
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

第四卷 地洼学说(活化构造及成矿理论)的拓展
(1977~1992)

☐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 39 ☐字数 920 千字 ☐插页 1

☐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

第四卷 地洼学说(活化构造及成矿理论)的拓展

(1977—1992)

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 刘国璞 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 吴玺虹 赖健清 木士春

学习陈老的精神
发展地洼学说

周光召

（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）

真知灼見揚海外
畢生心血獻中華

賀地洼學說創建50
周年暨“陳國達全集”出版

黃伯雲

（中國科學技術協會副主席、中南大學校長、中國工程院院士）

地洼學說
創新紀
道法文章
勉後人

地洼學說創建五十年

暨《陳國達全集》出版

何建善恭賀



（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 Sherglov, 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、古生物学家乐森珥、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(Riehlthofen)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. П. 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,相继获得国家部和省级奖励。

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础研究两个方面,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 A. 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 A. 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沙专家座谈会商定,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

本卷收入作者在地洼学说(活化构造与成矿理论)充实与发展阶段后(1977—1992)进一步走向世界时期,从理论拓展和成矿学实用两个方面,对地洼区——大陆构造新单元这一核心概念加以拓展并与国际前沿研究接轨的论著,共计 52 篇,另附录文选和讲义简介 4 篇,作序、序言(选)11 篇。

《地洼区——大地构造单元的新类型》一文,是 1975 年底,《自然科学争鸣》杂志社致函中南矿冶学院党委,嘱请陈国达教授撰写介绍地洼学说的专文,随后派人亲来说明:“这是毛主席囑办,毛泽东主席想了解我国的大地构造学派。”这篇专文简明扼要地阐述了传统地槽—地台学说;主要从中国大地构造的实况论及地洼学说的基本认识及其哲学观点,并着重论述了地洼区研究的生产实际意义,包括结合找矿实践、预报及预防地震的作用和意义。文后列出了陈国达立论代表作和国外评价的三篇参考文献。

该文稿于 1976 年初寄交杂志社后,时值“文化大革命”期间,受阻延至 1977 年初“文化大革命”结束后,方发表于《自然科学争鸣》[1977(2): 28~32]。此时,毛泽东主席已逝世。

《中新生代构造研究现状》一文是作者在“文化大革命”结束后,地洼学说专门研究机构得以重建并更名为中国科学院长沙大地构造研究所,陈国达被任命为所长兼学术委员会主任后,作者针对“文化大革命”期间,国内地洼构造的研究因受干扰,与国外对活化(地洼)构造研究取得的进展之间,差距明显,原有优势已存不多,以及十年间国际学术交流停滞的实际情况,为加强我国对中新生代地洼构造与成矿研究的步伐而撰写的专文。该文具有如下特点:①以国内对地洼构造的研究为主,兼及国外截至 1977 年的最新研究进展,对地洼构造研究现状作出了回顾与展望;对承前启后、继往开来,加强地洼构造研究的主要方面予以概述;②着重对地洼造成矿规律方面,依据近期在运用递进成矿论解决找矿实际问题,在复成矿床和多因复成矿床研究上的新进展,做了专门性的阐述;③提供了国外在活化(地洼)构造与成矿研究方面主要的文献信息。该文与另一篇《地洼构造研究现状》(1979),具有类同的学术意义。

《中国大地构造的一些特点》一文是地洼学说在 1965 年被列为中国大地构造 4 大学派后,作者为第 25 届国际地质大会(IGC-25th,澳大利亚,悉尼,1976)撰写的专文,是地洼学说国际交流的开端,后被收入《国际交流地质学术论文集》(第一集)。要点为:①阐述了中国大地构造的基本特征是:构造单元的多样性,除雅江—喜马拉雅、台湾东部地槽褶皱区和伊陕、四川、松辽残留地台区外,中国大陆面积近 3/5 及陆缘海地带,均是中新生代新型活动区——地洼区,呈广泛分布;②地洼区具有独特的成矿特征,包括了地洼沉积建造中蕴藏的丰富石油,以及油页岩、煤、铁、铜、盐类等外生矿产和地洼期岩浆建造成矿的火山岩型、侵入岩型 Fe,以及 W、Sn、Bi、Mo、Cu、Pb-Zn 和 F、Be、Cr、Ni、Ti、Pt、稀有、稀土、放射性元素等大量矿床,以及因地洼区具有复杂继承性构造层的结构特点,使其产出的矿产具有多

样性、综合性和复杂性;并因叠加成矿、改造成矿广泛出现,形成多种多样的多因复成矿床。

③强调加强对地洼区这一新型构造单元的研究,在理论与生产实际上都有十分重要的意义。

《中国油气田的大地构造类型和分布规律初探》一文和《中国的地洼型油气田》、《任丘潜山油田的基本地质特征及其形成的大地构造背景》两文,是作者长期对中国油气田成矿学研究的总结性重要系列成果。成为作者依据中国大陆大地构造基本特征和前人成果资料,对中国油气田形成基本条件的宏观研究和占主导地位地洼型油气田专门研究,以及对典型地洼型油气田实例研究的系统性重要成果,并为其后国家“六五计划时期”主持组织开展北疆地区油气田国家重大项目的研究,从学术指导思想、基本学术路线和研究途径、研究内容与研究方法等方面,奠定了基础。本卷中的《北疆大地构造与油气》、《北疆西部大地构造特征、发展史与油气形成的关系》、《准噶尔地洼盆地的形成、演化及其对油气田(藏)形成的控制作用》和《新疆北部大地构造与油气藏序列》诸文,即为其后北疆地区油气田成矿学研究的系列成果。

《中国东部中生代红层及其形成的大地构造背景》一文,是作者对红色岩系进行近半个世纪专门性研究后,对其大地构造与成矿意义具重要性的总结性文章。其要点为:①时代主要属白垩—早第三纪的红色岩层,在中国东部大陆的广泛分布,因其在沉积建造、形成环境和构造—地貌—气候条件以及含矿性方面,所反映的大地构造特征,成为中、新生代地壳演化—运动史上的重大特色之一,它们是在中国古地台区大部分转入新的构造演化阶段——地洼区阶段时,在构造—地貌反差强度很大的陆内造山期山间盆地环境的产物;②在岩相上均系分选性差、稳定性小、粗屑大量发育和以碎屑岩为主的陆相盆地型沉积。其中白垩纪红层(南雄式)形成于地洼区发展过程褶—断构造作用和岩浆活动强烈的激烈期,其中含有多层火山产物的红层称建德式。老第三纪红层(丹霞式)则系地洼区发展从激烈期进入余动期初,构造—地貌反差十分显著的环境条件下的块断山间盆地沉积。③红层盆地中的油气资源十分重要,其次为在干燥气候条件下形成的石膏、岩盐及 Cu、U 等矿产。此文是在地洼学说充实与发展阶段对其理论核心概念——地洼区,用于鉴别其构造—岩浆活动性,进行地洼区类型划分和地洼区构造发展过程不同阶段区分的十分重要的充实;并对其后开展东亚和世界大陆中、新生代红层发育区,进行大地构造与成矿的对比研究,提供了重要依据。同时,也是对地洼区矿产资源评价和找矿方向分析的重要基础。

《地洼构造研究现状——纪念地槽学说诞生 120 周年》一文,是作者针对 20 世纪 70 年代地洼学说在国际上运用指导找矿取得一系列突破性进展、影响扩大并受到高度评价的时期,国内则因“文化大革命”的干扰,地洼构造研究处于滞后的实际状态,作者结合国外、国内对地洼区(活化区)最新成果资料,对地洼构造及成矿研究的现状作出的概括性论述。要点为:①地洼区这一新的活动区,地球物理特征以大地热流值高、多呈短带状重力负异常,隆起越高布格异常越低,且随地洼区发展过程的不同时期发生变化等特点。以及大量石油地质勘探资料证实,中国大陆西部新生代地洼构造盆地均为压性,以逆掩断层和拱裂构造发育为特色,东部地洼构造盆地则为张性,以正断层和块断构造发育为特色,其原因与中国东、西部现今分别处于地洼区发展的余动期或激烈期有关,东部区域地壳相对热收缩沉降,地表山脉多为 $<2 \sim 3$ km 的中低山,西部区域地壳热膨胀正盛,致使形成平均 $4 \sim 5$ km 的高原与山脉;②以岩浆活动强烈称著的地洼区,地洼型岩浆建造的岩石—地球化学有自身的特色,并呈现

由酸性岩浆为先导至基性岩浆结束的总体演变顺序,作者以实例研究作出了阐明;③对地洼区是一特别重要的含矿区的巨大的经济意义,从理论分析与国内外实践检验方面,对其矿种组合、矿床类型的综合性、多样性和多因复成矿床的特别多见,以及国际上对地洼构造成矿重要性的共识,加以阐述;④对地洼区的深部构造予以了专门论述,指出地洼构造区及其发展与上地幔岩石圈发生的深部过程密切相关。地洼构造包括穿透地壳的断裂构造,而且上地幔中低速层较浅;⑤对地壳“定”递进发展和地洼构造区的形成与发展的动力源机制,作出了“地幔蠕动热能聚散交替假说”的探索,并与板块构造论的解释进行比较。因此,该文的重要意义,是作者把地洼构造及其成矿的研究,提高到与国际前沿研究相适应的新高度,成为地洼学说充实与发展时期,进入国际地球科学前沿探索领域的开端。

《南北地洼区及其与中国地壳演化分异和青藏高原隆起原因的关系》一文,系作者在中国大地构造若干特点研究(1977)基础上,对青藏高原成因这一国际性热点重大课题进行的探讨。其要点为:①中国中部东经 $101^{\circ}\sim 107^{\circ}$ 间纵贯S-N的南北地洼区,是东、西部不同的大地构造演化系统、区域地质发展史、区域构造线与构造系方向,以及新生代构造应力场和新构造-地貌景观等方面的差异显著的分界地带。此南北地带既是东、西部间的构造转换带,又是M面埋深的陡变带和中国区域地球物理场的变异带,故单独划分为南北地洼区;②以南北地洼区为界的西部青藏高原,除了喜马拉雅期地槽褶皱带外,其他均系处于激烈期发展的地洼区,全部属于活动区,区域地壳热流值最高、密度减小、厚度增大、膨胀最烈,据此对青藏高原的隆升作出了探索性的解释。这是作者1977年提出“壳体”概念雏形后,对壳体构造进行运用检验的重要原始成果之一。

《地洼学说及其实践意义》一文,是作者在第26届国际地质大会(IGC-26th,法国巴黎,1989)上宣读的论文。是作者向国际地学界,介绍中国在大陆构造新单元——地洼区及其成矿研究领域取得的成果与进展的起始。该文的基本内容也是作者从1980年起直至1989年,先后应邀到联邦德国、美国、苏联、日本、南斯拉夫、法国、瑞典、芬兰、蒙古及香港地区,讲授地洼学说,共考察各国地洼构造、矿山的基础。

《多因复成矿床并从地壳演化规律看其形成机理》一文,是作者应国际矿床成因协会第六次讨论会(IAGOD-6th,苏联第比利斯,1982)的特别邀请,在会上作的特邀报告,也是作者针对国际矿床大地构造委员会(CTOD)“从地壳演化看成矿作用”前沿研究课题撰写的专文。是作者从1975年起运用递进成矿论研究中国富铁矿床,对一些既有沉积矿床或沉积变质矿床特征但又具有内生矿床的大量证据、矿床成因争论多年未能解决者,诸如白云鄂博铁-稀土矿床,石碌富铁矿床等,从地壳演化继承、叠加改造或富化成矿作用方面开展研究,建立“多因复成成矿”和“多因复成矿床”成矿新概念和矿床新类型的划分。因此,此文代表了递进成矿理论在矿床学研究上的重要突破与进展,是一篇重要的总结性成果。“多因复成矿床”也成为递进成矿论中的重要组成部分,在递进成矿论的拓展与发展中,具有里程碑重大意义。

构造地球化学是地洼学说中衍生的一门新兴学科,是其理论体系中重要的组成部分。这是介于构造地质学与地球化学间把宏观构造地质与微观地球化学相结合探究构造作用与元素聚散作用的内在联系的一门边缘科学。1961年由中国科学院中南分院组建地洼学说专门研究机构时,著者取名为“中国科学院中南大地构造与地球化学研究室”,即为此边缘学科起始

的学术设想。直到 1984 年召开全国首届构造地球化学会议(长沙),标志了这门新学科的初步形成。《构造地球化学若干问题》即系 1961 年至 1976 年该新兴学科逐步形成阶段,著者依据相关研究的资料成果,最早论及构造地球化学的专文。其要点有:①初步阐明了地质构造与地球化学关系的意义和作用;②针对已知大地构造单元(地槽区、地台区及地洼区)的岩浆岩岩石化学的时、空分配特点,以及内、外生成矿作用造矿元素聚集的特点,对大地构造单元与化学元素分配聚散关系,结合实例予以初步分析;③结合实例初步阐明了中、小型褶皱、断裂与成矿元素分配集散的关系。

《关于构造地球化学的几个问题》一文,系作者在全国首届构造地球化学学术讨论会上作的学术报告。是作者从 1961 年倡导把大地构造与地球化学相结合,并组建中国科学院中南大地构造与地球化学研究室开始,经过 20 多年的研究积累(包括本卷内《构造地球化学若干问题》、《构造地球化学的现状与发展方向》等文)后,以此次学术会议为标志,将构造地球化学作为一门衍生学科,成为地洼学说理论结构中的重要组成部分。

《论汾渭地堑的大地构造性质——一个裂谷型地洼系》和《南喜马拉雅地洼区》两文,分别是作者作为特别邀请代表,在第 27 届国际地质大会(IGC-27th,莫斯科,1984)上作的特邀学术报告(前文)和提交大会的学术论文(后文)。前一文系作者针对国际地科联(IUGS)“岩石圈计划”前沿研究,以中国东部大陆华北地洼区新生代汾河—渭河地堑构造的实例研究,依据其现今构造—地貌及第四纪浅部地质特征,以及近代地震震源深度,碱性玄武岩喷出及其分布, M 面埋深及变化、重磁异常及地震测深等深部地质特征;并结合卫星重力资料反映出的中国东部大陆所处东亚—西太平洋区域的壳下软流层蠕动牵引产生的拉力场特征和在浅部地壳中形成的一系列 NNE、NE 或 NEE 轴向的裂谷等方面,从壳下地幔动力作用运动特征与地壳大地构造历史演化相结合的研究途径,用历史—动力学大陆壳体演化—运动的观点,解释了汾渭地堑实系始新世以来形成的一个大陆裂谷型地洼系,相当于 E·E·米兰诺夫斯基裂谷分类中的裂隙型的后地台大陆裂谷带。此文也是作者把地洼构造与成矿研究,深化到将浅部地质历史演化与岩石圈深部地质动力学相结合的研究领域的代表作。其与本卷中的《中国东部后地台造山带新生代盆地成因一解》、《中国东南地洼区的深部构造及其演化》等文,均系 1980—1991 时期同类研究的成果,它们反映出地洼学说经 30 余年国内外学者和作者的实践检验,从最初创立时侧重历史大地构造研究范畴,已逐步扩展到历史—动力学壳体大地构造研究新范畴的拓展时期。后一文,则是作者依据最新成果资料,对南喜马拉雅地区,在进行基本构造层的划分与结构分析,以及第三、第四系陆内山间盆地沉积建造、第三纪构造型和岩浆建造大地构造类型厘定的基础上,确定南喜马拉雅地区原系前寒武—第三纪前印度古地台区的一部分,但在新三纪时经活化转化形成的地洼区。并对位于中国境内的地区,进行了二级地穹系和地洼系的分区。这也是作者对其主编的《中国大地构造图》(1:400 万,1977)区划,进行的重要修改与补充。

