永平铜矿特殊矽卡岩的成因分析与成矿过程推理

赵志强

（中国地质大学资源学院）

摘　要　永平铜矿位于武夷山隆起北段，广丰—东乡—萍乡近EW向深大断裂带南侧，武夷山隆起与信江拗陷带的接壤地带，是一个以铜硫为主，伴有钨、银、铅、锌、钼的大型多金属矿床，其中层状矽卡岩低温形成一直是研究者探讨的问题。笔者结合自己的认识提出低温层状矽卡岩的特殊形成模式——低温汽水热液“蒸”出来的矽卡岩。

关键词　隆起　拗陷　双桥山群　脉状　推覆构造

永平铜矿位于武夷山隆起北段，广丰—东乡—萍乡近EW向深大断裂带南侧，武夷山隆起与信江拗陷带的接壤地带，处于扬子、华夏两个古板块及其间结合带的构造格局的控制下（图1），属饶南多金属成矿带的主要区段，是一个以铜硫为主，伴有钨、银、铅、锌、钼的大型多金属矿床。矿体主要呈层状赋存在叶家湾组等层状矽卡岩中，不少前人因此认为矿床属矽卡岩型，但是矿区的层状矽卡岩规模很大，远超过岩浆侵入体，而且与侵入体界线清楚，交代现象不明显，不具备传统接触交代矽卡岩的分带特征。传统接触交代的理论不能解释这种矽卡岩的成因。因此，本文借鉴前人的理论取其精华，结合各方面所取得的实际与实验资料，建立了一套符合实际的成因模型，能够合理地解释该地区矽卡岩的特殊性和成矿过程。

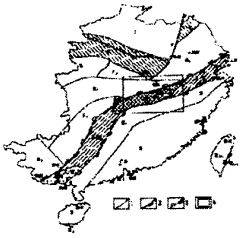


图1 中国东南陆区地质构造分区图

（引自：江西北部金属成矿地质）

1、地质界线；2、郯庐断裂；3、古板块缝合带；4、工作区；Ⅰ为华北板块-华北陆块；Ⅰ-Ⅱ为中央造山带；Ⅱ为扬子板块-扬子陆块；Ⅱ1为上扬子地块；Ⅱ2为中下扬子凹陷带；Ⅱ3为江南地块；Ⅱ4为雪峰过渡带；Ⅱ5为右江印支造山带；Ⅱ-Ⅲ为钦-杭结合（凹陷）带；Ⅱ-Ⅲ1为怀玉山岛弧地体；Ⅱ-Ⅲ2为万年推覆地体；Ⅱ-Ⅲ3为湘东加里造山带；Ⅱ-Ⅲ4为钦州华力西-印支造山带；Ⅲ为华夏板块-华南加里东造山带；Ⅲ1为罗宵-北武夷前褶断冲隆起带；Ⅲ2为琼南陆块；Ⅲ3为台湾造山带；Ⅲ4为台湾中央山脉造山带；Ⅲ5为海岸山脉造山带（菲律宾海板块）。

1　地质概况

该矿区主要出露两套地层。基底地层为元古界前震旦系双桥山群，是一套以片岩、片麻岩为主的变质岩。矿区范围内局部有混合岩化，与上覆地层呈明显的角度不整合接触。矿区所见盖层为石炭系和二叠系。中石炭统出泥质砂岩、页岩、碳酸盐岩和火山碎屑岩组成，矿区内多数遭变质，边缘部分混合岩化。上石炭下二叠主要是一套海相碳酸盐岩，夹少量碎屑岩（图2）。

中石炭统叶家湾组为主要的赋矿层位，也是层状矽卡岩的产出层位。



图2 江西永平矿区地质略图

（据江西地矿局912队修改）

1、上二叠统乐平组；2、中二叠统�delay家组；3、上石炭统船山组和二叠统茅口组；4、上石炭统黄龙组底组；5、片麻状花岗岩；6、似斑状黑云母花岗岩；7、花岗斑岩脉；8、石英斑岩；9、铁帽及矿体10、铅黑土；11、断裂；12、勘探线及编号；13、堆积体。

2　矽卡岩的特征

根据现有材料的介绍，笔者对该矿区的海相沉积成因理论比较认同，但是对于该地区的矽卡岩成因，持有不同的观点。

2.1　产状

该区矽卡岩主要是层状，层带状分布，产状的变化非常小，说明在形成矽卡岩的过程中侵入体并没有强烈上侵，破坏碳酸盐岩（海底沉积岩）的水平整合性。在图3中也可以看到层状矽卡岩与矿体整合产出，侵入体并没有如此大范围的与碳酸盐岩接触，再次说明侵入体当时并没有真正意义的上侵与碳酸盐岩接触，导致整体的产状变化。

