科迪勒拉山系中的铜矿资源*

Copper Mineral Resources in Cordillera

张立生

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

Zhang Lisheng

(Chneg Institute of Geology and Mineral Resourecs, Chengdu 610082, Sichuan, China)

摘 要 位于太平洋东岸的科迪勒拉山系处在环太平洋成矿带的东带。在这条山系中蕴藏着高达 60558 万吨的铜储量，占世界铜储量的 86.42%；科迪勒拉山系的南段即南美西海岸的安第斯山脉中蕴藏着 44199 万吨以上的铜储量，占了整个科迪勒拉山系中铜储量的 72.2%，而安第斯山脉北段的秘鲁和智利这两个国家面积的总和为 204.1482 万 km^2，只有全球陆地面积的 1.37%，却蕴藏着 39914 万吨以上的铜储量，占了全球铜储量的 56.97%。这个事实显然不是用太平洋板块的俯冲或地幔柱的作用能够解释的；它有力地说明了地壳物质组成的不均匀性。

关键词 科迪勒拉山系 铜矿资源 地壳物质组成的不均匀性

1 科迪勒拉山系中铜矿资源的空间分布

科迪勒拉山系处在环太平洋巨型成矿带的东带。由于第三纪以来太平洋板块向美洲大陆下面的俯冲作用，形成了科迪勒拉山系并发育了一套以安山岩质侵入岩和火山岩为主的岩浆岩建造及与之有关的一套多金属矿床，主要是与火山作用和浅成侵入作用有关的多金属矿床和斑岩铜矿床，尤其是斑岩铜矿床。据不很完全的统计，整个科迪勒拉山系中有 173 个铜矿床，其中斑岩铜矿床 141 个，占矿床数的 81.50%。按现有储量计算，非斑岩铜矿床的铜金属储量在 3200 万吨以上，而斑岩铜矿床的储量达 55441.63 万吨以上，为非斑岩铜矿床储量的约 16.98 倍。按 Mining Magazine（Chadwick，1998）提供的数据，世界现有铜储量应为 70068 万吨左右，而科迪勒拉山系中有铜储量约 60558 万吨以上，占了世界铜储量的近 86.42%。

科迪勒拉山系中的铜矿床的分布极不均匀，大多数矿床集中分布在 4 个国家和地区：加拿大的不列颠哥伦比亚省、美国的亚利桑那州、秘鲁和智利。更重要的是，储量的分布极其不均匀。根据现有的数据统计，科迪勒拉山系北段中的铜储量在 16358 万吨以上，约占整个科迪勒拉山系中铜储量的约 27.8% ，而南段安第斯山脉中的铜储量在 44199 万吨以上，约占整个科迪勒拉山系中铜储量的 72.2%。并且，安第斯山脉中的铜储量又主要集中在秘鲁和智利，其中秘鲁的铜储量为 10,300 万吨，占了世界总储量的 14.7%（Chadwick et al.，1998），而智利的铜储量则高达 29614 万吨以上，占了世界总储量的近 42.27%（据 Chadwick et al），智利拥有世界已知铜资源量的 30%左右）。铜矿资源潜力巨大的智利仍在继续进行大规模的矿产勘查，据报道（Chadwick et al.，2000），其在 1969—1998 年的 30 年间所发现的铜储量多达 12528 万吨，其 1999 年计划的矿产勘查费用高达 1.5 亿美元。可以预期，它的铜储量将继续增长。

在安第斯山脉中集中了全球铜储量的 60.44%左右。而安第斯山脉中的铜储量又主要集中在秘鲁和智利这两个国家中，它们的铜储量就占了全球总储量的 56.97%。全球陆地总面积为 14900 万 km^2，而秘鲁和智利这两个国家的总面积 204.1842 万 km^2，仅占全球陆地总面积的 1.37%。就是在这片仅占全球 1.37%的土地下竟然蕴藏着占全球 56.97%的铜储量！这真是不可思义。但这是事实。显然，这个事实并不能单纯用太

* 本文得到国土资源大调查项目（编号：20002010003066）资助
第一作者简介 张立生，男，1940 年生，研究员，从事矿床地质及地球化学研究。

平洋板块的俯冲作用来解释，因为同样处在太平洋板块俯冲作用带上的科迪勒拉山系北段和西太平洋成矿带，虽然也有一些非常有名的、规模很大的斑岩铜矿床，但其铜储量都根本不能同科迪勒拉山系的南段相比。这个事实充分证明了地球（地壳）物质组成的不均匀性，即安第斯山区的地球（地壳）物质组成相对于其它地区是非常富铜的。

