

岩帽:地质特征及找矿意义

徐庆生, 覃 锋, 刘 阳, 袁 波, 孙 赫, 陈喜峰, 郑 杰, 牛向龙

(中国冶金地质总局矿产资源研究院, 北京 100025)

[摘 要] 岩帽是指富硅的、经受了高级泥化和泥化蚀变的斑岩型热液活动/蚀变体系的顶部, 在地质环境上位于古地表和浅成中-酸性岩浆侵入体之间, 在现今地貌上常表现为突起的块体或山丘, 在野外具有醒目、突出的地形特征。许多岩帽构成了斑岩型热液-成矿活动/蚀变体系的重要组成部分, 是重要的找矿指示标志, 具有很大的勘探潜力, 特别是产出中、新生代岛弧环境中的岩帽, 很可能与高或低硫化浅成低温热液型矿床、斑岩型铜/金矿床和次生铜富集带有紧密成因联系。在勘探工作的早期阶段, 特别是在初级勘查区内进行贵金属和有色金属勘查时, 要特别重视岩帽的识别。

[关键词] 岩帽 高级泥化/泥化 斑岩型铜-金矿 浅成低温热液型金-银矿

[中图分类号] P583 [文献标识码] A [文章编号] 0459-5331(2010)01-0020-04

XU Qing-sheng, Qin Feng, Liu Yang, Yuan Bo, Sun He, Chen Xi-feng, Zheng Jie, Niu Xiang-long

. Lithocaps: geological characteristics and implication to exploration of epithermal and porphyry-style deposits[J]. *Geology and Exploration*, 2010, 46(1): 0020-0023.

0 引言

岩帽 (lithocap), 有时又被称为硅帽 (silica cap), 在我国和前苏联国家常被描述为“次生石英岩” (secondary quartzite), 是指富硅的、经受了高级泥化和泥化蚀变的斑岩型热液活动/蚀变体系的顶部, 在地质环境上位于古地表和浅成中-酸性岩浆侵入体之间。岩帽由于富硅而不易遭受风化和侵蚀作用的破坏, 因而经常形成地貌上突起的块体或山丘, 在野外具有醒目、突出的地形特征。岩帽中常产出有浅成低温热液型金-银矿, 岩帽之下的浅成中-酸性岩浆侵入体有可能是斑岩型铜-金矿的成矿母岩, 当化学成分合适时也可能形成斑岩型钼或锡矿 (Sillitoe, 1973, 1983, 1994a, 1994b, 1995, 1998)。在合适的气候和地质构造环境下岩帽中的硫化物矿物产生氧化、淋滤, 形成较强酸性环境, 能够大大促进次生硫化物的形成和富集, 因此岩帽也是次生铜富集带的重要找矿指示标志。

1 岩帽的地质特征

岩帽一般产出在汇聚型板块边界中的岛弧环

境, 通常发育在火山岩中, 这些火山岩与下伏的侵入岩 (成矿或非成矿) 一般是同时代的, 但有时岩帽在深部也穿切进入较老岩石。岩帽的原始平面面积多在十几至二十多平方千米, 甚至可达上百平方千米, 厚度可达二千多米; 但绝大多数岩帽都由于风化、侵蚀作用而不同程度地解体, 现存部分的面积和厚度都大为减少, 常在地表表现为许多分离的块体或山丘, 受断裂构造或岩石孔隙度/渗透性的控制。

岩帽的底部可以被看作是高硫化浅成低温热液活动的下部边界, 高级泥化蚀变是岩帽所具有的突出特征, 中级泥化蚀变 (伊利石-高岭石-蒙脱石) 和绿泥石化或青磐岩化蚀变常在整个斑岩型热液活动/蚀变体系的边部或深部与高级泥化蚀变带相伴产出 (图 1)。从岩帽到下伏斑岩体中的蚀变矿物组合具有明显的分带性, 通常在顶部为孔洞状石英岩或玉髓状石英, 向深部和边侧部变为石英-明矾石-(硫砷铜矿)、石英-叶腊石-地开石-硬水铝石、石英-伊利石-高岭石、石英-绢云母等蚀变矿物组合 (图 2a)。

