字母为序）数十人参加了部分调查研究工作；黄庆华、康文华、李东旭、李耀增、苗培实、孙叶、邵云惠、王维襄、幸石川、张培震、周济元、武强等给予了帮助和支持。因此，李四光学术思想研究取得的成果，包括隐伏矿产预测，实际上是大家共同努力的结晶，均在此表示衷心感谢。

作者

2011年5月

目 录

前 言

第一章 地质力学研究工作的进展与矿产预测	(1)
第一节 地质力学研究工作的进展	(1)
一、深化地质力学理论和方法研究	(2)
二、开创性地提出了自然灾害综合研究的理念和方法	(4)
三、进行了地质系统整体观与地质系统科学性研究	(6)
第二节 应用地质力学方法进行矿产预测的成就与探索	(10)
一、应用地质力学方法进行矿产预测的主要成就	(10)
二、矿产预测基本方法步骤的探索	(12)
第二章 地质力学的发展与创新	(14)
第一节 发展地质力学的创新思维	(14)
第二节 地质力学理论体系的拓展	(16)
一、扩大地质力学的研究领域	(16)
二、发展地质系统整体观	(17)
第三节 扩大地质力学的应用范围	(18)
一、在构造控矿规律的基础上研究成矿系列和控矿系统, 指导 隐伏矿产预测	(18)
二、研究地球系统现今运动规律, 推动自然灾害综合研究 和减灾	(20)
三、用地球系统整体观指导国土资源的评价和规划	(20)
四、研究人口、资源、环境、灾害互馈系统与可持续发展 问题	(21)
第三章 矿产预测理论方法的创新发展	(22)
第一节 矿产聚集整体观	(23)
第二节 矿产形成与分布的控制条件研究	(25)

一、构造体系与构造系统研究	(25)
二、地质体系研究	(26)
第三节 矿产分布的构造控制作用研究	(29)
一、构造条件对矿产的控制	(29)
二、构造体系对矿产的控制	(33)
三、同成矿构造体系对矿产的控制	(35)
四、构造复合的控矿作用	(37)
第四节 成矿体系和成矿系统	(41)
一、成矿体系	(41)
二、成矿系统	(42)
三、构造应力场对成矿元素分布的控制作用	(43)
第五节 隐伏矿产预测的步骤	(45)
一、内生矿产预测的步骤	(45)
二、外生矿产及煤矿、石油预测的步骤	(46)
三、变质矿产预测的步骤	(52)
第四章 矿产预测及实践的检验	(54)
第一节 中国主要成矿系统的分布和成矿有利地区 预测	(54)
一、内生金属成矿系统的分布和成矿有利地区预测	(55)
二、外生成矿系统的分布和成矿有利地区预测	(60)
三、变质成矿系统的分布和成矿有利地区预测	(71)
第二节 内生矿产成矿带和成矿远景区的预测与检验 ...	(72)
一、我国主要内生矿产成矿带预测	(73)
二、重要成矿远景区预测	(78)
三、根据首批找矿突破战略行动整装勘查区进行预测意见的 检验	(81)
四、根据《中国黑色有色金属矿产图集》圈定的成矿带和成 矿区进行预测意见的检验	(87)
五、铬铁矿的预测与检验	(91)
第三节 煤田的预测与铝土矿的分布规律	(93)
一、我国成煤带的分布	(94)
二、铝土矿分布规律探讨	(96)

第四节	石油的预测与检验	(102)
一、	我国油气带的分布规律	(102)
二、	中国西部地区石油远景区预测与检验	(103)
第五章	地质力学在矿产预测中存在的主要问题和建议	(107)
第一节	开展成矿物质运动与构造活动之内在关系的研究	(107)
第二节	深入研究成矿构造体系的形成时期和对矿床分布的控制作用	(109)
第三节	开展运用地应力场的规律进行矿床预测的研究工作	(110)
第四节	开展综合方法找矿, 研究各种找矿标志的内在联系	(111)
第五节	开展深部地质构造的研究工作	(112)
第六节	探索预测矿体埋藏深度的途径	(112)
第七节	创新发展地质力学, 为实施国家找矿突破战略作出贡献	(113)
主要论文著作		(115)
一、	地质力学系列著作	(115)
二、	自然灾害综合研究系列著作	(117)
三、	地质系统科学系列著作	(120)