《关于地洼区的几个问题》一文,是地洼学说拓展阶段具有重要意义的一篇论著。系作者主持召开首届国际地洼构造与成矿学学术讨论会后,应特约,针对国际交流中运用地洼构造与成矿理论中需要澄清和限定的一些重要基本概念,以大陆大地构造的客观历史事实为基础,从历史—动力学相结合的角度,所作出的深刻、简单、透彻的论述。此文的重大意义,在于它为地洼学说理论拓展成为历史—动力大地构造学过程中,在基本理论概念上打下了坚实

的基础。此文同时也是对作者其后发表的《活化(地洼)构造理论的历史回顾与发展现状》与《地洼学说的理论结构和发展纲领》等文所进行全面的总结,起到十分关键性的注释作用。

《地洼学说编图的指导思想》一文,是作者在运用地洼学说编制区域性大地构造图和中国大地构造图近 30 多年实践经验基础上,对编制图件指导思想的全面系统总结,并以此作为按壳体构造观点编制《亚洲陆海壳体大地构造图》的理论与方法的基础。此文最为重要的意义,在于它是通过编图工作,阐明运用地洼学说(活化构造与成矿理论)研究大地构造与成矿学的基本学术观点和中心思想,即应从壳体演化-运动的角度,以时代最老的已知地质构造史实到现今最新的地质构造史实,全面客观地如实反映出地壳演化-运动和从古至今在各地质时期的整个历程,据此探索大地构造和成矿学问题。并以此中心思想作为指导,进行有大地构造属性含义的基本构造层、亚构造层划分,用以反映地壳演化-运动史和大地构造体制的多阶段性和递进性,并按其现今构造体制属性及空间分布划定构造区;并且结合地球物理场和深部构造,运用上地幔蠕变和流动的大范围的垂向和横向的动力作用形式和起因,作为阐明地壳或岩石圈壳体演化-运动史时、空变化动力学机制的总因。因此,此文实质上是作者对地洼学说(活化构造与成矿理论)基本学术观点和中心思想特色的扼要准确的论述,在地洼学说拓展时期具有十分重要的学术指导意义与作用。

《成矿构造学》一文,是作者继 1978 年出版《成矿构造研究法》后,历经 20 年通过递进成矿论和多因复成矿床新概念等的实践检验后,成矿构造学已成为地洼学说理论组成中衍生的新兴学科。此短文,即系作者对“成矿构造学”含义作出的最新解释。

《“燕山运动”的历史意义》一文,是作者为第 15 届国际地质科学史讨论会(中国北京,1990)撰写的专文。文中的要点有:①由中国地质科学先驱者之一的翁文灏教授在 20 世纪 20 年代,在中国东部大陆发现并命名为燕山运动的中生代中期陆内造山运动,后被证实为环太平洋各大陆广泛存在的造山运动,成为世界地质科学史上的重大事件;②对中国大陆东部和环太平洋各大陆燕山运动陆内造山区客观地质事实的研究,不独成为中国发现大陆构造新的大地构造与成矿单元——地洼区的地质实体的坚实基础,同时也是认定世界其他大陆地洼区广泛分布的客观事实基础;③地洼区不仅是新被发现的大陆构造单元,还是特别重要的含矿区。因此,“燕山运动”的历史意义在于:发现和提出地洼区概念,以及地壳动“定”递进转化律和递进成矿论的建立,都是由于在中国东部大陆燕山运动陆内造山区继承性创新研究基础上,对大地构造理论创新的结果。因此,其除了理论上推动传统大地构造理论的变革之外,在实际意义上,还扩大了新的找矿区域和预测找矿方向,为重新审查原有各种成矿理论提供了新的依据。

《中国大地构造概要》是这一时期的一本非常重要的阶段性的专著,是运用地洼学说指导编制《中国大地构造图(1:400万)》的详细说明书。该书一方面在编图的基础上对中国大地构造的演化与运动特点作出了探索性的综合分析与研究;另一方面,根据中国大地构造演化史在时空上存在明显差异的地质记录,即地槽-地台构造区演化系统和地台-地洼构造区演化系统在中国大陆范围内存在的差异,划分出北部、西部、东部三个具不同构造区演化系统的区域,并提出了“壳体”术语,用于表达地壳演化与运动上的这种时空差异。这是地洼学说其后发展增新成为“壳体大地构造”理论的最初的理论概念的雏形。

需要附带提及的是,正如作者在其《频迎雪雨砺骨坚——回忆地洼学说的诞生和成长过

程》一文中谈到的,这一学术成果的完成(1972—1975),正值“文化大革命”时期,当时阻力重重,成果濒于“流产”。作者根据邢台大地震后国家对地震地质研究极为重视与关注的历史背景,毅然决定补充地震地质的重要内容,为此得到国家地震局及广州地震大队单位领导和科技人员的大力支持公开出版。但受当时客观条件的限制,故该成果在1977年出版时,署名用“国家地震局广州地震大队主编”,作者仅被作为主要工作人员在前言中给予了说明。事实上,本书除大地构造分区部分由其他参与人员执笔外,其主要部分均由陈国达执笔,并对全文进行了审改,特此予以说明,以免误解。

与《中国大地构造概要》相类同的,尚有《中国大地构造图(1:400万)》以及《中国大地构造图的编制方法》(按地洼说及递进说编制)(1979)和《中国大地构造的一些特点》(1978)两篇论文。其写作的历史背景及论文要点已如前述,不再补充说明。

目 录

地洼区——大地构造单元的新类型	(1)
中国大地构造的一些特点	(6)
海南岛石碌式铁矿的大地构造成矿条件初探	(19)
中国油气田的大地构造类型和分布规律初探	(31)
中生代构造研究现状	(50)
中国东部中生代红层及其形成的大地构造背景	(59)
地洼构造研究现状——并纪念地槽学说诞生 120 周年	(60)
南北地洼区及其与中国地壳演化分异和青藏高原隆起原因的关系	(70)
构造地质研究现状一斑——参加巴黎第 26 届国际地质大会的几点体会	(80)
地洼学说及其实践意义	(89)
中国的地洼型油气田	(96)
地洼学说——一种地壳演化理论	(106)
大地构造研究中运用数学地质方法的一点设想	(114)
构造地球化学若干问题	(122)
多因复成矿床并从地壳演化规律看其形成机理	(148)
从大地构造角度看白银厂矿床成因	(169)
地洼学说和地洼成矿理论	(177)
北疆大地构造与油气	(182)
北疆西部大地构造特征、发展史与油气形成的关系	(184)
准噶尔地洼盆地的形成、演化及其对油气田(藏)形成的控制作用	(211)
天山的中生代大地构造性质问题	(224)
任丘潜山油田的基本地质特征及其形成的大地构造背景	(232)
构造地球化学的现状和发展方向	(241)
关于构造地球化学的几个问题	(242)
地洼区在国外的分布与研究现状	(253)
论汾渭地堑的大地构造性质——一个裂谷型地洼系	(258)
南喜马拉雅地洼区	(266)
裂谷构造研究现状一斑	(272)
地洼说对湖南大地构造的见解	(276)
成矿学中的几个问题	(283)
地洼学说的成矿学	(284)
成矿学及其在中国加强研究的必要性	(287)

中国东部后地台造山带新生代盆地成因一解	(296)
北疆—兴安古边缘拗陷成油带	(305)
新疆北部大地构造与油气藏序列	(317)
陕西省大地构造概略——按地洼学说观点	(348)
大地构造地球化学	(351)
关于地洼区的几个问题	(354)
地洼学说编图的指导思想	(360)
金与断裂成矿	(368)
中国大地构造演化历史	(373)
成矿构造学	(375)
中国东南地洼区的深部构造及其演化	(378)
中国大型三水铝土矿的找矿思路和远景	(384)
华南前地槽型金矿的找矿前景	(394)
活化(地洼)构造理论的历史回顾与发展现状	(400)
地洼学说的理论结构和发展纲领	(414)
历史—因果论大地构造学与地洼区成矿问题	(432)
“燕山运动”的历史意义	(437)
中国大地构造图的编制方法(按地洼说及递进说编制)	(440)
中国大地构造概要	(445)
前 言	(446)
1 概 论	(447)
1.1 中国大地构造单元的划分	(449)
1.2 中国大地构造区的划分	(456)
2 中国大地构造分区简述	(459)
2.1 地槽区	(459)
2.2 地台区	(465)
2.3 地洼区	(468)
2.4 南海诸岛区	(485)
3 中国地壳发展的动“定”转化史	(486)
3.1 太古代的大地构造轮廓	(486)
3.2 早元古代的大地构造轮廓(图版Ⅱ)	(486)
3.3 震旦纪的大地构造轮廓(图版Ⅲ)	(486)
3.4 早古生代的大地构造轮廓(图版Ⅳ)	(487)
3.5 晚古生代的大地构造轮廓(图版Ⅴ)	(487)
3.6 中生代的大地构造轮廓(图版Ⅵ、图版Ⅶ)	(487)
3.7 新生代的大地构造轮廓(图版Ⅷ)	(488)
4 中国大地构造的若干特点	(490)
4.1 中生代新型活动区——地洼区的广泛分布	(490)

4.2 几个演化系统的出现	(493)
4.3 三大壳体的形成和变化	(495)
4.4 五大构造系及其应力分析	(499)
4.5 中国大地构造特点形成的初步看法	(503)
5 中国大地构造与成矿的关系	(508)
5.1 大地构造与矿产形成	(508)
5.2 中国大地构造与内生矿产	(515)
5.3 中国大地构造与外生矿产	(529)
6 中国大地构造与地震的关系	(539)
6.1 地壳发展与地震活动	(539)
6.2 大地构造对地震的控制	(542)
6.3 中国地震活动特点与大地构造关系的初步看法	(547)
6.4 中国构造地震区域的划分	(550)
参考文献	(567)
附图: 图版 I ~ X	
图版 I 中国大地构造分区略图	(571)
图版 II 中国古大地构造分区图(早元古代末)	(572)
图版 III 中国古大地构造分区图(震旦纪末)	(573)
图版 IV 中国古大地构造分区图(早古生代末)	(574)
图版 V 中国古大地构造分区图(晚古生代末)	(575)
图版 VI 中国古大地构造分区图(三叠纪末)	(576)
图版 VII 中国古大地构造分区图(白垩纪末)	(577)
图版 VIII 中国古大地构造分区图(第三纪末)	(578)
图版 IX 中国主要构造线及其应力分析简图	(579)
图版 X 中国构造地震区域划分略图	(580)
附 录	(581)
附录 1 《陈国达地洼学说文选》简介	(581)
附录 2 《地洼学说讲义》简介	(581)
附录 3 《地洼学说的新进展》简介	(581)
附录 4 《中国地学大事典》简介	(582)
附录 5 序和序言(选)	(582)
5.1 《地洼学说大地构造图编制方法》序	(582)
5.2 《地洼区成矿》中译本序言	(584)
5.3 《第九届国际矿床成因协会专辑》序	(585)
5.4 《中国东南部锡的构造地球化学》序	(585)
5.5 《中国南部第三纪地洼型聚煤盆地的形成与演化》序	(586)
5.6 《中国成煤大地构造》序	(587)
5.7 《湖南地洼型铅锌矿形成机制》序	(588)

5.8	《鄂尔多斯残留地台盆地构造热演化与油气成藏》序言	(589)
5.9	《二连地洼盆地沉积、构造的历史—动力演化与油气成藏》序言	(590)
5.10	《多因复成铀矿床及其成矿演化》序	(590)
5.11	《二连裂谷盆地群油气地质》序	(591)

彩色图版：

《中国大地构造图(1:18 000 000)》(按地洼说和递进说编制)	(卷首)
-------------------------------------	------

表 15 福建三明地区地洼岩浆岩的岩石化学特征、发展顺序及其他特征

大地构造阶段			构造－ 岩浆活动		岩体 产状	岩石名称	岩石化学特征						主要副矿物	微量元素	有关矿产
			样 品 数	SiO ₂ (%)			K ₂ O + Na ₂ O (%)	K ₂ O/ Na ₂ O	Fe ₂ O ₃ + FeO + MgO (%)	查氏分类					
										类	科				
地 洼 余 动 期	喜 山 期	晚		岩瘤或 岩筒	橄榄玄武岩	1	43.16	3.86	0.54	12.30	Ⅵ	22	尖晶石、橄榄石等		含镁铝石榴石、镁钛 铁矿及其他
		早	3	岩瘤 (脉)	闪长岩	2	51.15	5.78	0.80	9.34	Ⅳ	14			
			2	岩株或 岩墙	花岗斑岩或石 英斑岩	3	76.36	8.32	1.20	1.60	Ⅱ	3	绿帘石为主	Pb、Cu 等	Pb、Zn、黄铁矿
			1	小岩株	中细粒黑云母 花岗岩	3	71.96	7.94	1.80	2.57	Ⅱ	3	磁铁矿、锆石等	Pb、Zn 较高	Pb、Zn 等
地 洼 早 期 — 中 期	太 平 洋 期	燕 山 早 期	5	岩株 岩瘤	石英闪长岩	8	58.84	5.18	0.81	12.17	Ⅲ	9	锆石、磷灰石、磁铁 矿等	Pb、Cu、Cr、Ni 较高	磁铁矿
			4	岩株 岩墙	细粒黑云母花 岗岩	4	76.31	8.09	1.71	2.58	Ⅱ	3	独居石、磷钇矿、褐 钇铈矿、钍石、褐帘 石、石榴子石	Sn、W、Mo、Pb、Zn、 Cu、Nb、Y、Yb、La 等	主要有 W、Sn、Mo、 Pb、Zn、Cu 多金属、 稀散元素矿床
			3	岩基 岩株	黑云母花岗岩	26	74.46	8.52	1.72	2.76	Ⅱ	3			
			2	小岩株 小岩基	花岗闪长岩	7	68.98	7.16	1.32	5.09	Ⅱ	4	钛铁矿、褐帘石、锆 石、榍石、磷灰石	Ti、V、Pb、Zn、Cu、Bi、 Be、Ga、Zr、Ba	Pb、Zn、Cu、黄铁矿 等多金属
			1	岩株	片麻状黑云母 二长花岗岩	15	69.92	7.40	1.90	4.74	Ⅱ	4	磷灰石、钛铁矿、锆 石、金红石、绿帘石	Sn、Zn、Pb、Cu、Ti、 Ba、Be、Zr	Pb、Zn、Cu 多金属
		岩基		片麻状黑云母 花岗岩	5	71.69	7.72	2.01	3.18	Ⅱ	3				
	印支 期		岩株 岩墙	白云母化黑云 母花岗岩	6	71.62	8.34	1.75	4.05	Ⅱ	3	独居石、石榴子石、 电气石等	Sn、Pb、Zn、Cu、Ti、 Be 等	磁铁矿、Cu、Pb、Zn 多金属	

表 1 新疆北部加里东期花岗岩类建造化学成分(%)及特征值

地区	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	总和	TFe	Fe ²⁺ + Mg	Fe ²⁺ /Mg	全碱	K/Na	DI	lgA. R	资料来源
北天山西段	70.59	0.29	14.71	1.33	1.68	0.054	0.69	1.93	4.04	3.67	0.078	99.05	3.01	2.37	2.43	7.71	0.91	83.26	0.435	新疆地矿局区调队、本所
东准噶尔	59.38	0.69	16.86	2.75	3.30	0.095	2.98	5.61	4.53	1.93	0.104	98.22	6.04	6.275	1.106	6.455	0.427	59.37	0.26	
中国酸性岩类	70.40	0.31	14.48	1.38	1.77	0.08	0.94	1.93	3.77	3.79		98.85	3.15	2.71	1.88	7.56	1	81.93	0.43	黎彤

