图书在版编目(CIP)数据

陈国达全集/陈国达著. —长沙:中南大学出版社,2008.4
ISBN 978-7-81105-645-7

Ⅰ.陈… Ⅱ.陈… Ⅲ.①陈国达-文集②大地构造学-文集 Ⅳ.P54-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 027502 号

陈国达全集

第六卷 地洼学说——活化构造及成矿理论体系概论

(中、英文版合卷)

□**责任编辑** 刘石年
□**责任印制** 汤庶平
□**出版发行** 中南大学出版社
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083
发行科电话:0731-8876770 传真:0731-8710482
□**印 装** 湖南省地质测绘印刷厂

□**开 本** 787×1092 1/16 □**印张** 56.75 □**字数** 1404 千字
□**版 次** 2008 年 4 月第 1 版 □2008 年 4 月第 1 次印刷
□**书 号** **ISBN 978-7-81105-645-7**
□**全套定价** **2280.00 元**

图书出现印装问题,请与经销商调换

·“十一五”国家重点图书出版规划项目·
·“十一五”湖南省重点图书出版规划项目·
·湖南省科学技术学术著作出版基金资助出版项目·

陈国达全集

The Complete Works of Chen Guoda

第六卷　地洼学说——活化构造及成矿理论体系概论

（中、英文版合卷）

Volume Ⅵ Diwa Theory——Outline on Activated Tectonics and Metallogenic Theoretic System

中南大学出版社

《陈国达全集》编辑出版委员会

顾　问　王淀佐　叶连俊　叶大年　郭令智　黄培云　翟裕生

主　任　孙　枢

副主任　黄伯云　何继善　王柯敏　尹飞舟　邹志强

委　员　（以下姓名按姓氏笔画排列）

王京彬　王海东　文援朝　左铁镛　古德生　邓吉牛

龙淑贞　刘业翔　刘宝琛　刘代志　刘国瑛　刘继顺

杨心宜　邱冠周　吴延之　李昌佳　陈广浩　陈松林

金展鹏　范蔚茗　周裕藩　钟　掘　荣　诚　姜育文

黄　耀　彭省临　赖健清　戴塔根

常务编辑　刘石年　梅敦诗

资　助　者

《陈国达全集》之得以付梓，实赖下列单位和个人对编辑和出版工作的慷慨资助，陈国达亲属以及《陈国达全集》编辑出版委员会，谨对他们表示衷心感谢。

资助机构

中南大学

湖南省新闻出版局

湖南省科学技术厅

湖南省科学技术协会

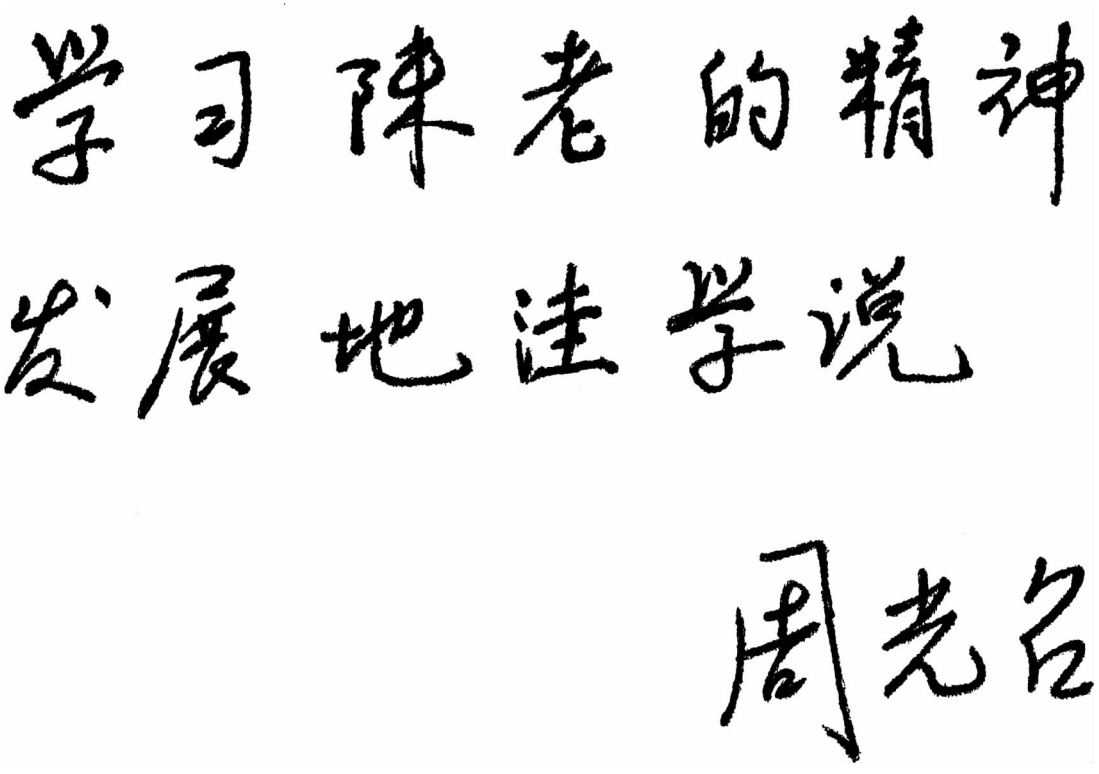
中国科学院长沙大地构造研究所

中南大学地学与环境工程学院

个人资助

邓吉牛　彭省临　戴塔根　刘代志

刘继顺　吴堑虹　赖健清　木士春



（中国科学技术协会名誉主席，
曾任全国人大常委会副委员长、中国科学院院长、中国科学技术协会主席）

真知灼見杨海外

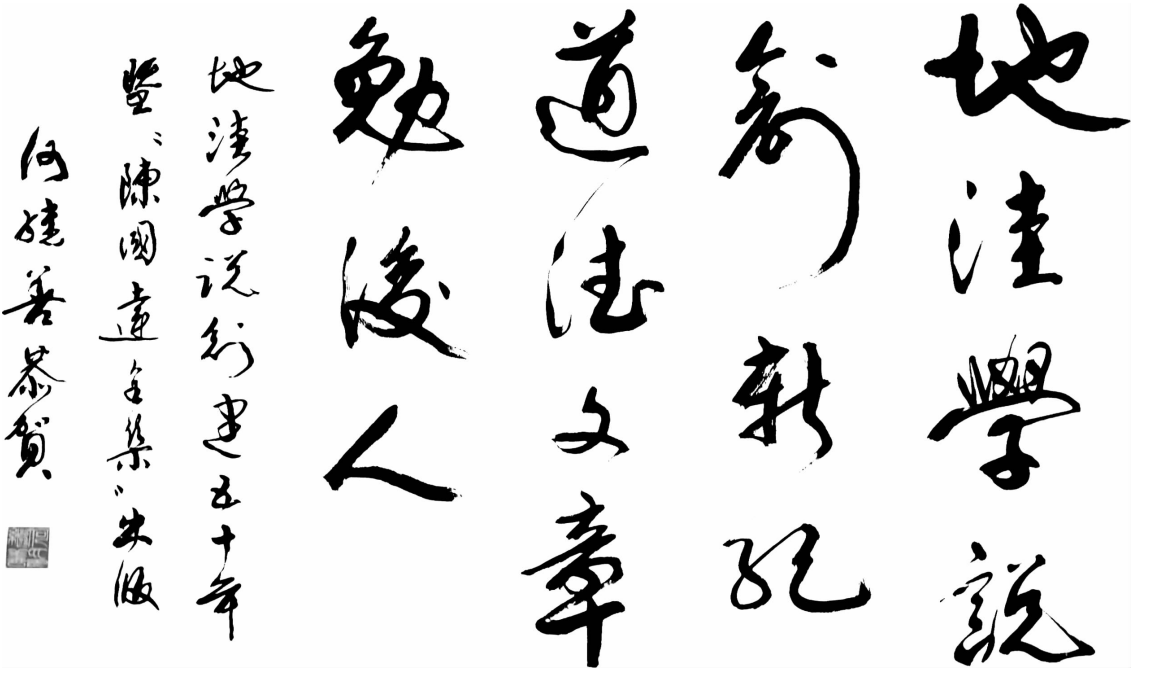
毕生心血献中华

贺地注学说创建50

周年暨"陈国达全集"出版

黄伯云

（中国科学技术协会副主席、中南大学校长、中国工程院院士）



（中国工程院矿产与能源学部主任，湖南省科学技术协会主席，中国工程院院士）

为 21 世纪活化构造与成矿学发展创新国际学术研讨会题词

继承不泥古
发展不离新

对于任何一个前人的科学理论，都要一分为二，通过扬弃，发扬其精华，弃去其糟粕。并根据实践检验结果，修正其不符合客观实际之处，从事“创新”并发展它。

对于地洼学说（活化构造理论）也应如此，继承它时，不要受前人的看法所束缚，要根据实践检验结果和创新来实现，这样才能加以修正和发展。

陈国达

2001 年 10 月 29 日

独立思考　自主创新*

(代自序)

清代学者叶燮曾说:“唯有识,才能是非明;是非明,才能取舍定。既不跟古人脚印,亦不跟今人脚印。”这句箴言如果用在今天来指导科学研究,依我个人的理解,就是对于前人的理论,要准确地了解清楚,分清其精华和糟粕,在批判地继承的基础上加以扬弃,并根据自己观察和实验的结果,独立思考,自主创新。它对我一生的科学事业都起了很大的作用。

我从青年时期开始,就有喜欢思考、验证的习惯。对一些认为值得怀疑的学术理论或观点,往往想到先去设法检验,或至少了解其有无充分事实依据,才愿意相信和接受。后来从事大地构造研究,正是由于这一习惯使我得到不少益处。

自19世纪后期以来,在地质学中,世界上最流行的有关地壳演化的理论为美国学者赫尔(J. Hall,1859)、德那(J. D. Dana,1873)以及奥地利学者徐士(E. Suess,1885)相继提出并确定的“地槽-地台学说”。百余年来,这种学说一直流行于整个地球科学,被视为不需怀疑的真理。根据这个学说,中国东部大部分地区,向来被划为地台区,“中国地台”之名久被采用,并被人所深信不疑。我根据自己的长期观察与反复研究,结合对前人留下的大量资料的分析发现,这一地区在中生代中期(两亿年前)之前,虽然经历过“地槽区-地台区”阶段,与槽-台学说的论点无异,但自中生代中期开始,这个著名的“中国地台”上却先后不一地出现了新的情况:地壳运动转为强烈,尤以水平运动十分显著为特色,出现了陆内造山作用,断裂、褶皱、逆掩、推覆等构造众多,形成了反差很大的构造-地貌,高峻山脉与深浚盆地相间,出现盆-岭格局。同时有大量岩浆活动和变质作用,带来了以富于有色金属为特色的矿产。以“有色金属之家”著称于世的南岭,其矿产即主要在这一时期形成,其中不乏大至超大型矿床。这一地区目前新构造运动强烈,地震多见。有些地方,如黑龙江省五大莲池,200年前还有火山喷发。所有这些,都不是地台区作为稳定区(克拉通)应有的特征,而显然是活动区(造山带)的典型标志。这就使得槽-台学说难以解释,阻碍了人们对这一地区大地构造性质的正确认识,也就无法合理利用、改造自然,有效地寻找地下资源和消减自然灾害。

科学研究的目的,是准确地了解自然、掌握自然规律、服务生产、发展国民经济、为人类谋幸福。如果能解决中国东部现阶段大地构造性质问题,更全面地认识这一地区的地壳发展史,从而有助于了解其蕴藏的矿产特点和时空分布规律,更有成效地指导找矿,将会对我国社会主义建设和世界地质学的发展作出较大贡献。为此,我在中国各省有关地区进行野外考察及专题研究,收集第一手材料,并在参考前人资料的基础上,于1954年确定了这一研究题目,结合教学工作开展科学研究。经过两年时间的进一步补充观察、搜集材料和整理、归纳、对比、分析、推理,第一篇论文于1956年发表。这就是后来被人们称为地洼学说诞生标志的

---

* 载《科学的道路》,中国科学院院士工作局编,上海:上海教育出版社,2005

《中国地台“活化区”的实例并着重讨论“华夏古陆”问题》。这篇文章提出用“活化区”(1959年又称为“地洼区”这个概念描述中国东南地区自中生代中期以来的现阶段的大地构造性质。以后，我又继续增加论证，充实修改，逐步深入提高，终于形成比较完整的理论体系。经过几十年的求索，从孕育到诞生，逐步形成和不断发展。今天，地洼学说已从最初用以刻画中国东南地区为代表的大陆地壳现阶段构造特征，限于专门研究大陆地壳构造，特别是陆内造山带为对象的一个相对单纯的地洼构造(包括地穹山脉和地洼盆地)概念，演变成为把全球岩石圈构造演化－运动结合起来，统一研究，具有五个组成部分和多个衍生学科，兼顾大陆与海洋的理论体系。

上述研究成果，经过30多年的时间考验和国内外地质工作者的实践检验，已经证明具有如下几方面的意义和作用。

1．它阐明了中国东部自中生代中期以来，其大地构造体制实际上属于活动区(造山带)。它的性质与地台区相反，但其各方面的特征表明与地槽区也不同，而系另一种新发现的活动区型的大地构造单元。最早命名为“(地台)活化区”(1956年)。目前在国内外“活化区”与“地洼区”两名并用，作为同义词。

2．在理论上冲破了近百年来一直视为真理的“非槽即台”的传统思想的束缚，在大陆壳区发现了后地台区阶段的一种新型活动区，即槽台以外的大陆地壳第三基本构造单元。

3．地洼区(活化区)概念发源于中国，但已被实践证明具有世界意义。

4．反映出大陆地壳的演化－运动过程，是通过活动区同“稳定区”之间的互相转化、交替更迭，由简单结构到复杂结构，螺旋式上升，波浪式前进的。

5．地洼区具有重要的成矿作用。由于它的发现，促使成矿学的发展进入新的阶段，增添了新内容。

由于第三基本构造单元或地洼区理论具有上述几方面的科学意义和社会效益，已被国际上评为“决定当代地质学发展”的“新学说”之一，是找矿工作中“具体预测研究的基础”(苏联Tomson，1977)。美国《经济地质》杂志1976年评价活化区成矿的重要性时指出：功劳归于中国。地洼学说已逐渐形成了一个起源于我国，称中国学者为“第一代引路人”的国际性学派体系。1988年第一届国际地洼构造与成矿学讨论会上，各国代表通过在中国设立国际地洼构造与成矿研究中心的议案。1991年及1992年，该中心俄罗斯及蒙古分中心也相继成立。1990年国际矿床成因协会理事会在加拿大召开时，决定在矿床大地构造委员会中成立构造－岩浆活化(地洼)研究组。1993年，国际地质协调计划执委会批准设立《东亚中生代活化带(地洼)成矿》研究项目，列为IGCP361，使地洼构造成矿的研究进一步纳入国际协作计划。

这一成果之所以能够取得，主要由于我在科学研究的过程中注意了下列几点：

正确对待前人理论，学百家之长，自主创新　对任何与自己研究领域有关的科学理论，都应虚心学习，以求全面深入了解，但不作无原则的全盘接受，要一分为二，只取其精华。就是说，要根据实际材料，检验原有理论，肯定和继承其符合事实的部分，而对其未经验证或经不起检验的部分，加以探索，作为选题对象，以求创新。我主张尊重前人劳动成果，从中获得知识，但不受其束缚，而根据自己的材料和思路去寻求真理。对前人未解决的问题，树立信心，矢志不渝，务求达到水落石出。

面向国民经济，密切联系生产　我在选题时，在把了解客观世界、掌握客观规律作为主

要科研任务的同时，特别注意国民经济建设的需要。我认识到，实际意义较大的课题，所取得的成果其社会效益和经济效益也较大，因而也就较容易得到社会的重视和推广，早日获得实践检验，同时也早日使成果得到充实和提高。

注意研究方法，演绎与归纳并重　演绎法可使人想象丰富，思想开敞，作出无数假说。但在未得到证明之前，纵使动听诱人，仍然只是假说，不一定真正反映客观实际。如果是华而不实，即使可以推行一时，也终难逃过实践的检验。只有演绎法与归纳法并重，交替使用，随时验证自己假说的正确性，才能易于获得接近客观实际的结论。

重视野外观察，宏观与微观结合　地洼构造理论之所以具有一定的实用性，被认为“以十分让人信服的论据，论证了这种地区是与地槽区和地台区并列的一级构造单元”(苏联 Sheglov，1968)，即得益于此。如果轻视任何一方都会影响科研的质量。近年有些国家轻视野外工作之风吹到我国，不宜模仿。

讲究思想方法，重视辩证思维　基础理论问题常常涉及科学中的带根本性的问题。在整个科学研究活动中，运用自然辩证法将会获得有益的指导作用。就大地构造来说，过去强调地壳演化研究，采用历史－分析法，重视垂直运动，近年则强调研究岩石圈块体的运动；采用动力分析法，重视水平运动。各有优点，也各有不足之处，主要在于两者都有偏颇。如能运用辩证思维，把两者结合起来建立历史－动力大地构造学及壳体概念，将岩石圈块体的演化与运动融为一体，采用历史动力综合分析法，统一研究，既强调它们在时间上的动态，又强调它们在空间上的动态，即发展观点与联系观点结合，时间空间兼顾，水平运动垂直运动并重，将能更全面认识地球，建立的理论将会更有成效地指导生产。我之所以能够发现地洼区这个新型活动区，成为地洼学说基础的最原始部分，即是受益于这样的思维方式；该学说的其他组成部分以及其整体的指导思想和思维方式有别于槽－台学说和板块理论，也主要在此。

陈国达

1998 年

前　言

陈国达(1912—2004)是中国科学院资深院士，国家一级教授，教育家和社会活动家；国际著名地质学家、大地构造学家、成矿学家、国际活化构造与成矿理论体系——地洼学说原创者及其国际性学派创始人、国际地科联(IUGS)矿床成因协会(IAGOD)矿床大地构造委员会(CTOD)副主席兼构造－岩浆活化(地洼)学组主席。

曾任中南矿冶学院(现中南大学)地质系首任系主任，中南矿冶学院副院长，湖南省地质学会首任理事长，中国科学院长沙大地构造研究所首任所长，中华人民共和国成立后中国地质工作计划指导委员会委员，中国地质学会副理事长，全国人大第四、五、六、七、八届代表，全国先进工作者，全国高等学校科技先进工作者，湖南省特等劳动模范，湖南省首届科技之星。

他一生以大地为伍，从事区域地质、构造地质、成矿学、地貌学、地震、古植物学等多个领域的研究与教学工作70余年，硕果累累，桃李满天下。据不完全统计，他在国内外公开发表论著420多篇(本)，还有未发表论著及学术报告50余篇(本)，内容广泛，形式多样，既有对理论大地构造学和成矿学的重大建树，也有对地质基础和新兴学科的出色贡献。他的最大建树在于创立了大地构造新理论——地洼学说(活化构造及成矿理论)，为推动地球科学的发展和矿产资源开发做出了卓越贡献，产生了深远的国际影响。地洼学说的创立突破了近百年来统治地球科学的槽－台学说的束缚，被列为20世纪世界科学史上的大事之一。经过半个多世纪的不断发展、完善和实践的检验，地洼学说已得到国内外地质学界的承认与高度评价，从而成为源于中国、称陈国达为“第一代引路人”的国际性学派体系。

他为中华民族赢得了荣誉，更是中国科技精英中的杰出代表。

一

陈国达，原名陈祖达。1912年1月22日生于广东省新会县五福里一个贫苦的店员家庭。他年幼时就聪颖好学、爱动脑筋。他经常随父亲翻山越岭，渐渐地对山和海产生了兴趣。大自然的熏陶，使他自小养成了探究山川奥秘和好奇求索的个性，以及求真务实、细心观察、勤于思考、刻苦钻研的习惯。

1925年，陈国达考入新会一中。1928年，他以优异的成绩越级考取中山大学理学院预科。两年后直升本科，并且选择了地质学。大学期间，陈国达师从我国著名地质学家张席禔、古生物学家乐森琿、大地构造学家李承三等教授，还有瑞士构造学家A.哈安姆，奥地利著名古生物学家K.古力齐等外籍学者。他学习十分刻苦，坚持理论与实践并重，不满足于学校安排的课外实习，经常利用节假日到广州郊外考察……

年轻的陈国达才华横溢。大学四年，他先后发表三篇颇有见地的论文。第一篇论文《广

东新会地质试勘》,这是他利用暑假回乡考察后写下的,后来获国立北平研究院地质矿产研究奖金。另一篇《广州三角洲问题》,他以实际资料为依据,大胆提出它并非真正的三角洲,而是由基岩准平原被珠江泛滥平原冲积物覆盖及基岩残丘共同组成的地貌景观。这篇论文被刊登在中国科学社主编的《科学》(1934)刊物上,并获中国科学社颁发的奖金和一枚刻有"格物致知,利用厚生"的金质奖章。第三篇论文(毕业论文)《广东之红色岩系》,是他前往广东省仁化丹霞山等地考察后写下的,首次阐明了关于中新生代红层的沉积环境,并提出了"丹霞山地形"。该文与1938年题为《中国东南部红色岩系之时代划分》的英文论文,是他后来创立地洼学说,命名"地洼区"、"地洼沉积层"的最原始的依据。因其论文见解新颖、富有独创性,再次获得国立北平研究院地质矿产研究奖金。

1934年,陈国达大学毕业后,获美国洛克菲勒文化基金资助被直接选送到北平研究院地质研究所当研究生,师从著名地质学家、中国中生代造山运动——燕山运动的发现者与创名者翁文灏教授,兼在北京大学随著名植物学家斯行健教授和美国大地构造学家葛利普教授学习。在这期间,他先后考察了河北、山东、山西、内蒙古等地,收集到大量的第一手实际资料,发表了《山西太谷沉积中之水成变形》《山东荣城县马鞍山碱性正长岩之探讨》等四篇论文。通过潜心研究,他发现当时按传统的地槽-地台理论所划定的"华北地台",与他在华北地区观察到的中生代造山运动地质构造现象不相符合。这一怀疑,标志着一种新的大地构造思想在他脑海里孕育。1935年,陈国达结束了研究生学习,回到广州,在两广地质调查所任技士,兼任中山大学地质系的教学工作。

1936年4月1日,广东灵山地区发生了强烈地震。陈国达冒着余震的危险,赶赴灾区现场考察,写出了具有深远影响的《广东灵山地震志》专著,对传统理论认为中国缺少地壳活动性和系少震国家的论断提出了质疑。该著作被载入了新中国成立前我国具有开创意义的震例研究之中。

1937年,日本侵华,广州沦陷。陈国达到江西地质调查所任技正。八年抗战期间,他辗转迁徙,踏遍华南诸省考察地质,进入虎狼出没之地,住破庙,吃干粮,过着风餐露宿的野外生活,使他患上了风湿病,后来又得了肺结核,但他不仅以顽强的意志战胜了病魔,而且还对江西以至中国东南部的燕山运动以及地质与矿产进行了广泛的调查研究。在江西工作期间,陈国达的研究内容更为广泛,发表论文数十篇。他在《江西贡水流域地质》和《崇仁宜黄间地质矿产》两项研究中,正式提出的"丹霞地貌"术语。现已被广泛引用于描述以奇峰著称的丹霞式红层地貌,被誉为红层地貌学研究的奠基人之一。在江西贡水,他还发现了大羽羊齿(*Neuropteris gigantea*)植物化石,突破了前人关于江西省只有二叠纪煤系的看法,确证了江西境内有石炭纪煤层的存在,从而扩大了该省的找煤方向。

1945年8月,陈国达重返中山大学,任地质系教授、系主任。1947年,他去广东沿海考察,研究中国海岸地貌,在其后的《广州附近上升浪蚀阶地及粤省复式岸线之成因》及《中国岸线问题》等文章中,以令人信服的依据纠正了长期流行的德国地质学家李希霍芬(Riehthofen)关于中国岸线是南升北降的简单结论,提出了由块断差异升降复合成因的新论断;更具深远意义的是,获得了中国大陆东部近代地壳运动(新构造运动)活跃的事实依据。陈国达这一时期的科学实践,及持续近20年的科学积累,证实了从中生代"燕山运动"到新生代,直到现代新构造运动,都大范围地表现出地壳的活动性特征。学术思想上的解放,为他开启

理论大地构造学“继承与创新”的探索与研究，清除了主要障碍，成为其后创立“地台活化说”的基础。因此，这一时期成为其后创立地洼学说的孕育时期。

1948 年，他去广东茂名等地调查油页岩，发表《广东油页岩简报》和《中国油页岩概论》等论著，为新中国成立后开发油页岩矿产提供了最早的、可靠的地质依据。1949 年，陈国达在广州十二科学团体联合会共同举办的学术讨论会上宣读了《粤南油页岩的开发问题》一文，不仅引起众多地学工作者的兴趣，而且得到政府官员对矿产开发的高度重视。

1951 年，他被中央人民政府政务院任命为中国地质工作计划指导委员会委员。

1952 年，全国院校调整，随着中山大学地质系并入中南矿冶学院，陈国达调入中南矿冶学院工作，先后任系主任、科研部主任、副院长、学术顾问。1954 年确定了研究题目，他把主要精力集中向地球科学的“上层建筑”——大地构造学中关于地壳演化与运动问题进军。他系统整理历年来野外考察积累的实际资料和成果，于 1956 年在《地质学报》上发表了《中国地台“活化区”的实例并着重讨论“华夏古陆”问题》，对美、奥学者提出的一百多年来在世界流行的地槽－地台说提出了挑战，通过批判性的继承和扬弃创新，提出了地台活化说，这是地洼学说的初创，被国际上认为是地洼学说在中国诞生的标志。这年，他加入了中国共产党，并被当选为湖南省地质学会第一任理事长和省科协副主席。1956 年 1 月，他赴北京列席第一届全国政协第二次会议，在中南海受到当时的中共中央主席毛泽东和国务院总理周恩来的亲切接见。

1957—1960 年是陈国达创新理论发展中的重要时期。期间，他与苏联科学家西尼村一道，考察湘、赣、粤、闽、浙等省的“活化地台”地质构造。随后相继发表了《关于怎样辨识活化地台》《中国地台活化区矿产的分析》《地壳的第三基本构造单元——地洼区》《地洼区的第三构造层——地洼沉积层》《划分基本构造单元的一项新标准——结构》以及《地壳动“定”转化递进说——论地壳发展的一般规律》等二十多篇有关地洼学说的论文，还出版了《地台活化说及其找矿意义》专著。至此，形成了地洼学说最初的理论结构雏形。1965 年，作为中国大地构造主要学派之一的代表，陈国达用多元论的观点，在《中国大地构造问题》论著中发表了《地洼区——后地台阶段的一种新型活动区》。第一次对他所创立的地洼学说的立论基础——地洼区作出了全面系统的论述。该成果获中国科学院自然科学二等奖。

1961 年，国务院批准在长沙设立了专门研究机构——中国科学院中南大地构造与地球化学研究室，陈国达担任主任。

1966 年，河北邢台发生大地震。根据国务院的安排，陈国达率主要骨干赶赴灾区进行考察。后来又承担了安阳地区地震烈度区划及地震烈度鉴定的任务，受到好评。

“文化大革命”期间，中南大地构造与地球化学研究室被撤销。虽然受到各种阻力，他仍然忘我笔耕，完成了《成矿构造研究法》专著初稿。1975 年，该专门研究机构恢复为湖南省大地构造研究所，陈国达任所长。并于 1977 年创办《大地构造与成矿学》，亲自任主编。

随着“文化大革命”的结束和 1978 年全国科学大会的召开，陈国达也迎来了他的科学生涯的春天，他所创立的地洼学说进入了全面充实发展和拓展的阶段。1978 年，他的专著《成矿构造研究法》出版，其后他主编了《中国大地构造图》（1∶400 万）。该图和《中国大地构造概要》1978 年获得两项全国科学大会奖励。是年，湖南省大地构造研究所重归中国科学院，易名为中国科学院长沙大地构造研究所，陈国达先后任所长、名誉所长。

1979 年,陈国达当选为中国地质学会副理事长。1980 年,他当选为中国科学院学部委员(1993 年改称院士)。同年,他应邀到德国法兰克福大学讲学,这是他出国传授地洼学说的开端。接着代表我国出席在巴黎召开的第 26 届国际地质大会,宣读《地洼学说及其实践意义》论文,《成矿构造研究法》专著和《中国大地构造图》(1∶400 万)被选送巴黎第 26 届国际地质大会展览。会上他当选为国际地科联矿床成因协会(IAGOD)矿床大地构造委员会(CTOD)副主席,受聘为《全球构造与成矿学》顾问编委。会后,考察了波罗的海活化(地洼)区构造及瑞典基鲁纳大铁矿和芬兰乌罗士铜锌硫化物矿床。以此为开端,在 1981 ~ 1989 年,他先后应邀前往纽约大学、哥伦比亚大学、科罗拉多大学、美洲大学、李海大学、莱哈大学、得克萨斯大学等美国九所大学和四个研究所讲授地洼学说,受到赞誉。期间他还对美国西部活化(地洼)区、大河谷、科罗拉多高原、Tularasa 地洼盆地等进行实地考察。

1982 年,他的《地壳的第三基本构造单元——地洼区》和《地洼区——后地台阶段的一种新型活动区》获国家自然科学二等奖;其后,有关地洼学说的论著分别获得省、部级成果奖励。

1982 年,他作为中苏科学交往中断 20 多年后第一个受到邀请的中国科学家到苏联莫斯科大学、全苏地质研究所和列宁格勒矿业学院、苏联科学院前寒武纪地质与地球年代学研究所讲学访问,并被特邀出席在第比利斯举行的第六届国际矿床成因协会会议,担任大会执行主席,并在会上作特邀报告《多因复成矿床并从地壳演化规律看其形成机理》。他所提出的多因复成矿床新概念,其后发展成为地洼学说中递进成矿理论的重要组成部分。会后他还考察了中亚与西亚地质,受到隆重接待。陈国达此行被认为是中苏"科学外交"的里程碑。这一年他还被国务院批准为首批博士生导师;以后又被批准为首批博士后研究人员及访问学者导师。

1983 年,陈国达主持了首届全国构造地球化学讨论会(长沙),作了《关于构造地球化学几个问题》的学术报告。这门交叉学科自陈国达 1961 年提出设想,经长期实践和积累后,成为地洼学说理论结构中的新增部分。1983 年 6 月,他去张家界考察武陵山脉石英砂岩峰林地貌,并受聘为武陵源国家风景区科学顾问;9 月,他应日本学术振兴会邀请前往日本新潟大学、京都大学、山口大学、广岛大学、鸟根大学、松山爱媛大学、名古屋大学、信川大学、大坂大学、东北大学及日本地质研究所、构造地质研究会、温泉研究所等十余所大学及研究所讲学访问;并考察了中央构造线、陷没构造、阿苏火山和九重山地质构造等。

1984 年 7 月,应南斯拉夫科学艺术院邀请前往讲学,并访问塞尔维亚、波黑及马其顿,实地考察这些地区的活化(地洼)构造。同年 9 月,他应国际地质大会组委会特邀,出席第 27 届国际地质大会,在会上作了《论汾渭地堑的大地构造性质——一个裂谷型地洼系》的特邀报告。在开、闭幕式上,他被安排在大会主席台前排就座。这是自有国际地质大会以来享受这种礼遇的第一位中国科学家。

1986 年,他应邀赴香港地区讲学,受到隆重礼遇;同年 11 月,他主持召开第一届全国地洼构造与成矿学学术会议。中共中央书记处书记邓力群等领导到会祝贺。会上成立了中国地洼学说研究会(筹),陈国达被推选为理事长。1987 年他还分别出席了"国际岩石圈北京会议"和"中苏海洋地质讨论会"。由于他的一系列的学术交流与讲学,地洼学说(活化构造与成矿理论)被进一步推向世界。

1988 年，他主持召开首届国际地洼构造与成矿学学术讨论会。会上，由各国代表倡议成立了国际地洼构造与成矿学研究总中心，总中心设在中国长沙，陈国达任主席。1989 年他率中国科学家代表团访问蒙古，进行学术交流并实地考察了蒙古活化(地洼)构造和著名的额尔德尼泰因鄂情铜钼矿山。随后，俄罗斯、蒙古两个分中心相继于 1991 年及 1992 年成立。

20 世纪 90 年代，活化(地洼)构造及成矿理论的研究，成为国际地科联(IUGS)有组织、有计划地进行国际合作的一部分。1990 年 8 月 14 日，国际地科联矿床成因协会理事会决定，在矿床大地构造委员会中设立“构造－岩浆活化(地洼)”学组，陈国达任主席。这是第一个以中国学者创立的学说命名的国际性学术组织。同年，他在国际第十五届地质科学史会议上发表了《“燕山运动”的历史意义》一文，从国际领域发展的角度，强调了中生代造山运动的客观地质记录，对大陆构造与成矿研究具有重大作用和深远意义。1989 年起他将《大地构造与成矿学》创办成由 IAGOD/CTOD WORKING GROUP4 和 TECTONO-MAGMATIC ACTIVIZATION(DIWA)共办的国际性中、英文期刊。

1991 年，陈国达与苏联科学院院长 A. Л. 杨申院士共同主持，在苏联召开了第二届国际地洼构造与成矿学学术讨论会。1992 年他还与苏联、日本等国的地质学家一道，承担完成 1∶300万《东亚火山构造图》。1993 年经国际地质对比计划执委会批准设立《东亚中生代活化带成矿》(IGCP)361 国际协作研究项目，他担任该项目第一副组长。地洼学说被进一步纳入国际协作计划。

陈国达倡导并注重大地构造与矿床学研究相结合发展成矿学理论，把大地构造理论与找矿实践并重作为地洼学说的基本学术路线。从 20 世纪 80 年代起，他从成矿学的角度，提出了多因复成矿床理论，进一步充实了地洼学说与成矿学的内容，并用上述理论指导中国科学院长沙大地构造研究所和中南工业大学地质系承担完成了数十项国家和省、部级科研课题，取得了一批科研成果，相继获得国家和部、省级奖励。

1990 年起直到 2004 年 4 月逝世前，陈国达对其所创立的地洼学说，进行了涉及理论学科范畴、研究范围与方向，研究目的与方法等方面的系统性的总结以及全面性的拓展、增新。他分别于 1996 年和 2000 年出版了中、英文版的《地洼学说——活化构造与成矿理论体系概论》，该书是向国内、国际地球科学界系统阐明活化(地洼)构造及成矿理论体系的较全面的最新专著。1991 年，他又倡导建立历史－因果论综合大地构造学，将其创立的大地构造及成矿学理论体系推进到全球构造的更高层次。1992 年他发表了中、英文版《历史－因果论大地构造学刍议》，倡议将全球陆、洋岩石圈块体(壳体)的演化－运动相结合统一研究，采用“历史－动力综合分析法”，并据此创建“壳体大地构造学”新学科，这是他所创立的地洼学说的持续创新。随后于 1994 年主持编制出版了《亚洲陆海壳体大地构造图》(1∶800 万)，获中国科学院自然科学二等奖。在 1996 年他又向第 30 届国际地质大会提交了《壳体构造——一种综合大地构造学新概念》的论文；1998 年他所主笔的《亚洲陆海壳体大地构造》专著出版，书中提出的亚洲壳体演化－运动历程中的三个重大事件的创见，被学术界誉为国际地学前沿研究的三大课题。该专著获国家图书奖提名奖暨科技进步奖(科技图书)二等奖。2003 年，陈国达从理论基础与基本研究两个方面，对递进成矿演化论的核心内容，以及中国主要非金属、金属和能源矿产的成矿演变特征及其时、空规律性和典型成矿类型实例，进行系统性论述的《活化构造成矿学》专著出版。此专著获 2004 年第十四届中国图书奖。在地洼学说拓展

和再创新的阶段，他共发表了近 40 篇(本)论著。直到 2004 年逝世前，他还完成了《自主创新研究亚洲陆海大地构造与成矿学之必要》及《亚洲大陆中部壳体东－西部历史－动力学的构造分异及其意义》两文。

自 1956 年始，半个世纪以来，陈国达创立的地洼学说(活化构造及成矿理论)经历了初创、充实发展、拓展再创新几个阶段；经历了国际与其接轨到其与国际接轨、相辅相成的发展历程。陈国达将他生命最后 20 多年的大部分精力，都用在把中国学者原始自主创新的理论推向世界并促进国际合作研究，为地球科学的发展，为振兴中华科学技术，扩大在国际上的影响，做到了“鞠躬尽瘁，死而后已”。

二

地洼学说提出后，首先得到国外地质学家的赞同。许多地质学家先后撰文著书，系统地引用和详细地介绍这一理论。1959 年，苏联科学院 А. Л. 杨申院士首先把“地洼”(Diwa)直译为“дива”介绍给该国地质界。随后，谢格洛夫和卡赞斯基以及巴西学者阿尔梅达、日本学者滕田至则等，此外还有朝鲜、蒙古、越南、印度、美国、澳大利亚、西欧等许多国家和地区的学者，都相继撰文或引用。“地洼区”或“活化区”已被收入苏联《地质辞典》(1978)、日本《地学事典》(1971)、中国的《辞海》及《地学辞典》等。事实上，“地洼区”并非中国独有，而是在世界大陆普遍存在。如《朝鲜地质》(1968)一书记述了朝鲜地质发展从三叠纪进入地洼区阶段，中生代成矿期对该国矿产形成的重要作用；1977 年苏联地质学家汤姆逊在评价《活化区成矿分析》一书中指出：“现阶段地质学的发展，决定于两个新学说，一是板块构造，二是构造－岩浆活化(地洼)过程所决定的第三构造发展类型，这两个科学方向都成为重新审查成矿理论的基础。”1976 年，美国《经济地质》杂志刊登介绍《活化区成矿》一书的署名文章指出：“功劳归于中国的陈国达……”苏联科学院通讯院士 А. Д. 谢格洛夫，在 1983 年访问长沙大地构造研究所和南京大学的学术报告中，高度评价中国在大地构造与成矿学方面取得的成就，指出“苏联构造－岩浆活化学说，是建立在地洼学说上的”；称“陈国达教授是我们学说的第一代引路人”；“陈国达教授是构造－岩浆活化论在国际上的支柱力量”；他还一再强调“地洼学说发源于中国，陈国达教授创立，但不仅仅适用于中国，它有着世界意义”。

不仅如此，地洼学说在指导找矿上也卓有成效。在国外，苏联首先运用地台“活化区”(地洼区)新观念，开展找矿实践，在长期以来被认为是无找矿远景的外贝加尔地区，运用地洼学说理论找到了丰富的钨、锡矿床；还有巴西北部的锡矿，澳大利亚的萤石、汞、锑矿，捷克、法国、加拿大等国的许多金属矿，都是运用地洼学说理论找到的。2000 年俄罗斯在彼得堡举行的《矿物资源和地质调查科学大会》上重点讨论了活化(地洼)构造的成矿问题。彼得洛维奇院士指出：“中生代构造活化是个全球性现象，许多重要矿床与之有关；以铀矿为例，世界意义的超大型铀矿床……均产于地洼构造中，因此地洼构造成矿研究，具有普遍意义。”

在中国运用地洼学说指导找矿成功更是不乏其例。如石油工作者根据地洼区的构造特点，在新疆、华北找到了大型油田；新疆阿尔泰山原生金矿的首次发现，使该地区找矿工作获得新的进展；海南在原认为无成矿远景的抱板地区也发现了金矿带；广西首次发现大型三水铝土矿；在云南老厂铅银铜矿、个旧锡矿、湘西金矿、湘东钨矿、湖南花垣铅锌矿、广东凡

口铅锌矿、湖北大冶铁矿、安徽铜陵铜矿、甘肃金川镍矿等大批金属矿深、边部及外围，运用地洼学说成矿学理论，找到了新的隐状矿产资源等。此外，地洼学说在地震预报、五强溪水电站和柘溪水电站工程选址方面，都发挥了重要作用。充分地反映了该学说理论与实践并重、创新与拓展并行的特色。

由于地洼学说在大地构造学领域中所起的开拓性作用，这个地壳演化新理论已在日本弘文堂出版、伊东俊太郎主编的《科学史技术史大事典：简明世界科学技术史年表》中，把“1956 年陈国达(中国)发表地洼理论”列为大事之一[①]。20 世纪 80 年代末至 21 世纪初陈国达在国际地学界的学术交流与合作，受邀讲学访问，不但向世界各国地学界宣讲了地洼学说(活化构造及成矿学理论)，扩大了这一创新理论在国际上的影响；而且向全世界显示了中国人民及其科技人员的勤奋努力和聪明才智，为中华民族赢得了荣誉。正如著名地质学家叶连俊资深院士在《怀念大地构造学家陈国达院士》文中[②]的赞誉评价：“陈国达院士是受国际地球科学界尊重的地球科学家”；“陈国达院士为我国地质事业的前进与发展奋斗了一生，务实求真，为祖国地质事业的不断前进与发展，孜孜不倦地奋起重挥远征帆”；“他提出的第三大地构造单元理论——地洼学说，被国际大地构造学界公认为是一项最新的大地构造学说，在国际上为中国地质科学界获得了荣誉”；“晚年，他仍然不顾年老体弱，始终惜时若金，不停步地向前迈进。他于 1991 年提出了《壳体构造》这一论说，即把岩石圈的演化与运动统一起来，加以研究的新的学术思想，代表着当今地球科学界的一项新的探索目标”。

陈国达在学术上的突出贡献，使他获得了崇高的声望。除了在科学技术界担任过 20 多个职务外，还被选为湖南省第一、二、三届人大代表；第四、五、六、七、八届全国人大代表。1989 年被评为湖南省特等劳动模范和全国先进工作者；1988 年至 1989 年间，他曾入选美国《国际杰出领先者名人录》和《国际名人辞典》、英国《世界五千名人》；1990 年被国家教委、国家科委授予全国高等院校先进科技工作者；1996 年又被评为湖南省首届科技之星；2000 年，湖南省科协主持组织为他雕塑两座铜像，分别矗立在中南大学校园和中国科学院长沙大地构造研究所内，以此表达对这位科学大师的敬仰。

三

陈国达是个土生土长的中国科学家。他在科学事业的长河中之所以能激起令人奋进的浪花，与他敢于坚持真理、勇于求真务实以及他的治学思想和科学方法密不可分。“坚恒、勇慎、严实、德勤”，既是他为中国科学院长沙大地构造研究所制定的“八字”所训，也是他半个多世纪以来在科学探索中的治学格言和经验总结。正如他在 1939 年处于创新理论的萌芽孕育阶段时所写下的《携锤颂·七律》：“十载携锤欲尽山，兴来哪识路艰难；晨风飒飒驰荒漠，暮霭苍苍渡苇关；衡岳云端笑断壁，蓬莱海角战狂澜；前尘回首休惆怅，奋起重挥远征帆。”

陈国达认为，一个科学工作者首先必须有攀登科学高峰的坚定志向，任何处境下保持坚

① 伊东俊太郎等.《科学史技术史大事典：简明世界科学技术史年表》，日本弘文堂出版；译本：哈尔滨工业大学出版社，1983 年，第 145 页

② 叶连俊.《怀念大地构造学家陈国达院士》，大地构造与成矿学，2005，29(1)：131～132

定不移的恒心。正是这种志向使他在“十年动乱”期间顶住了来自多方面的压力,没有中断过工作。无论是处于逆境或受到推崇,始终平静坦然面对,正如在1996年纪念地洼学说(活化构造及成矿理论)创立40周年时,他作了如下诗句自我概括:“踏破万水与千山,人为险阻攻更难;半纪求真坎坷路,雪山过后终开颜。”

他经常告诫他的学生,要敢于创新,要有超越前人的精神;工作中要勇字当头,但在观察、实验的时候,必须谨慎细致,一丝不苟;公布发现和发明要适时,成功面前要谦虚。

他认为,严肃、严格、严密的工作作风和实践、踏实、求实、诚实的品德是一个科学工作者取得成功的关键。他特别重视科学研究的哲学思想与方法。在他发表的论著中,有相当数量的论文,贯穿和体现了这种唯物辩证法的思想与方法。他不但年轻的时候勤于实际观察,就是年逾古稀时也仍然坚持工作在科研第一线,足迹遍及祖国各地和亚欧、美洲等著名矿山。

他认为,科学道德和职业道德是一个科学工作者最基本的、不可缺少的素质之一。一个合格的科学家,要有高尚的道德和良好的品质以及勤劳不息、勤俭节约的精神。凭着这种精神,他在长达70余年的地质科研与教学生涯中,勤奋笔耕,发表论著420余篇(本)。他还被评为中国20世纪100名论著最具国际影响的科学家之一。

他博学多才,具有深厚的文学功底。他在探索大自然奥秘之余,还写下了近百首风格上朴素自然、寓意辽阔深远的科学诗。1995年出版了《陈国达诗选》,1998年再版。

陈国达虚怀若谷,热心育人,桃李满天下。除了教育成千上万的大学本科生外,从20世纪60年代起,他为国家培养了百余名硕士,50多名博士和数十名博士后高级人才。其中许多人已成为教学、地质科研和生产战线的科技精英。

他严于律己、宽以待人。痛恨那些慷国家之慨、损公肥私的恶习,他的生活十分简朴,家里除了琳琅满目的书籍杂志之外,几乎没有一件像样的家具。讲课时,舍不得扔掉所剩的粉笔头;写作时甚至连旧信封也要翻过来用。……然而,为了推动地洼学说的发展,激励后辈,他慷慨地把自己所获的国家自然科学奖奖金和部、省级奖金以及个人所得的稿费和其他收入捐出来设立“地洼学说奖励基金”,奖励那些在研究该学说理论上有较大发展或生产实践中做出较大贡献的地学工作者。自1983年设立该基金以来,共颁发了12次奖金,80余人获此殊荣。此外,他还为青年学者的论著题词作序,鼓励年轻一代奋发成才。

陈国达惜时如金。即使步入耄耋之年,患有高血压、冠心病等多种疾病,但仍和年轻时一样,从来没有节假日和星期天。尽管行动不便,但仍坚持忘我笔耕。

1996年以后,他相继出版了《地洼学说——活化构造及成矿理论体系概论》(中、英两种版本)《亚洲陆海壳体大地构造》《活化构造成矿学》《云南铜-多金属壳体大地构造成矿学》等专著和数十篇学术论文。直到逝世前的几小时,他还在为“教育天地”刊物题词;还在与他的助手和学生在电话中探讨学术问题。真可谓“春蚕到死丝方尽”。

2004年4月8日凌晨4时23分,陈国达因心肌梗塞在长沙逝世,享年93岁。

四

按陈国达健在时的意愿和嘱托以及逝世后其亲属的委托,由陈国达生前所在的两个工作单位——中南大学和中国科学院长沙大地构造研究所牵头,组成了包括有部分两院院士和专

家、学者的编辑出版委员会，负责主持编辑出版《陈国达全集》；中南大学出版社受陈国达亲属委托负责出版有关的具体事宜。陈国达的论著及作品十分丰富，为了将他在这些论著中所反映的创造性发现，他所创立的地洼学说（活化构造及成矿理论）的体系内容、创新发展阶段及奋斗历程等汇集出版，供国内外同仁参考，经《陈国达全集》编辑出版委员会历时3年多的收集整理，共收集有陈国达独著或为第一作者的论著450多篇（本）（包括部分未发表的以及虽发表过但以前未列入陈国达著作总目录的）。按照内容和时间结合分卷的原则，经编辑出版委员会部分在长专家座谈会讨论确定，共分九卷，每卷100万字左右。

第一卷　地洼学说的孕育——中国区域地质矿产调查（1932—1955年中英文论著）

第二卷　地洼学说（活化构造及成矿理论）的初创（1956—1960）

第三卷　地洼学说（活化构造及成矿理论）的充实（1960—1977）

第四卷　地洼学说（活化构造及成矿理论）的拓展（1977—1992）

第五卷　地洼学说的再创新——历史－因果论壳体大地构造学（1992—2005）

第六卷　地洼学说——活化构造及成矿理论体系概论（中、英文版合卷）

Diwa Theory—Outline on Activated Tectonics and Metallogenic Theoretic System

第七卷　活化构造成矿学

第八卷　Works on Activated (Diwa) Tectonics and Metallogeny Written in Foreign Language［活化（地洼）构造及成矿理论的外文论著（1956—2005）］

第九卷　科学思想与方法，科普作品与诗词（1933—2005）

上述九卷中的第六、七两卷为活化（地洼）构造及成矿理论体系的系统论述专著，是作者经长期理论研究及科学实践所提出并闻名于世的“地洼学说”理论体系的系统总结，分别于1996年和2003年出版。

《陈国达全集》的收录范围自作者从20世纪30年代至21世纪初他逝世前所发表的论文、著作以及反映其学术思想和奋斗精神的文字作品，这些作品均具有原创性。对于作者编著的教材（6部）、文选（3部）、译著以及主要属于与陈国达合作的作者所写的合著作品，除个别重要内容收入正文外，一般均放在附录中进行了简要介绍；除此之外，附录还包括了《陈国达年谱》和《陈国达论著目录（1932—2005）》；陈国达应邀赴国内、外所作学术报告或访问讲学的简况；培养的研究生（硕士、博士及博士后）名单及其论文题目；主持有代表性的科研项目、获奖情况等；“地洼学说”奖励基金奖励人员及论著名称；“地洼学说”陈列馆与国际期刊《大地构造与成矿学》创办历史及简况；活化（地洼）构造及成矿学国际学术会议的主办及活动情况等。其中，作者应邀在一些单位所作的学术报告，有部分内容较重要而又在以后未正式发表的，也选入了全集正文。但有些学术报告其部分内容与已发表的论文有所重复的，则采用节略及节要的方式收录。

由于作者论著写作时限较长，格式编排不一，此次《陈国达全集》的编辑采用了国际标准编排法，对论著中的章、节、小节等一律用1，1.1，1.1.1……表示，其下再按1）、（1）、①、A、（a）等编排。图表在论文中用单数列编号，如图1，表1；在著作中用章号加图号的复数列编号，如图2－2，表2－2等；图版如为照相制版，找不到原底版的，只能扫描复制；大图（如1∶400万中国大地构造图及1∶800万亚洲陆海壳体大地构造图）则只能缩制，以便能收入书内。注释分两类，作者的原注用①、②、③等排于页下，编者所加的注释则一般用带＊号的

脚注形式表示(如作品发表的书刊名、卷、期、页、时间)。参考文献仍置于每篇论文或著作之后,但按先中文后外文进行了调整;因作者论著中的参考文献大部分采用哈佛体系著录法,因此全集的中文卷(第一至七卷及第九卷)按此进行了统一;中文论文后的外文摘要仍随文放在各卷中,独立篇(本)的外文论著则汇编成外文卷(第八卷),外文卷的参考文献仍采用顺序编码体系。

根据陈国达生前的嘱托,为了使读者对其创新理论发展进程中涉及新概念、新观点的一些重要论著的历史背景、要点及意义有所了解,特由有关编委撰写了每卷的编者说明,以说明该卷的论著数目和特点,以及一些重要论著的历史背景、要点及其意义。此外,还根据陈国达生前嘱托代为修正了相关文章中的印刷错漏、专门用语的欠妥和规范不统一等问题。

在《陈国达全集》资料收集中得到了中国科学院长沙大地构造研究所、中南大学地学与环境工程学院及陈国达院士的亲属的支持和大力协助。此外,还获得了北京国家图书馆、中国地质图书馆、全国地质资料馆、中国地质学会、湖南省地质学会、湖南省图书馆、广州中山图书馆、中山大学图书馆、中南大学档案馆和图书馆、中南大学地学与环境工程学院资料室等众多单位的鼎力帮助,在此一并致谢!

