

含铀区多金属成矿特征

[苏]В.И.维利奇金 著

7162
24

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本书探讨了地壳主要大地构造单元演化的不可逆性,并在此基础上分析了内生成矿作用,其中包括铀在成矿过程中的规律性变化;指出了各时代含铀区的地质结构和含矿性特点;查明了一定地质环境中内生矿床的典型成矿系列和旋回,其中包括占有重要地位的铀矿化。

本书可供从事普查勘探、研究铀和其它金属矿床的地质工作者,以及地质院校的师生参阅。

В.И.ВЕЛИЧКИН

ОСОБЕННОСТИ
МЕТАЛЛОГЕНИИ
УРАНОНОСНЫХ
ОБЛАСТЕЙ

Под общей редакцией

доктора геолого-минералогических наук

Ф.И.ВОЛЬФСОНА

МОСКВА ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ 1983

含铀区多金属成矿特征

[苏]В.И.维利奇金 著

许文鹏 牛林 李普洲 译

李普洲 校

责任编辑:杨珊珊

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

开本: 850×1168¹/₃₂ 印张: 6⁵/₁₆ 字数: 163,000

1987年2月北京第 版·1987年2月北京第一次印刷

印数: 1—1,400 册 国内定价: 1.80 元

统一书号: 13038 新347

编 者 的 话

在解决热液铀矿床成因的一些复杂问题时，查明铀矿化在内生金属矿床形成总过程中的地位具有特殊意义。事实上，在所有含铀省中，与铀矿化的同时还伴随有其它有色金属和稀有金属（金、铜、铅、锌、锡、钨、钼等）元素的富集，并产出像萤石之类的非金属矿产。这样，自然就产生了一个问题：铀矿化和上述金属的成矿作用在成因上到底有多大联系？为了解决这一问题，重要的是查明含矿区的地质结构和地质发展史；与此同时，所有上述金属矿床的地质特征和铀矿床本身特有的地质结构特征也具有很大意义。同样，查明成矿物质来源，首先是铀和与其密切相关的金属的来源，也是人们十分关注的问题。

解决上述问题就是本书所论述的含铀区的成矿作用课题。为了研究这一课题，要求作者研究从早元古代到第三纪末这一时期形成的铀矿床的最新地质文献。运用自己搜集的褶皱区铀矿床和与其有关的金属矿床的许多实际资料，作者批判地分析了大量文献资料，阐明了内生铀矿化与其它金属矿床之间的共同特点，从而提供了解决一系列具有重要理论意义的问题的可能性。详细研究含铀区的成矿作用，揭示铀矿化与其它金属矿床的关系，使我们有可能以重要的判据充实已有的铀矿普查标志。正是这种新的重要的判据决定了本书的实用价值。

本书适用于从事普查、勘探和研究铀及其它金属矿床的广大地质工作者。

最后尚需指出，鉴于所用实际材料的广泛性以及课题的复杂程度，还不能认为这一课题已经研究得很清楚了。因此，更重要的是对搜集到的新资料做进一步的有目的的研究和批判性的分析。

前 言

加速发展核能是一项复杂而又十分重要的任务；顺利地完
成这一任务是同进一步加速发展铀工业部门各个领域，其中包括满
足其原料需要的铀矿地质密切相关的。显而易见，在高水平地发
展现代化地质研究的条件下，不深入研究和继续完善铀矿地质科
学基础，要进一步扩大核原料基地是不可能的。在这方面已经取
得了很大成绩。现在已经详尽地研究了许多有关的重要问题，如
铀矿物和铀地球化学，铀在自然界中的性状，铀矿床结构和分布
的规律性，以及它们在不同环境中的形成条件。上述课题的研究
结果，反映在А.П.维诺格拉多夫，Л.И.谢尔巴科夫，Ф.И.沃
尔夫松，Ю.М.舒瓦洛夫主编的文集、专著和其它一些文献中。
在运用自然历史方法分析铀矿床形成的空间、时间方面，В.И.
卡赞斯基和Н.П.拉韦洛夫得出了非常重要的结论，即不同工业-
成因类型的铀矿化有规律地赋存于地壳的一定构造单元内；而在
形成铀矿化的过程中，铀的成矿作用是一个不可逆的定向演化发
展过程。但是到目前为止，关于含铀区成矿专属性方面的研究还
很少。在铀矿地质和铀成矿作用的主要著作及一系列文章中，通
常也仅仅讨论了这一复杂课题的某些方面。