表 2 新疆北部加里东期花岗岩类建造 CIPW 标准矿物及特征值

地区	ap	il	or	ab	mt	an	c	en	fs	q	总和	副矿物	暗色矿物	A/ NKC	Al'	C/M	K/NK	KN/A	Na (%)	资料来源
北天山西段	0.17	0.55	21.68	34.19	1.92	8.91	0.83	1.68	1.57	27.40	99.05	2.64	6.05	1.04	-7.22	2.80	0.48	0.52	4.04	同表 1
东准噶尔	0.24	1.33	11.38	38.29	3.98	2.00		10.50	2.81	9.7	98.23	5.54	18.84	0.93	-56.5	1.94	0.26	0.39	4.33	
中国酸性岩类		0.59	22.40	31.9	2	9.57	0.67	2.34	1.75	27.63	98.85	2.54	6.68	1.16	57.03	0.51	0.46	0.50	3.77	

表 4 新疆北部地区海西期花岗岩类建造化学成分(%)及特征值

时代	地区	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	总和	TFe	Fe ²⁺ + Mg	Fe ²⁺ /Mg	全碱	K/Na	DI	lgA. R	资料来源
海西早期	北天山	73.56	0.212	13.13	1.5	1.167	0.104	0.49	1.23	3.72	4.26	0.25	99.62	2.67	1.66	2.37	7.98	1.15	89.2	0.54	新疆地矿局、本所
海西中期	北天山	72.157	0.293	13.75	1.35	1.46	0.07	0.587	1.43	4.01	4.05	0.08	99.237	2.81	2.05	2.49	8.06	1.01	86.90	0.51	
	东准噶尔	73.19	0.27	13.25	1.24	0.98	0.04	0.53	1.27	4.33	4.22	0.08	99.40	2.22	1.51	1.85	8.55	0.975	90.28	0.59	
	西准噶尔	73.45	0.42	13.55	1.36	1.44	0.08	1.05	1.20	3.43	4.085	0.075	100.14	2.80	2.49	1.370	7.515	1.19	86.70	0.49	
	阿尔泰	72.75	275	13.69	0.89	1.45	0.063	0.71	2.01	3.56	3.67	0.13	99.198	2.34	2.16	2.04	7.23	1.03	84.05	0.43	
海西晚期	北天山	71.36	0.33	13.78	1.91	1.34	0.05	0.757	1.777	4.43	3.92	0.06	99.714	3.25	2.10	1.77	7.35	0.88	86.77	0.52	黎彤
	阿尔泰	72.66	0.82	13.84	0.94	1.24	0.09	0.65	1.73	3.85	3.75	0.147	99.717	2.18	1.89	1.91	7.60	0.97	86.21	0.46	
中国酸性岩		70.40	0.31	14.48	1.38	1.77	0.08	0.94	1.93	3.77	3.79		98.85	3.15	2.17	1.88	7.56	1	81.93	0.43	

表 5 新疆北部地区海西期花岗岩类建造 CIPW 标准矿物及特征值

时代	地区	ap	il	or	ab	mt	di	an	c	en	fs	q	总和	副矿物	暗色矿物	A/ NKC	Al'	C/M	K/NK	KN/A	Na (%)	资料来源
海西早期	北天山	0.55	0.40	25.18	31.48	2.17		4.63	0.70	1.22	0.76	32.54	99.63	3.12	5.1	1.012	3.19	1.804	0.43	0.51	3.72	新疆地矿局区调队、本所
海西中期	北天山	0.17	0.56	2.93	33.93	1.96		6.62	0.34	1.46	1.21	29.04	99.22	2.69	5.36	1.012	3.32	1.75	0.40	0.59	4.01	
	东准噶尔	0.17	0.51	24.94	36.64	1.80		4.25		1.49	0.89	28.70	99.39	2.48	4.86	0.95	-14.72	1.72	0.39	0.65	4.33	
	西准噶尔	0.17	0.80	24.15	29.03	1.99		5.38	1.51	2.68	0.85	33.49	100.13	2.94	6.57	0.98	-6.07	1.53	0.42	0.62	3.89	
	阿尔泰	0.28	0.52	21.69	30.12	1.29		9.21	0.49	1.77	1.59	32.24	99.20	2.09	5.45	1.02	4.05	2.03	0.40	0.53	3.56	
海西晚期	北天山	0.13	0.63	23.17	37.49	2.77	1.85	6.14		1.17	0.27	26.11	99.73	3.53	6.82	0.93	-19.26	1.69	3.37	0.61	4.43	黎彤
	阿尔泰	0.32	1.56	22.16	32.58	1.36		7.72	0.62	1.62	0.31	31.47	99.72	3.24	5.17	1.02	6.00	1.91	0.39	0.55	3.085	
中国酸性岩		0	0.59	22.40	31.90	2		9.57	0.67	2.34	1.75	27.65	98.85	2.59	6.68	1.16	57.03	0.51	0.46	0.50	2.97	

表 6 准噶尔盆地西北缘火山岩岩石特征及同位素年龄测定表

计算号	薄片号	标本位置 (层位、深度)	岩石名称		镜 下				距今年龄 ^② (Ma)	采样层位	资料来源
			新疆石油管理局	本文	矿物等含量	结构	构造	孔隙度(%)			
2	3268-1	哈一井上部	安山岩	蚀变碱性橄榄玄武岩	拉长石 65%，辉石 5%，伊丁石 25%，磁铁矿 5%	间粒结构	杏仁构造	4			
4	克 10	佳木河剖面	安山岩	玄武质晶屑凝灰岩	晶屑 93%，主要为拉长石，橄榄石。岩屑 5%，主要为玄武岩屑	凝灰结构	块状构造	6	271.491	C ₂	
	克 9	佳木河剖面	安山岩 (脉岩)	绿帘石化、绿帘石化、晶屑岩屑凝灰岩	石英 62%，长石 10%，绿帘石 20%，绿帘石 2%，方解石 1%	变余晶屑 - 玻屑凝灰结构	块状构造	5	269.193	C ₂	
6	克 8	佳木河剖面	辉绿岩 (脉岩)	葡萄石化绿帘石化硅化玻屑凝灰岩	石英 63%，绿帘石 18%，葡萄石 15%，方解石 1%，锆石、磷灰石微量	变余玻屑 - 凝灰结构	块状构造	7	93.925	C ₂	
7	克 7	百乌 4 井 1444 ~ 1448 m	安山岩	玄武岩	拉长石 (An = 54) 74%，辉石 10%，磁铁矿 10%，磷灰石等	嵌晶含长结构	块状构造	5	250.45	C ₂	
8	克 6	JW24 井 4768 ~ 4770 m	凝灰岩	玻屑凝灰岩	玻屑 55%，晶屑 2%，火山尘 36%，岩屑 5%	玻屑凝灰结构 火山尘结构	块状构造	6	177.807	C ₂	本
9	克 5	8526 井 2656 ~ 2658 m	安山岩	玄武岩	拉长石 75%，次闪石 10%，石英 2%，绿帘石 - 蒙脱石 2%，磁铁矿 1% ~ 2%，白钛石 4%	斑状结构	杏仁构造	6	263.992	C ₂	
10	克 4	8035 井 2277 ~ 2278.76 m	安山岩	碱性橄榄玄武岩	拉长石 60%，辉石 10%，蒙脱石 - 绿高岭石 13%，磁铁矿、碳酸盐 4%，伊丁石 10%	斑状结构	杏仁构造	7	304.144	C ₂	
11	克 3 ^①	8035 井 2238.35 ~ 2238.9 m	蚀变 安山岩	斜长流纹岩	斑晶：斜长石 (An = 20) 1% ~ 20% 基质：长石、石英、氧化铁 80%	少斑结构	假流纹构造	5		C ₂	文
12	克 2	8635 井 2795 ~ 2798 m	流纹岩	流纹质熔结凝灰岩	晶屑 25%，主要为石英、长石，火焰体 33%，火山尘 40%	凝灰质结构	假流纹构造	5	227.204	C ₂	
13	克 1	8030 井 2435 ~ 2436.23 m	流纹岩	流纹质熔结凝灰岩	晶屑 48%，主要为石英、长石，火山尘 40%，火焰体 10%	凝灰质结构	假流纹构造	5	163.24	C ₂	
14	3266	克拉场依北东 5 km	凝灰岩	玄武质凝灰岩	晶屑 50%，为拉长石，辉石，磁铁矿。岩屑 35%，为辉长岩、玄武岩，火山尘 15%	凝灰结构	块状构造	5		C	
	克 11	JW3 井 2798 ~ 2808 m	安山岩	碱性橄榄玄武岩	拉长石 65%，伊丁石 16%，绿高岭石 8%，绿纤石 5%，磁铁矿 4%	间粒结构	杏仁构造	7		C ₂	
	3269-1	哈一井下部	玄武岩	玄武岩	斑晶 5%，为拉长石。基质 94%，长石、玻璃质	少斑结构	块状构造	1			

①样品“克 3”未测年龄；②样品年龄由中国科技大学陈公道老师测定。

表 7 印支—燕山期花岗岩类建造化学成分(%)及特征值

地区	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	总和	TFe (全铁)	Fe ²⁺ + Mg	Fe ²⁺ /Mg	全碱	K/Na	DI	lg /A·R	资料来源
阿尔泰 (135 个样) 中国 酸性岩	73.92	0.15	13.55	0.64	0.83	0.057	0.32	1.02	3.79	4.79	0.19	99.26	1.47	1.15	2.59	8.58	1.26	91.26	0.585	新疆地矿 局区调 队、本所 黎彤
	70.40	0.31	14.48	1.38	1.77	0.08	0.94	1.93	3.77	3.79		98.85	3.157	2.71	1.88	7.56	1	81.93	0.43	

表 8 印支—燕山期花岗岩类建造 CIPW 标准矿物含量及特征值

地区	ap	il	or	ab	mt	an	c	en	fs	q	总和	副矿物	深色 矿物	A/ NKC	Al'	C/M	K/NK	KN/A	Na (%)	资料来源
阿尔泰 地区 (135 个样) 中国 酸性岩	0.40	0.28	28.30	32.08	0.92	4.15	0.61	0.785	0.865	30.89	99.27	1.6	3.25	1.0162	4.159	2.639	0.454	0.633	3.79	本文 黎彤
	0	0.59	22.4	31.9	2	9.57	0.57	2.34	1.75	27.63	98.85	2.59	6.68	1.155	57.025	0.5056	0.4642	0.4957	2.97	

表 2 北疆西部几个花岗岩体的硅酸盐全分析数据及其特征值

岩体名称		916	916	916	916	956	956	卡拉休卡	797	797	博罗霍洛	亚喀布如沟	八大石	塔希干达板
图中代号		1	2	5	6	3	4	6	8	9	10	11	12	13
岩性		斑状花岗 闪长岩	斑状花岗 闪长岩	花岗岩	角闪 花岗岩	斜长 花岗岩	花岗 闪长岩	钾质 花岗岩	钾质 花岗岩	钾质 花岗岩	花岗岩	花岗岩	花岗岩	花岗岩
(代时代号)		γ_4^{2b}	γ_4^{2b}	γ_4^{2b}	γ_4^{2b}	γ_4^{2b}	γ_4^{2b}	γ_4^2	γ_4^2	γ_4^2	γ_3^2	γ_4^1	γ_4^{2b}	γ_4^{2c}
氧化 物 含 量 (%)	SiO ₂	61.94	68.24	69.98	77.30	63.26	63.22	72.80	75.12	73.78	67.77	75.29	72.53	73.31
	TiO ₂	0.51	0.41	0.17	0.03	0.51	0.57	0.20	0.15	0.25	0.45	0.216	0.34	0.296
	Al ₂ O ₃	15.19	14.14	14.65	12.95	15.85	15.45	13.20	12.35	12.61	14.94	12.64	13.57	13.39
	Fe ₂ O ₃	1.99	1.70	0.52	0.59	0.50	0.42	0.79	0.59	1.05	1.13	0.73	0.94	2.35
	FeO	3.16	2.41	2.55	1.00	3.62	4.21	2.45	1.66	1.56	2.55	0.68	1.30	0.28
	MnO	0.10	0.05	0.08	0.03	0.06	0.06	0.08	0.03	0.03	1.37	0.27	0.42	0.86
	MgO	2.56	1.59	1.23	0.31	2.25	2.36	0.51	0.41	0.87	1.37	0.27	0.42	0.86
	CaO	4.12	3.02	2.54	0.69	3.98	4.46	1.03	0.76	0.82	2.67	0.34	1.15	1.50
	K ₂ O	2.32	3.32	2.20	4.82	3.86	3.04	3.72	4.66	4.00	3.61	3.86	4.42	3.97
	Na ₂ O	3.94	3.58	4.36	3.48	4.38	4.46	4.78	3.72	3.64	3.53	4.72	4.35	3.76
	P ₂ O ₅	0.37	0.41	0.13	0.06	0.38	0.16	0.09	0.06	0.04	0.12	/	/	0.098
AL'		-25.2	-16.8	5.6	14.6	-54	-51.2	-10.8	-3.8	15.60	-18	1.8	-9	3.4
Ca(%)		24.27	24.74	/	16.84	26.76	26.11	20.15	19.23	14.27	22.62	16.80	25.30	24.16
Mg + Fe ²⁺ (%)		35.5	33.45	/	29.45	40.09	38.45	51.43	47.67	42.03	32.96	44.62	35.18	23.19
Al - Na - K(%)		40.22	41.78	/	53.69	33.14	35.45	28.41	33.09	43.69	44.40	38.57	39.58	52.24
投影点落的位置		斜长石 角闪石 黑云母区	(同左)	/	斜长石 堇青石 黑云母区	斜长石 角闪石 黑云母区	(同左)	(同左)	(同左)	斜长石 堇青石 黑云母区	斜长石 角闪石 黑云母区	(同左)	(同左)	(同左)
$\frac{Al_2O_3}{(Na_2O + K_2O + CaO)}$		0.9215	0.944	1.039	1.063	0.8495	0.8585	0.9599	0.9927	1.065	0.996	1.0056	0.967	1.0135

表 4-1 地洼型和地槽型花岗岩类平均岩石化学成分比较举例(湖南)

大地构造类型	构造—岩浆活动期	主 要 化 学 成 分(%)													样品数	岩体数
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	灼失	总量		
地洼型	燕山—印支期	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
地槽型	加里东期	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
中国花岗岩平均成分		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		
世界花岗岩平均成分		70.18	0.39	14.47	1.57	1.78	0.12	0.88	1.99	3.48	4.11	0.19	0.84	100.00		

表 4-2 地洼型和地槽型花岗岩的一些岩石化学特征比较(湖南)

大地构造类型	构造—岩浆活动期	K ₂ O + Na ₂ O(%)	K ₂ O/Na ₂ O	Fe ₂ O ₃ + FeO + MgO(%)	Fe ₂ O ₃ + FeO(%)	Fe ₂ O ₃ /FeO
地 洼 型	燕山—印支期	8.04	1.39	3.32	2.65	1.35
地 槽 型	加 里 东 期	6.78	1.48	5.56	4.52	0.41
中国花岗岩平均值		7.82	1.06	3.66	2.86	0.76

表 4-3 湖南地洼型和地槽型花岗岩类中一些微量元素的一般丰度(10⁻⁶)

大地构造类型	构造—岩浆活动期	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	V	Cr	Co	Ni
地洼型	燕山—印支期	10 ~ 55	30 ~ 210	55 ~ 395	10 ~ 90	40 ~ 395	4 ~ 25	10 ~ 32	10 ~ 20	< 10	10 ~ 20
地槽型	加里东期	10 ~ 21	20 ~ 70	26 ~ 50	50	5 ~ 8	2	22 ~ 40	20 ~ 30	36	10 ~ 26
花岗岩中平均值		20	20	60	1.5	3	1.0	40	25	5	8