在《陈国达全集》的编辑和出版过程中,始终得到中国科学院叶连俊、孙枢、翟裕生等院士和中国工程院黄培云、黄伯云、何继善等院士的热情鼓励和支持;以及一些单位和个人在出版经费上的大力资助(见资助者题名页),原全国人大常委会副委员长、中国科学院院长、中国科学技术协会主席,现任名誉主席周光召院士以及中国科学技术协会副主席、中南大学校长黄伯云院士欣然为本书题词,中国工程院矿产与能源学部主任、湖南省科协主席何继善院士专门为本书题词并题写了书名。在此,我们深表谢意!

《陈国达全集》的"前言",是由中国科学院长沙大地构造研究所和中南大学两单位陈国达生前的行政秘书和学术助手等,参照包括陈国达院士本人的历年相关的档案、资料撰稿,后经征求编辑出版委员会全体成员的意见,经反复修改,并经院士、专家学者最后审定。《陈国达全集》的总序,经编辑出版委员会在长专家座谈会商定,采用陈国达亲自撰写的《独立思考 自主创新》一文①,作为代自序,放在全集各卷前。

我们怀着崇敬的心情搜集整理编辑陈国达的论著,看到凝结着编委会心血的《陈国达全集》的面世,内心感到无比欣慰。因为这不仅是陈国达毕生从事地质事业,创立和发展地洼学说(活化构造及成矿理论)的历史记录和科学总结,而且也是留给中华民族乃至国际地学界的一份宝贵的科学文化遗产。但因陈国达从事地质科研和教书育人工作的时间跨度很长,中间又经历了八年抗战、解放战争的伟大历史时期和建国后的"文化大革命"等几个较动荡的阶段,以致收集整理工作艰巨繁难,错漏之处在所难免,敬请有关专家和读者批评指正。对于被遗漏的未能编入《陈国达全集》的著作,我们将在机会成熟之时再编辑出版续集。

《陈国达全集》编辑出版委员会

2007 年 8 月 25 日

① 见《科学的道路》. 中国科学院院士工作局编. 上海教育出版社出版, 2005

编 者 说 明

本卷收入著者专著:《地洼学说——活化构造及成矿理论体系概论》(中文版,1996;英文版,2000)。这是活化(地洼)构造及成矿理论的系统论著之一,该专著是在1956年发现大陆新构造单元——地台"活化区"或地洼区并初创地洼学说的基础上,经过40年中、外学者的实践检验和对初始理论所进行的一系列新概念的充实与理论的再创新和拓展后,作出比较系统、全面、概要的专门论述;是在地洼学说(活化构造及成矿理论)的创新与拓展上具有里程碑重要意义的论著,标志着地洼学说的理论范畴、研究内容与方法,从历史大地构造学及大陆基本构造单元的历史综合分析,向历史-因果论综合大地构造学及全球陆海岩石圈超级综合构造区的历史-动力学演化与运动综合分析的拓展,把地洼学说大地构造与成矿学兼容并重的理论研究,从最初大陆大地构造单元与成矿学相对狭窄的领域,拓展推进到全球陆海壳体大地构造单元及成矿学演化与运动并重的领域,为探索全球构造演化与运动及其成矿的时空规律性,开辟了新的理论与实践并重的研究途径。

该专著对地洼学说的理论结构和体系进行了系统的总结,包括活化(地洼)构造的指导思想——历史-因果论大地构造学,及其理论的五个组成部分:①地洼区——大陆地壳基本构造新单元;②地壳动定转化递进说——地壳演化的一般性规律;③递进(活化)构造成矿理论——大地构造演化成矿的新理论;④壳体——全球综合大地构造新概念;⑤地幔蠕动热能聚散交替假说——壳体与成矿演化-运动动力源的探索;以及四个衍生学科:成矿构造学、构造地球化学、构造地球物理学、壳体大地构造学。此外,专著中还针对地洼(活化)构造理论研究中的若干专门性问题,进行了阐述,并对中国区域大地构造的基本特征和亚洲陆海壳体大地构造的基本特征,以及亚洲大陆壳体中、新生代的重大事件,作出了专门性论述。

为了有利于与国际地学工作者进行学术交流,以及有助于国内、外读者对照阅读,此次汇编《陈国达全集》时,将《地洼学说——活化构造及成矿理论体系概论》的中、英版合卷出版。英文版在2000年单独出版时,译名为 *Diwa Theory—Activated Tectonics and Metallogeny*,但由于1996年出版中文版时,采用的英文译名为 *Diwa Theory—Outline on Activated Tectonics and Metallogenic Theoretic System*。此次中、英版合卷中英文版采用了1996年的英译名。英文版的出版,加强了与国际地学界的交流,扩大了地洼学说在国际上的影响,在"21世纪活化构造与成矿学发展创新国际学术研讨会"(2001,长沙)上作为主要交流材料,受到国内外地学界同仁的关注和欢迎。在2002年被评为第六届湖南图书奖壹等奖,第十届全国优秀科技图书叁等奖。

陈国达全集

第六卷　地洼学说——活化构造及成矿理论体系概论

（中文版）

目　录（CONTENTS）

序言——总结过去　开创未来 …… (1)

1　活化(地洼)构造理论简述 …… (3)

1.1　活化(地洼)构造理论的一般概念 …… (3)
1.2　活化(地洼)构造理论体系的组成内容及理论结构 …… (7)
1.3　活化(地洼)构造理论的学科范畴 …… (10)
1.4　活化(地洼)构造理论与活化(地洼)构造学派 …… (10)
1.5　活化(地洼)构造理论与大地构造学 …… (13)
1.6　活化(地洼)构造理论与成矿学 …… (19)

2　活化(地洼)构造理论的基本研究方法——历史－动力综合分析法及其运用 …… (24)

2.1　概述 …… (24)
2.2　大地构造单元及其鉴别的意义 …… (24)
2.3　构造区及其划分的意义 …… (25)
2.4　历史－动力综合分析法 …… (26)
2.5　鉴别大地构造单元和划分构造区的分析方法 …… (31)

3　地洼区——大陆地壳基本构造新单元 …… (74)

3.1　后地台区阶段新构造单元的发现 …… (74)
3.2　地洼区的定义 …… (75)
3.3　地洼区的发展过程 …… (75)
3.4　地洼区的主要特征 …… (79)
3.5　地洼区的分布及时代类型 …… (139)

4　地壳动定转化递进说——地壳演化的一般性规律 …… (142)

4.1　地洼区——地壳演化史中动定转化的例证 …… (142)
4.2　地壳演化一般性规律的新认识——动定转化递进律 …… (146)
4.3　地壳动定转化递进说——关于递进律的论述 …… (150)
4.4　地壳动定递进转化说的理论与实际意义 …… (155)

5　递进(活化)构造成矿理论——大地构造演化与运动成矿的新理论 …… (157)

5.1　概述 …… (157)
5.2　历史－动力综合成矿分析 …… (158)
5.3　递进(活化)构造成矿理论要点 …… (160)
5.4　不同成矿大地构造类型的成矿条件 …… (167)

5.5　重点矿种在不同成矿大地构造类型中的差别 …… (169)
5.6　重点矿床类型在不同含矿大地构造类型中的差别 …… (171)
5.7　不同大地构造类型矿床的产出特点及主要含矿建造 …… (172)
5.8　不同大地构造性质构造区的控矿特征 …… (184)
5.9　多因复成矿床——一种大地构造演化综合成因的新类型矿床 …… (199)
5.10　壳体演化－运动与大地构造成矿 …… (213)
6　壳体——综合大地构造的新概念 …… (221)
6.1　有关壳体的基本概念 …… (221)
6.2　壳体的一般特征 …… (223)
6.3　壳体的演化及运动 …… (235)
6.4　壳体的生消、迁移和离合 …… (247)
7　地幔蠕动热能聚散交替假说——壳体与成矿演化－运动动力源的探索 …… (256)
7.1　地幔蠕动、热能聚散交替假说 …… (256)
7.2　地幔蠕动与壳体动定转化递进规律 …… (258)
7.3　壳体演化与运动的根本原因 …… (259)
7.4　壳体演化－运动与地幔关系的深部表现 …… (261)
7.5　壳体运动及有关构造形成的力源机制 …… (261)
7.6　壳体运动的主动和波动、内因和外因 …… (264)
7.7　地幔蠕动与成矿 …… (267)
7.8　地幔蠕动热能聚散交替的数理模型 …… (269)
8　地洼(活化)构造理论有关的几个专门问题 …… (282)
8.1　关于地洼区的几个问题 …… (282)
8.2　壳体构造与板块构造 …… (288)
8.3　造山作用与造盆作用 …… (301)
8.4　活化(地洼)构造理论编图的原则 …… (324)
8.5　关于前寒武纪大地构造的研究 …… (330)
9　中国大地构造基本特征 …… (349)
9.1　中国大地构造分区简述 …… (349)
9.2　中国大地构造时空演化与运动规律简述 …… (381)
10　亚洲陆海壳体大地构造 …… (397)
10.1　亚洲陆海壳体大地构造区划简介 …… (397)
10.2　亚洲陆海地壳演化－运动的基本特征和若干规律 …… (401)
10.3　亚洲大陆壳体中、新生代三大事件的探讨 …… (408)
参考文献 …… (434)
后　记 …… (447)

Volume Ⅵ Diwa Theory—Outline on Activated Tectonics and Metallogenic Theoretic System …… (449)

Brief Introduction to the Contents …… (450)

Preface …… (451)

1 Introduction to the Activated Tectonics or Geodepression (Diwa) Tectonics Theory …… (454)

1.1 Concepts of the Activated Tectonics or Geodepression (Diwa) Tectonics Theory …… (454)
1.2 Constituents and Theoretical Construction of the Activated Tectonics or Geodepression (Diwa) Tectonics Theoretical System …… (459)
1.3 Discipline Category of the Activated Tectonics or Geodepression (Diwa) Tectonics Theory …… (463)
1.4 Activated Tectonics or Geodepression (Diwa) Tectonics Theory and Activated (Diwa) Tectonics School …… (464)
1.5 Activated Tectonics or Geodepression (Diwa) Tectonics Theory and Geotectonics …… (468)
1.6 Activated Tectonics or Geodepression (Diwa) Tectonics Theory and Metallogeny …… (475)

2 Basic Research Methods in the Activated Tectonics or Geodepression (Diwa) Tectonics Theory—The Historical-Dynamic Integrated Analysis Method …… (481)

2.1 General Considerations …… (481)
2.2 Tectonic Elements and Significance of Their Recognition …… (482)
2.3 Tectonic Regions and Significance of Their Classifying …… (483)
2.4 Historical-Dynamic Integrated Analysis …… (484)
2.5 Methods for Identifying Tectonic Elements and Classifying Tectonic Regions … (492)

3 Diwa (Geodepression) Region—A New-type Post-platform Mobile Region …… (499)

3.1 Discovery of the Post-platform New Tectonic Element …… (499)
3.2 Definition of Diwa Region …… (500)
3.3 Process of Development of Diwa Regions …… (501)
3.4 Main Characteristics of Diwa Regions …… (504)
3.5 Distribution and Ages of Diwa Regions …… (548)

4 Theory of Progression with Transformation Between Mobile and Stable Regions —A New Recognition of the General Regularity in Crustal Development …… (552)

4.1 Diwa Region—Example of Mobile-Stable Transformation in the History of Crustal Evolution …… (552)

4.2 A New Recognition of the Regularity Governing Crustal Development—Law of Progression with Transformation Between Mobile and Stable Regions …… (557)
4.3 Theory of Progression with Transformation between Mobile and Stable Regions —A Discussion of the Law of Progression …… (563)

5 Progressive (Activated) Tectonic Ore Formation Theory—A New Theory of Ore Formation by Tectonic Evolution …… (570)

5.1 General Considerations …… (570)
5.2 Historical-Dynamic Integrated Metallogenic Analysis …… (572)
5.3 Main Points of the Progressive (Activated) Tectonic Ore Formation Theory …… (574)
5.4 Formation Conditions of Mineral Deposits of Different Metallotectonic Types … (585)
5.5 Differences Between Different Metallotectonic Types in Key Mineral Kinds …… (587)
5.6 Differences Between Different Ore-bearing Tectonic Types in Key Deposit Types …… (589)
5.7 Peculiarities in Occurrence of Mineral Deposits of Different Tectonic Types and Their Principal Ore-bearing Formations …… (591)
5.8 Polygenetic Compound Ore Deposits—A New Type of Ore Deposits of Tectonic Evolution Integrated Origin …… (610)

6 Crustobody—A New Concept in Integrative Geotectonics …… (628)

6.1 General Considerations …… (628)
6.2 General Characteristics of Crustobodies …… (631)
6.3 Evolution and Movement of Crustobodies …… (647)
6.4 Occurrence, Withering Away, Migration, Splitting and Amalgamation of Crustobodies …… (664)
6.5 Crustobody Tectonics and Metallogeny …… (675)

7 Hypothesis of Mantle Creep-Flow and Geothermal Energy Coacervation-Diffusion Alternation—A Probe of the Dynamic Source for Crustobody Evolution-Movement and Mineralizations …… (687)

7.1 Hypothesis of Mantle Creep-Flow and Geothermal Energy Coacervation-Diffusion Alternation …… (687)
7.2 Mantle Creep-Flow and the Law of Progression with Transformation Between Mobile and Stable Regions …… (691)
7.3 Basic Causes of Crustobody Evolution-Movement …… (692)
7.4 Deep Expression of the Relation of Crustobody Evolution-Movement to the Mantle …… (694)
7.5 Crustobody Movement and Dynamic Mechanism of Formation of Related Structures …… (695)

7.6 Crustobody Movements and Causes …… (699)
7.7 Mantle Creep-Flow and Metallogeny …… (704)

8 Some Special Matters Related to the Activated Tectonics or Geodepression (Diwa) Tectonics Theory …… (706)

8.1 Some Matters About Diwa Regions …… (706)
8.2 Crustobody Tectonics and Plate Tectonics …… (713)
8.3 Orogenesis and Basinogenesis …… (728)
8.4 Principles of Compiling Maps According to the Activated Tectonics or Geodepression (Diwa) Tectonics Theory …… (755)
8.5 Precambrian Tectonics …… (765)

9 Outlines of Tectonics of China …… (785)

9.1 Brief Description of Tectonic Regions of China …… (785)
9.2 Brief Description of Temporal-Spatial Tectonic Evolution of China …… (788)

10 Crustobody Tectonics of Asia and Its Adjacent Seas …… (810)

10.1 Crustobody Tectonic Division of Asia and Its Adjacent Seas …… (810)
10.2 Basic Features and Some Regularities of Crustobody Evolution-Movement in Asia and Its Adjacent Seas …… (813)
10.3 Discussion of Three Meso-Cenozoic Events in the Crustobodies of the Asian Continent …… (823)

References …… (858)

Table 3-4 Major types of faulting tectono-dynamic metamorphism and their basic characteristics (modified from Wang Zhishun *et al.*, 1994)

Types of metamorphism	Rock types	Tectonic setting	Original rock formations	Metamorphic grade		Factors of metamorphism		Distribution pattern	Phase of metamorphism	Characteristic stress minerals and phenomena	Recry-stallization
				Metamorphic facies	Metamorphic facies series	Temperature	stress				
Faulting dynamo metamorphism under brittle deformation	Initial-cataclastic rock	Compressional, tensional and shear (compressional-shear and tensional-shear) fracture zones	Without particular original rock formations	Cataclastic facies	Low to medium pressure	Very low to low	Weak to relatively strong	Ribbon and banded	Monophase	Cataclasis, kink, undulatory extinction, mechanical twin, encrustation, myrmekite and hourglass structure	Without
	Tectonic breccia										
	Cata clasite										
Faulting dyna-mo-metamorphism under brittle-plastic deformation	Mylonite	Compressional (compressional-shear) fracture zones (shear zones)	Without particular original rock formations	Quartz-albite	Medium to high pressure	Low	Strong	Striped	Monophase	Distortion, turbidity and deformation lines	Weak
	Vitrophyre			Vitreous		High	Strong	Streak		Coesite and pseudotachylite	Relatively weak
Faulting dynomo-metamorphism under plastic deformation	Hard slate	Compressional, shear and compressional-shear fracture zones	intermediate-acid-basic volcaniclastic rock formation	Pumpellyite and chroritoid	Low to medium pressure	Low < 400 ℃	Relatively strong	Narrow band and bar	Monophase	Pumpellyite, chloritoid and pressure shadow	0% ~10%
	Phyllonite	Great fracture zones and shear zones	Flysch-type volcaniclastic rock formation	Chroritoid and lepido-morphite	Medium pressure	Low to medium	Relatively strong	Ribbon and banded	Monophase	Lepidomorphite, girdle quartz, rotational garnet, phlogopite, micaceous fish structure and domino structure	10% ~50%
	Schist-mylonite	Ductile shear zone overthrust nappes	Volcaniclastic rock formation	Lepidomorphite and garnet	Medium pressure	Medium	strong	Linear and striped	Monophase		50% ~90%
Faulting tectono-dynamic heat flow metamorphism	Tectonite -schist	Inherited and persistent great deep-seated fracture zones, block-fault edges and transition zones between positive and negative structures	Without particular original rock formation	Lepidomorphite-tremolite	Low to high pressure	Medium	Strong	Locally ribbon and narrow band	Monophase to polyphase	Glaucophane, nephrite and tremolite	>90%
				Glaucophane		Low					
	Tectonite -gneiss			Jadeite-omphacite	Medium to high pressure	Medium	Strong	Narrow band	Polyphase	Jadeite, omphacite and chequer-board albite	
	Tectonite -migmatite			Perthite-microcline	High pressure	Medium to high	Strong	Wide and narrow bands	Polyphase	Perthite and girdle microcline	

Table 6-1 Course of growth and evolution of crustobodies

Crustal development stage	Type	Comprehensive characteristics of crustobody evolution										Evolution examples	
		Growth age	Stage	Maturity degree		Matter composition	Structural layer		Tectonic regime		Evolution system	North China	Southeast China
Outer crust	Continental crust	Middle	High	High	Mature stage	Sialic (granitic) crust	Sialic crust	Y_1-n	Post-diwa region		Late	Future ~0.00[1] J_1-Q (Continental crust) 0.2 $-T$ pt_2 1.5 Pt_1 ~1.8 ~2.5	Future-0.00 T_3^3-Q ~0.2 $D-T_2^2$ D ~0.3 ~1
								Diwa	Diwa region				
		Youth	Middle	Middle				Platform	Platform region				
				Low				Geosynclinal	Middle and late	Geosynclinal foldbelt			
	Continent-ocean transition (embryo-continental) crust	Boy	Primary	Half-mature		Sialic-sifematic (granitic-basaltic) crust	Sialic-sifematic crust			Geosynclinal subsidence	Middle		Pt[1]
		Child							Early				
								Pre-geosynclinal	Stable (geoplain, X-1) region	Geoplain region	Pre-geosynclinal series	Ar (embryo-eontinental crust)	~2.6 Ar
									Mobile (geobasin, X-2) region	Geobasin region			
									Stable (X-3) region (?)	?			
									Mobile (X-4) region (?)	?			-?
									X-?	?			?
	Oceanic crust	Baby	Low	Immature		Sifematic (basaltic) crust	Sifematic crust	Stable region		Oceanic crust stable region	Early	Oceanic crust series	>3.8
								Mobile region ——? ——		Oceanic crust mobile ? region			
Inner crust	Mantle crust	Bud	Initial	Initial crust		Simafetic (peridotitic) crust	Simafetic crust	Stable region + Mobile region		Mantle crust stable region + Mantle crust mobile region	Initial	Mantle crust series	

Table 9-1 Comparison of average petrochemical compositions of diwa- and geosyncline-type granitic rooks (Hunan Province, China)

Tectonic type	Tectono-magmatic cycle	Principal chemical compositions w/%												Sam. num.	Rock body num.
		SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	Loss	Total	
Diwa	Yanshanian-Indosinian	73.10	0.16	13.94	1.24	1.41	0.07	0.67	0.98	3.36	4.69	0.10	0.71	100.43	122	30
Geosyncline	Caledonian	69.64	0.44	14.38	1.33	3.19	0.05	1.14	2.41	2.70	4.08	0.12	0.83	100.31	26	7
Average compositions of Chinars granite		71.27	0.25	14.25	1.24	1.62	0.08	0.80	1.62	3.79	4.03	0.16	0.89	100.00		
Average compositions of worldrs granite		70.18	0.39	14.17	1.57	1.78	0.12	0.88	1.99	3.48	4.11	0.19	0.84	100.0		

Table 9-2 Comparison of average petrochemical characteristics of diwa- and geosyncline-type granitic rocks (Hunan Province, China) w/%

Tectonic type	Tectono-magmatic cycle	$K_2O + Na_2O$	K_2O/Na_2O	$Fe_2O_3 + FeO + MgO$	$Fe_2O_3 + FeO$	Fe_2O_3/FeO
Diwa	Yanshanian-Indosinian	8.04	1.39	3.32	2.65	1.35
Geosyncline	Caledonian	6.78	1.48	5.65	4.52	0.41
Average values of Chinars granite		7.82	1.06	3.66	2.86	0.76

Table 9-3 Abundance of some trace elements in diwa- and geosyncline-type granitic rocks (Hunan Province) $w/10^{-6}$

Tectonic type	Tectono-magmatic cycle	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	V	Cr	C	Ni
Diwa	Yanshanian-Indosinian	10 – 55	30 – 210	55 – 395	10 – 90	40 – 395	4 – 25	10 – 32	10 – 20	10	10 – 20
Geosyncline	Caledonian	10 – 21	20 – 70	26 – 50	50	5 – 8	2	22 – 40	20 – 30	36	10 – 26
Average values of granite		20	20	60	1.5	3	1	40	25	5	8

Table 9-4 Abundance of rare, dispersed and radioactive elements in diwa granite $w/10^{-6}$

Kind	Ta	Nb	Li	Rb	Cs	Be	Th	U	TB	Rock body num.	Sam. num
Diwa granite	26.2	33.6	221.0	786	49.8	12.9	64.9	23.8	216.3	6	
Average values of granite	3.5	20	40	200	5	5.5	18	3.5			25

序　言

——总结过去　开创未来

一个科学理论要能不断发展，有赖于继承积累，创造增新。地洼学说自诞生以来，经受了40年国内外学者的实践检验和时间考验，以及经广大同仁艰苦努力，已发展成为包括五个组成部分和四个衍生学科的初具规模的理论体系。但仍属幼稚，尚未能足够适应发展国民经济、加速社会发展和建设的需要；特别是面对当今知识爆炸时代的各种新技术、新理论的挑战，尤其显得渺小。稍有自满，就会与世界科技发展前沿之间出现大的差距。因此，总结以往走过的历程，探索未来发展的方向，加紧努力、不断向前，是十分必要的。

1956年，著者在《中国地台"活化区"的实例并着重讨论"华夏古陆"问题》一文中，初步开创了大地构造及成矿学上的一条新思路。这一尝试性的探索之能够取得一个开端，主要受惠于无数前人的劳动成果，以及科学研究工作中"理论与实践结合，继承与创新结合"的要诀。自19世纪中期以来，地质学中占统治地位的大地构造理论是由美、奥等国学者创立并相继发展的地槽－地台学说。它的主要论点是：地壳发展历程有两个阶段，即地槽区阶段和地台区阶段，依次出现的构造单元称为地槽区和地台区，前者活动性强，后者弱。这一学说的功绩在于提出并阐明了以槽、台为代表的一种活动区和一种稳定区，以及这两种构造单元的出现顺序和转化关系，这样由活动构造单元（地槽区）转化为稳定构造单元（地台区），简称为稳化（克拉通化），从而正确反映了地壳演化史中为人们最早认识的一段历程和部分规律。但实践表明，它也存在不足之处，遂致运用于像中国东部及世界上其他地区那样的地壳演化过程更为复杂的地区时，难于符合实际。因为这些地区在经历了地槽区→地台区阶段后，又出现了新的转变，有强烈的构造、岩浆活动及变质作用，其特征与地台区相反，又与地槽区有别，显然是转入一个新的活动区阶段的标志。因为这个新型活动区是由于"地台活化"而成的，取名活化区。又因其最易认识的构造－地貌特征是由造山运动形成的一种特有山间盆地，叫做地洼，故于1959年又称它为"地洼区"；列为槽、台以外的已知的第三种构造单元。这是原始的地洼学说的基本内容。

持续发展与累进是科学研究不断前进的关键。地洼区的发现和阐明，使人们有可能开拓思路。进一步研究表明：地壳发展是多阶段、多单元的。地台区固然不是演化的最后形式，地洼区之后也可以还有其他新构造单元产出。另一方面，地槽区也不是演化的起点，其前已经出现过多个更老的构造单元。而且，这个演化过程是通过各种不同的活动区与稳定区互相交替更迭，由简单结构到复杂结构，按照"否定之否定"法则，螺旋式升进的。这叫"动力转化递进律"。

科研目的不只在于认识自然，还在于利用自然、改造自然，为人类谋幸福。地壳中的矿产分布是不均匀的。研究得知：首先，矿产的形成及其时空分布是受地壳演化规律制约的。不同大地构造单元有不同的成矿专属性。后成构造单元可继承先成构造单元的矿产，据以形

成“多代同堂”的矿产叠加现象。出现顺序越后的构造单元继承的矿产越多，形成了成矿递进性。地洼区是现知出现较后的构造单元，因此累积矿产最多，丰富多彩。其次，后成构造单元的成矿作用还可对先成矿产或矿源层(岩)叠加、改造，常形成了更富、更大的“多因复成矿床”。这个“递进(活化)构造成矿理论”或地洼成矿理论被运用于国内外找矿，已收到了显著效果。

为了把地壳的演化与运动统一研究，1977 年开始提出“壳体”或“壳体构造”概念。这是在岩石圈形成和发展过程中可先后不一地出现于不同地域，在诞生、成长、运动、变化和发展等方面分异进行；既在演化又在运动的时空结合的全球性综合超级构造单元或综合构造区。不同壳体可由不同数目和(或)不同性质类别的大地构造体制的构造区组成。

关于壳体演化与运动的根本原因和力源机制，地洼学说认为在于地幔中，由于物质、温度的不均一性引起的蠕变与流动，以及由此带来热能的变化。当地幔蠕动活跃期，壳体或其中有关地段积热增多，引起大地热流增高，构造、岩浆、变质作用强烈，有造山运动，形成了活动区；反之，当地幔蠕动转入和缓期，壳体或其中有关地段热能补给减少，大地热流降低，导致构造、岩浆、变质作用转弱，转化为稳定区。这叫“地幔蠕动热能聚散交替假说”。

通过构造运动与成矿关系的研究，已经阐明：地壳构造运动不只是机械过程，而且是化学过程。它可把成矿化学元素驱动、迁移、富集，形成矿床。为了把这两种过程统一研究，建立了一门新的交叉学科——构造地球化学。又由于构造运动不只有过去认识的控矿作用，并且有成矿作用，这又促使另一门衍生学科——成矿构造学的建立。在这两门学科的基础上，还形成了成为递进(活化)构造成矿论核心内容的“构造(区)演化成矿”概念。它们已在生产中起了一定的作用。

进一步通过不同构造区与深部地壳结构关系的研究，表明构造单元的地球物理场特点是与其演化与运动过程有密切联系的一种综合反映，使之构造地球物理学这门衍生学科正在逐步形成。另一方面前述壳体构造——一种综合大地构造单元概念的提出及阐明，促使了另一衍生学科——壳体大地构造学的诞生。

在大地构造学发展史上，存在着历史论与因果论的分歧。随着科学发展及生产需要，地洼学说当前的发展是把这两种大地构造学的研究目的、对象、任务及方法结合起来，融为一体，形成一门新的综合性学科——“历史－因果论综合大地构造学”。它的研究思路是：历史分析法与动力分析法结合；发展观点与联系观点结合；时间观念与三维空间观念结合；水平运动与垂直运动并重；壳体的整体运动与体内运动并重；构造层与构造系划分结合；洋壳与陆壳兼顾；远古与近代并重；全球与地区兼顾；岩石圈演化与运动并重。地洼学说曾沿这条思路取得了初步进展，还将继续为充实完善这门综合学科而深入开展研究。

总结过去，开创未来。本书的编著出版正是为此目的。未来的研究领域更加辽阔，任务更加艰巨。地洼学说(活化构造及成矿理论)的发展，已往的历程曾经凝聚了国内外无数学者的智慧；今后的前程更加有赖于广大学者的努力。

陈国达

1996.11.8

1　活化(地洼)构造理论简述

1.1　活化(地洼)构造理论的一般概念

1.1.1　涵义

活化(地洼)构造理论[Theory of activated or geodepression(Diwa)tectonics]是地洼学说(Theory of geodepression "Diwa")或活化构造理论(Theory of activated tectonics)等名称的同称。它是建立在地洼构造(区)、活化构造(区),构造区递进转化,以及全球性综合大地构造单元(壳体构造)等一系列大地构造新的理论概念和地质实体研究的基础上,逐步发展形成的一种以大地构造与成矿学兼容并重,属于历史-因果论综合大地构造学学科范畴的新理论体系。

这一理论体系,是20世纪50年代中期(1956年)中国学者在大陆地质研究取得突破进展,发现大陆地壳新的构造单元——活化区(地洼区)这种地质实体(陈国达,1956),及建立了活化构造(区)及其转化生因等理论新概念的基础上,创立、发展形成的。它阐述的内容,是在历史-因果论综合大地构造学学科的范畴,着重阐明多种类型活化构造区与稳化构造区的递进转化关系;以及由此引申出的壳体综合构造单元演化-运动,并其成矿的一般性规律及动力源机制等一系列相关的理论与实践问题。

简而言之,活化(地洼)构造理论是在对地壳新的构造单元——后地台活化区(地洼区)的识别,及对地壳各种构造单元的生因与转化递进发展关系予以新的论述为基础,并对全球性壳体综合基本构造单元及其成矿的一般性的演化-运动规律,作出历史-动力学综合分析及论证的、大地构造与成矿兼容并重的一种综合大地构造新理论体系。

名称沿革　20世纪60年代因对新发现的构造区——地台"活化"区简称为"活化区"(陈国达,1956),因而有关学说初称地台活化说(简称活化说);后为表述这种构造区的鉴别特征,增名为"地洼区"(陈国达,1959),故70年代起活化说又称地洼学说(简称地洼构造论)(陈国达,1979);后随"地台活化"、"活化"概念的深化和包括地洼区在内的广义活化构造(区)这一理论新概念的提出(陈国达,1959,1963),且被迅速引用于各大洲活化构造区(含地洼区)及其成矿的研究,地洼学说已在初始雏形的基础之上,相继得到一系列引申发展,特别是新理论概念、假说及衍生学科的充实、扩展。至90年代,历史-因果论综合大地构造学范畴内的理论体系框架业已初步形成。为适应这种新的进展,全面反映出这一理论体系的特色,故在沿用地洼学说(主要在国内)的同时,遂使用活化(地洼)构造理论或简称活化(地洼)构造的名称(陈国达,1991)。

1.1.2　活化(地洼)构造理论的创立及基本概念的提出

1956年,著者在《地质学报》卅六卷三期发表《中国地台"活化区"的实例,并着重讨论

“华夏古陆”问题》文中，首先提出了活化区(activated region)术语，作为地台“活化区”的简称，建立了活化构造区这一理论新概念的初始基础。用它代表像中国大陆东部大部分原系地台的地区，于中生代中期发生“地台活化”过程，形成了与地槽区不同、也不再是地台区、而属另一种以地壳运动强烈著称的活化构造区，即地台“活化区”。根据中国大陆东部北面阴山山脉和东南沿海诸省典型地区的多方面(包括矿产特点)综合地质特征，综合分析和阐明了它们现今大地构造的性质，即非前人所指的“褶皱带”，也不是“古陆”，而是原先中国地台区的一部分，经中生代活化作用转化成为具有活动构造属性的另一种构造区。之所以起名为“活化区”，一是这一构造新单元是产生在原是地台区这一特定的地壳演化历史背景之上；二是它是经“地台活化”过程转化而成。活化代表了它形成的动力作用过程。因而这个术语较恰当地反映了它生因上的历史－动力学特点。

由于“活化区”是代表区别于地槽区和地台区的另一种新的构造单元，突破了地质科学中盛行长达百年之久“非槽即台，非台即槽”的经典理论观点；同时，文中首次把矿产类型作为鉴别大地构造性质的一项新标志，并指出活化区对找矿有着重要的意义。这些论述成为了建立大地构造及成矿学兼容并重新理论的初始依据及基础。

该文的公开发表，被列为世界科学史上的大事之一(伊东俊太郎等，《科学史技术史大事典：简明世界科学技术史年表》，日本弘文堂出版，1983)，以及自然科学史上的大事之一(《自然科学大事年表》，上海人民出版社，1975)。故而，1956 年上文的发表，被公认为活化(地洼)构造理论创立的年份及其诞生的标志。

稍后，著者在 1958 年完稿并于 1960 年出版的《地台活化说及其找矿意义》专著中，强调了“地台活化”(最早由别洛乌索夫于 1954 年使用)并非是地台区发展中的活动性暂时或局部的增大，而是代表了大陆地壳演化中“地台区向活动区转化”，已成为另一种构造单元的新的地壳演化过程。著者对此进行了初步的理论综合及归纳，并起名为地台活化说，成为活化(地洼)构造理论最初的雏形。它阐明的内容主要包括：

①依据对“活化区”所作的研究，比较系统地阐明了它的主要地质特征和鉴别依据；指出地台活化是代表地壳运动的一种新类型，在本质上与地台型不同，与地槽型之间也存在实质上的差异，由此形成的构造区，代表一种新的地壳构造单元类型。并指出这是全球大陆壳中一种相当普遍存在的构造区。

②对活化区的形成发展进程，按其地壳运动活动强弱的具体表现，作出了初动期、渐进期(后合并入初动期)和激烈期、余动期的区分。提出了鉴别、对比同一类构造单元发展阶段和区分不同构造单元发展过程特性的准则和概念。并按地质特征和活动性强弱表现的不同，对“活化区”(即后来改称的地洼区)作出了顿涅茨型、华夏型、东非型和中亚型等活化区类型(后称地洼区)的初步划分。

③着重阐明了“活化区”矿产特别丰富的特征及与地壳演化的密切关系，以及这种矿产特点与地槽区、地台区之间的演化与成因联系。不仅独有自身形成发展过程中的沉积成矿和岩浆活动成矿，且继承有保存在地台盖层和地台褶皱基底中、形成于地台(区)期和地槽(区)期的矿产，以及还会有受地台活化岩浆活动控制、在盖层与基底中新生和改造产生的矿产。

书中通过这些具体内容的阐述，着重指出地壳演化史对不同构造单元及其成矿所起的支配及控制作用。据此提出了应把地壳演化史作为一根主线去探索大地构造和成矿问题的基本

理论观点及学术思想。这些阐述，遂成为其后的地壳演化“动定递进律”和递进成矿论奠定了初始的基础。

1959 年著者发表于科学通报第 3 期《地壳的第三基本构造单元——地洼区》一文，针对“活化区”作为构造新单元提出之后，在得到肯定、引用的同时，也确有部分国内外学者对这一新类型构造单元的确切大地构造属性，持有不同见解和异议，诸如准地槽(别洛乌索夫，1956)、次地台带(别洛夫，1958)，准地台和中间型(黄汲清，1959)等；同时为能推动在其他大陆壳地区更为有效地鉴别发现这种构造新单元并对著者已研究过的“活化区”加以实地检验，故对识别这种“活化区”的基本地质特征，进行了以下方面的综合阐述。

①著者提出的构造－地貌反差强度的新概念，是分析这类新构造单元最易被识别、也最为直观的构造－地貌格局特征。由于拱曲(arcogenesis)作用(Е. В. Павловеский，1953)，断裂及褶皱发育，大陆型块断型造山－造盆共轭作用显著，形成构造－地貌反差的准线性山脉(主要为准平原面残留的高原型)和陆相深盆错列展布的构造－地貌格局；与地槽区呈长条线状、沿稳定构造方位产出的陆缘海型褶皱山系和山间或山前盆地的构造－地貌特征，迥然不同。因而把这种山岭命名为“地穹”(geodome)，其间盆地命名为“地洼”(geodepression)，汉语拼音为 Diwa。

②著者提出反映地壳演化差别、用作鉴别与划分构造区的一项新标准——结构，并指出地洼区这一新型构造区，在由构造层组成的地壳结构上，要比地槽区的单一构造层(限指广泛出露的，下同)和地台区的基底与盖层两个构造层更为复杂。即它除继承原先地台区的构造层之外，还在盆－岭相间的“地洼”内形成以陆相类磨拉石组合建造为主(常见火山－沉积岩建造相伴)、代表活化过程中新形成的构造层(即地洼构造层)。

③活化区岩浆活动发育。主要为花岗岩类的侵入岩、火山－侵入岩建造广泛分布，且活动顺序大多从酸性岩到基性岩；与地槽区岩浆活动基性岩发育，活动顺序从基性岩到酸性岩明显不同；与缺乏岩浆活动的地台区则更显不一。再者，上述第三类构造层中常可发育与之同阶段形成的小型的、多种类岩浆侵入体。

针对这种新发现的基本构造单元，在其构造－地貌反差大的穹－洼构造的“地洼”盆地内，发育有由活化阶段新成的沉积构造层，这是识别和与其他构造区相区别的主要事实依据。据此，取名为“地洼区”(geodepression region 或“Diwa”region)；并指出地洼区是大陆地壳中按发现的顺序，除已知地槽区、地台区之外新发现的第三种构造单元(简称为第三基本构造单元)。

上文与随后于 1965 年发表的《地洼区——后地台阶段的一种新型活动区》一文，对地洼区进行了较详尽的、全面综合的论述，对活化(地洼)构造理论体系中最基本的内核部分起了奠基的作用。后文则是在前文基础上的进一步充实与扩展。

随后，1959 及 1963 年著者先后在《地壳动定转化递进说——论地壳发展的一般性规律》，以及《活化、稳化，动定递进转化》两文中，以大陆地壳中已被识别出的地槽区、地台区和地洼区三种地质实体，从它们自身构造层与其他构造层在地壳结构上显示出的演化关系及发展顺序的事实为依据，进一步发展了“地台活化”概念。指出了“活化”系指“活动区化”。与之相对存在的“稳化”即“稳定区化”。根据这两类构造区之间基本的转化关系，率先提出了活化构造(区)概念。并指出地壳演化史，是由多种类型的活动构造区和“稳定”构造区交

