

德尔尼黄铁矿型铜钴矿床成因 及其与硫化铜镍矿床的区别

段 国 莲

(青海省地质矿产局)

文中介绍了青海省德尔尼黄铁矿型铜钴矿床的地质特征, 并和与超基性—超基性岩有关的硫化铜镍矿床进行了对比。认为该矿床与超基性岩没有成因联系, 而是一个与印支—燕山期黑云母花岗岩有关的热液矿床。

关键词: 德尔尼; 铜钴矿床; 热液成因

青海省德尔尼铜钴矿床位于积石山隆起北缘的断裂带中。北西向断裂控制着超基性岩的分布。矿体赋存于超基性岩体中。

矿区地质概况

1. 地层 区内出露地层以二叠系为主, 另有上石炭统、三叠系、侏罗系、白垩系和第三系分布。上石炭统为变火山岩、斜长角闪片岩、大理岩和结晶灰岩。

2. 构造 作为东昆仑褶皱带东延部分的积石山隆起带, 实际上是一个宽20~50km的断裂带, 由若干大致平行的断裂组成, 分布于 F_1 、 F_2 和 F_3 断裂之间。在 F_1 和 F_2 断裂之间, 次级断裂(F_{11} 、 F_{12} 、 F_{13} 、 F_{14})发育, 其中 F_{13} 属深断裂, 控制着超基性岩体和矿体的分布(见图)。

3. 岩浆岩 岩浆活动主要有华力西期和印支—燕山期。

华力西期有超基性岩侵入。德尔尼矿区的超基性岩体长17km, 宽300~900m, 以斜辉辉橄岩为主, 另有橄榄岩、含辉橄岩、橄辉岩和辉石岩, 构成向东北倾斜的单斜岩体。属铝过饱和的镁质超基性岩, $m/f = 7.5 \sim 11.4$, 平均9.6。