表 5-3 中国地槽区、地台区及地洼区内生成矿特征简表

特征 单元	成矿岩浆 活动特点	岩浆成矿构造控 制及分布特点	成矿围 岩条件	主要成矿建造 及矿床类型	专属矿产组合	主要岩浆成矿期
地 洼 区	强烈。早期以碱性、中酸性为主,中期以酸性及中性为主,也有基性、偏碱性岩浆活动,造成大量侵入岩及火山岩;晚期以基性喷发为主	早期受拱断;中期受褶皱;晚期受断裂控制呈短带状	侵入成矿在地穹等正单位为 X、I 或 II 的变质岩,沉积岩或火成岩。在地洼单位主要为 III 的砂岩砾岩等及火成岩。火山成矿为 III 的火山岩或火山-沉积岩	早期为酸性岩多金属建造,钙碱性闪长岩-石英闪长岩铁铜建造。中期为酸性花岗岩钨锡铋钼建造,中酸性岩铁铜建造,陆相火山岩铁铜建造,斑岩铜矿建造。晚期为基性火山岩硫化矿建造。在 X、I 及 II 中以热液型、矽卡岩型、伟晶岩型为常见,在 III 中以陆相火山岩型、热液型为主	早期有金、铜、铅、锌、铁、稀有元素。中期有钨、锡、铋、钼、锑、汞、铁、铜、铅、锌及稀有元素。晚期有硫化物铜、铅、锌、硫、金、锑、明矾石、萤石、叶蜡石、重晶石	东部以太平洋期为主,特别是燕山期最显著;次为喜山期 西部以喜山期为主,次为晚太平洋期 南北地洼区以燕山期最重要
地 台 区 (包括古地台区)	较弱。主要在早期或晚期,为基性、超基性及中性和碱性喷出岩或小侵入体	受继承性或边缘深大断裂所控制,基性超基性岩作带状,中碱性岩作环状分布	侵入成矿在台凸等正单位为 X、I 的变质岩及火成岩,在台凹等负单位为 II 的沉积岩如砂页岩、灰岩及火成岩。火山成矿为 II 的火山岩或火山-沉积岩	玄武岩含铜建造,基性超基性侵入岩含钒-钛铁建造,碱性岩含铌、钽建造;X、I 中以热液型、岩浆型为主;II 中以火山热液型为主,深大断裂附近为岩浆型	与侵入岩有关的有钒、钛、铁、镍、铌、钽、磷灰石、滑石等,与喷出岩有关的有铜、铁、稀有金属	主要为海西期,次为晋宁期,边缘地区为太平洋期
地 槽 区 (包括古地槽区)	剧烈。早期以大量中基性海底喷发及基性、超基性岩侵入为主;中期以大量酸性花岗岩侵入为主,晚期减弱,以钙碱性侵入岩或喷出岩居多	早期受深大断裂控制、中期受褶皱控制,晚期受褶皱、断裂控制,呈长带状	侵入成矿在地背斜主要为 X 的深变质岩如片岩、片麻岩等和 X、I 的火成岩。在地槽为 I 的浅变质岩如板岩、千枚岩、砂岩等及火成岩。火山成矿为 I 的火山岩或火山-沉积岩	早期海相火山岩铁铜建造,基性超基性岩铜、镍、铬、铁建造。中期酸性侵入岩有色金属建造;晚期中-酸性火山喷发多金属建造,X 中以热液矿床为主,次为伟晶岩型、岩浆型。I 中以火山-沉积型、接触交代型为主;深大断裂带以岩浆型为主	早期有铁、铜、铬、镍、钒、钛、铂、石棉等。中期有金、铜、铅、锌、钨、锡、钼、铍、铀等。晚期有铅、锌、银、锑、汞、砷、铜、金等	西部以海西、加里东期最重要,次为太平洋期、喜山期 东部以吕梁、加里东期较重要,次为晋宁期、海西期及喜山期 南北地洼区以晋宁期最重要,其次是加里东、海西及中越期

地洼区——大地构造单元的新类型^{*}

1 五十年代^①以前关于大地构造单元及地壳发展规律的认识

自地槽学说诞生以来,经过一百多年的历史,关于地槽的概念已有很大的发展,并引申出了各种关于地壳构造发展规律的学说。其中流行较广、影响较大的有地槽-地台说。这个学说的要点是将地壳的构造单元划分为地槽区和地台区两种,前者活动性十分剧烈,后者相对缓和。地槽区的主要特征是在其发展过程中地壳运动很强,大部分时期以水平运动为主导,可分为前后两期:前期出现长带状的海槽及介于其间的链状群岛,分别叫做地槽(初译地向斜)和地背斜。在构造上及地貌上的反差强度很大,里面常有火山喷发,地震强烈,犹如今天我们在太平洋西部、印尼、菲律宾一带所见的岛链和海沟。在长时间发展过程中,海沟里生成很厚而呈长带状分布的地层,叫做地槽沉积。后期地槽沉积被强烈褶皱及变质,同时被大量岩浆侵入,并升起成为高峻的山脉,叫做(地槽)褶皱带;其间有较深的山谷,叫做山间拗陷,如同今天所见的喜马拉雅及台湾的山脉一样(图1中之I)。随后,(地槽)褶皱带山脉由于流水、冰川等的作用,渐被剥低,终于夷平,由量变到质变、由渐变到突变,转化为地台区。地台区的主要特征是在其发展过程中,地壳运动较弱,大部分时期以垂直运动为主导、有较和缓的隆起和拗陷,构造-地貌反差强度较小,宽坦似台,故名。火山、地震均较弱,我们今天所见的松辽平原、陕北及四川中部,主要就是这种情况。地台上沉积的地层,常作大范围的面状分布,少受变动,一般平整,叫做盖层或地台构造层。它的下面则可见到或隐伏有受过强烈褶皱、变质及岩浆侵入的地层,叫做基底,基中一部分是和上述的地槽沉积相似的一个构造层,故也叫地槽构造层。这证明,地台区确是以先成的(地槽)褶皱带经过剥蚀夷平后的残留部分作为基础发育而成的。地台区具有这样的两个构造层的特点,叫做双层结构(图1中之II)。

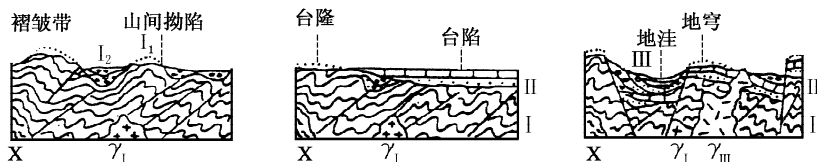


图1 地壳构造单元及其发展规律图示

X—前地槽构造层; I, II, III—地槽、地台、地洼构造层;

I₁—地背斜, I₂—地槽, γ_I—地槽期岩浆岩; γ_{III}—地洼期花岗岩

* 本文发表于《自然科学争鸣》, 1977(2): 28~32

① 指20世纪50年代(编者注)

地槽—地台说提示了地壳发展历史长河中最先发现的一段过程和部分规律,并把人们最早认识的两个大地构造单元的性质区别和一部分内在联系作了初步阐明。在理论意义上它划分出以槽、台为代表的活动区和“稳定”区及其转化关系的一个方面,正确反映出地壳的构造是一分为二的客观事实和事物的矛盾法则。在实用意义上它在长期的普查找矿、水文、工程、地震等地质工作的生产斗争实践运用中作出了一定的贡献。但由于受时代的限制和世界观的局限性,也存在着一些缺陷和片面性。因为它既没有说明地槽区出现之前的情况,也没有论及地台区的发展过程及继其后的地壳进一步演化。主要原因是由于那时人们对于大地构造单元发展过程的认识还很不充分,对地槽区只知其终而未知其始;对地台区则只知其始而未知其终。

2 从中国大地构造实况看地壳发展的历程

由于地槽—地台说对大地构造单元的看法,百余年来一直统治着整个地质科学,渗透到其中的每一学科,因此它一向被视为不可触犯的真理。我国解放以前也是这样。可是在生产实践运用中,这种把地壳大型构造单元仅仅划分为地槽区和地台区,以及把地壳发展过程仅仅认识为由地槽阶段到地台阶段的观点,和我国大部分地区的实际情况不相符合,以致许多问题长期以来无法完满解决。

在我国,特别是东部,从大兴安岭到海南岛,有好大面积的地区及其现阶段大地构造性质是什么?长期以来中外地质工作者们都在争论着。很早以前,大多数人认为这是个地台区。可是,实际上有不少强烈的地震却正是发生在这个地区内,像近年的辽南、唐山、松潘地震就是如此。区内分布着汾渭河谷、太行山东麓、辽东半岛、山东蓬莱、闽粤泉汕沿海地带、琼雷海峡、粤桂边境(灵山县一带)赣闽边境(武夷山脉)等处的著名地震带,其地震可达6级以上。近期火山或火山遗迹见于海南岛、雷州半岛(如湛江的湖光岩、笔架山)、九龙半岛、闽、浙、苏、赣、皖、鲁、冀、晋等省。还有吉林省长白山主峰白头山上的“天池”,是著名的火口湖,该处火山的最晚两次喷发是在1597年及1702年。黑龙江省德都县五大莲池火山群,晚至二百多年前(1720年)犹有喷发的记载。在这些地区,构造—地貌起伏反差强烈,准线状高峻山脉和狭长盆地相间,错综复杂;构造区的轮廓也呈短带状。巨厚的地层,带着煤、油页岩、石油、铁等沉积矿床,在盆地中形成,作短带状分布。地层所受构造变动显著,褶皱成列出现,尤以块状断裂为广见。在许多地区还见有大量的花岗岩及其他火成岩,带来了大量的有色金属、稀散金属、放射性元素等矿床。那以钨锡等矿驰名于世界,以“有色金属之家”著称的南岭,便位于这样的地区内。所有这些特点,都一致地反映出这些地区这一发展阶段中地壳运动十分强烈,并在大部分时期以水平运动为主导,是无可争辩地属于活动区性质的。它和“稳定”区的特征相对立。这就使得过去认为这种地区是地台区的结论受到了动摇。

随后,有人提出这样的解释:自有大地构造学以来,人们公认的活动区和“稳定”区都是只有一种的。自古有话“非槽即台,非台即槽”,别无他种可能性。所以,像中国东部这样的一种地区,现阶段既非“稳定”区而是活动区,那就一定是而且只能是地槽区了。由于这些地区在成为现阶段的活动区之前,其大部分都是曾经有过地台区阶段的,因此有人便认为:这是地台区“可逆再生”,重演地槽区历史的最好范例。有人还据此得出结论,强调地壳发展的

一般规律就是槽台普遍可逆再生的，也就是团团转地循环转化的。这就是“槽台可逆循环说”。

解放以来，在中国共产党的正确领导下，随着社会主义生产建设的迅速发展，大量地质普查找矿勘探资料的积累，给中国地质工作者解决这些问题、创造和发展我国自己的新的大地构造理论以优越的条件。在毛主席的光辉哲学思想的照耀下，在党的“百花齐放、百家争鸣”的方针指引下，经过无数地质工作者的辛勤劳动，人们逐步认识到，像中国东部这样的地区，现阶段确是一种活动区，具有活动区的共同性，但同时也有其自己的特殊性；它们的特征和印尼群岛或喜马拉雅山那样的活动区相比，其类型显然并不相同。在这些地区大规模的隆起代替了沉降，短带状陆相盆地代替了长带状的海槽，山麓相、河湖相沉积物代替了海相沉积物，块状断裂及展展型褶皱成为主要的构造变动形式，短线状山脉广泛分布，并往往排成雁行斜列状。还有，这一时期的构造线方向，在不少情况下与同一地区的地槽区阶段者不同，反映出这一发展阶段的应力场已经有了重大变化。如华北地区北缘，侏罗纪初(1.95 亿年)以前，构造线方向原为东西向，但进入这一发展阶段以后，主要构造线转变为北东向，叠加在前者之上。连同还有其他许多地质特征，以及一些地球化学特征和地球物理特征，都使得这种新型活动区可能而且有必要从那久已为人熟知的地槽区中划分出来。它是活动区的一种，但并不是地槽区的简单重复或所谓“可逆再生”。由于它的主要标志是一种自己特有的，以陆相为主的盆地而非海槽，为了表达这种盆地在沉积物方面以及其他方面的特有性质，人们把它称为“地洼”；介于地洼之间的隆起地带则称为“地穹”。因此，以地洼为标志的这种活动区就叫做“地洼区”^①，以便和另一种已知活动区即地槽区相区别而又相对照和协调。

地洼区在我国分布很广，遍及各个部分。在东部有东北、华北、华中、云贵及东南地洼区；在西部有北疆、南疆、青甘、藏北及滇西地洼区。介于东西两部之间还有作长带状自北向南延伸的南北地洼区。

3 从地洼区的性质看地壳发展规律的现代认识

根据上述地洼区的特征和性质，使我们对于地壳发展规律问题，获得了新的认识。地洼区是后地台区阶段的一种新型活动区，一般说来，是由地台区转化而成的。它一方面继承了以前的构造单元的某些基本内容、结构特点及构造层的残留部分，并以之作为发育的基础；另一方面又增添了自己独有的代表构造层及其他特征，并表现出新的活动形式；扬弃旧的，形成新的。它是随着作为“稳定”区的地台区的衰亡而新兴的对立物。其次，地洼区以中国的最为典型，其发现和阐明也最早，但其分布不是限于中国境内；近年已在亚洲其他部分，包括朝鲜、越南、蒙古、西伯利亚南部，还有非洲、南美、欧洲、北美一些地区，陆续发现。可见它的出现，并非所谓中国的独特情况，而是相当广泛性的一般现象；这不是一项偶然事件，而是一个地区的地壳发展按照自然辩证法则不断前进的必然趋势。它标志着：在地壳发展过程中，不仅地槽区(活动区)可以转化为地台区(“稳定”区)，而且地台区也可以转化为新的

^① 初名活化区(陈国达, 1956; 伊东俊太郎, 1974)。因其只能反映这种构造单元的形成过程(地台区向活动区转化, 简称“地台活化”)而不能反映它的本质特征, 遂改此名(陈国达, 1959)。目前在国内外书刊中两名并用。

活动区。活动区同“稳定”区之间这种辩证地互相转化的关系(动“定”转化),并非地壳构造单元的简单重复及循环,而是递进的,是由简单到复杂、由低级到高级的。因为由地台区转化而成的地洼区,既具有不同于地槽区的代表构造层以及各方面的特点,又由于一般继承了地槽及地台两个构造层作为发育的基础而形成了三层结构,这对于无论地槽区还是地台区来说都是更为复杂的形式,代表更为高级阶段的产物。显然它不能看作地槽区的再现或所谓“普遍可逆再生”。地壳发展这样通过动“定”交替,递进升进,是完全符合事物发展的客观规律的。

由此可见,地壳构造的发展不是如同地槽—地台说所认为的那样,只有两个阶段和直线地进行的。似乎可以假设,它是多阶段的,总的趋势是遵循着螺旋式上升的方向,按照“否定之否定”法则,活动区同“稳定”区在地壳各个部分不一齐地互相转化,互相交替更迭,继续前进的。这就是“(地壳动‘定’转化)递进律”(图2)。

地壳构造通过动“定”转化、递进发展的原因,还有待深入探索,我们也有自己的初步分析,以后再作专题讨论。

4 地洼区研究的生产意义

①不同的构造单元往往在一定程度上具有不同的成矿专属性,地洼区在沉积、岩浆、变质、构造等方面的成矿作用,以及岩石—地球化学特征,有着自己的特色。因此,所成矿产的特点,无论对于地槽区还是地台区来说,都不相同。这就使得在矿产大地构造类型划分上增添了新的认识,扩大了找矿的对象。例如,以往的成矿理论认为,火山岩型铁矿只见于地槽区。由于广大的地质工作者的辛勤劳动,已打破了这种说法。在中国东部已经发现了不少有工业意义的地洼区火山岩型铁矿床。又如石油,旧的找油理论认为,只有地槽型及地台型两种油田,但在我国,除地槽型(如台湾省)、地台型(如大庆等)外,还广泛分布着大量的地洼型油田(如大港、胜利等等);它的以拱裂型或块断型油藏为代表,主要在陆相盆地中生成的大地构造特征是旧的找油理论所未论及的。