氟黄晶、黄玉等含 F、Cl 的矿物也常产出于高级泥化蚀变带中, 并常见电气石产出在角砾状岩石中,

[收稿日期] 2009-09-10; [修订日期] 2009-11-12; [责任编辑] 陈喜峰。

[第一作者简介] 徐庆生 (1963 年—), 男, 1987 年毕业于中国地质大学, 获硕士学位, 研究员, 现主要从事金属矿床勘查及研究工作。

有时还可见到蓝色的含硼矿物-蓝线石。岩帽的深部与较高温度的流体活动有关,因而出现更多的叶

腊石,有时还出现红柱石和刚玉。

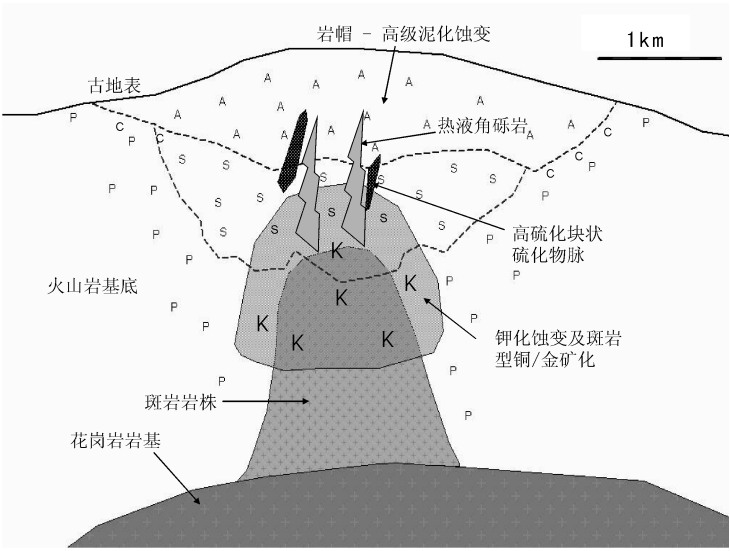


图 1 理想化的岩帽及下伏斑岩型铜-金矿化/蚀变体系示意图(据 Sillitoe, 1995 修改)

Fig. 1 Idealized lithocap and porphyry Cu-Au mineralization / alteration system (modified from Sillitoe, 1995)

A-高级泥化蚀变;S-绢英岩化蚀变;C-绿泥石化蚀变;P-青磐岩化蚀变;K-钾化蚀变

A-advanced argillic alteration;S-phyllic alteration;C-chloritic alteration;P-propylitic alteration;K-potassical alteration

黄铁矿和白铁矿是岩帽中的主要硫化物,它们多以浸染状分布,也可以形成块状或半块状不同厚度的脉体,在富硅带和石英-明矾石带中的体积含量一般变化于 5 ~ 20% 之间,在中级泥化和绿泥石化或青磐岩化蚀变晕带中体积含量一般变化于 1 ~ 5% 之间。金红石普遍存在;含金、银和铜的硫盐和硫化物矿物,常见为硫砷铜矿和四方硫砷铜矿,一般只产出于块状硫化物脉、角砾岩化玉髓状石英和石英-明矾石蚀变带中。

岩帽中如含有较多的黄铁矿等硫化物,在表生风化环境中这些硫化物被氧化,转变为黄钾铁矾、针铁矿等次生矿物,同时形成大量硫酸,使浅部的岩帽处于强酸性环境,引起较强烈的淋滤作用,常形成空洞状石英岩,或在酸性稍弱时形成玉髓状石英岩。这些石英岩抗风化能力强,常构成地貌上凸起的山包或突出的岩壁。围绕这些石英质的山包或岩壁常为抗风化能力弱的泥化蚀变岩石或富集氧化次生矿物的岩石,构成地貌上的低洼地带,并有突出的颜色特征,常在遥感图像上有明显显示。

