冀东长城式金矿地质地球化学特征[。]

王郁 杨文思 樊秉鸿

(冶金工业部天津地质研究院,300061)

提 要 长城式金矿是产在中元古宙碳酸盐岩地层中的一种新类型金矿床。本文从金矿床地质地 球化学特征角度出发,阐述了长城式金矿所独有的特点。

关键词 金矿床 地质地球化学特征 新类型

近几年来,在河北省东部的青龙、迁安、迁西、宽城等县境内,发现了一种产在中元古宙富 镁碳酸盐岩地层里的金矿床。这类金矿床的赋矿围岩为中元古宇长城系及蓟县系沉积碳酸盐 岩。目前,国内外还未见在中元古宇未变质的沉积岩系中发现有金矿的报道。这种金矿床在赋 存地层、控矿构造、矿化特征、矿物共生组合、围岩蚀变等诸方面都与已知金矿床类型存在较大 差异^(1,2),金矿床(点)的分布又靠近中华民族的象征——长城,因此,我们把这种特殊类型的金 矿床命名为"长城式"金矿,并且从成矿地质条件、矿床地质、区域地球化学、遥感地质等方面对 该类型金矿进行了较深入的研究。金矿化带呈北西一南东方向展布,长约 35km,宽 3~5km。 目前已发现了十几处金矿床(点),在矿带东南端的冷口及西北部的清河沿等地已形成了一定 规模的开采。本文仅从长城式金矿的地质地球化学特征方面作一阐述。

1 区域地质概况

在大地构造位置上,长城式金矿冷口矿带位于华北地台北缘燕山沉降带遵化穹褶束的东部。

区内广泛分布的地层有太古宇迁西群变质岩系,中上元古宇长城系、蓟县系、青白口系,古 生界寒武系以及中生界侏罗系火山岩地层等(图1)。

与成矿关系密切的长城系、蓟县系地层区域上走向为北西一南东向,其出露部位为一北西 向狭长的断陷盆地。沉积盆地长约 30km,宽 10km 左右,主要由中上元古宇地层组成,边缘地 带有零星寒武系、侏罗系分布。长城系及蓟县系地层总厚度 3000 余米,金矿床(点)主要产在长 城系高于庄组和蓟县系雾迷山组。其岩石类型主要有细晶白云岩、燧石结核条带白云岩、中厚 层白云岩、含锰泥质白云岩;厚层燧石条带白云岩夹巨厚层白云岩及厚层条纹状沥青质白云 岩,薄层泥白云岩等。高于庄组和雾迷山组均含有大量的迭层石。在沉积相上,高于庄组属于

⁾ 收稿日期:1997-04-21 改回日期:1997-07-03

潮下带的浅海陆棚盐泥相及潮间带 下部滨海锥柱状藻碳酸盐相:雾迷 山组则属于滨海潮间带下部的碳酸 盐相及浅海陆棚相碳酸盐岩。地层 走向呈北西-南东向,与沉积构造 盆地方向一致。

冷口一清河沿金矿带位于轴向 近东西向马兰峪背斜的核部。矿带 东侧的走向 NNE 向的青龙河断裂 是一条于早元古宙就开始活动的同 沉积断裂。金矿带比较重要的控岩 控矿构造是北西一南东向断裂,即 所谓冷口断裂及与之平行的北西向 断裂。这些断裂不仅控制中元古宇 地层的展布,同时也控制着冷口--清河沿金矿带的空间分布。冷口断 西群 裂走向北西一南东,断层面倾向南 西,延长 30 余千米,与之平行的一 组断裂长一般为几千米~二十余千米。



Fig. 1 Geological sketch of Changcheng style Au deposit

金矿带的北东侧见有燕山期花岗岩体及斑状花岗岩出露。目前,各采场及其附近还没有发 现岩体及脉岩产出。

赋矿围岩特征 2

如前所述,长城系高于庄组和蓟县系雾迷 山组碳酸盐岩为金矿体围岩。通过大量的野外 地质调查发现,无论是在高于庄组还是在雾迷 山组地层中都夹有碳酸盐角砾岩。由于这些角 砾岩具有一定厚度,并且有顺层分布的特点,因 此,在高于庄组和雾迷山组中构成了数层角砾 岩带。而金矿化及工业矿体多数产在这些碳酸 盐角砾岩中。