替转化与阶段发展构成的。如同地台区不是地壳最终的稳定型大地构造体制，地槽区也不是地壳最初的活动型大地构造体制，在它之前必定已先有了若干个稳定区和活动区存在过，地洼区之后也还会有新的稳定区出现。因此，“活化”一词，除指“地台已成活化区”外，还可广义地用于其他类型稳定区向活化区的转化过程。“活化”是指大地构造基本构造区的转化，不宜用在未改变大地构造属性的那些活动现象。“活化区”这个术语，除指著者(1956)阐明的后地台活化区这种类型之外，也可用于今后经过研究证实，确系由稳定区转化而成的所有活动区。著者所称的地洼区(陈国达，1959)，则只限指后地台区阶段这类活动区，即后地台活化区。故“活化区”是一个泛指多种不同大地构造体制活动区的广义语。具体使用时，需注意按其形成前身的大地构造区的名称，予以表示。如后地台活化区，即为一例。

在上述两文中，指出了“活化、稳化，动定递进转化”为核心思想、用于阐明地壳演化一般性规律的“地壳动定转化递进说”新假说。指出构造区类型的转化，实质是不同类型地壳运动的更替。

上述两文中指出的理论概念及假说，是对活化(地洼)构造理论的核心概念、学术思想、基本观点较为全面系统的阐述。意在从基本理论概念、观点上与其他大地构造理论加以区分；同时也有助于从基本概念上与国内外种种对“活化”、“活化构造”的不同使用、不同解释和不同命名，加以区分。

此后，著者在1977年《大地构造与富铁矿成矿规律》文中，专门对大地构造与成矿的关系，从构造单元的成矿专属性、矿产继承性和成矿递进性、成矿的多阶段性及不平衡性等多方面进行了阐述；对矿产分布的时空规律性作了初步的归纳与概括；提出了多因复成矿床新概念的雏形。稍后，1978年在《成矿构造研究法》专著中，又从地壳演化角度提出了“成矿构造”的概念，把它定义为“与矿产形成及改造有关的构造”，指出它们是地壳演化中各种类型构造区内新生的和继承、改造的，不同级次的各类成矿构造。这一概念，成为衍生新学科——成矿构造学的基础。著者在1978年湖南省地质学会上报告后，经补充于1982年在第比利斯举行的国际地科联矿床成因协会(IAGOD)第六次讨论会上，宣读的《多因复成矿床并从地壳演化规律看其形成机理》一文，从大地构造演化成矿的新角度首次提出了“多因复成矿床”的新概念，用以阐明在其成因及其具体特征上明显受到构造区的演变、转化控制与制约，通常具有巨大经济价值和超大型规模，利用传统大地构造成矿分析或(和)传统矿床成因论无法加以阐明的一类新型矿床，并对这类多因复成矿床初步进行了典型实例的论证及基本类型的划分。

上述三文阐述的成矿概念及运用《活化、稳化，动定递进转化》一文中地壳演化成矿观点所进行的较为系统的论述是最初“递进成矿论”(陈国达，1985)的基本内容，构成了活化(地洼)构造理论体系中基本的组成部分。

这一时期，著者于1977年在编制出版1∶400万《中国大地构造图》及其说明书《中国大地构造概要》中，根据中国大陆地壳演化史上大致沿北部天山南麓—开原近EW向一线和大体沿贺兰山—龙门山—大雪山近SN向一线划分开来的三个地壳块体，它们在地槽区、地台区和地洼区构造体制演化系统上表现出的演化与运动上的差异，究其原因是与这种地壳巨型块体的大地构造发展史中既在演化、又在运动的特点有关。为了表述这种地壳块体大地构造演化与运动上的时、空变化特征，著者建立了壳体(Crustobody)的初始概念。

在《中国大地构造概要》中，还初步提出了地幔物质蠕动(包括蠕变与流动)、热能聚散交替，作为支配壳体递进演化与运动相统一的动力源及其机制的初步假说。它的提出，是基于已知地槽区、地台区及地洼区的地热资料和这些构造区深部地质和地壳结构，诸如 M 面形态差异等一致显示出与地球内部热能的状态相关。地幔热能聚散交替假说，现已成为活化(地洼)构造理论动力学分析与论述的基础。

著者于 1992 年发表的《历史－因果论大地构造学刍议》和 1994 年发表的《壳体构造——一个综合大地构造学新概念》，从全球构造更高的层次，对活化(地洼)构造理论作出了新探索，初步建立了历史－因果论综合大地构造学及其壳体构造这一核心概念。对全球构造的研究，提出了从陆、洋岩石圈地壳各自演化与运动及动力机制和相互关系的研究上，开创了阐明全球壳体大地构造及成矿史一般规律性的另一途径。

上述活化(地洼)构造理论的创立，及其发展进程中相关新概念的提出，实非著者个人之所能，它是中国科学院长沙大地构造研究所几代从事于这一基础理论研究及找矿实践的同仁们的共同努力；并得益于国内外众多学者从不同侧面致力于运用或检验这一新理论的辛勤工作；以及对这一理论持有不同看法，但对于一些理论概念的完善客观上起到促进作用的学者的赐教。因此，活化(地洼)构造理论实为广大地学工作者共同劳动的成果。

1.2　活化(地洼)构造理论体系的组成内容及理论结构

活化(地洼)构造理论自 1956 年创立并奠定了初步的理论基础以来，经过 40 多年国内外学者的共同努力和科学实践，得到了进一步的充实与发展，形成一些新的概念、假说，衍生了新的学科。目前已发展成为一个包括五个组成部分和四个衍生的新建学科，略较完整的大地构造及成矿学的理论体系。

1.2.1　组成内容

1.2.1.1　大陆地壳新型构造单元——后地台活化区或地洼区

这个新被认识的构造单元也称第三构造单元(陈国达，1959，1986)或第三构造体制类型(陈国达，1977)。它是指大陆壳型构造单元中除已熟知的地槽区及地台区之外的第三个，是形成于后地台区阶段、其综合特征与地槽区不同的一种新型活动基本构造区。这种认识和提出，突破了自 1859 年地槽－地台学说诞生以来一直盛行于地球科学的“非槽即台，非台即槽”的大地构造传统观点，阐明了大陆地壳的构造单元不只两个而是多个。

1.2.1.2　地壳动“定”转化递进说

根据活化区(地洼区)的发现及其地壳结构和其他各方面特征与地槽区、地台区的区别，还有它们之间的历史生因关系，引申出关于地壳发展一般性规律的动定转化递进说(陈国达，1959，1986)。阐明了地壳的发展过程是通过活动区同“稳定”区之间的互相转化、交替更迭，由简单形式到复杂形式，由低级阶段到高级阶段，螺旋式的上升前进，名叫“(动定转化)递进律”(陈国达，1959，1986)。它突破长期以来按照槽－台学说认为地壳发展是仅有槽、台两个阶段的传统看法，阐明了这个历程是多阶段的又是递进演变和发展的。并据以预见除后地台阶段的活动区(地洼区)外，还将有可能发现其他阶段的老构造单元(前地槽构造单元，

X),以及将来的地质时代还会有可能出现其他阶段的新构造单元(Y_1, Y_2, …),成为活化(地洼)构造理论的中心思想。

1.2.1.3　递进(活化)构造成矿理论

也称递进成矿理论或者地洼成矿理论。这一部分是1956年在论述活化区成矿特点时开始提出,以后逐渐扩充并系统化而形成的(陈国达,1958,1960,1978)。它从地壳发展的递进律这个中心思想的新角度,阐明成矿作用是与之同步的,即也是遵循递进发展这个规律。并据此探索所成矿产的时间和空间分布规律,为找矿提供新的思路。同时,它还提出一种新的矿床成因类型——多因复成矿床的概念,成为递进成矿理论的重要组成部分。这类矿床是以五多为特征的,即多成矿大地构造体制阶段、多成矿作用、多物质来源、多成因类型和多控矿因素。这个新概念的提出是用以阐明包括那些既有内生又有外生成因特征、长期争论无法解决的一类矿床的复杂成因问题和找矿方向问题(陈国达,1978,1982,1986)。其次,随着构造地球化学及成矿构造学这两个新学科的衍生(见后),以"成矿构造"概念为基础,形成了"构造成矿"概念。它阐明矿床可以通过地质构造作用过程所促致的化学作用过程,驱动成矿化学元素发生活化、迁移,在适宜的构造部位富集而形成(例如再造富集型多因复成矿床),或由此改造原有矿床成为品位更高的矿床(例如,改造富化型多因复成矿床)。此外,这个成矿理论还强调深部构造成矿与控矿的重要性,并提出了幔-壳成矿概念(杨心宜等,1989)。

1.2.1.4　壳体概念

壳体是组成地壳的胞体,是指在地球硬壳(岩石圈)孕育、形成和发展过程中,可能先后不一地在各个不同地域出现的,具有自己的诞生、成长、运动、变化和发展历史特点,既在演化又在运动的时空演化-运动的巨型综合构造单元。这个概念是1977年开始提出并逐步深化而成的,作为把地壳的演化与运动融为一体统一研究之用(陈国达,1991)。壳体在形式上表现为组成地球硬壳的、既不断发展又移动位置的不同岩石圈块体。它们通过各自的增长、扩大、移动而联结组合,形成地壳;而它们本身则是由属于一种或多种大地构造体制的一个或多个(大地)构造区所组成。因此,在大地构造区域划分上它们是比构造区的级次更高、范围也往往较大、具有大地构造综合性的属于全球构造的巨型超级构造单元。在其增长和运动(包括垂向与水平运动、体内与整体运动,进、退、弯、旋、裂离、聚合、错移等)、变化和发展过程中,壳体的结构、性质、厚度、面积、形态等,都在不断地发生演变。

1.2.1.5　地幔蠕动热能聚散交替假说

根据地壳发展过程中出现的热动力事件变化情况与大地构造体制更替的密切联系,设想地球硬壳之所以分异发展和它的演化过程之所以通过动定转化、交替更迭、递进发展的根本原因,以及壳体内部和整体的运动及壳体中有关构造形成的主要力源机制,均主要在于地幔物质和温度的不均一性引起的地幔蠕变及流动(陈国达,1977,1989,1991)。前者是由于地幔蠕动的速度及提供热能多少的变化,即活跃与宁静交替,以及热能积累增减交替所致;后两者则是由于地幔动力场的状况及其变化,并因此牵引岩石圈的有关部位发生相应的应力场和运动方向变化的结果。此外,这假说还探索了由地幔蠕动直接或间接导致的成矿作用,以及地幔蠕动同深部构造反差强度、深部构造控矿的关系(杨心宜等,1989)。

1.2.1.6　衍生学科

随活化(地洼)构造理论的发展而衍生的新兴学科,除已有构造地球化学及成矿构造学之

外，构造地球物理学和壳体大地构造学是刚提出并正在形成的新的衍生学科。

(1)构造地球化学　这是一门介于构造地质学同地球化学之间，研究构造作用同物质运动之间的密切关系的边缘科学，为1961年开始设想并逐渐形成的一个新学科(陈国达、黄瑞华，1984)。它的主要任务是把上述两种学科的研究方法结合起来，研究各种地质构造作用过程与地壳中化学元素的分配和迁移、分散与富集等关系，即阐明地质构造作用不仅是机械过程，而且还有化学过程，据以研究形成与形变、建造与改造之间的辩证统一关系；它既研究构造作用中的地球化学过程，又研究地球化学过程所引起的构造作用。这门学科创立的实用意义在于阐明构造作用可以导致通过化学作用促使地壳物质组成与结构的分异演化及其成熟度的提高，以及促使矿床的形成或富化，或促使矿源层(岩)中原属分散的成矿元素富集形成工业矿床。这可成为地壳分异演化及其构造成矿作用的理论依据。

(2)成矿构造学　它是专门研究与矿床形成及改造有关的地质构造的一门新学科，于1965年开始提出并逐步形成的(陈国达，1978)。它的中心思想是主要根据构造地球化学的原理，阐明构造对于矿床的关系：不止有被动地控矿的一面，而且有主动地促致或参与成矿的一面。其研究任务是把有关矿床的形成和改造的构造作用进行统一研究。其范围包括直接或间接控制、影响或参与一个含矿区内的内生或外生矿床的发生原因、物质来源、历史背景(先天条件)、形成环境(包括古构造、古地理、古生物及古地质等环境)，发生和发展过程，在时间上的出现、序列及变化规律和在空间上的分布、组合及变化规律、赋存部位、形态及产状，以至形成以后的变形改造及保存情况，还有通过叠加、改造或(及)再造等作用使先成矿床富化或成矿物质富集，形成新的或具有工业意义的矿床的大中小各级地质构造。

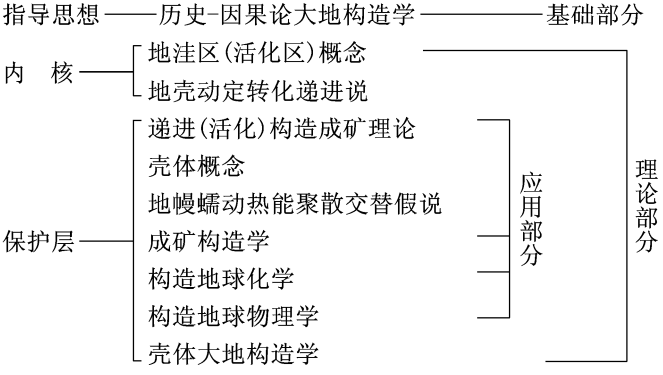
1.2.2　理论结构

从科学哲学以及方法论的角度来看，一个比较完整的科学理论，必须具备一个比较严密的结构。这个结构通常由两个主要部分所组成，即一个内核和若干个保护层。内核通常是该科学理论的最基本部分，即立论的基础。它必然是有大量实际资料和依据、相当坚实巩固的，因而是比较稳定而较难于动摇的基本学说或基本概念。保护层则是由于内核的发展而引申出来的各种与内核紧密相关、并互有联系的辅助性学说或假说，又或随着基本学说或辅助理论的发展而衍生出来的新建学科或新立概念。任何一个保护层，当其发展达到相当成熟时，可以转变成为基本学说的一个组成部分，加入到内核之中。另一方面，它又比较软性，其内容易于调整，以适应学说发展的需要。所以，内核是可以增生扩大的，保护层的数目、形式和内容是可以随着学说的发展情况而作相应变化的。

关于活化(地洼)构造理论或理论结构，目前有两种意见。第一种认为内核是大陆地壳新被认识的构造单元活化区(地洼区)，其余为保护层。第二种则认为内核应是地壳动定转化递进说，其中包括了活化区(地洼区)概念，以及递进成矿论作为基本部分。从目前研究程度来看，暂以两者结合为合适。保护层则为其余四个理论和概念，以及两个新建学科。当然：递进说是活化(地洼)构造理论的中心思想，它包括陆壳和洋壳的演化历程的探索，使得从最初阐明大陆地壳一个新型活动区的相对单纯概念演变成为探索整个岩石圈构造发展的一般性规律，并据以引申出成矿作用发展规律及所成矿产的时空分布规律的多层次的理论。它日渐完善时，也可以加入成为内核的一部分。目前这个组成部分正在向内核转变的过渡阶段，将可

成为内核的高层次的内容。

综上所述，活化(地洼)构造理论的结构可简列如下表：



1.3　活化(地洼)构造理论的学科范畴

一个学科的范畴，取决于它的研究内容与研究方法。

上述活化(地洼)构造理论体系的组成内容，表明它是有别于大地构造其他有关的理论，首先它是属于著者提出的历史－因果论综合大地构造学的范畴，即属于试图把地质学发展史上一向具有分歧的历史论及因果论两个大地构造学科的长处结合起来所成的一门综合性学科。其研究目的是既阐明地球构造的演化和运动历史，又探究其根本原因和动力源机制。在研究方法上，采用的是把历史分析法同动力分析法相结合的“历史－动力综合分析法”(陈国达，1962，1977，1978，1989)。

有必要指出：有一种理解，以为活化(地洼)构造理论与“地槽－地台学说”同属于一个学科范畴，其区别为只简单地多划分出一个构造单元“活化区”(地洼区)。另一种理解，则以为活化(地洼)构造中的“壳体”概念(陈国达，1977)等同于“板块”，只是名称不同。活化(地洼)构造理论与槽－台学说的区别主要在于，它虽然涉及后者的历史论大地构造学研究的部分内容、对象(如地槽区、地台区两个客观实体，以及槽、台的演化关系)，但无论理论观点或基本概念上，均不能等同，并且还顾及岩石圈运动及其原因和动力源机制的探究。与板块构造说的区别则主要在于虽然涉及因果论大地构造学研究范畴，但又注重岩石圈演化历史的重建，它的核心高层次即“地壳动定转化递进说”(陈国达，1959)，既强调演化与运动，又阐明动定交替的阶段性、旋回性；递进论中既包括了阶段论又强调了转化论；“壳体”既是运动的又是演化的综合构造单元(陈国达，1994)。至于具体方面的区别，可参看本书有关章节的论述。因此，活化(地洼)构造理论在基本理论观点、学术思想、研究目的及研究方法上与槽－台学说、板块构造说均不相同，彼此属于不同的学科范畴。

1.4　活化(地洼)构造理论与活化(地洼)构造学派

人类对自然界规律性的认识有个过程，这个过程必然是由浅入深，由表及里，由现象到

本质。因此，学术思想和研究方法也必然随之不断发展，推陈出新。对于任何客观事物或现象有不同的认识时，或者对某个问题的研究思路、思维方式有别时，又或在研究方法、入手点或着重点等方面相异时，便形成了不同的观点。当某些新观点逐步成熟时，便可形成新概念；当某些新概念逐步成熟时，便可使原有学科得到充实提高和更新，有些还可形成新学科。由于新学科常是由新观点、新概念逐步发展而成的，所以学派的分异，往往是学科分异的先导；新理论的建立往往是新学派发展的结果。

任何学派都有其对于客观事物、现象的自有认识和看法。当这些认识和看法高度发展时，便可形成有系统的、比较完整的学说或假说。随着学说、假说的发展而出现的新概念，可以促使已有学科的进一步发展，有时还可衍生新的学科。一个富有生命力的学派，必须有一些开拓性的、符合或比前人看法更接近客观实际的新观点，以及一些带有生长点意义、比较能进一步解决某些学术或生产问题的新概念；又或者提出了一些新理论、新方法。这就有可能使已有学科获得新的血液，发生变革；或者逐步形成一些新学科。无论是改造原有学科还是建立新的学科，都足以推动科学的前进。这些被改造过的学科和新建的学科，将会是在一个代表该学派理论体系中占有重要位置的组成部分。另一方面，只有提出了对科学和生产发展具有理论或实际意义和起到作用的新观点、新概念、新理论或新方法，并在此基础上丰富或改造了原有的学科，又或创建了一些新学科的学说，才能使该学派成为一个有宽广前景、有广泛影响的学派。

活化(地洼)构造理论从初始比较单一的新学科，逐步充实发展成为目前包括多种新学科的综合理论体系，这一发展历程也是活化(地洼)构造学派不断形成壮大与发展的过程，活化(地洼)构造新理论学科的创立促成了活化(地洼)构造新学派的产生；另一方面，活化(地洼)构造学派的不断发展又推动了活化(地洼)构造理论的进一步充实与完善，两者相辅相成。因此活化(地洼)构造学派的发展与活化(地洼)构造理论这一综合新学科的发展有着密切的联系；学派的发展乃是促进学科发展的动力；学派发展既是原有学科进步的源泉，又是新学科萌生的土壤。

活化(地洼)构造学派是于 1956 年我国学者首次提出活化区(地洼区)新理论概念的第一篇论文时开始萌芽，至 1959 年以后逐渐形成的。学派思想的原始部分是在关于大陆造山带及大陆地壳演化问题中，冲破长期传统理论观点而提出的新理论雏形。起初在国内地质学界发生影响，成为一个较小范围的思想学派。至 1959 年由 A. 杨申院士介绍到苏联，随后在苏联及东欧国家迅速传播。

1961 年，中国科学院成立了以活化(地洼)构造理论创始人领导的中南大地构造及地球化学研究室，20 世纪 70 年代发展成为现今中国科学院长沙大地构造研究所，组织了专门队伍开展活化(地洼)构造基础理论与找矿运用的专门性研究，从而有了研究所有组织的由专门科研人员组成的新学科研究中心，科研活动基地和固定组织形式，建立起了科研组织型学派；并于 1977 年创办了具有新学科特色的专门性学术刊物《大地构造与成矿学》，现发展成为国际性的新学科期刊(中、英文版)；以及建立了博士生、硕士生专门培养机构。

从 20 世纪 60 年代初开始，苏联 A. 杨申院士(1959)及 V. L. 马萨依蒂斯和 Yu. G. 斯塔里茨基(1963)把地洼区，活化区概念介绍到该国后，在苏联、东欧等中国周边国家广泛传播，活化构造区这一学术思想陆续被运用于欧亚大陆(苏联东部、朝鲜、越南、南斯拉夫及北欧、

西欧)及非洲、北美、澳大利亚、南极洲等地区的区域大地构造及找矿研究。许多学者根据自己的工作检验,“认为应当从地壳发展过程中分出一个完全新的阶段,即活化阶段”;“在中生代和新生代继地台区发展阶段之后出现的活化区(地洼区)绝不是一个局部现象,它不仅在亚洲东部普遍出现,几乎世界上所有的巨大地台区(俄罗斯地台、西伯利亚地台、澳大利亚地台、非洲地台、印度地台、巴西地台、加拿大地台)都经历了不同程度的活化作用”。活化(地洼)构造对找矿意义的重大,是促使它在国际间迅速传播和广为运用的重要原因。如苏联的地学界就明确提出,“存在着一种不同于地槽区也不同于地台区条件下形成的重要矿床类型”。B. И. 斯米尔诺夫(1963)也认为在时间上和空间上可按地槽区、地台区和活化区矿床分成三大类。根据活化(地洼)构造成矿分析在原先认为找矿远景不大的地区,重新发现矿产的情况不断有所报道,如苏联贝加尔、阿尔泰—萨彦地区等,过去从“地槽-地台”概念出发,认为后贝加尔西部是无矿的或远景极小的,在找矿上一直不予重视。但是近些年发现这是一个在中生代经历了强烈活化作用的地区,在已固结的加里东和贝加尔期构造带上发现了大量“上叠”的中生代稀有金属的萤石矿床,并且在维季姆山区已找到了活化区阶段的富含钨的原生的冲积锡矿床,因此,这类地区便由无远景区变成了很有远景的新的找矿地区。

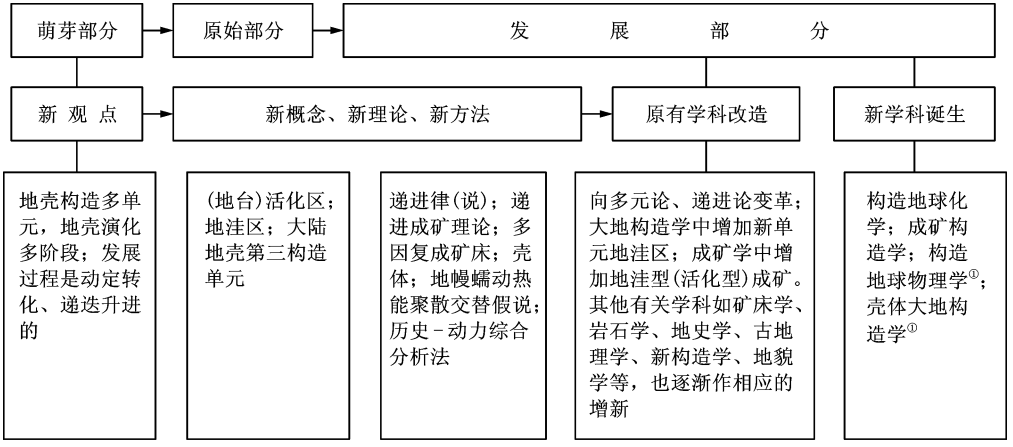
不少的学者从找矿实践中认识到,活化区的成矿作用研究,使得有可能从新的原则立场出发来评价和预测巨大区域的工业远景。如巴西 F. F. M. de 阿尔梅达(1972)论述巴西地台东部在经历了志留纪—侏罗纪的长期稳定后,又经历了白垩纪—第三纪的形成活化区的过程。巴西地台在活化区阶段里,形成许多规模不大的沉积盆地,其中堆积了具有经济价值的油、气、油页岩、磷酸盐、岩盐、石膏和重晶石矿床,并有强烈的岩浆活动,形成了许多内生矿床,包括具有经济价值的 Zr、Th、U、Mo、P、Ti、Nb、Fe、Ni、稀土、Ba 和 F 矿床,可能还有 Pb 和 Zn 矿床以及金刚石。

1962 年及 1973 年,苏联分别在全苏第二次构造会议上对活化构造问题展开专门讨论;在全苏第七届成矿作用会议上,专门对“构造-岩浆活化区成矿作用问题”组织专题讨论,涉及欧亚及全球大陆的活化构造及成矿作用。高度评价肯定了地壳活化及其成矿作用理论的特殊重要性。其他方面,如 1967 年,台湾省学者林朝棨教授把该理论介绍到日本,开创了西太平洋型地洼区的研究。此外,芬兰学者 V. 马莫运用活化区概念研究了花岗岩。活化(地洼)构造学派的范围逐渐扩大到许多大洲。一方面有了专门性的研究机构,同时在国内外又有继续增大的自发研究者构成的松散群体,遂形成了国际性的思想-科研组织结合型学派。1988 年,在第一届国际地洼构造与成矿讨论会上,成立了国际地洼构造与成矿研究中心,设在中国;随后俄罗斯及蒙古分中心相继于 1991 及 1992 年成立。1990 年国际矿床成因协会理事会在加拿大开会时,决定成立构造岩浆活化(地洼)学组等。活化(地洼)构造的研究进一步纳入国际协作计划。

与此同时,由于研究重点的不同,在有些国家出现了分异发展,形成支派。目前已有俄罗斯的构造-岩浆活化学派、二次造山学派,有加拿大的陆壳活化学派,有日本的陷没构造学派等。它们构成了一个称中国学者为“第一代引路人”的活化(地洼)构造学派体系。

活化(地洼)构造理论由于它的较强吸引力和凝聚力,这个思想-科研组织学派的中心与外围、国内与国外成员在共同学术思想的维系下,经过长期努力,发挥了学派的功能和该学说的竞争力,经受了 40 多年的实践检验和时间考验。通过它的概念、理论和方法的发展,现

已超出原始的核心内容，跨越了原来以地洼型造山带及大陆地壳演化为重点的大陆构造研究范围，逐步形成了包括5个组成部分和4个衍生新兴学科(其中有些交叉学科和综合学科)、具有严密的理论结构和开放性发展纲领；跨及地球科学中多个学科及自然辩证法；兼容地球硬壳(岩石圈)的演化与运动、兼顾大陆与海洋的全球构造理论体系。这些组成部分和衍生学科反映出该学派对促进有关学科发展的进程。有如下表所列：



注：①正在形成中，已具雏形。

1.5　活化(地洼)构造理论与大地构造学

1.5.1　大地构造学的基本概念

地质学史上，关于地质学的研究目的，正如科学史研究者英国劳丹(R. Laudan，1944)所指出的，一直存在着两种不同的看法(诸大健，1990)。一种认为其目的主要是在于对地球历史的重建，即把地质学看作是自然史的一部分，要求写出详尽的地球史，并把研究重点放在追索地质事件的时间序列上，尤其重视遥远过去的事件；特别重视由“岩石建造”代表的地质体。这可称为历史主义或历史论地质学。致力于这方面研究的代表学者有水成论者德国人魏尔纳(A. C. Werner，1750—1817)，还有英国地层古生物学家史密斯(W. Smith，1967—1839)等。另一种则认为，它的目的主要是在于对地球变革的理解，即把地质学看作是自然哲学的一部分，并把研究重点放在探究支配地球变化的一般性规律；而对于地质史记录的细节则注意较少，大都是附带性的，主要是为了满足检验所提地质定律的需要，并且大多倾向于选择最近的过去；因其对于研究对象来说最为完整，可称为因果论地质学。致力于这方面研究的代表学者有均变论者英国人郝屯(J. Hutton，1726—1791)和莱伊尔(Charles Lyell，1797—1875)等。作为地质学中常常涉及地球科学中许多根本性问题的、属于上层建筑的大地构造学综合性和理论性很强，这种分歧自然更为明显，并形成了历史论大地构造学和因果论大地构造学。这不独表现在研究目的上，尤其表现在研究对象的选择，以及所采用的研究方法等

方面的分歧。例如,历史论大地构造学理论强调其研究目的在于恢复和阐明地球(目前主要指地壳)的演化历史,有些主要探究地壳演化的阶段划分、构造单元的出现顺序和历史生因关系(如地槽-地台理论)。而因果论大地构造学理论则强调研究目的是探求地壳运动和构造变动的原因和力源机制,有些主要探索地壳中诸种构造的力学关系,以及移动的动力机制(如板块理论)。因为主要研究对象不同,遂致主要研究途径和方法各有侧重。历史论大地构造学通常更多注意于地壳的演化史,因而偏重于运用历史分析法;因果论大地构造学通常则更多注意于地壳运动的动力源机制,因而更偏重于运用动力分析法。

1.5.2　大地构造学的定义

大地构造学(Geotectonics)是一门研究地球构造演化与运动及机制和规律性的科学。

Geotectonics 一词源自希腊语的 ge(地球)+tekton(建设、构筑)。大地构造术语最早见于1849 年 C. F. Naumann《地知学》著作中,他把"组成地壳的物质形状问题,其相对位置和排列次序以及它们是按什么方式结合在一起"称之为"大地构造学"。1935 年 E. B. Bailey 依据 tec-tonics 与 architecture(建筑学)均源出同一希腊语根,把大地构造学(Geotectonics)比喻为地壳的建筑学。所以按大地构造学的词义,即具有地壳物质组成及结构、构造的演化与运动两重性的重要内涵。

大地构造学作为一门独立的学科形成于 19 世纪。18 世纪采矿业的发展及找矿、开矿的生产需要,推动了对地壳构造问题的研究,为此开展的广泛区域地质调查所积累的实际地质资料,成为大地构造学逐步形成为独立的学科以及最初进行科学概括的主要客观事实的来源及基础。因此,生产实践的需求是推动大地构造学理论发展的动力。

关于大地构造学的定义,不同的学者主张颇不相同,从活化(地洼)构造理论属于历史-因果论综合大地构造学的范畴这一角度,著者所下的定义是:"**以地壳的演化和运动并其机理,以及由此所成构造及其成矿的发展和分布规律为主要对象的一门高度综合性,理论性及与生产实践相结合的科学**"。

这门科学的具体研究内容是:把地壳(或其中某一壳体、某一壳段,下同)作为一个整体来探究它的结构、各个地质时代所出现的各种构造体制单元、它们的性质和特征、形成和发展或演化与运动过程、历史生因关系、分布特征和规律、成矿特点等,并在此基础上探究地壳的形成过程和演化规律、运动和变化的特点,以及演化和运动的原因和力源机制,还有它们对成矿作用发展规律和各种矿产时空分布规律的控制。

1.5.3　大地构造学的研究范围

依著者对大地构造学所下的前述定义,大地构造学的研究范围取决于大地构造学的研究任务:把大地构造学作为一门包括历史论同因果论在内的综合性学科,历史-因果论综合大地构造学的研究任务自然是兼前两者的任务而有之,从事统一研究。即全面地既研究地球(现阶段主要是地球硬壳,相当于岩石圈)的诞生、形成、运动、变化和演化发展的全过程,同时又探索这个过程的发生和演变的根本原因和力源机制。这些任务里面,特别着重地包括了组成地球硬壳的各个不同块体的诞生、成长、运动、变化和发展的全部历程的细节,它们的形成和演化方式、整体运动和体内运动、水平运动和垂直运动、物质组成、地壳性质及成

熟度、演化阶段、垂向及平向结构、构造单元组成、厚度和面积及形态的变化、类型划分、运动与相对运动的方式，进、退、弯、旋等运动的变化、分裂离散与汇聚接合的变迁和演化与运动、诞生与消亡的共同根本原因和力源机制等。在此基础上，进而总结地球硬壳及其中各个壳体的形成、运动、变化和发展的规律及因果关系，据以预测未来。此外，认识自然是为了利用自然和改造自然，为发展生产或减轻、预防灾害服务。在掌握地球硬壳及其中各个块体的演化和运动规律的同时，还要总结由这些规律所制约的成矿规律，以及和自然灾害的关系；并据以认识各种矿床在时间上的出现规律和在空间上的分布规律，指导找矿，以及解决其他生产问题和消减灾害问题。

因此，大地构造学目前的研究范围，包括地壳全部构造发展史中的下列问题：①各个不同壳体、不同构造区内，不同发展阶段的大地构造运动的性质、特点及其变化；②它们之间的区别和时空关系；③它们的发生原因、发展过程和演化规律；④它们所引起的地壳变形，伴生的沉积作用，岩浆作用和变质作用；⑤这些作用过程所产生的成矿作用和所成矿产的时空分布规律和特点。

1.5.4　大地构造学分科及其研究内容

在上述大地构造学总任务的研究中，由于具体研究任务的侧重不同，遂分为不同的分科，依著者的意见和看法主要有：

1.5.4.1　区域大地构造学

就某一地区范围内，总结区域地质的实际资料，研究与分析不同地段的下列内容：①地壳的形成过程及其变化，重塑其地质发展史和地壳运动史；②划分地壳演化与运动阶段，阐明其地壳运动性质差别的所属类型，运动的特点及所成构造的特征；③认识现阶段的大地构造性质，并据此划分构造区；④探究其自有的成矿专属性，该处成矿作用发展史，各发展阶段的成矿大地构造类型，所成矿产的时空分布规律及其与成矿、控矿构造的关系，指出找矿方向。

1.5.4.2　普通大地构造学

把地壳作为一个整体，综合区域大地构造学研究的成果，据此论述：①在全球范围内各种构造区的时空分布规律，它们的历史生因关系，发展顺序以及演化与运动关系，从而探索地壳演化与运动规律和成矿作用的发展规律；②地壳(或某一块体)的演化与运动、变化和发展的原因和力源机制；③以上述研究为依据，制定大地构造学的假说和学说，以及相应的成矿理论，指导找矿，为资源的开发、利用，以及防灾、减灾等，促进生产与经济的发展服务。

1.5.5　大地构造学的基本特点

大地构造学的基本特点，是由于它是建筑于地质科学各种分支学科的综合基础之上，来研究阐明地壳演化及运动及其成矿一般性规律这一特殊的地位所决定的。

1.5.5.1　大地构造学是高度综合性、概括性和理论性的地质科学

大地构造学是建立在地球科学的众多基础学科成果之上的上层建筑，是一门从地壳形成、演化的地质时间尺度上和全球范围运动的空间尺度上，进行高层次综合、概括，探究其规律性的理论科学。它通过各相关学科的研究成果形成系统的理论概念，提高人类对地球的

科学认识；同时它又为各基础学科的发展，为新学科的创立，提供科学依据和生长的土壤。

1.5.5.2　大地构造学是发展变革中的理论地质科学

作为受地球科学中分支学科制约的上层建筑理论，它的研究内容、研究方法，及由此决定的研究范畴，都会因其基础学科的发展、更新而变化以至变革。从大地构造学的发展史看，它的基础学科，已经从最初的地层古生物学、岩石学和构造地质学等有限的学科范围，扩展成目前包括地质学、地球化学、地球物理学……直至比较行星学等，以及涉及现代高科技、新技术对地球探测的新成果，这些变化推动着大地构造学综合内容、论述观点及方法的变化、更新直到变革。因此，大地构造学又是处于变化、发展和变革中的理论科学。从这个意义上讲，大地构造学史是由各种不同的理论，此起彼落、兴衰更替，推动着大地构造学发展的历史进程。

1.5.5.3　大地构造学是受大陆地质及其历史检验的地质科学

记录有大于38亿年地球形成演化历史事实的大陆地壳，是地壳演化与运动及其成矿史记录的档案馆，更是大地构造学为重塑地壳演化－运动史必须依据的基本客观地质事实。因而，大陆地质是检验任何一种大地构造理论最为客观的试金石，无论是立论于大陆地壳历史研究，还是立足于大洋地壳历史的动力学研究；无论是历史论大地构造学，还是因果论大地构造学，或者历史－因果论综合大地构造学：诸如相关的地槽学说、板块构造说或者活化(地洼)构造理论，毫无例外，都要接受大陆地质中客观事实记录的各种规律性的检验，决定其取舍，辨别其真伪。

1.5.5.4　大地构造学是为人类生存、进步和社会经济发展服务的实践与理论统一的科学

如同大地构造学的产生是适应18世纪的采矿及水利工程的需要一样，任何时代、任何一种大地构造学理论，在其阐明地壳规律性的同时，还必须阐明矿产资源的生成与分布规律性，使之不仅能有效地指导矿产资源的找寻、开发及利用发挥作用，而且还要能对全球气候预报、生态环境的保护、水利及土地资源的合理利用、改善人类的生存生活条件、促使人类社会经济协调发展等一系列重大经济与社会问题的解决，提供其他学科不可替代的科学依据。

1.5.6　大地构造学的理论及实际意义

1.5.6.1　理论方面

大地构造学通过地壳构造及其发展规律的研究，把地质科学各个基础学科领域的研究成果综合起来，以丰富人类关于地球知识的宝库，提高、加深对地球的认识。反过来，它又是地质科学各个学科，特别是区域地质、地史学、古地理学、构造地质学、新构造、地貌学、矿床学、岩石学等进一步发展的共同理论基础。

1.5.6.2　实际方面

①通过有关各种构造图件的编制，结合成矿学的研究，探索矿产的形成条件和分布规律，据以编制成矿规律图和成矿预测图，作为指导找矿依据，为促进经济的发展服务。②通过有关的研究结果及构造图件，作为工程地质、水文地质、地震地质等方面的研究工作的理论基础，用以改造自然，造福人类。

1.5.7　历史大地构造学代表理论(地槽学说)简介

1859 年，美国学者 J. 赫尔(Hall，1811—1898)根据研究北美东部陆缘阿帕拉契安山脉的古生代地层的岩性、厚度和褶皱强烈情况，并与邻侧的北美中部平原情况对比的结果，提出了地槽的原始概念。1873 年，J. D. 德那(Dana，1813—1895)总结了当时的有关地质资料，在讨论地球冷缩与山脉成因时，发展了赫尔的思想。以后还有其他学者的工作，遂逐步形成了比较完整的地槽学说。

18～19 世纪间，关于地层的褶皱及山脉的成因，存在着两个对立的学说。一个是 18 世纪时由俄国学者 M. B. 罗蒙诺索夫(Помоносов，1711—1765)倡导、后经苏格兰学者 J. 郝顿(Hutton，1726—1797)等发展而成的隆起说。另一个是 19 世纪中期出现，以法国学者 E. de 博蒙特(Beaumont，1798—1874)为代表的收缩说。隆起说的主要论点认为垂直力是地壳中的最初动力；在地壳运动中，起主要作用的是垂直运动；水平力是由垂直力所派生的。这种论点，至 19 世纪上半期达到高峰，占据优势。收缩论则与前者相反，认为岩层的波状弯曲，用地壳水平压缩来解释最为自然，地壳中占统治地位的不是垂直力而是水平力。这种论点是随着区域地质调查的发展而兴起的，初见于 1852 年博蒙特的著作。它在与隆起说斗争中夺得优势，成为 19 世纪后半期几乎一直占统治地位的学说。

地槽学说是在收缩说的基础上产生的，垂直论与水平论两者起了互相促进的作用。继赫尔和德那之后，奥国 E. 修斯(Sucss，1831—1914)于 1875 年在其《阿尔卑斯山脉的成因》一书中，也从收缩说的观点说明褶皱山脉的形成机理。按照收缩说，地槽拗陷是在地壳中水平压力下形成的，其中的巨厚沉积物也是由于水平挤压而褶皱升起，成为高峻的山脉。对于像北美中部平原那样的地区，修斯于 1885 年在其《地球的面貌》一书中，起名叫做地台。

随着地质学的发展，地槽学说也在不断地变化和充实，并引申出了多种关于地壳演化规律的学说。其中最流行的为地槽－地台学说。依苏联学者 B. B. 别洛乌索夫(Беллоусов，1954)的论述，“从历史方面讲，地壳的地台状况是跟着地槽状况之后的。在每一个旋回的终了时期，地壳的某些部分转变为地台。于是，地台区所占的面积自行扩大，而地槽区的面积自行缩小”。由此可见，地槽－地台说对于地壳演化过程的看法主要是这样：这个过程可分为两个阶段，起先出现地槽区，其后地槽褶皱带山脉渐被削平，转化为准平原，这时该处便进入地台区阶段。因此，地槽区是地台区发育的基础，地台区是由地槽区转化而来的。在地台区，沉积盖层(地台构造层)之下常可见到代表地槽构造层的褶皱基底，便是这种历史生因和转化关系的有力证据。

地槽学说的诞生，是地质学史中的一件大事。它的功绩在于把当时人们所掌握的无数地质资料从纷乱状态归纳为条理，从零星状态归纳为系统。这个具有深远意义的理论总结，在当时的科学资料的堆积中放射出灿烂的光芒，是系统地阐明地壳构造发展史的尝试。它促进了地史学中的一次革命，从乱杂无章的孤立现象描述转到有条理的科学本质说明。它是人们从对地球个别部分的研究转向地壳发展的规律问题探讨的开端，从而推动了大地构造学的加快发展。

J. 赫尔发表有关地槽学说的著作是和 C. R. 达尔文(Darwin，1809—1882)的《物种起源》一书出版同年的。地槽学说的出现标志着进化学说在地质学中的胜利。

地槽学说在理论意义上划分出人类最早认识的地壳两种构造单元，并阐明了以这两种构造单元为代表的(强烈)活动区和(相对)“稳定”区之间的历史生因和转化关系的一个方面，正确地反映出地壳构造是一分为二的客观事实和事物的矛盾法则，据以揭露了地壳演化史的长河中的一段历程和部分规律。所有这些，都为20世纪大地构造理论迅速发展打下了基础。与此同时，在生产意义上，一百多年来它在长期的找矿勘探及其他实践运用中，也作出了许多贡献。

另一方面，地槽学说也有不足之处，主要由于受时代的限制，关于地壳构造单元的资料还不充分。那时，人们对于地槽区的认识，只知其终而未知其始；对于地台区，则只知其始而未知其终。以致把这一理论运用到像中国大部分地区，特别是其东部这样的地区，便有许多问题无法解释。按照地槽－地台说，这些地区都被划为地台区；“中国地台”之名，由来已久，至今还有不少著作沿用。据实际资料，中国境内中生代中期以前，大部分确曾有过地槽区、地台区两个阶段。从中元古代起。随着地槽体制先后不一地在许多地带相继衰亡，地台体制接着在相应地区先后出现，逐步扩展，终于形成了展布几乎遍及全境的十分辽阔的“中国地台”。这段地壳发展史同地槽－地台说的观点是相一致的。可是到了中生代中期以后，这些地区却在其地壳发展史中出现了许多与地台区性质完全相反的现象：主要以印支运动(华南)或燕山运动(华北)为开端的强烈褶皱及断裂广泛发育，岩浆大量侵入或喷出。地面大幅度隆起，海水几乎全部撤退。随着反差强度很大的构造－地貌起伏的出现，便形成了许多以陆相为主的山间拗陷构造盆地，其中产生了具有造山期及期后的典型沉积特征的红层及其他岩系，与磨拉石建造十分相似。与此同时，形成了丰富多彩的具有自己特色的各种内生和外生矿产。新构造运动强烈，强震带广布，第四纪火山活跃。这些事实，是地槽－地台说所不能解释的。

从现代大地构造学水平看来，地槽－地台说对于地壳发展过程及其规律的反映是不够全面的。它的缺点，在于忽略了这样一个重要事实：地球上有不少地区，在其发展过程中，经历了一定时期的“稳定”的地台区阶段之后，又曾经重新活动过；而且有些地区重新活动后一直至今还未止息。这些事实的存在，说明所谓地壳发展只是从地槽区转化为地台区，以及所谓现阶段是属于缺乏造山运动的“泛地台(区)阶段”等说法，显然是与实际情况不相符合的。所以，“地槽－地台说”固然对于阐明地台区的形成过程以及地壳发展中某些阶段的特点等，有其正确的一面，因而在大地构造学的发展上，确有其不可否认的历史意义；但若以之作为反映地壳发展规律的见解，则是有所不足的。

1.5.8　动力大地构造学代表理论(地质力学、板块构造)简介

1.5.8.1　地质力学

由于研究目的及对象在于探究地壳中各种构造的组合形式，所用的是应力分析法，建立的是构造体系概念(参看：李四光，1947，《地质力学之基础与方法》及1963《地质力学概论》)。这类体系构造单元概念的长处，在理论上，主要在于运用各种不同的构造体系把地壳中存在的种种类型的构造(如褶皱、断裂；盆地、山系等)归纳起来，反映地壳各个不同部位构造的力学性质、方位和系统，据以研究地壳各部分当时的运动方向和古应力场。在实用意义上，这类体系构造单元的优点在于足以反映它们在地壳中不同地区里面所控制的矿产的蕴