2.2　分带性

在分带性上，传统的矽卡岩根据成分、结构和构造特征明显常具有分带现象，反映围岩与岩体成分的交换。根据现有的实际地质材料表明，永平铜矿层状矽卡岩的分带性不明显，不具备接触交代矽卡岩的分带特征，无内带，而外带发育。说明侵入体没有吸收围岩的成分，而侵入体为围岩体提供了物质成分，体现了单向的物质交换。

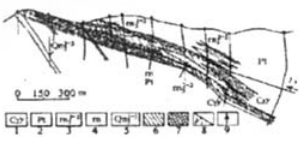


图3　永平矿区0线地质剖面示意图

1、石炭统叶家湾组；2、元古界双桥山组；3、似斑状黑云母花岗岩；4、花岗斑岩；5、石英斑岩；6、层状矽片岩；7、矿体；8.断层及编号；9.钻探工程。

2.3　规模

传统接触交代矽卡岩的规模一般较小，一般来讲，矽卡岩的规模远比岩体小。永平矿区层状矽卡岩的规模很大，长超3.5km，宽超2.5km，面积大于8.0km分布范围远比花岗岩体大，也比矿体分布范围大。

2.4　成分、结构和构造

传统接触交代矽卡岩的成分较为复杂，除主要成分石榴子石、辉石外，还有其它次要矿物数十种，甚至上百种，如方柱石、矽钙硼石等，结构也较复杂，常呈典型的不均匀粒状变晶结构、斑状变晶结构和包含变晶结构等。其构造一般为块状和斑杂状。

永平矿区层状矽卡岩的成分十分简单，主要由钙铝榴石和钙铁榴石组成，没有辉石，其它主要是含矿矿物，镜下鉴定表明，矽卡岩一般为粒状变晶结构。常见钙铁榴石交代黄铁矿的现象，即钙铁榴石中常见黄铁矿假象。说明黄铁矿形成时间比矽卡岩早，也说明钙铁榴石的形成与黄铁矿关系密切。层状矽卡岩以块状构造为主，也常见条带状构造。据现有野外观察资料说明，条带构造明显受原岩构造的控制，甚至是原岩条带状构造的残留。

2.5　形成温度

接触交代矽卡岩的形成温度范围较广，其上限可达800℃，最低可达200℃~300℃，但主要矿物石榴子石、辉石的形成温度一般为400℃~600℃。永平矿区层状矽卡岩的形成温度黄铁矿爆裂法测温为154℃~279℃，平均188℃，石英均一法测温为138℃~164℃，平均151℃，明显低于传统接触交代矽卡岩（廖宗廷《永平矿区层状矽卡岩的成因及成矿意义》）。

3　永平铜矿层状矽卡岩的形成假说

该部分是笔者参阅大量的资料，结合笔者的认识提出的低温层状矽卡岩的特殊形成模式——低温汽水热液“蒸”出来的矽卡岩。

该地区是扬子古陆与华夏古陆的板块缝合线处，该区在上古生界（D、C系）经历过一个剥蚀期，中泥盆世海水开始由南西向北东侵进，（即特提斯海侵）地层向北东退积，穿时性明显，赣北晚C才开始接受沉积。在后来到陆块扩张期，在退积序列中由滨海相浅海相沉积组合过渡时，是层状似层状金属矿床赋矿的有利层位。

在该区基底为震旦纪的花岗岩遭受变质成为片麻岩。根据《江西北部金属成矿地质》中说明，震旦纪前的华南纪、青白口纪出现大量的火山运动，扬子古陆与华南古陆在此期间运动强烈，即晋宁运动；扬子东南陆缘固结华南裂谷系形成古板块对接，裂谷火山和弧盆火山的运动，为后期的成矿提供了金铜矿源。在后期即加里东运动中，江南地区隆升第二次岩浆活动的物质表现则非常有利于笔者的假设。该时期的火山岩为中酸性的火山物质其中的化学成分富Al低K、Na，而W的含量异常的高，这些物质表现恰好与现有实际材料相吻合，顺其推理应该是该次岩浆活动主要影响着矽卡岩的形成。

从现有一些材料可知，在石炭纪、二叠纪时期，该地区恰属于扬子古陆扩张、特提斯海侵期。该地区为滨浅海相，受陆块扩张应力的挤压作用，在板块缝合线出发生多处深大断裂，在其边缘形成

万方数据

凹陷带，在隆起与凹陷相接触地带就是岩层的薄弱地带，岩层的渗滤性最大。在基底提供丰富成矿元素的前提下，在古陆边缘大气降水和海底的盐水逐步渗入地壳，由于地热梯度的影响，随深度的加深，温度逐渐上升，下渗水温度也逐步上升。在到达加里东运动期基底时，下渗水无法承受上地幔中巨大热能的驱动下与岩浆水混合，开始向上运动向低能环境转移，构成循环。三种热液的混合，构成了高Na、K含量的热卤水，向上运移进入震旦纪的花岗岩区。此时高温高盐（NaCl）热卤水具有很强的溶矿性能，将流经围岩中的Cu、Au等矿物元素萃取运移（铜主要以络合物形式存在）到海底表层，在海底压力陡骤然减小，Eh、Ph条件变化时Cu等成矿物质开始卸载沉积形成原始的富矿胶体化合物。