事实上，没有关于具体含铀区铀矿床同其它元素工业富集之
间的特征和时、空关系的报道；也没有关于地壳发展过程中不同
时代的铀成矿区成矿专属性演化史的资料。而为了解决一系列科
学和实践问题，对这些问题的研究是十分必要的。在科学研究方
面，查明不同含铀区的成矿特点，有助于更准确地阐明关于铀矿
省、铀矿区及内生铀矿床不同工业-成因类型的产生原因和形成
条件的理论概念。在应用方面，运用有关铀和其它内生矿床之间
的规律性联系的知识，不仅可以更有根据地评价不同成矿区的铀

成矿远景，指导普查勘探工作，进而发现铀矿化，而且还可以综合评价含矿区。

本书是第一部系统分析不同地质构造条件下的不同时代含铀区的成矿专属性的著作。书中指出，在许多铀矿区内，内生铀矿床和其它一定元素组合的矿床有规律地共生在一起；在对以构造-建造方法查明的不同时代含铀区的地质和成矿特点进行对照和比较分析的基础上，确定了在空间和时间上靠近铀矿化的内生矿床的矿物和成因类型的主要变化趋势；并指出了它们的形成条件。

以比较历史方法为基础做好成矿作用的分析，可以更可靠地确定不同时代铀矿床和其它成矿元素工业富集所固有的规律性联系；可以在依次出现的铀矿化时期中，指明与工业铀矿化共生的一系列内生矿床。这些认识可以应用于评价大型含矿区、某些矿田和矿床的铀成矿远景。

在现代研究基础上发展起来的，研究含铀区地质成矿作用特点的比较历史分析方法，目前在地质实践中还未得到广泛应用。但是，对于查明地壳发展过程中内生矿床总的演化问题来说，地质历史分析方法得到了许多研究者，首先是B.И.斯米尔诺夫的卓有成效的应用。由于借助这一方法可以查明具有重大理论和实践意义的重要的成矿规律性，所以可以期望，这种解决成矿作用问题的途径可能具有广阔的前景。在进一步深入研究的基础上，该书运用的对成矿作用进行分析的比较历史方法，可以形成新的、独立的成矿科学分支。后者最好称作历史成矿论；在应用于铀矿地质问题时，则称作铀的历史成矿论。

作者作为内生铀矿床地质方面的专家，把本书讨论的地区范围限制在内生铀矿化发育区。在该书手稿加工过程中应用了本人的观察资料，并广泛引用了文献资料。

作者知道，本书对所涉及到的所有问题，并未都能进行必要而完善的讨论和分析。所有来自读者的意见，无论是对本书总体的，还是对个别章节的，作者都表示欢迎和感谢。

作者感谢本书评阅者——苏联科学院通讯院士H. П. 拉韦洛夫提出的宝贵意见和建议，并且在本书最终校订时都做了考虑，也感谢通阅了全书的B. П. 弗拉索夫，以及阅读了个别章节的B. A. 克鲁片厄科夫，B. B. 梅谢里亚科夫，B. M. 谢利佐夫，A. E. 托尔库诺夫和Л. B. 霍洛希洛夫，他们的意见和希望在加工手稿过程中也都予以考虑。