第一章 地质力学研究工作的进展与矿产预测

第一节 地质力学研究工作的进展

1956年10月1日李四光完成了《地质力学概论》专著初稿，于1962年内部刊印。

此书是自20世纪20年代以来地质力学研究工作的第二次重要总结。全书近20万字，图版8幅。第一章，有关地质构造的若干传统概念述要。概括了传统地质构造的主要概念，严肃指出了某些传统概念的缺点。第二章，地质力学的方法。将地质力学几十年形成的一套独特的工作方法系统地化为7个步骤：①鉴定每一种构造形迹或构造单元（结构要素）的力学性质；②辨别构造形迹的序次，按照序次查明同一断裂面力学性质可能转变的过程；③确定构造体系的存在和它们的范围；④划分巨型构造带，鉴定构造型式（明确地把已经认识了构造体系分为三大类型：A. 横亘东西的复杂构造带；B. 走向南北的构造带；C. 各种扭动构造型式：多字型构造、山字型构造、人字型构造、旋卷构造和棋盘格式构造等）；⑤分析联合和复合的构造体系；⑥探讨岩石力学性质和各种类型的构造体系中应力活动方式；⑦模型实验。第三章，当前地质力学中存在的问题归纳为8个方面：①构造运动时期的鉴定；②古构造型式的鉴定；③各级构造型式对矿化带和矿田的控制作用；④构造型式所涉及的地壳深度；⑤各级结构面或构造面显示力学含义的特点；⑥个别褶皱型式的决定因素；⑦岩石的弹塑性能的统一性与松

弛现象；⑧在岩层中不显示构造迹象的应力作用和现时尚在活动的应力分配情况的探测。提出了进一步钻研的问题，展示了发展的前景。第四章，地壳运动起源问题，对构造运动发生的时期、方式和方向，以及起源和动力的来源进行探讨。

该书是李四光在地质科学实践中，用运动的观点、系统的观点分析研究地质现象，从中找出其内在本质的联系和规律，上升到理论高度的总结，是地质力学文库中的经典著作。

除此之外，代表其学术思想最具经典性的著作还有两部：

第一部是他 1926 年所写的《地球表面形象变迁之主因》^①一文。这篇文章虽然写的较早，但其内容已涉及地壳运动造成的各种现象，包括地质构造、海水进退、山脉的走向、气候旋回的时间分布、火山活动周期、生物圈运动与岩石圈运动的关系等，已经超出传统地质力学的研究范围。

第二部是他 1969 年完成的《天文、地质、古生物资料摘要》^②一书。他把天、地、生三者视为一个互相制约、互相联系的整体，来研究地壳乃至地球的演化和发展，反映了李四光学术思想晚年最高的境界，充分反映了他的地球系统整体观学术思想。

在李四光学术思想及其本人和孙殿卿等前辈亲自指导下，和诸多同仁的帮助下，作者一方面致力于地质力学研究；另一方面也在逐步扩大研究领域，努力向地球系统整体观方向探索。主要做了如下工作：

一、深化地质力学理论和方法研究

1957 年开始，在李四光、孙殿卿等前辈指导下进行地质力

① 李四光，1926，《地球表面形象变迁之主因》，《中国地质学会志》，第 5 卷，第 3～4 期，载《李四光全集》，第四卷，p. 437～478。

② 李四光，1970，《天文、地质、古生物资料摘要》（初稿），载《李四光全集》，第八卷，p. 489～689。

学研究，重点是区域地质构造、找矿应用和地壳运动问题研究。

在学习与应用地质力学理论方法的基础上，通过大量野外实际调研，并且学习参考了其他地质科学的大量研究成果，在以下几方面充实与扩展了地质力学研究领域，创新发展了地质力学基础理论和具体工作方法：

1. 进行了结构面力学分类^[1,5]

在结构面力学性质鉴定的基础上，1970 年对构造形迹进行了力学分类；总结了不同力学性质结构面的特点和标志及对矿产不同的控制作用。

2. 研究了构造序次转化对矿产分布的多级控制作用^[1,13]

在划分构造形迹序次的基础上，1974 年提出了压性、张性、扭性等重要构造形迹的序次转化模式；研究了构造序次转化对矿产分布的多级控制作用。

3. 研究并总结了各种类型的构造体系复合的标志和规律^[7]

4. 进行了矿产预测^[2,8,14,18]

研究了构造应力场与地球化学场的关系，深化了构造体系控岩、控矿的规律性认识，总结了应用地质力学方法寻找内生矿产的经验，提出了隐伏矿产预测的理论、方法和步骤，对铁矿、铬铁矿、铀矿、金矿等进行了预测。