那么矽卡岩是如何形成的呢？在现有资料中，发现铜矿层和矽卡岩岩层是间隔产出的，并且有后期的岩脉穿插（图4），那么说明有一段时期主要是碳酸岩的沉积，富铜化合物停止沉积或者沉积量减少，沉积时间都在C、P期。富铜化合物沉积量是否变化是重点。笔者在《低温地球化学》中发现NaCl溶液在溶解动力学试验中，其中Cu的浓度随时间具有明显的振荡变化现象，说明热卤水中的成矿元素可能也有震荡性变化。当Cu的浓度较低时，热卤水开始更多的萃取酸性岩浆岩中的Fe、Al、等元素，并且NaCl浓度的上升，SiO_2的溶解度也是很大的。这样，当此时的热卤水上升到海底表面时就给此时沉积形成的碳酸盐岩层提供了一种富含Fe、Al、Si的环境。

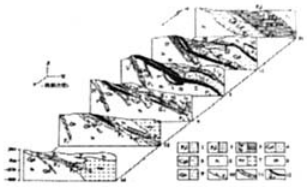


图4 江西永平矿区联系剖面对比图（据江西地矿局912队、江西地科所资料修改）
1、上二叠统乐平组上段；2、中二叠统李家组；3、中二叠统小江边组、栖霞组；4、上石炭统-下二叠统船山组；5、上石炭统摘墙底组；6、片麻状花岗岩；7、似斑状黑云母花岗岩；8、花岗斑岩；9、石英斑岩；10、逆断层及编号；11、含铅铜黑土；12、铜硫矿体

根据（Zierenberg，et al.，1993)研究发现Escanab海槽的108℃—217℃，参考此处地形类似于海槽当时的正常温度也可能是200℃左右甚至是更低，导致辉石无法形成。然而碳酸盐在这样的环境下沉积，虽然本身并不富含Fe、Al元素，但是就象在蒸锅里被“蒸”着一样，下部的热液不断上涌一方面提供了丰富的Fe、Al、Si元素，使其在漫长的演变过程中发生矽卡岩化，形成钙铝榴石和钙铁榴石型矽卡岩。另一方面阻止了上部元素（碳酸盐中的元素）与基底的岩体交换，这样就出现了我们实际中的现象：永平铜矿层状矽卡岩的分带性不明显，不具备接触交代矽卡岩的分带特征，无内带，即侵入岩体无矽卡岩化，岩体与矽卡岩界线清楚。

在《中国矽卡岩和矽卡岩矿床形成机理的试验研究》中研究表明，钙铝榴石和钙铁榴石的试验温度都在500℃以上才能发生，但是笔者认为在自然条件下，温度等因素并不是决定性因素，水岩反应也是活化分子的有效碰撞，超长的反应时间可以弥补温度的影响。另一方面考虑到地质的演变的复杂性，虽然推测该地区当时的温度可能在200℃左右，但是不排除后期岩浆活动剧烈，导致在某一短暂时期温度突然上升，影响此时的化学反应。从物质基础上考虑对整个矽卡岩化起影响的主导因素还是当时的海底热流环境，丰富的物质元素为矽卡岩化提供了必要的物质保障。

4 矿区的后期改造过程

在中生代的燕山运动过程中，矿区被改造的程度较为严重，主要表现在褶皱的富矿作用和岩浆侵入体对矿体的切割迁移过程。

笔者认为，侵入体的上侵，能量的不断增强，受热不均匀现象不断增强，部分早期形成的原始矿体在汽水热液的作用下，不断地被迁移，远离热能的集中区域，就象中心受热被融化的流体一样，不断地向边缘迁移集中到低能的环境中。这样就造成高能中心区域矿体被迁移，出现“近岩体变贫，远岩体则变富变厚”的现象。在对此岩体的地质年代测定时发现，该岩体同位素年龄为183Ma，侵入时间为燕山期。所以，笔者认为燕山期的岩浆侵入对矿体及矽卡岩有后期的改造作用。