目 录

编者的话

前 言

第一部分 地壳形成史中的内生成矿作用

第一章 地壳基本构造单元发展史..... 1

第二章 成矿时代、铀成矿作用和主要含铀大地构造单元.....14

概述和结论.....49

第二部分 含铀区内生成矿的基本特征

第一章 古老地台含铀区.....56

1 后克拉通洼地铀矿区.....56

2 原始地槽带铀矿区.....73

3 原始活化区铀矿区.....87

第二章 里菲-显生宙褶皱带含铀区.....101

1 早里菲期含铀区101

2 晚里菲期含铀区102

3 加里东期含铀区111

4 海西期含铀区123

5 阿尔卑斯期含铀区146

第三章 中生代构造岩浆活化含铀区154

1 活化地盾含铀区154

2 活化地台含铀区159

3 活化褶皱带含铀区163

第四章 阿尔卑斯构造岩浆活化含铀区169

概述和结论169

结束语185

参考文献190

第一部分 地壳形成史 中的内生成矿作用

第一章 地壳基本构造单元发 展史

目前已经有充分根据,把地壳组成划分为三个基本大地构造单元:前寒武纪地台及其地盾、里非-显生宙褶皱带及中生代构造岩浆活化区。这三个大地构造单元,在形成时间、地质结构及发展史方面彼此都有显著的区别。

对现有资料进行的分析表明,在现阶段,对前古生代大地构造单元的研究程度还显著低于显生宙区。在前寒武纪一系列地质问题上还存在不同的,有时甚至是完全对立的观点。虽然对前寒武纪许多地质事件的绝对年龄的划分方面还存在着某些分歧,然而根据M.B.穆拉托夫的观点^[48],仍然可以把地球的前寒武纪历史划分出三个有显著区别的阶段。第一阶段包括从地球作为独立的天体(原始行星)的产生,到其初始地壳的形成时期。据推断,由于宇宙中的冷却尘埃的聚集压实而形成了地球;这些物质的堆积,加上放射性物质的衰变和陨石的撞击,使地球原始物质逐渐加热,直至全部熔化。一般认为,地球演化的这一初始阶段持续了1000Ma。

第二阶段与形成原始玄武岩壳层有关;在此阶段地球逐渐冷却,一直持续到水圈的形成。在其漫长的时期内,暗色地壳一直很薄、不稳固;在壳下玄武岩熔浆流体的作用下易于熔化、破裂;当玄武岩流体溢出地表时,形成广阔的火山岩区。据推断,按物

质成分和结构，在第二阶段中形成的地壳相当于月球的现代月亮。

在地质历史的进一步发展过程中，古老的暗色地壳大都埋藏于花岗变质岩大陆壳层以下，只是在承受了一定的蚀变以后，局部保存于太平洋洋底。在古老地盾的现代地表中，“月球”阶段的产物具有局部性分布特点。M.З.格卢霍夫斯基和E.B.帕夫洛夫斯基曾经描述过阿尔丹地盾苏塔姆地区的这类产物^[10]。这里的这一复合体（杂岩体）属于深变质（麻粒岩相）拉斑玄武岩；其中含辉长苏长岩、超基性岩和斜长岩岩体，它们被挤压成椭圆环状向斜构造。

月球阶段末期，在地球发展史中第一次形成了花岗片麻岩类岩石；在个别前寒武系分布区（加拿大、格陵兰），这些岩石伏于太古界岩石之下^[11]。

在月球阶段已经有大气圈；大气圈主要由以下火山喷发产物组成：水蒸气、甲烷、二氧化碳、氨、氮、氢和惰性气体的混合物，以及还有所谓的火山酸烟（HCL、HF、H₂S等）。

当原始大气圈下层温度冷却到低于100℃时，水蒸气凝结，从而在原始地壳表面形成了古水盆地。这标志着地壳发展的下一阶段——第三阶段的开始。这一阶段包括太古代及大部分元古代（3800—3500Ma至1600—1400Ma以前）。据M.B.穆拉托夫的意见，该阶段依次划分为三期，在这一阶段中形成了古老地台基底^[12]。

