

地质 矿床

# 青海龙尾沟铜、金矿床地质特征、矿床成因及成矿远景分析

徐善法<sup>1,2</sup>, 张汉成<sup>1</sup>, 陈建平<sup>1</sup>, 叶树民<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 廊坊 065000)

[摘 要] 龙尾沟铜、金矿床是在青海省柴北缘成矿亚区内所取得的重大找矿突破, 该矿床产于下元古界达肯大坂群(Pt<sub>1</sub>dk)地层内, 并受 F<sub>6</sub> 断裂破碎带控制。通过对矿床地质特征、矿石及花岗斑岩脉地地球化学特征研究, 首次提出龙尾沟铜、金矿床是与岩浆作用有关的斑岩型矿床。从已查明铜、金矿床(体)的控矿因素和矿化特征分析, 深部存在规模较大矿化体的前景, 应进一步加强该地区深部勘探及研究力度, 以期获得找矿的更大突破。

[关键词] 斑岩型铜矿 矿床地质特征 矿床成因 远景分析 龙尾沟

[中图分类号] P618.41; P618.51 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2004)02-0012-06

斑岩铜矿作为铜矿床的主要类型之一, 始终受到世界各国的重视。我国也不例外。自 20 世纪 90 年代以来, 斑岩铜矿的勘查工作再次受到关注。相继在新疆、西藏、云南取得了重大进展。龙尾沟铜、金矿床正是在这种背景下, 在青海省柴北缘成矿亚区内所取得的重大找矿突破。该矿床地处柴达木准地台与塔里木地台接合部位的阿尔金断裂构造带南部, 与祁连山断裂构造带相交切。区内断裂构造、岩浆活动极为发育, 成矿作用表现十分强烈, 属大陆边缘复杂成矿系统<sup>[1]</sup>。

## 1 矿区地质概况及矿床发现简史

### 1.1 矿区地质概况

龙尾沟铜、金矿床位于青海省西北部阿尔金山南麓的冷湖地区。矿区地理坐标: 东经 93°14'00" ~ 93°40'00", 北纬 38°59'00" ~ 39°01'00"。海拔 3300 ~ 4500 m, 为无人区。据张华<sup>[2]</sup>研究, 属大陆性高寒荒漠干旱型气候。

矿区内出露地层主要为下元古界达肯大坂群(Pt<sub>1</sub>dk) (图 1), 次为泥盆系上统牦牛沟组(D<sub>3</sub>m)、石炭系下统怀头他拉组(C<sub>1</sub>h)及第四系(Q)。其中达肯大坂群上岩组(Pt<sub>1</sub>dk<sup>c</sup>)石英片岩、绢云石英片岩、绢云绿泥石英片岩为矿床的近矿围岩。

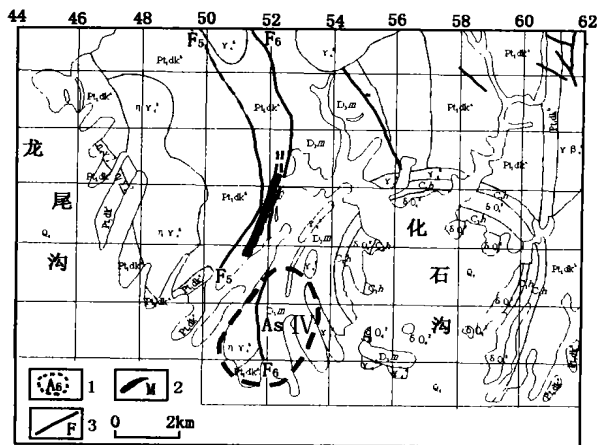


图 1 青海省冷湖镇龙尾沟一带地质草图

Q<sub>4</sub>—第四系; C<sub>1</sub>h—石炭系下统; D<sub>3</sub>m—泥盆系上统; Pt<sub>1</sub>dk<sup>c</sup>—达肯大坂群上岩组; Pt<sub>1</sub>dk<sup>b</sup>—达肯大坂群中岩组; Pt<sub>1</sub>dk<sup>a</sup>—达肯大坂群下岩组; O<sub>2</sub><sup>5</sup>—燕山期花岗岩; <sup>3</sup><sub>4</sub>—华力西晚期黑云母二长花岗岩; O<sub>4</sub>—华力西中期石英闪长岩; <sup>3</sup><sub>4</sub>—加里东期蚀变黑云母花岗岩; <sub>3</sub>—花岗岩脉; 1—化探异常及编号; 2—铜金矿化带; 3—断层及编号

矿区内主要为北北东向断裂。该断裂为区域性断裂 F<sub>5</sub>、F<sub>6</sub> 及其派生的次级断裂或裂隙, 属压扭性质。断裂南段北北东向, 中段转向近南北, 北段拐向北北西, 呈东凸弧形展布。断面见明显扭曲现象, 总体倾向东, 倾角 70°±。沿断裂破碎带中酸性岩脉发

[收稿日期] 2003-05-19; [修订日期] 2003-10-17; [责任编辑] 曲丽莉。

[基金项目] 青海省委项目资助。

[第一作者简介] 徐善法 (1963 年 -), 男, 1994 年毕业于中国地质大学, 获硕士学位, 在读博士生, 高级工程师, 现主要从事勘查地球化学及数学地质工作。

育,已探明具工业规模铜、金矿床受此组断裂破碎带控制。

矿区化石沟具明显环形构造特点,由华力西中期石英闪长岩侵入于石炭系地层形成环状构造核部,其内不仅有较多怀头他拉组地层岩石残留体,且受华力西晚期黑云母花岗岩穿插破坏较大。华力西晚期黑云母二长花岗岩体、石炭系下统大理岩、灰岩和泥盆系上统砂岩、粉砂质板岩围绕其分布构成环状构造周边。F<sub>6</sub>及其派生的次级断裂或裂隙和已探明具工业规模铜、金矿床均具有围绕其分布之趋势。

矿区内岩浆活动强烈,具有规模大,多期次的特点,形成以华力西期中酸—酸性侵入岩为主的岩株或岩脉。花岗岩脉、花岗斑岩及长英质斑岩等酸性岩脉,在 F<sub>6</sub>及其派生的次级断裂破碎带附近十分发育,其延伸方向和产状与矿区内北北东向断裂基本一致其内部多见蚀变矿化现象,局部强硅化、绢云母化部位构成铜、金矿体,是铜、金的主要赋矿岩体。