参考文献

[1] 杨明桂等．江西北部金属成矿地质．北京：中国大地出版社，2004：1，122-124

[2] 梁祥济．中国矽卡岩和矽卡岩矿床形成机理的试验研究．学苑出版社，2000：33-55

[3] 涂光炽等．低温地球化学．科学出版社，1998：139-254

[4] 廖宗廷，马婷婷，李玉加．永平矿区层状矽卡岩的成因及成矿意义．同济大学学报，2001，29（11）：1322-1326

[5] 倪培，田京辉等．江西永平铜矿下盘网脉状矿化的流体包裹体研究．岩石学，2005，21（5）：1339-1346

[6] 田京辉，倪培，范建国．永平铜矿成矿流体特征研究．地质找矿丛论，2001，16（1）：24-27

[7] 廖宗廷，刘金水．永平铜矿海底火山热液沉积成矿作用的依据．铜业工程，2003（1）：31-35

[8] 杜灵通．江西永平铜矿成矿物质来源及矿床成因分析．资源环境与工程，2005，19（1）：4-11

[9] 韩发，孙海田等．Sedex型矿床成矿系统

[10] Zierenberg R A，Shanks W C Ⅲ．Isotopic studies and epigenetic features in metalliferous sediment，A-Ⅱ deep，Red Sea. The Canidian Mineralogist，1988，26: 737～753L

作者简介 赵志强（1985-），中国地质大学（武汉）资源学院本科生，资源勘察工程专业。

（收稿日期：2007·05·28）

（接64页） It is rather for us to be here dedicated to the great task remaining before us (15) that from these honored dead we take increased devotion to that cause for which they gave the last full measure of devotion (16) that we here highly resolve that these dead shall not have died in vain (17) that this nation, under God, shall have a new birth of freedom (18) and that government of the people, by the people, for the people, shall not perish from the earth. 从⑦⑧小句我们可以看出他们的主位是不相同的，述位从表面上看也不一样，但是这只是表面的，我们来对比一下这两句中的述位的这两部分，形式虽不同，但他们表示的意义却基本是一样的，因此我们可以认定这两句间的主位推进模式是第二种即集中型的。第(9)(11)主句的主位也是一样的，(11)句中的it指的就是第(9)句中的the world。因此这两句话之间的主位推进模式为平行型的。(13)和(14)小句的主位完全一样，主位推进模式也是平行型的。(15)小句的主位与(13)述位部分相同，这两句主位推进模式为延续型的。(15)句的述位又与(16)的主位相同，他们之间的主位推进模式就是延续型的。(16) (17) (18)三小句之间的述位是相近的，这三句的主位推进模式是集中型的。

从以上的分析我们可以看出，本篇演讲中大量运用了平行型的主位推进模式，其次是集中型的，也用了延续型的，而交叉型的几乎没用，是因为它比较复杂，不适合出现在交谈以及宣讲中。

参考文献

[1] Thompson，G Introducing Functional Grammar [M]. Beijing: Foreign Language Teaching and Research Press，2000

[2] Eggins，Suzanne. An Introduction to System Functional Linguistics [M]. London: Pinter Publishers Ltd，1994

[3] 黄国文．语篇分析概要[M]．长沙：湖南教育出版社，1989

[4] 黄国文．语篇分析分析的理论与实践[M]．上海：上海外语教育出版社，2001

[5] 王欣的功能语法分析[J]．西安外国语学院学报，2003(1)

作者简介 谢艳霞（1979-），女，武汉工业学院外语系教师，研究方向为语篇分析、功能语言学。

（收稿日期：2007·06·22）

万方数据

永平铜矿特殊矽卡岩的成因分析与成矿过程推理

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 赵志强
作者单位： 中国地质大学资源学院
刊名： 内江科技
英文刊名： NEIJIANG KEJI
年，卷(期)： 2007，28(9)
被引用次数： 0次

参考文献(10条)

1. 杨明桂 江西北部金属成矿地质 2004

2. 梁祥济 中国矽卡岩和矽卡岩矿床形成机理的试验研究 2000

3. 涂光炽 低温地球化学 1998

4. 廖宗廷. 马婷婷. 李玉加 永平矿区层状矽卡岩的成因及成矿意义[期刊论文]-同济大学学报 2001(11)

5. 倪培. 田京辉 江西永平铜矿下盘网脉状矿化的流体包裹体研究[期刊论文]-岩石学报 2005(05)

6. 田京辉. 倪培. 范建国 永平铜矿成矿流体特征研究[期刊论文]-地质找矿丛论 2001(01)

7. 廖宗廷. 刘金水. 永平 铜矿海底火山热液沉积成矿作用的依据[期刊论文]-铜业工程 2003(01)

8. 杜灵通 江西永平铜矿成矿物质来源及矿床成因分析[期刊论文]-资源环境与工程 2005(01)

9. 韩发. 孙海田 Sedex型矿床成矿系统

10. Zierenberg R A. Shanks W C Ⅲ Isotopic studies and epigenetic features in metalliferous sediment, A-Ⅱ deep, Red Sea 1988

相似文献(10条)

1. 学位论文 柏道远 湘东南中生代花岗岩及其成矿作用的构造背景 2005

湖南东南部地区位于扬子陆块与华南陆块的接合地带，属南岭东西向构造-岩浆-成矿带中段北部。经历了武陵、加里东、海西—印支、燕山、喜山等几个主要构造发展阶段。以茶陵—郴州断裂为界分为2个不同的构造单元，东面为炎陵—汝城隆起区，出露大量前泥盆纪地层(褶皱基底)；西面为衡阳—桂阳拗陷带，主要发育泥盆纪—三叠纪盖层沉积，前泥盆纪基底仅于局部隆起带小块出露。区内中生代花岗岩与有色金属矿产非常发育，且成岩成矿在不同构造单元具显著差异。

