维普资讯 http://www.cqvip.com

金矿床，成矿区，矿床类型，地质背景 ③

13-19

智利金矿成矿区区域地质背景及矿床类型

王明胜

P618.570.7

智利有铜矿王国之称，相比之下，金矿没有象铜矿那样著名，但在80年代末发现了埃尔印第奥（El Indio）、塔姆波（Tamb）、乔克里姆皮（Choquelimpie）、埃尔奥斯（El Hueso）、拉科帕（La Lcipa）等金矿床，这样1990年智利的金产量达到31.6t，使智利的金产量上升到世界第9位。

智利有18个金矿床，每一个矿床的金储量≥10t，总储量＞1000t，主要类型为低温热液型和斑岩型。

智利沿海地区金矿床较少，高硫和斑岩型矿床集中在科迪勒拉附近或海拔4000m的地区，低硫矿床位于高硫矿床的两端，科迪勒拉是世界上含硫最高的低温热液矿区，其范围比低硫低温热液矿床大得多。

智利低温热液矿床大多以火山岩型为主，属于聚敛大陆边缘型。中生代、新生代南美板块前缘岩浆岩带时代界线非常明显，此带伴生热液蚀变带（包括贵金属），在早白垩世、白垩世末期、古新世、始新世晚期—早渐新世、渐新世晚期—中新世中期和中新世中晚期低温热液矿床的发育和浮部含金环境同构造岩浆活动有关。

智利安第斯山脉大部分是雁列式岩浆岩带，此带沿连续发育的北美、南美板块的西部边

要是角闪岩或榴辉岩（水化的镁铁质岩）源岩的部分熔融。

如果没有陆壳存在，则通常不会出现大量花岗岩和流纹岩，换言之，出现大量花岗岩或流纹岩的地区，就有先存的大陆地壳存在。因此，幔源岩浆在地壳中的相互作用可形成花岗岩和流纹岩，源岩物质可以是先存的火成成因的岩石（如安山岩或奥长花岗岩），形成所谓的I型花岗岩，或者是沉积岩，形成所谓的S型花岗岩。

地壳深熔作用也是大部分花岗质和流纹质岩浆生成的机制。造成深熔作用的热源有：(1)地壳减薄引起的软流圈上涌；（2）大型镁铁质岩体侵入地壳；（3）构造作用引起的地壳增厚。

非造山（A型）花岗岩的成因尚难确定，一般认为是幔源玄武岩岩浆经分异作用并同化、混染部分地壳物质的演化产物。它的CaO含量比I型花岗岩低，Al_2O_3含量比S型花岗岩低。

本文主要参考了1991年出版的《地质科学的机会与挑战》、《构造变形分析的理论、方法和实践》、《中国西部特提斯构造域演化及成矿作用》以及亚东—格尔木地学断面专题文集等。

维普资讯 http://www.cqvip.com

缘，从阿拉斯加向智利延伸。近年来对安第斯山脉的岩浆活动和构造演化进行了多次研究，并对南纬27°—33°之间浅层俯冲带上的第三纪岩浆岩的分布、时代划分、岩石特征、地球化学特征等进行了研究，此带是智利的主要产金区。

1 金矿成矿区区域地质背景

智利低温热液金矿床是白垩纪—新生代的产物。矿床和火山岩分布在海洋—大陆非碰撞型聚合板块边缘上，这是一条弯曲的向北、北东方向延伸，大致平行于太平洋海岸的岩浆带。大部分矿床与蚀变火山岩、次火山岩有关。南部和北部的岩浆作用在性质、范围、时间上存在变异，这种变异作用成功地控制着成矿事件。

在智利中部的晚白垩世脉岩发育区和热液蚀变带，形成了古新世—始新世火山岩，在安托法加斯塔地区（Antofagasta）（南纬21°—26°）古新世—始新世的火山岩构成了一个大的火山区，那里发育有低温热液型贵金属矿并伴随有同期蚀变的斑岩铜矿。