1.2 矿床发现简史

研究区内前人工作程度较低。1973 年甘肃省地质局对冷湖幅 120 万区域地质矿产进行调查,圈出了研究区北部的六五沟、一步沟稀有金属成矿远景区,同时通过重砂测量发现化石沟一带有毒砂高异常;1990 年甘肃省地矿局、西北地勘局、青海地矿局等先后在研究区及外围进行过 15 万地质矿产普查,查明了六五沟小型白云母矿床、一步沟铁矿化点及放射性稀有金属矿床等;1994 年青海省地矿局利用 120 万化探资料,在解放沟化石沟一带圈出了一些 Au、As、Sb 或 As、Sb、W、Sn 等组合的综合异常;1996 年青海省第一地质队在一步沟至化石沟一带进行异常 级查证时,发现由 15 万水系沉积物测量圈出的一批 Au、As、Sb 异常与 120 万化探扫面时所圈异常具有较好重合性,并发现化石沟西侧蚀变花岗斑岩脉内有 Au 矿化现象。1998 年原国土资源部地球物理地球化学勘查研究所首次发现了该矿床(化)带。

2 矿床地质特征

2.1 矿体形态、产状、规模

通过 29 个探槽和 2 个平硐的工程揭露,龙尾沟铜、金矿床在地表可分为 、 、 号 3 个矿体,沿 F<sub>6</sub>断裂破碎带由北向南依次排列分布。目前 、 号矿体有一定规模,Cu 平均品位达到工业品位要求,具工业意义。

号矿体:从 23 线至 17 线,走向 15°,长 370m,在平面上呈条带状,平均厚度 2.21m,Cu 平均品位 0.472 %。

号矿体:从 7 线至 2 线,走向 15°,长 570m,在地表呈长条状,其南段厚度大,最厚处达 100m,向北厚度有减小趋势,沿走向略有分叉复合现象(图 3);在剖面上呈似层状,产状与岩石片理或裂隙一致,向西或南西倾斜,倾角 60°±。Cu 平均品位 1.2014 %,有随厚度增加而升高的趋势。

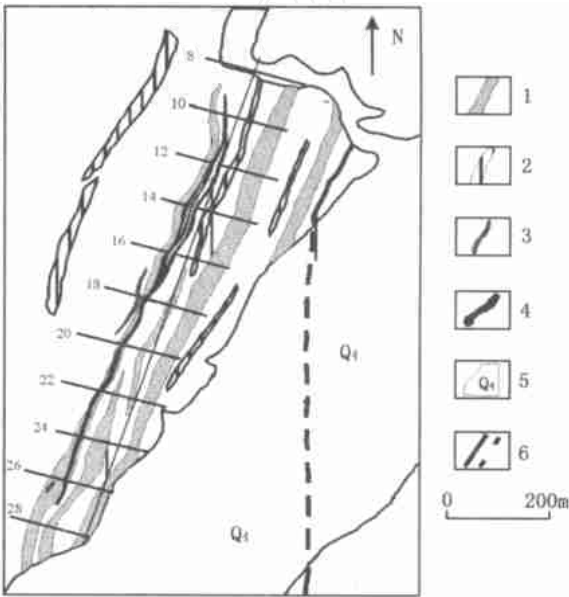


图 2 号矿体平面地质图

1—花岗斑岩脉;2—花岗岩脉;3—石英脉;4—铜矿脉;  
5—第四系;6—实测和推测断裂

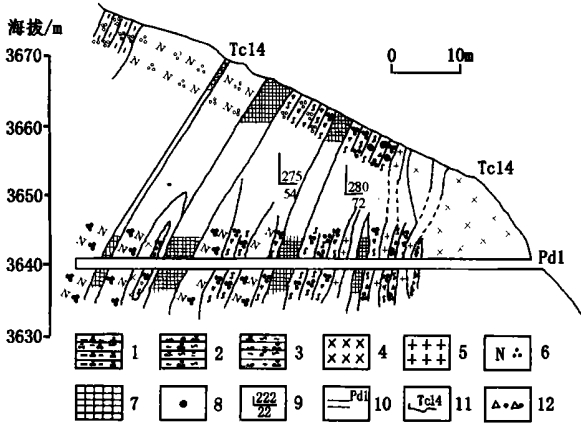


图 3 14 线纵剖面图

1—黑云石英片岩;2—绢云绿泥石英片岩;3—绿泥石英片岩;  
4—辉长岩;5—花岗岩;6—花岗斑岩;7—铜矿体;8—铜矿化;  
9—产状;10—平硐及编号;11—探槽及编号;12—破碎带

号矿体:从 10 线至 26 线,走向 15°,长 925m,在地表呈长条状,其北段厚度大,最厚处达 100m,向南厚度有减小趋势,沿走向略有分叉复合现象;在剖

面上呈似层状,产状与岩石片理或裂隙一致,向西或南西倾斜,倾角  $50^{\circ} \pm$ 。Cu 平均品位 1.6438%,亦具有随厚度增加而升高的趋势。

2.2 矿石结构、构造

本区地表为氧化矿,主要矿物为孔雀石、蓝铜矿、褐铁矿等,这些矿物呈粉末或细脉状,或者形成皮壳、薄膜包裹在矿石表层;混合型矿石除具上述构造外,金属硫化矿物还往往呈细脉状、星点状稀疏分布于矿石中构成细脉浸染状、稀疏浸染状和致密块状构造。

2.3 矿石组分

受目前探矿深度限制(最深仅 30m),现只见到氧化矿石和少部分混合矿石,矿石矿物成分主要为孔雀石、蓝铜矿,次为黄铜矿、辉铜矿、黝铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂等;脉石矿物主要有石英、绢云母、绿泥石,次为长石、黑云母、白云母等。

样品分析结果表明,铜矿石中主要伴生金属元素有 Au、Ag、Pb、Zn 等,其中 Au 局部含量较高,单个样品最高品位可达  $3.22 \times 10^{-6}$ ;Ag 品位一般  $2 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ ,最高达  $60 \times 10^{-6}$ ,可作为 Cu 的有用伴生元素综合利用。