印支期花岗岩在断裂东面隆起区内酸性程度高，主要为黑云母二长花岗岩、二云母二长花岗岩，物质来源于沉积岩类；西面拗陷区花岗岩基性程度较高，主要为角闪石黑云母花岗闪长岩、角闪石黑云母二长花岗岩为主，少量黑云母二长花岗岩，物质主要来源于基性岩的部分熔融。燕山早期花岗岩在东面隆起区分布面积广，主要为黑(白)云母二长花岗岩等，多组成规模较大的中深成岩体，原岩主要来源于中下地壳，并有少量地幔物质加入；西面拗陷区内岩石分布面积小，除局部隆起地带发育酸性程度高的二长花岗岩外，主要为小型浅成—超浅成小岩体，偏基性的花岗闪长斑岩大量发育，源岩除有中下地壳物质外，还有大量来自地幔的成分加入。

茶-郴断裂以东的隆起区以及断裂以西拗陷区内局部隆起地带，主要发育钨锡多金属成矿系列，成矿岩体为酸性程度较高的中深成二长花岗岩等；断裂以西拗陷区内主要发育铜铅锌多金属成矿系列，成矿岩体为浅成花岗斑岩、花岗闪长斑岩等。

经对湘东南地区中生代构造-岩浆-成矿动力学过程进行系统研究，取得以下新进展与新认识：

通过本项目新测得的锆石SHRIMPU-Pb法和Ar-Ar法年龄，结合前人已有的大量同位素年龄数据，对湘东南地区中生代3个主要阶段花岗岩形成的具体时限进行了较精确的厘定和总结：第一阶段印支期时限约为233～210Ma，即中三叠世末—晚三叠世后期；第二阶段燕山早期时限约为174～135Ma，即中侏罗世早期—晚侏罗世；第三阶段燕山晚期，时限约为130～85Ma，即白垩纪。

大量构造环境的地球化学判别图解，以及对岩体地质地球化学特征、陆相盆地、火山岩、构造变形等地质因素的时代与特征等多方面的综合研究表明，不同阶段花岗岩形成的构造环境有别。印支期花岗岩形成于陆内同造山构造环境，且于主俯冲汇聚的峰期之后挤压松弛条件下侵位；燕山早期花岗岩形成于后造山伸展构造环境；燕山晚期花岗岩形成于陆内裂谷环境。

研究表明区域构造格架和岩石圈结构主要控制了中生代花岗岩浆活动。印支后期，茶-郴断裂以东的隆起区由于俯冲板片的叠置与横向收缩，地壳厚度大，加厚熔融机制使中地壳结晶片岩、片麻岩熔融，形成酸性程度高的花岗质岩浆；断裂以西的拗陷区增厚幅度较小，下地壳基性岩熔融而形成偏基性岩浆。燕山早期，隆起区以及拗陷区内的局部隆起地带，可能由于具有厚的地壳与地幔岩石圈，岩石圈发生大规模拆沉，导致中地壳结晶片岩大量熔融，从而形成酸性程度高的规模较大的中深成岩体；拗陷区陆壳和地幔岩石圈较薄，壳幔作用及其引起的热扰动作用较弱，中地壳结晶片岩以及下地壳偏基性岩少量熔融，沿断裂上侵于近地表而分别形成酸性程度高的花岗斑岩和石英斑岩、偏基性的花岗闪长斑岩小岩体。

提出并论证了区内印支期花岗岩成矿能力差，而燕山早期花岗岩成矿能力强的原因，认为可能主要是由于构造体制不同所致。前者形成于区域挤压构造体制，不发育开放的断裂与裂隙系统，不利于成矿。而后者则形成于区域后造山的拉张构造环境，断裂与裂隙系统高度开放，有利于成矿流体的运移、物质交换与矿质沉淀。

提出了湘东南燕山早期成矿差异性和成矿专属性的主要深层原因是构造背景差异的新认识。茶郴大断裂以东的隆起区(包括断裂带)，以及断裂以西拗陷区内的局部隆起地带，由于中地壳结晶片岩大量熔融形成大规模岩浆房(侵位形成较大规模的二长花岗岩—碱长花岗岩岩体)，大批量的部分熔融作用、结晶分离作用等造成W、Sn等不相容元素的富集，从而在侵位深度较大，温度较高的环境下形成W、Sn多金属成矿系列。由于岩浆量大，对深部Cu、Pb、Zn、Au等矿质起到了屏蔽作用，从而限制了这些中低温矿产的发育。西面拗陷区由于岩浆量少及相对薄而简单的陆壳结构，形成超浅成小岩体。由于地壳重熔岩浆量小，不能形成W、Sn等亲花岗岩元素的大规模富集；而来源于深部地幔和下地壳的Pb、Zn、Cu、Au等相容成矿元素则源源不断顺利地运移到近地表而富集成矿。同时由于岩体规模很小，供热有限，加之近地表高度开放环境下热量极易散失，使得成矿温度偏低，亦不利于中高温矿床形成。