智利北部晚始新世—早渐新世火山作用逐渐减弱，最后停止下来，可能形成高度倾斜的板块聚合带，由于渐新世平移断层的形成，含铜斑岩的侵位受到了限制。

智利北—中部（南纬26°—31°）晚渐新世到中中新世岩浆区的矿床同现代智利安第斯山脉的非火山岩型扁平状矿体大致吻合，并形成了已知的最大的低温热液矿床，象埃尔印第奥，塔姆波、内沃达、拉佩帕、洛博、马尔泰，拉科帕等都是以渐新世—中新世的火山岩为围岩，这些矿床伴生着较大的早期泥质蚀变带，其些岩层中发育有浅层岩株和塑性穹隆。在中中新世混合型火山岩中，一些较老的蚀变带的上部发现了较新的蚀变矿化体，主要蚀变活动始于23Ma，主要活动发生在18—16Ma，随之继续活动，最后到11～8Ma蚀变活动停止下来。渐新世—中新世的贵金属矿床和成矿带的出露是由于沉积后被侵蚀和晚中新世火山作用的东移，也可能是由于南纬26°30′—33°地区浅层消减带消减作用的结果。

1.1 前侏罗纪构造演化

前侏罗纪构造区由前寒武纪—早古生代外来或位移的各种地体碎块和晚古生代冈瓦纳大陆位移地体组成。早石炭世岩浆弧贯穿于智利、阿根廷的安第斯山脉，此弧被限制在海洋附近的增生棱柱体和冈瓦纳内陆的前沿沉积盆地之间，在塔尔塔尔发育较好的增生棱柱体包括弧前盆地，并伴随着一对变质带的俯冲混合岩群，洋底碎块和深海浊积岩。南纬31°北部主安第斯山脉上的晚石炭世的钙碱性幔源花岗岩类岩石充分地暴露出来。二叠纪—侏罗纪期间一个大的硅质火山岩带及伴生的浅成侵入体覆盖，侵入于石炭纪岩浆弧，地球化学特征显示了这些岩石是在张性环境中经地壳熔融而生成的。

在智利南端的时代较老的晚石炭世—早二叠世硅质分布区，可以识别出一些火山灰流的冷却物和几个破火山口，在谢拉、伊米里克、安托法加斯塔的东南部伴生有大范围的热液蚀变带及少量的贵金属和贱金属矿体。

除上述分散的火山岩外，金与变质岩伴生，属于智利南海岸瓦尔迪维亚附近的马德雷德迪奥斯地区晚古生代增生棱柱体。

维普资讯 http://www.cqvip.com

1.2 中生代构造演化

在侏罗纪—早白垩世安第斯山脉边绿呈扇形的外延的环境特征，证明阿卢克板块的俯冲角度是陡倾斜的。最早从中生代起，沿着平行于智利北部、中部的现代海岸线，大范围的钙碱性火山岩及有关的深成岩侵位。这个时期的岩浆地体侵蚀界线明显。线型岩浆弧位于晚古生代的弧前组合体的上部，此弧被限制在一系列硅铝质弧后盆地的东部，盆地由沉积物（塔拉帕卡和内乌肯盆地）或巨厚的火山碎屑堆积物组成（智利中部的姆波多兹斯和拉莫斯）。

根据上面的论述，认为在塔尔塔尔（南纬25°30′—26°）南海岸的三叠系和里阿斯统中金的赋存量较少；在智利北—中部圣地亚哥（南纬32°—33°）和可能更南一些的安第斯科迪勒拉的山麓中发育有同源岩浆；与钙—碱质侵入岩伴生的早白垩世晚期斑岩型铜矿时代较新；在早白垩世微倾斜的火山岩中，金以脉状和浸染形式赋存于周围的斑岩系中。

智利南部、北部和中部地质发展历史各不相同，弧—弧后盆地仅形成于早白垩世，近来在智利南部的艾森地区发现了低温热液金、银矿床，这些矿床与晚侏罗世—早白垩世的流纹质火山灰流凝灰岩伴生。

在乔恩、艾克（Chon、Aike）岩浆区发育着大范围的流纹岩，在侏罗纪—早白垩世得到进一步发育，并向东和南部延伸。受张性断裂影响的地壳基底塑性岩浆池受到来自中侏罗世大规模的地壳熔融和伴生的火山作用的扩张。乔恩乔克地区的构造背景看来与冈瓦纳大陆分离有关。

中白垩世构造演化主要发生在100—80Ma，南大西洋扩张的开始和南美板块向西运动速度的顺向增加可能产生了从马里亚纳型低应力俯冲状态到智利型高应力俯冲状态的变化，这个变化引起了弧后盆地的闭合和塌陷，这样，钙碱性岩浆岩弧就作为一个构造单元被保存下来。