2.4 围岩蚀变

与铜、金矿床形成有关的热液蚀变范围较宽,蚀变作用强烈。通常,蚀变越强,矿化越好。除了常见与成矿直接相关的黄铜矿化、黄铁矿化、磁黄铁矿化外,还广泛分布硅化、绢英岩化、绢云母化及绿泥石化。上述蚀变主要发生在花岗岩脉及花岗斑岩、长英质斑岩等酸性岩脉内,同时受  $F_6$  及其派生次级断裂破碎带或裂隙控制。

3 矿床成因探讨

3.1 矿石微量元素特征

通过矿石微量元素测试结果(表 1,图 4)可以

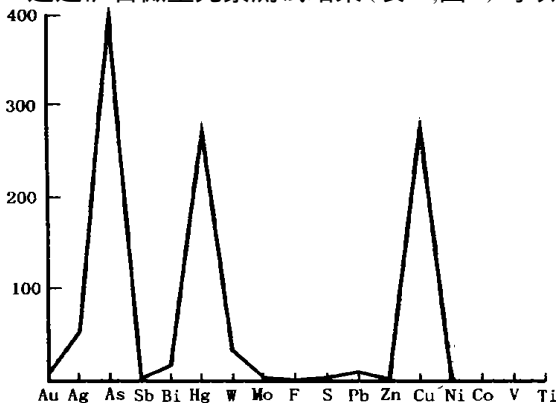


图 4 矿石中微量元素浓集克拉克值分布

看出,As、Hg、Cu 元素富集系数最大,均  $> 200$ ;其次为 Ag、W、Bi、Au、Pb,富集系数  $> 10$ ;S、F、Zn、Mo、Sb 轻微富集;Ni、Co、V、Ti 相对贫化。将矿区地层、花岗斑岩脉和矿石微量元素含量进行对比(图 5),可以看出地层与矿石微量元素含量变化趋势明显不同,而花岗斑岩脉与矿石却具有几乎一致的变化趋势,反映出二者之间存在内在的联系。

通过矿石微量元素聚类分析(图 6)可以看出,样品中所有元素在较低的相关度上可分为两大类,一类由 Au、Zn、S、Ag、As、Pb、Bi、W、F、Sb、Hg、Cu 组成,为成矿及伴生元素,反映了本区的主要成矿作用;另一类由 Mo、Ni、V、Ti、Co 组成,这类元素组中 Ni、V、Ti、Co 主要为中基性岩的元素组合,反映了中基性岩的成岩作用。第一类又可进一步分成三个亚类,第一亚类为 Au、Zn、S,反映了 Au 的成矿作用;第二亚类为 Ag、As、Pb、Bi、W、F、Sb,代表了 Ag、Pb 等多金属伴生成矿作用;第三亚类为 Hg、Cu,反映了 Cu 的成矿作用。由此看来,矿床具有多期、多阶段性的形成特点,每期成矿特点不同,成矿元素组合也不相同。