2　科迪勒拉山系中铜矿资源的时间分布

现有的资料表明，科迪勒拉山系中的铜矿床的绝大部分都是在白垩纪-第三纪期间，尤其是第三纪期间形成的。根据我们不完全的统计，在科迪勒拉山系现有的 60558 万吨铜储量中，已经有资料证明属于白垩纪-第三纪期间成矿的为 35361.6 万吨，占 58.39%，而其余的不到 42%的储量中，有相当多的一部分没有查到相关的资料，但其中有很大一部分可能是属于白垩纪-第三纪期间成矿的，因为它们属于秘鲁和智利的矿床，而现在已经知道成矿年龄的秘鲁和智利铜矿床，除了智利的曼托斯布兰科斯（Mantos Blancos）是白垩纪形成的外，其余的都是第三纪的铜矿床。因此可以认为，整个科迪勒拉山系中的铜储量可能有约 70%都是白垩纪-第三纪期间形成的。而且，由于秘鲁和智利的铜矿床基本上都是第三纪期间形成的，我们可以说全球铜储量的 50%以上都是第三纪期间形成的。

3　秘鲁和智利的铜矿床

秘鲁和智利的铜矿床基本上都是斑岩铜矿床，并且规模一般都很大。在秘鲁的 21 个铜矿床中有 19 个是斑岩铜矿床，智利的 39 个铜矿床中有 34 个是斑岩铜矿床。它们有一些共同的特征：大都产在基本上是第三纪的各种中-酸性的斑岩中，并且一般都有大致同期的、以安山岩为主的火山岩相伴；除铜外，尚有钼、金、银可供综合利用，但一般斑岩铜矿床中常见的 PGE 却未见报道；大都有次生富集带发育，并因此使矿石的品位增高。在这总共 53 个斑岩铜矿床中，铜储量在 100 万吨以上的大型矿床有 43 个，其中超过 500 万吨的有 10 个，它们分别是秘鲁的密执基莱（Michiquilay）（544 万吨）、克巴尔纳（Kvierner）(633 万吨)、安塔米纳（Antamina）（642.4 万吨）、夸霍内（Cuajone）（910 万吨）、克亚维科（Quellaveco）（599.3 万吨）、托克帕拉（Toquepala）（510 万吨）和智利的克夫拉达布兰卡（Quebrada Blanca）（794 万吨）、埃尔阿夫拉（El Abra）（807 万吨）、扎尔迪巴尔（Zaldivar）（570 万吨）和迪斯普塔达（Disputada）（800 万吨）；铜储量超过 1,000 万吨的也有 8 个之多，它们分别是秘鲁的格兰哈（Granja）和智利的科亚华希（Collahuasi）、罗多米罗托米克（Rodomiro Tomic）、丘基卡马塔（Chuquicamata）、北埃斯康迪达（Escondida Norte）、埃斯康迪达（ Escondida）、洛斯佩拉姆布雷斯（Los Pelambres)和埃尔特尼恩特（El Teniente)。

3.1　格兰哈斑岩铜矿床

位于秘鲁北部卡哈马卡省首府卡哈马卡市的格兰哈斑岩铜矿床是世界 10 个最大的铜矿床之一，金属铜储量 2030 万吨，Cu 品位 0.53%。除铜外，矿石还含 0.04 g/t Au，3.7 g/t Ag（Chadwick et al.，2000）。Cambior 公司拥有该矿的全部股份。已经进行了可行性研究，其生产能力为日处理矿石 13 万吨，年产金属铜 25~30 万吨。基本投资 13 亿美元，开采和冶炼投资 22 亿美元，生产成本为每磅铜 0.42 美元。计划建 270 km 的管线，将铜精矿输送到北部的 Bayovar 港进行冶炼。该矿正在建设中，预计一年半到两年建成。