研究发现W、Sn多金属矿床中，W和Sn所占比重与岩体侵位深度有一定关系，总体上W花岗岩较Sn花岗岩的形成深度大。对这一成矿规律的合理解释是：由于W的成矿温度相对较高，当岩体侵位深度相对较大时，花岗岩结晶温度一般相对较高，W、Sn成矿倾向于以W为主；相反，侵位深度相对较小时矿床倾向于以Sn为主。此外，相对高侵位岩体通常为结晶演化晚期产物，由于规模较小、温度较低、以及更富挥发分等原因，倾向于形成Sn、Nb、Ta等矿产

。

此外，还就岩体规模、产状等与成矿的关系，地质构造对成矿作用的控制等进行了阐述。

2.期刊论文 管俊芳.GUAN Jun-fang 周口拗陷和通许隆起二叠纪砂岩中石英的二次增生 -华北水利水电学院学报2000,21(2)

对周口和通许两地区4口井砂岩的薄片观察、多种测试、分析,发现砂岩中石英的增生可分窄边型、宽边型和自形边型3种,增生石英的发育情况与砂岩的类型、成分等密切相关.宽边和自形边型增生石英形成的温度一般在100℃～150℃.硅质物来源主要是孔隙内原生孔隙水供给、成岩过程中泥层蒙脱石→伊利石转化供给、或长石的溶解作用供给.成岩中晚期有机质向烃转化发生脱羧基作用,地下流体变为酸性,促进了长石颗粒的溶解,增加了硅物质供给.通过研究该地区内砂岩石英的增生,对进一步分析区内砂岩的孔隙演化、次生孔隙形成、砂岩储层物性等具有重要意义.

3.学位论文 闫晓蔚 Lg尾波衰减成像研究——北京及邻区衰减成像 2002

该文就是将Xie等人的SSR法开发应用于区域地震的Lg尾波Q的研究中.利用北京遥测地震台网1989-1998年信噪比较高的地震记录,测量出单台Lg尾波Q和频率相关因子η.测量结果表明,SIS模型是研究尾波衰减的一种合理简化;SSR方法完全可以用于区域地震Lg尾波的研究,得到稳定的Lg尾波Q.根据实测的Lg尾波Q,独立开发和编制了用于区域Lg尾波Q.反演的软件,并对北京及其邻近地区地壳内Lg尾波Q的空间分布进行反演.反演结果表明,研究区Q<,0>(1Hz时的Q值)的颁表现出显著的横向不均匀性,这种不均匀性与地质构造明显相关：隆起区具有较高的Q值,如研究区中的燕山隆起、太行隆起、鲁西隆起;拗陷区Q值较低,如冀中拗陷、黄骅拗陷、济阳拗陷,两者之间界线明显;Lg尾波Q的分布和地壳速度结构存在某种相关性,即高速区对应高Q,低速区对应低Q,两者分布的形态和边界都比较吻合;此外,在该研究区内,低Q区对应较高的热流值.Q值的高低,是岩石固态岩相、孔隙度、孔隙流体含量、热流值等的综合反映.研究区内隆起区和拗陷区Q值的差异,反映出隆起区和拗陷区地壳结构、岩石物理性质的差异.综上所述,Lg尾波Q的研究有助于我们了解地震波在非均匀介质中的传播机制、尾波的形成机制、尾波衰减的物理本质,其Q值的空间分布结合速度、地热结果以及其他实验室的结果,可以推动对地壳的复杂结构、横向不均匀性特征的进一步了解.

4.期刊论文 张兆琪 新论山西中新生代构造划分 -华北国土资源2009(3)

试以地幔热柱观点的为理论依据,以隆起作为主线对山西的构造单元进行划分.构造单元的分界线不再选择较大规模的断裂为界,而是以地体隆升后引发的地层挠褶构造带为界.以此划分出山西燕山期两个Ⅱ级构造单元,在Ⅱ级构造单元中划分出11个Ⅲ级构造单元;划分出山西喜马拉雅期5个Ⅲ级构造单元.