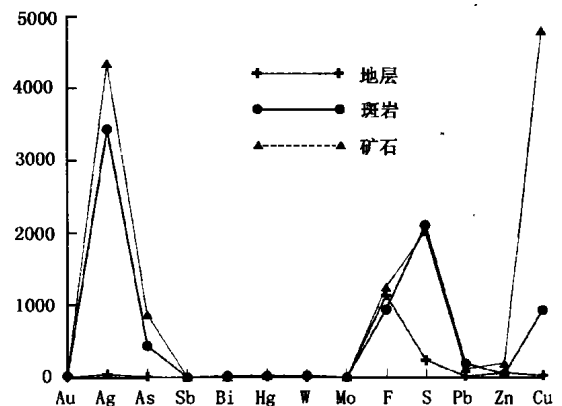


图 5 矿区地层、斑岩和矿石的微量元素含量分布

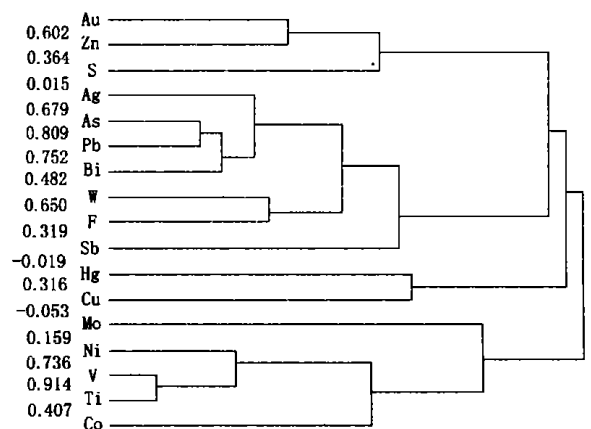


图 6 矿石微量元素聚类分析谱系图

表 1 龙尾沟铜、金矿床矿区矿石微量元素含量对比 (Au、Ag)/10<sup>-9</sup>, B/10<sup>-6</sup>

| 样号            | 属性 | Au    | Ag    | As     | Sb   | Bi    | Hg    | W      | Mo   | F    | S      | Pb     | Zn    | Cu      | Ni    | Co    | V     | Ti     |
|---------------|----|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|------|------|--------|--------|-------|---------|-------|-------|-------|--------|
| orc - y1      | 矿石 | 64.2  | 1110  | 834.1  | 1.12 | 0.68  | 5.1   | 13.07  | 8.00 | 1848 | 1014   | 44.7   | 381.2 | 9945.0  | 66.1  | 30.1  | 35.0  | 1562   |
| orc - y3      | 矿石 | 11.3  | 768   | 76.4   | 0.52 | 0.93  | 5.6   | 53.02  | 2.41 | 2359 | 1680   | 12.0   | 292.0 | 20622.0 | 55.3  | 24.5  | 68.1  | 3932   |
| orc - y4      | 矿石 | 3.4   | 1030  | 58.7   | 0.62 | 0.38  | 4.6   | 9.47   | 4.87 | 690  | 2467   | 20.6   | 170.7 | 32613.0 | 25.5  | 12.1  | 50.5  | 2764   |
| orc - y5      | 矿石 | 48.1  | 4160  | 979.2  | 0.72 | 0.93  | 38.0  | 19.22  | 3.46 | 1628 | 823    | 371.2  | 424.6 | 20871.0 | 14.0  | 7.2   | 47.2  | 2466   |
| orc - y6      | 矿石 | 251.8 | 408   | 32.0   | 0.52 | 1.97  | 6.1   | 80.62  | 2.04 | 1291 | 875    | 39.3   | 637.9 | 16188.0 | 35.3  | 23.3  | 103.7 | 5561   |
| orc - y7      | 矿石 | 44.7  | 1147  | 48.2   | 0.23 | 1.00  | 4.1   | 20.45  | 2.57 | 506  | 946    | 14.2   | 107.6 | 12162.0 | 2.6   | 2.6   | 24.5  | 1224   |
| orc - y8      | 矿石 | 1.1   | 1454  | 178.4  | 2.82 | 0.06  | 8.6   | 3.95   | 1.06 | 831  | 1074   | 8.9    | 182.2 | 28185.0 | 43.5  | 12.0  | 77.8  | 2696   |
| orc - y9      | 矿石 | 3.0   | 4500  | 5042.9 | 0.96 | 0.20  | 30.4  | 108.95 | 3.14 | 2686 | 3808   | 166.2  | 114.5 | 75789.0 | 19.1  | 4.6   | 48.4  | 1956   |
| orc - y10     | 矿石 | 11.6  | 418   | 256.3  | 1.66 | 0.14  | 107.5 | 7.64   | 0.64 | 853  | 372    | 8.9    | 100.8 | 10857.0 | 13.5  | 9.1   | 62.6  | 2925   |
| PD1 - Y3      | 矿石 | 2.2   | 158   | 313.8  | 0.83 | 0.05  | 6.6   | 3.75   | 3.76 | 595  | 123    | 20.9   | 206.0 | 25620.0 | 47.8  | 67.9  | 61.2  | 2736   |
| PD1 - Y4      | 矿石 | 0.9   | 70    | 175.6  | 0.72 | 0.05  | 4.6   | 4.05   | 3.76 | 712  | 76     | 14.8   | 104.7 | 14184.0 | 34.3  | 43.0  | 56.6  | 2826   |
| PD1 - Y11     | 矿石 | 0.8   | 353   | 73.7   | 0.50 | 0.08  | 4.1   | 1.56   | 1.06 | 1270 | 218    | 12.0   | 106.9 | 6849.8  | 19.7  | 19.8  | 211.8 | 4964   |
| PD1 - Y12     | 矿石 | 0.6   | 1620  | 259.4  | 0.73 | 0.04  | 118.6 | 2.05   | 4.61 | 1498 | 343    | 13.3   | 164.7 | 48897.0 | 26.3  | 17.9  | 187.4 | 4857   |
| PD1 - Y21     | 矿石 | 7.6   | 2120  | 1958.4 | 0.98 | 3.38  | 5.6   | 149.85 | 1.76 | 2180 | 734    | 34.5   | 158.5 | 8271.5  | 22.1  | 15.9  | 98.0  | 3417   |
| PD1 - Y26     | 矿石 | 17.3  | 1030  | 1842.0 | 0.84 | 23.16 | 13.2  | 149.85 | 2.11 | 1801 | 720    | 77.0   | 53.9  | 6238.3  | 2.2   | 7.9   | 72.5  | 3401   |
| PD1 - Y27     | 矿石 | 60.8  | 37430 | 7438.2 | 2.41 | 38.94 | 6.6   | 161.79 | 4.38 | 2484 | 1281   | 1577.8 | 62.0  | 3157.8  | 1.1   | 8.9   | 58.6  | 2534   |
| TC14Y - 14    | 矿石 | 2.5   | 3990  | 1900.0 | 0.82 | 0.42  | 56.3  | 86.39  | 1.75 | 1816 | 1742   | 248.3  | 121.4 | 52929.0 | 33.7  | 6.6   | 59.3  | 1767   |
| TC14Y - 15    | 矿石 | 1.0   | 1540  | 181.3  | 2.35 | 0.70  | 10.6  | 10.96  | 1.32 | 803  | 1070   | 103.4  | 147.6 | 8562.0  | 36.5  | 11.5  | 62.5  | 2323   |
| PD2 - Y15     | 矿石 | 228.8 | 12530 | 1473.8 | 1.18 | 11.89 | 43.1  | 17.37  | 2.83 | 1291 | 14342  | 50.2   | 327.5 | 9780.0  | 2.3   | 10.6  | 26.8  | 1648   |
| PD2 - Y16     | 矿石 | 37.5  | 6960  | 1008.6 | 0.53 | 9.66  | 36.5  | 13.96  | 2.57 | 1186 | 8613   | 49.2   | 159.3 | 4223.3  | 1.0   | 4.2   | 25.5  | 1648   |
| PD2 - Y24     | 矿石 | 200.1 | 29940 | 14.0   | 0.66 | 3.17  | 26.4  | 10.57  | 2.54 | 453  | 9163   | 66.5   | 184.4 | 6323.9  | 5.7   | 5.3   | 15.8  | 1373   |
| TCO - 1Y - 9  | 矿石 | 24.8  | 3090  | 2.6    | 0.37 | 2.96  | 10.1  | 41.00  | 2.57 | 1745 | 1066   | 200.8  | 125.5 | 7998.7  | 11.0  | 12.0  | 49.4  | 2974   |
| TCO - 1Y - 12 | 矿石 | 2.2   | 890   | 2.9    | 0.67 | 1.38  | 5.1   | 5.83   | 1.30 | 904  | 1361   | 17.3   | 94.1  | 6489.2  | 9.4   | 6.7   | 32.4  | 1819   |
| TCO - 1Y - 13 | 矿石 | 8.6   | 812   | 25.0   | 0.28 | 0.74  | 8.6   | 9.60   | 1.30 | 684  | 528    | 56.2   | 188.5 | 7430.5  | 11.9  | 8.4   | 30.5  | 1687   |
| TCO - 1Y - 14 | 矿石 | 95.4  | 1480  | 7.6    | 0.14 | 0.68  | 14.2  | 16.68  | 2.06 | 733  | 552    | 77.5   | 134.6 | 31507.5 | 14.9  | 6.4   | 36.5  | 1550   |
| TCO - 1Y - 16 | 矿石 | 12.8  | 897   | 10.7   | 0.35 | 1.54  | 47.7  | 11.76  | 0.74 | 681  | 182    | 55.8   | 185.1 | 4181.3  | 13.3  | 9.0   | 19.1  | 1618   |
| TCO - 1Y - 17 | 矿石 | 30.9  | 849   | 9.6    | 0.23 | 1.40  | 40.6  | 19.50  | 1.84 | 621  | 292    | 23.5   | 177.7 | 4259.2  | 9.3   | 6.7   | 27.7  | 1499   |
| TCO - 1Y - 25 | 矿石 | 20.5  | 896   | 16.7   | 0.34 | 1.18  | 7.6   | 10.18  | 2.40 | 615  | 794    | 23.6   | 303.3 | 4119.8  | 6.5   | 9.6   | 20.7  | 1579   |
| 地层平均值         |    | 1.43  | 38    | 8.34   | 0.67 | 0.2   | 8.38  | 1.82   | 1.45 | 1133 | 235.38 | 16.28  | 64.03 | 29.83   | 14.28 | 13.95 | 72.9  | 3935.6 |
| 地壳克拉克值        |    | 4     | 80    | 2.2    | 0.6  | 0.2   | 0.089 | 1.1    | 1.3  | 450  | 400    | 12.00  | 94.00 | 63.00   | 89.00 | 25.00 | 140   | 6400.0 |
| 浓集克拉克值        |    | 10.67 | 54.31 | 393.18 | 1.43 | 19.23 | 271.3 | 33.87  | 2.00 | 2.76 | 5.02   | 10.14  | 2.06  | 276.79  | 0.23  | 0.58  | 0.43  | 0.40   |