在早期，即太古代（从3800—3500Ma至2600—2400Ma。E.B.帕夫洛夫斯基称陆核期^[13]；K.O.克拉茨和B.A.格列博维茨基称原始地槽期^[14]）还没有大陆壳，也分不出地槽和地台区，但是，已经存在水盆地——原始海洋和陆地。水介质本身的产生，与内生过程相比，出现了一个全新的、形成外生建造的地质机制；在水圈和大气圈的作用下，这一机制取决于岩石的机械分解及化学分解，分解产物在水介质中的搬运，以及这些产物形成沉积岩层的沉积作用。陆核期初期以漫长而又强烈的安山玄

武熔岩的喷溢为特征；继而由巨厚的陆源（杂砂岩）沉积及少量溶液（铁镁质）沉积层代替。

陆核期的构造环境特点是地壳的共同的活性性，其间不存在明显的分异运动。因此，在太古界岩石中形成了内部结构复杂的等向短轴褶皱构造。在绿片岩-闪岩相条件下产生的岩石构造变形和变质再造作用，使陆核期的原始岩石变为构成早太古界绿岩带的变质岩。

在该期末（2800—2600Ma以前），广泛但不均衡地出现了安山玄武岩壳层的花岗岩化作用，形成了地壳硅铝层的原始单元——早期花岗片麻岩穹隆。这一过程显著地加大了坚硬地壳的厚度，并增强了它的硬度。

在地球的不同地区，陆核期的结束和向下一期即早元古期（从2600—2400Ma至1900—1600Ma以前）（E.B.帕夫洛夫斯基^[1]称为原始地槽期）的过渡发生在不同时间，在原始地槽期形成了太古代固结区——古克拉通（南非、智利、印度、澳大利亚、东北欧及东亚），从而也就形成了分割这些克拉通的线状延伸的槽地（坳陷）带；它们的发育条件近似于地槽。这些特殊的大地构造单元由深断裂带形成，它们的部分残存体见于东欧、加拿大、印度及西伯利亚地台。沿上述断裂带，太古代岩石承受了破裂及再造作用。原始地槽的槽地充填了巨厚火山-沉积岩岩层，这些火山-沉积岩有细碧-角斑岩建造、安山英安岩建造、铁硅质建造、白粒岩建造、陆源碳酸盐建造、碳酸盐建造及杂砂岩建造等。在早元古代末期，这些建造挤压成线状褶皱，并在绿片岩相、角闪岩相及个别麻粒岩相条件下产生了区域变质作用。在原始地槽中，沿其边缘和内部的断裂带发育有侵入岩浆活动，形成了从辉长岩到斜长花岗岩一整套全晶质岩石。

东澳大利亚原始地槽系略有不同。在澳大利亚克拉通边缘部位的破碎基底上，在由内部坚硬隆起隔开的坳陷带内堆积了陆源沉积物、碳酸盐-陆源沉积物，以及少量的、厚度不大的火山-陆源沉积物。这些沉积物被不同碱度的花岗岩类侵入体贯穿。在早

元古代末期，活动带北部发展成褶皱基底；但在其中部和南部，直至中元古代及早里非期在内，地槽一直在继续发育。

在早元古期（2000—1800Ma以前）末期，沿深断裂带，特别是在其交汇部位广泛发育强烈的角闪岩相区域性变质作用。这一过程伴随有花岗片麻岩穹隆及流变花岗岩体的产生，从而增加了花岗岩-变质岩壳层的厚度，普遍提高了地壳岩石圈的硬度。

在太古代固结地块——克拉通（卡普瓦尔、罗得西亚、加拿大、波罗的及巴西克拉通）内，与原始地槽带同时形成了坳拉谷及后克拉通盆地类型的地质构造单元，其中主要充填了位移不显著、未变质的巨厚陆源（粗碎屑）沉积物，有时含拉斑玄武岩盖层。这些沉积物具有磨拉石式洪积-河积和三角洲型滨海相浅水沉积物的特征。