5.期刊论文 胡中民.王夫运.刘明军.花鑫升.邓晓华.HU Zhong-min.WANG Fu-yun.LIU Ming-jun.HUA Xin-sheng.DENG Xiao-hua 用Pg波走时反演首都圈地区的上地壳速度结构 -华北地震科学2008,26(2)

为了弄清首都圈地区上地壳速度精细结构,本文使用了迄今为止在我国大陆最为密集炮间距高分辨折射和宽角反射/折射综合地震测深剖面-天津-北京-赤城剖面的Pg波走时资料,反演了首都圈地区的上地壳速度结构.根据上地壳速度结构特征,可将整个剖面大致分为华北盆地拗陷区和燕山台褶隆起区,其中华北盆地又可以细分为黄骅拗陷、沧县隆起、骥中拗陷等,大厂拗陷、通县隆起、北京拗陷和京西隆起为燕山隆起区的前缘部分.华北平原区以低速结构的拗陷为主,地表速度较低,基底埋深深,盖层厚,垂直速度梯度大;而在燕山山区则以高速结构的隆起为主,地表速度较高,基底埋深浅,盖层较薄,垂直速度梯度小.基底面起伏大,最深处达到6km以上,最浅处不足1km.

6.学位论文 胡中民 用地震走时反演首都圈地区的地壳速度结构 2008

本文详细的介绍了Zelt和Smith在1992年提出的射线反演算法，并将该算法应用到天津—北京—赤城地震测深剖面，反演得到了首都圈地区的二维地壳速度结构。

具体工作如下：首先对野外采集得到的原始数据进行走时拾取，得到了反射和折射震相的走时数据，然后用射线反演方法对首都圈地区的地壳速度结构进行反演。反演时从三个不同的初始模型出发，对首都圈地区的地壳速度结构进行反演，最终得到了首都圈地区的速度结构以及参数的分辨率和误差等信息。并将射线反演方法得到的速度结构和其它方法得到的速度结构进行了比较分析，讨论了它们之间的异同及造成差异的原因。

通过分析反演得到的结果，我们得到以下结论：研究区的地壳速度结构在纵向和横向均具有明显的非均匀性，整个地壳呈层状结构，可分为上地壳、中地壳和下地壳。上地壳由地表和基底构成，测线东南段地表速度小于西北段，但是速度梯度大于西北段；基底界面起伏较大，从东南到西北依次可分为黄骅拗陷、沧县隆起、冀中拗陷、大厂拗陷、通县隆起、北京拗陷、京西隆起和燕山褶皱带等；上地壳界面起伏不大，在天津和武清之间有一个高速隆起区。中地壳界面起伏很大，在武清和北京之间有一个较大的低速体。莫霍界面起伏较大，从东南向西北逐渐加深，特别是在燕山隆起和华北盆地的交界处，深度变化剧烈，落差达7km以上。

本文特点在于将射线反演方法应用到首都圈地区的地壳速度结构反演，该方法适用于任意类型的体波地震数据，能同时反演速度和界面深度，与正演试错法相比，它能提供对模型参数分辨率、不确定性和非唯一性的估计，大大减少数据解释时间，特别适合多炮点地震宽角反射和折射走时数据的反演。

7.期刊论文 汤朝阳.姚华舟.牛志军.段其发.赵小明.王建雄.TANG Zhao-yang.YAO Hua-zhou.NIU Zhi-jun.DUAN Qi-fa.ZHAO Xiao-ming.WANG Jian-xiong 羌塘北部拗陷东段晚三叠世地层沉积特征对比 -地质与资源2006,15(2)

研究区内晚三叠世土门格拉群(组)、结扎群、巴塘群分布于长江源各拉丹冬地区南北两侧,夹于金沙江缝合带南侧和前缘隆起带之间,呈NW向带状分布.笔者在1:25万区域地质调查基础上,通过实测剖面的详细研究和区域对比,从生物群面貌、岩石类型及其组合、基本层序和沉积相角度进行了分析.沉积古地理格局显示出总体南浅北深的特点,南部靠近羌塘盆地中央隆起带,陆源物质供应丰富;向北至雀莫错一带因远离中央隆起,陆源物质供应相对较少,泥、灰岩增多,灰岩中化石丰富,双壳类、菊石类等生物群得以快速发展;沿北东,靠近金沙江缝合带,受其活动影响而表现出火山活动频繁.这3个群(组)可很好对比,基本特征相同,因此认为是同一地质时期同一构造单元不同构造部位之沉积产物.

8.学位论文 耿喜哲 西藏羌塘地块MT资料解释与青藏高原电性特征研究 2002

青藏高原巨厚的地壳和它整体区域性抬升的事实表明自冈瓦纳古陆解体以后，印度板块分小块相继北移，并于早白垩纪、晚白垩纪和始新世—渐新世期间接连与欧亚大陆碰撞，形成了青藏高原当前的格局。青藏高原地质结构在总体格局上是由被5条缝合带分隔的6个地体组合而成的。地体的拼接作用北部早，南部晚，自早古生代依次向南迁移，直到始新世喜马拉雅地体的拼合，高原形成一个整体。这一现象符合冈瓦纳大陆裂离、亚洲大陆依次向南增生的理论。羌塘地块岩石圈厚度巨大，地质构造复杂，两侧缝合带中蛇绿岩发育，并在热显示上构成青藏高原南北不同的差异带。羌塘地块经历了晚古生代至中生代特提斯海(洋)盆开合演化和新生代青藏高原构造隆升两个不同尺度和不同类型的动力学过程。因此，羌塘地块的地质—地球物理研究具有重要的理论和实际意义。