测试单位:中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所,1999。

依据初步勘探成果,矿床以 Cu 为主,这与矿床中出现大量黄铜矿、黄铁矿而少见其它共生硫化物的现象相一致。在 Cu 矿化的同时见有 Au 矿化,这表明,在本区加强 Au 和其它多金属硫化物的勘探是必要的。

通过矿石微量元素 R 型因子分析结果(表 2)可以看出,微量元素由 5 个因子构成。F<sub>1</sub> 因子为 Ag、As、Sb、Bi、W、F、Pb;F<sub>2</sub> 因子为 Ni、V、Ti;F<sub>3</sub> 因子为 Au、S、Zn;F<sub>4</sub> 因子为 Hg、Cu;F<sub>5</sub> 因子为 Mo、Co。其结果与聚类分析完全一致,进一步证实了上述认识。

3.2 矿石稀土元素特征

通过矿石稀土元素测试结果(表 3,图 7)可以看出,REE 变化幅度较大,一般在 105.72 ×10<sup>-6</sup> ~ 438.94 ×10<sup>-6</sup> 之间,最高达 1058.45 ×10<sup>-6</sup>;LREE/ HREE 介于 2.76 ~ 16.77 之间,分馏较强;(La/ Yb)N 比值为 2.27 ~ 22.35;Eu 异常中等,Ce 异常微弱;稀土配分模式为 LREE 富集的右倾型,这与矿区花岗斑岩脉的稀土配分模式相一致(图 8),反映出二者之间在成因上存在密切联系。

表 2 矿石样品 R 型因子分析结果

|                | Au      | Ag      | As      | Sb      | Bi      | Hg      | W      | Mo      | F      | S       | Pb      | Zn      | Cu      | Ni      | Co      | V       | Ti      |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| F <sub>1</sub> | 0.0220  | 0.7107  | 0.9321  | 0.4981  | 0.8667  | -0.0883 | 0.7759 | 0.1942  | 0.6271 | 0.0946  | 0.8871  | -0.5491 | 0.0307  | -0.0687 | -0.1965 | 0.0055  | -0.0015 |
| F <sub>2</sub> | -0.0596 | -0.1908 | -0.0904 | 0.0628  | -0.0315 | -0.0316 | 0.0088 | -0.2157 | 0.4909 | -0.2115 | -0.1055 | 0.0903  | -0.0267 | 0.8641  | 0.4415  | 0.9082  | 0.9765  |
| F <sub>3</sub> | -0.9225 | -0.4634 | 0.0146  | 0.0544  | -0.1580 | -0.1407 | 0.0662 | -0.0795 | 0.0477 | -0.7814 | 0.0086  | -0.5669 | 0.1703  | 0.0696  | 0.1906  | 0.1424  | 0.0350  |
| F <sub>4</sub> | -0.1148 | -0.1413 | 0.2084  | -0.0013 | -0.2663 | 0.7009  | 0.1104 | 0.1103  | 0.3119 | 0.1119  | -0.1227 | -0.0358 | 0.8461  | -0.1257 | -0.2459 | 0.1082  | -0.0036 |
| F <sub>5</sub> | 0.1361  | -0.1095 | 0.1133  | -0.1159 | -0.1008 | -0.3383 | 0.1074 | 0.7766  | 0.2278 | -0.1450 | 0.0525  | 0.2779  | 0.2702  | 0.0012  | 0.5650  | -0.0890 | -0.0077 |

3.4 矿床成因探讨

矿床地质特征、矿石及花岗斑岩脉地球化学特征

研究表明,龙尾沟铜、金矿床属与岩浆作用有关的斑岩型矿床。主要证据有:

表 3 矿石稀土元素含量及特征值

B/10<sup>-6</sup>

| 样号           | 属性 | La    | Ce    | Pr    | Nd    | Sm    | Eu   | Gd   | Tb   | Dy    | Hb   | Er    | Tm   | Yb    | Lu   | REE     | LREE   | HREE   | LREE/HREE | Eu   | Ce   | (La/Yb) <sub>N</sub> |
|--------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|---------|--------|--------|-----------|------|------|----------------------|
| orc - y1     | 矿石 | 34.5  | 82.1  | 12.20 | 58.6  | 16.03 | 2.48 | 15.7 | 2.84 | 16.64 | 3.24 | 7.35  | 1.28 | 8.15  | 1.40 | 262.55  | 205.91 | 56.64  | 3.64      | 0.48 | 0.94 | 2.80                 |
| orc - y3     | 矿石 | 59.9  | 119.1 | 13.87 | 49.8  | 8.61  | 2.04 | 9.1  | 1.50 | 9.54  | 1.87 | 4.26  | 0.72 | 4.23  | 0.65 | 285.16  | 253.32 | 31.84  | 7.96      | 0.71 | 0.94 | 9.35                 |
| orc - y4     | 矿石 | 51.4  | 110.8 | 13.50 | 46.4  | 8.41  | 1.53 | 7.8  | 1.31 | 8.16  | 1.71 | 4.11  | 0.76 | 4.73  | 0.73 | 261.39  | 232.04 | 29.35  | 7.91      | 0.57 | 0.97 | 7.18                 |
| orc - y5     | 矿石 | 63.2  | 140.9 | 22.64 | 81.4  | 15.53 | 2.54 | 16.1 | 2.62 | 14.98 | 2.71 | 5.73  | 0.99 | 5.41  | 0.86 | 375.58  | 326.21 | 49.37  | 6.61      | 0.49 | 0.87 | 7.71                 |
| orc - y6     | 矿石 | 245.6 | 411.8 | 58.82 | 199.2 | 34.74 | 5.17 | 34.0 | 5.18 | 29.62 | 5.32 | 12.01 | 2.04 | 12.95 | 2.02 | 1058.45 | 955.33 | 103.12 | 9.26      | 0.46 | 0.78 | 12.52                |
| orc - y7     | 矿石 | 21.5  | 43.0  | 4.67  | 17.7  | 3.14  | 0.59 | 3.2  | 0.61 | 4.21  | 0.91 | 2.28  | 0.46 | 3.00  | 0.49 | 105.72  | 90.60  | 15.12  | 5.99      | 0.57 | 0.97 | 4.73                 |
| orc - y8     | 矿石 | 27.1  | 60.6  | 8.21  | 31.6  | 7.44  | 1.86 | 10.1 | 2.17 | 15.45 | 3.49 | 7.88  | 1.41 | 7.90  | 1.24 | 186.46  | 136.81 | 49.65  | 2.76      | 0.66 | 0.95 | 2.27                 |
| orc - y9     | 矿石 | 70.8  | 167.8 | 20.95 | 69.9  | 11.06 | 1.49 | 10.0 | 1.43 | 7.77  | 1.29 | 3.02  | 0.52 | 3.23  | 0.48 | 369.77  | 342.00 | 27.77  | 12.32     | 0.43 | 1.01 | 14.47                |
| orc - y10    | 矿石 | 42.5  | 80.2  | 9.11  | 33.7  | 5.99  | 1.47 | 6.6  | 1.20 | 7.96  | 1.65 | 3.83  | 0.71 | 4.25  | 0.64 | 199.81  | 172.97 | 26.84  | 6.44      | 0.72 | 0.92 | 6.60                 |
| PD1 - Y3     | 矿石 | 84.5  | 188.4 | 16.60 | 56.7  | 10.20 | 2.04 | 11.5 | 1.98 | 12.88 | 2.71 | 6.29  | 1.11 | 6.52  | 1.01 | 402.42  | 358.44 | 43.98  | 8.15      | 0.58 | 1.12 | 8.56                 |
| PD1 - Y4     | 矿石 | 57.7  | 140.5 | 11.83 | 41.2  | 7.22  | 1.68 | 7.9  | 1.35 | 8.84  | 1.90 | 4.49  | 0.82 | 4.92  | 0.77 | 291.12  | 260.13 | 30.99  | 8.39      | 0.68 | 1.21 | 7.74                 |
| PD1 - Y11    | 矿石 | 60.6  | 136.7 | 14.94 | 57.4  | 12.05 | 1.81 | 13.0 | 2.49 | 17.31 | 3.88 | 9.18  | 1.71 | 10.22 | 1.56 | 342.81  | 283.50 | 59.31  | 4.78      | 0.44 | 1.04 | 3.92                 |
| PD1 - Y12    | 矿石 | 41.9  | 95.0  | 11.50 | 41.7  | 8.88  | 1.12 | 9.1  | 1.69 | 11.36 | 2.45 | 5.91  | 1.10 | 6.71  | 1.03 | 239.48  | 200.10 | 39.38  | 5.08      | 0.38 | 1.00 | 4.12                 |
| PD1 - Y21    | 矿石 | 81.6  | 192.9 | 23.81 | 85.2  | 16.41 | 1.63 | 13.1 | 2.01 | 10.88 | 1.81 | 4.09  | 0.70 | 4.16  | 0.62 | 438.94  | 401.55 | 37.39  | 10.74     | 0.33 | 1.02 | 12.95                |
| PD1 - Y26    | 矿石 | 40.5  | 73.5  | 7.53  | 26.3  | 4.57  | 0.80 | 4.1  | 0.68 | 4.64  | 0.87 | 2.02  | 0.38 | 2.33  | 0.37 | 168.59  | 153.20 | 15.39  | 9.95      | 0.56 | 0.93 | 11.48                |
| PD1 - Y27    | 矿石 | 43.1  | 77.0  | 8.43  | 27.8  | 5.51  | 0.82 | 4.3  | 0.66 | 3.68  | 0.63 | 1.56  | 0.30 | 2.15  | 0.32 | 176.21  | 162.66 | 13.55  | 12.00     | 0.50 | 0.90 | 13.24                |
| TC14Y- 14    | 矿石 | 40.9  | 92.7  | 11.65 | 39.4  | 5.81  | 0.78 | 4.8  | 0.65 | 3.59  | 0.67 | 1.54  | 0.28 | 1.90  | 0.26 | 204.93  | 191.24 | 13.69  | 13.97     | 0.44 | 0.99 | 14.21                |
| TC14Y- 15    | 矿石 | 22.1  | 50.5  | 6.19  | 24.5  | 5.43  | 1.14 | 6.1  | 1.31 | 9.64  | 2.26 | 5.50  | 1.04 | 6.12  | 0.95 | 142.80  | 109.86 | 32.94  | 3.34      | 0.61 | 1.00 | 2.38                 |
| PD2 - Y15    | 矿石 | 38.7  | 73.5  | 7.93  | 25.8  | 4.32  | 0.54 | 3.9  | 0.53 | 2.72  | 0.52 | 1.17  | 0.21 | 1.42  | 0.27 | 161.49  | 150.79 | 10.70  | 14.09     | 0.40 | 0.94 | 18.00                |
| PD2 - Y16    | 矿石 | 34.4  | 62.9  | 6.73  | 22.2  | 3.75  | 0.57 | 3.5  | 0.49 | 2.67  | 0.47 | 1.20  | 0.28 | 2.05  | 0.35 | 141.60  | 130.55 | 11.05  | 11.81     | 0.48 | 0.92 | 11.08                |
| PD2 - Y24    | 矿石 | 44.0  | 75.5  | 7.39  | 25.6  | 3.97  | 0.69 | 3.5  | 0.46 | 2.27  | 0.45 | 0.94  | 0.18 | 1.30  | 0.24 | 166.52  | 157.15 | 9.37   | 16.77     | 0.56 | 0.91 | 22.35                |
| TCO - 1Y- 9  | 矿石 | 30.9  | 60.8  | 6.73  | 24.1  | 4.38  | 0.68 | 3.9  | 0.66 | 4.17  | 0.84 | 2.07  | 0.40 | 2.91  | 0.41 | 142.94  | 127.59 | 15.35  | 8.31      | 0.50 | 0.96 | 7.01                 |
| TCO - 1Y- 12 | 矿石 | 28.3  | 52.9  | 6.06  | 20.8  | 3.62  | 0.67 | 3.3  | 0.51 | 3.16  | 0.58 | 1.35  | 0.30 | 1.73  | 0.28 | 123.51  | 112.35 | 11.16  | 10.07     | 0.59 | 0.91 | 10.80                |
| TCO - 1Y- 13 | 矿石 | 51.6  | 80.3  | 11.73 | 40.4  | 7.04  | 1.10 | 6.8  | 1.05 | 5.92  | 1.10 | 2.55  | 0.48 | 2.87  | 0.49 | 213.43  | 192.17 | 21.26  | 9.04      | 0.48 | 0.74 | 11.87                |
| TCO - 1Y- 14 | 矿石 | 34.1  | 68.3  | 7.07  | 25.2  | 4.51  | 0.76 | 4.2  | 0.68 | 3.93  | 0.75 | 1.84  | 0.37 | 2.51  | 0.41 | 154.59  | 139.94 | 14.65  | 9.55      | 0.53 | 0.99 | 8.97                 |
| TCO - 1Y- 16 | 矿石 | 77.7  | 117.4 | 18.31 | 63.2  | 11.17 | 1.77 | 11.0 | 1.74 | 10.37 | 1.90 | 4.41  | 0.80 | 4.71  | 0.77 | 325.24  | 289.55 | 35.69  | 8.11      | 0.49 | 0.71 | 10.89                |
| TCO - 1Y- 17 | 矿石 | 47.9  | 84.9  | 11.62 | 40.9  | 6.83  | 1.14 | 6.4  | 0.95 | 5.37  | 1.00 | 2.29  | 0.41 | 2.72  | 0.48 | 212.93  | 193.29 | 19.64  | 9.84      | 0.52 | 0.83 | 11.63                |
| TCO - 1Y- 25 | 矿石 | 57.5  | 86.9  | 12.49 | 42.8  | 7.16  | 1.11 | 6.9  | 1.04 | 5.57  | 0.97 | 2.29  | 0.42 | 2.73  | 0.49 | 228.37  | 207.96 | 20.41  | 10.19     | 0.48 | 0.73 | 13.91                |