作为金矿体直接围岩的碳酸盐角砾岩,其 角砾成分即为围岩,一般是白云岩、含灰白云 岩、燧石条带白云岩等,还有少量白云岩中的燧



1. 白云岩角砾 2. 碳酸盐胶结物 图 2 角砾岩素描图



石结核及燧石条带破碎后而形成的硅质岩角砾。胶结构成分基本与角砾相同,为碳酸盐胶结

(图 2)

角砾大小不一,大角砾可达 3×4m,小的角砾只有几 mm,多数为十几~几十 mm。角砾为 棱角状,自然露头及采场中均可见到棱角清晰的碳酸盐岩角砾。另外,这些角砾不具有定向排 列特点,更不存在分选性。

白云岩作为长城系及蓟县系中的主要岩石类型,我们选取6件样品做了微量金分析,平均 含金2.5·10⁸,与克拉克值相近。另外还采集了11件碳酸盐角砾岩样品,微量金分析结果平 均8.9×10 ,含金比白云岩稍高。表1列出了白云岩及碳酸盐角砾岩岩石化学成分分析结 果。从表中看到,白云岩与角砾岩的化学成分相似,仅仅是CaO的含量稍高一些。从这一点也 可以推断,角砾岩是由白云岩原地破碎,又重新被碳酸盐矿物胶结而形成的。

表 1 高于庄组白云岩及白云质角砾岩岩石化学分析结果

Table 1 Analysis of dolomite and dolomitic breccia in Gaoyuzhuang Formation

样号	岩石名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P_2O_5	MnO	CO ₂	合计
QB206	白云岩	8.30	0.93	0.55	0	21.22	26.54	0.01	0.34	0.06	0.01	0.01	41.79	99.76
QB-66	白云岩	4.85	0.80	0.32	0	22. 70	26.78	0.00	0.27	0.03	0.01	0.00	44.05	99.81
QB138	自云岩	0.41	0.01	0.14	0	25.41	26.85	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	47.01	99.86
QB-113	白云质角砾岩	4.37	0.41	0.02	0.26	20.48	29.34	0.18	0.59	0.08	0.08	0.01	44.34	99.77

分析者:天津地质矿产研究所

野外地质观察表明,碳酸盐角砾岩大多为同生角砾岩。推测是已经固结成岩的白云岩在构造应力作用下,破碎为角砾和岩屑,经碳酸盐胶结又经成岩作用而形成。因此,角砾岩所在部位 正是构造薄弱部位。在元古宙以后的构造运动中,首先受到构造作用影响的应当是这些角砾岩 带。事实上部分角砾岩在燕山运动期间,至少又一次破碎,并且成为金矿化的扩容带,不同方向 的断裂构造及其交汇部位就成了金矿的储矿构造。地质事实告诉我们,未受到后期构造(主要 是断裂)破坏的同生角砾岩不存在金矿化,正在进行开采的金矿床(点)的碳酸盐角砾岩无一例 外地遭到了后期断裂构造作用的影响。

3 矿床地质特征

3.1 金矿化特征

目前,在冷口、清河沿等地进行小规模开采的采场已有十几处。单个矿体的长度几十米至 100余米,矿体厚度变化很大,一般从数米到10~20m,矿体产状与地层产状基本一致,走向北 西一南东,倾向南西,由于缺乏深部探矿资料,矿体向下延深情况不清。从个别采场看,有的金 矿体延伸已达30~50m。

矿体严格受角砾岩及断裂构造控制,其中主要是层间断裂及 NW、NE 向断裂。金矿化主要产于角砾岩的胶结物中,白云岩角砾基本不含矿。另外沿断裂发育的红褐色褐铁矿化碎裂岩

及粉末状断层泥,其金品位最富。

地表及近地表矿石氧化程度较高,在地表及采场所见,一般为氧化或半氧化矿石,原生矿 石目前还未揭露。氧化矿石一般呈浅褐一红褐色,褐铁矿化及铁染非常明显,褐铁矿化较强的 地段往往矿石品位较高。