斜辉辉橄岩几乎全部蛇纹石化, 以块状

构造为主, 局部呈片状。主要矿物为纤蛇纹石、叶蛇纹石、胶蛇纹石(以上共占80%), 以及绿泥石、磁铁矿和碳酸盐矿物。

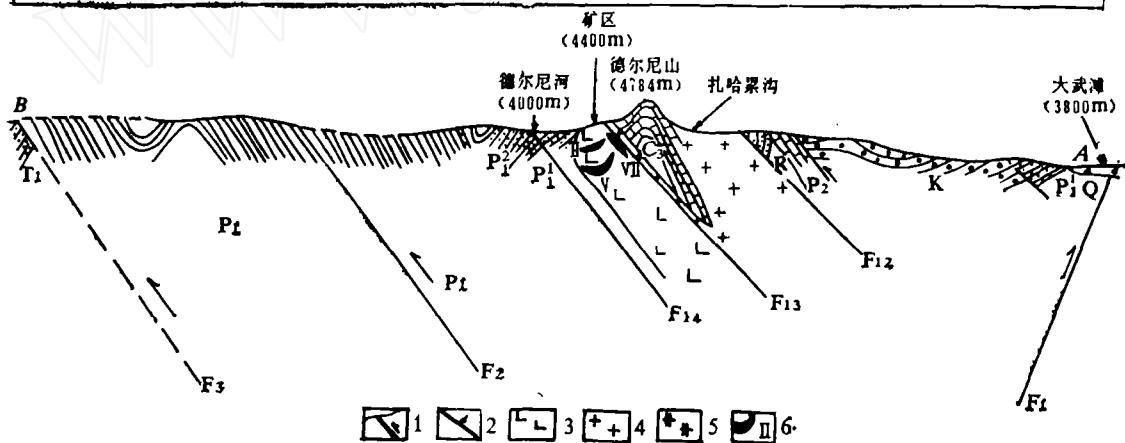
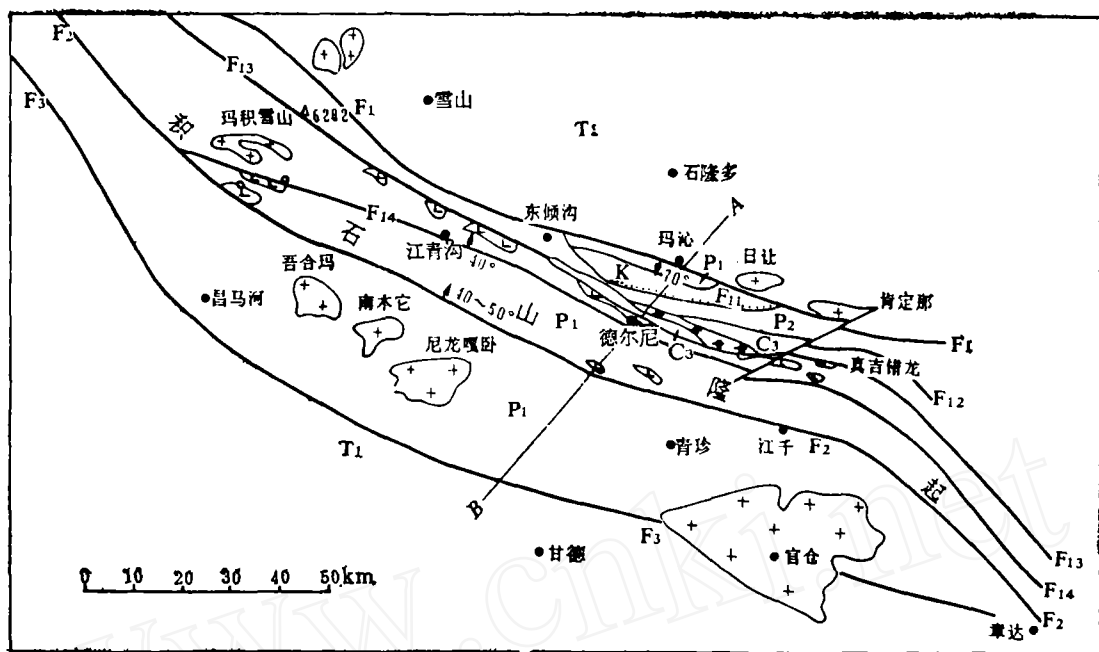
印支—燕山期有花岗岩、花岗闪长岩侵入, 构成南、北两个亚带。北亚带的德尔尼酿格—恰恰查麻拉黑云母花岗岩与铜钴矿床有成因联系。

4. 矿床 I、V、VI号矿体沿两组裂隙交叉处和片理化带分布; I号矿体则受张裂隙控制。矿体长约1000m, 宽200~300m, 厚30~70m, 含铜1%, 含钴0.05~0.1%。

黑云母花岗岩的特征

德尔尼酿格—恰恰查麻拉黑云母花岗岩(γ_5^{1-2})分布于德尔尼沟两侧, 呈南东向延长26km, 宽1.5~1.0km。其北侧侵入于下二叠统结晶灰岩中, 南侧侵入上石炭统斜长角闪片岩夹大理岩中。岩体地表倾向南西, 深部倾向北东, 倾角中等。

岩体沿长轴分异较好, 可分为黑云母花岗岩相和黑云母二长岩相, 两者呈渐变过渡关系。前者位于岩体中部, 长约15km, 以似斑状黑云母花岗岩为主, 向西渐变为黑云斜长花岗岩, 向东斑晶减少, 渐变为黑云母花岗岩, 副矿物为磷灰石—锆石—榍石型;



德尔尼矿区附近地质剖面示意图

Q—第四系；R—第三系；K—白垩系；T₁—侏罗系；P—二叠系；P₂—上二叠统；P₁—下二叠统；C₃—上石炭统；1—逆冲断层；2—断层及产状；3—华力西期超基性岩；4—印支期花岗岩；5—印支—燕山期黑云母花岗岩；6—矿体及编号

后者见于岩体两侧，主要是黑云母二长岩和黑云母石英二长岩，副矿物属锆石—磷灰石型。

黑云母花岗岩相SiO₂含量较高，Al₂O₃、FeO和碱质含量较低。在岩体接触带附近，局部有放射性异常显示（100~150伽马），U含量可达0.01%，Th最高达0.012%。黑云母花岗岩中Cu、Cr、Ni、Co、V和Sr含量高于黑云母二长岩，而Ga、Mn、Ba、La