测试单位:中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所,1999。

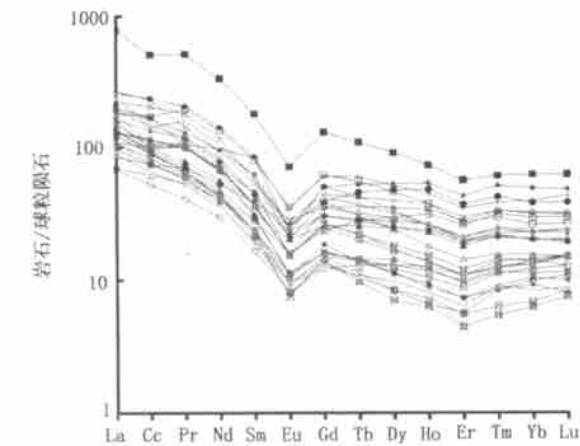


图 7 矿石稀土元素配分模式图

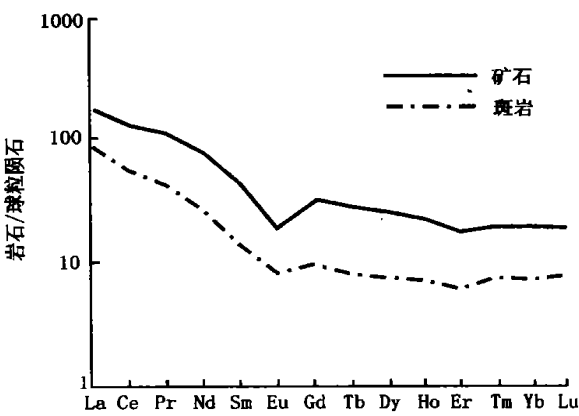


图 8 斑岩与矿石配分模式图

1) 矿区石炭系、泥盆系地层以及华力西期花岗岩体呈环状分布的现象揭示了化石沟环形构造深部可能存在隐伏花岗岩体(株),在已揭露探槽和平硐中均可见到花岗斑岩脉,这些现象也表明花岗岩体有可能向深部逐步收敛构成隐伏花岗岩体(株),从而为已知矿床(体)的成矿作用提供丰富的成矿物质及热源并构成铜、金矿床的成矿母体。

2) 已知矿床(体)在空间上,严格受控于沿化石沟环形构造分布的断裂构造(F<sub>6</sub>),而 F<sub>6</sub> 及其派生

的次级断裂或裂隙又为深源岩浆底侵提供了侵位空间,这种空间关系暗示着矿床的形成与斑岩型铜、金矿床紧密相关。

3) 已知矿床(体)的产出均与围绕化石沟环形构造分布的花岗斑岩脉有关,如工程中所见,矿体与花岗斑岩脉如影随形,或在其上盘,或在其下盘,或花岗斑岩脉本身就构成工业矿体,这种岩体与矿体的产出关系进一步证实了矿床成因与花岗斑岩株(脉)的产出具有较强的直接关系。