藏特点，从而可作为研究有关矿产的空间分布规律的依据，主要有助于找矿的构造靶区部位的探索。

1.5.8.2　板块构造理论

是从动力分析法的角度建立在大洋壳研究基础上的全球构造理论。其理论上主要在于运用所划板块及其边界的特点，把岩石圈划分为五个大块体，并研究这些构造单元沿大洋中脊岩石圈裂解形成后的移动情况、互相间的位移变化和力学关系、边界性质、大陆边缘类型、洋壳生消规律等。在实用意义上这类动力构造单元的优点在于足以反映板块间的运动和大陆板块边界控制的某些矿产的分布规律，有助于这类矿产所在构造部位的探索。

实践经验证明，上述动力大地构造学建立的体系或板块构造单元概念各自所具有的长处和优点，在大地构造研究及生产实际中都已起到各自特有的作用。但由于大地构造问题往往是多方面的、至为复杂的，岩石圈除了在不断地运动、变化和发展着，还在不断演化中，其中既包括了在岩石圈演化全过程中的历史特点，又包括了这个过程中各个地质时代的运动状况。因此，无论单纯运用历史大地构造学或动力大地构造学某一方的大地构造单元概念都不能全面地适应研究岩石圈构造问题的需要。解决这个困难的有效途径，有可能是在于建立一个既包容了历史发展和时间演化含义，又包容了动力(包括应力)关系和空间变化含义，双方兼顾，能把岩石圈的演化与运动融为一体统一研究的大地构造理论。

1.6　活化(地洼)构造理论与成矿学

1.6.1　成矿学的基本概念

1.6.1.1　成矿学(Металлогения，Metallogeny)[①]的定义

关于成矿学的定义和研究内容，在不同学者的著作中有不同的看法。按照最先提出这个术语的法国地质学家 L. de Launay 于 1882 年的看法，它是“研究地壳里面元素分布、组合和分配规律”的。1906 年，同一学者强调研究矿床与区域大地构造联系的重要性，并据以提出“大地构造成矿学”一词。他于 1913 年还进一步阐明：“成矿学研究矿床，其目的是寻找矿床的空间分布规律，以及矿床随深度的变化规律。”他把矿床学的全部内容和地球化学的一部分内容都包括进去；就矿种上，在最初的成矿图上，除了金属矿床外，还试图探讨油田的分布规律。1928 年，英国学者 Holmes 则认为：“成矿学是从时代、区域大地构造和岩石学等方面对矿床进行成因研究。”在 20 世纪 30～40 年代，C. C. Смирнов 在使用 Holmes 的术语时，探讨了成矿作用与广大地区的地质特点的联系。Ю. А. Билибин(1947)认为：“成矿学是从矿床时空分布规律的观点来思考的金属成矿显示的总和。”Е. Т. Шаталов(1964)认为：成矿学的研究对象是“成矿带、成矿省、成矿区、矿区、矿带、矿结，查明含矿区和矿床的时空分布规律，研究成矿作用与影响成矿过程的地质条件联系的准则；预测新的含矿区”。1978 年，苏联出版的《地质辞典》则把它视作“矿床学的一部分，研究金属矿床在空间和时间上分布的地质规

① 此名词的意思是“矿石的来源”，也有用 Metallogeny，Минероагения 的。但由于 Metallogeny，Металлогения 提出在先，按照习惯，使用较多。

律”。1980 年，美国出版的《地质辞典》中，认为成矿学是“关于矿床生成的学问，着重研究矿床的时空分布规律与区域大地构造特征和区域岩石特征的关系”。

综合上述各点，著者认为，成矿学可以定义为：“从大地构造学的角度来研究矿床的形成机理和在地壳中的时空分布规律，即把矿床学这个相对较狭的领域与大地构造学结合起来，以探索成矿理论的一门综合性的边缘科学”。它的研究内容是：①矿床的形成和分布规律同大地构造的关系；②在矿种上，金属矿和非金属矿均应包括在内。

1.6.1.2　成矿学简史

成矿学这个术语，虽然在 19 世纪末就已出现(L. de Launay，1882)，但在地球科学的发展史中建立的时间较晚；而且较大的发展则系 20 世纪中叶的事。在 20 世纪 40 年代后期，C. C. Смирнов(1946)和 Ю. А. Билибин(1947)分别研究太平洋成矿带及其他地区的成矿规律时，在这方面进行了大量工作，作出了很多贡献；Билибин 且以金成矿学的突出成就而著名。这些贡献使成矿学得到迅速的成长，形成了苏联的成矿学学派。他们被承认为成矿学的奠基人。随后，许多重要的成矿学专著陆续问世。Н. Г. Магакбян 于 1974 年出版的《成矿学》，把成矿的大地构造类型划分为三种，即在地槽型、地台型之后加入第三个类型，叫做“活化型(地洼构造)”，与前二型并列。А. Д. Щеглов(1986)的《地洼区成矿》，В. И. Казанский(1972)的《活化区成矿构造》，以及 Н. Н. Томсон(1977)的《活化区成矿分析》，均对第三构造单元的成矿学作了系统的论述。Щеглов 在 1980 年出版的《成矿分析原理》一书，在成矿学研究的理论和方法方面有较详细的阐述。此外，Щеглов 还提出“平行成矿”和“非线性成矿”的新概念。所谓“平行成矿”，是认为“一个构造单元或一个成矿区域内，不同成矿温度的不同矿种同时出现，如高温的钨、金矿床同低温的汞、萤石矿床同在一起产出，其原因可能是地幔深部存在着不同的矿源体，在构造应力作用下，在时间和空间上同时平行成矿”。这种设想，有待证实，尤其是地壳深部的地质工作要做。至于“非线性成矿学”，依 Щеглов 在 1985 年出版的《非线性成矿学及地球深部》书中的说明，就是针对以往的线性成矿概念而提出的。他认为：“所谓线性成矿，是指成矿作用只与一、二个因素呈线性关系。但事实上，成矿作用与控矿因素之间并非线性关系；成矿作用与多种因素有关，受多种因素制约”。1986 年，Л. В. Гргорбева 提出前寒武纪地洼区的存在，命名为原地洼区(Дротолива)，同时阐述了它的成矿特点，并与中新生代的地洼区相比较。这在构造区成矿学方面的研究，又有了新的突破。

在其他国家，成矿学的研究也已受到重视。1972 年，在第 24 届国际地质大会上，巴西 F. F. M. de Almeida 提出《南美地台的构造岩浆活化与伴生矿化》一文。1976 年，美国 E. A. Alxandrov 著文在《经济地质》杂志中对 А. Д. Щеглов 的《地洼区成矿》一书作了评价。为了推动成矿学的发展，在国际地科联矿床成因协会(IAGOD)矿床大地构造委员会(CTOD)之下设有“全球构造与成矿学学组”。由该学组主办、J. Kutina 主编的世界发行杂志《全球构造与成矿学》于 1979 年创刊，对于推动成矿学研究的开展起了相当大的作用。该矿床大地构造委员会于 1981 年提出《从地壳演化看成矿作用》(Metallogenesi in the Context of Crustal Evolution)的研究专题，由各国学者分头开展工作。1986 年，加拿大 P. Laznicka 发表《北美陆壳活化成矿——中国地洼成矿的复本》，是比较成矿学的一例。

在中国，成矿学的研究从 20 世纪 50 年代起，就已有地质工作者作过构造区成矿学研究

的尝试，如《中国活化区矿产的分析》(陈国达，1958)及《活化地台凹地型沉积矿床》(陈国达，1958)，《地台活化说及其找矿意义》(陈国达，1960)，《地洼型油气田的成矿条件》(陈国达，1963)等，均比苏联 Щеглов(1968)、Казанский(1972)、Томсон(1977)等的有关地洼区成矿的著作发表早些。随后还有一些涉及成矿学的著作发表。例如，袁奎荣(1963)、黄瑞华(1963)对地洼花岗岩的地球化学特征与成矿作用的研究，均早于苏联 В. Л. Масайтис 等(1963、1965)的同类研究。关于地洼区的断裂变质作用及其成矿的重要性，莫柱荪于 1963 年就已提出了创造性的见解。其后，《中国大地构造概要》(陈国达，1977)及《成矿构造研究法》(陈国达，1978)的出版，对中国地洼区的成矿作用及其与别种构造区成矿作用的差别，作了比较系统的分析。“多因复成矿床”概念(陈国达，1979，1982)的提出，为那些既有内生特征又有外生特征的许多重要矿床，其成因问题长期争论无法解决，以致找矿方向也无从确定的问题，提供了解决的途径；有关的论文曾于 1982 年在苏联第比利斯的第六届国际矿床成因协会讨论会上特邀宣读。此外，专门刊物《大地构造与成矿学》的创刊(1977)，对于成矿学研究的开展，也起了推动的作用。关于地洼花岗岩与钨成矿的关系，刘家远(1986)作了独到分析。陈勤伍(1982)、王学增、姚振凯(1985)等对地洼区中铀的成矿规律有新的认识。许善明、杨政权(1983)、刘志坚(1985)对地洼区煤的改造和变质作用作了论述和分类。关于中国各种大地构造类型油田，包括古潜山型油藏的特征、形成机理和分布规律，陈国达、费宝生(1979，1980，1984)作了比较系统的分析。张国军(1985)对华北邯郸式铁矿的成矿构造作出了透彻的阐明。陈文明(1984)在研究中国的斑岩铜矿时，指出它与地洼成矿作用具有密切的关系。

1.6.2　成矿学的研究范围

成矿学的研究范围，包括：①各种金属和非金属矿床的产出的大地构造环境、条件和形成机理，特别是它们形成和变化与不同大地构造单元在沉积建造、岩浆建造、变质建造、构造型相、地球化学、地球物理、深部地质作用等方面的关系；②这些矿床在时间上和空间上的分布规律及所受大地构造单元类别及其演化－运动阶段的控制；③各种矿床在不同大地构造单元中的产出特点及其规律。

1.6.3　成矿学的研究任务及分科

成矿学的任务，总的说来，主要是从地壳演化与运动规律的角度探索各种大地构造单元的成矿专属性、大地构造环境及其物理、化学、生物等条件对矿产形成时的影响或形成后的改造，以及对所成矿产在时间上和空间上分布规律的控制。至于具体任务，则视分科而不同。关于它的分科，作者认为主要有以下九类。

1.6.3.1　*构造单元成矿学*

从事于不同大地构造单元(如地槽区、地台区、地洼区等，或出现于不同地质时代的这些构造单元)，或者同一类别的某种构造单元(如某种地槽区、某种地洼区等)的成矿专属性的分析，包括其中的主要矿种组合特点、主要矿床类型组合特点、含矿建造、成矿条件和所受各种控制因素(包括沉积建造、岩浆建造、变质建造、构造型相、构造地球化学等方面)在其发展过程中的矿化特点及其演化规律，以及所成矿产的时空分布规律等。如陈国达(1958)的

《中国活化区矿产的分析》、А. Д. Щеглов(1968)的《地洼区成矿》、В. К. Казанский(1972)的《活化区成矿构造》、И. Н. Томсон(1977)的《活化区成矿分析》等。

1.6.3.2　*构造区成矿学*

从事于各个不同构造区或其内部不同级别的构造分区(如某个地槽区中的地向斜、地背斜或山间盆地),某个地洼区中的地洼系(或列)、地穹系(或列)或地洼盆地等成矿特征的分析研究,包括其中的特征性矿床类型组合、成矿背景条件和成矿特点,以及时、空分布及演变规律等。

1.6.3.3　*历史成矿学*

从事于在地壳发展史中各个不同地壳运动期或大地构造发展阶段(如前地槽区阶段、地槽区阶段、地台区阶段、地洼区阶段等)的成矿作用特征、矿产组合、成矿演化规律、矿产继承性、成矿递进性、叠加成矿作用、后来成矿作用对先成矿产的改造或再造、各个地壳演化阶段所成矿产的空间分布规律等的分析研究。

1.6.3.4　*区域成矿学*

查明地壳中一定范围内的区域大地构造特征与矿床形成的时空分布规律的关系,区域内不同性质的各个构造分区及大、中、小含矿区的成矿专属性特征和形成条件,以及矿化分带性及其原因等,据以预测新的或隐伏的含矿区。

1.6.3.5　*全球成矿学*

以构造单元成矿学和构造区成矿学的研究结果为基础,从全球的观点分析大、中型成矿带在地壳中的分布规律和它们具有的成矿专属性,据以预测新的成矿带或其中的较次级含矿区。

1.6.3.6　*元素成矿学*

即单矿种的成矿学研究,属于"专门成矿学"范畴,专门分析研究某些成矿元素在地壳演化史的不同阶段中逐步增积、形成矿床,以及所成矿床逐步叠加富化等规律;在同一时期不同大地构造区中的成矿差异,所成矿床产出条件、形成机理、含矿建造类型,与岩浆、沉积、变质作用的关系和分布规律,据以预测新的含矿区。例如金成矿学、铀成矿学、锡成矿学、煤成矿学、油气成矿学等。这是目前研究中的重点,有很大的实际意义。

1.6.3.7　*矿床成矿学*

专门研究某一类型的矿床,或某一矿种的某些矿床类型(主要按成因类型,例如火山岩型铁矿床、斑岩型铜钼矿床、多因复成矿床等;有时也可按产出类型,如层控铅锌矿床、脉状钨矿床等)产生的大地构造条件,形成机理,含矿建造类型,与岩浆、沉积、变质作用的关系,在地壳发展史中的演化规律和时空分布规律,据以预测新的含矿区。这也属于"专门成矿学"范畴。如陈国达(1979)的《多因复成矿床并从地壳演化规律看其形成机理》,是其一例。

1.6.3.8　*比较成矿学*

对不同矿种或同一矿种不同成因类型的矿床形成的大地构造条件、形成机理、分布规律等进行对比研究,或对不同大地构造区或两个以上大地构造性质相同的不同地域的成矿特点进行对比研究等,据以预测新的含矿区,或预测某些矿种或矿床类型。

1.6.3.9　*普通或理论成矿学*

从事于研究成矿学的一般性基础理论问题,包括成矿学的研究任务和范围、研究方法和

手段及其更新，作为一门科学的诞生、形成和发展史、研究现状、今后发展的趋势和方向，与各个有关学科的联系和交叉，含矿区的划分和评价的原则和方法等。例如 В. Н. Магакбян (1963)的《成矿学概念》、И. Г. Магакбян(1974)的《成矿学》、А. Д. Щеглов 1980 年的《成矿分析原理》及 1985 年的《非线性成矿学及地球深部》等。陈国达 1960 年的《地台活化说及其找矿意义》和 1978 及 1985 年的《成矿构造研究法》也属于此分科范畴。

1.6.4　成矿学的研究目的及意义

成矿学是作为一门新的边缘学科提出来的，其研究目的和意义是十分明确和重大的。它是通过矿床学与大地构造学的结合，把两者联系起来进行研究，从矿床形成的大地构造背景入手，既以地壳演化规律的控矿特点为依据去分析矿床分布的时间规律，又根据不同大地构造区域的控矿特点去分析矿床的空间分布规律。由于它一方面吸取了矿床学的研究方法对矿床的形成过程、环境条件等作出微观的认识，另一方面又在大地构造学的研究方法指导下，对矿床的形成机理、时空分布规律作出宏观的认识和阐明。因此，它能同时兼备这两门学科的特点，跳出矿床学的相对较小的研究领域，更好地指导找矿，以及对包括大、中、小各级新的含矿区的预测。

总的说来，成矿学研究的目的和意义是把地质构造单元与成矿物质单元结合，把构造活动与成矿物质迁移富集作为一个整体来研究成矿的机理和演化规律，以及所成矿产的时间分布规律，以求更好地预测新的含矿区、选择靶区，为进行有效的资源勘探提供科学的理论依据。

成矿学虽是基础研究，但对于国民经济的发展具有明显的实用价值和经济效益。苏联学者运用它进行找矿的成效，即是很好的说明。在一些例子中，最著名的是后贝加尔等处。这些地区过去被认为是无矿或远景极小的，在找矿上一直不予重视。后来，通过构造区成矿学结合比较成矿学的研究结果，根据地洼区的成矿特点，并与中国的地洼区成矿条件进行对比，改变了战略部署，把该地带列为重点勘探区，终于找到了原来短缺的矿种，如稀有金属、萤石、钨、锡等矿床(中国地质科学研究院情报室，1978)。

2　活化(地洼)构造理论的基本研究方法

——历史-动力综合分析法及其运用

2.1　概述

历史-动力综合分析法，是活化(地洼)构造理论所倡导和运用的一种综合性大地构造及成矿研究的基本方法。

历史-动力综合分析法，最初是著者(1956)在研究中国东部大陆现阶段大地构造性质，即对其所属何种地壳基本构造单元加以鉴别的研究实践中，批判地继承并突破了传统历史分析法，从地壳不断发展与发展阶段相结合，并以现阶段为主要依据的全面观点，从沉积建造、岩浆建造、变质建造、成矿建造和构造型相五个方面的综合分析，与槽、台区进行对比，划分出大陆地壳基本构造新单元后地台活化区(即地洼区)时，初步建立的。从1958年起，随着地壳基本构造单元演化关系对比研究的深入，相继作了地壳运动类型分析(陈国达，1958)、大地构造结构分析(陈国达，1959)、构造反差强度分析(陈国达，1962)、构造系及其应力分析(陈国达，1977)以及构造地球化学(陈国达，1960，1965)、构造地球物理(陈国达，1965)、深部构造(陈国达，1979)等一系列综合分析方法及内容的补充、扩展。其后，1980年起随之对与地壳演化同步的壳体运动、位移，及其力源与作用机制研究的开展，又增加了深部构造与演化、运动(陈国达，1988，1991)和岩石圈地壳的壳层结构分析(陈国达，1991)、壳体迁移和离合动力源机制的分析(陈国达，1992)等。因此，随着活化(地洼)构造理论体系的形成与发展，历史-动力综合分析法也通过上述从历史分析及动力分析两个方面的不断充实，使之在内容上以及在大地构造及成矿的分析运用上，获得了进一步的发展。

历史-动力综合分析法，依著者的定义：它是兼顾历史分析和动力分析两方面，对岩石圈地壳中，在地幔动力源及其作用机制支配下，通过不同类型地壳运动作用所产生的，各种形成(建造)和形变(改造)综合地质记录及信息的全面研究，以对地壳阶段性演化的基本构造类型的鉴别为基础，进而对各种基本构造类型的特征，它们的相互转化关系及演变序列、运动迁移等加以阐明，据此对岩石圈地壳大地构造演化与运动及其成矿的时空规律性和动力机制，作出阐明的一种综合大地构造及成矿的分析方法。

因此，在运用历史-动力综合分析法研究大地构造及其成矿时，地壳基本构造单元的鉴别和划分不同类型的构造区是最为基础性的运用研究。为此，有必要对地壳基本构造单元和构造区的概念，予以简述。

2.2　大地构造单元及其鉴别的意义

大地构造单元是大地构造理论的核心概念。

大地构造单元系指组成地壳的主要构造单位，它们在地壳上的空间分布控制并决定了地壳的基本构造面貌，它们在地壳史中的时间分布则代表并反映了地壳的基本构造体制演化历史。因而，大地构造单元也被称为地壳基本构造单元。具有地形起伏差异较小的构造稳定区(常称克拉通化)和地形起伏差异巨大的构造活动地区，曾是大地构造学发展史中最早被认识的两种大地构造单元的基本类型，它们是对大地构造单元最为初始的一般性鉴别与划分。

大地构造学史上，针对大地构造单元，从不同的研究角度、不同的研究内容及研究方法，对其作出的不同鉴别及划分，一直是不同大地构造理论分歧的实质所在。例如，历史大地构造学主要采用传统的历史地质分析方法，以地层岩石组合对比为主要研究内容和主要依据，对大陆地壳鉴别并划分出：反映地壳运动强度较小、构造活动性较稳定，称作地台区的一类地质实体；以及反映地壳运动强度大、构造活动性大，称作地槽区的另一类地质实体，作为大地构造单元的两种基本类型，并以它们的生成顺序作为地壳的基本演化历史，建立了地槽－地台学说。动力大地构造学则主要依据对大洋地壳及其物质组成为主要的研究内容，采用地球物理为主的研究方法和包括几何学、运动学和动力学的动力分析，据此鉴别划分出大洋板块和大陆板块，分别作为大地构造单元中的主动(板块)构造和被动(板块)构造，前者作用于后者，则构成地壳的全部历史，并控制制约了地壳的构造面貌，据此建立起板块构造理论。上述这两种情况，都因其对大地构造单元作出不同鉴别及划分，分属不同大地构造理论的例证。

活化(地洼)构造理论与上述地槽－地台学说、板块构造理论的实质性区别，同样集中表现在对大地构造单元鉴别有划分上的显著不同。活化(地洼)构造理论正是依据对大地构造新单元——地洼区的鉴别与划分(陈国达，1956)和大地构造超级综合构造单元——壳体的鉴别与划分(陈国达，1977，1992)，建立并形成了新的综合大地构造理论体系。活化构造理论的基本观点认为：地壳构造是处于不断地、有阶段性地演化与运动的历史－动力的演变之中，因此，作为地壳构造演化阶段性的基本构造类型——大地构造单元，是多单元的，并非只限于已鉴别划分出的地槽区、地台区和地洼区这三种大陆型构造单元，地槽区既非地壳发展史最初的大地构造单元，地洼区也并非是地壳发展史最后的大地构造单元。在地壳演化与运动的历史长河中，还会有在其一定的时期和某一空间范围内，由于不同性质和类别的地壳运动(即大地构造运动)所产生、并具有相应不同地质的形成(建造)和形变(改造)作用的另一些地质实体，它们代表了不同于上述已知三种的另一些种类的大地构造单元。

因此，运用历史－动力综合分析对大地构造单元的研究，除了对已知三种大陆地壳大地构造单元的鉴别划分之外，还包括例如对先寒武纪或前地槽区以及后地洼区，那些尚未被认识的大地构造新单元的鉴别与划分，这是一项对于检验并进一步发展活化(地洼)构造理论有着重要理论价值和对指导找矿具有重大实际意义的基础性工作。

2.3　构造区及其划分的意义

构造区通常被看作是指同属于某一种大地构造单元分布的地区，故构造区经常被作为相应的大地构造单元的同义语使用。由于大地构造单元是包括多种多样不同类别的活动性构造单元和稳定性构造单元，相应构造区也有不同的活动构造区和不同的稳定构造区之分，构造

区也是多种多样的。

由于地壳构造演化的阶段性和发展的不平衡性，代表其不同发展阶段、有着不同地质特征表现的不同大地构造单元，可以在同一地区同时存在。例如中国的东北地区可以区分出东北地洼区和松辽地台区两种不同的大地构造单元。另一方面，由于任何一种大地构造单元都只限于代表地壳构造演化史上特定的一个阶段，它继前一种构造单元之后出现、在其后也会被另一种构造单元所替代。所以，构造区对应于某一种构造单元的这种概念，又是在随一个地区的构造演化发生变化的，换言之，构造区作为与之相对应的大地构造单元的同义语，它代表的具体构造单元是受到一个地区的构造发展过程的限制，具有目前(现代的)与过去(古老的)的区分，构造区所代表构造单元的范围也在发生变化。例如中国东南大陆地区，现阶段它是东南地洼构造区，但在中生代中期前它只是中国地台构造区范围中的一部分，而在晚古生代之前，它则只是华南加里东地槽区的一部分。因此，在对某一地区进行区域大地构造的分析研究时，不能不加区别地只依据某些部分事实，简单地鉴别其属于何种大地构造单元的构造区。而是必须根据该地区的全部地质事实的记录，区分出它们当中所反映的、不同的大地构造阶段所属的构造单元，对于构造区与构造单元的关系，应作出现代(目前)所属大地构造单元和过去曾经属于过哪些大地构造单元的区分，根据两个方面的综合分析作出现今和古构造区的划分。

通过对一个具体地区构造区的划分，大地构造单元的时序组成及其空间相互关系的研究，是了解该区的地壳演化历史及其构造演化程度的重要窗口，对于检验、发展大地构造理论有重要的意义；另一方面，由于不同大地构造单元有其不同的矿产，对构造区的正确划分，则有助于全面了解其继承保留和叠加形成的所有矿产，并对构造区的含矿性、矿产潜力的科学评估，以及进行有针对性的合理预测及提高找矿实效，均具重要的实际意义。

2.4　历史－动力综合分析法

2.4.1　历史－动力综合分析的一般概念

在大地构造学的发展史上，关于研究目的与方法的认识分歧，存在已久。无论历史论还是因果论的大地构造理论，其研究方法都有各自的特色，但又都有为达到同类理论相同研究目的的共同特征。归纳起来，它们可划分为相应的两大类，即历史论的研究方法和因果论的研究方法，其中，历史论大地构造学的研究方法，最著名的为历史分析法。它强调恢复和阐明岩石圈地壳构造的形成、运动、变化和发展的历程，并以采用归纳法为主；因果论大地构造学的研究方法，以动力分析法(含地质力学的应力分析法)为常见，它强调探索地壳构造形成的动力和起因，以采用演绎法为主。这两类理论及其研究方法，都有其优点，但它们大多数偏于重视各自的优点而较少注意对方的长处。其结果是在单纯运用它们中无论哪一类理论和方法去解决大地构造问题时，都难免顾此失彼，不易求得比较圆满的答案。

依著者的看法，大地构造学的研究目的，既是要研究地球，目前主要是地球的硬壳(相当于岩石圈)的诞生、成长、运动、变化和发展的全部史实(包括细节)，同时又要弄清造成这些史实的根本原因和力源机制。因为无不运动的物质，也没有无物质的运动；物质是第一性

的。只有既弄清事物运动、变化和发展的历史，又探索其演化和运动的原因和力源，才能真正认识事物的本质及其发展规律，达到利用自然和改造自然的目的。历史论大地构造学及其采用的历史分析法的优点，正是在于要求并能够依据大量的地质及地球物理实际资料，运用归纳法的长处，全面地恢复和阐明地球硬壳自诞生以来长达至少近 40 亿年的成长、运动、变化和发展的历程，并且，它们的作用不止是认识这个历程，还为探索该历程的根本原因和力源机制提供充分的、可靠的史实依据。另一方面，因果论大地构造学及其采用的动力分析法的优点，则是在于要求它能够敞开思路，运用演绎法提出假说并发挥其想象功能，为寻找地球硬壳成长、运动、变化和发展的根本原因和力源机制提供线索，并且，它的作用不仅可使人们认识其中的因果关系，而且可使人们对地壳岩石圈演化和运动历程及其规律性获得更进一步和更深一层的认识，还可据以预测未来。它们两方面都有其自身的作用，但又不能代替对方的作用，即轻一不可。

由此可见，从科学发展的规律看，要想比较全面地促进大地构造学的发展，就需吸收历史论同因果论大地构造学两方面研究方法的长处，加以结合起来，综合运用两种研究方法成为“历史－动力综合分析法”，以便互补不足，相得益彰，更有利于认识地球硬壳的演化史、因果关系及其规律性，以及由它们产生并控制的矿产特点和时空分布规律，解决比较复杂的大地构造及成矿学问题，从而有可能更有效地指导找矿。

2.4.2　历史－动力综合分析的基本要求

历史－动力综合分析的内容自 1962 年著者提出初步设想以来，经过了逐步的补充修改，主要有下列几点。其中既包括工作方法方面，也包括思想方法方面，两者不可分割。

2.4.2.1　发展观点与联系观点结合

以往大地构造学的研究方法，由于受研究目的的限制，观点大都难免有所偏倚。例如，历史论者采用历史分析法，主要为了阐明和重建地壳或岩石圈的演化史，故时间上的发展观点十分明确，而空间上的联系观点较差；因果论者采用动力分析法，主要为了探索地壳岩石圈各个块体或地段的相对位置变化和应力场，因而对空间上的联系观点特别重视，而时间上的发展观点较少注意。历史－动力综合分析法是两者相结合的方法，它首先要求把地球硬壳及其中各个壳体都看作如同其他事物一样，是在不断地运动、变化和发展着的。与此同时，要承认它们既不断发展又有发展阶段之分。在它们的演化过程中，于不同时期其活动强度、地壳运动性质、特征、表现方式等，都可不相同，因而形成了各个不同性质的发展阶段，出现了相应不同的大地构造体制，表现为相应不同的大地构造单元；与此同时，由于事物发展总是不平衡的，在地球各个壳体之间，壳体内各个次级或更次级壳体之间，其演化和运动都可产生差异，从而在每个地质时代中都形成了各自的、复杂多变的、在全球范围分异进行的演化－运动综合场面，构成了逐幅不同的历史图画。而在这些图画里，每个构成部分都与其他部分互相联系着，不宜孤立地去研究。总之，既要研究全球范围内每个壳体在不同地质时代的运动和变化，及其在时间发展上的和在历史生因上的联系，又要研究每个地质时代史全球各个不同壳体的运动和变化，以及它们互相之间在空间变迁上的和在力学上的联系。

2.4.2.2　时间观念与三维空间观念结合

历史－动力综合分析法所需要强调的第二点是，既要着眼于时间又要着眼于空间，不宜

偏重其一。并且，在空间方面，还要既着眼于平面(二维空间)又要着眼于立面(垂向的一维)，而不要偏重一方。在以往的研究方法中，历史分析法重点放在地壳或岩石圈演化过程中的阶段划分以及不同大地构造体制之间的历史生因关系和转化历程上，因而时间观念很强，但由于放松地壳或岩石圈不同部分或地段之间的空间变化和力学联系，以致空间观念较少注意，且侧重垂直的一维；动力分析法则把重点放在地壳或岩石圈不同部分或地段之间的位置变化和应力关系上，因而空间观念很强。但由于较少注意它们各自在时间上的变化以及新旧发展阶段之间的生因联系，以致时间观念相对淡薄。而且，在空间联系方面，又常把重点放在平面上。运用历史－动力综合分析法，则要求既兼顾时间和空间，又兼顾平面和立面，即要求四维思维。并且运用地球物理方法同地质方法相结合，加大垂向的一维的认识，即注意三维空间。这样就能比较全面地分析问题，这与上文所述发展观点同联系观点相结合的方法是相呼应的。

2.4.2.3　水平运动与垂向运动并重

这一点是要求注意地壳运动(岩石圈运动)既有水平运动又有垂向运动，两者同是地壳运动(岩石圈运动)的表现方式，不宜偏重任何一方。虽然水平运动的尺度通常可以较大，在平面图上的变化又较易察觉，因而更受到人们的注意并引发兴趣，但垂向运动仍需同样重视。以往的研究方法，常有所轩轾。例如历史分析法由于主要通过构造层增积过程的研究以重建地壳或岩石圈发展史，所以重视升降运动及由此引起的海水进退或盆地消长和所成有关的建造记录，而对水平运动则研究较少；动力分析法由于主要通过构造形迹、古生物群、古地磁等方面的研究以探索地壳岩石圈不同部分或地段的位移和互相之间的聚合离散等，所以重视水平运动，而对垂向运动则不够注意。采用历史－动力综合分析法，则有可能发挥两者的长处。事实说明：水平运动与垂向运动都是地壳运动的两个方面，只是在地壳演化和运动的不同发展阶段或同一发展阶段的不同时期，可以由其中之一占据主导地位。依现有资料所知，一般说来在一个壳体演化过程中，当它(或其中某个次级壳体或地段)处于构造－岩浆－变质活动强烈的发展阶段时，大部分时期以水平运动为主导；当其转入构造－岩浆－变质活动微弱的发展阶段时，则大部分时期以垂向运动显出(相对的)优势。

2.4.2.4　壳体的整体运动与体内运动并重

地球各个壳体的运动，既包括它们的整体运动，也包括它们体内的各个次级壳体或地段的运动。这两方面都是地壳运动的表现，同等重要，不宜有所偏颇。以往的研究方法中，历史分析法集中注意研究壳体演化过程中各个发展阶段内的体内运动，包括各个次级壳体或地段在水平方向和垂向的运动和相对位移，以及由此所产生的平面上、垂面上应力场的变化，及其所成的有关构造，但它很少涉及整体运动，特别是整体的水平移动。动力分析法则大多集中精力研究整体运动，特别是整体的水平移动和相邻诸壳体之间的相对地理位置变化，以及由此所产生的壳体之间的汇聚或离散现象和相应的应力场及有关构造。历史－动力综合分析法要求两者兼顾，既重视整体运动，也同样重视体内运动。

2.4.2.5　构造层划分与构造系划分结合

构造层原是槽－台学说研究方法所创立的概念。它确切的用法依著者(1956，1978)的体会是指在地球硬壳某个块体或其中某个地段的演化和运动过程中，于一定大地构造体制的发展阶段所成的，由具有属于相应大地构造体制的共同特征和认识标志的地质建造，包括岩浆

建造、沉积建造和(或)变质建造以及矿石建造所组成，并受过同期伴生的构造作用改造过(即具有属于相应大地构造特征的构造型相)的地层组合。这个概念在历史论大地构造学研究中是历史分析法的一个重要的依据；但在因果论大地构造学的动力分析法中则罕见使用之。从历史－动力综合分析法的角度考虑，它确很有作用。因为它们是该处壳体各个发展阶段的地壳运动的性质和当时大地构造体制的记录；也是这种地壳运动和大地构造体制的生消时代及存在时间长短、影响范围和面积大小的记录；同时还是有关矿产形成的有利环境条件的历史记录。它们也是阐明及重建地球硬壳及其中各个壳体的演化与运动历程以及所成矿产时间规律的物质依据。

构造层可因其差别显著程度及范围大小而划分为多级，最高级的是由不同的壳层为代表，即现已知的硅铝壳层、硅铁镁壳层及上地幔岩壳层，它们自上而下依次相当于硅铝壳(上地壳)、硅铁镁壳(下地壳)及地幔岩壳(内地壳，即岩石圈上地幔)。这些统称为超级构造层。在超级构造层中，可以分为若干个构造层。例如，在硅铝质构造层中，在有它们发育齐全的构造区或地段，依目前研究程度，依正常层位自上而下可以区分出地洼构造层、地台构造层、地槽构造层及前地槽构造层群(其中可能包含有多个构造层，详后)。在这些构造层里面，还可区分出中构造层及小构造层(可见全集的有关著作，此处不赘述)。有必要指出的是：硅铝质构造层只发育于大陆壳及过渡壳。它们是目前运用历史分析法研究地壳演化史时的主要依据。至于硅铁镁壳层及地幔岩壳层中，应如何划分构造层，有必要开展研究。

在以前的研究方法中，历史分析法只重视构造层的鉴别和划分，而对构造系不加注意；动力分析法则重视构造系或构造的力学性质的鉴别和划分，及其反映的有关地壳块体的相互移动关系，而较少注意构造层。由于二法均有偏倚，遂难以了解地壳构造的全貌，以及全面地认识矿产的时空分布规律。在运用历史－动力综合分析法时，就要求把两者结合起来(陈国达，1962，1978，1988)。即是说，在划分构造层时需要同时注意它形成时及形成后所受控制或影响的构造系的形态特点，及其反映的古应力场和当时所在壳体(或地段)的运动特点。另一方面，在划分构造系时需要同时注意它所控制或影响的构造层的建造特点，及其反映的当时所在的大地构造体制环境和壳体演化阶段。

2.4.2.6　洋壳与陆壳兼顾

陆壳是地球硬壳演化过程中由洋壳演化而成的，其标志(超级)构造层即硅铝层，它一般地是以洋壳的标志(超级)构造层即硅铁镁壳层以及下伏的地幔岩壳层为基础而发育的。两者之间具有历史生因关系。另一方面，目前经研究所及的大洋壳，其年龄都很小，不超过220 Ma，而大陆壳远为年老，已知最大年龄至少大于38亿年。并且，大陆壳中保存有大洋壳中所无的、演化进入陆壳阶段以来各个时代、各个发展阶段、代表各种陆壳型大地构造体制的构造层。这些构造层，足以反映地壳演化中这一段漫长的、经受过无数次强弱交替的运动，以及发生过十分复杂变化的历史记录。因此，历史－动力分析法要求既重视占有地球表面72%的洋壳资料，也不忽视足以说明和重建地球硬壳发展过程中长近40亿年这段历史的陆壳资料。只有两方兼顾所总结出来的认识，才能更为顺利地解决全球性的大地构造问题。

2.4.2.7　远古与近代并重

要把历史论同因果论两种大地构造学的主要研究对象融为一体、统一研究，有必要把两方面的研究重点结合起来，同等兼顾，即既重视远古地质时代的史实的细节，也重视较新地

质时代的史实的细节。在此基础上，重建全部的地球(岩石圈)的大地构造史，并作为探索这些大地构造事件的发生原因和力源机制、达到认识其因果关系和一般性规律的依据。

2.4.2.8　全球与地区兼顾

历史－因果论综合大地构造学的研究对象包括整个地球，也考虑到其他天体的影响。虽然现阶段主要研究范围在地球的硬壳，但也涉及更深部的作用。因此，它必须着眼于全球。另一方面，要使它总结出来的理论其适用范围能包括全球，就必须以组成全球硬壳的各个壳体和所有地区的资料为基础。虽然各个地区有其具体的构造特点，但也必然同时具有与其他地区相一致的共同构造特征，可作为研究全球构造一般性规律的依据。只有这样的研究方法，才能真正认识地球。历史－动力综合分析法就是要求注意这一点。

2.4.2.9　岩石圈演化与运动并重

历史－因果论综合大地构造学在研究地球构造的各种问题时，都宜尽量同时注意其历史和运动两个方面的内容，并把两者密切结合起来，以达到两者统一研究的要求。举例说：在研究构造活动带、造山作用及造山带等的时候，既要阐明它的动力成因、运动性质、运动过程、所在位置等，又要同时分辨它们的大地构造体制属性、产生于所在壳体演化史中的哪个发展阶段和成长期、产生的历史背景和发育基础等，并据以区分出各种不同属性和类型的构造活动带、造山作用及造山带(包括地槽型或地洼型等)。如台湾东海岸山脉，日本诸岛的东、西部的构造活动带为地槽活动带(造山带)，而台湾西部及日本西部则为地洼型活动带(造山带)。别的例子还有：研究裂谷(带)时，有必要区分出它是活动区型还是稳定区型(后者特称断拉槽—aulacogen，莎特斯基术语)；在活动区型裂谷(带)中，还需要再区分出地槽型还是地洼型，后者相当于 E. E. Milanovsky 的世界裂谷分类中的“后地台型裂谷(带)”，如此类推。再有，研究岩石圈块体或其中某一地段的运动方式、强度等时，就要同时分析这些运动发生的时期，该壳体或其中相应地段的演化阶段和成长期，只有结合考虑，才能对这些运动的发生原因获得理性的认识。因为它们与有关地区当时的大地构造性质(活动区还是稳定区)互相关联，并且同是由于地幔蠕动情况(处于活跃期还是相对宁静期)加上历史背景和发育基础所决定的。这就是需要建立“壳体”这个综合构造概念的原因。

岩石圈演化与运动并重的重要性，在解决许多构造问题时都可以表现出来。例如，关于华南地区究竟是地台区还是造山带这一问题，直到目前还有人在争论，依据实际资料分析，它即曾是地台区又是造山带。地台区是它在晚古生代时的情况，称后加里东古地台区。造山带则曾至少经过两次(前地槽区造山带遗迹未计)，分别属于两种大地构造类型。一次是晚古生代时的，属地槽型造山带，即华南加里东期古(地槽)褶皱带。另一次是中生代以来的，属地洼型(活化型)造山带，可称燕山期(也称华夏期)地洼断褶带。又如，天山山脉究竟是海西地槽型造山带，还是地洼型造山带？它的发展史表明，它既是地槽型，又是地洼型。前者是指晚古生代时的海西期古地槽褶皱带；后者则是指新生代以来的中亚期(喜马拉雅期)地洼断褶带。因为第一次出现的造山带已于白垩纪以前被削低夷平，转化为地台区了。目前所见的天山为第二代造山带，其大地构造属性同晚古生代时的不同。由此可见，上述问题，只要把演化与运动并重融合全面考虑，再加上强调时间观念与三维空间的观念结合，就易于找到明确的答案。

2.5　鉴别大地构造单元和划分构造区的分析方法

如前所述，大地构造单元是地壳构造演化阶段性发展的一种基本类型，如已知的地槽区、地台区和地洼区，分别代表了地壳构造演化史中，三种阶段性发展的基本类型，故也被称之为地壳构造中已知的三种地壳基本构造单元。它们分别是在某一地质时期和某一空间范围内，由三种不同类型的地壳运动(或称大地构造体制)所产生，并具有相应的三种不同类型特征的形成(建造)和形变(改造)。因此，不同大地构造单元之间的差别，一方面可从它们各自发展的全过程中地壳运动表现的特征上加以区分开；另一方面，也可以从它们各自发展的全过程中，各种地质建造作用(沉积、岩浆和变质及成矿)和地质形变作用(同时期和后期叠加)的综合特征上予以区别。

地槽区和地台区虽然是大地构造单元中最早被鉴别并区分出的两种基本构造单元，并且阐明了代表构造强烈活动性的地槽区与代表构造相对稳定性的地台区之间，地槽构造单元被地台构造单元替代的历史生因和转化关系。但是受传统理论“非槽即台，非台即槽”观念的束缚，在大地构造单元的研究上，对地槽区只求知其终而不求知其始；对地台区则只求知其始而不求知其终。因之，难以从构造单元形成、发展的全过程加以全面综合分析与研究。地洼区这一新的大地构造单元的被识别划分出，以及地洼区与地台区两种构造单元之间的历史生因和转化关系的阐明(陈国达，1956，1959，1963)，遂使对已知三种构造单元形成、发展的全过程获得较完整的认识。

因此，活化(地洼)构造理论运用历史－动力综合分析法，进行大地构造单元的鉴别和构造区划分时，强调以地壳运动在地壳演化－运动史中呈阶段性出现的不同类型和不同表现特征作为主线，从不同的侧面，通过对构造单元形成、发展的全过程进行综合地全面地分析研究，以此作为进行大地构造单元的鉴别和构造区的划分时的基本观点和需遵循的基本原则。

2.5.1　地壳运动形式分析

地壳运动形式分析，是指对大地构造单元形成、发展的全过程，通过对各种地质作用在其发展过程中的不同表现，进行综合分析，借以查明地壳运动的作用及活动方式、强度变化的特征、及其类型的划分，即是从大地构造单元构造运动的属性及其专有的特征表现方面，对大地构造单元作出鉴别的一种综合分析方法。这一方法是著者于1958年于“华夏型地台活化的进行过程”一文中首先使用，随后运用于地槽区、地台区、地洼区发展过程的对比研究(陈国达，1978，1985)，以及用于壳体构造的分析(陈国达，1992，1995)。

2.5.1.1　*地槽区发展过程的地壳运动形式及其主要特征*

地槽区是在前地槽构造单元基础上由于地壳运动活动性的增强，由其前身的稳定构造单元活化解体后发展起来的构造单元。其发展全过程，可以从活动强度和主要特征两个方面来分别进行阶段性划分和描述。

首先从活动强度看，它可以分早、中、晚三个发展小阶段，分别叫做初动、激烈(剧烈)及余动期(图2－1中A)。地槽区形成的早期(初动期)，刚从前地槽阶段(以相对稳定因素为主导的发展阶段)向活动区转化，开始出现反差强度逐渐增大的构造起伏和地貌起伏，形

成了具一定方向和系统的地槽(也译地向斜,负单位,通常表现为海槽、海沟)和介于其间的地背斜(正单位,通常表现为岛链,或称岛弧)。随着地槽部分地壳的下沉,海水逐渐向它侵入,起初,地背斜大部分露出海面,从地背斜(以及其他邻侧隆起区)中剥蚀下来的陆源碎屑甚为丰富,因此在地槽中形成了下部(较粗的)碎屑沉积物。随着地背斜面积和高度逐渐减小,海侵范围逐渐扩大,碎屑物来源减少,下部碎屑沉积物之上便逐渐变为以较细的碎屑(泥质)沉积物为主。由于早期构造变动尚不太强,伴随地槽产生的断裂切割还不太深,因而早期沉积物中,火山碎屑沉积不太发育。中期(激烈期)地壳运动增强,构造反差及地貌反差加大,地壳在较大速度沉降中发生差异升降,发育在地槽区内的断裂,尤其是发育在地槽与邻侧隆起地区之间及地槽与地背斜之间的断裂往深部发展,形成深断裂,往往插入玄武质壳层及上地幔,导致基性、超基性岩浆大量喷发。因此,在激烈期的前半期形成了细碧角斑岩建造及碎屑岩建造。此后,地壳下沉趋势逐渐减弱,构造－地貌反差逐渐减小,海侵范围进一步扩展甚至有些地背斜亦沉没于海水之中,碎屑物供应量逐渐减少,因此沉积物以泥质及碳酸盐质为主,形成了碳酸盐建造(很多情况下属泥灰岩建造)。在地背斜上,由于水体较浅,光度、温度较适于生物的生长,故常可有礁灰岩建造。至此,地槽区的下沉阶段可能达到极限。继其后则转入上升时期,构造－地貌反差又逐渐加大,形成了巨厚的复理石建造,同时常有火山碎屑物质沉积。由于地壳运动强烈,同时又由于地壳运动所造成的强烈地貌反差,因此常有比较发育的浊流沉积。随着区内水平地壳运动进一步加强,地槽沉积中褶皱、断裂普遍产生,形成一系列以紧闭型褶皱和逆断层为主的构造型相,形成褶皱带山脉(正单位)及介于其间的山间拗陷和山前拗陷(负单位)。与此同时产生了区域变质作用及大量的岩浆活动,以酸性、中性为主,这叫地槽封闭。晚期(即余动期),地壳运动的强度逐渐减弱,构造变动及岩浆活动亦随之转衰,但地貌反差在刚进入余动期时仍然很大,从褶皱带山脉上风化剥蚀下来的岩屑,便在山间拗陷及山前拗陷中沉积了一套从海相渐变为陆相、由细变粗然后又变细的磨拉石建造,其中往往夹有含煤建造、含油建造和火山碎屑岩建造。