在中元古期（从1900—1600Ma至1500—1400Ma以前），在一系列地区（加拿大、非洲、东欧及印度地台）内，处于太古代克拉通的和固结的早元古代活动带的结晶岩石，以及后克拉通盆地的弱变质产物均被断块运动的巨型断裂切割，并形成了叠加的地槽-向斜坳陷。在这种坳陷中有时堆积了磨拉石类火山-沉积岩；在地球发展史上，在这些岩石中第一次出现典型的红色建造^[54]，这是地球表面由还原环境转入氧化环境的证据^[54]。沿中元古代深断裂带出现了角闪岩相及绿片岩相的动力变质作用，形成了中深成及浅成辉长岩类、花岗岩类及碱性岩类侵入岩。

伴随独特的沉积作用及各种岩浆作用，固结基底的强烈的断块错动在较短的时间内扩展到太古代-早元古代的广阔领域。这一切促使B.N.卡赞斯基把上述过程称作“原始活化”现象^[55]。

必须指出，原始活化现象的出现并不是到处都是同时的。例如，在非洲地台的个别部位，原始活化出现在早元古代；而在加拿大地盾的北半部，原始活化只是到晚元古代才出现。

总之，剧烈的构造变形、多旋回的区域变质作用及多次的花岗岩化作用，均出现于地球岩石圈发展的陆核期及原始地槽期；它们决定了花岗-变质岩壳层的形成。该壳层具有共同的固结

作用，壳层的面积及其厚度逐渐加大；这就导致了统一、均质的古老地台基底的形成。在中元古代，该基底又承受了强烈的、然而又是不均匀的构造岩浆活化作用。

下一个阶段是地壳发育的地台-地槽阶段（从1600—1400Ma至250—240Ma以前）。其特点，一方面是最终形成年轻地台的里菲-古生代地槽-褶皱带的形成；另一方面是地壳早期固结地块发育的地台性质。

在地台发育过程中形成了前里菲稳定区的基本构造单元：地盾、坳拉谷型和边缘克拉通坳陷型盆地、穹形隆起-陆隆及不同规模的断裂和挠褶构造。

里菲-古生代活动带位于古老地台之间，据M.B.穆拉托夫的观点^[45]，按形成时间、稳定程度、基底岩石年龄及其结构特点，该带又划分为七个彼此有别的、独立的褶皱带（图1）。其中的两个褶皱带（内非洲及巴西褶皱带）为狭窄地槽槽地，形成于破碎的太古代基底及早元古代基底之上。在贝加尔时代（600—500Ma年以前），这些褶皱带承受了固结作用。与太古代克拉通相连，它们彻底地“焊接”了非洲及南美大陆地台的基石。

其余的五个褶皱带的活动带（见图1）形成于晚元古代（里菲）初期，它们具有很长的断续发展特征；与其相应的褶皱带因而具有复杂的非均质结构。在大西洋、北极及乌拉尔-蒙古三个活动带中，地槽过程持续到古生代末期；之后，这些活动带结束了褶皱作用，并作为年轻地台继续存在。在地中海及太平洋带中，只是在部分地区形成了年轻地台的固结基底；在其余地区，地槽条件保存到中-新生代，或是持续到现在。据推断，这五个里菲-显生宙褶皱带彼此之间都有紧密的联系，并构成一个统一的全球性活动体系。太平洋褶皱带在该系中的作用很特殊，该带实际上是产于大陆与地壳最古老的巨型地块之一——大洋底之间的一个边缘地带，它以巨大封闭环形式围绕大洋底分布。地中海带可以看成是太平洋带的一个近东西向分支，它与太平洋带连接，形成一个巨大喇叭口。北极带、大西洋带及乌拉尔-蒙古带