4) 花岗斑岩脉与矿石的微量元素含量对比结果表明,二者具有几乎一致的变化趋势或明显的共消长关系,而与矿区地层明显不同。矿石微量元素聚类、R型因子分析结果显示,矿床具有多期、多阶段性的形成特点,这与岩浆的形成和演化过程直接相关。

5) 虽然与矿石相比,花岗斑岩脉 REE 偏低,但二者有着一致的稀土配分模式。这意味着二者具有相似(同)的来源背景。

国外学者<sup>[3~4]</sup>对美国 Ray 斑岩型铜矿床研究后认为,矿床深部存在隐伏花岗岩体(株),在岩浆底侵作用下,为矿床形成提供大规模成矿物质、流体及热能,国内学者在斑岩型铜矿床的成因研究方面也有此共识。目前对龙尾沟铜、金矿床的认识还相当肤浅,但开展这一问题的研究,将有助于研究该矿床的成因并指导下一步勘探工作。

#### 4 成矿远景分析

产于大陆边缘的斑岩型铜矿床被认为与地壳增厚、地块上隆和俯冲的洋壳板片由陡立变平缓有关<sup>[5~7]</sup>,近来的研究<sup>[8~11]</sup>显示,在我国青藏高原的喜马拉雅—西藏造山带广泛发育有斑岩型铜矿床。龙尾沟铜、金矿床地处柴达木准地台与塔里木地台接合部位的阿尔金断裂构造带南部,与祁连山断裂构造带相交切,自元古界以来经历了多期次构造运动事件,在大地构造背景上,具有形成斑岩型铜矿床的可能性。

从已查明铜、金矿床(体)的控矿因素和矿化特征分析,深部具有存在规模较大矿化体的前景。因地表所见的铜、金矿化主要赋存在沿化石沟环形构造周边分布的环状花岗斑岩脉中,在地表这些花岗斑岩脉或矿体的产出受断裂 F<sub>6</sub> 及其派生的次级断裂或裂隙控制,沿走向有分叉复合现象;在探槽和平硐中可见到花岗斑岩脉或矿体呈群出现,且从北向南,随着标高降低,出现由多条花岗斑岩脉或矿体向深部逐渐合并的现象,这表明矿化可能向深部延伸并与隐伏花岗岩体

(株)相连接。

通过对探槽和平硐的样品的分析对比后可以看出,在地表矿体前缘晕元素 As、Sb、Hg、F、Pb、Zn、Au、Ag 等含量较高,而随深度增加尾部晕元素 Cu、Mo 含量则有增高趋势,这表明矿体剥蚀程度较低,矿化向深部有延伸趋势。综上所述,龙尾沟铜、金矿床为与岩浆作用有关的斑岩型矿床,其深部具有很大的勘探潜力,应进一步加强该地区深部勘探及研究力度,以期获得找矿的更大突破。

#### [参考文献]

- [1] 翟裕生,邓军,李晓波.区域成矿学[M].北京:地质出版社,1999.
- [2] 张华,杨少平,刘应汉,等.新疆西昆仑地区干旱荒漠景观区域化探方法技术初步研究[J].新疆地质,2001,19(3):221~227.
- [3] Phillips C H, Gambel N A, Fountain D S. Hydrothermal alteration, Mineralization, and zoning in the Ray deposit[J]. Econ. Geol., 1974, 69:1237~1250.
- [4] Cornwall H R. Petrology, chemistry of igneous rocks Ray porphyry copper district, Pinal County, Arizona, in Titley, S R, ed, Advances in Geology of the Porphyry Copper Deposits, Southwestern North America [J]. Tucson, Univ. Ariz. press, 1982:259~273.
- [5] Skewes M A, Stern C R. Genesis of the granit late Miocene to Pliocene copper deposits of central Chile in the context of Andean magmatic and tectonic evolution[J]. International Geology Review, 1995, 37:893.
- [6] Kay S M, Mpodozis, C Coira B. Neogene magmatism, tectonism, and mineral deposits of central Andes (220 to 330 S Latitude) [M]. Geology and Ore Deposits of the Central Andes (ed. By Skinner, B J), Society of Economic Geologists Special Publication 7, 1999, 27~59.
- [7] Kerrich R, Goldfarb R, Groves D, et al. Garwin, S. The characteristics, origins, and geodynamic settings of supergiant gold metallogenic provinces[J]. Science in China, 2000, 43:1~68.
- [8] 王小春,晏子贵,周维德,等.初论西藏冈底斯带中段尼木西北部斑岩铜矿地质特征[J].地质与勘探,2002,38(1):5~8.
- [9] 侯增谦,曲晓明,黄卫,等.冈底斯斑岩铜矿成矿带有望成为西藏第二条“玉龙”铜矿带[J].中国地质,2001,28(10总293):27~29.
- [10] 徐正余,陈福忠,郑延中,等.青藏高原主要矿产及其分布规律[M].北京:地质出版社,1992.
- [11] 俞沧海.贵池铜山铜矿床成因探讨[J].地质与勘探,2001,37(2):12~16.

### GEOLOGIC CHARACTERISTIC, GENESIS AND PERSPECTIVE ANALYSIS OF LONGWEIGOU PORPHYRY COPPER AND GOLD DEPOSIT, QINGHAI PROVINCE

XU Shan - fa<sup>1,2</sup>, ZHANG Han - cheng<sup>1</sup>, CHEN Jian - ping<sup>1</sup>, YE Shu - min<sup>2</sup>

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083;

2. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000)

**Abstract:** The finding of the Longweigou copper and gold deposit is a great prospecting breakthrough in the northern Qaidam metallogenic sub - province, Qinghai Province. The deposit is located in Lower Proterozoic Dakendaban formation, and controlled by F<sub>6</sub> fault fracture zone. Based on geological and geochemical characteristic of ores and granitic porphyry, it is firstly concluded that Longweigou copper and gold deposit is a porphyry type deposit related with magmatism. According to known ore - controlling factors and mineralizing characteristics, there exist bigger mineralizing bodies in the deep part of the deposit. More prospecting and investigating works should be done in order to achieve more breakthroughs in the area.

**Key words:** porphyry copper deposit, the deposit geologic characteristic, the deposit genesis, perspective analysis, Long Wei Gou area