在智利北部，由于中白垩世造山运动的结果，塔拉帕卡弧后盆地被转换，多梅科山系的隆起、侵蚀产生了东西向的分水岭，形成了一系列互相连接的扩张前陆裂谷盆地。

在晚白垩纪，火成活动进入间歇期，该区热液作用没有大的发展，中白垩纪，智利中部弧后盆地闭合时期，火山物质堆积在阿空加瓜台地的沉积岩上；晚白垩纪，依亚佩尔（南纬31°）南部地区受火山作用影响产生变形，埃尔布洛斯火山岩带中的低温热液脉型矿床和大范围的热液蚀变带的时代较新。

在圣地亚哥南海岸的东侧和南纬37°的科迪勒拉南部，伴生火成岩及其它一些矿床，这些矿床在空间上、时间上与中性的混合深成岩和熔岩流有紧密的关系，但这里金的含量较少。

1.3 第三纪岩浆作用及板块构造格架

白垩纪晚期处于间歇期的岩浆活动，在古新世到始新世又恢复了强钙碱性岩浆活动。由于茵卡克变形运动的结果，始新世的岩浆作用停止下来，接着与始新世晚期—早渐新世的平移断层有关的岩浆活动也停止下来；当现代安第斯弧在科迪勒拉北部，甚至更东一些地区形成时，渐新世晚期的第二期岩浆活动又开始了。

维普资讯 http://www.cqvip.com

在南纬27°—33°之间，发现有第三纪岩浆活动，随后是不连续的渐新世晚期—早中新世—中中新世和中新世晚期岩浆幕：当岩浆侵入到这个地区下部时，中新世晚期岩浆活动停止，组成了现代的智利安第斯山脉的扁平状板块。

圣地亚哥南部（南纬33°）贝尼奥夫带开始倾斜，第四纪火山活动范围扩大。早第三纪岩浆活动没有记录，中新世火山岩直接覆盖在科迪勒拉的白垩系上部，中新世花岗闪长质岩株侵入于这些岩层中。

古生代—始新世岩浆作用及有关的矿床大约形成在70Ma以前，在这一时期，智利北部的火山活动重新开始，在古新世突然加剧，早第三纪被认为是板块快速聚合时期，其速度>100mm／a，从秘鲁南部到科金博（南纬30°）发育有1个中型的古新世斑岩铜矿带和电气石角砾岩筒。

沿着现代纵谷和安托法加斯塔地区前雁列山系发育的古新世火山岩形成了一个大的扩散的火山岩区，其形成年代为72—39.3Ma，岩性为次碱性、安山质、玄武质、流纹质的熔岩和凝灰岩，并伴生着次火山斑岩和花岗岩类岩株。

在火山环境下，形成了已知的几个大的贾迭带，包括热泉型热液组合体、低温热液贵金属矿床和同期生成的斑岩型铜矿

2 金矿床类型和成矿型式

智利有不同类型和成矿型式的金矿床。其中以低温热液矿床为主，而且大部分属于高硫或酸性硫酸盐类型，但在70年代末，80年代初只在安第斯科迪勒拉发现了1处这种类型的矿床，此外还有斑岩型、远接触交代型、深成型等。各矿床的一般特征概括如表和图。

2.1 高硫低温热液矿床

埃尔印第奥 埃尔瓜纳科、圣卡洛恩矿床矿体呈脉状，乔克里姆皮、塔姆波、内沃达矿床的矿体属热液角砾岩型，拉科帕、埃尔奥斯矿床的矿体属网状混合体、浸染型、角砾岩型，或呈脉状。看来沉积岩和其上的火山岩之间是成矿带，这可能是热液的混合带。分布在晚渐新世—晚中新世火山岩带下的晚古生代花岗质侵入岩，内沃达和埃尔印第奥附近的矿体，其时代较新。火山岩中的所有高硫矿床的贵金属矿体都伴生着玉髓质或结晶的石英岩，个别矿体含有石英质明矾石或单独的明矾石，黄铁矿或表生黄钾铁矾、赤铁矿一般伴生着石英、明矾石，他们占蚀变岩的2%。