与其他热液型金矿床一样,长城式金矿床在一定程度上也发育有围岩蚀变。通过野外调查 发现,围岩蚀变主要有黄铁矿化、硅化、方解石化、蛇纹石化、褐铁矿化等。与金矿化密切相关的 主要是黄铁矿化(氧化带所见为褐铁矿化)及硅化等。

3.2 **金矿石特**点

金矿石类型有碳酸盐-褐铁矿矿石、碳酸盐-燧石-褐铁矿矿石、碳酸盐-黄铁矿矿石、石英-黄铁矿矿石、碳酸盐-赤铁矿矿石等。其中后者很少。

矿石结构主要是自形一半自形粒状结晶结构,他形粒状结晶结构、交代残余结构等。矿石 构造以角砾状构造为主,另有少量条带状构造、条纹状构造、浸染状构造等。

矿石中的金属矿物以褐铁矿为主,次为黄铁矿、黄铜矿、赤铁矿,少量铜镍混合物(一种尚 不能定名的矿物)。脉石矿物主要是白云石,还有方解石、石英、长石、蛇纹石、绢云母等。从矿 石矿物组合可以看到,长城式金矿不具备卡林型金矿所特有的那种低温矿物组合。

金矿石品位普遍较低,虽然单工程样品矿石品位有的可高达几十g/t,但绝大多数采场为 低品位矿石,但矿石易采易选,含有害杂质很少,而且含有机碳极低。

3.3 金矿物特征

长城式金矿的金矿物主要是自然金,银金矿次之,还见有少量自然银。电子探针所测金矿 物成分如表2所示。从表中不难发现,本区自然金成色较高,有的高达 999。

样品号	矿物名称	Au	Ag	Cu	Fe	Zn	As	\mathbf{Sb}	Te	s	总量	成色
D-1	自然金	97.82	0.00	0.18	1.92	0.00	0.01	0.00	0.05	0.08	100.05	
D—2	自然金	98. 39	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.72	0.81	0.02	100. 02	
QB-121	自然银	10.01	83.29	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	1.80	3.95	100.02	107
QB-171-1	自然金	99.27	0.51	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0. 08	100.01	995
QB-171-2	自然金	99.48	0.11	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	100.04	999
QB-171-3	自然金	98.73	0.10	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.42	0.23	100.03	999
X—1	银金矿	79.14	17.91	0.98	0.50	0.19	0.00	0.00	0.25	1.05	100.01	815

表 2 金银矿物电子探针分析结果

 Table 2
 Probe analysis of Au, Ag minerals

(%)

分析者:中国地质大学

金矿物粒度差异较大,个别矿石手标本上可以见到明金(>0.2mm),自然金粒径可达 0.5mm 左右。在反光显微镜下,重砂矿物所制成的砂光片及矿石光片中均可见到自然金,金矿 物粒度大部分较细,一般为 2~20μm。从简单的统计结果看,金矿物以显微金为主。这一点不 同于微细浸染型金矿。

金矿物的赋存状态有三种:包裹金、晶隙金及裂隙金。载金矿物主要是褐铁矿、黄铁矿、白 云石、石英等。

4 矿床地球化学特征

4.1 微量元素地球化学

表 3 矿石微量元素分析结果

Table 3 Analysis of micro-elements in ore

 (1×10^{-6})

样号	As	Sb	Bi	Hg	Ba	Sr	В	Cu	РЬ	Mn	W	Cr	Ni	Τı	Sn	Mo	v	Ag	Zn	Co	产出层位
QB-122	160	15.8	0.3	1.008	400	150	27.6	23.3	8.7	284.4	21.9	31. 7	10.5	871.8	1.2	3. 47	266. 9	0.68	16.1	17.7	
QB-123	69	18.4	0.3	1.568	420	110	33, 1	28- 1	15.2	1235-1	27.4	77.0	30.3	1990. 0	1.6	0.86	106.6	0.74	148.5	11.9	劕县茶
QB-151	122	4.00	0.3	12.96	780	550	28. 7	18.6	24. 0	204.2	2.3	21.7	11.9	1282.5	0.8	1.06	87.4	0.06	6.7	4.7	
QB-152	5.8	0.60	0.3	0.88	550	500	11.1	17.4	5.0	206. 6	2.4	8.2	2.1	235.5	0.6	0.39	12.6	0. 36	6.6	2.3	
QB-160	38.4	34.0	0.3	0.108	200	100	76.9	19.0	87.9	566.9	2.3	22.8	5.9	1383. 9	2.0	1.11	19.7	1.26	25.1	2. 7	长藏录
QB-161	32.2	66. 0	0.3	0. 292	130	220	108.6	21.9	52.1	444.7	5.0	19.9	7.0	1799.5	3.2	1.96	23.4	1.13	26. 2	2.2	