3.2　科亚华希斑岩铜矿床

科亚华希斑岩铜矿床位于智利北部格兰德地区，西北距太平洋岸边的依基克市 200 km，东南距丘基卡马塔约 150 km，被认为是世界上最大的铜矿床之一，可能是最近 10 年来世界上开发的最大的铜矿床。铜储量 2549 万吨，Cu 品位 0.82%。1998 年和 1999 年分别产纯铜 10 万吨和 45 万吨（Cabello，2000；Chadwick et al.，1999）。

科亚华希斑岩铜矿床实际上包括两个典型的斑岩铜矿床：罗萨里奥（Rosario）和乌稀纳（Ujina）及其外围的脉状铜矿。罗萨里奥发现于 1979 年，而乌稀纳发现于 1991 年。罗萨里奥斑岩的面积为 1 km^2，有

一个半径达 5 km 的热液蚀变带，因成矿后的断裂作用强烈而构造复杂。除斑岩矿化外，还发育后期的斑铜矿-黄铜矿脉。但在乌稀纳斑岩中没有后期的铜矿脉。这两个矿床中都由于有沿着有利构造的强烈侵蚀作用，而发育了既厚又稳定的次生富集带；次生富集带中的矿石 Cu 品位为 1.79%。还有一些铜-银、金和含银的硫化物脉系在空间上与这些铜矿床有关。

3.3 罗多米罗托米克斑岩铜矿床

又称丘基北斑岩铜矿床，位于智利北部安托法加斯塔省卡拉马市以北 40km。含矿斑岩体南北长约 4km，东西宽约 1 km，延深约 250 m。储量 1,481 万吨，品位 0.59%Cu。目前主要开采含 Cu 0.43~0.83%的氧化矿石，1999 年产电解铜 18 万吨，现正打算投资 2.2 亿美元，将其年产量提高到 25.6 万吨（Velasco，1999）。

3.4 丘基卡马塔斑岩铜矿床

丘基卡马塔斑岩铜矿床位于安托法加斯塔省卡拉马市北面，为世界第一大铜矿床。矿化赋存于第三纪的二长斑岩体内（29 Ma），斑岩体南北长 3 km，东西宽 1.1 km。矿化受交叉断裂控制，矿体产状陡，近于直立。矿石主要具细脉状构造，次为浸染状构造。主要的金属硫化物有黄铁矿、黄铜矿、硫砷铜矿、辉铜矿、斑铜矿和辉钼矿。具有典型的斑岩铜矿床的蚀变分带：自岩体中心向外依次发育有钾长石化、绢云母化、泥（粘土）化和绿盘岩化。氧化带深达 300 m，次生富集带发育，次生富集带的矿石 Cu 品位高于 1.75%（Guilermo et al.，2001）。

丘基卡马塔主矿体中已经生产了 3133.9 万吨铜，还保有铜储量 3547.5 万吨。这样，丘基卡马塔主矿体的总储量应为 6681.4 万吨；有的文章把南面的曼萨米纳和北面的罗多米罗托米克矿山的资源量都包括在丘基卡马塔斑岩铜矿床的储量中，因而使得丘基卡马塔还可以开采的资源量加上过去的产量高达 8664 万吨铜。显然，即使只是丘基卡马塔主矿体的总储量也只埃尔特尼恩特和安迪纳-迪斯普塔达才能与之相比。丘基卡马塔和和南矿 1997 年铜的总产量是 644000 t。

3.5 北埃斯康迪达斑岩铜矿床

北埃斯康迪达斑岩铜矿床位于智利北部安托法加斯塔省东南部，金属铜储量 1295 万吨，Cu 品位 0.88%（Cabello，2000）。

3.6 埃斯康迪达斑岩铜矿床

埃斯康迪达斑岩铜矿床位于智利北部安托法加斯塔省东南部，安托法加斯塔市东南约 160 km，金属铜储量 2775 万吨，Cu 品位 1.31%（Cabello，2000）（另有资料称铜储量为 2600 万吨，Cu 平均品位 1.15%，Ruben et al.，2001）。矿带长 4 km，宽 1 km，次生富集带发育，辉铜矿带厚达 143 m。1998 年产金属铜 86.7566 万吨，1999 年更增至 95.8518 万吨。

矿化与始新世晚期-渐新世的石英二长岩到花岗闪长岩质的侵入杂岩岩株有关；该岩株侵入于古新世的安山岩中，由至少三个侵入相组成。与埃斯康迪达成矿作用有关的这个侵入岩株侵位在区域上的多梅科断层系统的左旋走滑断层之间形成的张裂缝中（Ruben et al.，2001）。