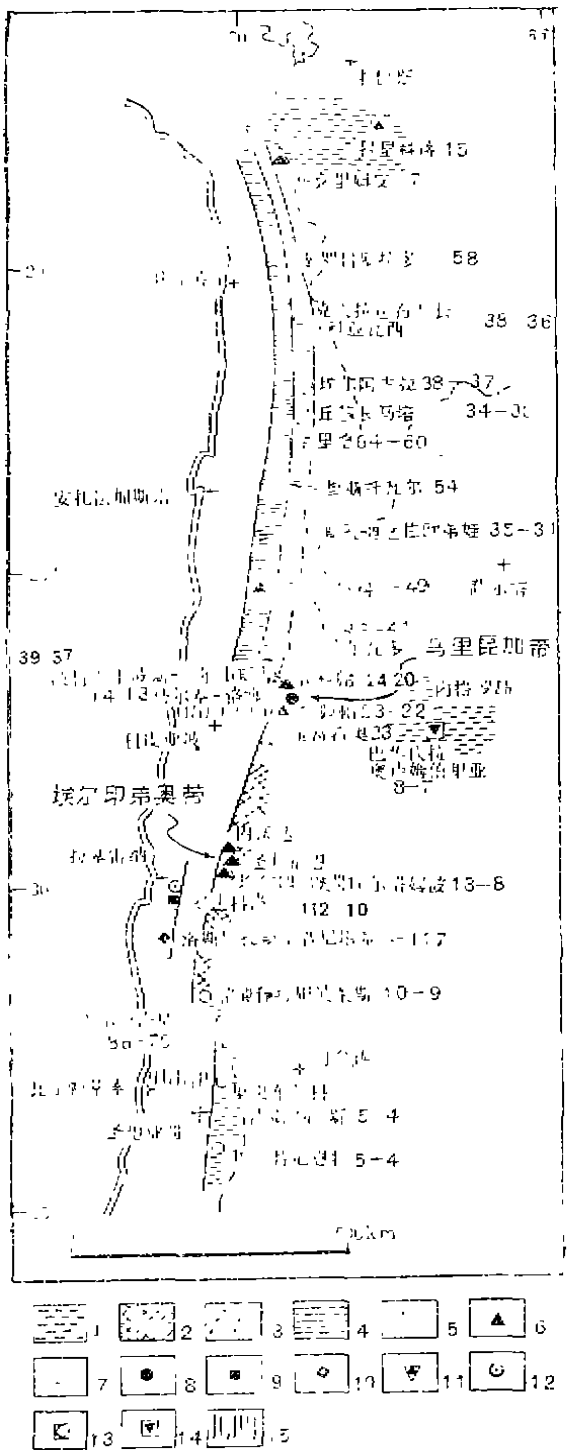
在一般情况下，石英—明矾石集合体是由高岭石—地开石和伊利石—蒙脱石到绿泥石质的岩石组成。埃尔瓜纳科、埃尔印第奥、塔姆波、拉科帕、拉佩帕、埃尔奥斯矿床中的多孔矿脉，在残留的多孔硅石中含有金或银。在两个成矿带间热液角砾岩的残余硅石以碎屑的形式存在，局部裂隙充填常是含矿的地方，在硅质碎屑充填物中含有贵金属，而且硅质被置换为块状玉髓，埃尔印第奥矿床晚期富金岩脉就是很好的例子。大小不同的内生明矾石颗粒一般以含矿硅石的直接晕的形式存在着，在乔克里姆皮、塔姆波、内沃达和拉科帕地区的直接晕内含有金，在拉科帕矿脉中以单矿物形式存在的细脉和粉末状明矾石中含有价值很高的金；埃尔印第奥富金岩脉晕内存在着绢云母和寄生的叶腊石，尽管在较早的块状硫化岩脉内和边