其次从地槽区发展的形式及主要特征看,地槽区的发展过程也可以分为前后两期。前期亦称地槽期。相当于上述的初动期及激烈期的早期,以地面总的大幅度的下沉为特征;后期亦称褶皱带期,相当于激烈期的晚期及余动期,其发展形式由总的下沉转为总的上升。

以上是优地槽的发展过程及主要特征。渺地槽[①]的发展过程与优地槽大体相同,但其特征稍有差别,最主要的是渺地槽往往火山活动不显,缺乏细碧角斑岩建造和基性、超基性岩浆建造等。

关于地槽区地壳运动形式及活动强度的变化过程参见图 2－1。

2.5.1.2　地台区发展过程的地壳运动形式及其主要特征

一个地区,其地壳发展进入地槽区晚期(余动期)后,地壳运动强度即开始逐渐减弱,地壳运动形式由水平运动为主转为以垂向运动为主,剥蚀作用不断进行,褶皱带山脉逐渐被夷低,构造－地貌反差愈来愈小,终于成为准平原。准平原的出现,标志此时已进入了地台区发展的阶段。在地台区上,相对隆起部分叫台隆或台凸,属正单位;相对陷落部分叫台陷或

① 渺地槽——Miogeosyncline,以前译为“冒地槽”是不妥当的。因为“Miogeosyncline”并非“冒充地槽”意思,“Mio”其原意为“渺小”,若译为“渺地槽”则不论意译还是音译均比较妥当。

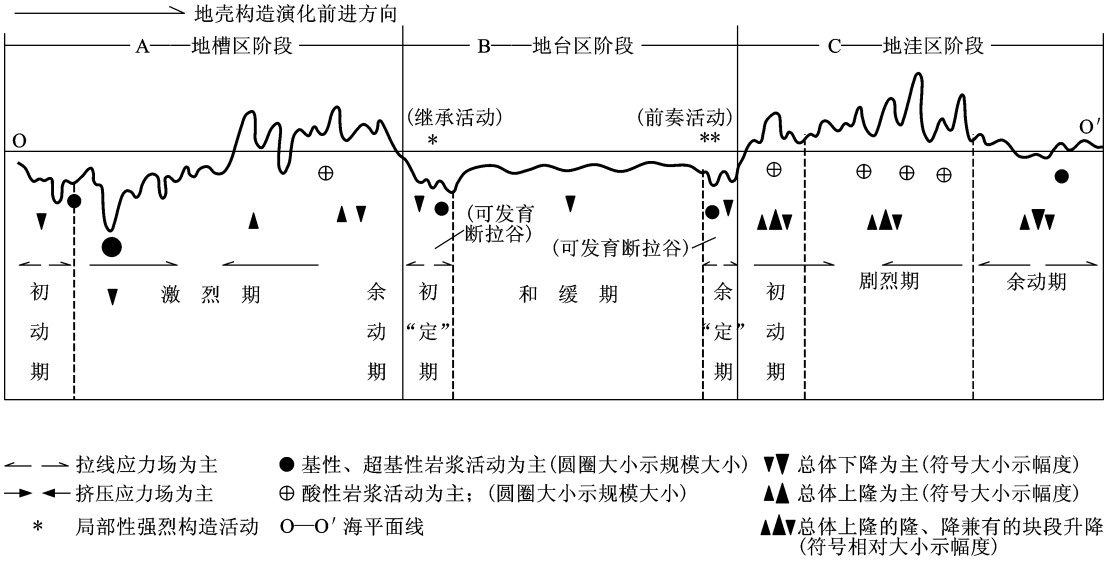


图 2－1　大地构造单元地槽区(A)、地台区(B)、地洼区(C)构造发展阶段地壳运动形式对比示意图

(文字说明见正文)

台凹，属负单位。在地台区发展的早期，地壳的稳定性还相对较大，古地槽褶皱带残留下来的地貌反差还相对较大，故在台陷中出现砂砾岩建造，在较深的台陷中，有时厚度可以很大(如华北上元古界，厚 8 000～11 450 m)，岩相变化尚非太大，有时夹有中基性、中性火山熔岩及火山碎屑岩建造(如广西龙州地区地台区发展早期下泥盆统东岗岭组底部及中泥盆统底部和中部呈层状、透镜状产出的中基性熔岩及中性火山碎屑岩)。这些特点，反映了地台区发展的早期，地壳仍有较强的活动性，但总的来说又显示出稳定区型的特征，因此称之为初"定"期。随后，地台区进一步发展，地貌反差更加微小，在以垂向运动为主导的情况下，时而整体下沉，时而整体上升，遂产生以面状分布为特征的砂泥岩建造、碳酸盐建造及海陆交互相(或陆相)的含煤建造，岩相在空间上、时间上多呈缓慢变化的有序序列，稳定性大，分选性好，此时地壳运动强度最弱(图 2－1 中 B)，故称之为和缓期。此后进入地台区发展的晚期，地壳运动逐渐以上升为主，沉积的范围出现收缩和陆相替代海相的趋势，这一时期的沉积物逐渐由碳酸盐岩建造变成紫红色砂泥岩建造(如湘、鄂、川、黔一带的巴东组)，此外出现含膏、盐建造。有些地区兼有基性、中基性及中性火山喷发。在地层接触关系上偶尔出现微角度不整合。这些现象，反映了地台区发展的后期地壳的活动性有所增强，故将晚期称之为余"定"期。

通过上面的论述可知，地台区发展早期和晚期的地壳运动强度比地台区发展中期要稍强。将根据强度相对大小所描绘的地壳运动强度曲线(图 2－1 中 B)与地槽区地壳运动强度曲线加以比较，就可以看出，两者的形态完全相反。地槽发展的中期，地壳运动强度在整个地槽区发展中表现最强；而地台区发展的中期，地壳运动强度在整个地台区发展阶段中表现得最弱。这是不同性质大地构造单元地壳运动特征的具体体现。

2.5.1.3　地洼区发展过程的地壳运动形式及其主要特征

如上所述，在地台区发展的晚期——余“定”期，地壳运动强度比中期(和缓期)有所增强。这种变化，实质上是地台区向新活动区发展的变化过程的前奏，属量变阶段。及至地壳运动的强度增大到使地台区解体、失去大面积整体上升和下降的特点，并转化为块状差异升降运动的时刻，该处大地构造性质便达到了质变阶段，由相对稳定的构造单元变成强烈活动的构造单元。此时该处地壳的发展便再度转化，并进入地洼区阶段。

如图2-1中C所示，地洼区的发展过程，从地壳运动的活动强度看，同样可以分出早、中、晚三个小的发展阶段。在地洼区活动过程中，该处地壳内的热能增强，促使地壳发生膨胀。但在不同的阶段有所差异。

(1)早期(亦称初动期)　此期刚从“稳定”区转化而来，导致地壳膨胀的热能刚开始增强，所以表现出地壳运动活动的强度不太大，主要出现较大型(相对于中期而言)的隆起和拗陷，分别叫做地穹和地洼。接着地貌反差开始加大，以拱曲、断裂等为特色的构造活动开始增强，同时使前地洼构造层产生各种形变。地穹隆起带不断遭受剥蚀，地洼拗陷不断接受沉积，因此主要形成砂砾岩建造、砂泥岩建造及含煤建造(如萍乡式建造)，但往往还有酸性、中酸性火山碎屑岩建造。

(2)中期(亦称激烈期)　此期，地壳运动强度增大，地壳膨胀进一步加强。由于膨胀不均一，造成了差速运动。这种差速运动既表现在水平方向，也表现在垂直方向，遂形成了构造反差很强、地貌反差很大的状况。这种状况又直接影响着气候的变化，在地洼中出现炎热而半干燥的气候。由于隆起区(地穹或地穹系)遭受强烈的风化剥蚀，便导致拗陷区(地洼或地洼系)迅速地接受沉积，产生了一套分选性差、稳定性小的红色碎屑岩建造，包括以洪积相、冲积相、浅湖相为主的砂砾岩建造、砂泥岩建造，往往还出现陆洪浊流沉积(陆洪浊积建造)①。隆起区断裂更加发育，特别是在隆起拗陷的接壤地带，常有深断裂发生，因而常导致大量的火山喷溢。它不仅分布在隆起区，而且在邻近的拗陷地区亦广泛地发育着火山岩、火山碎屑岩建造(如建德式建造)。在地洼发展的中期，还有大量花岗岩类岩浆侵入。由于此时地壳膨胀最甚，产生的水平挤压应力也最强，靠近壳块接合面的地洼区，可能还有由于壳块之间的挤压或错移活动的水平作用力的影响，因此常出现逆断层，甚至逆掩断层，使前地洼构造层及地洼初动期亚构造层，有时甚至激烈期初期的亚构造层产生强烈的构造变动，并在断裂带附近产生断裂变质带，有时产生局部性的高度变质。此时地洼区的地壳活动达到了最为强烈的程度。

(3)晚期(也称余动期)　随着地壳热能的大规模散发，膨胀速度越来越小，最后由膨胀转为相对收缩，地壳运动的强度逐渐减弱，以水平拉伸应力及差异升降为主，地洼区的发展转入了晚期。此期地洼盆地亦甚发育，有新生地洼，也有继承初动期、激烈期的地洼。不论初动期、激烈期还是余动期的地洼，往往不是整体匀速地下沉，而是在同一地洼中的不同部

① 陆洪浊流沉积是由陆相洪水携带大量砂、石、泥高密度流所形成的一种沉积类型，其所形成的一套岩石组合则为陆洪浊积建造。近几十年来，世界上研究海相浊流沉积较多，研究陆相浊流较少。据著者对一些中新生代盆地沉积的研究及我国的一些报道，著者认为浊流沉积可分为两大类型，即海相型和陆相型。陆相型浊流可再进一步分为四个亚型，即陆洪亚型、地震亚型、滑动亚型、冰水亚型(其中地震亚型和滑动亚型常共生)。在地洼区发展的中期和晚期，陆洪浊流沉积最为常见。

位，下沉速度有快有慢，造成倾侧(掀斜)运动，致使沉积中心发生迁移，但总的来说，尤以余动期中面积特别宽广的地洼，这种中心迁移现象最为明显(如华北平原地区的地洼)。地貌反差强度的变化，一般说来均落后于地壳运动强度的变化，所以当地洼区发展进入地壳运动强度相对较弱的余动期后，激烈期所造成的强地貌反差并非一时能减弱。因此在余动期开始的一段时间内，隆起和拗陷的相对高差仍然很大，地洼盆地中的气候条件仍属半干燥而炎热的气候，致使余动期早期仍然有分选性差、稳定性小的红色砾岩、砂砾岩建造及砂泥岩建造(如丹霞式建造)的形成；在沉积相上以洪积相、冲积相为主，兼有陆洪浊流沉积。随后，地壳运动强度愈来愈弱，地貌反差越来越小，因此继砾岩、砂砾岩建造之后，砂泥岩建造及泥岩建造逐渐增加，从沉积相角度看，则湖相沉积越来越发育，常形成暗色泥岩－膏盐建造(如江汉地洼潜江组地层)、泥岩建造(如百色地洼那读组地层)、泥岩－碳酸盐岩建造(如洞庭地洼沅江组二段中亚段下部地层)、泥岩－粉砂岩建造等等。这些建造的生油地化指标较好，故常为生油建造类型。它们多是在静水浅湖、半深水湖弱还原条件下的产物，岩性，岩相、厚度的稳定性相对较大，对比性相对较好。这是地壳运动相对较弱的表现。然而，地壳强度总趋势愈来愈弱的情况下，有时亦出现较强的情况。此时，在沉积特征上又可出现红色粗屑建造类型，如砂岩建造、砂砾岩建造。随着地貌反差的减弱及拗陷区的不断充填，逐渐发育有沼泽相沉积，所以在余动期中期、后期，常见有含煤建造。在有些地区，由于地壳引张、地面沉降较大，以致多个地洼盆地连成一片，形成了广阔的沉积盆地或沉积平原，如华北地洼区东南部即是。尽管地洼区发展余动期的地壳运动相对较弱，但比地台区阶段的地壳运动强度要强得多，故仍然能够造成活动区的构造型相，其中以断裂(张性)为主，兼有一些褶曲。此外，还可促使初动期、激烈期形成的断裂进一步发展，终成“透过”构造，切入玄武岩圈、甚至上地幔。所以，在余动期发展时期还有一定强度的岩浆活动，除少量酸性、中酸性岩外，主要为基性、超基性岩的喷发和侵入。

上述就是三大构造单元的基本发展过程。由此可以看出：就活动区型和“稳定”区型而言，活动区型的地壳运动强度，早期和晚期相对较弱，中期最强；而“稳定”区型的地壳运动强度，早期和晚期相对较强，中期最弱，与活动区型正好相反。就同属活动区型的不同构造单元而言，尽管在发展过程中地壳运动强度变化趋向特点一致，然而地壳运动变化的形式又有所不同。地槽区发展的总程序是先为下沉阶段，后为上升阶段；而地洼区发展的总程序是上拱为主，上拱之中先为大规模的膨胀隆起，后为收缩和相对下沉。这些差别，正是造成各种不同大地构造单元主要地质特征表现具有明显差别的重要原因所在。

2.5.2　构造反差强度分析

构造反差强度这一新概念是著者于 1962 年在《大地构造学》一书中提出，用来作为鉴别大地构造单元构造属性及其类型的一种新的构造标志。

大地构造单元的构造属性是指构造活动性和构造相对稳定性而言，它对应于大地构造活动性单元和大地构造稳定性单元。大地构造单元的上述两种构造属性，是地壳运动在地壳构造演化中不同发展阶段具有差异变化的客观表现，也是人们最早把地壳划分为稳定区(诸如克拉通、地台区、大陆稳定区等不同的术语)和活动区(诸如地槽造山带、地槽区、造山带、活动大陆区等不同名称)的缘由。地洼区的发现(陈国达，1956)，因其各种地质作用过程的

表现，证实它是一个以地壳运动活动性强烈称著的大地构造新单元。正如上节三种大地构造单元地壳运动形式分析及图 2－1 所表示的，大地构造单元构造属性的活动性和稳定性之分，只是大地构造单元构造属性的一种基本类型。活化(地洼)构造理论基于对大地构造新的活动性单元(地洼区)这一客观地质实体存在的事实，突破了大地构造活动单元只有一种的传统认识，根据新的事实发展了大地构造单元构造属性的概念(陈国达，1959)。地壳运动强烈表现的活动构造单元和地壳运动相对微弱表现的稳定构造单元，只是大地构造单元构造属性的基本类型。活动构造单元和稳定构造单元还各自包括有多种多样的其他类型，如同活动构造单元包括了现已认识的地槽区和地洼区一样。大地构造单元基本构造属性(活动性和稳定性)的这种多类型性，揭示了地壳运动的多种活动表现形式。正是由于这个原因，多种不同的大地构造单元，才表现出各自特有的地壳运动形式及与之相适应的地质建造与改造作用的综合特征。著者把各种大地构造单元具有的这种特有或专门的地壳运动形式称为：大地构造单元的构造运动专属性，简称为构造单元的构造专属性(陈国达，1959)。这种构造单元的构造专属性如图 2－1 所示，集中表现在地壳运动在其发展阶段呈现它特有的强度及幅度的变化特征及活动规律，并以此作为不同基本构造属性的单元(如地台区与地槽区)，以及相同基本构造属性的构造单元之间(如地槽区与地洼区)相互区分的根本性标志。由于每一种大地构造单元，有其专有的构造活动的发展变化特点，及相关的沉积建造、岩浆活动、构造变形及成矿作用的特征表现，它们代表了一个构造单元从形成到发展直至被后继的另一种构造单元替代的全过程。这种每个构造单元的构造专属性所决定了的、只是其自身独有的发展过程及地质作用表现，称作为大地构造体制。所以大地构造体制是针对构造单元专有的构造属性的一个构造术语，一种大地构造体制只代表一种大地构造单元。依活化(地洼)构造理论的论点，地壳大地构造单元是有多种不同类型的，所以大地构造体制也是有多种不同类型。

著者提出构造反差强度这个概念的目的，就是为了更有效地根据上述大地构造单元构造运动的专属性表现，对不同大地构造体制，尤其是对基本构造属性相同、但大地构造体制不同的地壳构造单元，作出鉴别与区分。

2.5.2.1　*构造反差强度分析的表达公式及运用实例*

由于大地构造单元中，每种大地构造体制的地壳运动的专有活动性表现，既体现在该体制的空间范围内，同时又表现在体制存在的时间范围内，故可以用下列关系式加以表示：

$$C = f(d,\ h,\ v)$$

C 指构造反差强度(依其英文名称 Contrast，缩写)；

d 指单位距离内构造起伏的数目；

v 是构造起伏在单位时间内的高差值；

h 是构造起伏的最大幅度。

其中 d，h 分别表示水平空间及垂向空间的构造起伏；

v 则表示构造起伏的速度。

上述关系式中三个参数表示的构造起伏，是指构造单元在其空间范围内和其发展时期内，由于地壳运动控制产生的褶皱、断裂、拱曲等构造型相所造成的构造的密度、幅度和速度的总称。这是因为上述关系式是用以表示由地壳运动造成的具有连续性、且较易加以统计的构造活动形式而言，因此，主要是以构造单元与之同期生成的构造型相作为主要分析研究

内容作出的，目的是试图对构造单元专有构造属性特征有利于定量化表示之。这只是构造反差强度概念运用于构造型相分析的一个方面。构造反差强度概念在其他方面的运用将在下述的有关部分予以补充说明。

刘代志(1988)曾作出了用于构造型相构造反差强度的量化公式，并对巴颜喀拉古地槽褶皱区、松辽残留地台区和东南地洼区，选择相同长度的地质剖面，进行了构造变形密度、幅度、速度即构造起伏的构造反差强度的量化实例分析(如图 2－2)。

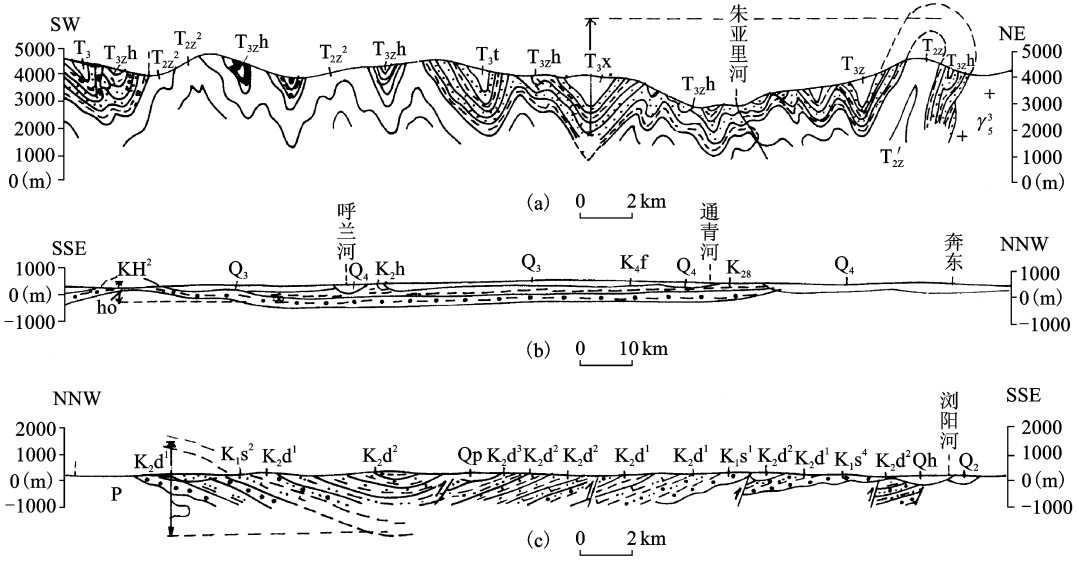


图 2－2　三个不同地区的地质剖面图

(据刘代志，1988)

(a)巴颜喀拉古地槽(褶皱区)，四川省马尔康鱼海子沟至米亚罗沟之间的构造起伏

(b)松辽地台区，黑龙江省哈尔滨附近呼兰河至拜泉之间的构造起伏

(c)东南地洼区，湖南省螺丝塘至浏阳河之间的构造起伏

(图中只给出标志地层，T～Q 为地层代号，说明略)

图 2－2(a)是巴颜喀拉古地槽褶皱区中四川省马尔康地区的一条剖面。该区现阶段已属地洼区，但因地洼区阶段主要以块断差异隆升变动为特征，且地台区阶段缺乏沉积盖层，故地槽构造层广泛出露，选择受地洼构造影响小的地段，可以作为查明地槽型构造型相构造反差强度的事实依据。该剖面方向为 SW—NE，剖面长 28 km。测得该剖面切过的褶皱个数为 18(注：为了测量方便，以完整的背、向斜个数来定褶皱个数，在剖面端部如果没有显示出较完整的背、向斜，而只有一翼，则原则上将其舍去)，因剖面长 28 km，故 $d_1 = 18/2.8 \approx 6.4$ 个(10 km)；断裂条数是 1，故 $d_2 = 1/2.8 \approx 0.36$ 个(10 km)。取较易恢复其褶皱形态且又与上下层为整合接触的地层作为标志层，量出该层中线所成背斜轴顶最高点与该层中线所成向斜轴部最低点间的高差作为 h_1，本剖面的 T_3zh(三叠系上统侏倭组)选作标志层(图中只画出该层的图例花纹)，图中的 h_0 即为 h_1，故测得 $h_1 \approx 4.4$ km；断裂的错动距离以断距来定，测得 $h_2 \approx 0.4$ km。该区的褶皱地层是上三叠统，因三叠纪以后的地层都基本缺失，已为地台区阶

段但构造运动经历的时间(包括褶皱、断裂)难于准确加以测定，故 v_1、v_2 未能计算出.

图 2－2(b)是松辽地台区中黑龙江省哈尔滨地区的一条剖面，剖面方向为 SSE—NNW，剖面长 28 km。根据上述同样的测量方法，测得剖面内褶皱个数为 2(实为一个小隆起，一个平缓拗陷)，故 $d_1=2/2.8\approx0.07$ 个(10 km)；该剖面未见断裂，矿 $d_2=0$。K_1f(白垩系下统伏龙泉组)定为标志层，测得 $h_1\approx0.8$ km，$h_2=0$。从图中还可以看到，隆起和拗陷的地层只有白垩纪地层，上面覆盖着第四纪沉积层(不整合或假整合)，故构造运动的时间大致定在白垩纪以后至第四纪以前，历经约 65 Ma，故求得 $v_1=0.8/0.65\approx1.23$ mm/10^2a，$v_2=0$。

图 2－2(c)是东南地洼区中湖南省浏阳地区的一条剖面，剖面方向为 NNW—SSE，剖面长 28 km。测得褶皱 1 个，故 $d_1=1/2.8\approx0.36$ 个(10 km)；断裂 4 条，故 $d_2=4/2.8\approx1.43$ 个(10 km)。K_1s^2(白垩系下统神皇山组上段)选作标志层，测得 $h_1\approx3.6$，$h_2\approx0.5$ km。和图 2－2(b)剖面的理由相同，定构造经历的时间为 65 Ma，故求得 $v_1=3.6/0.65\approx5.54$ mm/10^2a，$v_2=0.5/0.65\approx0.77$ mm/10^2a。

将三条剖面求得的 d_i，h_i，v_i($i=1$，2)列于表 2－1 中，并按前面的方法找出归一因子，分项归一后，代入 $C=f(d,h,v)$式求得各自的 C 值。

表 2－1　构造反差强度分析实例

指标(参数) \ 剖面(地区)	(a)四川、马尔康鱼海子沟—米亚罗沟(巴颜喀拉古地槽区)	(b)黑龙江、哈尔滨呼兰河—拜泉(松辽地台区)	(c)湖南、济阳螺丝塘—浏阳河(东南地洼区)
d_1(褶皱个数/10 km)	6.4	0.07	0.36
d_2(断裂条数/10 km)	0.36	0	1.43
h_1(km)	4.4	0.8	3.6
h_2(km)	0.4	0	0.5
v_1(mm/10^2a)	8.98	1.23	5.54
v_2(mm/10^2a)	0.82	0	0.77
归一因子：$d_1m=6.4$，$d_2m=1.43$			
归一因子：$h_1m=4.4$，$h_2m=0.5$			
归一因子：$v_1m=8.98$，$v_2m=0.82$			
分项归一后的 d	0.63	0.01	0.53
分项归一后的 h	0.9	0.09	0.91
分项归一后的 v	1	0.07	0.78
构造反差强度 C	0.84	0.06	0.74

由表 2－1 中的 C 值可知四川马尔康地区图 2－2(a)剖面的构造反差强度最大，为 0.84；湖南浏阳地区[图 2－2(c)剖面]的构造反差强度次之，为 0.74；黑龙江哈尔滨地区[图 2－2(b)剖面]的构造反差强度最小，只有 0.06。当然，由于剖面不够长，测量误差与构造形成的

年代确定不准造成的误差，使得 C 值受影响，但活动区与稳定区的构造反差强度确实相差很大。马尔康地区与浏阳地区的构造反差强度相差 0.1，有一定的差异，如果考虑地貌反差强度的话，两者的构造－地貌反差强度差别就更大了。从图 2－2 可以见到，马尔康地区的构造－地貌反差强度是最大的，因它属古地槽褶皱区，位于巴颜喀拉古褶皱系的东南部；浏阳地区的构造－地貌反差强度较马尔康地区小，但比哈尔滨地区大得多，它现属余动期的地洼区，位于东南地洼区的赣桂地洼系的中部；哈尔滨地区的构造－地貌反差强度最小，它现属地台区，位于松辽地台区的东部。由此可见，构造－地貌反差强度反映了各地区的大地构造性质。另外，值得提出的是，这三条剖面所求构造反差强度的构造层都是由中生界组成，但所属的大地构造性质不同，遂在反差强度上具有如此明显的差别。

2.5.2.2　*构造－地貌反差强度分析*

构造单元的现今地壳运动形式，主要是通过新构造运动和第四纪地质两个方面反映出其特点，它是一个地区现阶段大地构造体制构造专属性的直接表现(陈国达，1964)。所以，构造－地貌反差强度分析实际上就是现代构造反差强度分析。古地貌－构造反差强度的分析，则是在构造反差强度分析中，通过某一特定时期沉积建造或其组合、沉积古地理(包括蚀源区与沉积区)的复原，作出的古构造起伏的统计分析。

如果研究地区的第四系覆盖面积零星，对构造单元构造型相的复原影响不大时，如中国东南地洼区的大陆部分，它的构造－地貌反差基本上是由其内部次一级构造分区单位(地洼系与地穹系)直接控制(除少数第四系较广泛分布的现代湖泊之外)，这时，构造－地貌反差强度的特征，实际上是东南地洼区第三纪末时地洼区构造反差强度的一种直接反映。

例如新疆天山地区(现阶段属地洼)，构造密度颇大。仅就切割地壳并导致壳块间发生显著差异升降的深、大断裂而论，在横过天山的地质剖面中，100 km 内较大的就有 5 条之多。这些断裂的断距达几百米至 1 000 m 余；吐鲁番地洼与博格达地穹之间的一组大断裂，其裂距达 3 000 m 以上。由于上述断裂，遂使天山在地貌上表现为高山深谷的地穹与地洼(盆地或谷地)相间、隆陷幅度很大，至为壮观。又由于强烈的地貌反差，便造成了天山北麓西域组(Q_1)厚度差异大(4～2 184 m)、分选差的山麓洪积－坡积沉积物。上述的构造起伏速度也颇大，据计算，自第四纪中期以来，天山地区上升速度平均为 10～20 mm/a。又如台湾地区(现阶段一部分属地槽区，一部分属地洼区)，构造密度和幅度都很大。导致这些差异升降的较大型的断裂，在 100 km 内就有 5～6 条，其断距达 2 000～3 000 m。松辽盆地(现阶段属地台区)的情况与天山、台湾地区的情况显然有别，发育在地台构造层(J－Q)中的构造密度、幅度及形成速度均显得较小。例如，在横剖面中，在 100 km 距离内，常只见到 1～2 个隆起构造，其隆起幅度不大，在该区地台构造层中的 100 多个局部隆起构造中，其隆起幅度最大的约 200 m，就其所占的比例言，仅占 5%，而大部分隆起构造的幅度均小于 100 m。上述三地区现阶段的地貌也有显著的差别(地貌是构造反差强度大小的重要反映)，天山、台湾属山区，松辽属平原。这些特点均表明，天山和台湾地区现阶段的构造反差强度大(因均属活动区)，而松辽地区的构造反差强度小(因属相对稳定区)。这种构造反差强度大小之区别，乃是不同构造区地壳运动性质和强度的具体体现。对于古大地构造发展阶段中的构造－地貌反差强度，则要通过存在于相应构造层中的沉积建造(有时还加上火山岩建造)的分析，结合同期产生的古构造型相的鉴别而获知。兹以准噶尔西部地区及华北地区古生代的情况为例，分

析该两地当时处于不同大地构造发展阶段的构造－地貌反差强度的差别。

准噶尔西部地区的奥陶纪至石炭纪地层，主要由一套深灰色复矿砂岩、粉砂质板岩及中酸性火山碎屑岩组成，有时见砂质砾岩及质地不纯的碳酸盐岩，岩性、岩相及厚度变化迅速，表明它们是在差异升降密度、幅度及速度均大的环境中形成的沉积建造。同期的构造复杂，倒转、同斜褶曲及逆断层常见，密度较大(附带指出，海西运动期间，有大量的酸性岩侵入)。二叠纪地层中，分选性差的砾岩、砂质砾岩常见，稳定性更小，兼有火山沉积物，具磨拉石建造特征，代表地槽区发展后期的产物。它们的特点，也是形成时期构造－地貌反差强度大的体现。

华北地区的寒武纪至二叠纪地层，主要由一套浅色质纯的碳酸盐岩及少量的砂岩、页岩(夹含煤建造及铝土岩建造)组成，呈面状分布，岩性、岩相及厚度在大范围内变化缓慢。这些沉积物中，不见火山岩存在(事实上在整个古生代期间，本区岩浆活动十分微弱或缺乏)。层间多为整合或假整合，中奥陶统与中石炭统之间的假整合几乎遍及全区。可见，这时地壳运动以大面积的缓慢升降为特色。据沉积建造特征分析推测，得知其构造型相属于缺乏明显的方向性和系统性的平缓褶曲或大面积的微弱隆陷类型。上述这些沉积建造和构造型相的特点，表明其形成时期的构造－地貌反差强度小，体现出地台型的大地构造环境。

2.5.2.3　*构造反差强度分析的其他内容*

前面2.5.2.1所述的反差强度，只是指对构造单元构造属性中，与目前构造形变即构造型相相关的构造起伏方面的一种分析。

如前著者所作的阐述，构造反差强度概念的提出，是为了更为具体地提高对于构造单元地壳运动形式详尽的分辨程度，使之对构造单元的综合对比分析，能从多个不同内容方面加以分析，进行相互检验或佐证。因此，构造反差强度是包容了构造活动的所有起主要作用的地壳运动形式，譬如沉积建造、岩浆建造、构造形变，以及成矿作用；也可以包容地壳运动的地壳表面，即构造－地貌反差的表现形式；或是外地壳内部壳层(硅铝质壳层与硅镁质壳层)界面的表现形式；以及外地壳与内地壳界面(M面)的表现形式等。可以根据具体研究内容或(和)研究尺度的不同，进行多方面构造反差强度的分析运用。

(1)*构造反差强度分析的不同类别*　依据地壳运动在大地构造单元基本构造属性类型(构造活动区和构造稳定区)具有普遍对比意义的构造活动表现形式，以及依据目前对这些构造活动表现形式比较成熟的研究手段，两个方面结合考虑，构造反差强度分析除前述的构造型相分析之外，还可进行如下方面的分析。

①沉积建造构造反差强度分析。

指构造单元之间从其形成、发展直至为后继另种构造单元所取代的整个演化阶段，构造运动对于沉积作用、古地理、构造环境的表现，可以通过沉积建造的厚度、岩性或岩相等内容，进行构造反差强度的分析及对比，这种分析因沉积建造分布范围广，连续性较容易假定(缺失沉积处其厚度作为零米)，故可依构造反差强度的关系式，作出可按选择的在时限、空间及研究尺度等不同方面或内容的古构造－地貌反差强度分析。这是常用的一种构造反差强度分析。

②岩浆建造的构造反差强度分析。

岩浆活动作为大地构造单元地壳运动形式的一种主要地质作用表现，是不同构造单元构

造活动专属性的一项重要判别内容，尤其在同属构造活动性的不同大地构造体制之间，它们在岩浆活动的类别、产生顺序、规模大小以及岩浆岩的构造－岩石组合(即岩浆岩建造)等特性方面，都有各自不同的具体表现。著者在一系列关于地洼区构造属性的论述中(陈国达，1956，1958，1959，1965，1977，1978)对岩浆建造构造反差强度，从岩浆活动的规模、岩浆岩类型的活动顺序，以及岩浆岩的地球化学特征等在时空变化方面，已作过初步地阐述。这方面的分析研究，随着隐伏花岗岩预测及方法(袁奎荣等，1991)及重、磁局部地球物理异常场对出露花岗岩体三维空间形态产状的有效圈定(王玉梅，1982；王钟，1984；王懋基等，1984)等方面的进展，使之对于一些研究程度较高的地区(如东南地洼区)，有可能进一步开展包括量化在内的岩浆建造反差强度分析。

③含矿建造的构造反差强度分析。

这是活化(地洼)构造理论体系中关于不同大地构造体制成矿对比分析的一项重要内容。成矿作用是与构造单元地壳运动形式密切有关的构造活动的直接地质产物，著者称之为“构造成矿”(陈国达，1978)。含矿建造构造反差强度的分析，对于指导预测矿产及有效进行找矿，有着重要的实际价值及意义。它是体现活化(地洼)构造理论中大地构造研究与成矿学研究同步开展、兼容并重之学术特色的研究方面。著者关于不同大地构造体制(已知地槽区、地台区及地洼区)主要含矿建造，构造层、构造型相及构造区内部次级构造对矿产的控制，以及矿产的继承及成矿的叠加等，对不同构造单元矿产的时空变化特点所作的大量阐述(详见全集附录中有关部分)，为今后开展含矿建造的构造反差强度分析对比，奠定了初步基础，有关这一部分的详述可参看本书第5章递进(活化)构造成矿理论。

④深部构造的构造反差强度分析。

随着深部地质包括地学大断面(GGT)及超深钻等方面研究的进展，有关不同大地构造单元深部地壳结构及其特征的资料日益增多。因此，构造单元深部构造反差强度的分析，已是一个值得重视且亟待开展的分析内容。但由于深部地质的地球物理场特征，一方面是其手段、方法上的局限性和地质解释上的多解性，二是这种深部构造的信息是长期累进叠加至目前的表现，其确切地质演化的时限意义尚难限定。故仍限于作为一种表示不同构造单元之间对现阶段大地构造体制的一种辅助性的分析内容，但地壳运动形式的生因关系与深部地质及壳下地幔热能聚散交替力源机制的关系更为直接，故这方面的分析具有重大的理论意义，因此，深部构造反差强度分析是一项很有前景的研究内容。

(2)*构造反差强度分析的应用实例*　刘代志曾作过构造单元深部M面构造反差强度试探性的量比分析(刘代志，1988)。图2－3是中国大陆壳伊陕地台区、四川地台区及华北地洼区、滇西地洼区的深部莫霍面构造起伏图。

图2－3(a)是伊陕地台区的延安至东胜剖面，剖面长810 km，剖面方向为SN向(M面埋深是由布伽重力异常求得的，消除了地形影响，故图2－3中的四条剖面均未画地形高程曲线)。该剖面内只有两个小起伏构造(一拗一陷)，故求得 $d_1 = 2/8.1 \approx 0.25$ 个(100 km)(这里均无断裂标出，故舍弃 d_2 项)；$h_1 = 2$ km，$v = 2 \times 10^5/10^5 = 2$ cm/a。

图2－3(b)是华北地洼区的张家口至唐山剖面，剖面长810 km，剖面方向为NW—SE。起伏个数为4，求得 $d_1 = 4/8.1 \approx 0.49$ 个/100 km；$h_1 = 13$ km，类似地 $v_1 = 13$ cm/a。

图2－3(c)是四川地台区的成都至重庆剖面，剖面长400 km，剖面方向为NW—SE。该

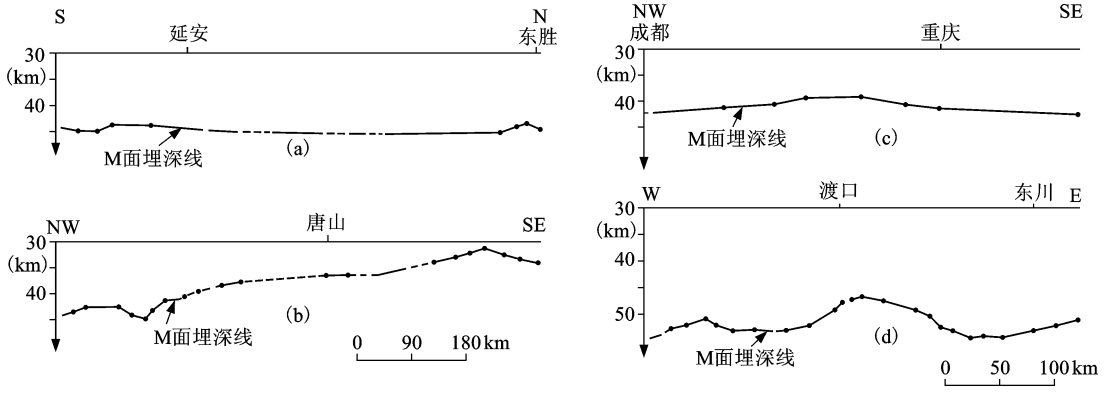


图 2－3　莫霍面构造起伏面

(据 1981，晏贤富；1983，史志宏)

(a)伊陕地台区延安至东胜剖面　(b)华北地洼区张家口至唐山剖面

(c)四川地台区成都至重庆剖面　(d)滇西地洼区渡口至东川剖面

剖面只有一个隆起，故 $d_1 = 1/4.0 \approx 0.25$ 个/100 km，$h_1 = 3$ km，$v_1 = 3$ cm/a。

图 3－2(d)是滇西地洼区的渡口至东川剖面，剖面长 400 km，剖面方向为 EW 向。起伏个数为 4，故 $d_1 = 4/4.0 = 1$ 个/100 km，$h_1 = 13$ km，故 $v_1 = 13$ cm/a。

图 2－3 中(a)，(b)为一组，(c)，(d)为另一组，因它们的横比例尺不一样，相差近一倍，严格讲来，所求得的构造反差强度不能对比。但是，它们所取的测量单位相同，且纵比例尺相同，加上归一化算法，故其测量精度等均相差不大，可予对比。

将上述四条剖面的 d_1，h_1，v_1 值列于表 2－2 中。

表 2－2　M 面积构造反差强度参数对比表

剖面(地区) 指标(参数)	(a)延安—东胜 (伊陕地台区)	(b)张家口—唐山 (华北地洼区)	(c)成都—重庆 (四川地台区)	(d)渡口—东川 (滇西地洼区)
d_1(隆起拗陷个数/100 km)	0.25	0.49	0.25	1
h_1(km)	2	13	3	13
v_1(cm/a)	2	13	3	13
4 个剖面总体归一因子：$d_1 m = 1$，$h_1 m = 13$，$v_1 m = 13$				
总体归一求得的 C 值	0.19	0.83	0.24	1

由表 2－2 中的总体归一求得的 C 值(刘代志，1988)可知，滇西地洼区的渡口—东川剖面的深部构造反差强度最大，为 1；华北地洼区的张家口—唐山剖面次之，为 0.83；四川地台区的成都—重庆剖面很小，为 0.24；伊陕地台区的延安—东胜剖面求得的深部构造反差强度最小，只有 0.19。该结果与这四个剖面所属构造区的现今构造运动状态(表层构造特点)是一致的。因滇西地洼区属中亚型，现处激烈期，所以它的深部构造反差强度最大。华北地洼

区属华夏型，现处余动期，故其 C 值较滇西地洼区小一些，但它现今构造活动在华夏型地洼区中又是较强的，故其 C 值仍很大，明显反映活动区的构造运动特点。四川地台区的 C 很小，仅 0.24，但较伊陕地台区似又大一点，显出伊陕地台区是最稳定的。这一结果与这四个地区在其他地质、地球物理方面的表现相一致。以上所述，活动构造单元与稳定构造单元其深部构造反差强度区别很大，不同类型的活动构造单元或同一种构造单元的不同发展期的深部构造反差强度亦显然有别。用深部构造反差强度来反映不同地区现今构造运动状态，将其与浅层构造反差强度结合构造－地貌反差强度一起，作为鉴别构造区的标准之一是合适的。

2.5.2.4　*构造反差强度对比分析中时、空尺度与研究内容相一致的分析原则*

大地构造单元构造反差强度作为对不同构造单元专有构造活动特征的一种鉴别方法及手段，是通过分别对不同大地构造体制全过程中相同内容的构造反差强度分析之后，加以相互的比较与区别而体现的。所以，对比分析与研究的基本原则，必须以构造单元各自发展全过程，以其专有的地壳运动形式(如前述“地壳运动形式分析”及图 2－1 中 A、B、C 所示)作为分析对比的基础，不论具体分析内容上是选择沉积建造、抑或岩浆建造、或者是含矿建造，均应如此。对其分析尺度的选择，应按构造单元各自地壳运动形式的阶段划分为准。例如地槽构造体制初动期、剧烈期、余动期与地洼构造体制初动期、剧烈期、余动期的整个发展过程的分析对比，或是对其某一发展时期的构造反差强度进行分析对比。

当研究程度或资料积累难以进行构造单元发展全过程的分析时，可以根据具体的需要或条件，选择上述不同的内容进行构造反差强度分析。但需注意时、空尺度的对应一致(指对不同构造单元进行分析对比时)，以利于对比分析时的正确鉴别。有时根据研究的需要要进行关键性问题的分析，例如，为了鉴别地槽区山间盆地和地洼区山间盆地而进行沉积建造构造反差强度分析及对比，此时，应选择相类同构造发展阶段中各自具有典型代表性的山间盆地的沉积建造，作出分析；又如，当进行岩浆建造的构造反差强度分析时，可选择各自岩浆活动的高峰期这一时、空尺度进行。总之，分析只是一种手段，正确地鉴别方是最终目的，为了达到这一目的，在不同构造单元之间，尤其同属活动性或稳定性构造单元间的分析，需要切实解决好分析研究的时、空尺度与研究具体内容上的一致性。

综上所述：任何地区的任何时期，其构造反差强度必定反映在同一时期的沉积建造、岩浆建造和构造型相特点上，即建造和(或)改造，或者形成和(或)形变两个方面，它们是认识构造反差强度的主要标志。此外，古地貌反差强度也可在一定程度上反映出当时的构造反差强度，它也是通过沉积建造分析而获知的。对于现阶段大地构造来说，则是通过新构造特点和现代构造地貌反差强度来查明的。在构造反差强度的分析中，沉积建造是更重要的，因为构造型相中有很大一部分是通过沉积建造分析反映出来的。

主要根据沉积建造分析和构造型相分析结果，可以大体上反映出一个地区某一时期的构造反差强度。

一般说来，构造反差强度较大是活动区的特点之一；反之，构造反差强度较小则是“稳定”区的一种标志。这一方面的特征，无论在活动区还是“稳定”区，均以它的发展中期最为明显。