距太平洋带较远，但是它们也与太平洋带相连。

根据独立的构造岩浆旋回特征，里菲-古生代地槽系的形成史可以划分为三期。通过对这些旋回的地质特征进行的比较研究，可以阐明它们统一的总的发展方向^[4, 44, 61, 78]。

据已有地质资料，可以把每一个地槽构造岩浆旋回划分为两个基本时期：纯地槽期及造山期。纯地槽期的早期形成了地槽槽地，产生了拗陷作用，堆积了碳酸盐-硅质-陆源沉积建造及中基性火山岩建造，有壳下的玄武岩类岩浆及其分异产物侵入。之后，全部的火山-沉积建造承受了挤压作用，岩石发生区域变质，有巨大的弱酸性花岗岩岩基侵入。一些研究者又把这一时期分为独立的两个亚期：把拗陷过程及玄武岩类岩浆作用看成一个亚期；把主要褶皱作用时期及花岗岩岩基的形成称为另一个亚期。

在造山时期，地槽系的褶皱基底承受了构造岩浆的再造作用，这种作用表现为：巨型断裂带的形成、活化；固结基底的断块运动；隆起及构造洼地的形成；杂色磨拉石建造在洼地中的堆积以及特殊的酸性、亚碱性，少数为中、基性火山-侵入杂岩体的形成。

但是，地槽发展时期的上述程序只是概括性的。正如以下指出的那样，已知有一系列这样的地槽系，其中明显出现的只是纯地槽时期的过程，造山时期的作用只占次要位置；相反，也存在发育强烈造山作用的一些地槽，其中的纯地槽作用则明显减弱。

在地壳发展的地台-地槽阶段初期，出现了区分晚元古代或里菲期构造岩浆旋回的地质作用。这一时期的地槽系具有很慢的地壳拗陷作用，其中沉积物堆积的厚度达10—15km。拗陷明显地分异为冒地槽及优地槽。冒地槽分布于里菲期拗陷的外侧，其中主要沉积有粘土质-砂质沉积物，有时有碳酸盐沉积物。优地槽分布在拗陷的内侧，由细碧-辉绿岩、火山-硅质岩、碧石、次复理石及其它建造组成。其中发育有侵入的蛇绿岩。里菲期地槽岩系的变质作用是很不一致的，其变质程序可以从绿片岩相至角闪岩相；一些地槽槽地（乌拉尔-蒙古带的东西伯利亚段，地中

海带的中欧段)以具深熔作用、花岗岩化及发育顺层、切层花岗岩侵入体为特征。

里菲期出现了两个基本的褶皱作用时期:第一个时期(基巴尔或格林维尔时期)出现在里菲中期(1300—1000Ma以前);第2个时期(贝加尔时期)出现在里菲末期(600—500Ma以前)。在里菲地槽系中,基巴尔褶皱作用使一些活动带产生了固结作用;贝加尔褶皱作用以巴西活动带、非洲活动带的彻底稳定及其它活动带的局部固结作用而结束。

与沉积作用同时形成的内部隆起的发育、中间地块型构造单元的全部缺失这两个特点也是里菲地槽的典型特征。

里菲褶皱带结束于造山作用过程之中。这种造山作用不仅出现在里菲期地槽拗陷内,而且也见于围绕上述活动带的早期固结的构造断块内。这样就形成了里菲活化区;该活化区发育在南美(巴西褶皱带以东)、非洲(非洲带的西部及东部)、印度北部、澳大利亚西部及西伯利亚地台的南缘。