此外,在新构造、地貌、地球物理、水文地质、工程地质、地震地质等方面,地洼区也表现出不同于地槽区、地台区的特点。因此,研究并划分出地洼区,对解决这些方面的生产问题、改造自然、预报预防地震等也有一定的意义。

②由于任何一种构造单元,既有自己的专属矿产组合,又可继承历代前身的矿产的残留部分,故在地壳发展史中,出现顺序愈晚的构造单元,它自前身继承下来的矿产大地构造类型愈多,种类愈复杂。从而形成了成矿递进性和多阶段性。地洼区是现知出现最晚的一种构造单元,因此它里面所蕴藏的矿产最综合、最多样、最丰富多彩。以铁矿床为例,在中国东部的地洼区内,既存在着地槽区(及前地槽区)阶段所成的沉积变质型及火山沉积变质型矿床,又赋存在地台区阶段所成的风化淋滤型矿床、沉积型矿床,以及同基性岩浆侵入或喷出有关的矿床。此外,还可找到地洼区阶段产生的火山岩型矿床及与岩浆侵入有关的各型矿床,以

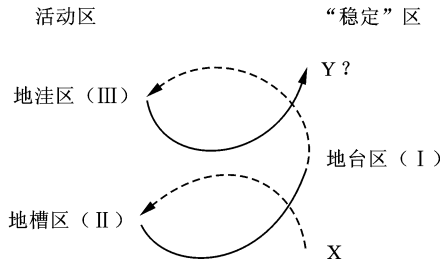


图2

及沉积型矿床、风化淋滤型矿床等。在中国境内，地洼区分布很广，因此矿产资源十分丰富，这就既从生产实践上又从成矿理论上给所谓中国贫矿论以有力的否定。

③在地洼区内的破产，由于经历过许多个大地构造发展阶段的多种成矿作用，其矿床形成往往具有“三多”的特点：多成矿阶段、多物质来源、多成因类型。它们往往由于先后多次成矿作用的改造和叠加，形成了多因复成矿床。例如，鞍山式铁矿，最初形成的为前地槽区阶段的沉积矿床，随后经历了多个大地构造发展阶段，特别是地槽区及地洼区阶段中的多次强烈构造作用的变质，以及强烈岩浆活动的改造和带来成矿物质的叠加，才形成了今天所见的面貌。内蒙某铁矿，原为地槽型沉积变质矿床，经受后来含碱质高的岩浆改造叠加，形成了富含稀土的多成因的复成矿床。海南某铁矿是由地槽区发展前期的寒武、奥陶纪（约5亿年前）沉积矿床，经过地槽发展后期的变质改造，再加上地洼区阶段岩浆活动的改造叠加而成的。湖北某铁矿的原矿床，成于石炭纪地台阶段的沉积作用，但绝大部分却由中生代地洼区阶段岩浆作用改造叠加而成。在不少情况下，可以见到，一个矿床既有沉积矿床或沉积变质矿床的许多特征，又同时表现出内生矿床的大量证据，以至关于它的成因问题，争论多年而不能解决，其原因可能主要在此。所以，地洼区及其矿产特点的研究，对于类似这样的矿床成因问题以及找矿方向问题，具有实际意义，近年已逐渐引起国内外的注意。

参 考 文 献

- [1] 《自然科学大事年表》编写组. 自然科学大事年表. 上海: 上海人民出版社, 1975.
- [2] 陈国达. 中国地台“活化区”的实例并着重讨论“华夏古陆”问题. 地质学报, 1956, 36(3): 239 ~ 271.
- [3] 陈国达. 地壳的第三基本构造单元——地洼区. 科学通报, 1959(3): 94 ~ 95.

中国大地构造的一些特点^{*}

1 前 言

中华人民共和国诞生以来,地质事业获得了飞跃的发展,我国的地质普查、找矿勘探、地震地质以及珠穆朗玛峰考察等方面的工作,又取得了新的重大成果,积累了极为丰富的资料。大地构造研究在“双百”方针指引下,也迅速开展,我国自己的新创理论逐步成长。

为了适应我国社会主义生产建设的需要,根据上述的较新资料和科研成果和著者(陈国达,1956、1959)所提出的地洼说及其引申的(地壳动“定”转化)递进说(Chen Guoda, 1959; 陈国达, 1963)的观点,采用地质历史分析和构造应力分析相结合的综合分析法,编成了1:400万《中国大地构造图》(陈国达等, 1977),用以阐明我国大地构造特点及其与矿产形成和地震活动的关系。本文是在该图的编制工作的基础上,试图对我国大地构造的一些特点进行初步分析,以供读者参考。

2 中国大地构造分区略述^①

以现阶段的大地构造性质为准,中国地区可以划分为下列20个构造区(见P119版图I)。

2.1 地槽区

中国的现存地槽区有下列五个,目前均已进入发展后期(褶皱带期)。

2.1.1 海西期地槽(褶皱)区

昆仑地槽区——位于中国西部,范围包括昆仑山脉的北带。大体上自北西西向南东东延伸,呈向西南突出的弧状。其地槽封闭于海西运动末期。

2.1.2 太平洋期地槽(褶皱)区

(1) 中越(印支)亚期 巴颜喀拉地槽区——包括昆仑山脉南带、巴颜喀拉山脉、西秦岭及松潘地区。呈向东北突出的弧状,并与北邻昆仑地槽区联成一个S形构造。其地槽区封闭于中越(印支)运动期。

(2) 燕山亚期 冈底斯地槽区——包括冈底斯山脉,依北西西—南东东展延,呈S形。其他槽封闭于燕山运动期。南侧以雅鲁藏布江深大断裂为界,与喜马拉雅地槽区相邻;这条深大断裂控制着一系列超基性岩体及有关的矿产,为中国境内已知的最大超基性岩带之一。

* 本文发表于《国际交流地质学术论文集》第一集,北京:地质出版社,1978

① 详见有关构造分区的论述及中国矿产、地震等的讨论,和《中国大地构造概要》,北京:地震出版社,1977

2.1.3 喜马拉雅期地槽(褶皱)区

(1) 喜马拉雅地槽区 位于中国西南缘,与邻国交界处,包括喜马拉雅山脉的中国部分。自北西西向南东东延伸,呈S形,并与北面的冈底斯地槽区平行。其地槽封闭于喜马拉雅运动早期;目前发展仍处于剧烈期,为世界上最高的褶皱带山脉。

(2) 台湾地槽区 位于中国东部,包括我国的台湾岛及其附近的我国领土钓鱼岛、赤尾屿等岛屿海域。依北北东—南南西延伸。地槽封闭于喜马拉雅运动晚期;目前发展仍在剧烈期。

2.2 地台区

中国的现存地台区,只有三个。它们均是古生代曾经存在过的辽阔的中国古地台区,于中生代中期解体,大部分衰亡,转化为地洼区以后所残留下来的几个小块——残留地台区。它们在沉积建造,构造型相等方面,已在一定程度上受过地洼构造活动的影响,不完全保存原有地台区的所有特点,这在接近邻侧地洼区的地带更为明显。

2.2.1 后吕梁期地台区

伊陕地台区——位于中国北部,包括陕北及内蒙古伊克昭盟。该处地槽区阶段主要在元古代;地台区阶段开始于震旦代初。侏罗纪以来虽受邻区地洼构造活动的一定影响,但基本上仍保持地台区特征,以造陆运动为主导;除边缘外,岩浆活动微弱。

2.2.2 后晋宁期地台区

四川地台区——位于中国南部,包括四川东部的主要部分。该处地槽区阶段开始于元古代,结束于晚震旦代前期^①;地台区阶段开始于晚震旦代后期。经历古生代及中生代,一直以全区范围的大面积升降运动占优势;所成沉积建造,包括进入中生代以后的陆相沉积在内,大部分具有面状分布特点,厚度稳定。至四川运动时,才因受邻侧地洼区的影响,在东部形成梳状褶皱。总的说来,目前还基本上属地台区性质。

2.2.3 后海西期地台区

松辽地台区——位于中国东北部,大致相当于松辽平原的范围。该处地槽区阶段从元古代至古生代末(其地槽封闭于海西运动);地台区阶段开始于中生代初。为我国地台型油田(大庆)的典型产地之一。

2.3 地洼区

中国的地洼区,十分发育,计有如下11个:

2.3.1 华夏期地洼区

这期地洼区,其发展的剧烈期皆在中晚侏罗世至白垩纪,目前已进入余动期。

(1) 东南地洼区 位于中国东南部,包括浙江、福建、广东、江西、湖南、广西诸省。由后加里东地台区转化而成。该处地槽阶段开始于元古代,结束于志留纪;地台区阶段自泥盆纪至中三叠世;地洼区阶段开始于晚三叠世。形成的构造线主要属北东(北东东—北北东)构造系。地洼岩浆活动强烈,以花岗岩类为主,形成了以钨锡等有色金属为特色的含矿区;东部多火山岩及有关矿产。区内还有地洼型的油田、煤及油页岩等矿床。

^① 本文所称的震旦代,相当于1:400万《中华人民共和国地质图》中所称的震旦亚代(1989年改为新元古代震旦纪)。

(2) 云贵地洼区 位于东南地洼区之西, 主要包括云南、贵州二省, 是在一个后晋宁期地台区之上发展而成的。该处地槽区阶段自元古代至晚震旦代早期; 地台区阶段开始于晚震旦代后期, 结束于三叠纪。地洼区阶段开始于侏罗纪。地洼型岩浆活动不显著, 主要以锑、汞等矿为特色。

(3) 华中地洼区 位于东南地洼区和华北地洼区之间, 包括长江中下游、东秦岭及大别山, 呈向南突出的弧形, 受秦淮弧形构造系的控制。该处地槽区阶段先后结束于晚震旦代后期或志留纪末; 地台区阶段开始于晚震旦代后期或泥盆纪, 至晚三叠世晚期或末期结束; 地洼型阶段开始于晚三叠世末或侏罗纪。地洼岩浆以花岗闪长岩类为主, 形成以矽卡岩型铁(大冶式)、铜等矿为特色的含矿区(铁多见于地洼陷落带, 铜多见于地穹隆起带)。地洼型油田也较重要。

(4) 华北地洼区 包括华北诸省; 发育基础为后吕梁地台区。该处地槽区阶段为元古代; 地台阶段自震旦代至三叠纪; 地洼区阶段开始于早侏罗世。所成构造线主要属北东构造系(吕梁期所成的主要为北北东向构造)。地洼型岩浆岩以闪长岩类为主, 带来著名的邯郸式铁矿; 北缘为花岗闪长岩及有关的铜铁矿床分布地带。沿郯城—庐江深大断裂斑岩铜矿特别发育, 且有金伯利岩的分布。地洼型油田(例如大港、胜利等)著称于世, 并有继承自前身的重要的地台型铁、铝、煤等矿, 以及存在于地台(及地槽)构造层中的“古潜山式油藏”。

(5) 东北地洼区 包括东北诸省(松辽平原除外)及内蒙古北部, 南以白云鄂博—赤峰—开原深大断裂带同华北地洼区分界。古生代时原为一个地槽区, 在海西期地槽封闭, 形成褶皱带(包括那丹哈达岭)。于经历了中生代初的短暂的地台区阶段(以地槽褶皱带广泛遭受剥蚀达到普遍准平原化为标志)以后, 至侏罗纪(主要为中侏罗世; 那丹哈达岭开始较早, 在晚三叠世)转入地洼阶段。地洼沉积除那丹哈达有 $T_3 - J_2$ 海相碎屑岩建造(厚 12 000 m)^①外, 其余为陆相。构造线组成地槽褶皱带者主要属北疆—兴安弧形构造系的东翼, 后期受北东构造系的叠加和改造, 形成地洼断褶带。花岗岩类、超基性岩类等侵入岩多见, 还有火山岩类, 以及有关矿产。它们除属于海西期地槽区阶段者外, 还有中生代地洼区阶段者分布特别广泛。地洼型岩浆岩(包括那丹哈达者)一般偏碱性; 在全区范围内具有大体上相似的发展顺序——从酸性到基性。

(6) 南北地洼区 北起贺兰山, 向南经龙门山延至康滇地区, 作长带状, 为银川—昆明南北向深大断裂带的所在。北段原为后吕梁期地台区, 中段主要部分原为后加里东期地台区, 均在侏罗纪进入地洼区阶段。南段原为后晋宁期地台区, 地洼阶段开始于三叠纪末。

依剧烈期出现时间, 这一地带大部分原属华夏期地洼区, 但至新生代时活动还十分强烈(小部分且属中亚期地洼区), 特别表现在近期断裂作用方面, 地震频度和强度均很高, 具有介于中国东部华夏期地洼区和西部中亚期地洼区之间的过渡地带的性质。构造线方向主要属南北构造系, 但与此同时, 在全区范围内, 还可以见到中国东西两部盛行的北东及北西两组构造区的轮廓发生偏转(如中段由于北东构造系占据优势, 故偏向北东)。又有时, 由于两组构造线汇合而形成一些向南凸出的小型弧状构造(中段南端的金汤弧即其著例)。区内构造线的这种复杂情况, 体现出东西两方盛行的构造线正是以本区作为交接及互相渗透的过渡地带。这些事实, 结合其他的许多特点(详后), 说明本区在中国大地构造上具有明显的大范围

① 一般根据这些海相沉积把本区划为地槽区。但就全部地质发展史及其同东北地区其他部分比较, 似以划作地洼区较为合适。

的分界和过渡性质,把它划分出来作为一个一级构造区,是有意义和必要的。

2.3.2 中亚期地洼区

这期地洼区的剧烈期皆在新生代,目前还未进入余动期;一部分目前还处于正在进入剧烈期的状况。

(1)北疆地洼区 包括新疆北部(阿尔泰、准噶尔、天山)、甘肃北部及宁夏北部。由后海西期地台区转化而成;地洼区阶段可能开始于第三纪。构造线主要为北西—北西西,属北疆—兴安弧形构造系的西翼。天山南带属东西构造系。地槽区阶段形成了大量有色金属矿。

(2)南疆地洼区 位于新疆南部,包括塔里木及阿尔金山。主要部分原为后晋宁期地台区;阿尔金山为后海西期地台区。侏罗纪进入地洼区阶段。构造线方向北西西和北东东均有。

(3)青甘地洼区 位于青海及甘肃南部,范围包括河西走廊、祁连山及柴达木。原为一后加里东期地台区,于侏罗纪进入地洼区阶段。构造线属北西构造系。沿深大断裂带发育着超基性岩。此外,有地洼型油田分布。

(4)藏北地洼区 介于昆仑及巴颜喀拉两地槽区和冈底斯地槽区之间。原为后海西期地台区;地洼区阶段开始于白垩纪。

(5)滇西地洼区 位于南北地洼区的西南面;二者以红河深大断裂为界。该处地槽区结束于晋宁运动期;地台区阶段自震旦代末至三叠纪后期;地洼区阶段开始于侏罗纪。构造线主要属北西构造系。

2.4 南海诸岛区

本区包括中国南海的我国神圣领土南沙、中沙、西沙和东沙四大群岛及其附近海域。其大地构造性质大部分可能属地洼区,与东南地洼区相连,东缘可能为台湾地槽区的南延部分。

3 中国大地构造特点的初步分析

根据上文所述的中国大地构造分区及它们的地质发展史,可以看出,中国的大地构造具有如下几个方面的特点:

3.1 中生代新型活动区——地洼区的广泛分布

在中国境内大地构造的许多特点中,首先受到注意的是构造单元的多样性。一方面,长期以来早已为人所熟知的地槽区及地台区两种构造单元,既广泛出现于地质历史时期,又在目前还有代表。另一方面,则还有一些别的构造单元,其中最明显的要算中—新生代时一种新型活动区即地洼区的广泛分布。它在大部分地区,特别是中国东部,于地台区衰亡之后,以新兴力量的姿态登上地壳发展史的舞台,使中国大地构造演化至中生代中期以后翻开了新的一页——进入了一个新的阶段。它以独有的沉积建造(华夏式建造)和古地理、岩浆建造及岩石、地球化学特征、变质建造、构造型相、地貌及新构造、地球物理、以及较复杂的结构特点(增添了一个地洼构造层,形成三层结构)等,同地槽区互相区别开来(图2)。这些方面的主要特征已见于有关的书文(陈国达,1959,1960,1965),这里只用简表列举如下表1:

表 1 地洼区的主要特征同地槽区及地台区比较简表

构造单元 主要特征 ^①		地槽区 (活动区)	地台区 (“稳定”区)	地洼区 (活动区)
结构 ^②		单层(X + I)	双层(X + I + II)	三层(X + I + II + III)
构造反差强度		大	小	大
沉积建造	分布特点		长带状，有一定方向和系统。 I ¹ 受地槽及地背斜控制；II ² 受山前及山间拗陷控制，同 I ¹ 方向一致。分布于 X 之上	多作面状，覆盖于 I 及(或) X 之上
	沉积相	岩石种类	I ¹ 砂页岩为主，常夹火山碎屑岩，有时有灰岩，I ² 上部渐多砾岩	多作短带状，有一定方向和系统，受地洼盆地控制，呈不片散布于 II ^③ 、I 及(或) X 之上
		岩相及化石相	I ¹ 主要为海相，浮游生物化石较少；II ² 上部渐变为陆相	大量砾岩为特色；砂页岩，偶有灰岩。有时出现多量火山碎屑岩
		分选性	II ^{1,3} 陆相或海相；II ² 海相为主。时有海陆交互相。海相者以底栖生物化石繁多为特色	分选多不良，尤以 III ³ 最著，复矿砂岩发达。圆度多为 0 ~ I 级。一般 S ₀ > 2.15，有的达 7 ~ 8，偶达 10
		稳定性(变化性)	成分、粒度、圆度均分选不良，尤以 I ² 最著。多复矿砂岩	变化大，尤以粗屑岩为著。地洼中较厚(常以千米计，可大于万米)，地穹上分布较少，较薄或缺失
		沉积韵律	岩性、岩相、厚度变化大，尤以横切地槽或山前、山间拗陷延伸方向最为显著。地槽中较厚(常可大于万米)；地背斜上较薄或缺失	常具陆相复理石韵律，多属间断型，个数多，单个厚度大(以米或十米计)
	主要建造类型		I ¹ 常具海相复理石或类复理石韵律，多属间断型，个数多，单个厚度小(大多数以厘米计)	大量碳酸盐建造，鲕状建造，石英砂岩建造
	沉积连续情况及上下分层间的接触关系		时见不整合	华夏式(类磨拉石)建造，可分为萍乡式(含煤)、南雄式(红色岩)、建德式(含火山物质)等亚建造
	与下伏地层关系		不整合	不整合多见
	岩浆建造		不整合	通常为不整合
			I ¹ 强烈，规模大，岩石复杂，一般顺序：基性超基性→中酸性；喷发→侵入 ^④ 。喷出多为海相；大量中酸性侵入岩多见于 I ¹ 末。I ² 较弱。岩石化学：K、Na 较低，Fe、Mg 较高	强烈，规模大，岩石复杂。一般顺序：中酸性及碱性→基性超基性；多为侵入→喷出 ^④ 。喷出多为陆相；大量中酸性侵入岩多见于 III ¹⁻² 。基性喷出岩多见于 III ³ 。岩石化学：K、Na 较高，Fe、Mg 较低 ^⑤

续表

构造单元 主要特征 [*]	地槽区 (活动区)	地台区 (“稳定”区)	地洼区 (活动区)
变质建造	I ¹ 区域性变质, 浅(或深); I ² 也有, 较弱	一般缺乏	Ⅲ ¹⁻² 可发生动力及接触变质, 尤以断裂变质为特色。浅至深。 Ⅲ ³ 较弱
构造型相	变动强烈, 规模大, 次数多。 褶皱以紧闭型为主(I ² 较多宽 展型), 长线状; 大规模逆掩断 层。有一定方向和系统, 连续成 列出现, 差异升降反差大, 构造 线明显	变动较和缓。褶皱以断续型 为主, 在边缘地带可见宽展 型, 断层多为高角度的, 缺一 定方向和系统, 孤立出现, 差 异升降反差较小, 构造线不 显著	变动强烈, 规模大, 次数多。 褶皱多短线状, 宽展型或紧闭 型; 块状断层很发育。有一定方 向和系统, 连续成列出现; 差异 升降反差大, 构造线明显
古地理	I ¹ 长带状古海槽及古岛链; I ² 褶皱山脉及山前、山间拗陷 (后期变为陆相, 并出现红岩气 候); 古地貌反差大, 古构造线 反映明显	宽阔古海盆(或岛海)及古 陆。古地貌反差小, 古构造线 反映不明显	短带状陆成古盆地(偶有海 浸)及断褶山脉。造煤气候(多在 Ⅲ ¹)或红岩气候(多在Ⅲ ²⁻³)。 古地貌反差大, 古构造线反映 明显
新构造	显著。地震强烈(大者 $M \geq 8$ 级)。火山。第四系褶皱, 断裂、 倾侧。构造起伏反差大	较和缓。地震较弱(一般 M $\leq 5 \frac{1}{2}$ 级)。大面积升降, 构 造起伏反差较小	显著。地震强烈(大者 $M \geq 8$ 级)。火山。第四系块断、褶皱、 倾侧、拱曲。构造起伏反差大
地貌(现代的)	反差强烈, 高山深谷, 幼年地 貌。线状山脉	反差微弱。准平原。老年 地貌	反差强烈。高山(或中低山)及 洼地; 大多数为幼年地貌。短线 状至长线状山脉, 块断控制明显
地壳运动类型	主要由水平运动起主导作用	主要以垂直运动占据优势	主要以水平运动占主导地位
地球物理特征	重力异常成带状分布, 有一定 方向和系统, 前期正负相间, 或 正的为多, 后期多为负的。热 流高	重力分布比较均匀, 通常缺 乏明显的定向带状特点。热 流低	重力异常成带状分布, 有一定 方向和系统, 负的为主; 隆起越 高, 负异常值越大(主要出现于 中期); 热流高
成矿及其存在 ^⑥	I ¹ 内生矿产特多, 除与基性、 超基性岩有关者外, 并有大量与 中酸性岩有关的矿产。火山矿床 多见于 I ¹ , 多为海相; 侵入岩矿 床可见 I 及 X。外生矿床 I ¹ 及 I ² 均多	外生矿产特别丰富, 多种多 样, 海陆相均广见, 存在于 Ⅱ。内生矿床以同基性岩有关 的为多, Ⅱ、I 及 X 均可有 存在	内生矿产特多; 除与基性、超 基性岩有关者外, 并富中酸性、 碱性岩矿产, 火山成矿多见于 Ⅲ ²⁻³ , 主为陆相; 侵入成矿在各 个构造层中均可见。外生矿产主 要为陆相, 存在于Ⅲ

①除结构外, 其余各项特征均指代表构造层或代表发展阶段的情况。这些特征除注明者外均以发展中期为最典型。

②各个构造层不一定全, 可有缺失, 基本构造层中还可分出亚构造层。X 为前地槽构造层, 未计入; I、Ⅱ、Ⅲ依次为地槽、地台及地洼构造层。

③在地洼区中的常可因受地洼活动的改造而破碎, 其中的Ⅱ不复如在地台区中所见的完整。

④在优地槽区及优地洼区, 岩浆活动较强及较完整; 在渺地槽区、渺地洼区则较弱, 并往往缺乏或少有喷发。

⑤以中国东南部而论, 地洼花岗岩 SiO_2 含量较高, 一般可达 74% ~ 76%, 最高可达 86% (酸性、超酸性岩); $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 含量一般大于 8.5%, 且大多数 $w(\text{K}_2\text{O}):w(\text{Na}_2\text{O}) > 1$ 。

⑥详见有关专著[16]及其他。

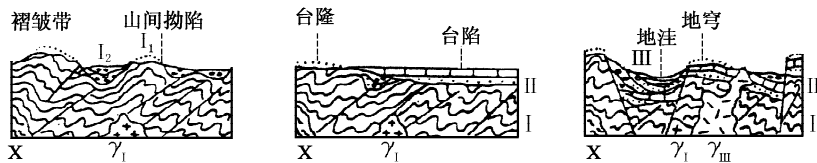


图2 地洼区(右)与地台区(中)、地槽区(左)在结构上的区别,及它们之间的发展顺序和转化关系,并示它们在岩浆建造、构造型相、地貌等方面的部分特征和差别(示意图)

X—前地槽构造层; I—地槽构造层; II—地台构造层; III—地洼构造层; γ_I —地槽岩浆岩一部分;
 γ_{III} —地洼岩浆岩一部分。虚线代表前一阶段的构造层被剥蚀了部分

3.2 几个大地构造演化系统的出现

其次,中国境内新老各种构造单元的兴亡更替,存在着几个不同的大地构造演化系统,分别见于不同的地区。它们之间既有其差异性,也有其一定程度的共同规律性。在中生代中期以前,可分为三大地槽—地台演化系统,即北部、东部及西部演化系统。其地槽区分别属于古亚洲海、古太平洋及古地中海地槽区演化系统的一部分。它们的地槽区结束时间皆大体上自北而南地逐步推迟。北部地槽—地台区演化系统位于天山南麓—白云鄂博—开原一线之北,其地槽封闭于海西期,为古亚洲海地槽系统的最南也是最晚的一环。该处地台区开始于后海西期。东部地槽—地台区演化系统位于北部系统之南,贺兰山—龙门山—大雪山一线之东,其地槽封闭顺序是:华北及伊陕(吕梁期)、华中的主要部分、云贵及四川(晋宁期)、东南及华中的西段(加里东期)、台湾(喜山期)。这一地区的地台区开始时间与这一顺序相应。西部地槽—地台区演化系统位于北部系统之南,东部系统之西,其地槽区结束顺序是:塔里木(晋宁期)、青甘(加里东期)、昆仑及藏北(海西期)、巴颜喀拉(中越期)、冈底斯(燕山期)、喜马拉雅(喜山期)。该区内的地台开始出现时间也作相应顺序。到了中生代中期以后,则代之以东西两大地洼区演化系统,即华夏及中亚系统,二者以贺兰山—龙门山—大雪山一线及其向北延长线为界。它们的地洼区开始出现时间都是大体上自南而北地逐步推迟,即同以前的地槽—地台区演化系统的顺序相反。东部的华夏系统的地洼区开始出现顺序是:东南及华中的南部(晚三叠世)、华中的北带及华北(早侏罗世)、东北(主要为中侏罗世);西部的中亚系统的地洼区开始出现顺序是:滇西、青甘及南疆(侏罗纪)、藏北(白垩纪)、北疆(第三纪)。

3.3 三大壳体的形成和变化

由于上述几个大地构造单元演化系统的存在和演变,遂导致了中国大地构造发生相应的分异。中生代中期以前,由于三大地槽—地台区演化系统便形成了三个相应的壳体(壳块),即北部、东部及西部壳体。它们之间以纬向的天山南麓—白云鄂博—开原深大断裂带,以及经向的银川—昆明深大断裂带作为接合(或过渡)地带。至中生代中期以后,由于两大地洼区演化系统的兴起,银川—昆明深大断裂带有向北延伸的趋势,同时北部壳体的东西两段出现显著差别,遂由原有的三大壳体转变为中国全境东西两半部的分异。在东部地区,大部分地槽区阶段结束较早,地台区存在较长;地洼区阶段开始及剧烈期出现较早,属华夏期地洼区。

地势总的说来较低,海拔高度一般在二三千米以下;在地球物理上一般为 ± 0 至 -100 mGal 平稳变化的重力异常;地壳厚度较小,为 $30 \sim 35$ km(四川及伊陕两地台 <30 km)。根据地壳厚度及地面高度推算,M 界面以海平面为准的深度,比西部地区者小。至于西部地区,大部分地槽区阶段结束较迟,地台区存在时间较短;地洼区阶段开始及剧烈期出现较迟,属中亚期地洼区。地热总的说来较高,有海拔四五千米的青藏高原,又是世界最高山脉(包括 8848.13 m 的珠穆朗玛峰)的所在;重力地球物理特征一般为 -200 至 -450 mGal 的负异常^①;地壳厚度较大,为 $50 \sim 70$ km(西藏高原至少在 $60 \sim 70$ km 以上);M 界面以海平面为准的深度比东部地区者大。介于东西两半部之间的南北地洼区,则既是地质方面,同时又是地貌、地球物理、地壳厚度、M 界面深度,以至成矿作用、地震活动等方面的急剧变化和过渡地带。在东西两半部地区里面,还各可因地质发展特点的不同,分为北、中、南三个次级壳体,略呈对称排列,各以纬向的接合(或过渡)地带为界。

3.4 五大构造系及其应力分析

中国境内的构造线,分别组成了多种构造系,出现于一定的地区。它们控制着当地的地槽区或地洼区等(或其中的地槽、地背斜、地洼、地穹等)的出现地点、轮廓形态、延展方向、以及沉积建造的分布特点和后期改造(褶皱、断裂)等方面。主要有:

(1) 弧形构造系 以向南突出的北疆—兴安弧及其他较次级弧形构造为代表。

(2) 东西构造系 以天山南带—阴山山脉及其东延的褶皱及断裂(包括深大断裂带),还有其他地区的東西向构造为代表。

(3) 南北构造系 以沿贺兰山—大雪山一线的褶皱及断裂(包括深大断裂带)为代表。

(4) 北东构造系 以主要广泛分布于东部地区的北北东—北东东构造为代表;西部也有出现。

(5) 北西构造系 以主要广布于西部地区的北北西—北西西构造为代表;东部地区也颇多见。

上述几个构造系,在分布上形成了以银昆轴线为羽轴的羽状对称图案。在轴线北端的两侧为北疆—兴安弧的东西两翼。稍南为天山南带—阴山东西构造系的东西两段。更南则为北东构造系及北西构造系,分别展布于轴线的东西两方的广大地区。它们的主要构造线同银—昆羽轴呈锐角相交;锐角指向南方,愈往南行其交角愈小。

依应力分析,这些构造系的形成及其分布特点,可能系由于一对南北向区域性水平压力及由它转变而成的南北水平弯力在作用过程中,受东西向区域性水平压力干扰的结果。

4 中国大地构造特点成因的初步分析

4.1 地壳发展规律与中国大地构造特点的关系

自地槽学说(J. 赫尔, 1859; J. D. 德那, 1873)诞生以来,经过一百多年的历史,关于地槽

^① Gal(伽),加速度非法定单位, $1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm/s}^2$ 。

的概念已有很大的发展,并引申出了各种关于地壳发展规律的学说。其中,流行较广,影响较大的为地槽—地台说。它把地壳的基本构造单元划分为地槽区(活动区)和地台区(“稳定”区)两种;后者是由前者转化而来的。这个学说揭示了地壳发展史长河中最先认识的一段过程和部分规律,在长期的生产实践中被运用,作出了一定的贡献。但由于受时代及世界观的限制,也存在一些缺陷和不够全面的地方,因为它既没有说明地槽区出现之前的情况也没有论及地台区的发展过程及继其后的地壳的进一步演化。

中华人民共和国成立以后,在辽阔的国土上进行的大规模地质调查和勘探,为探索地壳发展规律提供了极为丰富的资料,证明了地台区只是地壳活动性相对和缓、暂时“稳定”的一种构造单元,而非地壳发展的最后形式,更不是所谓“永恒稳定的地块”。如上所述,中国境内不少地区,经历了相对稳定的地台阶段之后,到中生代时,便出现了高度的活动性,转化为一种新的构造单元。这个后地台阶段的新型活动区经我国地质工作者研究后,于1956年被命名为“活化区”^①(陈国达,1956)。由于活化区一名虽能反映这种构造单元的发生过程,但不足以反映它的本质特征,故又称“地洼区”^①,列为第三个已知的基本构造单元(陈国达,1959)。