利用沉积建造特征分析形成时期的构造反差强度时，主要是抓住沉积建造类型、分布特点、分选性和厚度稳定性(后述)的分析。从不同的角度进行划分，沉积建造可以分为五个不

同类型：岩性建造类型，岩相建造类型、气候建造类型、含矿建造类型和组合建造类型。它们从不同角度在不同程度上反映出当时的构造反差强度，其中，组合建造反映更为明显。组合建造主要有复理石建造(包括类复理石建造)、磨拉石建造、华夏式建造(原称类磨拉石建造)等。不同类型沉积建造的组合，便构成沉积建造的不同大地构造类型，即活动区型沉积建造和“稳定”区型沉积建造；在活动区型中还可分出地槽型、地洼型；“稳定”区型者现知有地台型。

利用构造型相特征分析构造反差强度时，重要的是抓住同期的构造形式及其类型。此外也涉及它们所反映的构造变动强度、规模大小和变动次数，它们的发生时代及所属的地壳运动期等。构造型相可分为两大类：一类是通常以具强烈的、有一定方向和系统、成列出现的、连续的紧闭型或宽展型线状褶皱，及(或)较繁密并较活跃的断裂，由此形成反差强度较大，以紧密而高差较大，进行较快的差异升降(构造起伏及地貌起伏)为标志的构造。另一类，一般地具大面积的和缓升降、缺乏一定方向和系统、有孤立而平宽开阔的断续型褶皱和较稀疏而活动性较弱的断裂，由此形成反差强度较小、以间距较大而高差较小、进行较慢的差异升降(构造起伏及地貌起伏)为特色的构造。前一类构造型相大多数伴有强烈或比较强烈的岩浆活动(并以中酸性岩比较发育为特色)和变质作用，它们控制、伴随或改造同期的活动区型沉积建造，一般地多见于活动区。相反，后一类构造型相一般地伴随的岩浆活动较弱，变质作用不显，受其控制、改造或与之伴随的同期沉积建造属于“稳定”区型，它们大都是见于“稳定”区。在活动区型构造型相里面，地洼型者往往另有自己的特色：块状断裂特别发育(有时伴有断裂变质作用)，并有特称为拱曲的构造出现。

某一沉积建造产生前该处的构造型相，主要从该沉积建造的形成环境(古地理，例如沉积盆地的形态、分布特点等)反映出来；沉积建造形成过程中所成的构造型相，除了反映在沉积环境上之外，还可见于该沉积建造的岩性类型、岩相类型和组合类型，以及成分、粒度、圆度的分选性和岩性、岩相及厚度的变化性(稳定性)，上下部分(分层)之间的产状差异、接触关系(不整合或假整合)。因此，沉积建造分析和岩相古地理研究，包括岩相－等厚线图的绘制，是研究和恢复控制沉积建造(包括含矿建造)的形成环境和同生构造(如地槽拗陷、山间或山前拗陷、台陷或台凹、地洼盆地等)的形态、产状、延伸方向以至所属构造系等的有效方法。至于沉积建造形成以后产生的构造，其构造型相特点则可从该沉积建造所受的改造情况直接观测到。

2.5.3　地壳结构分析

地壳结构分析，是运用历史－动力综合分析对一个地区的大地构造及成矿属于何种大地构造体制，及具有何种构造专属特性而进行分析与研究的一种专门性的分析方法。它是活化(地洼)构造理论进行地壳构造单元大地构造及成矿研究的综合构造新概念和一种基本的分析方法。

地壳结构分析是著者于 1959 年在《划分基本构造单元的一项新标准——结构》一文中提出(陈国达，1959)，其后分别在 1977 年编制 1∶400 万《中国大地构造图》和编制湖南省、安徽省等大地构造图，以及 1992 年编制 1∶800 万《亚洲陆海壳体大地构造图》中，通过一系列实际运用得到进一步的充实与完善以及逐步发展建立起的。

地壳结构分析这种历史－动力综合分析新方法的提出，是著者1956年在大陆地壳新构造单元——地洼区(陈国达，1956)的研究实践中认识到的。传统大地构造学对地壳构造单元的划分，多只侧重于某些方面，而不注重综合全面，未能从地壳构造演化－运动史上的阶段性发展方面，予以区别及划分。历史论大地构造学的地槽－地台论侧重地层组合或兼顾构造形变及岩浆活动；因果论大地构造学的地质力学、板块构造论则侧重地层组合或兼顾构造形变及岩浆活动；因果论大地构造学的地质力学、板块构造论则侧重于构造形变，兼顾及岩浆活动、地层组合。因此，在对地壳构造单元或构造区的划分时，其所选择的标准，往往不注重对同一地区地壳不同发展阶段中出现的各方面地质特点并加以区别，以及依其出现的顺序，从阶段性演化－运动发展的角度对目前大地构造单元或构造区进行划分。由于这些缘故，以致有时使一些地区目前大地构造性质的问题，久悬未决，从而阻碍了对新的地壳基本构造单元的识别，致使不同大地构造理论在对地壳构造单元或构造区的鉴别与划分上产生严重分歧。究其原因，有分析方法上的局限性，但根源在其理论观点上忽视大地构造单元的综合性。因此，结构分析是著者总结传统划分方法上的不足及地洼区的划分经验，按历史－动力综合分析原则提出的一种新的针对构造区划分的综合性概念及其专门性分析方法。

2.5.3.1　地壳结构及构造层的基本概念

地壳结构是指一个地区的地壳包含有多少个代表不同大地构造单元或不同大地构造体制的构造层。它是通过对一个地区地壳物质组成的结构特点及其大地构造演化历史的阶段性特征，作出鉴别分析的综合性新概念。

构造层指的是大地构造单元在其体制时期，由其特有的地壳运动形式产生的沉积建造，以及岩浆建造、变质建造、含矿建造和构造型相构成的一种综合地质实体，其中以沉积地层组合的分布最广，时序记录最全，它是这种综合地质实体的主体(主要部分)，故称为构造层。

因此，构造层是具有大地构造体制专属性并以沉积建造为主的一种综合地质实体，它的存在是其所代表的大地构造体制的物质记录和基本标志，故也称为“代表构造层”或“基本构造层”。因而，构造层具有三个方面的大地构造指示作用或功能：一是指示地壳构造经历了其代表的这种大地构造演化与运动的历史发展阶段；二是构造层所具有的综合地质特性，是指示其历史动力构造环境属性(即大地构造体制专有的构造运动特性)的标志；三是它的原始分布范围指示其所代表的大地构造单元空间展布的范围，构造层中记录的地质时代范围则指示与其相应大地构造体制的时限范围。所以，代表构造层或基本构造层是一个专指地壳构造演化与运动历史中一定大地构造的历史阶段和这一阶段发展的历史过程，以及它们的动力构造环境属性及其变化特点，兼有时、空和历史－动力作用过程两方面含义的，一个专有的大地构造体制特性的历史－动力学综合概念。构造层类别是其标志性的大地构造单元存在的一种综合地质实体。

构造层不单对于鉴别地壳构造单元和划分构造区是一个重要的基础性概念，而且也是运用活化(地洼)构造理论及其研究方法进行区域大地构造及成矿分析与研究时，起着关键性作用的基本概念(详见本书其他章节的有关论述)。

综上所述，由构造层的多少和它们间组成关系所反映出的构造单元或构造区的地壳结构，除了构造层类别代表的大地构造体制类型之外，还通过构造层的多少及其累积关系，反

映出地壳大地构造演化经历的历史发展阶段和演化成熟程度。所以，地壳结构是比构造层的综合层次更高，具有发展与联系、时间与空间相结合，兼有历史－动力过程意义和大地构造专属性及其递进转化特征等含义的一个大地构造综合概念。

2.5.3.2　构造层的类型和分级

构造层按其代表的大地构造体制及其发展过程，以及根据研究实际的需要，可作如下类型及分级的划分：

(1)基本构造层　即代表构造层，它是特定类型大地构造单元或大地构造体制及其时空范围的标志。其与上、下其他不同代表构造层呈明显间断，多为不整合。基本构造层是构造层的一级划分，通常简称构造层。依其代表的大地构造体制类型予以相对应的称名。如地槽型构造层、地台型构造层和地洼型构造层，简称地槽构造层、地台构造层和地洼构造层。

此外，还可根据各个地区的不同情况，对于有些地区在地槽构造层之下，尚未出露的前地槽区阶段的(可能不只一个古构造单元的)所有构造层，可暂时当作一个基本构造层来处理。称为前地槽构造层。

(2)亚构造层　简称亚层，是指一个基本构造层里面划分出来的次一级构造层，它们分别代表同一大地构造体制不同的发展阶段，例如地槽区或地洼活动区发展过程中的初动期、激(剧)烈期或余动期，地台“稳定”区发展过程中的初“定”期、和缓期或余“定”期。在活动区各个亚层上下之间，大多数为不整合面(局部为假整合或整合)所分隔；在“稳定”区，则多为假整合面所分隔(偶也有为不整合或整合关系的)。

地槽构造层中的初动期、激烈期及余动期三个亚层之间，往往由于初动期与激烈期亚构造层多呈渐变过渡关系，难于准确区分。遇到这种情况，一般地可依其构造发展的显著构造环境变化采用两分法，即划分为以沉陷为主的前期(地槽期)及以隆升为主的后期(褶皱带期)。

(3)小构造层　简称小层，是最低一级的构造层，代表地壳发展过程中一个更为次级阶段中的更小阶段。例如，由于海陆的变化，沉积建造的转变，成矿条件的特点等方面表现出来的小阶段即是。它是根据找矿的需要与可能，以及大地构造图比例尺的容许来划分的，不一定所有地区的所有亚层皆能作此划分。

2.5.3.3　不同构造区的地壳结构特征

运用地壳结构的概念对一个地区进行构造区的划分时，它包括两个基本方面的分析内容：一是查明该地区地壳结构组成包括有哪几种代表构造层或基本构造层，并根据它们的垂向组成关系，以最新的代表构造层鉴定该地区目前所属的大地构造体制(即构造区的基本类型)；二是根据最新的代表构造层在构造区内的发育特点、分布范围，划定构造区范围并进一步划分构造区内部的构造分区(正向隆升单位和负向凹陷单位)。

图2－4分别表示了地槽区(A)、地台区(B)和地洼区(C)三种构造区地壳结构的特征及相互间的差异。这种在地壳结构上的共性及差异主要表现在：

(1)均具有各自的代表构造层　图2－4中的这些构造区，尽管彼此间地壳结构复杂程度存在明显差异，但都可划分出各自的代表构造层(如图2－4A图中的3、B图中的4、C图中的5)，它们是各自地壳结构中最新的构造层，它们所反映的大地构造体制及其专有的构造属性，就是目前所处的大地构造体制和所具有的构造属性。这种代表构造层，在构造区内的分

布产出特征(发育或缺失程度)，则是各自构造区内部次级正向构造单位和负向构造单位对应分布的部位(如图 2－4 所示)。

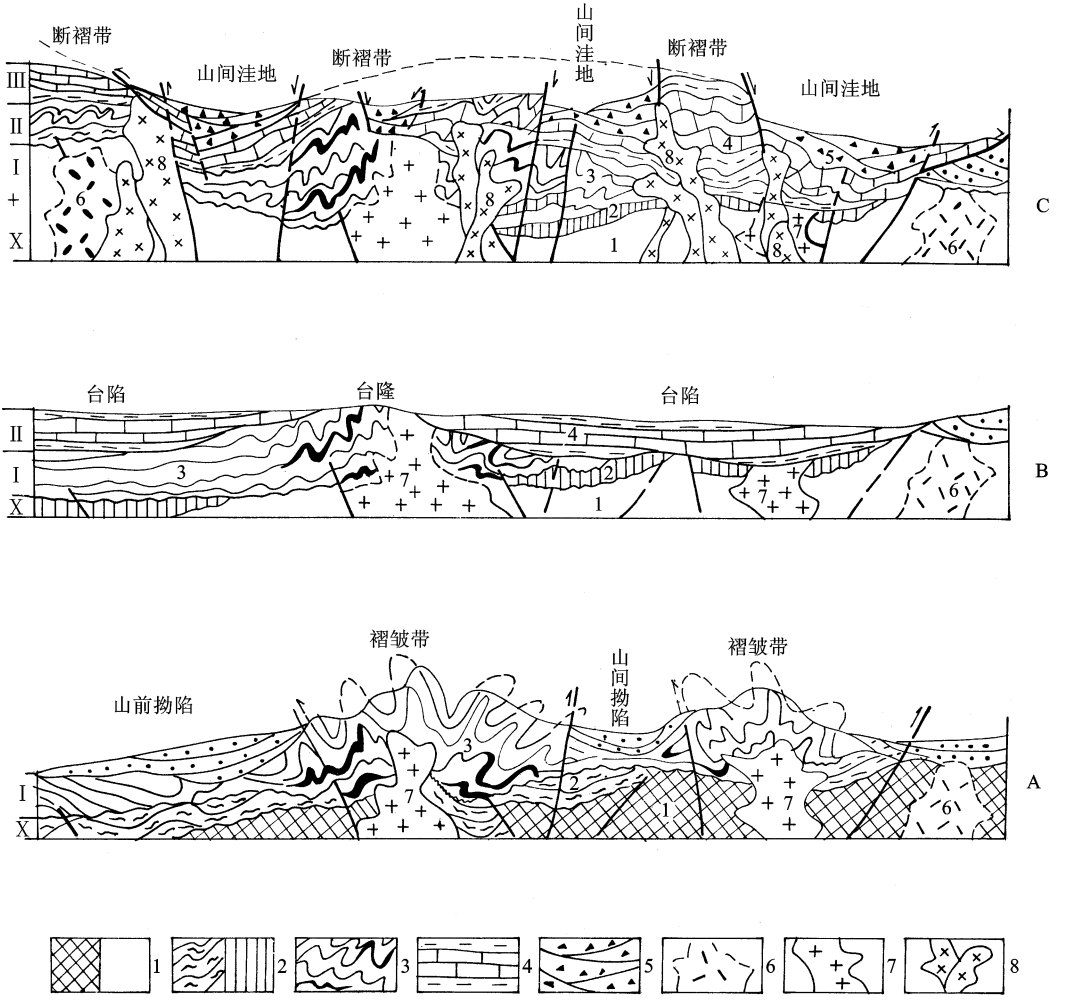


图 2－4　已知大陆壳三种大地构造单元地壳结构上的比较，并示地层、构造变动，岩浆活动及地貌诸方面的区别

A—地槽区；B—地台区；C—地洼区

1，2—前地槽诸构造层(×示不止一类)；3—地槽构造层(Ⅰ)；4—地台构造层(Ⅱ)；5—地洼构造层(Ⅲ)；6—前地槽岩浆岩；7—地槽型岩浆岩；8—地洼型岩浆岩

(2)*具有各自不同的继承构造层*　这三种构造区，都可区分出代表构造层以外的其他构造层。这些构造层是现在大地构造体制以前，古大地构造体制存在过的历史地质记录及证据，它们均被代表构造层以下不整合关系覆盖，表明现今大地构造体制是以这些古构造层作为基础形成发展的。它们与代表构造层的关系，是地壳构造演化史继承与发展的反映，故统称之为“继承(下来的)构造层”(如图 2－4，图 A 中的 1＋2；图 B 中的 1＋2＋3；图 C 中的 1

+2 +3 +4)。但是，不同构造区的继承构造层数目的不同，是其地壳演化程度高低的事实证据和客观反映。地洼区的继承构造层最多，表明其是已知大陆地壳三个构造单元中，演化程度最高的构造区。

此外，在构造区中序次最晚的继承构造层及其代表的大地构造体制，则是与现今大地构造体制之间存在历史生因转化关系的直接证据。

(3)*存在构造层积累上的差异*　不同地壳构造单元之间阶段性的转化替代，是一种在继承其前身诸种构造层基础上的叠加与改造作用。因此，不同的构造区之间存在构造层积累上的明显差异。但是构造活动性强的构造区，由于构造反差强度的巨大幅度，在强烈隆升的正向构造部位会因构造剥蚀作用，使继承构造层的积累数目减少(当某种继承构造层，被剥蚀完毕时)，如图 2 -4 中 C 的地穹，就出现构造层积累上的差异。这种构造区内部构造层积累的不一，只是部分地区(正向构造单位)出现积累构造层、亚层或小构造层的变化，这种差异显然不会影响对其大地构造体制的鉴别和构造区的划分。但是，构造层积累上的差别，会对继承性矿产或叠加改造矿产进行成矿分析造成影响，故对指导找矿而论，由于构造层积累的差别对构造区继承性矿产和叠加、改造的复合成矿则会产生重要的变化，直接影响构造区矿产潜力的评估，以及矿产的找矿前景的预测和有效找矿工作的合理布署。

2.5.3.4　*运用结构分析鉴别构造单元或构造区时应于注意的问题*

构造区的地壳结构，对分析一个地区经历过多少个大地构造发展阶段，以及确定该区现阶段属于何种大地构造和成矿类型的构造区(地槽区或地台区或地洼区)，有着十分重要的作用。但要指出，任何构造单元，其代表构造层及自前身继承下来的构造层，有时由于发育不全或者保存不全，可以缺失，或在部分地区(如某一时期的隆起剥蚀区)缺失。因此，在借助于构造区的结构来划分某一地区的大地构造发展阶段和确定该区现阶段的大地构造及成矿类型时，要具体分析，重要的在于对每一构造层的特性及其缺失的原因加以准确的鉴定，才能更有效地利用“构造区地壳结构”这一标准。

举例来说，在地槽褶皱带内，代表地槽区发展后期的亚构造层磨拉石建造，通常只见于山间或山前拗陷中。在地台区，地台构造层通常只见于台凹、台陷、台坪中，而在台凸、台隆甚至广阔的台盾之上可在大范围内缺失。在地洼区，地洼构造层通常只见于地洼(盆地)里面，而不发育或少发育于地穹之上。

又如在地洼区内，以台隆为基础发育而成的地洼(盆地)，其处的地台构造层本来就不发育或者已被剥蚀无遗，在这样的历史背景中，地洼构造层便可直接与地槽构造层接触。由于类似的道理，在有些地区，地洼构造层还可直接覆盖于前地槽区构造层之上，而不存在地台和地槽两构造层。

此外，还需注意解决“外来构造层”的问题，不能根据此种局部现象作为地壳结构分析的依据。

例如有时，在地台区里面，比较多见的是其与邻侧地槽区(或其他活动区)接壤的边缘地带，可以见到地台构造层被一些由地槽型沉积建造组成的地层所覆盖，并因此形成了“构造层叠置异常”的现象。于是容易引起这样的解释：“地台区转化为地槽区”。经过仔细观察以及地质资料分析，这些具备地槽型沉积建造特点的地层并非地台区自身的产物，而是因推覆构造作用从邻侧地槽区叠置的。这叫做外来构造层。其产生的方式有二：一是由于该地槽发

展过程中，有时活动范围加大，波及至地台区，以致当时所成的地槽沉积物分布范围也扩大面积，伸入并覆盖在地台沉积物之上所致，这可称为侵覆式外来构造层；由此所成的构造层位异常相应地叫做侵覆式构造层叠置异常，例如在塔里木地洼区。另一种方式则是由于地槽构造层通过逆冲构造作用被推覆在地台构造层之上。可称为推进式外来构造层；由此所成的构造层位异常叫做推覆式构造层叠置异常。

2.5.4　综合地质特征分析

地洼区(后地台活化区)之所以能够作为大陆地壳第三构造单元，从过去按传统观点及研究方法只能鉴别区分出地槽区、地台区两种构造单元的束缚中划分出来，其根据是1956年著者最初提出，包括沉积建造、岩浆建造、构造型相和矿产类型四个方面的综合地质特征的分析及比较。从1957年后随对比研究的不断深入，除陆续提出前述地壳运动形式分析、构造反差强度分析及地壳结构分析等专门性分析方法之外，同时也在综合地质特征分析的内容上，增加了地貌、新构造、古地理和地球物理分析(陈国达，1957，1958，1959，1962)；至20世纪70年代又增加了深部构造分析等，以上述方面的特征，作为鉴别地壳构造单元和划分构造区，进行综合地质特征分析的鉴别标志的组成部分。

大地构造及成矿学的研究，是以区域大地构造及其成矿分析为基础，主要是从对研究地区的区域地质测量调查的大量实际资料开始，通过逐类分析，综合归纳和对比研究，经过各个方面的联系、比较，互为佐证，依据多方面的综合特征彼此检验，进而对其大地构造性质作出判别。因而，综合地质特征的分析始终是大地构造研究及成矿分析的一项基础工作。现就其主要分析的各个方面，作如下的简述。有关这些方面的详尽分析内容可参看1985年陈国达等编著的《地洼学说讲义》，在此不再赘述。

2.5.4.1　沉积建造分析

沉积建造作为受大地构造发展阶段中不同地壳运动形式控制而形成的岩石组合，是记录构造活动性或稳定性的地质体，因此具体分析的内容包括：

(1)原始分布及体态的特点分析　它反映出沉积构造环境稳定性好或差的宏观特征。地槽型沉积建造沿地槽区构造系统的方向呈较固定的长带状对称或不对称的厚条体(图2－5)，地槽期海相沉积受地槽及地背斜控制的岩相、厚度的变化幅度大，且横切区域构造走向的变化大于平行走向的变化，可由地槽内的巨厚沉积(数千米至万米)至地背斜上沉积物变薄或缺失，并随地槽、地背斜的变位发生反差变化(图2－6)；褶皱带期则受山间凹地及山前凹地的控制，分布范围大为缩小，并出现陆相沉积。地台型则呈面状分布，具有延展大大超过其厚度的薄板状体态(图2－7，图2－8)，岩相、厚度变化幅度极缓，尤以和缓期的细屑岩、沉积岩为主。地洼型主要为陆相沉积，受盆－岭构造格局的控制，沿一定方向和系统多作短带状分布(图2－9)，受多类型地洼构造盆地控制，多呈不对称、不规则的块状体。

(2)稳定性(或称变化性)分析　沉积建造的稳定性，除上述原始的分布及厚度、形态反映出的稳定性之外，还表现在沉积环境类型即岩相的简单或者复杂，以及组成建造的共生岩石组合的物质成分的单一或者复杂等表现出的变化性。地槽型沉积建造包括深海泥岩相、浑浊流相、以复杂岩屑、矿物屑和杂质粘土等多组分形成的杂砂岩、硬矿砂岩及复矿粘土岩组成的复理石建造，及由冲积相、河流三角洲相和湖泊相，以杂岩屑为主的粗屑磨拉石建造，

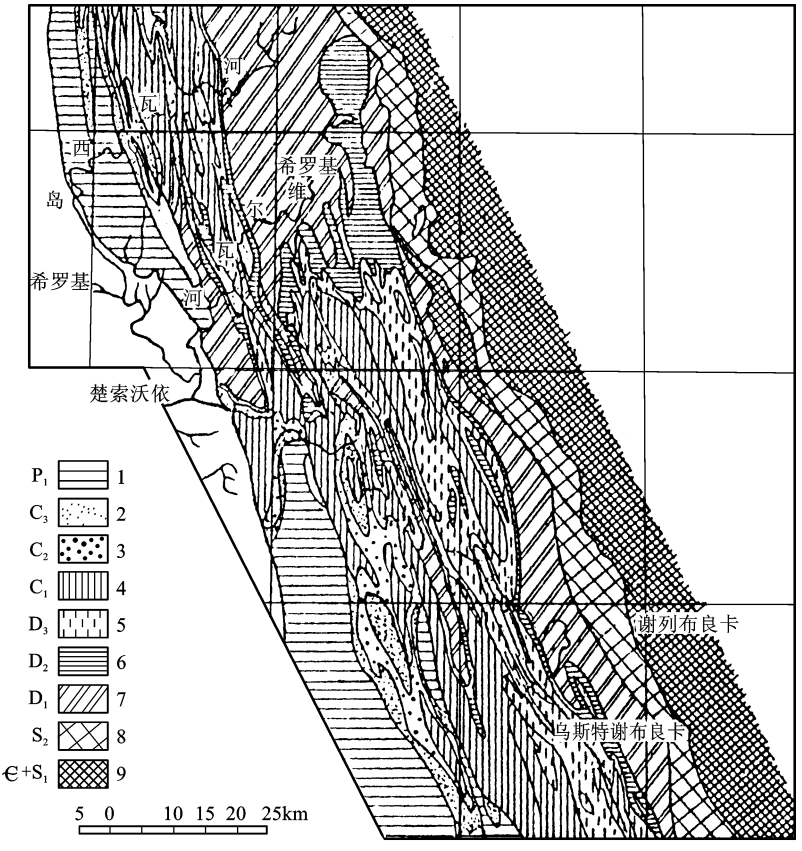


图 2－5　北乌拉地槽区西坡概略地质图，示地槽区线性展布特征

(引自别洛乌索夫，1992)

1—下二叠统；2—上石炭统；3—中石炭统；4—下石炭统；5—上泥盆统；6—中泥盆统；7—下泥盆统；8—上志留统；9—寒武－志留系

以及细碧角斑岩建造、碧玉铁质岩建造、硅质岩建造等，是稳定性最差的建造类型。它们共同从岩石共生组合不稳定物质组分(包括杂基组分)很高而且复杂，以及沉积速率大等多方面表现出构造活动不稳定的环境。浊流相复理石及火山硅质岩等海相建造在地槽发展中期广泛发育，磨拉石建造局限于地槽发展晚期的山间、山前盆地，这种建造的序次演变，是地槽区构造活动性变化特点的表现。地台型广阔平坦的滨、浅海相平原三角洲相，由单一或简单矿物成分的石英砂岩、粉砂岩、高岭石，以及鲕状赤铁矿－海绿石等岩石共生的细碎屑岩建造以及碳酸盐建造(图 2－8)，由大陆碳酸岩风化壳相和滨海相或平坦冲积平原相、河流相、海陆交互相等形成的铝土矿铁质建造或简单碎屑岩含煤建造等均是反映杂质含量低、组成矿物成分简单、沉积速率低等沉积构造环境稳定程度高的代表性沉积建造。而地洼型山间内陆山麓冲积相、河流－沼泽相以及高原火山喷发相等形成的长石石英砂岩、粉砂岩的红色碎屑岩建造、含煤碎屑建造(萍乡式)以及火山－碎屑岩建造(南雄式、建德式)，还有山麓冲积、河流相等由复杂岩屑及矿物屑组成的陆相粗屑类磨拉石建造等，则反映了大陆环境构造活动

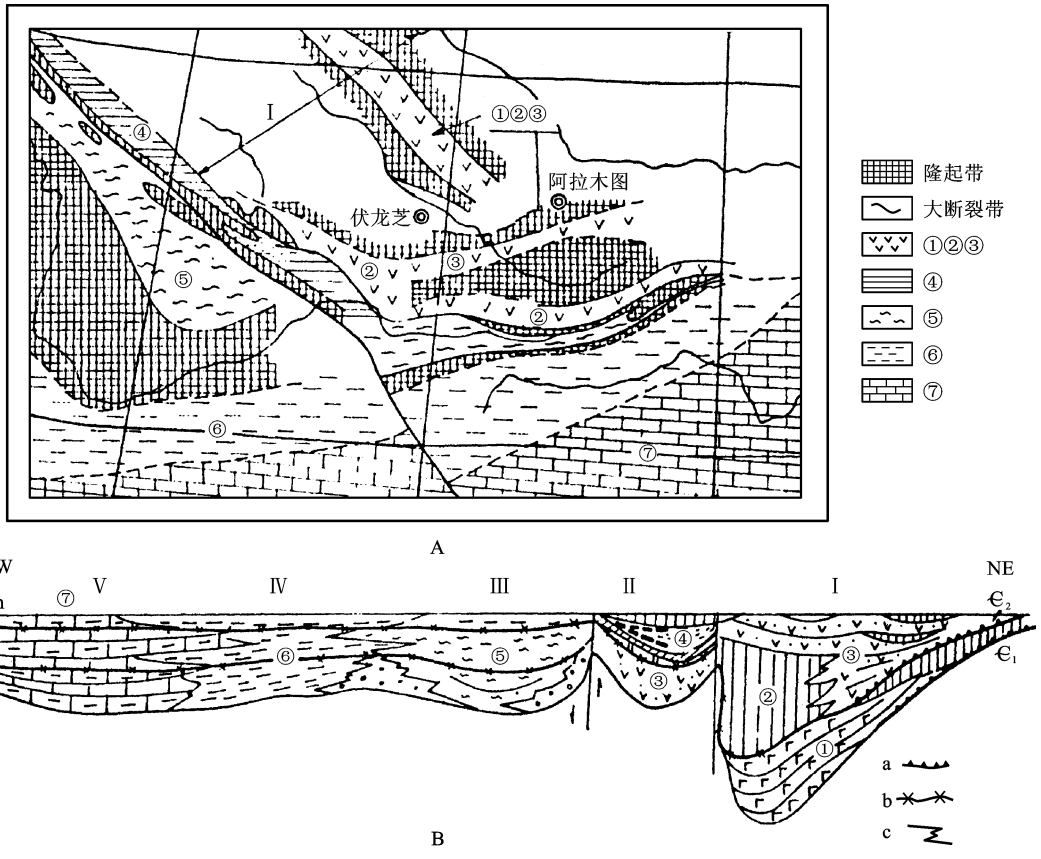


图 2－6　中亚天山—卡拉套早古生代早期古地槽区及其沉积建造分布图

(转引自孟祥化, 1979)

Ⅰ—古构造平面图及其主要建造的分布位置；Ⅱ—建造分布交替关系剖面图；Ⅲ—地槽活动带分带：活动带内部中央隆起带及其沉积建造；Ⅳ、Ⅴ—地槽活动带向塔里木稳定地块的过渡带。

a—为不整合关系；b—地层界限；c—建造交替过渡界限

①、②、③—细碧角斑岩建造；④—硅质页岩建造；⑤—杂陆屑式建造类；⑥—含磷远硅质建造、黑色硅质页岩建造、含钒远硅质建造；⑦—陆源碳酸盐建造。

$\in_1$—下寒武统；$\in_2$—中寒武统；$\in_3$—上寒武统

性大、沉积速率较大、物源组分较复杂的以粗屑岩发育为特点的(图 2－10，图 2－11)，具有显著不稳定性、但又与地槽区不同的另一种陆相构造活动反差大的沉积构造环境。地洼型沉积建造稳定性差还突出表现在岩石共生组合产出的时、空序列位置上的多变性，它们常依地洼沉积盆地类型(地堑型、裂谷型)的多样，和盆地沉积中心的侧移变化，以及盆地的收缩或者扩大等而变化；由于构造反差大、小变化，使之具有非固定性的时、空特点(图 2－12)。

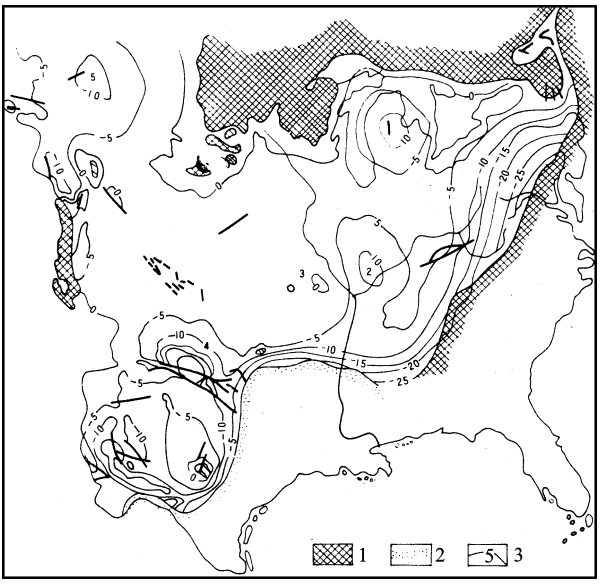


图 2-7　北美地台区前寒武纪基底起伏图，示地台基层底面基底起伏平缓(引自 B. B. 别洛乌索夫, 1984)

1—前寒武纪基底出露区；2—Ouachita 地槽；3—基底产出深度(单位为千英尺)；图中：①密执安台向斜；②伊利诺斯台向斜；③Ozark 台背斜；④Ardmore 台向斜；⑤Willistone 台向斜[英尺(ft)为非法定单位，1ft = 0.304 8 m(编者注)]

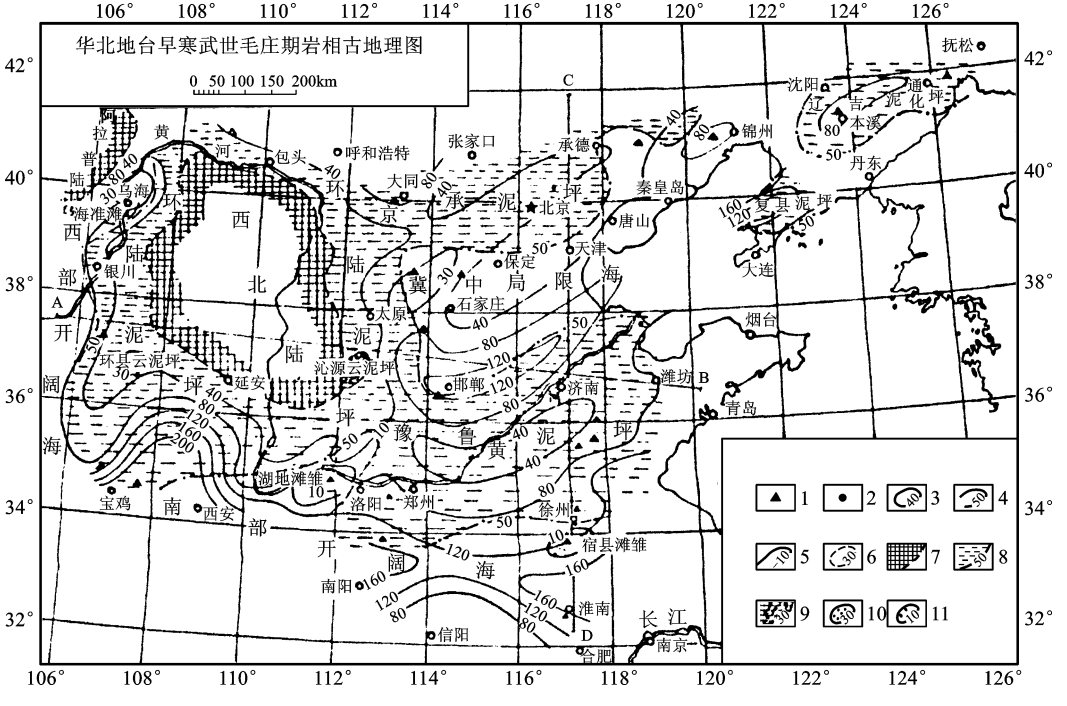


图 2-8　华北地台沉积古地理图(显示呈面状展布)(引自蒋增昭等, 1990)

1—露头剖面位置；2—钻井剖面位置；3—厚度(m)等值线；4—陆源物质含量(%)等值线；5—颗粒含量(%)等值线；6—准同生白云岩含量(%)等值线；7—陆；8—泥坪；9—云泥坪；10—准滩；11—滩雏

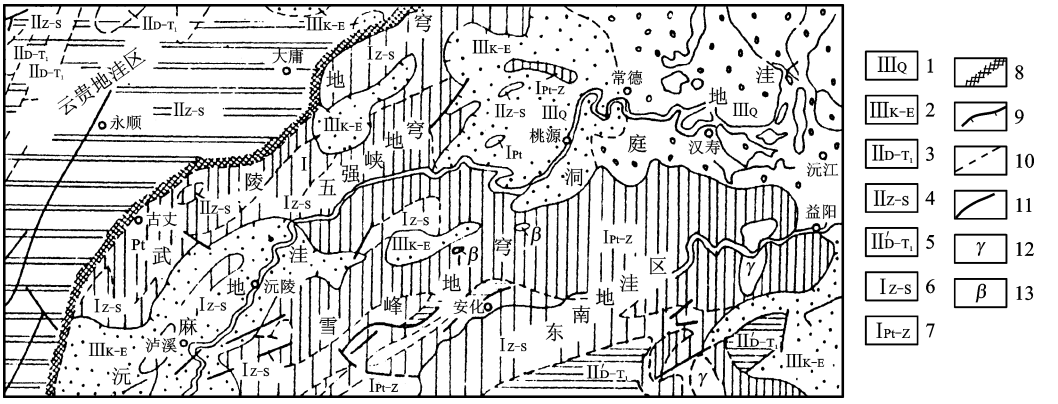


图 2－9　湖南省西北部大地构造略图

(示地洼区地洼沉积短带状分布特点——受地洼盆地控制，原呈地台沉积的面状分布特点已部分地受地洼构造的改造及破坏)

1，2—地洼构造层；3，4—地台构造层(云贵地洼区)；5—地台构造层(东南地洼区)；6，7—地槽构造层(东南地洼区)；7—地槽构造层(云贵地洼区)；8，9—Ⅰ级及Ⅳ级构造区界线；10—构造层界线；11—断层；12—地洼花岗岩(燕山期)；13—玄武岩(时代及大地构造阶段未明)

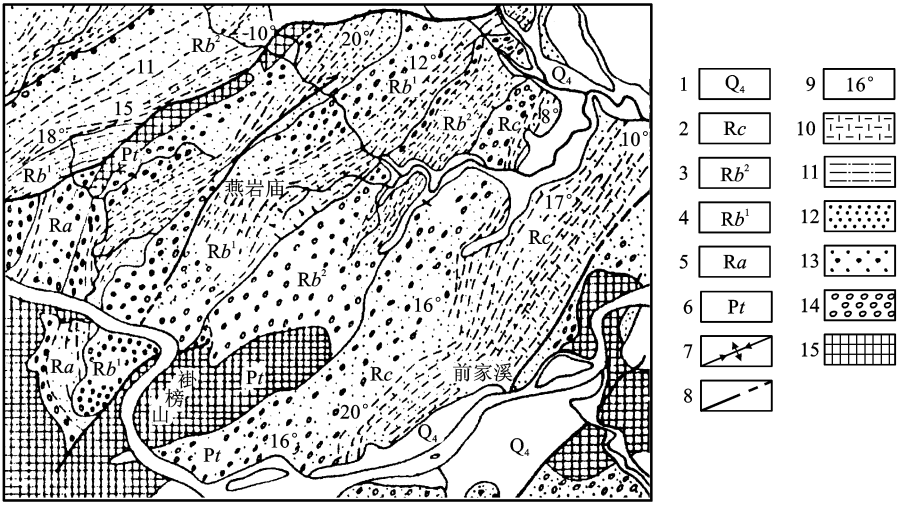


图 2－10　湖南桃源山间洼地第三系岩性变化图

(地洼沉积建造特征显示稳定性小的实例)

(据湖南省地质局石油地质综合研究队)

1—全新统；2—新第三系分水坳组；3—老第三系三阳苍组；4—老第三系戴家冲组；5—老第三系大沥坪组；6—无古界板溪群；7—背斜及向斜；8—实测、推测断层；9—岩层产状；10—灰质泥岩；11—泥岩、砂质泥岩；12—中砂岩；13—砾状砂岩；14—中砾岩；15—板岩千板岩(变质较深)

(3)成熟度(或分选性)的分析

成熟度或分选性，是建造物质成分构造沉积分异程度的一种标志，用以反映出沉积建造

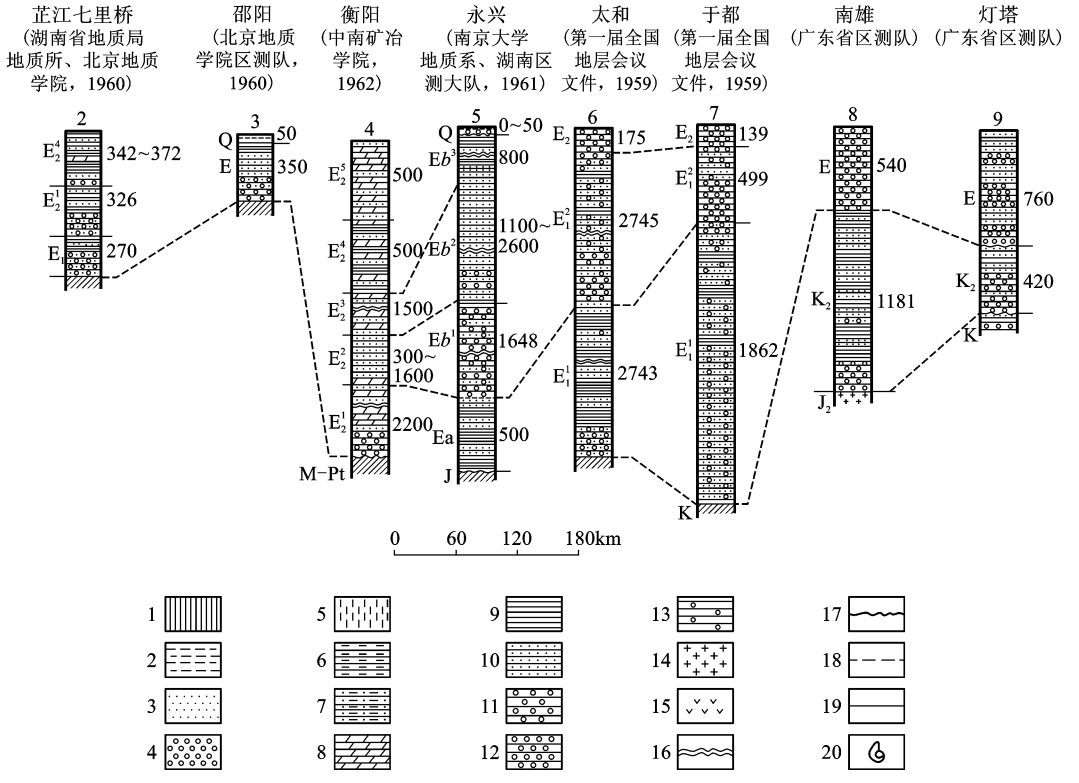


图 2－11　华南新生代地洼沉积建造岩性对比，示砾岩、含砾砂岩广泛发育

(引自《大地构造纲要》，1959)

1—黄土；2—粘土及亚粘土；3—砂；4—砾石；5—红土；6—泥岩；7—砂质泥岩；8—泥灰岩；9—页岩；10—砂岩；11—砂砾岩；12—砾岩；13—含砾砂岩；14—花岗岩；15—火山岩；16—厚度省略号；17—不整合；18—假整合；19—整合；20—化石

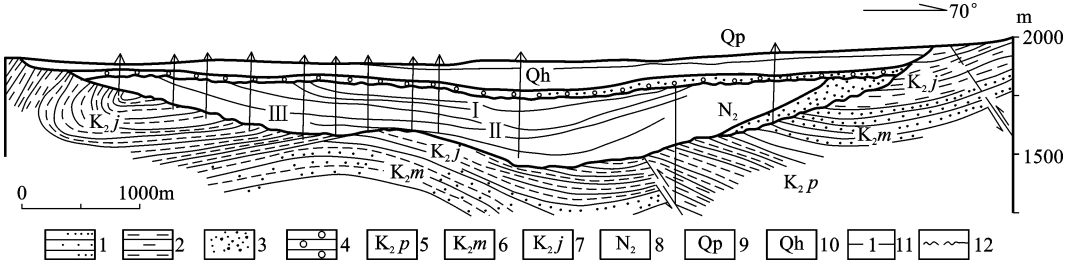


图 2－12　云南姚安拗陷型盆地构造剖面，示中生界与新生界的地洼盆地迁移叠加

(据云南一九九煤田地质队，1980；童玉明等，1994 修改)

1—灰紫色长石石英砂岩；2—紫红色砂质泥岩；3—冲积砂岩；4—第四系砂砾层；5—普昌河组；6—马头山组；7—江底河组；8—新第三系；9—更新统；10—全新统；11—煤组及编号；12—地层不整合界线

物质来源、剥蚀环境、搬运距离及方式、沉积速率直至沉积构造环境的水动力条件等，属于构造活动的环境条件，还是构造稳定的环境条件。成熟度的分析主要包括有：物质组成成分、来源及形成方式，主要矿物成分或重砂矿物成分，以及无机、有机组分，微量元素或稀土元素成分等含量的变化；以及造岩矿物组成结构、基质含量及成分特点；还有指示沉积环境特征的沉积成因矿物学和稳定同位素(^{18}O、^{13}C 等)地球化学等比较专门性的分析内容。大体上可分为三个主要方面：在风化、沉积条件下，由组成矿物成分中稳定或不稳定矿物的类别及含量表现出的成分分选性或成分成熟度分析；由碎屑物圆度、粒度及基质胶结物含量成分等表现出的岩石结构的成熟度分析；以及由化学成分及其地球化学性状稳定与不稳定元素变化表现出的化学成分成熟度分析等。