的含量则较低。除Mn、Sr、Be外，其他元素含量均高于维氏值。黑云母二长岩中，Cu、V、Sr、Be略低于维氏值，其他元素均高于维氏值。

矿床地质特征

含矿溶液沿F₁₃断裂上升，并充填于断层、裂隙及片理化带等次级构造中，形成裂隙充填式矿床。

1. **围岩** 主要是超基性岩。自变质形成的蛇纹石化遍及整个岩体，动力变质形成的蛇纹石化则见于构造发育地段。与热液有关的叶蛇纹石化、纤蛇纹石化、硅化以及沿岩体原生构造裂隙充填的石棉、绿泥石及方解石脉，都反映了热液蚀变的广泛性。

2. **矿石构造** 在致密块状、条带状、脉状、网脉状、角砾状和角砾条带状。

矿石结构有半自形粒状（由黄铁矿、磁黄铁矿和部分闪锌矿自形晶镶嵌而成）、自形粒状（主要由自形粒状黄铁矿组成）、充填和溶蚀结构、交代结构、乳浊状结构和压碎结构等。随着裂隙程度由弱到强，矿石中依次出现浸染状或星点状→脉状→网状→致密块状矿石。

原生矿石类型有：黄铁矿矿石（包括含铜黄铁矿矿石、含铜锌黄铁矿矿石和含锌黄铁矿矿石）、磁铁矿矿石（包括含铜黄铁矿-磁铁矿矿石、含铜磁黄铁矿-磁铁矿矿石、含铜锌磁铁矿矿石）、磁黄铁矿矿石（包括含铜磁黄铁矿矿石、含铜锌磁黄铁矿矿石）等。

致密块状含铜锌黄铁矿矿石多分布于矿体上部，其下为条带状矿石。沿矿体边缘（主要是底板）赋存有含铜磁黄铁矿矿石。磁黄铁矿脉常穿插致密块状含铜黄铁矿矿石。

3. **主要金属矿物的生成顺序** 细粒含铜黄铁矿¹⁾→粗粒（重结晶）黄铁矿²⁾→磁黄铁矿→晚期黄铜矿。未见硫化物熔蚀超基性岩的现象。

黄铜矿可分3期：早期黄铜矿¹⁾充填在早期黄铁矿¹⁾裂隙中，构成含铜黄铁矿；较晚期黄铜矿²⁾与晚期黄铁矿²⁾伴生；最晚期黄铜矿³⁾呈星点状分布于磁黄铁矿矿石中，或闪锌矿与磁黄铁矿的接触面上，或形成含黄铜矿的方解石脉。仅黄铜矿³⁾肉眼可见。

闪锌矿可分2期：早期闪锌矿¹⁾与黄铁矿¹⁾共生，常充填在后者的晶体之间，并轻

微溶蚀它；个别闪锌矿¹⁾中含乳滴状黄铜矿；晚期闪锌矿²⁾多与磁黄铁矿、黄铜矿嵌生，有时在闪锌矿²⁾集合体中可见定向分布或呈脉状的磁黄铁矿。

热液期可划分为4个矿化阶段(表1)。

个别测温结果表明，黄铁矿的生成温度为210℃。

原生矿石中，黑云母花岗岩的副矿

矿物生成顺序表 表 1

矿 物	热 液 期				表生期
	黄铁矿	磁铁矿	磁黄铁矿	黄铁矿-白铁矿	
黄铁矿 ¹⁾	—				
黄铜矿 ¹⁾	—				
闪锌矿 ¹⁾	—				
白铁矿					
碳酸盐	—				
磁铁矿		—			
赤铁矿		—			
方黄铜矿			—		
碳酸盐			—		
黄铁矿 ²⁾			—		
磁黄铁矿			—		
镍钴黄铁矿			—		
硫铁镍钴矿			—		
黄铜矿 ²⁾			—		
闪锌矿 ²⁾			—		
石 英			—		
碳酸盐			—		
黄铁矿 ³⁾				— —	
白铁矿				— —	
碳酸盐				—	
褐铁矿					—
黑铜矿					—
黑锰矿					—
孔雀石					—
蓝铜矿					—
铜 蓝					—
辉铜矿					—
斑铜矿					—
赤铜矿					—
自然铜					—
自然金					—
胆 矾					—
标型元素	FeCu Zn Co S CO ₃	FeO ₂ CO ₃	FeCu Zn Co S CO ₃	Fe SCO ₃	Fe Cu O ₂ CO ₃