大地电磁法是研究地壳、上地幔构造的一种有效手段；国内外的资料均表明大地电磁法能发现壳内的部分熔融层和上地幔软流层，它们的构造形态与地震、火山活动以及一些重要矿产的形成、分布密切相关。通过对羌塘地块MT剖面资料进行深入研究，得出以下结论：1、羌塘地块南北边界均为断裂接触，都向北倾。由北向南的逆冲断裂直接控制着羌塘地块的形成和演化。2、三条MT剖面都显示羌塘地块电性特征在南北方向上呈两拗夹一隆的分布格局，即由羌塘地块的中部隆起将羌塘地块分为南北羌塘拗陷；在东西方向上呈西强东弱趋势，唐古拉隆起和阿木岗日隆起并不相同，表明羌塘地块具有南北分带，东西分块的构造格局。3、南北羌塘拗陷在深部电性结构上有比较明显的差异，主要反映在下地壳的高导层。在南羌塘存在两个壳内高导层；在北羌塘只有一个壳内高导层。南羌塘的第二个壳内高导层相对较厚。4、羌塘地块南北两个拗陷沉积较厚的侏罗纪碳酸盐岩—碎屑岩，两个断裂带及北羌塘拗陷火山岩比较发育，在电性特征上均有比较明显的反映。

整个青藏高原壳内高导层分布具有南浅北深、由南向北低角度叠瓦状俯冲的特征。不同的是藏南地区壳内存在两个高导层，藏北地区壳内只有一个高导层。和莫霍界面情况一样，壳内高导层在雅鲁藏布江缝合带和班公错—怒江缝合带两侧被错断，而且班公错—怒江缝合带还是岩石圈厚度的陡变带。雅鲁藏布江缝合带、班公错—怒江缝合带和金沙江缝合带都是贯穿岩石圈的深断裂。总之，高原及周边岩石圈电性分布特征为研究青藏高原形成、演化等研究提供了重要依据。

在MT工作中通过重点研究剖面的分析，发现在羌中隆起深部存在非常明显的低阻电性显示。从不同剖面深部电性特征上来看，东部唐古拉隆起与西

部羌中隆起的电性特征并不相同，是否为同一电性异常带，对于(龙木错—双湖—)澜沧江断裂(缝合带)存在与否具有非常重要的意义。

本次论文工作在深入研究羌塘地块的地质—地球物理特征的同时，综合前人的地质—地球物理研究成果，对青藏高原的电性结构进行了系统地对比分析，初步形成统一的青藏高原地质—地球物理综合解释框架，从而为青藏高原隆升机制和演化历史的研究奠定基础。

9. 会议论文 温声明. 丁长辉. 刘兴晓. 许怀智. 王贵重 塔里木盆地塔东南地区构造特征 2005

根据地质、地震、非地震综合研究表明,塔东南地区经历了塔里木运动、加里东运动、海西运动和印支-燕山运动及喜山运动的建造与改造,最终形成现今的构造格局.早期(加里东中晚期)NE-SW走向的逆冲断裂系统和晚期(中新生代)由板块拼合所形成的SN走向的走滑断裂系统控制着次级构造单元的平面分布格局,其中车尔臣断裂是工区北部的一条边界断裂,对塔东南地区的构造演化和沉积盖层发育都具重要意义.地震、非地震资料揭示,塔南隆起和东南拗陷为一整体隆起--塔东南隆起,在其之上发育"两凹三凸"五个次级构造单元,其中民丰凹陷、瓦石峡凹陷分别为中生代、古近纪挤压型凹陷,地层保存相对完整,推测烃源岩较发育,是下步勘探的重点地区.

10. 期刊论文 张义. 李亚林. 黄继钧. ZHANG Yi. LI Ya-lin. HUANG Ji-jun 西藏措勤盆地构造特征与地壳缩短 -沉积与特提斯地质2008,28(1)

措勤盆地为青藏高原仅次于羌塘盆地的第二大海相盆地,笔者通过对盆地基底和盖层变形特征分析,将措勤盆地基底划分为北部拗陷、北部隆起、中部拗陷和南部隆起4个一级构造单元;盖层划分为北部拗褶带、北部冲断带、中部拗褶带、南部冲断带和南部拗褶带5个一级构造单元,并利用平衡剖面计算得到措勤盆地晚白垩世缩短约24%.

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_neijkj200709078.aspx
授权使用：长江水利委员会(cjslwyh)，授权号：61634c59-630d-4aaa-aecb-9e82015dce9d
下载时间：2011年2月6日