研究了海水进退规程对煤、石油、沉积铁矿等外生矿产的控制作用，总结了应用地质力学方法寻找外生矿产的经验，对成矿远景区进行了预测。

对铬铁矿、石油、煤、铁等矿产的预测意见，许多已被嗣后的生产实践所证实。其中预测、并在被否定后坚持重新上马的新疆铬铁矿，至今仍是全国第一大矿。

5. 拓展了地质力学地壳运动研究领域^[3,9,12,21]

1) 编制了全球构造体系纲要图，在构造体系研究的基础上，进一步提出并划分了构造系列、构造系统。

2) 进行了岩相建造与大陆海水进退规程的研究。

3) 研究了岩浆岩原生构造与地应力场的关系。

4) 研究了气候变化与生物迁移问题。

5) 研究了地球气、水、石、生各圈层物质运动的方式和方向,在全面综合各大地构造学派地壳运动论点和论据的基础上,提出了地球联合力场的观点。

随着地质力学研究的进展,1982年起相继出版了《地质力学与地壳运动》、《地壳运动问题》、《隐伏矿产预测》等6部专著,及数十篇论文(均含合著),共计100余万字。对地质力学研究成果进行了较为系统的总结。

二、开创性地提出了自然灾害综合研究的理念和方法

1976年开始,根据李四光的遗愿开展海平面变化、地壳表层系统现今运动和自然灾害研究,将自然灾害综合研究纳入地质力学的研究范畴。1988年提出自然灾害系统、1990年提出灾害科学体系和综合减灾、地壳运动整体观在自然灾害综合研究中的应用等新理念。20多年来在原国家科委、国家计委、国家经贸委自然灾害综合研究组多部门、多学科许多专家的支持下,做了如下工作:

1. 根据现今地壳运动问题的研究,率先提出自然灾害综合研究的必要性^[4]

1988年作者向地质矿产部呈送了“关于地质灾害发展趋势的报告”,指出:

“根据诸多方面的资料分析,地球各个圈层的运动已进入一个新的活跃时期。……地球运动加剧,必然使它各个圈层如岩石圈、水圈、气圈、生物圈物质运动同步性的增强、灾害增多,因此,各种地质灾害与自然灾害的发生都不是孤立的,而是相互联系着形成‘灾害系统’。灾害系统的产生受控于地球运动与

天体运动；因此，掌握灾害的规律，不能孤立于某种灾害片面地进行研究，而要用系统的思想进行综合研究。”

1987年、1988年曾两次向地质矿产部书面建议立即开展灾害研究与防治。引起了有关部门的重视。

2. 自然灾害综合研究成果在全国减灾中起了导向性的推动作用^[49]

1989年开始，首次对我国地震、气象、洪水、海洋、地质、农业、林业七大类35种自然灾害的概况、灾情进行了全面的调研，对各类自然灾害特点、规律进行了综合研究^[28,23,36,41]；研究建立自然灾害评估统计标准体系^[31]；首次对我国的减灾能力进行了调查与评估^[44,54,46]；首次提出并实施了自然灾害研究六部曲，即灾情综合调查、灾害危险性分析、灾害危害性分析、灾害风险性分析、社会减灾能力分析和社会减灾需求度分析^[34,43]；率先进行了人口-资源-环境-灾害互馈系统综合研究^[42,62,92]；较早进行了自然灾害与可持续发展关系的研究，推动了社会减灾^[36,96]；研究并提出与推动减灾系统工程^[30,46,47]，减灾系统工程的理念已被社会普遍接受。

在各类自然灾害预测工作的基础上，引入系统科学思维，开展了自然灾害综合预测的探索^[4,40,49]；提出了自然灾害双重属性（1990年），将自然灾害系统地纳入表层系统。

根据以上工作成果，编著出版了我国第一套自然灾害综合研究系列丛书^[26-78]，包括论文数十篇、自然灾害综合研究系列丛书20余部（均含合著），合计1000余万字。内容涉及自然灾害灾情调查统计；灾害危险性、危害性、风险性研究；受灾体易损性、区域减灾能力调查分析；灾害评估；灾害区划；灾害保险；灾害社会；灾害发展趋势预测；减灾系统工程；灾害管理，以及全球变化和灾害形成机制等方面。这是目前国内外最全面、最具导向性的一套系列著作，已在灾害科学研究和社会减灾中发挥了积极的作用。

3. 研究了自然灾害系统与全球变化及地球运动的关系

大量的灾害科学及相关问题的研究，使我们对“自然灾害系