物——大量黄铁矿、磁黄铁矿和微量钛铁矿的存在，无疑说明了成矿作用与黑云母花岗岩的亲缘关系。青海省地矿局实验室还在氧化矿石中发现金红石、锆石、萤石和白钛矿等矿物，进一步说明了这一点。

4. 矿石化学成分 主要成矿元素是Cu、Zn、S和Co，另有少量Ga、In、Ge、Tl、Cd、Se、Te、Au、Ag等，除此之外，矿石中还含有花岗岩成矿特有的Sn、Mo、Be、U、Th、B、F。

5. 微量元素 黄铁矿的S/Se值为13880；Se/Te值为5.42；Co/Ni值为6.79。从矿化早期到晚期，黄铁矿中的Co含量渐低：黄铁矿¹⁾含Co0.234%，黄铁矿²⁾含Co0.0495%。

闪锌矿的Ga/In=0.37。本区的闪锌矿为含铁闪锌矿（Fe=4.84%），其生成温度低于铁闪锌矿。

上述资料表明，矿床应属中—高温热液矿床，成矿温度200~350℃。

6. 成矿母岩 根据现有资料，笔者认为，德尔尼矿床的含矿溶液来自矿区北侧的印支—燕山期黑云母花岗岩。主要依据是：花岗岩中局部见星点状含铜黄铁矿；硅化、碳酸盐化超基性岩内有花岗质脉体存在；矿区北侧的黑云母花岗岩含Cu、Zn、Ni、Co、Ti均高于矿区附近的花岗岩及酸性岩世界平均值；副矿物中见黄铁矿、磁铁矿、辉钼矿、钛铁矿、自然铅以及萤石、电气石、锆石、榍石和磷灰石等；矿石中含有花岗岩成矿作用特有的一套元素。

7. 成矿作用分析 从花岗岩浆分离出的含矿气水溶液，含有一定数量的Sn、B和F，呈弱酸性。溶液被流经矿区北侧的上石炭统大理岩和结晶灰岩中和成中性，并在F₁₃断裂下盘沉淀出大量硫化物，形成德尔尼黄铁矿型铜钴矿床。

矿体附近有钠闪石生成，特别是I号矿体顶板有厚约1m的钠长石，钻孔中可见钠

闪石细脉穿插矿体，并与磁铁矿、碳酸盐岩脉相伴产出。这是花岗岩晚期钠质活动的结果。

综上所述，德尔尼黄铁矿型铜钴矿床是晚于超基性岩的热液矿床，其分布受构造控制，具多期成矿特点。

黄铁矿型矿床与硫化铜镍矿床的区别

这一问题在国外引起了重视。宋叔和先生指出，加拿大地质工作者，在对比研究了加拿大与超基性岩有关的硫化铜镍矿和塞浦路斯黄铁矿型铜矿之后，认为两者在成矿作用上可能有一定的联系。因为它们常出现于同一优地槽的早期构造—岩浆活动带中，在高温条件下，岩浆在分异过程中，形成两个相互分开的流体，即富含S和挥发组份的流体（主要金属元素是Cu、Zn或Pb，Ni很少）；富含Ni和剩余Cu的流体（Zn或Pb很少）。两种流体随分异开的火山岩浆和基性—超基性岩浆上升，分别形成绿岩黄铁矿型铜矿和基性—超基性岩硫化铜镍矿床。这两种矿床遂形成一个喷发—侵入岩、矿相。

章午生同志认为，德尔尼铜矿直接产于超基性岩体内，并与其有一定成因关系，应属岩浆型铜镍硫化物矿床，但与后者又有许多差别，可看作是黄铁矿型铜矿和岩浆铜镍硫化物矿床的过渡。

笔者认为，“矿体直接产在超基性岩体内”只是现象。现将两类矿床的若干特征列表（表2）对比如下。

上述对比资料说明，德尔尼铜钴矿床晚于超基性岩体形成，与其并无成因联系，因而不是硫化铜镍矿床，也不是深熔—贯入矿床或黄铁矿型矿床向岩浆铜镍矿床的过渡。实际上，它是一个与印支—燕山期黑云母花岗岩有关的热液矿床。