智利金矿床一览表

矿床	Au含量(t)[1]	Ag含量(t)[1]	Ag/Au	其它金属	成因类型	成矿型式	含矿围岩	与斑岩系有关的其它矿床
乔克里姆皮[2]	20.4	730	25	Cu、Zn、Pb	高硫低温热液型	热液角砾岩	安山质斑岩岩株(穹窿)？	无资料
法里德	4.2	285	68	Pb、Zn Cu (2.5%混合)	低硫低温热液型	脉	花岗闪长岩侵入体	斑岩Cu—Mo角砾岩网状岩
圣克里斯托瓦尔	13	NA	12.5[3]	Cu (2%)[4]	低硫低温热液型	岩脉，细岩脉	石英斑岩脉	无资料
埃尔瓜纳科	~37	NA	~13	Cu (2%)	高硫低温热液型	脉	长英质火山岩	无资料
埃尔奥斯	28	~90	3		低硫低温热液型	层控浸染，倾斜断层	钙质沉积物，安山质火山岩	斑岩Cu-Mo—Au矿床
拉科帕[2]	126	12.316	.98 (42)[5]		高硫低温热液型	网状脉，浸染层，热液角砾岩，岩脉	英安质火山岩，火山碎屑岩、泥屑岩，砂屑岩	无资料
马尔泰	66	29	0.44		斑岩型	石英细岩脉，网状脉	闪长斑岩株	斑岩矿床
洛博	128	NA	~0.5		斑岩型	石英细岩脉，网状脉	闪长斑岩株	斑岩矿床
拉佩帕	15	NA	~5	Cu	高硫低温热液型	脉	安山质火山岩	上部斑岩Au成矿区
雷富希奥	394[6]	NA	<1		斑岩型	石英，细岩脉，网状脉	闪长—石英闪长斑岩株	斑岩矿床
内沃达	NA	NA	NA		高硫低温热液型	热液角砾岩网状脉，岩脉	英安，安山质火山岩，古生代石英二长岩	无资料
圣卡洛恩	<10	NA	NA		高硫低温热液型	岩脉，热液角砾岩	安山，英安质火山岩	无资料
埃尔印第奥	~140	~1,100	~8	Cu (45%)	高硫低温热液型	岩脉，网状岩脉	长英质火山岩	斑岩附近Cu—Mo成矿带
塔姆波	~15	~15	~1		高硫低温热液型	热砾角砾岩，岩脉	英安质火山岩	无资料
安达科洛	~110 (~160)[7]	NA	~1	Cu、Zn、Hg	远接触交代型(层控含矿床)	层控浸染体，岩脉	安山英安质火山岩	斑岩Cu—Mo—Au矿床
洛斯曼特斯德·帕塔奇	~30	NA	<5	Cu (0.5%) Hg (0.3%)	深成型	成矿断层带	变安山质火山岩	无资料
埃尔布洛斯	24	9[1]	3.8	Cu (0.3%) Zn (1%)	低硫低温热液型	岩脉	安山质火山岩	无资料
法希那尔	12	668	57	Pb、Zn	低硫低温热液型	岩脉，岩脉角砾岩	长英质熔结凝灰岩	富Mo，F，深部斑岩型Mo矿床

注，〔1〕包括产量和储量；〔2〕在开采中；〔3〕脉岩中的比率值；〔4〕代表脉状矿石的比率值，但不包括浸染状矿石；〔5〕拉德拉，法雷永，坎长安矿体的比值（不包括科伊帕萨北部的Ag）；〔6〕只贝尔德地带；〔7〕包括砂金矿产量；NA，没有得到资料。

维普资讯 http://www.cqvip.com



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

图　智利金矿床的矿床类型及成矿年代

不同年代的成矿带：1.中中新世—早上新世；2.早—中中新世；3.晚始新世—早渐新世；4.古新世—早始新世；5.早白垩纪。主要金矿床类型：6.高硫低温热液矿床；7.低硫低温热液矿床；8.斑岩型金矿床；9.接触变质型金矿床；10.深成脉型金矿床；11.侵入为主的岩株；主要斑岩型矿床；12.斑岩铜矿床；13.斑岩叠加高硫铜或金矿床；14.斑岩含富铜金矿床；15.Ⅰ级构造带界线

绿发现了明矾石。在高硫环境下伴生少量的原生明矾石先沉积下来，然后形成了含金矿物，很明显，金矿成矿作用一般在早期蚀变期发生。

所有高硫矿床都含有重晶石。它一般生成在蚀变的石英、石英—明矾石线性颗粒间的孔隙中，在塔姆波的角砾岩中，明矾石非常多，假定锡德利、阿伦达的重晶石中含金量一般，那么在埃尔印第奥带矿床的含金量就会增加。塔姆波、圣卡洛恩和排列在这个带上的埃尔瓜纳科等矿床就是这样的例子。