分析者:地球物理勘察院测试中心

选送 21 件矿石样品做了 20 项微量元素分析,表 3 列出了部 分矿石微量元素分析结果。其中 含量较高的元素有 Mn、B、Ti、 Ba、Sr、As、V、Cr 等。矿石中 Mn、 B高含量的原因是由于高于庄组 和雾迷山组地层具有较高的 Mn、B丰度⁽³⁾。尤其是高于庄组, 菱锰矿及方硼石作为指相矿物出 现在地层中部。Sr、Ba 作为海相 沉积碳酸盐岩其含量较高不足为 怪。

关键是 V、Ti、Cr 以及与碳酸盐克拉克值相比呈正异常出现的 Co、Ni 等元素的浓集。这组铁族元素指示出成矿物质来源与下地壳或地幔物质有密切亲缘关系。



通过对 21 件矿石样品微量元素 R 型聚类分析及因子分析后得到,与 Au 呈密切正相关的



a-上地幔铅演化曲线 b-造山带铅演化曲线 c-上地壳铅演化曲线 d-下地壳铅演化曲线

图 4 金矿石及岩石铅同位素组成图

Fig. 4 Pb isotope composition Plot showing different origin 的盐度较高。

由矿物包裹体的成分可以推断成矿热液的组分。表 4 列出了包裹体成分分析结果,从表中不难看出,长城式金矿的矿液属于富含 CO₂ 的 La-Mg 型成矿流体,矿化热液中含 K⁺、Na⁺ 较低。

4.4 稳定同位素地球化学

4.4.1 铅同位素特征

分析了3件矿石铅同位素及4件岩石铅同位素,其同位素组成如表5所示。在铅同位素组 成坐标图上,矿石铅投影点均落在造山带铅演化曲线附近(图4),而岩石铅落在了造山带铅与 地幔铅演化曲线之间。矿石铅同位素组成特点一方面说明矿石铅为正常铅;同时也说明铅源与 广义的造山带铅有关。

4.4.2 **氢氧同位素特征**

元素有 V、Co、Mo、As 等元素。上述元 素除 As 以外, 与卡林型金矿所特有 的 Au、Ag、As、Hg、Sb 元素组合明显 不同⁽⁴⁾。长城式金矿特定的元素组合 为 Au、V、Co、As、Mo。

4.2 稀土元素地球化学

金矿石稀土元素含量差别较大, 个别样品含量较高可能与其含有较多 的稀土元素载体矿物有关。矿石中显 示富集轻稀土元素,而贫重稀土元素, 并且具有明显的 Eu 负异常。经球粒 陨石标准化后,稀土元素配分图谱显 示曲线为左高右低型(图 3),并明显 向右倾斜。

4.3 包裹体地球化学

矿物流体包裹体的研究有助于探 讨成矿物理化学条件及矿液性质。用 均一法测得矿物包体的形成温度范围 是 230~296 C,这也可以近似地看成 是成矿温度。很明显,金矿床属于中温 热液矿床。包裹体的形成压力是 880 × 10⁵Pa,也就是说,成矿压力约为 880×10⁵Pa,换算成深度为 3.2km 左 右。

包裹体的盐度测定结果,范围是 9.5~12wt • %NaCl,说明成矿流体 第十二卷 第三期

Table 4Analysis of inclusion(1)												(1×	10-6)	
	矿物名称		气相	成分	•	液相成分								
件曲写		H ₂	CO2	со	H ₂ O	к+	Na+	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	ci-	SO42-	F-	Li+	NH ₄ +
QB-196	石英	-	34.9	5.8	165.9	1.16	1.68	10.24	3.92	0.46	3.72	0.51	0.02	0.49
QB-197	石英	—	23.8	4.3	106.4	1.27	1.99	8.96	3.67	0.90	3.40	0.50	0.01	0.59
QB-235	石英	0.05	36.5	13.1	510.5	2.21	1.50	9.32	4.25	0.36	2.99	0.59	_	0.33