本文经王可南同志审阅，并提出修改意见，谨此致谢。

德尔尼铜-钴矿床与硫化铜-镍矿床特征对比

表 2

对比项目	德尔尼黄铁矿型铜-钴矿床	硫化铜 镍矿床
产出部位	优地槽隆起带边缘。	古陆台区内部和边缘。
超基性岩	镁质, $m/f=7.5\sim 11.4$, 平均9.6。岩体分异不好, 不可能形成Cu-Ni熔离矿床或深熔-贯入矿床。	大多数为铁质, 岩体分异清楚, Cu-Ni矿体产于超基性岩体之中。
矿体形态	矿床明显受构造控制, 产于次级断裂中。除沿断裂充填于超基性岩体中之外, 矿体还赋存于辉长岩、灰岩, 以及花岗岩与板岩的接触带上。矿体沿深断裂(F_1)下盘充填于片理化带、交叉裂隙、张裂隙中, 形成透镜状、向斜状矿体。	岩体明显受构造控制, 根据岩体分异情况, 常形成上部矿体、底部矿体(产于岩体内部)和接触带矿体(产于岩体外接触带)。当硫化物尚处于熔融状态时, 岩体受挤压后, 沿构造裂隙形成筒状富矿体。
矿石构造	以致密状、条带状、细脉状、网脉状为主。随着裂隙程度由弱到强, 依次出现浸染状→脉状→网脉状→致密块状矿石。	以浸染状、稠密浸染状为主, 岩体边部出现斑状, 外接触带围岩中有条带状矿石, 沿晚期裂隙呈筒状的致密块状矿石发育。
金属矿物	以黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、磁黄铁矿为主, 矿物互相穿插、交代现象常见, 形成充填、熔蚀、交代结构, 另有半自形粒状和自形粒状结构。	以磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿为主, 其生成是同期的, 无互相穿插、熔蚀现象, 形成乳滴状、火焰状、结状结构。
成矿温度	黄铁矿(个别数据)的测温结果为260℃。	新疆黄山东Cu-Ni矿床, 磁黄铁矿为360~480℃, 黄铜矿为440℃。
Cu/Ni比值	矿石平均含Cu1%, Ni0.055%, Cu/Ni=18.2。黄铜矿有3期。	Cu/Ni=0.5。黄铜矿仅有1期, 并与磁黄铁矿、镍黄铁矿呈固溶体产出。
Co含量	黄铁矿 ¹⁾ 和黄铁矿 ²⁾ 分别含Co平均0.234和0.0495% (3个样品), 前者是后者的4.73倍, 从早期到晚期钴含量显示降低趋势。	钴赋存于镍黄铁矿中, 其含量随黄铁矿增多而增高。
元素比值	黄铁矿的S/Se=13880, Se/Te=5.42, Co/Ni=6.79,	金川镍矿S/Se=4066, 力马河镍矿Co/Ni=0.04。
闪 锌 矿	闪锌矿有早、晚两期, 数量较多。	闪锌矿很少, 且仅见于少数矿床。
铂族元素	铂族元素含量低, Pt—0.02g/t, Pd—0.01g/t。	含量较高, 青海拉水峡Cu-Ni矿床含Pt—0.161g/t, Pd—0.09g/t
元素组合	Cu、Zn、Co元素组合, 具多期成矿特征。矿石中含有与花岗岩成矿作用有关的Sn、Mo、Be、U、Th、B、F等元素, 氧化矿中有金红石、锆石和萤石, 矿床与黑云母花岗岩有成因联系。	Cu、Ni、Co、Pt元素组合, 属同一成矿期。不会出现与花岗岩成矿专属性有关的元素。

The Dorni Pyrite Type Cu-Co-deposit: Its Genesis and Difference from Cu-Ni Sulphide Deposits

Duan Guolian

Geological characteristics of the Dorni pyrite type Cu-Co-deposit in Qinghai Province are described. After a comparison with Cu-Ni sulphide deposits related to basic-ultrabasic rocks. It is believed that the deposit described in this paper has no genetic connection with ultrabasic rocks. It is a hydrothermal deposit associated with biotite granite of the Indo Chinese and Yanshanian epoch.