例如华北地区长城群典型地台型的含铁石英砂岩建造，据孟祥化(1979)的资料，在整个层序的石英砂岩中，稳定矿物石英含量均在90%～95%以上。不稳定的矿物为斜长石、微斜长石，在绝大多数岩石中均不存在。石英粒度分选程度好，分选系数 S_0(按特拉斯克划分标准)为1.9～2.05，有的可达1.3～1.6，分选极好。该建造中产出的鲕状、肾状赤铁矿(宣龙式)是典型稳定地台环境下的沉积铁矿建造。地洼型红色砂岩建造以著名的滇中含铜砂岩为例，据孟祥化(1979)资料，是由粗屑岩、泥岩和砂、泥碳酸岩组成，砾石成分复杂，依地而异，包括千枚岩、花岗岩、片岩、砂岩、石英岩等，砾石基质为泥质、钙质、硅质、铁质多种成分，组成砾岩层或含砾岩层广泛发育，且以粗粒长石碎屑组成的长石质砂砾岩最具代表性，其中石英含量占50%～80%，不稳定的斜长石含量可达20%～30%，岩屑含量5%，大量不稳定的重砂矿物(普通角闪石、绿帘石等)约占0.11%，由上述成分组成长石－石英砂岩(图2－13)。按砂岩中 Fe_2O_3+MgO、Na_2O、K_2O 含量分析为钾砂岩、铁钾砂岩(图2－14)等；粒度

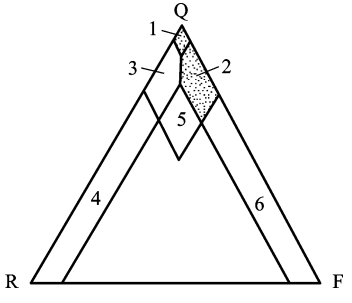


图2－13　滇中红色复陆屑建造的砂岩成分三角图

(据孟祥化，1979)

1—石英砂岩；2—次硬砂岩；3—长石石英砂岩；4—硬砂岩；5—长石质次硬砂岩；6—长石砂岩

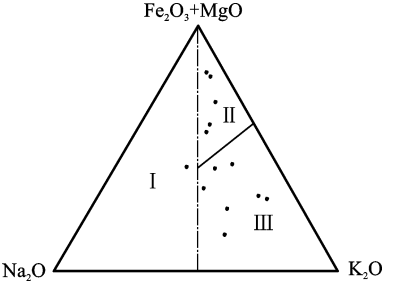


图2－14　红色复陆屑建造的 Fe_2O_3+MgO，Na_2O，K_2O 指数与构造环境的关系

(引自孟祥化，1979)

Ⅰ—钠砂岩；Ⅱ—铁钾砂岩；Ⅲ—中砂岩

分析资料表明，为前进运动和强烈动荡水体中的沉积(图2－15)，并广泛发育陆相大型单向及槽型交错斜层理，内含河流冲积物中的动、植物化石。在沉积旋回上主要由河流冲积相—滨湖三角洲相组成，含铜砂岩和含铜页岩分别出现在相旋回的下部和中部。另外，如东北抚顺地洼型盆地含煤、油页岩等建造，是由陆地河床、河漫滩相和河滩、湖泊沼泽相的长石、石

英及长石硬砂质、凝灰质成分的砂砾岩、砂岩、粉砂岩、砂质页岩和玄武岩层组成。砂砾岩及煤层分叉、夹石增厚等不稳定的变化显著。地槽型可举分布在湘西、桂北一带的早古生代渺地槽的硅质页岩建造为例，常含有多层含海绵骨针、放射虫的化学硅质岩、笔石页岩及石煤，并且分别有磷、锰、钼、钒、铀及铁等元素，以及重晶石等多种不稳定的矿化聚集，是一种主要在化学成分及其含量上表现出不稳定构造环境的沉积产物。

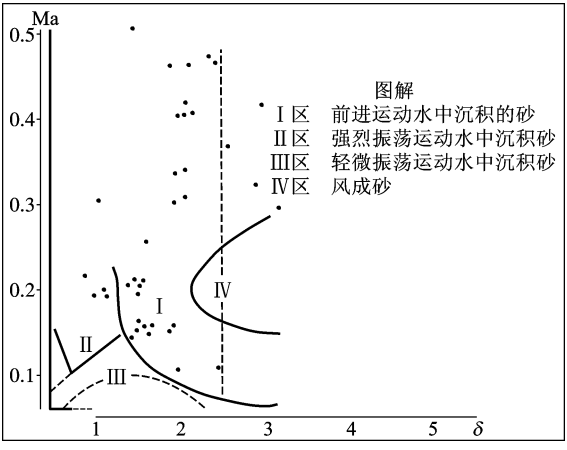


图 2－15　滇中红色复陆屑建造的砂岩粒度分析成因图

(引自《砂岩铜矿地质》)

另外，沉积岩颗粒磨圆度级别不同，也是稳定性分析常用的一种标志。地洼型陆相碎屑岩建造中磨圆度较差，以及同一层位中磨圆度反差大的颗粒共生等，均是构造不稳定条件下沉积物的特征之一。

(4)*韵律结构分析*　韵律结构是沉积建造中沉积相特征的一种表现形式，它的级别大小、组成韵律结构的组分特点，及其结构的不同类型特征，都与沉积构造环境及条件的稳定性或活动性密切相关。沉积建造韵律结构分析，主要是在野外现场露头范围内进行的。对于像地洼区这种大地构造演化比前地槽区、地槽区、地台区均要晚的构造单元，对其前构造单元沉积建造的分析，常受到地洼构造的叠加、改造的影响，原始产状早已经变化，且出露零散。因而，露头范围的韵律结构分析研究，常可起到事半功倍的鉴别作用。但只限于对那些属于不同大地构造体制专有的韵律结构，如地槽型深海相复理石韵律，以及地洼型陆相复理石韵律。

活动区型沉积大都具有较强的韵律性，且多属间断型韵律。其中，地槽型沉积以主要由海相砂质与泥质岩相间的浊流沉积物形成的复理石韵律(图 2－16)为特征，构成复理石建造，常十分厚大，可达 100 m 甚至 1 000 m。这种韵律的特点为单个韵律厚度通常很小，一般以厘米计。复理石的组分主要是一套分选程度很低、磨圆程度极差的碎屑，粒度分布在 C－M 值图解中表现为 C＝M 的线性分布特征(图 2－17)。典型复理石一般以粒径 >0.01 mm 的砂－粉砂级和粒径 <0.01 mm的粘土级这两个粒级范围最为发育，并组成递变式韵律层理(图 2－16)。复理石韵律层中极少见完整化石，个别只见化石碎片，并常见水下滑动构造，

伴生沉积岩块。如超过 1 m 以上，叫做类复理石韵律。类复理石建造中常夹有不具复理石韵律的夹层，有时出现较多，这也是它同典型的复理石建造区别之点，如海南岛石碌铁矿古生界石碌群即是，其中时常夹有厚层而岩性单调的砂岩和白云岩(均已变质)。地洼型沉积中也常有很好的韵律，构成另一种复理石建造。其特点是单个韵律厚度较大，常可以米计，有时更厚；且各韵律的岩性较粗，砾岩、粗砂岩等均多见；并以陆相为主，故关尹文(1963)称它为陆相复理石韵律及建造(图 2－18)。至于“稳定”区型沉积，则大部分岩性比较单调，韵律性弱；如有发育也多属连续型，单个厚度大(图 2－19)，如地台型沉积。

上述关于沉积建造特点的分析，是认识有关沉积物形成时期的古地理及古构造的主要方法。通过这些特点分析，除可认识当时沉积环境的大地构造性质和类型外，还可恢复当时沉积拗陷(如地槽、台陷、地洼等)的形态、范围、展布方向等，作为反映当时控制沉积拗陷的古构造的方向、位置和分布特点，以至所属的构造系的根据(参考下节“古构造系的复原和划分方法”)。沉积建造分析的主要方法是运用沉积相的各项资料(露头的、钻孔的、坑道的等)，编制岩相－等厚线图。此外，沉积物中的一些具有指向性的同生小构造如斜层理、流水波痕、滑坡卷层等的原始产状的恢复，也可作为参考。例如，滑坡卷层大都表现为定向小褶曲，其褶轴面的原始倾向通常与沉积时期所在斜坡的倾向相反。根据这一原理，全面地逐一地测量它们及所在岩层的现有产状，通过校正求出它们的原始产状，便可有助于推知当时沉积区的形态、范围及其方位，以至沉积区与剥蚀区及其反映的陷落与隆起古构造的相对位置、分布规律和所属的古构造系。在研究沉积矿床或者以沉积为基础的“多因复成矿床”(见本书第 5 章)的控矿构造时，沉积建造分析是不可缺少的基本手段与方法。

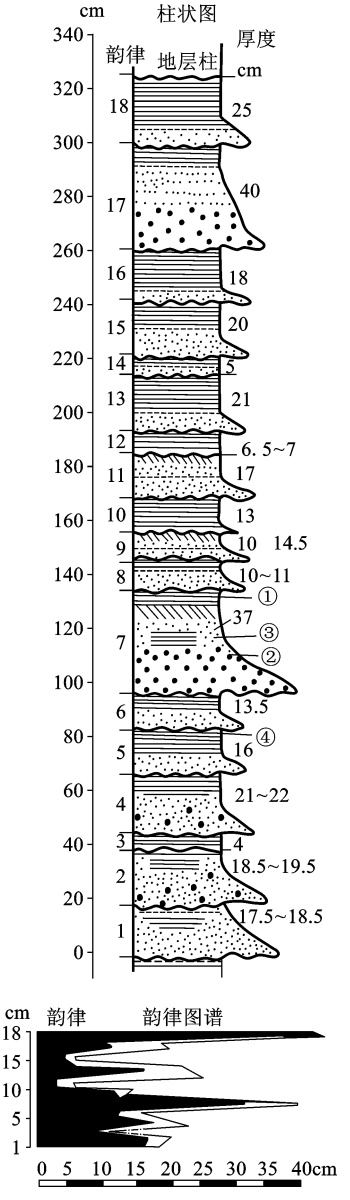


图 2－16　皖南复理石建造(上奥陶统下部)砂质复理石韵律柱状图

［孟祥化(据关尹文原图修改)，1979］

①—蓝灰色泥板岩；②—蓝灰色硬砂岩；③—粉砂岩中之平行微细层理；④—冲刷面及象形印模 20×20＝4000

2.5.4.2　*岩浆建造分析*

岩浆建造是指与大地构造体制有关、受其构造发展阶段及其地壳运动形式控制，在一定构造环境条件下形成的一套共生的岩浆岩组合。岩浆建造分析与沉积建造分析是最早运用来作为鉴别活动构造单元——地槽区的重要鉴别手段。例如，岩浆建造的发育程度，被用作划分“优地槽区”和“渺地槽区”的重要依据。此外，超基性岩、基性岩类及与

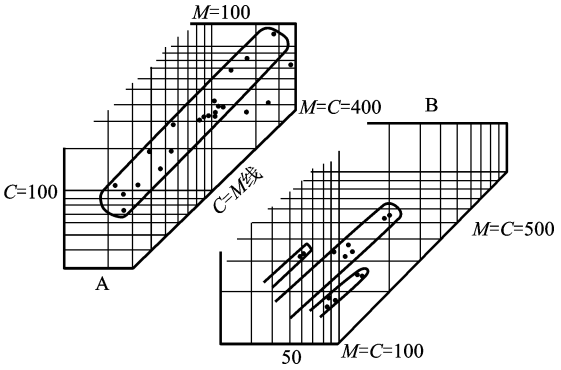


图 2－17　复理石层浊流沉积物的 $C-M$ 图解

(A 据 R. Passcga, 1957, 1964; B 据 T. R. Bhatia 和 S. K. Bhatia, 1973)

A—古代复理石层(意大利北亚平宁山脉的复理石);

B—古代复理石层(喜马拉雅山脉的蓝斑复理石)

之共生的斜长花岗岩类，是地幔来源的岩浆活动；典型的花岗岩类则反映了地壳内部由于构造活动产生的重熔作用。因而这两类岩浆岩(侵入的和喷发的)成为大地构造单元活动性的重要的构造－岩石学的标志。随着岩浆岩研究的深入与进展，岩浆建造分析的重要性除大量矿产与其有关外，通过幔源岩浆深源包体、巨晶及其同位素组成的分析，能为地壳活动构造单元的壳下地幔作用提供重要的信息；又如壳源花岗岩类源区类型的分析及多元同位素体系的示踪，以及花岗岩中暗色、浅色包体的研究，也已成为了解大陆构造单元深部物质组成及其年龄的一种重要途径。因此，岩浆建造分析在鉴别大地构造单元中的作用，已从起初只是作为活动构造区的特有构造属性的一种标志，现今已扩展到成为探究了解地壳构造活动力源及其作用机制的一种重要方法，同时也是探究稳定构造区转化成为活动构造区的深部原因的基本内容。运用岩浆建造分析划分构造区时，主要的分析内容有下述几个方面。

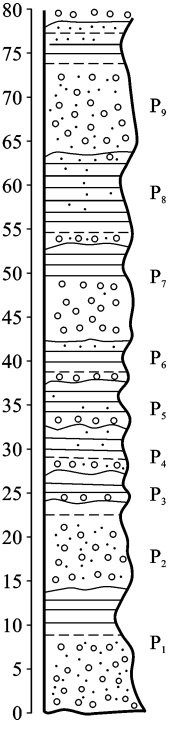


图 2－18　地洼沉积建造特征：陆相复理石韵律一例。浙江省昌化县白牛桥旁白垩系

(据关尹文, 1963)

(1)*活动强度分析*　活动强度指岩浆活动规模的大小、分布范围的大小和普遍程度、及其活动延续的地质时代长短以及活动频繁的程度(期、次多少)，岩浆岩类型的单一或复杂等诸多方面。地槽区的岩浆活动就优地槽而论，大规模的岩浆活动主要出现在其发展的早期，以海底喷发、侵入广泛发育为其特点，花岗岩类的侵入及喷发则集中在其发展的中、晚期，且只多限于褶皱带的核部及山间盆地；地台区的岩浆活动则以强度小、时间范围有限、总体上岩浆建造不发育、岩浆活动微弱为其特征。主

要为玄武岩建造，以高原溢流形式产出，其分布则因地形平坦而范围巨大，但厚度有限，故其强度不大(有如西伯利亚地台区的暗色岩、印度地台区的德干玄武岩及中国华南西部古地台区的峨眉山玄武岩为其例)，其他的基性、中基性等岩浆建造有时也见于地台区发展的初定期或余定期，但都局限于地台区局部断拉谷发育的地区，例如中国华北古地台区燕辽断拉谷震旦纪的大红峪安山岩建造，以及华南古地台区桂西右江地区泥盆纪的基性岩浆建造；地洼区的岩浆建造，在华夏型的地洼区中则表现出类型多样，侵入、喷出均发育，分布范围呈星罗棋布、遍及不同级别的正向和负向构造部位，岩浆活动几乎贯穿地洼区发展的各个阶段。花岗岩类在其发展中期(激烈期)形成活动高峰，并以在地壳浅部定位的浅成岩为主。基性岩类喷发岩则在发展晚期(余动期)形成活动高峰。总体上表现出超过地台区的活动强度。

(2)*物质成分分析*　岩浆建造的物质成分包括岩石类型、源区类型，以及地球化学特征等诸多方面。物质成分的简单或者复杂，既是构造区稳定性大小的一种反映，也是区分不同活动性大地构造体制的重要方面。

地槽岩浆建造在物质成分上均以较专属的超基性、基性和酸性岩类为其特点，其中细碧角斑岩建造、奥菲奥岩建造为其特有的岩浆岩物质成分特征。花岗岩则以钙碱性岩类为主，类型较单一。以华南加里东期的二长黑云母花岗岩为例，据杨心宜等(1982、1991、1993)的研究资料，华南地槽型花岗岩建造包括大规模出露的二长花岗岩、花岗闪长岩及较小规模的英云闪长岩、石英闪长岩和石英二长闪长岩。经过32个主要岩体75个数据的处理，其岩石化学的特征参数分别为：具Ⅰ型特征的岩体占19%，其$w(A)/w(NKC)$值为0.8～0.975，为过铝质；$w(K)/w(Na+K)$比值为0.35～0.425，$w(C)/w(ACF)$值集中在0.32；S型岩体为主占81%，其$w(A)/w(NKC)$值为0.975～1.325(以1.25～1.75为主)，过铝质特征突出，$w(K)/w(Na+K)=0.45=0.575$，$w(C)/w(ACF)$为0.18～0.26。两者$w(Fe^{3+})/w(Fe^{2+}+Fe^{3+})$在0.025～0.625间，与其磁铁矿含量高、暗色包体中角闪石含量大于黑云母所反映的f_{O_2}较高的特点相一致，其锶同位素初始比为0.7134～0.7190(部分岩体统计)，指示其源区为成熟度高的上地壳岩系(杨心宜等，1982；袁奎荣、杨心宜，1991；杨心宜，1993)，表明是由地槽区早期富铝沉积岩重溶后，同褶皱期定位于地

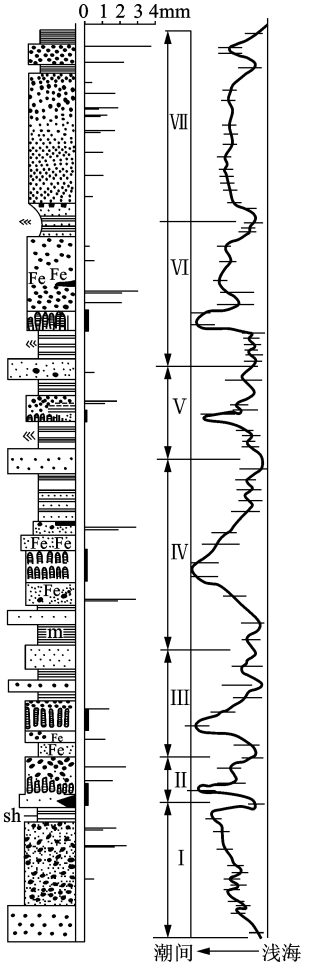


图2－19　华北地台型含铁单陆屑建造的完整韵律特征

(据孟祥化，1979)

柱状图中粗黑点代表赤铁鲕石的大小和含量；小细点代表石英碎屑颗粒；Fc—为含铁砂岩；Sh—粗砂岩；m—泥页岩；〉〉〉—斜层理；v—干裂；柱状图右侧坐标线条长短代表鲕石的粒度；柱状图中小弧形符号代表藻铁岩图右侧为沉积韵律旋回曲线，曲线上的细线段代表岩层的相带范围。Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ为旋回

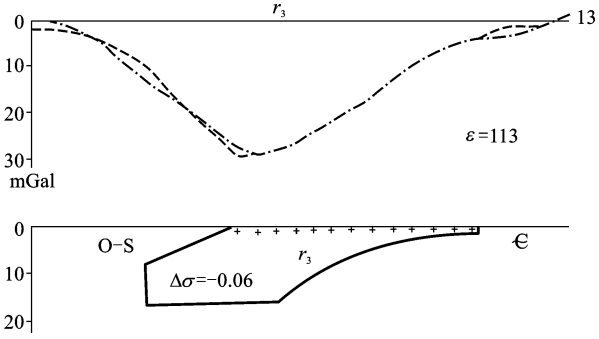


图 2－20　万洋山花岗岩体二维定量模拟形态图

(据王懋基等, 1984)

$\Delta\sigma$—剩余密度(岩体)

壳浅部的花岗岩。地洼岩浆建造则以在物质成分、岩石组合均为类型复杂的花岗岩类为特色。富碱质、钾钠含量高、酸性程度高是其普遍性的特点，玄武岩建造也以富碱性为其特色(详见本书第 3 章)。

(3)*活动特点分析*　岩浆建造的活动特点分析，包括侵入相或喷出相的类型，岩浆建造的构造控制及其产出地质条件，岩浆作用的方式及其活动顺序，还有岩浆活动的期次及其关系的特征等，用以反映岩浆活动与地壳运动形式的关系等方面。

地槽岩浆建造在地槽区早期以下沉为主时，经常形成海底喷出相和层状侵入相(橄榄岩、复杂辉长岩等)，基性岩浆经常是玄武岩浆的活动。其后在地槽区强烈隆起的褶皱时期，基性岩浆通常为中酸性岩浆所代替，形成石英闪长岩，斜长花岗岩、正长岩，均受褶皱构造控制。地槽岩浆建造的产出，分别受到地槽沉降构造带(早期)和褶皱构造带(晚期)的严格控制，与之有较固定的同构造期、同构造方向的产出构造特征。超基性、基性岩浆活动被酸性岩浆替代的构造－岩浆活动序列，是其突出的岩浆活动特征，基性岩浆活动常被称为“先头岩浆”。以华南地区为例，地槽早期的岩浆活动为元古宙细碧角斑岩建造(赣北)、超基性岩、基性岩建造(湘西、桂北)，晚期则为早古生代花岗岩建造，它们均受元古宙—早古生代浅变质岩系的褶皱构造控制沿其轴部侵入，为中深成相的等粒结构，出露规模较大但延深较小，形成典型的由地槽沉积变质岩系与地槽型花岗岩体组成的“花岗岩穹隆”。据王懋基等(1984)用重力局部异常对岩体二维空间形态的模拟(以万洋山、越城岭、宁岗岩体等为例)，其岩体形态特征均显示出露宽度远大于垂向深度，水平/垂向比值为 1 ~ 8.3，一般延深 10 ~ 20 km(图 2－20)。地洼型岩浆活动则以建造类型复杂、多样称著，花岗岩类侵入相－次火山岩相－火山岩相的共生发育尤为突出。花岗岩类侵入体以浅成相、超浅成相为主，分别受地槽、地洼构造层中褶皱及断裂和地台构造层宽展型褶皱等多种构造型相的显著控制，呈多方向构造线系统的准线性分布，大部分集中在不同级次正、负向构造单位的过渡地带，受块断格局的制约；并均切割不同大地构造单元的构造层，呈不整合侵入接触关系。此外，岩浆活动的期、次频繁，多以复式岩体形式产出。岩浆侵入与喷出常共同出现。总体上侵入形式集中于早、中期发展阶段，喷出形式发育于晚期发展阶段。岩浆活动的演变顺序则与地槽区相

反，其发展阶段的早期以酸性岩浆为“先头岩浆”(只局部为基性)，而基性岩浆活动则大量发育于晚期，具有“逆向演变”的鲜明特点。

2.5.4.3　变质建造分析

主要指与不同大地构造体制阶段同期形成的变质作用产物。分析内容包括变质建造及其变质强度，分布特点及变质作用类型，变质与变形作用的关系，以及变质作用与大地构造体制构造属性之间各种关系的表现特点等方面。

地槽型变质建造均以区域热动力变质发育为其特征。变质作用与强烈褶皱变形具有同期性，变质与变形同步发育，其变质建造包括低绿片岩相至高角闪岩相，局部有与重熔花岗岩浆形成有关的达超变质程度的混合岩区(如华南武功山、武夷山及云开山的与早古生代花岗岩体伴生的超变质混合岩区)。地槽型变质建造代表了由地壳中、浅部广泛发育的强烈构造活动产生的变质改造作用，地槽构造层大部分均已受变形变质作用，改造成为次绿片岩相至角闪岩相的区域变质岩系。地台区一般缺乏变质作用，是其构造稳定性的表现。但在地台区的断拉谷地带，巨大的沉降及地槽区残余构造活动和岩浆活动，也可出现次绿片岩相的变质。此外，有时在沉降幅度大、地台盖层厚度巨大的盖层底部岩系可出现埋藏变质的浊沸石相，例如伊陕地台的三叠系见有浊沸石相的变质，程裕淇等(1986)称之为“盖层变质”，属于成岩作用向变质作用之间的过渡相(程裕淇等，1986)；地洼区则以发育区域变质作用与地槽区相区别，地洼构造层均为未变质岩系，反映出其构造活动的变形作用是一种与区域变质无联系的浅层变形，但与强烈岩浆活动和断裂变动有关，主要发育有叠加在地槽区、地台区构造层中的断裂变质及接触热变质、热流体变质等类型(详见第3章)的变质建造。这是与地槽区在变质建造上的主要区别。

2.5.4.4　含矿建造分析

含矿建造分析包括对内、外生矿产分别分析其与沉积建造、变质建造的关系及产于其中的矿产特点及矿产类型。分析与岩浆建造有关的内生矿产的产出关系、矿产组合特征；分析矿产与不同大地构造性质及上述方面的综合特征。地槽型矿产中内生矿产有与地槽早、中期基性、超基性的岩浆分异型(侵入岩或火山岩)铁、铜、镍、铬、钒、钛、金等有关矿床，火山岩矿床多见于早期；外生矿产多生成于地槽期及褶皱带(山间及山前盆地内)，以铁、锰、磷、铝土矿、菱镁矿、煤、石油、天然气等矿床为主。地台区矿产以外生矿床特别丰富且多种多类为特征，海、陆相均可见，包括铁、锰、磷、铝土矿、膏盐、油气及煤等，分布极为广泛为其产出特点；内生矿产以与金伯利岩有关的金刚石，及与基性岩有关的铁、钛、铜矿床为主，但规模小，分布局限。地洼区矿产则以内生矿产特多、类型复杂、多在一个地区共生相伴为突出特点，尤以与花岗岩类有关的钨、锡、铋、钼、铜、铅锌、砷、锑、汞、锶、铌、钽、锂、铀及萤石等大型、超大型矿床为其特色；外生矿产主要是产于各时期、多类型地洼盆地中的煤、油气、钾盐、铅锌、铜、铀等大型、超大型矿床，以及幔源氦气矿床等及与金伯利岩有关的金刚石矿床等为特征，并以“多因复成矿床”发育为其特色(详见第5章)。

2.5.4.5　构造型相分析

构造型相是一种构造形变组合特征的概念。构造型相的变形强弱、连续性、影响构造层的多少，以及构造型相类型的单一或复杂，直至构造型相的时空迁移或叠加(即构造型相的固定型式或非固定型式)以及构造型相的区域展布特点等，是鉴别与划分构造区的最为直观、

且易进行的一项分析。

(1)褶皱类型分析　活动区型褶皱通常强烈，互相紧接，成群成列出现，属连续型。在平面图上大都具有明显的方向性和系统性，线状特征显著，形成“构造线”。这种褶皱称线状褶皱(反映水平应力为主)，在横剖面上属全形褶皱(几乎全区地层都受影响)，并且起伏繁密急剧(反差强度大)。其中，地槽型者在平面图上多呈长线状(图 2－22)，在横剖面上主要属紧闭型，常可形成同斜褶皱(图 2－21)。地洼型者在平面图上多呈短线状(图 2－9)，在横剖面上则主要属宽展型(图 2－22)，如箱状、梳状、倒梳状褶皱，在中国特别多见的为拱状褶皱，但也常可见紧闭型以至倒转及逆掩褶皱。“稳定”区型(如地台型)褶皱通常微弱，不相连接，孤立散布，属断续型。在平面图上大多数缺乏明显的方向性和系统性，线状特征不显著，称非线状褶皱(反映垂直应力为主)；在横剖面上属非全形褶皱(大部分的地层保持平整)，并且起伏稀疏和缓(反差强度小)，常见以单个的拱状或箱状褶皱、穹隆、长恒、单斜等为主①。

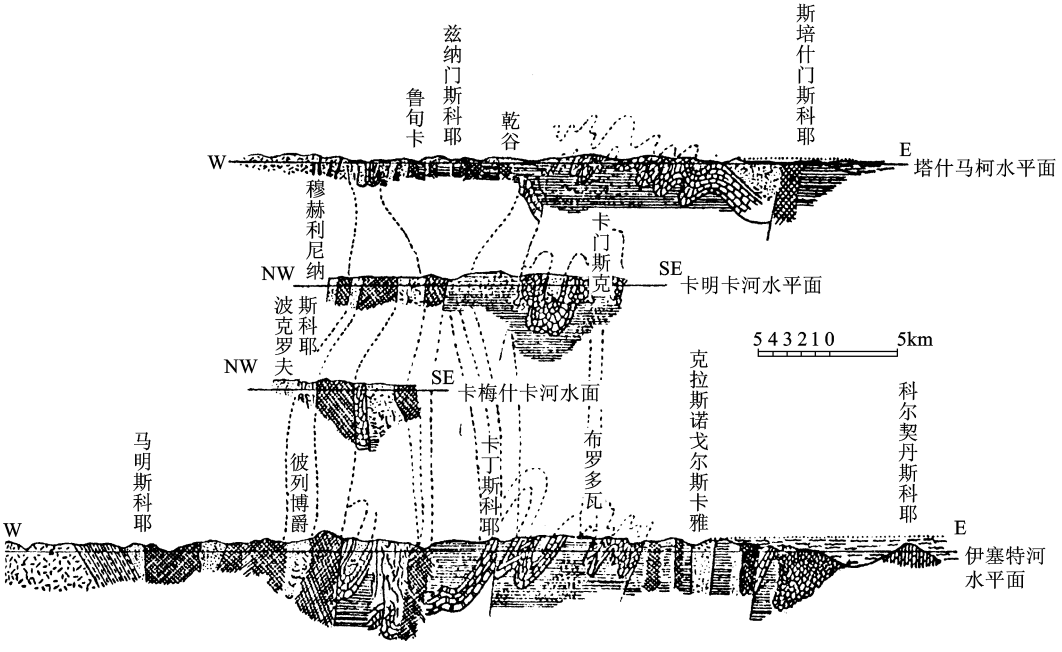


图 2－21　乌拉尔地槽褶皱带(东坡)剖面图

(据阿尔汉格尔斯基，1945)

示紧闭型褶皱横向及走向线性特征

(2)断裂特点分析　在活动区，断裂广泛发育，并且大都活跃。其中，地槽区以低倾角的逆断层、逆掩断层特别繁多为标志。地洼区则以块状断裂特别发育为特色，但在褶皱强烈地带也可出现逆掩断层，以至推覆(床状)构造(图 2－23 及图 2－24 等)，并因此形成飞来峰。在“稳定”区，断裂较稀疏，且较不活跃，并以正断层较为多见。

① 中国东部大部分地区的古生代地台构造层中所见的线状褶皱，实系后来受中新生代地洼构造活动改造、叠加的结果，而非当时地台区阶段的产物及本身特征

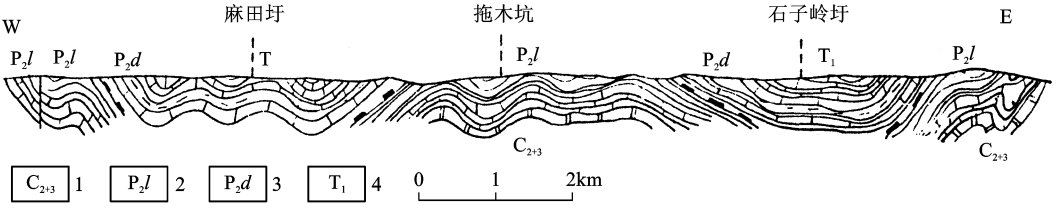


图 2－22　湖南麻田圩—石子岭地质剖面

（据湖南省区测队）

图示地洼活动把该处原来产状平整的地台构造层改造成宽展型褶皱

1—壶天组；2—龙潭煤组；3—大隆组；4—大冶组

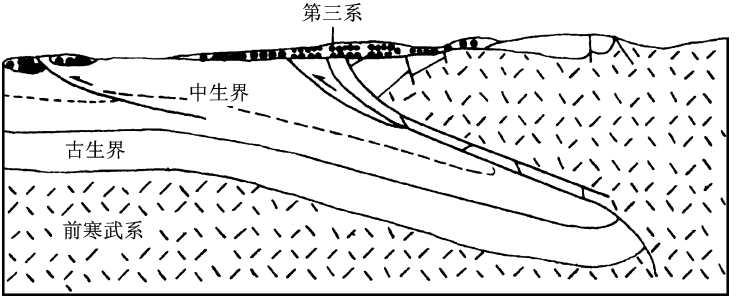


图 2－23　怀俄明州 Fremont 县 Dubois 附近拉拉米斯逆掩断层

（据 Berg，1962）

前寒武纪基底逆掩到古生代和中生代地台构造层之上。这种构造在中、南落基山地洼区很有代表性

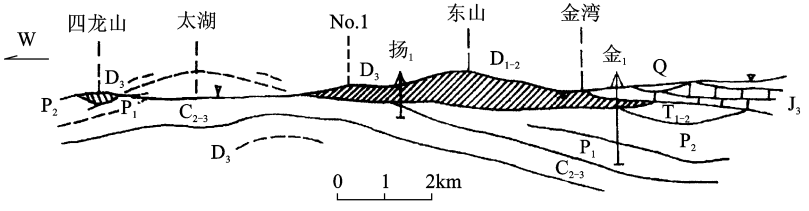


图 2－24　江苏太湖至苏州东山构造剖面图

（据孙岩等，1992）

Q—第四系；J_3—上侏罗统，$T_{1\sim2}$—中下三叠统；P_2—上二叠统；P_1—下二叠统；$C_{2\sim3}$—中上石炭统；

D_3—上泥盆统；$D_{1\sim2}$—中下泥盆统，No. 1—地质观察采样点

2.5.4.6　古地理分析

活动区型古地理多呈带状特性，反映当时的古构造线。它里面的古海、古陆、盆地等，多具有明显的方向性和系统性，起伏反差强度大。其中，地槽型者多作长带状，地洼型者多作短带状。“稳定”区型古地理多呈面状特性，其古海、古陆、盆地等，多缺乏明显的方向性和系统性，起伏反差强度小。

古地理包括古地貌、古气候，是根据沉积建造分析划分出岩相带，结合岩层厚度分布情

况而获知的。通过沉积建造分析及编制岩相－等厚线图的工作，不仅可以确定沉积形成时期的地貌反差强度及古地理情况，而且可以恢复当时的古构造，了解它们如何控制着沉积盆地或海槽等的形态、产状、分布特点(方向性和系统性)。这是研究控制沉积矿床的古构造，据以预测和寻找盲矿体或已知矿体的隐伏部分的主要方法。至于编制岩相－等厚线图的具体作法，可参考一般的岩相古地理研究著作。

2.5.4.7　新构造分析

一个地区的新构造(包括现代构造)，是它现阶段大地构造性质的直接表现。目前为活动区的地区，其新构造运动大都强烈，褶皱断裂十分活跃，构造起伏反差强度大，地震多而强烈，有时有活火山或近期火山。目前为“稳定”区(如地台区)的地区，其新构造运动大都比较微弱，褶皱、断裂活动较少，构造起伏反差强度较小，地震较小而微弱，活火山或近期火山少见。

2.5.4.8　地貌分析

一个地区的现代地貌，是它的现阶段大地构造性质在地表形态上的一定程度的反映。目前为活动区的地区，由于构造反差强度大，其地貌反差强度通常也大，构造线反映明显。其中，地槽区如果正处于发展前期，便出现具有明显方向性、系统性的岛链(链状群岛)和海槽(如印度尼西亚所见)；如已进入发展后期，则变为属于一定方向和系统的长线状山脉和山间谷地，可见中山至高山，幼年地貌显著。地洼型地貌与地槽型的后期特点相似，但多为短线状山脉及介于其间的短轴状盆地。目前为“稳定”区(如地台区)的地区，由于构造反差强度较小，其地貌反差强度通常也较小，一般缺乏具有明显方向性、系统性的线状山脉，每以低山或准平原为特色，老年地貌显著。

2.5.4.9　地球物理及深部构造分析

地球物理方法获取的重力、磁力异常和地震反射结构以及热流值等，均是目前地壳区域地球物理场的综合特征，反映的是一种长期作用综合叠加累积结果，其确切的地质意义难以准确判定，大多是推断性的。但它又是一个地区深部构造的综合或叠加特性通过各种地球物理参数从不同侧面予以反映的间接表现，故仍有其重要研究意义和参考价值。随着地球物理方法的改进及综合性多种物理参数的相互限定，如地学大断面(GGT)的研究，包括深地震反射、地震折射及大地电磁测深和地质、地球化学、地质年代学，以及重、磁测量等多学科的各种综合手段和方法的相互补充及检验，大大提高了地球物理分析方法深部构造解释的可信程度。

构造区的地球物理分析，目前尚处在对已知大地构造性质的构造区的各种地球物理参数特征研究结果进行不断积累、统计对比的初期研究阶段。现有的研究成果表明，构造区之间，以及相同的构造区，都有相当多的地球物理特征的重叠，分辨性尚待提高，但对已知构造单元具体地区所获的地球物理特点，与地质资料密切结合加以有条件的参考使用，仍是可以运用的。地槽区重力异常成带状分布，有其固定的密度较大的方向和系统，在其发展前期正负异常相间(布格异常一般为－50 ~ ＋100 mGal)或正值为主，后期多为负值(－200 ~ －300 mGal)①。热流值前期或很高或很低，后期在新生代地槽褶皱带一般为1.7 ~ 2 HFU②，如

① 1 Gal(伽)＝0.01 m/s^2。

② HFU(Heat Flow Unit)＝非法定热流单位，1 HFU＝10.6 cal/(cm^2·s)；1 cal/(cm^2·s)(卡/厘米^2·秒)＝41.868 ×10^3 W/m^2(下同)。

阿尔卑斯山地区；在接近转化为地台阶段的地槽褶皱带较低，一般为0.7～1 HFU，如美国西部内华达山地台区的重力异常分布比较均匀，通常缺乏明显的定向，布格异常一般为－10～－30(或－40)mGal，热流值低，一般为0.7～0.8(有时为1左右)HFU。地洼区以重力负异常为主，隆起越高负值越大(主要出现在激烈期)，重力异常多为有一定方向、系统而密度稀疏散布的短带状异常。布格异常一般为－200～－300 mGal(激烈期如青藏则低达－400 mGal)，热流值高，一般为1.7～2.5 HFU(美国落基山)，俄罗斯贝加尔地区则可达2.6 HFU。

构造区的深部构造分析，为了便于与已知大地构造单元和构造区利用深地震反射资料对比分析，进行构造区的鉴别与划分，可采用俄罗斯学者帕芙林柯娃(1979)等根据东欧地台等的研究并结合Kola深钻孔的结果，按垂直反射广角地震资料所作的大陆地壳(即以莫霍面为底界的外地壳)分层模型(图2－25)进行。此一模型将大陆地壳分成三层：

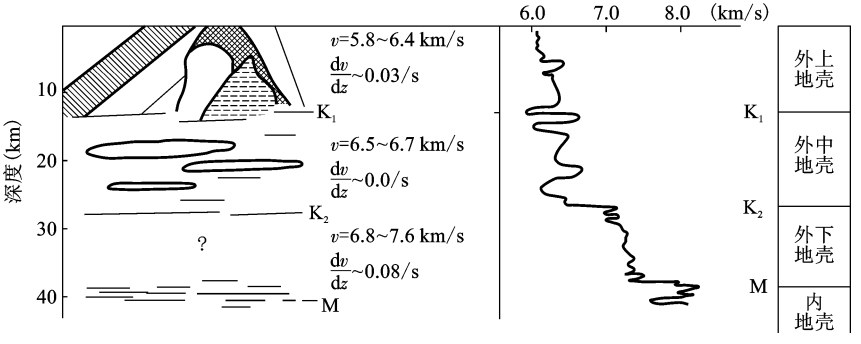


图2－25　大陆地壳一般模型

(据Pavlenkova，1979，1984；Beloussov，1984)

上层(P波速5.8～6.4 km/s)10～15 km、中层(P波速6.4～6.7 km/s)、下层(P波速6.8～7.4 km/s)，它们之间由地震界面划分，分别用K_1和K_2表示。据此可将大陆地壳按笔者(陈国达，1991)的划分方案，K_1为上外地壳与中外地壳的分界面，K_2则为中外地壳与下外地壳的分界面。据研究，此模型分别在西伯利亚地台(图2－26)(Egorkin等，1980)、北美地台(Proclehl，1977)和澳大利亚地台(Finlayson，1982)等获得证实。遂已被用作大陆和大洋地壳划分类型的基础(如Beloussov & Pavlenkova，1984)，及对不同构造地区(如地盾及活动区、深洼地)的大陆地壳分层结构的对比(如图2－28)。

图2－25大陆地壳一般模型表明：上层(地面至K_1)是由外地壳上部(10至15 km)层位内部结构的水平不均匀的复杂构造(陡倾界面为主)造成的，而不是由平均速度值引起的。外地壳中层(K_1－K_2)常有大量低速层(透明层)和电导异常层出现，为地壳弱化层；在构造活化区，它们的出现与深部的高温带有关；而在古老地台区是与裂隙膨胀被液体饱和、塑性增高、变质作用活跃有关。外下地壳层(K_2－M面)，在外地壳厚度40～45 km的西伯利亚和东欧地台区，可以连续追踪到该层，其厚度为10～15 km，它们的深度为25～30 km，连续完整地覆于上地幔(M面)之上(图2－26)；在地盾区，它的界面位置更高、厚度更大。在西欧(Giese等，1976)和北美盆地－山脉地区(Prodch，1977)的地洼区等活动构造区，该层往往缺失使中壳层底界K_2直接与M面重叠(见图2－27中所示)，外地壳厚度相应减少为25～30

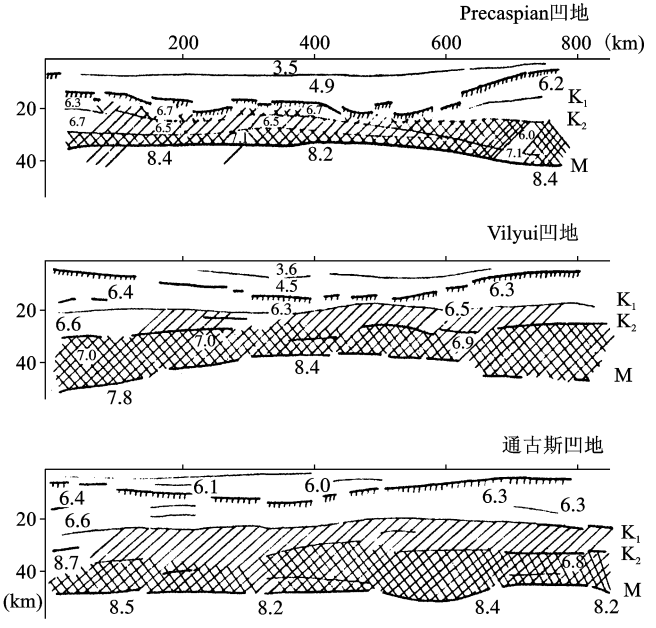


图 2－26　西伯利亚地台凹陷的地壳剖面

(据 N. I. Pavlenkova, 1988)

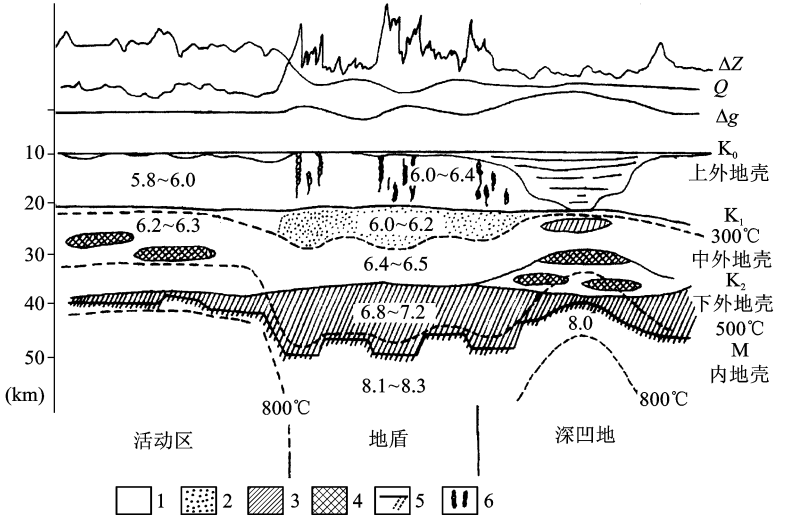


图 2－27　在不同构造活动性地区域外地壳界面形成和位置的图示

(据 Pavlenkova, 1988, 加注地壳分层)

1—酸性岩; 2—膨胀区(低速层); 3—基性岩; 4—地幔侵入;
5—全塑态地幔物质; 6—冷上地壳磁性物质侵入; ΔZ—磁场; Q—热流; Δg—重力场

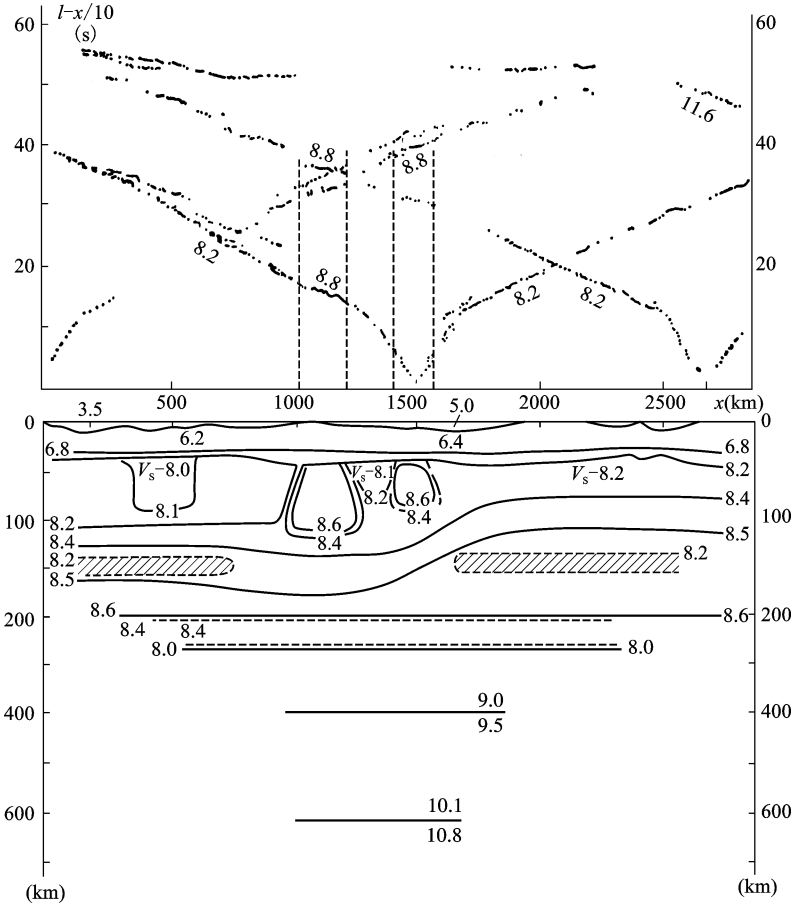


图 2－28　沿西伯利亚长距离剖面Ⅲ上地幔的地震剖面和走时曲线

(据 Yegorkin 和 Pavlenkova, 1981)