就其性质来说,地洼区是属于后地台区阶段的一种新型活动区。它一方面继承了历代先成构造单元的某些基本内容(结构特点及其代表构造层的残留部分),并以之作为发育的基础;另一方面又增添了自己独有的特点(代表构造层及其他特征),并表现出新的活动形式;扬弃旧的,形成新的。它对于地台区来说,性质对立;对于地槽区来说,性质相似(同属活动区),但类型不同,而是另一种构造单元。

较新的研究表明,地洼区虽以中国的为最典型,对其发现和阐明也最早,但不只分布在中国境内,近年已陆续发现于亚洲其他地区(朝鲜、越南、蒙古、西伯利亚东部及南部、印度等);在非洲、南美、欧洲、北美、澳洲等地也在存在(King, 1959; Нагибина, 1960; 陈国达, 1960; Идиксон, 1960; Казанский, 1961; Коремков, 1960; Микунов, 1963; Смирнов, 1963; Масайтис, 1963; Ёлоусов, 1964; Масайтис, 1964; Геолоия, 1964; 陈国达, 1965; Чэнь, Го-Да, 1965; Старидкий, 1965; Шеглов, 1968; Almeida, 1972; Казанский, 1972; Staristsky, 1973; Магакъян, 1974; Закономерности, 1975; Смирнов, 1963)。可见它的出现并非中国的特殊情况,而是有相当广泛性的一般现象;这不是一项偶然事件,而是一个地区的地壳发展按照自然辩证法则不断前进的必然趋势。在总结前人大量劳动成果(Шейнманн, 1937; Лолов, 1938; Миръинк, 1940; Лавловский, 1953)及批判地槽—地台说的基础上,于1959年,一个关于地壳发展一般规律的新认识——递进说被提了出来(Chen Guoda, 1959; 陈国达, 1963),其主要论点是:

①在地壳构造发展过程中,(强烈)活动区和(相对)“稳定”区是可以互相转化的。不仅地槽区可以转化为地台区,地台区还可转化为新的活动区(地洼区)。这叫“动‘定’转化”。这种转化,并非地壳构造单元的简单重复及循环,而是由简单到复杂,由低级到高级的,这叫

① 在近年的出版物中,这两个词用作同义词。“地洼”的外文相应字为 diwa (geodepression)、дива (геодепрессия) 等。也有译作 tiwa、diva, 日文为“地窪”,其义皆同。

“递进”^①(例如地洼区的三层结构,无论比地槽区还是地台区都更为复杂)。地壳构造的发展,总的趋势是遵循着螺旋状的方向,按照“否定之否定”法则,活动区同(相对)“稳定”区互相转化,互相交替更迭,继续前进的。这就是(动“定”转化)递进律(图3左)。

②地壳发展是多阶段的,如同地台区不是地壳发展的最后阶段,地槽区也不是地壳发展的最初形式;在不少地区于地槽构造层之下出露的(或由钻探、物探所知的)结晶基底,可能代表着一些有待进一步详究的古老构造单元(本文中概括地暂用X为代号)^②。另一方面,从地洼区的发展过程看,似乎又还可以转化为别的一些更新的构造单元(按照矛盾转化法则,其中第一个可能是属于新型的“稳定”区,代号为Y)。

③地壳发展是不平衡的。当有些地区已经进入地台区阶段甚至地洼区阶段的时候,另一些地区却还处在槽区阶段。在不同的地区,同一性质的发展阶段的开始和结束,可以早晚不一;其延续时间的长短,也可很有差异(图3右);在一些地区有时甚至可以缺失某一阶段。

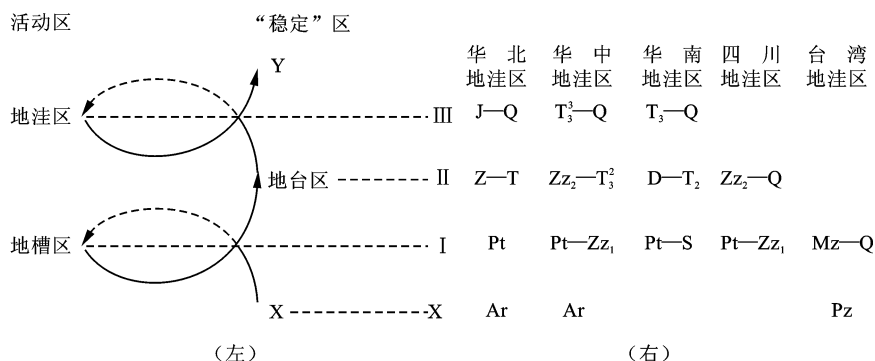


图3 地壳发展过程示意图,并示地壳发展的多阶段必性和不平衡性

4.2 地壳动“定”转化、递进发展的力源机制问题初探

关于地壳构造通过动“定”转化,递进发展的根本原因,递进说认为,地球物质既互相排斥同时又互相吸引,正如恩格斯所指的,“一切运动都存在于吸引和排斥的互相作用中”。其表现主要在于:一方面,上地幔软流层下部物质(包括一些重的),由于温度增高而密度减小,从深处向浅处运移,形成上升流,致使热能(包括放射热能等)往外部扩散,随后结果将是地球该处内部因失热而逐步收缩,相应部位的地壳则因受热反而膨胀,同时热流增高,从而引起该处强烈的地壳运动,并以水平运动占优势(其中又以挤压为主)。另一方面,上地幔软流层上部物质(特别是重的)自浅处向深处凝集,进行重力分异,促使热能在内部聚积,随后结果将是地球该处内部因积热而逐渐膨胀,但相应部位的地壳则因热能消散反而相对收缩或膨胀不显,同时热流减低,从而导致该处地壳运动转弱,并且水平运动退居劣势,致使垂

① “递进”二字分开来是指交替(递迭)前进;合起来是指由简单到复杂,由低级到高级,向上向前发展。

② 这些古老构造单元中,可能有一个是前地槽区阶段的“稳定”区,被称为地原区,代号X-1。再前可能为活动区,被称为地盆区,代号X-2。

直运动(起因可有多种,如上地幔软流层中的重力分异、地壳或地球内部的胀缩在垂直方向上的表现、均衡作用、水平与垂直运动的互变等)显出占优势。在地壳发展过程中,前者引起强烈的构造变动等,为活动因素;后者导致构造变动等减弱,为稳定因素。由于事物发展是不平衡的,矛盾的主要和非主要方面又可以互相转化,离心扩散与向心凝聚在时间上和空间上互相交替地占据优势。一个地区某一时期,如果正值上述矛盾斗争的结局是前者取得支配地位,成为主要的矛盾方面,则该处地壳会出现大部分时期以水平运动为主导,引起强烈的褶皱及断裂、岩浆侵入或喷出、岩石变质、地震等,形成了(强烈)活动区;反之,如果正值后者取得支配地位,成为主要的矛盾方面,则该处地壳会变成在大部分时期以垂直运动为主导,褶皱断裂、岩浆活动、岩石变质及地震等均相对减弱,转化为(相对)“稳定”区。如此类推。中国的地壳“定”转化史可为一例。这一地区于元古代时,活动因素占据优势,地槽区广泛分布,遍及国境的主要部分。从震旦代起,稳定因素开始增强,地台区开始出现,随后陆续扩展,到晚古生代时,稳定因素夺得优势,地台区布及国境的大部分,只有少数地槽区残留或诞生。进入中生代中期,活动因素又趋增强,地洼区开始出现。由于这时本区的地壳厚度已增大、构造层已增多、刚性已增强,以及其他条件不同,故这个新的活动区的类型和以前的不同,是地壳发展更高阶段的产物,而非地槽区的“可逆再生”。地壳发展可能就是这样,主要由于地球内部矛盾所推动的,这叫“热能散聚交替说”。

至于地壳构造定向性的原因,推测有三:主要为由于上述地球内部矛盾斗争所导致的地球自转速度的变化,引起了地壳中广泛的经向和纬向两对水平压力及其强弱变化,并促使加强或减弱了地壳某些部分、某些壳体之间朝一定方向的相对移动。其次为由于地壳各个不同地段之间的大地构造发展的不平衡性,胀缩不相一致,内部或边界条件有异,遂决定和产生了相应方向的水平运动和应力场。此外还有其他天体的引力等。

参 考 文 献

- [1] 陈国达. 地壳的第三基本构造单元——地洼区. 科学通报, 1959(3): 94~95
- [2] 陈国达. 地台活化说及其找矿意义. 北京: 地质出版社, 1960
- [3] 陈国达. 大地构造学的哲学问题. 科学通报, 1963(2): 1~17
- [4] 陈国达. 地洼区——后地台阶段的一种新型活动区. 中国大地构造问题: 1~52. 北京: 科学出版社, 1965; 俄文本: 中国科学, 1965, XIV(10): 1478~1498
- [5] 《自然科学大事年表》编写组. 自然科学大事年表. 上海: 上海人民出版社, 1975.
- [6] 陈国达. 地洼区——大地构造单元的新类型. 自然科学争鸣, 1977(2): 28~32
- [7] 陈国达, 等. 中国大地构造图(1:400万)(按地洼说及递进说编制). 北京: 地图出版社, 1977
- [8] Николаев Н. И. О некоторых теоритических и методических вопросах изучения новейшей тектоники Китая. 北京: 科学出版社, 1959
- [9] Щейнманн Ю. М. К истории синийского щита. Проблемы советской геологии, 1937, 7
- [10] Попов В. И. История депрессий и понятий западного тянь-шаня. ташкент, 1938
- [11] Мирчинк Г. Ф. Основные закономерности развития земного пика. Бюлл. МОИП, Н. С. Отл. геол., Т. FVIII(3~4), 1940
- [12] Павловский Е. В. О некоторых общих закономерностях развития земной коры. Изв. АН. СССР,

серия геол. , 1953

- [13] Chen Guoda(Chan Kuo-ta). Examples of“Activizing Region”in the Chinese Platform with Special Reference to the“Cathaysia”Problem. Acta Geol. Sinica, 1956, 36(3): 239 – 271
- [14] Chen Guoda(Chen Kuo-ta). Phenomena of the Activation of Platform in China. Acta Inst. Metal. & Metallur. Cent.-Aust. Sinici, 1957, 2(2)
- [15] Chen Guoda(Chen Kuo-ta). Geotectonics of the Nanling Mountain Range and Its Environs. Acta Inst. Metal. & Metallur. Cent.-Aust. Sinici, 1957, 2(2): 1 – 34
- [16] Chen Guoda(Chen Kuo-ta). On the Geotectonic Nature of the Southeastern Coastal Region of China. Scientia Sinica, 1958, 7(1): 75 – 90
- [17] Кропоткин П Н. Успехи геологии в Китае. Вестник АН СССР, 1959(9)
- [18] King P B. The Evolution of North America. 1959
- [19] Chen Guoda. Theory of Progression with Transformation Between Active and “Stable” Regions—A New Recognition on the Regularity of the Earth Crust’s Development. Acta Geol. Sinica, 1959, 39(3)
- [20] Chen Guoda. Characteristics and Nature of the Diwa-region Compared with the So-called“Paraplatform”. Acta Geol. Sinica, 1960, 40(2)
- [21] Нагибина М С. История развития структур Монголо-Охотского пояса. Междунар. Геол. Конг. Струк. Зем.-Коры и деф. гор. пор. , 1960
- [22] Ицксон М И, Кормилцын В С, Красный А И, Матвенко В Т. Основные черты металлогении северозападной части Тихоокеанского рудного пояса. Геол. руд. мест.-нии, 1960(1)
- [23] Корешков И В. Области сволового поднятия и особенности их развития. госгеолтехиздат, 1960
- [24] Казанский В И. О размещении верхнемезозойских гранитоидных интрузивов и очертаниях рудоносных площадей в тихоокеанском рудном поясе. Геол. руд. мест.-ний, 1961(4)
- [25] Микунов В Ф. Новые работы по тектонике Китая. Изв. АН СССР, сер. Геол. , 1963(2)
- [26] Смирнов А М. Сочленение китайской платформы с тихоокеанским складчатый поясом. Издательство АН СССР, 1963
- [27] Масайтис В Л, Старицкий Ю Г. Об особом типе структур восточном Азии Стретий основной структурный Элемент континентальной земной коры—дива. труды Всесоюзного научно-исследовательского геологического института (ВСЕГЕИ) , новая серия том. 1963, 85
- [28] Белоусов В В. Явление тектонической активизации в развитии земной коры. В сб. Активизированные зоны земной коры, 1964
- [29] Масайтис В Л, Старицкий Ю Г. Структуры «дива»Восточной Азии. В сб. строение и развитие земной коры, 1964
- [30] Геология Кореи. Недрa, 1964
- [31] Чэв Го-да. Область дива—Послеплатформенная подвижная область нового тина. Scientia Sinica, 1965, 14(10)
- [32] Старицкий Ю Г. Очерки металлогении сибирской платформы. Междунар Геол. конгр. , XXII Сессия, докл. сов. геол. , “Вопросы металлогении”, М. , Издво Недрa, 1965
- [33] Щеглов А Д. Металлогения областей автономной активизации. Недрa, 1968
- [34] Almeida F F M de. Tectono-Magmatic Activation of the South American Platform and Associated Mineralization. 24th IGC, 1972—Section 3
- [35] Казапский В И. Рудоносные тектонические структуры активизированных областей, 1972

-
- [36] Staritsky Yu G, Maymin Yu S, Trofimov V A. Tectonic development of North Vietnam. *International Geology Review*, 1973, 15(12)
- [37] Магакъян И Г. Металлогения. 1974
- [38] Смирнов А М. Соченение китайской платформы с Тихоокеанским складчатым поясом, 1963

海南岛石碌式铁矿的大地构造成矿条件初探^{*}

提 要 海南岛石碌矿区内的现知铁矿床,都属于多因复成矿床。但其基础矿床先后成于两个不同的大地构造发展阶段,分属于两种不同的大地构造类型,一为地槽型沉积变质矿床,一为地台型沉积矿床。前者的含矿地层为石碌群(相当于前人的“石碌群”下部,即 SL_{1-6} 层),后者的含矿地层为石灰顶组(相当于原“石碌群”上部的“ SL_7 层”,因其沉积建造不同,与 SL_6 层之间又有不整合面分隔,故划分出来)。本文建议将“石碌式铁矿”一词,专指以改变界限后的,石碌群中的地槽型沉积变质铁矿为基础,后经地洼型岩浆成矿作用改造叠加进一步富化而成的那种铁矿床,并从大地构造角度主要对该式矿床的形成条件和找矿方向问题试作探讨。

不同大地构造单元具有不同的成矿作用,任何成因类型的矿床都受一定的大地构造环境所控制。因此,研究某一类型矿床的成矿规律和找矿方向问题,有必要先对它的成矿大地构造条件进行探讨。

海南岛石碌矿区的铁矿,历经广东冶勘 934 队以及其他许多有关生产、科研、教学单位的研究,无论在地层、岩石、构造、矿床等方面,都已有了丰富的资料和卓越的成果。1977 年 5~6 月,笔者等遵照冶金部的指示和下达的科研任务,有机会到矿区学习和参与一部分工作。兹就野外观察所及,从大地构造成矿条件的角度,主要对同石碌式铁矿有关的沉积建造、构造、矿床成因及找矿方向问题,提出几点初步看法,以供讨论。

在野外工作期间,得到海南铁矿会战指挥部、石碌铁矿和 934 队领导及技术人员的关怀和指导,桂林地质研究所、贵阳地球化学研究所、中山大学、南京大学以及其他兄弟单位的科技工作同志的热情帮助,中南矿冶学院教师徐琳及其他同志在野外介绍情况并一起工作。特此致谢!

由于野外工作时间不长,很不深入。所提各点,不一定恰当,希读者指正!