岩帽与其下部的矿化斑岩侵入体之间一般间隔有零到近千米厚的无矿或贫矿化岩石,这一间隔距离的大小取决于斑岩热液/成矿体系的叠缩作用程

度。叠缩作用是由于高的剥蚀速度和火山机构的重力垮塌作用所引起的与热液体系同期的古地表高度下降的作用。叠缩作用越强,(图 2b)岩帽与其下部的矿化斑岩侵入体之间的间隔距离越小,甚至岩帽可以直接叠加在矿化斑岩侵入体的上部,这种情况非常有利于勘探岩帽之下的斑岩型矿化。反之,若叠缩作用很弱,则斑岩型矿化深埋于岩帽之下,勘探难度大(图 2a)。因此斑岩型矿床的勘探靶区应选择抬升速度和剥蚀速度较高的隆起区。

2 岩帽对高硫化浅成低温热液型矿床的勘探意义

岩帽中赋存的高硫化浅成低温热液型矿体可以分为两类:一类为陡倾的板状或不规则状、块状或半块状硫化物脉型矿体,其中富含黄铁矿并常有硫砷铜矿、四方硫砷铜矿和斑铜矿。第二类为热液角砾岩、网脉和浸染状硫化物型矿体,形态多样,主要由残余状石英和硅化岩石组成,常含明矾石,总体以低硫化物含量为特征。第二类矿体一般富金和/或银,贫铜。富硫化物的第一类矿体明显受断裂构造的控制,通常分布于岩帽的下部;在有些矿区由于较强的叠缩作用,该类矿化叠加在下伏的斑岩型矿化的上

部。硫化物含量低的第二类矿体通常位于岩帽的上部,在有些矿区可以接近古潜水面;这类矿化也是受

构造控制的,但其较均匀、面型矿体的特征常掩盖了热液活动的断裂通道。

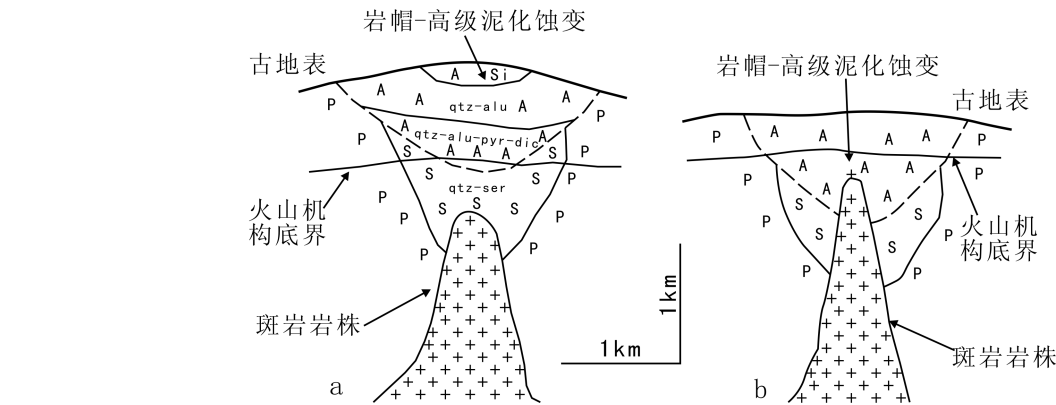


图 2 岩帽及下伏斑岩热液/成矿体系的叠缩作用示意图(据 Sillitoe, 1995 修改)

Fig. 2 Schematized lithocap and underlying porphyry Cu-Au mineralization / alteration system (modified from Sillitoe, 1995)

A-高级泥化蚀变;S-绢英岩化蚀变;P-青磐岩化蚀变;si: 孔洞状石英;qtz-alu: 石英-明矾石;qtz-alu-pyr-dic: 石英-明矾石-叶腊石-地开石;qtz-ser: 石英-绢云母

A-advanced argillic alteration;S-phyllitic alteration;C-chloritic alteration;P-propylitic alteration;si: vuggy silica;qtz-alu: quartz-alunite;qtz-alu-pyr-dic: quartz-alunite-pyrophyllite-dickite;qtz-ser: quartz-sericite

岩帽中高硫化矿体的垂向分带特征为勘探此类矿床提供了有用的指示标志,特别是特征蚀变矿物在垂向上的变化,由上部到下部:硫砷铜矿→斑铜矿,明矾石→叶腊石→绢云母。在勘探过程中可以根据金属矿物和蚀变矿物种类和含量的变化判断矿化/蚀变体系的大概空间位置。