具有速度急剧变化的地震界面(速度等值线), 虚线表示假设的可逆带

km。M 界面层系由具有较高速度反差的许多薄层组成, 层速度为 6.5～9.0 km/s, 平均 7.9～8.1 km/s, 随地壳演化而变化, 在造山构造带 M 面下陷, 在地台盆地(如图 2－27)M 面抬升。目前各类构造活化地区的 M 面, 则是经过地台区和地槽区阶段后, 再经活化构造(造山)作用的结果。因此, M 面的深度和深处温度呈逆相关。在西欧 M 面深处温度局部可达 1 200℃, 古老地盾只有 400～600℃, 地台凹陷区也只有 600～800℃ (Gordiecoko & Pavlenkova, 1984)。

另外, 根据帕芙林柯娃(1988)的资料, 在西欧、美国西部近代构造活动区的上地幔, 具有复杂分层和横向反差变化。从匈牙利 M 面 P 波速度 7.7 km/s 到莱茵地堑变为 8.6 km/s, 随这种变化上地幔局部温度可达固相线温度。沿西伯利亚地台的地震剖面研究(图 2－28)则表现出上地幔明显分层和横向不均匀性, 其中低速和低 Q 层可分别在 80～120 km、140～160 km 和 200 km 处追踪到, 这些层的速度反差很小(0.1～0.4 km/s), 但其可在水平数百公里范

围内追踪到。

上述构造区深部地质(即岩石圈地壳)研究的进展，以及据近年中国大陆 GGT 所提供资料作出的分析(详见第 3 章地洼区深部地质部分)是相一致。这表明构造区深部地质构造的分析，对构造区的划分起着越来越重要的作用，特别是按活化(地洼)构造理论在对构造区动力源及其机制所进行的探讨研究中，上述深部构造的分析内容是不可缺少的。前述地壳结构分析(本章 2.6.3 一节)只是限于浅层地壳结构分析，随着深部地质构造研究的进展，地壳深部(岩石圈)地壳结构分析将会逐步形成和完善。著者(1992)在《历史－因果论大地构造学刍议》中已作过初步的阐述(陈国达，1992)，本书第 3 章地洼区深部地质构造中则对此作了进一步运用和阐述。

2.5.5　鉴别大地构造单元及划分构造区的具体步骤与方法

关于鉴别种种性质和类型的大地构造单元，并在此基础上进行构造区的划分，其具体做法可分：归纳材料，逐类分析；综合考虑，对比差别；重塑全史，划分阶段；确定名称，圈定界线等四个步骤(详见附录中著者的《大地构造学》、《中国地质学》等专著)。

2.5.5.1　具体步骤

(1)归纳材料，逐类分析　在所研究的含矿区内，将从野外实际工作中的地质测量，以及地面、地下观测和遥感地质手段所得的和长期生产实践所积累的地质资料，归纳为若干个方面，每一个方面以其地质时代为次序，依次分类，然后逐类分析。根据同一地区各个不同时期的同类资料之间的互相对比，分别判别其各自反映出的大地构造性质的异同。

如前所述，首先按综合特征分析所包括的综合内容分别以沉积建造、岩浆建造、变质建造和构造型相为主要方面，并以沉积建造分析为基本内容，重点分析它们反映其大地构造属性(活动区或是稳定区)特征的具体方面，同时兼顾其他地质方面的资料，进行辅助性的大地构造属性的初始判定和比较、检验。

(2)综合分析，对比判定　在初步逐类归纳分析的基础上，①按前述“综合地质分析”的全面要求，根据从不同方面所表现的大地构造基本属性，以地质时代时序为主线，分别按大地构造属性属于构造活动性质或是构造稳定性质进行地质时序排定，初步分析研究地区大地构造活动性与稳定性表现的时序范围，建立起该地区大地构造活动与稳定表现的阶段，及其阶段时限，以及出现先后的排序；②对初步划分的大地构造活动性与稳定性的不同阶段，按前述地壳运动形式及地质综合表现特征，进行大地构造不同性质阶段的划分，并依对其地壳运动构造专属特性的判别、分析，对已划分阶段作出各自代表的大地构造体制(地槽区、地台区或地洼区，或者其他构造区)的判定；③在对划分阶段作出各自代表的大地构造基本构造单元判定的基础上，进一步进行“构造反差强度分析”，对已作出的大地构造体制的各发展阶段进行区分，从构造反差分析方面予以检验和补充，对各演化与发展阶段代表的大地构造单元，通过“综合地质分析”、“地壳运动形式分析”、“构造反差强度分析”，以及“深部地质构造分析”等综合方面，并结合从不同侧面的专门性分析，互相检验，修正补充，使之达到判定准确的目地。

(3)重塑全史，划分阶段　在以上不同大地构造性质阶段性判定的基础上，对该地区由已知大地构造不同阶段组成的大地构造历史进行排序，并着重分析各不同大地构造阶段之间

的继承与发展的转化关系及其特征，在此基础上重塑该区大地构造演化史，据此作出代表(基本)构造层的划分，并参与各大地构造发展阶段的“地壳运动形式分析”的具体实际表现特点，而不是根据一般理论概念，作出发展过程的次级阶段及亚构造层的划分。至此，完成对研究区大地构造发展演化史的判定与恢复，并对其大地构造基本单元，以及各构造单元的发展过程所表现出的次级阶段性作出全面分析与判定。

(4)确定现阶段大地构造单元的类型及名称，固定范围界线　在上述分析与研究步骤完成之后，进行“地壳结构分析”的专门性概括与归纳，并在该区地壳结构加以确立的基础上，依据最新基本构造层的大地构造性质，即其所代表的大地构造体制，确定现阶段研究区的大地构造单元名称，同时依据最新基本(代表)的亚构造层判别目前该种大地构造体制，属于何种次级发展阶段。至此，可对该区目前所属的大地构造单元及其现在处于何种发展阶段得出全面准确的结论。

2.5.5.2　划分方法

1)基本构造层与亚构造层的划分

基本构造层及其亚构造层的划分，既是方法问题，更是把活化(地洼)构造理论具体准确运用于大地构造及其成矿研究这一实际运用的关键性问题。对此可参考本书第 10 章中的详述。

构造层可以分为三级。因为地壳的发展是多阶段的。每一大地构造发展阶段在本阶段地壳运动类型(形式)的控制下，均能产生反映本阶段地壳运动类型及反映其大地构造属性的构造层(如地槽构造层、地台构造层、地洼构造层等)，这种反映地壳一个大的、基本演化阶段的构造层，称为基本构造层(大构造层)。同一大地构造演化阶段的不同时期，地壳运动的强度，地壳变化的形式、速度有所不同，这就造成了同一大阶段中次一级的发展阶段(也就是上述不同构造单元发展过程中所划分出来的早期、中期、晚期的小的发展阶段)，这种次一级发展阶段所造成的沉积建造、岩浆建造、变质建造(包括含矿建造)及构造型相等特征的组合，称为亚构造层(中构造层)。在同属次一级发展阶段中，地壳的发展也是不平衡的，时升时降，时海时陆，这就造成了沉积建造类型、含矿建造类型、有时还有岩浆活动的强度等差异，这种反映地壳变化更小差异的组合，称为小构造层。

总结起来，构造层可以分为三级：第一级(也是最高级)为基本构造层(大构造层)；第二级为亚构造层(中构造层)；第三级为小构造层。第一级构造层代表了性质完全不同的大地构造演化阶段，它们之间有本质的区别。第二级、第三级是在同一大地构造演化阶段中划分出来的次一级及更次一级的中、小构造层，它们之间没有本质上的差别，而只有小的差异。但是，这种差异可反映该演化阶段的发展过程。

前面已经指出，地壳的发展是多阶段的，不平衡的。任何一个地区，在地质史的长河中绝不会停留在某一性质的大地构造阶段上，而是随着地球内部各种因素的变化不断地向前发展。因此，任何一个地区都存在着大地构造发展阶段的划分问题。只有把某个地区的大地构造阶段划分清楚，才能正确地阐明该区的大地构造发展史，从而进一步确定该区现阶段的大地构造属性。

所谓现阶段，是指某一地区大地构造发展历程中目前所处的发展阶段。这个问题必须十分强调，因为它是一个对比的时间标准问题。以往对某些地区在其大地构造性质上争论不

休，除持有不同学术观点外，很重要的一点就是忽视时间界限问题。如新疆北天山地区，有人认为是(地槽)褶皱带，有人认为是地洼区。如果说海西运动期是地槽区，海西运动末期本区成为地槽褶皱带，这是对的，因为本区二叠纪以前属一套具区域性轻变质的复理石建造，还有发育的火山岩建造和局部的细碧角斑岩建造，构造型相复杂(多具紧闭褶皱和逆断层)，呈线状展布(NW 向)，属地槽型产物。二叠纪起，本区上升，形成了包括二叠系、三叠系在内的由海相过渡为陆相、由细碎屑岩过渡为粗碎屑岩、沿褶皱带中分布的磨拉石建造，代表了本区地槽的终结，变成褶皱带。对于这一点，并无不同意见。然而，要说现阶段仍属地槽区，那就不完全符合全部客观事实了。因为在北天山地区，这个海西地槽褶皱带山脉，从晚三叠世开始遭受侵蚀削低，至侏罗纪初已展现出准平原的地貌景观，该处的侏罗系普遍与下伏岩层呈不整合接触，而且具有物质组分较纯、呈面状展布等特征，均可证实这一点。这有力地说明，侏罗系实属地壳处于相对稳定条件下的产物，侏罗纪本区属于地台区发展阶段。从晚侏罗纪晚期开始，本区的地壳运动又开始加强，主要证据在于白垩系、第三系、第四系地层的分选性甚差，均具复矿性，沉积物大小混杂，稳定性小，岩相、厚度在横向上变化很快，现代地貌反差颇强，新构造运动明显，北天山平均每年上升 20 mm。但这一发展阶段的各方面地质特征，有别于地槽区。而且它又是在经地台区阶段基础上发展起来的。显然，这时本区已经转化为地洼区。由此可见，有了统一的时间界线标准，才有可能对同一时间的不同地区不同大地构造单元的性质加以比较和确定。

2)**构造单元的时代分类**

(1)地槽区的时代分类　地槽区的时代分类根据地槽封闭的时代，即地槽期转入褶皱带期的时代——也就是剧烈期的时代划分，我国境内所见的地槽区(包括现存的及已衰亡的“古地槽区”)可以划分为下列几种类型：

①吕梁(期)地槽(褶皱)区：在元古宙吕梁(地壳)运动期(旋回)内地槽封闭，出现褶皱带，但现今均已衰亡，仅留下构造层作为较新构造单元的发育基础。

②晋宁(期)地槽(褶皱)区：在震旦纪晋宁(地壳)运动期(旋回)内地槽封闭，形成褶皱带(均已衰亡)。

③加里东(期)地槽(褶皱)区：地槽封闭并出现褶皱带的时代是在早古生代加里东(地壳)运动期(旋回)内(均已衰亡)。

④海西(期)地槽(褶皱)区：其地槽封闭及褶皱带出现时代是在晚古生代海西(地壳)运动期(旋回)内。

⑤太平洋(期)地槽(褶皱)区：在中生代太平洋(地壳)运动期(旋回)内地槽封闭，形成褶皱带。其中又可分为两个亚期：

(a)印支(期)地槽(褶皱)区——地槽封闭期在晚三叠世印支运动期(亚旋回)。

(b)燕山(期)地槽(褶皱)区——地槽封闭期在侏罗纪—白垩纪燕山运动期(亚旋回)。

⑥喜山期地槽(褶皱)区：地槽封闭及褶皱带出现于新生代喜马拉雅(地壳)运动期(旋回)内。

(2)地台区的时代分类　以其建立时代，也就是转化自(以之为发育基础的)地槽(褶皱)区的时代为准。就我国境内所见来说，地台区(包括现存的及衰亡的“古地台区”)可以划分为下列几种类型：

①老地台区[①]：由前寒武纪地槽(褶皱)区转化而成的地台区。计有：

(a)后吕梁(期)地台区——由吕梁期地槽(褶皱)区转化而成的地台。

(b)后晋宁(期)地台区——由晋宁期地槽(褶皱)区转化而成的地台。

②新地台区：由古生代以来的地槽(褶皱)区转化而成的地台。计有：

(a)后加里东(期)地台区——以加里东地槽(褶皱)区为基础发展而成的地台。

(b)后海西(期)地台区——自海西地槽(褶皱)区转化而成的地台。

(3)地洼区的时代分类　根据断褶带出现的时代，也就是剧烈期的时代不同，现知地洼区可划分为下列几种类型：

①顿涅茨期地洼(断褶)区：剧烈期在晚古生代海西运动期。如苏联顿涅茨、美国维基大(中国未发现)。

②华夏期地洼(断褶)区：剧烈期在中生代太平洋运动期内。中国东部几个地区均属之。

③中亚期地洼(断褶)区：在新生代喜山运动期内进入剧烈期(一部分目前可能尚未进到剧烈期)。中国西部几个地洼区是。

3)**构造单元的类型划分**

(1)按火山活动强度划分　对于活动区来说，可根据它们发展过程中火山活动的有无或强弱，分为优的和渺的两类。例如地槽(区)，凡有强烈火山喷发者，叫优地槽(区)；火山活动缺乏或十分微弱者，则叫渺(冒)地槽(区)。又如地洼区，相应地分别叫做优地洼(区)和渺地洼(区)。

(2)按主要成因特征划分　对于地洼区，可就其成因上的主要特征划分为拱裂型和块断型两大类。前者的地穹及地洼的成因是由于或主要由于拱裂(拱曲及断裂)作用；后者则主要由于块状断裂作用。

①拱裂型地洼区。可以再分为下列两个亚型：

(a)顿涅茨型：大型地洼，岩浆活动一般。如苏联顿巴斯及美国维基大(中国尚未发现)。

(b)华夏型：多为小型地洼，岩浆活动特别强烈。如中国东部所见者是。其中又可细分为下列三式：

闽浙式：岩浆活动最为剧烈，侵入岩体密布，且有大量火山喷发，以闽浙一带为最典型。

湖北式：岩浆活动中等，侵入岩体较少，火山活动不显著。如湖北东部、湘－赣一带。

黔桂式：岩浆活动相对较弱，一般缺乏火山活动，如贵州、湘西北、鄂西等。

②块断型地洼区。可分为下列两个亚型：

(a)东非型：小型地洼为主，火山活动剧烈，如东非至亚洲阿拉伯一带(中国尚未发现)。

(b)中亚型：大型地洼为主，岩浆活动相对较弱，如我国西部及中亚其他地区。

(3)依与其前构造单元的关系　地洼区内，可依其与前身地台区的关系，分为两类地洼盆地：与古台陷、台凹的位置、方向相近，即继承式上叠盆地者，叫继承式地洼；反之，即新生式上叠盆地者，叫新生式地洼。

2.5.5.3　构造区的分区系统及代号

1)**地槽区的分区系统及代号**

① 老地台与古地台意义不同，前者指建立时代较老，后者指已经衰亡

由于发展过程所决定，地槽区的分区系统，按照其前后两期的不同，分为两套(各系统中，罗马字表示级别；上列为正单位，下列为负单位。其他构造单元仿此)。

(1)地槽期(Ⅰ[1])：

地槽区——[地背斜系——[地背斜
　　地槽系——[地槽

(2)褶皱带期(Ⅰ[2])：

地槽(褶皱)区——[褶皱系——
　　山间、山前拗陷系——[褶皱带
　　山间、山前拗陷

2)**地台区的分区系统及代号**

地台区(Ⅱ)——[台盾——[台隆①——[台凸
　　台坪——[台陷——[台凹

3)**地洼区的分区系统及代号**

地洼(断褶)区(Ⅲ)——[地穹系——[地穹列——[地穹
　　地洼系——[地洼列——[地洼

附带说明：

①上述各个分区系统，不是在所有大地构造图中或在所有地区，其各级分区都需要或可能全部划分出来，这要视比例尺或材料的容许而定。

②地槽区的前、后两期分区系统，在叙述发展史时，可以分别使用；但在大地构造图上则习惯上是通用的。

③我国境内的现存地台区，由于均是中生代中期以前广大中国古地台区崩溃解体后的残留部分，面积很小，故现代大地构造图中不必划出二级分区。

2.5.5.4　*构造区的划分及命名原则*

1)**地槽区的划分及命名依据**

①在一定范围内，剧烈期的时代相同，构造系密切相关的地槽区性质的地区，划为同一个一级单位。

②在一级构造区内，地槽区活动某些方面的特点有所分异，构造系或(及)发展史上有显著区别的不同部分，根据范围的相对大小，划为不同的各级分区，给予相应级别的分区名称。

根据上亚层的发育情况及分布范围，划分出正负单位(有上亚层分布的地区为负单位，缺失该层者为正单位)，并给予相应的正负单位名称。

2)**地台区的划分及命名依据**

在一定范围内，建立时代相同的地台区性质的地区划为同一个一级单位。

在一级构造区内，根据地台区活动或发展史上的特点，以及范围的大小，划分为相应级别的较次的各级分区，给予相应级别的分区名称。

---

① 台隆(anteclize)、台陷(sineclize)为地台里面基底相对隆起和相对下降地段，前者沉积盖层(地台构造层)缺乏或较薄，并向四周前方缓倾(如伊陕地台的华胜台隆)；后者沉积盖层较厚而平缓，倾角非常微小，几无倾斜(sine 为拉丁文“无”之意，如伊陕地台的陕北台陷)。有些书文将其分别称为台背斜、台向斜、台褶带等，但我国东部古生界地台构造层及中、新生界地洼构造层中所见的褶皱系统，实系地洼构造活动所造成的地洼型断褶带。

根据地台构造层的厚度相对大小差别，相应地划分为负单位和正单位，并给予相应的正负单位名称。

3)地洼区的划分及命名依据

①在一定范围内，剧烈期的时代相同，构造系密切相关，地质发展史特点又相近似的地洼性质的地区，划为同一个一级单位。遇到剧烈期虽同，但范围过大的地区，里面各个部分的构造系和(或)发展史差别显著时，则根据各个部分的这些差别，进一步划分为两个以上的一级单位。

②根据地洼构造层的发育情况及分布范围，划分出正负单位(地洼构造层分布面积较广的地区为负单位，该层分布面积较狭甚至缺失的地区为正单位；遇到全被地洼构造层掩盖的地区，则该层厚度相对较大部分为负单位，较小部分为正单位)，并给予相应的正负单位名称。

3　地洼区——大陆地壳基本构造新单元

3.1　后地台区阶段新构造单元的发现

自1859年J. 赫尔(Hall)发表了地槽学说的初步思想，以及1873年J. D. 德那把它进一步发展以来，传统的看法一直认为：地壳发展的形式，仅有地槽区和地台区两种基本构造单元。有人根据这两个最早发现的构造单元，便以为"非槽即台，非台即槽"，别无其他的可能性；还有人甚至断定这是不可触犯的真理。

随着生产不断发展的要求，以及生产技术水平的不断提高，大量地质资料和地球物理资料的积累，人们逐步注意到许多事实，非地槽－地台说所能解释；它们揭露了地壳中存在着除地槽区及地台区以外的新的构造形式的可能性。首先受到注意的便是后地台区阶段的新型构造单元。

还在20世纪30年代，有关后地台区阶段的新型地壳运动的某些片段事实，就已在亚洲的不同地区先后发现。1937年，Ю. М. 谢音曼(Шейнманн)在其《中国台盾的发展史》一文中，首先注意到中国东部地台区范围内，于地台区建立以后，再度出现了类似地槽区发展的强烈活动。当时谢氏把这种活动看做地槽区阶段重演的标志。В. И. 波波夫(Попов)在其1938年的《西天山的洼地和隆起的历史》一文中，也曾记述了该处新生代的强烈活动，并第一次指出这是地壳发展的新形式。至1940年，Г. Ф. 米尔琴克(Мирчинк)发表《地壳发展的基本规律》一文，提出了"块断地带"(Гпыъовые зоны)这一名词，描述这种新型构造区在构造变动方面的一部分特征。据米氏所下的定义，块断地带就是一种"与地槽区和地台区有质的不同的构造，它是由于老地台区和新地台区(连同邻近的地槽区部分)崩溃后产生的。其特点是：块体作垂直差异运动，岩石的整体性沿裂缝被破坏；沿裂缝喷出巨厚的熔岩(主要是玄武岩)形成霞石正长岩、碱性花岗岩的侵入体"。1948年，Е. В. 巴甫洛夫斯基(Павловский)在其关于"东西伯利亚中生代构造和非洲、阿拉伯大裂谷的比较大地构造学"的研究，以及"贝加尔山区的地质历史和地质构造"的研究中，详细地描述了这些地区的一种新型的地壳运动。巴氏并于1953年，在其《地壳发展的某些一般规律性》一文中，提出了"拱曲作用"(аркогенез)一词，来代表这种地壳运动中的一种形式。1954年В. В. 别洛乌索夫(Белоусов)在其《大地构造的基本问题》一书中，称这种现象为"地台活化"(активизация плауформы)。

对于"地台活化"一词，存在着不同的理解。一种认为，出现了这种现象的地区这时仍为地台区，如别氏当时叫它做"地台区的活化部分"(активизирванные учсткиплатформы)。此外还有所谓"活动地台"、"准地台"、"中国地台区比标准地台区活动性大"等术语和解释，第二种认为，这时该处已再度转变为地槽区，如Ю. М. 谢音曼(Шейнманн)(1937)认为这是"地台(区)转化为地槽(区)的极好范例"；别洛乌索夫(1954，1957)也称其为"准地槽(区)"；第三种则认为，这确已变为一种活动区，但与地槽区有区别。1938年，В. N. 波波夫

(Попов)首先提出这是地壳发展的新形式。1940 年，Г. Ф. 米尔琴克(Мирчинк)也提出“块断带”(Глаъовая зона)一词。Е. В. 帕甫洛夫斯基(Павловский)(1948)则创造了“拱曲作用”(аркогенез)这个术语。这些前人的劳动，分别从不同角度阐述了这一时期构造运动的某些特点，为后来进一步研究起了开路先锋的作用。

1956 年，著者根据中国广大地质工作者的研究成果，把“地台活化”理解为“地台区已向活动区的转化”。但这个新成的活动区并非以前的地槽区的历史重演，而是属于不同的类型。因它是地台活化的产物，起名“活化区”，业已流行；其后于 1959 年发表的文章中，著者为了反映它与地槽区最主要的区别，在于它具有一种名为地洼的特有构造盆地这一特征，又称它为地洼区，列为大陆地壳目前已知的第三种构造单元(目前在国内外文献中，二名通用或兼用)；而见于这种构造区发展过程中的地壳运动，则叫地洼型地壳运动。

三十余年来，各国学者对于后地台区阶段构造新单元的研究工作，提供的资料愈来愈多，证实了这种构造区在全球各大陆地壳中的分布十分广泛(图 3－1)。他们根据各自的观察结果，给予各种各样的名称，甚至给予不同的解释。但无论如何，它的客观存在，已从愈来愈多的实际资料中得到证明。

地洼区之所以能够并有必要与地槽区、地台区加以区别并独立划分出来，是在于它具有多方面的明显的自有特征(陈国达，1959，1960，1965)。近年来，随着中外学者对它的逐渐深入的研究，大量新资料的积累，这些特征已越加清楚地为人们所认识。关于以这些新研究成果为依据所作的概括总结，兹阐述于后。

3.2　地洼区的定义

地洼区是地壳的基本构造单元之一。它是活动区的一种，其大地构造性质同“稳定”区(例如地台区)相反；同此前熟知的另一种活动区即地槽区颇相近似，但有其自己的体制特征，而属于不同的大地构造体制类型。它的最主要的基本特征是在其发展过程中，出现反差强度很大的构造起伏，由于拱曲、断裂等作用而发生一些波距小、差异升降速度及幅度较大的短带状隆起，名曰地穹，介于地穹隆起之间的是一些相对下陷(大多数是因为隆起速度及幅度较小而显出相对陷落，而不一定是绝对下陷)的短带状盆地，名曰地洼。地洼中一般充填了厚度较大、分选性及稳定性较小、主要由华夏式建造组成的地洼型沉积，并因此形成了一个特有的、新的基本构造层，名叫地洼构造层，散布在作为地洼基盘的各种不同时代、不同发展阶段、不同性质的下伏构造层(地台构造层或各种前地台构造层)之上。因此，这种大陆地壳新的构造单元称为地洼区(陈国达，1959)。

3.3　地洼区的发展过程

地洼区的发展过程，因地区和类型不同而各有特色，不尽一致。但就目前研究较详的东亚一带所见而论，大多数可以大体上作如下的阶段划分。

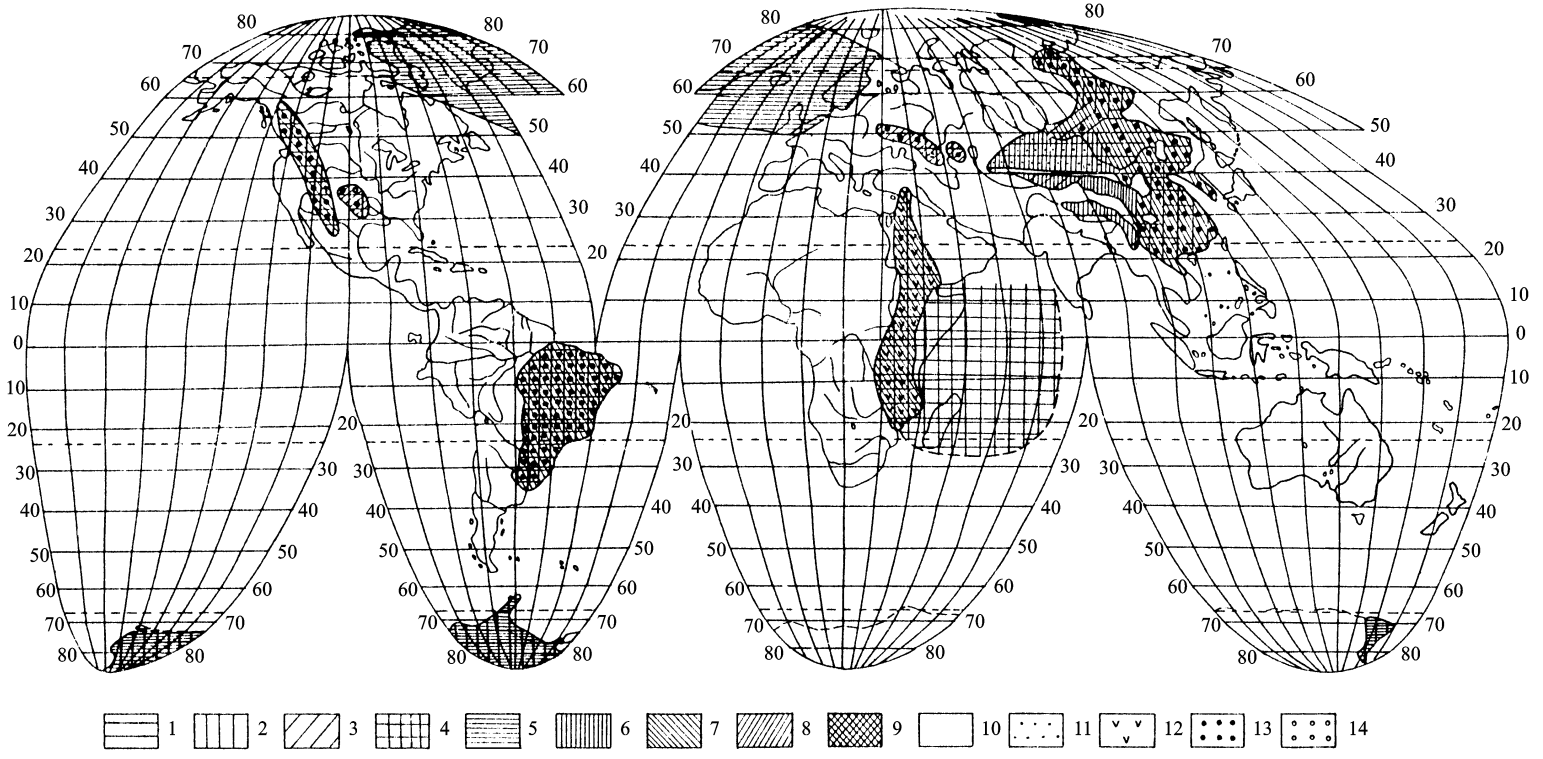


图3-1 世界上地洼区分布略图(1977年编制)

按历史发展特点分类： 1—前身为后海西期地台者； 2—前身为后加里东期地台者； 3—前身为后贝加尔期地台者； 4—前身为后吕梁期地台者， 按活动时代分类（分期）（以激烈期为准）； 5—未详； 6—喜山期（中亚期： 新生代）； 7—燕山期（华夏期： 中生代）； 8—顿涅茨期（晚古生代）； 9—澳中期（元古代）。按地洼活动类型分类； 10—未详； 11—中亚型； 12—东非型； 13—华夏型； 14—顿涅茨型（说明详见正文）

3.3.1　根据活动强度变化的阶段划分

东亚一带的地洼区，按它们大地构造体制的发展过程中活动强度的变化，一般地可以划分为三个发展期，即：初动期、剧烈期(极动期)及余动期(图 3－2)。

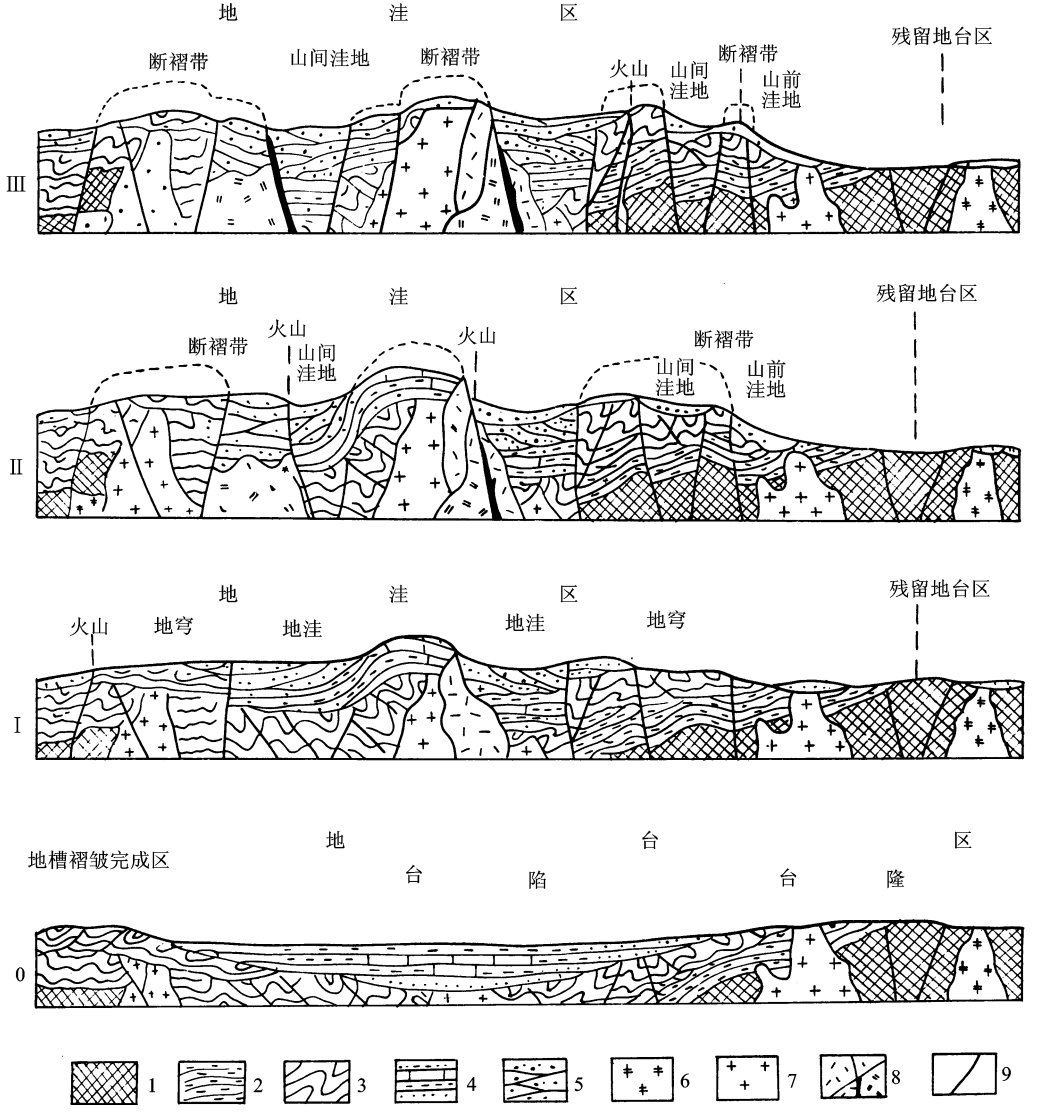


图 3－2　华夏型地洼区发展过程示意图

(综合中国东部几个地洼区为例)

0—作为地洼区建立基础的地台区和地槽褶皱完成区；Ⅰ～Ⅲ—地洼区发展过程的三个分期：Ⅰ—初动期：拱裂开始，差异隆起的反差强烈，地穹、地洼的分异性渐显；地洼中产生初动期沉积，有时有岩浆侵入和喷出；Ⅱ—剧烈期(极动期)：拱裂加剧，地穹隆起加强，大量岩浆侵入及喷出(主要为酸性和中性)，后期出现褶断带和山间洼地。Ⅲ—余动期：总的趋势回降，块断运动更盛，断褶带及山间洼地广泛发育；有时有岩浆侵入及喷出(主要为基性)

1—地盆构造层；2—地原构造层；3—地槽构造层；4—地台构造层；5—地洼构造层；6—前地槽型岩浆建造；7—地槽型岩浆建造；8—地洼型岩浆建造；9—断层

3.3.1.1　*初动期*

这是一个地区从地台区阶段(或前地台区阶段)进入地洼区阶段的开始，表现为地洼型地壳运动逐渐显著。其主要特征为拱曲、断裂及褶皱诸作用活跃，发生反差渐趋强烈的构造起伏；区内地壳显著地总体隆起，在隆起速度及幅度较大的部分形成地穹；介于地穹之间为隆起速度及幅度相对较小的部分，便显出相对的陷落(少数地区有真的陷落)，形成地洼。这一时期，由于地穹隆起幅度还较小，宽度较大，因此，地洼盆地分布较疏，而且规模较小。伴随着地壳的总的隆起，山区地貌逐渐显著，侵蚀作用加强；从地穹部分剥蚀下来的碎屑物，往地洼盆地中搬运，便出现了以华夏式建造(详后)为主要特征的地洼沉积。这种沉积以陆相为多，海相者仅见于局部地区。以东亚及其他有关地区为例，初动期中多出现含煤建造。在有些地区，这一发展期内已有火山活动或岩浆侵入，形成了以酸性或中性为较常见的岩浆岩及其有关的矿产。

3.3.1.2　*剧烈期(极动期)*

这是地洼区发展过程中活动最强烈的时期，区内地壳隆起幅度达到最大，各个地段的隆起差异也最显著，断裂比前更为活跃，终于使大的地穹破裂成为较小的地穹，因此地洼盆地增多而加密，原有地洼的范围也比前扩展。在这一时期内，构造反差强度达到顶点，因而出现了十分显著的山区地貌，而以反差强烈为标志的、显然属于活动区型的地貌特征，即形成于这一时期。这些高峻山脉型的地穹，特称为褶断带；介于褶断带之间的新成地洼，即特称山间洼地。随着山区地貌的加强，以东亚及其他有关地区所见者为例，这一时期的山间洼地中往往开始出现了炎热而带周期性干燥的气候，形成了主要属于红色岩建造的地洼沉积及其有关的沉积矿床。在部分地区褶皱发育，并可发生逆掩。岩浆侵入广泛出现，有些地区火山喷发很强；主要岩石为花岗岩、流纹岩、凝灰岩等，带来了大量以有色金属为主的矿床。由于构造作用及岩浆作用，可以出现局部的强烈的变质作用；尤以沿断裂带出现的深变质最具特色，并往往因此形成了成矿带。

3.3.1.3　*余动期*

经过了剧烈期的最大幅度的隆起运动、最强烈的岩浆喷出或侵入后，区内地壳开始总的回降(回降的速度和幅度各地不一致，少数地区仍有上升)，地洼活动便转入了余动期。在这一时期内，断裂运动仍活跃；块断、倾侧、挠曲等成为余动期的主要构造变动形式，形成断褶带。在总的回降运动过程中，升降差异一般地逐渐减小，经过长久剥蚀的一部分高度较小的断褶带山脉或地穹隆起又已经削低，因此，原有的多个较小的山间洼地或地洼盆地常可连接成宽大的山间洼地。在余动期的初期，从剧烈期继承下来的山区地貌，反差强度仍大，炎热而带周期性干燥的气候仍然断续地显著，因此常有红色岩建造继续发育。岩浆活动一般逐渐减弱，部分地区有以玄武岩为主的火山喷发。余动期后期，有些地区下降达到海平面以下，因此出现了海相沉积；部分地区且成为次生大洋。

上述几个发展阶段，仅是就一般情况来说的。它们的具体划分、明显程度、延续长短、起止时间等，在不同的地洼区甚至在同一地洼区的不同部分，都可以很不相同，不能一概而论。

3.3.2　根据主要特征差别的阶段划分

再从其主要特征上的变化来看，地洼区的发展过程可以划分为前后两个小阶段：前一小阶段叫地洼期，后一小阶段叫断褶带期。这先后二期的发展特征，把地洼区区别出前期和后期两种相应的形式。

3.3.2.1　地洼期

从前述的初动期开始至剧烈期的早期，全区以总的隆起运动占优势；隆起的速度和幅度愈来愈大，各个部分的隆起差异也愈来愈显著，拱曲、断裂也就愈来愈强烈，由此所形成的地穹隆起带及其介于其间的、主要由于隆起速度、幅度较小而显出相对地下陷的地洼陷落带之间，构造反差及地貌反差愈来愈大。在有些地区，褶皱运动愈来愈强；或者是岩浆活动愈来愈强，部分地区火山喷发愈来愈烈。由于这一时期以形成地洼及其中的前半期地洼沉积为主要特征之一，故称地洼期。

3.3.2.2　断褶带期

这一小阶段约相当于前述的剧烈期晚期至余动期。从地洼期末开始出现的强烈的构造变动及岩浆活动，使构造反差及地貌反差达到最为显著，并逐渐出现了许多新的山脉及介于其间的盆地(新成的、后期的地洼)。这些新成的山脉特叫褶断带，新成的盆地特叫山间洼地。由于岩浆的大量侵入与喷发，又由于热能的大量消减，该处地壳物质由于温度降低而密度增大，体积收缩，全区逐步转入以总的回降占优势的阶段。同时，岩浆活动也因此明显趋向微弱；褶皱渐减，而断裂则由于该处地壳刚性更强而继续发展，并占据优势。因为这一时期以形成断褶带及山间洼地为特色，故称断褶带期。

从地洼发展过程在主要特征变化上的所划分的阶段，同从其活动强度变化上所划分的阶段之间的对比关系，各地可不一致，并无固定。上面指出的对比关系，只是一般情况，宜对具体情况进行具体分析，不能一概而论。

3.4　地洼区的主要特征

地洼区所具有的主要特征，各种类型者不尽相同，而是各有特色。若以华夏型地洼区而论，依著者初步研究中国东部地洼区，并参考其他有关地区中外地质工作者研究所得结果，可以总结为下列几个方面，作为识别的根据。但必须指出，下列各个方面的地质特征和地球物理特征，由于不同地区的地质发展史各有其自己的特点，在运用它们作为地洼区的鉴别标准时，还要对具体情况进行具体分析。

3.4.1　结构方面

地洼区在结构方面的特征，表现在它一般地具有一个为地台区及地槽区所没有的、新的基本构造层。这个特有的构造层名叫地洼构造层，是由主要属于华夏式建造的地洼型沉积，以及在地洼区发展过程中所出现的喷出岩浆建造组成。它往往作带状小片，散布在代表各个较老发展阶段的各种下伏的构造层之上(图 3－3)。在组成物质上和分布特点上，这个新的构造层无论和地台构造层、地槽构造层、抑或任何前地槽构造层都不相同。它可以覆盖在地

台构造层之上，也可以超覆在地槽构造层甚至各种前地槽诸构造层之上(图3-4)。

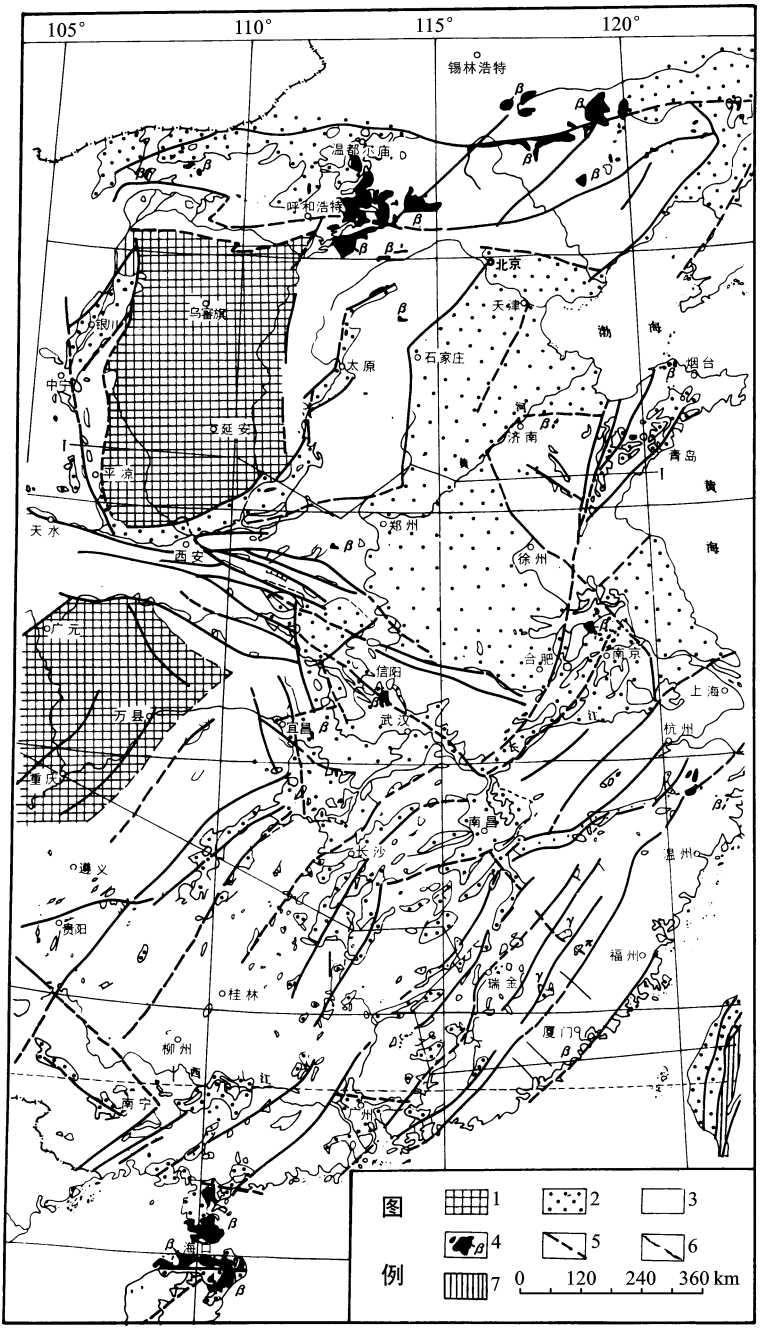


图3-3　中国华北、华南地洼区晚白垩世—早第三纪地洼构造层分布特征图

1—残留地台区；2—晚白垩世-早第三纪地洼盆地；3—隆起地穹区；4—新生代地洼型玄武岩；5—深大断裂；6—地洼盆地边缘断裂；7—地槽区