1 沉积建造与地层划分及成矿关系问题

石碌铁矿的成因是多方面的,但它们首先与沉积建造有关,因此有必要先探讨这一问题。

从大地构造的角度看,我们对石碌矿区的地层及沉积建造问题,初步意见如下。

1.1 在矿区内出露地层

如果按沉积建造类型,矿区内出露的地层似可归纳为两大群。原划分系统的“石碌群”中

^{*} 本文为陈国达、关尹文、邓景、胡火炎、柳天树合著,是于 1977 年 6 月 8 日及 7 月 15 日先后在石碌铁矿向海南铁矿会战指挥部和在北京向冶金部的汇报稿的基础上写成,于同年 12 月在中南矿冶学院科学报告会上宣读,发表于《成矿研究》,1978 年第 2 期;后收入《陈国达地洼学说文选》,长沙:中南工业大学出版社出版,1985。

的 SL_{1-6} (其下包括陀烈群的某些部分) 为第一个层群, “ SL_7 ” 以上为第二个层群。二者之间以一个明显的不整合面为分界。这个不整合面的存在有很大的意义, 因为它是以第一、二两个层群为代表的两个不同构造层的分界。

关于原“石碌群”的“ SL_7 ” (以下简称原“ SL_7 ”) 之下的不整合, 以前曾有人看到, 不过尚有争论。经徐琳等作了较详细的研究后 (图 1), 同意此看法的已较多。据我们的观察, 它的存在是比较明显的, 有如下几点证据:

① 在 352 (米) 会让站北旁的铁路边剖面, SL_6 白云岩之上, 原 SL_7 含铁层的砂岩之下, 有一个高低不平的喀斯特面, 上有含锰铁质的风化土及砾石层。砾石中含有白云岩及铁矿砾块; 有些砾石经受过流水搬运, 棱角磨钝。这个剥蚀面上下的地层, 产状略有差异。

② 从较大面积看, 原“ SL_7 ” 在枫树顶北坡和枫树下、真美山、猴子岭等地, 分别盖在 SL_5 或 SL_6 等不同层位之上, 而未发现断层接触的證據。

另据袁奎荣所做岩组分析结果, SL_6 的白云岩有受过北北东—南南西水平挤压的痕迹 (挤压方向与该地层的褶皱方位所反映的相一致), 而原“ SL_7 ” 的砂岩则无此特点。这也是上述不整合存在的有力证明。

1.2 上述两个地层群的差别

(1) 在变质程度方面 SL_6 以下的第一个层群, 总的说来变质程度较深, 片理发育, 除有千枚岩、大理岩外, 大多数砂岩皆已变成石英岩; 片岩类 (包括石英片岩、绢云母石英片岩等) 比较常见。而原“ SL_7 ” 以上各岩层, 除因受中生代岩浆活动影响部分外, 总的说来, 变质明显地较浅。在不少情况下, 砂岩、页岩还基本上保存原岩的特征, 仅有时出现似千枚岩化, 似板岩化及似石英岩化现象, 以及一些结晶灰岩。

(2) 在构造型相方面 第一层群褶皱比较强烈, 多呈紧闭型, 如红房山背斜轴部所见, 即其一例。第二层群中的褶皱, 一般比较和缓。

(3) 在沉积相方面 第一层群的沉积相具有如下的特征:

① 岩石种类复杂, 岩性、岩相及厚度均变化较大, 这是研究者所一致公认的。

② 大多数地层 (特别是 SL_1 、 SL_3 、 SL_5) 都具有类复理石韵律, 由陆源碎屑砂泥质沉积物以及碳酸盐类构成。如 SL_5 所见, 由粉砂岩和泥质粉砂岩交互成层, 其韵律厚度自不足 1 cm 至 n cm。但间断型韵律特征不大显著, 且夹有较多的不具复理石特点的间层。

③ 卷层 (卷曲层理), 也称柔皱构造, 相当发育, 以 SL_5 的千枚岩、片岩中最为多见 (图 2); SL_6 的“两透岩” (透闪石化及透辉石化的白云岩) 中也不少。在 SL_6 的主铁矿层底板, 由薄铁矿层与“两透岩”互层所成的卷层特别发育。这些卷层, 按其特征主要属于褶叠状卷层,

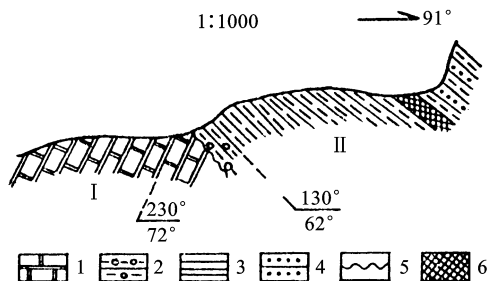


图 1 石灰顶南坡石碌群 (I) 与石灰顶组 (II) 的不整合接触素描图 (据徐琳等)

1—白云质灰岩; 2—泥砾岩; 3—页岩;

4—砂岩; 5—不整合面; 6—铁矿

也称滑坡卷层(图3);它们系主要由水底滑坡,致使半凝固沉积物堆褶起来所成,反映一种活动区型古构造-地貌特征和沉积环境。当时由于地壳运动强烈,构造-地貌反差较大,地面起伏较急剧,故沉积拗陷的坡度较陡,遂易发生滑坡。滑坡发生原因可有多种,如地震、火山活动影响等均可。此外,还偶见到形态较为复杂的卷层(图4)。

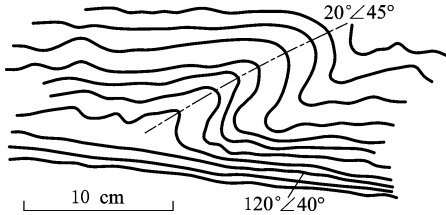


图2 碎屑岩中的褶叠状卷层,
SL₅千枚岩中,石枫公路边

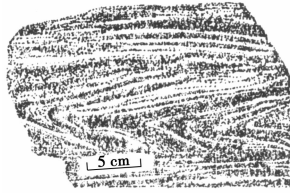


图3 377台阶SL₆层含铁
两透岩中的褶叠状滑坡卷层

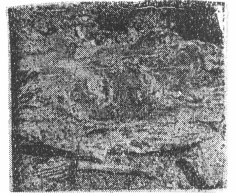


图4 377台阶SL₆层
两透岩中的复杂卷层

附带指出,由于区内所见的滑坡卷层常表现为定向的小褶曲,这些小褶曲轴面的原始产状可根据它以及它所在的岩层的现有产状通过校正求得。根据它们的原始倾向通常与沉积时期所在斜坡的倾向相反的原理,便可恢复当时的沉积区与剥蚀区的相对位置,以至沉积拗陷的形态、范围及方位等。下文论述石碌式矿床的同生构造研究方法时,将要应用到这个方法。

至于第二个层群的沉积相,则与上述的特点有别,主要如下:

①一般说来,岩石种类比较简单,岩性、岩相及厚度的变化比较和缓。沉积物的分选性较好,以三棱山所见的原“SL₇”砾岩为例,砾石磨圆度一般良好,可达Ⅲ-Ⅳ级。砂岩的分选性一般也较好。

②未见明显的复理石韵律特征。

③鲕状、假鲕状或球粒状结构颇发育。

④未发现卷层。

(4)在建造类型方面 所谓沉积建造,指的是“在一定性质和类型的构造区内,于一定构造发展阶段中,受相应的古地理环境影响下所形成的,在沉积相上具有生因联系的一套岩层”。根据上述的几个方面的特点,综合分析,可以在一定程度上看出,石碌地区内的上述两个层群,分属于两种不同性质和类型的沉积建造。其中第一层群为地槽型沉积,而第二层群则属于地台型沉积。

1.3 关于石碌矿区的地层划分问题

从沉积建造的角度看,石碌群的范围,以限于SL₆以下,属于地槽型沉积的诸层较为合适。而原“石碌群”的“SL₇”及其以上各层,因建造类型与前者不同,属于地台型沉积;它与SL₆之间又有明显的不整合分隔,以不属于改变界限后的石碌群为宜,并应另起名称。笔者同意把原“SL₇”层及以上诸层依次改称为石灰顶组及三棱山组等。

原“石碌群”的时代,曾定为寒武-奥陶纪,其中SL₆定为寒武纪,原“SL₇”定为奥陶纪。这问题尚待进一步研究。据现知化石看,一方面,依南京古生物研究所的研究,三棱山组(?)

中含笔石 *Climacograptus* (栅笔石)、*Glyptograptus* (雕笔石) 等, 应属奥陶纪—早志留世。另一方面, 依中山大学方瑞濂等的研究, 石灰顶组(原“SL₇”)中有瓣鳃类 *Auiculopecten* (燕海扇)、*Volcellina* (小偏顶蛤) 等, 均为石炭二叠纪产物。而三棱山组, 依中南矿冶学院徐琳等所采植物化石, 笔者初步鉴定, 其中有 *cf. Cordaites* (科达树) 等, 似属石炭纪至早二叠世。因此, 石碌群(即原 SL₆ 以下诸层)的时代, 尚难确定。据多数意见, 因该群中所含古孢子, 就目前所知寒武纪至古生代皆有, 而以前寒武纪分布为多, 有可能至少部分地属于震旦代(相当于华南其他地区的板溪群或其一部分)。如果以三棱山组(?)的笔石化石为准, 也有这种可能。但另一方面, 如果依石灰顶组的瓣鳃类化石, 则该群的上部有可能形成较晚, 即包括有下古生界甚至上古生界的一部分(泥盆系或泥盆系一下石炭统)。

关于 SL₆ 与石灰顶组(原“SL₇”)之间的不整合面代表什么地壳运动期的问题, 目前资料尚难判定。它可能为晋宁运动, 可能为加里东运动, 也有可能为海西运动早期。解决这一问题的关键, 主要在于石碌群时代上限的进一步确定。同时, 这问题又涉及石碌矿区的地槽封闭时期问题。在野外工作期间, 有人曾经提出, 海南岛有无海西期地槽区存在过? 依现有资料, 如果石碌群的上部经确定包括上古生界在内, 当有这种可能。另在石碌矿区之北的军营地区, 军营群中含有中基性火山岩的变质岩层, 与地槽型沉积特征相近。据昆明工学院研究, 军营群中含有苔藓虫、腕足类等石炭二叠纪种属, 说明该地层至少部分地属于这一时代。再就我们近年编制《1:400 万中国大地构造图》及其说明书^{①②}的体会来说, 东南诸省也不无这期地槽区存在过的可能: 中国境内新老各种构造单元的兴亡更替, 存在着几个不同的演化系统, 见于不同的地区。它们之间既有差异性, 又有一定程度的共同规律性。地槽区演化系统在前震旦代就已开始发生和发展。分为三个, 即北部、西部及东部系统; 它们分别属于古亚洲海、古地中海及太平洋地槽区演化系统。在每个系统中, 其地槽区结束时代总的说来颇有规律地自北而南逐步推迟。就西、东两系统而论, 它们以南北向的银川—昆明深大断裂带为中轴, 大体上作羽状的镜像对称: 西部系统的地槽区结束时代依次为晋宁期(南疆地洼区)、加里东期(青甘地洼区)、海西期(昆仑地槽区)、中越(印支)期(巴颜喀拉地槽区)、燕山期(冈底斯地槽区)及喜山期(喜马拉雅地槽区)。东部系统与西部者大体上相对应, 现已确定的地槽区结束时代依次有吕梁期(华北地洼区及伊陕地台区)、晋宁期(华中地洼区大部分及云贵地洼区)、加里东期(华中地洼区西端和东南地洼区)、以及喜山期(台湾地槽区, 包括台湾岛及其周围岛屿和海域), 唯独欠缺海西期及太平洋早(中越)、晚(燕山)期, 有待于进一步研究和确定。据一些勘探队及湖北地质科学研究所资料和研究结果, 广西东南缘的玉林—钦州一带, 其地槽区阶段似比邻侧地区者长。当东南地洼区的大部分于加里东运动期内结束之后, 该处地槽沉积仍有继续; 共含有四个单笔石带的上志留统顶部与下泥盆统笔石页岩为连续沉积, 即下古生界同上古生界底部之间未见不整合存在^③; 乐平煤系底部还有厚达 5 000 ~ 6 000 m 的碎屑岩建造。直到东吴运动时这个残留地槽区才封闭, 并且伴有海西期花岗岩, 其岩石化学特征与地槽型的比较近似。此外, 闽浙沿海地区也有海西期残留地槽区的线索。因

① 陈国达, 等. 中国大地构造图(1:400 万). 北京: 地图出版社, 1977. 新华书店发行

② 陈国达, 等. 中国大地构造概要. 北京: 地震出版社, 1977. 新华书店发行

③ 汪啸风. 最晚志留世和早泥盆世单笔石类在广西钦州的发现及其意义. 地质学报, 1977(2)

此, 广东境内也值得注意。在海南岛今后进一步的工作中, 关于海西期古地槽区的存在及其展延范围问题, 需要确定石碌矿区的石灰顶组与石碌群上部的时代分界, 同时注意军营地区的军营群含石炭二叠纪化石部分与具有地槽沉积特征部分的关系, 以及二者是否属于同一沉积建造类型。

1.4 石碌矿区地层与铁矿床的关系

前人已做了大量的工作, 若就沉积建造类型划分的角度看, SL_6 中的矿层与原“ SL_7 ”中的矿层, 其形成环境虽有相似, 但实际上又有差别。

1.4.1 SL_6 中的铁矿层

- (1) 矿体产于一定层位 本含矿层为石碌矿区内铁矿的主要含矿层。
- (2) 矿体夹生在沉积岩(已变质)中 以本含矿层中的最下层铁矿为例, 依 352 会让站之西所见, 从含矿沉积到矿体呈渐变的过渡现象(图 5)。并因此决定了该原生铁矿层的品位一般以矿体中部较高, 向顶底两板变低。

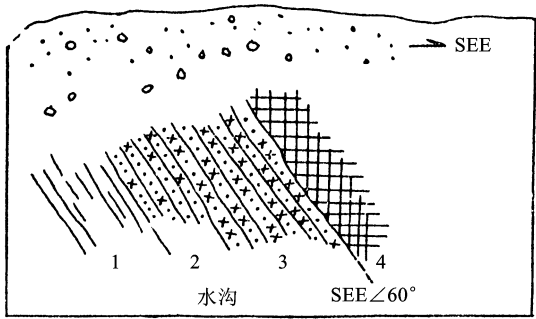


图 5 352 会让站之西, 铁路北旁出露的 SL_6 最下层铁矿与含矿沉积的过渡关系

1—铁质千枚岩; 2—铁质砂岩; 3—硅质铁矿; 4—赤铁矿

在采场 377 台阶, SL_6 第三层铁矿, 从底板的“两透岩”到矿体, 也呈过渡现象。其过渡带中包括含铁薄层的“两透岩”, 往往渐变为夹“两透岩”的薄层铁矿(均出现有卷层)。

以上两点, 说明本铁矿体的形成与含矿沉积在成因上具有密切的关系, 是原生矿为沉积矿床的重要标志。

(3) 含矿沉积属地槽型 有如上述。

(4) 依已有资料, 矿体层数多, 往往呈急剧增厚的透镜状 这些透镜体状矿层的成因, 可有几种解释: 一种是由于褶皱运动导致矿质在塑性状态下, 朝向斜的槽部集中增厚所致。鉴于矿区里面包括 SL_6 在内的第一层群褶皱强烈, 以紧闭型褶皱为主的事实, 这一解释是有理由的。此外, 从大地构造角度看, 可能还有其他因素也起过一定作用: ①由于地槽型沉积建造及所含矿层的本身特点所决定, 因为岩层及矿层厚度变化大, 急剧增厚、减薄, 甚至尖灭, 是它们常见的特征之一。②依采场 377 台阶所见, 矿体底板的夹铁矿薄层“两透岩”和夹“两透岩”铁矿薄层中, 卷层特别发育。这使我们有理由推测, 在成矿期中, 矿区内水下