许多岩帽是贫矿或不含矿的,这主要取决于整个矿化/蚀变体系的成矿强度、成矿元素在源区的丰度、构造控制因素及剥蚀作用的强度等。但贫矿或不含矿岩帽的下部有可能形成斑岩型铜/金矿化,在勘探过程中应加以重视。

3 岩帽对隐伏的斑岩型矿床的勘探意义

对隐伏于岩帽之下的斑岩型铜-金或金矿床,控制其经济价值的主要因素除品位、矿石量和岩帽厚度之外,就是岩帽底界与下伏的斑岩型矿体之间的间隔距离。此距离取决于斑岩成矿热液体系的叠缩作用程度,在不同矿区变化于零到近千米。

如果在地表或钻孔中广阔的高级泥化蚀变带中出现红柱石、刚玉和叶腊石,或发现了富含斑铜矿和硫砷铜矿的块状或半块状硫化物脉型矿体,表明岩帽的较深部位已接近或出露地表,因而离斑岩型矿体的距离也就很近了。在这种情况下,斑岩型矿体有可能已经被剥蚀出露或接近地表,位于岩帽残留

体的附近或周边。如果在岩帽中可以鉴别出具斑状结构的侵入体或 A 型石英网脉(一种由透明石英组成的不规则细脉或网脉,形成于钾硅酸盐蚀变阶段),则表明斑岩成矿热液体系的叠缩作用程度非常高,在岩帽的底部应该有斑岩型矿化。

如果在岩帽中未见到具斑状结构的侵入体或 A 型石英网脉,则斑岩型矿体在岩帽之下的深度可以根据前述金属矿物和蚀变矿物种类和含量的变化进行大致判断,另外,控制岩帽中高硫化矿体的断裂构造很有可能在深部某处切割斑岩型矿体,摸清此类断裂构造的产状和延伸可以为寻找隐伏的斑岩型矿体提供线索。

4 结论

岩帽具有很大的勘探潜力,特别是产出于中、新生代岛弧环境中的岩帽,很可能与高或低硫化浅成低温热液型矿床、斑岩型铜/金矿床和次生铜富集带有紧密成因联系。在勘探工作的早期阶段,特别是在初级勘查区内进行贵金属和有色金属勘查时,要特别重视岩帽的识别。岩帽有这些特征:

- (1) 地貌上凸出的山丘或高台,由于富含硅质或石英的高级泥化蚀变带中的岩石耐风化和剥蚀;
- (2) 水系中广泛分布的硅质岩石砾石或转石;
- (3) 遥感图像上有颜色异常;
- (4) 由于硅质岩石坚硬而

导致植被稀少;(5) 在区域水系沉积物地化异常中有比较突出的 P 异常,有时还有 Mo 异常;(6) 由于高级泥化和泥化蚀变破坏磁铁矿而导致低磁异常;(7) 由于岩帽中广泛存在黄铁矿,所以一般有激电异常。对识别出的岩帽要进行详细的地质填图及蚀变填图,如有条件要使用红外光谱矿物分析仪,结合薄片观察及 X 射线粉末衍射进行详细矿物鉴定,同时进行土壤/岩石或岩屑地球化学采样/分析,圈定蚀变和地球化学异常分带,解释并找出能够指向斑岩矿化中心的指示标志,判断矿化中心,为钻探验证提供靶区。

[References]

Bove, DJh . 2009. Trace Element Composition of Pyrite in Acid-Sulfate Altered Lithocaps - a Potential Exploration Tool for Concealed Ore deposits [A]. Geological Society of America Abstracts with Programs, 41(6) : 7

Gustafson, LB, Hunt, JP . 1975. The Porphyry Copper Deposit at El Salvador, Chile [J] . Economic Geology, 70:857-912

Hedenquist, JW, Aoki, M, Shinohara, H . 1994 . Flux of volatiles and ore-forming metals from the magmatic-hydrothermal system of Satsuma Iwojima volcano [J] . Geology, 22:585-588