在早古生代(加里东)构造岩浆旋回期,未固结的里菲活动带继续发育,在贝加尔或更老的褶皱基底中形成了新的地槽拗陷。里菲-加里东活动带的基底是洋壳。这样的地槽(大西洋褶皱带)是在纯地槽期作用占绝对优势、造山作用占从属地位的条件下形成的;它们以发育相当厚的火山-沉积岩为特征,由辉绿玢岩、凝灰-硅质岩、砂岩-杂砂岩、有机质-粘土岩(“黑色页岩”)及碳酸盐-粘土岩建造组成。经强烈错动,这些岩石一般已变质成绿片岩(有时是绿帘石-角闪岩)相。个别地槽槽地分异为冒地槽拗陷及优地槽拗陷。

加里东地槽在已固结的陆壳中形成;在形成这类地槽过程中,纯地槽过程及造山过程的发育程度相同。在纯地槽时期,这些活动带发育的总特点与里菲-加里东地槽系类似。这些地槽系在总的褶皱作用以后出现了造山作用。造山作用引起早期深断裂的活化及新的深断裂的形成,在褶皱基底中沿上述断裂形成断块位移、广阔的穹形隆起以及切割这些隆起的造山洼地。造山洼地

很窄，主要由深断裂控制。在洼地中堆积了红色、杂色磨拉石沉积物以及安山-流纹岩系列的火山产物；它们有时被酸性、亚碱性喷发岩体贯穿。地槽系在承受了造山作用以后转变为年轻地台。在地壳发展史中的加里东活动带的纯地槽发育期，第一次明显地区分出了中间地块——由贝加尔期或更早期固结的变质及错动的坚硬岩石组成的广阔地块。

在加里东地槽拗陷中发育各种强烈的侵入岩浆活动。在纯地槽期形成了大量的超基性及基性岩侵入体；在其末期，形成了由玄武岩类岩浆分异出的花岗岩类的大岩体。在陆壳条件下形成的地槽中，在造山作用初期也形成了酸性的钾质花岗岩。

早古生代，在很多古老固结地区（北非、中澳、加拿大地台南部及东欧地台的一系列地区）内未见有纯地槽发育阶段，而同加里东造山作用一起发育基底断块运动；在洼地中堆积了陆源红色沉积物，发育分异的火山-侵入岩浆活动。以此为依据，Ю.Г. 列昂诺夫^[40]把加里东造山作用看成是全球性的独立的构造岩浆活动。

在晚古生代（海西）构造岩浆旋回中，在加里东褶皱作用过程中未稳定下来的里非-早古生代活动带继续发育。这些活动带的特征是：内部结构的明显的非均质性；内部存在地背斜坚硬隆起及中间地块；个别拗陷及其局部地段按地质发展方向产生明显的分异作用。

与此同时，在古生代末期，所有海西期活动带都产生了绿岩变质作用、强烈的褶皱作用；它们被岩浆产物贯穿，并变为年轻地台的固结基底。

按发展方向及结构特点，在海西期地槽带中可以划分出形成于洋壳中的地区。这些地区的特点是发育深拗陷作用并形成巨厚的火山-沉积岩系，其中主要是安山-玄武岩、细碧-角斑岩、硅质-碧石岩、陆源-火山岩及碳硅质岩建造。这些建造经常被基性-超基性岩侵入体及玄武岩岩浆分异产物的弱酸性花岗岩岩体贯穿。在这些地区内，造山发育期的产物分布较少，分布更少的是

褶皱期后的超酸性及亚碱性花岗岩侵入体。

在巨厚的陆壳中发育的海西期活动带以造山发育过程占主导地位为特征。其标志是：拗陷作用发育弱；陆源、陆源碳酸盐及碳泥质沉积物，特别是地槽期的堆积物的厚度薄；玄武岩类岩浆活动不强；巨厚的、不同成分的（红色、灰色陆源的，含煤的及含盐的）磨拉石沉积物发育广泛；在基底断块活动的环境中，大陆火山作用以及酸性、超酸性，有时为碱性火山-侵入及侵入杂岩体的发育强烈。