3.7 洛斯佩拉姆布雷斯斑岩铜矿床

洛斯佩拉姆布雷斯斑岩铜矿床位于智利首都圣地亚哥市西北约 210 km 处，靠近智利-阿根廷边界，海拔 3,200 m。金属铜总资源量 1,950 万吨，品位 0.65%Cu, 0.014%Mo；已圈定出金属铜储量 1,608 万吨，品位 0.67%Cu，0.016%Mo（铜的边界品位为 0.4%）[10]。铜-钼矿石含黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿、铜蓝和辉钼矿。1997 年 11 月开始开发。其日处理矿石能力第一期工程设计为 85,000 t（年产铜 24.6 万吨，实际上可望达到 27.1 万吨），第二期工程设计为 120,000 t。1999 年从该矿装运出了价值 13.6 亿美元的铜精矿[11]，其铜精矿含副产品钼和银。

3.8 埃尔特尼恩特斑岩铜矿床

埃尔特尼恩特斑岩铜矿床位于智利首都圣地亚哥市东南约 70 km 处，为世界第二大铜矿，累计铜金属储量达 5,767 万吨，Cu 品位 0.9~1.16%（中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所，1987）。矿床赋存于第三纪破火山口内的安山岩、石英闪长岩和英安斑岩中，是斑岩-角砾岩筒型矿床最典型的实例之一。矿体呈侧锥状产出于布雷登岩筒的四周，平面上呈环状，长 1200 m，宽 600 m，延深 1600 m。网脉状、角砾状

的矿化明显受断裂和裂隙控制。主要金属硫化物矿物为黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、辉钼矿。围岩蚀变明显。次生富集带发育。次生富集带中矿石 Cu 品位达 1.95%~2.08%，Mo 0.012%。该矿床 2000 年产金属铜 35 万吨左右（Chadwick et al.，2000）。智利的公司计划在 5 年内投资 6 亿美元使埃尔特尼恩特的产量增加 40% 即 14 万吨，达到年产金属铜 49 万吨的水平。

4 结　论

（1）科迪勒拉山系中有铜储量约 60,558 万吨以上，占了世界铜储量的近 86.42%。

（2）南段安第斯山脉中的铜储量在 44,199 万吨以上，约占整个科迪勒拉山系中铜储量的 72.2%。

（3）全球铜储量的 50%以上都是第三纪期间在秘鲁和智利境内形成的。

（4）秘鲁和智利有 8 个矿床的储量在 1000 万吨以上。秘鲁的铜储量达 10,300 万吨，占世界总储量的 14.7%，智利的铜储量达 29,614 万吨以上，占世界总储量的近 42.27%。

（5）地球（地壳）物质组成极不均匀，安第斯山区的物质组成相对于其他地区是非常富铜的。

参 考 文 献

中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所主编. 1987. 国外主要有色金属矿产. 北京: 冶金工业出版社.

Antofagasta's Chilean Push. 2000. Mining Magazine, 182(4): 200~208.

Bauchau, C. 1999. The state of the mining industry in 1999: A Brief Review. SGA NEWS, 1~10.

Cabello J. 2000. Exploration rewards in Chile. Mining Magazine, 182(4): 198~208.

Chadwick J. 1998. Peru booms. Mining Magazine, 178(2): 87~105.

Chadwick J. 1999. Collahuasi. Mining Magazine, 180(3): 122~126.

Chadwick J. 2000. Peru continues to impress the world. Mining Magazine, 182(1): 6~24.

Chadwick J and Bawden M. 2000. Chile Success Breeds Success. Mining Magazine, 182(4):.209~212.

Guillermo O C, et al. 2001. Geology of the Chuquicamata Mine: a progress report. Econ. Geol., 96(2): 249~270.

Ruben A, Padilla G, et al. 2001. Geology of the Escondida porphyry copper deposit, Antofagast region, Chile. Econ. Geol., 96(2): 307~324.

Velasco P. 1999. The mineral industry of Chile. In: U.S. Geological Survey, Mineral Yearbook, Vol.Ⅲ: Area Reports: International 1997, Latin America and Canada. G1~G13. Washington: United States Government Printing Office.