表 4 矿物包裹体成分分析结果

分析单位:核工业部地质研究院



图 5 金矿床成矿热液氢氧同位素组成图

Fig. 5 H, O isotope composition of Au ore fluid 品的投影点在岩浆水区的右侧。

金矿石

	表 5 3	金矿石及岩石铅同位,	【 分析结果								
Table 5 Isotope analysis of Au ore and rock											
样品号	样品名称	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb							
D—11	白云岩	17.843	15.512	37.739							
QB-81	燧石	18.140	15. 541	37.686							
Q B-82	燧石	18.609	15.609	38.053							
Q B-176	燧石	18.062	15.484	37.560							
QB-121	金矿石	18.456	15.633	37.855							
QB-161	金矿石	18.558	15.647	37.627							

18.785

15.640

分析者:冶金部天津地质研究院

QB-179

在分析了 3 件矿石 中石英氧同位素及石英 包体氢同位素后得到, δD_{H,0} 值 为 — 62.7‰~ - 80.8‰,δ¹⁸ Ο 为 21.56‰~25.89‰,根 据 Clayton (1972) 给 定 的分馏方 程 $1000 \ln a_{\pi \mp - \pi} = 3.38 \times$ 106T-2-3.40⁽⁵⁾,成矿 温度取 260℃,经换算 得到, δ¹⁸O_{H,0}的值为 9.66‰~13.99‰。在氢 氧同位素组成坐标图上 (图 5),一件矿石样品 落在了岩浆水区附近的 变质水区域,另两件样

37.691

30

0-6)

这三件矿石样品均远离大气降 水线,而更靠近岩浆水区,说明成矿 介质的来源是以岩浆水为主的混合 水。



A 一岩浆碳酸岩投影区 B 一沉积碳酸盐岩投影区 C 一 Tagler 岩浆碳酸 岩区

图 6 金矿石碳氧同位素组成坐标图

Fig. 6 C, O isotope composition of Au ore

4.4.3 碳氧同位素特征

从金矿石中分别选取两件白云石样品及一件方解石样品分析其碳氧同位素组成。分析结 果为:δ¹³C(PDB)为-0.291‰~-4.212‰,δ¹⁸O(PDB):-7.411‰~-15.624‰。氧同位素经 换算得到:δ¹⁸O(SMOW):13.974‰~24.170‰。

图 6 为金矿石碳氧同位素组成图。三件样品均落在岩浆碳酸岩投影区,说明成矿流体具有 热液性质。矿石碳氧同位素特征不仅表明长城式金矿属于热液型金矿床,而且也显示出金矿的 形成与一定时期的岩浆活动有关。

如上所述,燕山期的岩浆活动是本区规模最大、且对金以及多金属矿产的形成起重要作用 的一次岩浆活动。从区域地质资料分析,我们有理由认为,在本区金矿的形成过程中,燕山期花 岗岩的侵入活动起到了提供热源及部分成矿物质的作用。同时,长城式金矿的成矿时代可能就 是燕山期。有关长城式金矿与岩浆岩关系等问题,我们将继续展开较深入的研究。

基于上述对金矿床地质地球化学特征的探讨可以认为,长城式金矿属于产在中元古宇碳 酸盐岩(以碳酸盐角砾岩为主)中的中温热液型金矿床。

参考文献

1 韦永福,等.中国金矿床.地震出版社,1994

2 陈毓川,等.中国矿床成矿模式.地质出版社,1993

3 河北省地矿局,河北省北京市天津市区域地质志,地质出版社,1989

4 刘东生,等.中国卡林型金矿.南京大学出版社,1994

5 张理刚.稳定同位素在地质科学中的应用.陕西科学技术出版社,1985

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF CHANGCHENG STYLE AU DEPOSIT

Wang Yu Yang Wensi Fan Binghong (Tianjin Geological Academy MMI, 300061)

Abstract

Changcheng style Au deposit is a new type discovered in Middle Proterozoic carbondte rocks in China. This paper is based on geological and geochemical features to describe what unique it is.

Key words: Au deposit geochemical features new type