Hedenquist, JW, Atsuhisa, Y, Izawa, E, White, NC, Giggenbach, WF, Aoki , M . 1994 . Geology, geochemistry and origin of high sulfidation Cu - Au mineralization in the Nansatsu district, Japan [J]. Economic Geology, 89:1-30

Hedenquist, JW, Arribas JR, A, Reynolds, T J . 1998 . Evolution of an Intrusion-Centered Hydrothermal System: Far Southeast - Lepanto Porphyry and Epithermal Cu - Au Deposits Philippines [J] . Economic Geology, 93:373-404

Lowell, JD 2000, Guilbert, JM . 1970 . Lateral and Vertical Alteration-Mineralization Zoning in Porphyry Ore Deposits [J] . Economic Geology, 65:373-408

Muntean, J L, Einaudi, MT. 1998. Porphyry gold deposits of the refugio district, Maricunga belt, Northern Chile [J] . Economic Geology,

95:1445-1472

Sillitoe, RH . 1973 . The tops and bottoms of porphyry copper deposits [J]. Economic Geology, 68:799-815

Sillitoe, RH . 1983 . Enargite-bearing massive sulfide deposits high in porphyry copper systems [J] . Economic Geology, 78:348-352

Sillitoe, RH . 1991 . Gold Metallogeny of Chile-an Introduction [J] . Economic Geology, 86:1187-1205

Sillitoe, RH . 1994 . Erosion and collapse of volcanoes: Causes of telescoping in intrusion-centered ore deposits [J], Geology, 22:945-948

Sillitoe, RH . 1994 . Indonesian mineral deposits-introductory comments, comparisons and speculations [J] . Journal of Geochemical Exploration, 50(1-3) : 1-11

Sillitoe, RH, Lorso, RC . 1994. Epithermal gold-silver-mercury deposits at Paradise Peak, Nevada: Ore controls, porphyry gold association, detachment faulting, and supergene oxidation [J]. Economic Geology, 89:1228-1248

Sillitoe, RH . 1995 . Exploration of porphyry copper lithocaps [A] In: Proceedings of Pacific Rim Congress 95 [C] . Auckland, New Zealand; 527-532

Sillitoe, RH Hannington, MD, Thompson, JFH . 1996 . High sulfidation deposits in the volcanogenic massive sulfide environment [J] . Economic Geology, 91:204-212

Sillitoe, RH, Steele, GB, Thompson, JFH, Lang, JR . 1998 . Advanced argillic lithocaps in the Bolivian tin-silver belt [J] . Mineralium Deposita, 33(6) : 539-546

Vila, T, Hedenquist, JW. 1991. Gold-rich porphyry systems in the maricunga belt, Northern Chile [J] . Economic Geology, 86:1238-1260

Watanabe, Y, Aoki, M, Yamamoto, K. 1997. Geology, age and style of the advanced argillic alteration in the Kobui area, Southwestern Hokkaido [J]. Resource Geology, 47(5) : 263-281

Watanabe, Y, Hedenquist, JW . 2001. Mineralogical and stable isotope Zonation at the surface over the El salvador porphyry copper deposit, Chile [J] . Economic Geology, 96:1775-1797

Lithocaps: Geological Characteristics and Implication to Exploration of Epithermal and Porphyry-Style Deposits

XU Qing-sheng, QIN Feng, LIU Yang, YUAN Bo, SUN He, CHEN Xi-feng, ZHENG Jie, NIU Xiang-long
(Institute of Mineral Resources Research, CMGB, Beijing 100025)

Abstract: Lithocaps are the advanced argillic and argillic altered, silica-rich tops to porphyry systems that are located between the subvolcanic intrusives and the paleosurface. Lithocaps usually form large, topographically prominent masses because they are resistant to weathering and erosion. They can be zoned from surface with vuggy silica at the top (silica cap), then with depth, quartz-alunite-(enargite), quartz-pyrophyllite-diaspore, quartz-illite-kaolinite, quartz-sericite. Lithocaps have great exploration potential for high-and low-sulfidation epithermal precious metal deposits, subjacent porphyry Cu-Au deposits and supergene Cu enrichment blankets.

Key words: lithocap, porphyry Cu-Au, epithermal Au-Ag, exploration