在海西期活动带中，还可以区分出在厚度变化非常明显的大陆壳中形成的地区。这类地区兼有上述两种地槽类型的特征；其中，既出现相当厚的火山-沉积岩系（基性-超基性岩侵入体，弱酸性花岗岩——玄武岩岩浆分异产物），也见有褶皱期后的大陆岩浆作用（浅成的酸性、亚碱性花岗岩及与其类似的潜火山岩产物）。这种岩浆作用在褶皱基底的断块运动过程中及磨拉石建造的堆积条件下形成。

海西期造山运动不仅出现在晚古生代地槽系中；它还涉及了一系列与其相邻的或是由早期固结产物构成的独特地区（西伯利亚地台西部，中国地台中部，巴西地盾东半部）。

总之，在地台-地槽阶段，除太平洋及地中海带的局部地段以外，地壳活动带的发展方向，是把地槽区逐步变为年轻地台的褶皱基底。沿活动带边缘，在早期固结的地块中，构造岩浆活化作用与地槽中的造山作用同时出现。在此期间，在古老地台中形成了它们的基本构造单元（地盾、拗拉谷、边缘克拉通拗陷、陆向斜、陆背斜及断层）。在古生代末期，大陆地壳的面积达到了最大规模，形成了巨型大陆——南半球为冈瓦纳古陆，北半球为劳亚古陆。它们包括了古老地台以及在里菲-古生代结束了褶皱作用的地区。

最后一个地壳发展阶段——中生代地壳发展阶段，包括从240—250Ma至现在这一时期^[45]；该阶段以岩石圈的全球性再造为特征。其表现是：产生并形成现代大陆及次生大洋洼地（大西

洋、印度洋及北冰洋洼地)；地台条件在大陆范围内占统治地位；与此同时，形成了强烈的构造岩浆活化及构造活化作用，这种活化作用既涉及到年轻地台，也涉及到古老地台的广大地区。在太平洋及地中海活动带的个别地带中地槽则继续发育。

在前古生代末期形成的巨型大陆地块，在此阶段分裂为现代大陆，大陆彼此之间由次生大洋（大西洋、印度洋及北冰洋）隔开。

中生代（基米里）地槽系出现在太平洋褶皱带内。根据发展方向，该地槽系分为内华达及科雷马两个类型。在内华达型地槽拗陷中，明显地形成了具优地槽及冒地槽特征的线状地块。头一类地块产于太平洋带东（美洲）半部的内侧，这些地块的特征是：基性及中性水下熔岩的强烈喷溢、硅质及陆源沉积物的堆积、火山-沉积岩的绿岩蚀变、玄武岩类及其分异产物——基性偏高的花岗岩类侵入体的广泛发育。在与加拿大及巴西地台一侧的优地槽相连的冒地槽地块中，堆积了陆源杂砂岩沉积物以及被钠质花岗岩类贯穿的少量碳酸盐沉积物。

科雷马型拗陷位于太平洋带的北西段；这些拗陷是在地台基底上形成的。在这些拗陷中堆积了复理石类陆源沉积物，它们局部与碳酸盐沉积物交替出现。中生代拗陷的主要构造单元是中间地块。

在中生代地槽系中，主要的褶皱作用或是出现在晚侏罗世—早白垩世，或是出现在白垩纪末期。在太平洋活动带的北西段，造山发育过程很显著。沿古老的活化了了的区域性断裂及重新形成的区域断裂，中生代褶皱基底承受了断块错动作用，形成了穹形断块隆起及洼地；在洼地中充填了杂色粗碎屑磨拉石沉积物，与其伴生的、是具有明显区别的玄武岩—安山岩—流纹岩（粗面流纹岩）系列的火山岩，以及陆源含煤沉积物。花岗岩类的潜火山岩及其浅成侵入体也得到了广泛发育：一些侵入于火山构造洼地范围，一些在穹形隆起中沿深断裂发育。在中生代地槽系中，造山发育期的典型构造单元是边缘拗陷；在这类拗陷中堆积了巨厚的