智利安第斯科迪勒拉地区的矿床属于高硫低温热液矿床，这个地区大部分高硫低温热液矿床可同美国西部或太平洋西部这两个地区有世界影响的矿床相比。智利高硫矿床的一个明显的特征就是金银比值范围大，≤13的有埃尔瓜纳科、埃尔奥斯、拉佩帕、埃尔印第奥、塔姆波，乔克里姆皮矿床为25，拉科帕矿床为98。

埃尔瓜纳科和埃尔印第奥矿床可同内沃达金矿区的硫砷铜—金矿床、台湾的金瓜石、菲律宾的勒班陀矿床相对比。

2.2　低硫低温热液矿床

低硫或冰长石绢云母型低温热液矿床在智利不那么重要，在表上只列出4个矿床，而且规模相对小些。储量最大的埃尔布洛斯金矿床也只有24t。法里德、埃尔布洛斯、法希那尔矿床属脉状矿体，在岩脉中以热液角砾岩为主要特征，圣克里斯托尔瓦矿床属岩脉与分散的矿体相结合的成矿型式，这些矿床岩性复杂，包括火山岩、花岗闪长岩侵入体、石英斑岩岩墙等。

金赋存于石英或石英碳酸盐岩脉中，部分岩脉显示了典型的层状构造特征，在法里德矿床赋存着蔷薇辉石和菱锰矿，在埃尔布洛斯和圣克里斯托瓦尔矿床的绢云母是已知的，这里它是唯一的蚀变矿物。

维普资讯 http://www.cqvip.com

在法里德，法希那尔矿床含有冰长石、绢云母或伊利石，这些金矿床里都伴生着不同含量的铅、锌和铜，低硫矿床的金银比值（3.8～6.8）的范围小于高硫矿床，并显示了同其它区域同样的低硫低温热液金矿床典型的地质特征。

2.3 斑岩型金矿床

表上列出了3个斑岩型金矿床，这些都是80年代初在马里昆加（Maricunga）地区发现的。这3个矿床分布面积大，但矿石品位低，特别是雷富希奥金的品位为0.9—1.0g/t，其围岩都显示了复合闪长岩，石英闪长斑岩株及安山质火山围岩的岩石特征。金赋存于石英质网状细脉里（可能含铜），沿此带富黑云母的钾质硅酸盐蚀变带形成。

3个矿床的金银比值非常低（<1），智利富金斑岩型矿床和其它同类矿床可比性很强，特别是同菲律宾岛弧的关系很密切。

2.4 接触变质型矿床

安达科洛金矿床在成因上被认为是接触变质型，尽管与其有密切关系的岩脉群时代较新。

安达科洛是智利最大的金矿床之一，金储量达160t，接触变质带位于斑岩铜矿床西北1—3km处和绢云母变质晕的外部，发育在一系列层状平卧矿体中。

层状金矿体发育在多孔的安山质角砾岩中，并显示了原岩的渗透性，岩脉陡倾斜，以南北向排列并切割了平卧矿化带，火山岩中的层控金矿床受到浸染，局部被钾长石、钠长石渗透、置换，岩层中伴生着绿泥石、石英、碳酸盐和少量的绢云母。

安达科洛矿床金银比值很低（～1），同智利富金的斑岩金矿床相似。

安达科洛金矿床的几个特征可以与加拿大的芒特米利根，不列颠哥伦比亚近来发现的66个金矿带相比较。

2.5 深成脉状矿床

这种类型的矿床智利只有洛斯曼特斯·德帕塔奇一个矿床。象其它同类型小的脉状矿床那样，此矿床其时代属中生代，大部岩体横切了安山质火山岩。

该矿床石英脉长3.5km，宽25m，已知最大延深达350m。早期糜棱岩，断层角砾岩、断层泥显示出南北向断层带的存在。镜铁矿（加少量磁铁矿）、硫化物同脉状石英和寄生方解石共生，内生硫化物有黄铜矿和汞黝铜矿，整个矿脉从南到北都含有铜、金、汞。

可以同洛斯曼特斯·德帕塔奇金矿床相比的有中生代深成岩脉型的哥伦比亚的塞哥维亚地区，中国华北地台的许多地区和澳大利亚昆士兰洲查特斯堡地区的古生代矿床。

编译自：Economic geology, Vol.86, No.6, 1991

编译者：王明胜