卷(Volume) 23, 期(Number) 3, 总(Total) 93
页(Pages) 16- 20, 2003, 9, (Sept, 2003)

山西省阳高县堡子湾金矿床矿物标型特征

卿 敏[1,2], 韩先菊[1], 牛翠祎[1], 雷时斌[3]

(1. 武警黄金地质研究所, 河北 廊坊 065000;
2. 中国地质大学, 北京 100083;
3. 武警黄金指挥部, 北京 101102)

【摘 要】 根据成因矿物学及找矿矿物学观点, 系统研究堡子湾金矿床黄铁矿、金矿物、方铅矿、黄铜矿和闪锌矿等金属矿物, 石英、碳酸盐、绢(白)云母和金红石等非金属矿物的产状、形态及化学成分标型, 结果表明: ①矿床中矿物组合复杂, 硫化物种类多, 有少量硫盐矿物出现; ②矿物中微量元素成分复杂, 富含 As, Sb, Bi, Se, Te 等 Au 活化、迁移有利的矿化搬运剂, Cu, Pb, Zn, Au, Ag 等成矿元素和 Cr, Ni, V 等深源元素; 元素矿物组合及其特征比值指示金矿化与深源(下地壳或上地幔)浅成岩浆热液活动(斑岩系统)有关, 燕山期石英二长斑岩(角砾岩)是成矿的主导因素; ③矿石中大量出现铁白云石、富铁闪锌矿, 粒状、富 Ti 金红石的大量分布, 反映矿床剥蚀深度较大, 目前可能已揭露至中深部中温带, 位于斑岩系统的中下部, 深部金矿化不利; ④矿石含丰富的铜矿物, 其他硫化物矿物中含铜量大, 指示深部可能存在斑岩型 Cu(Au)矿化。

【关键词】 矿物标型特征; 隐爆角砾岩型金矿床; 堡子湾; 山西阳高
中图分类号: P575; P578.1+1 文献标识码: A
文章编号: 1001- 6872(2003)03- 0016- 05

1 矿床地质概况

堡子湾金矿以金为主, 伴生银、铜及铅锌的多金属矿床, 是华北板块北缘山西东北部集宁群古老变质岩新近发现的一个特殊的中型线性隐爆角砾岩型金矿床。金矿体均位于 NEE 向线性展布、印支-燕山期同岩浆作用形成的张剪性断裂隐爆角砾岩带中, 严格受角砾岩带中次级断裂控制[1,2]。容矿围岩以印支期二长花岗斑岩角砾岩和集宁群浅色麻粒岩、片麻岩角砾岩为主, 其次为燕山期石英二长斑岩角砾岩。矿体形态及矿石矿物空间分带性明显, 浅部矿体平面上呈短透镜状、剖面上呈楔状, 以黄铁矿(褐铁矿)和金矿物为主。该类金矿体埋藏浅、规模大、品位高; 深部矿体呈平行薄脉状, 富含方铅矿及闪锌矿, 形成贱金属硫化物金矿体。两类矿体在空间上不连续, 相距 50 m～100 m。矿床围岩蚀变主要有黄铁矿化、绢云母化、硅化、高岭土化、碳酸盐化、绿泥石化; 蚀变分带的特点: 从上至下为高岭土化、伊利石化-碳酸盐化、硅化-绢云母化、硅化(碳酸盐化)-硅化、绢云母化的变化趋势; 上部金矿体以高级泥质蚀变为主, 下部贱金属硫化物金矿体以石英-绢(白)云母化为主。矿石金属矿物以黄铁矿为主, 其次为黄铜矿、闪锌矿、方铅矿和砷黝铜矿和自然金、银金矿, 脉石矿物有绢云母、斜长石、钾长石、石英、碳酸盐, 少量硫酸盐矿物(天青石、重晶石和明矾石)。热液期成矿分为 4 个阶段: ①黄铁矿-石英阶段(Ⅰ); ②石英-黄铁矿-金银多金属硫化物阶段(Ⅱ); ③石英-碳酸盐-银金多金属硫化物阶段(Ⅲ)和④石英-碳酸盐-黄铁矿阶段(Ⅳ)。据 Hayba 等(1984, 1986)、Heald P 等(1987)的分类[3,4], 堡子湾金矿属与浅成-超浅成斑岩有关的明矾石-高岭土型浅成中(低)温热液

收稿日期: 2003- 02- 06; 改回日期 2003- 05- 19;
作者简介: 卿 敏, 男, 36岁, 高级工程师, 地质学专业, 研究方向: 金矿床地质及盲矿预测。

(C)1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

线状隐爆角砾岩型金矿床, 成矿从印支期(245. 9 Ma ± 0. 3 Ma, 石英, $^{39}Ar-^{40}Ar$), 持续到燕山期(142. 9 Ma±0. 5 Ma), 主体形成于燕山期[5]。

2　主要金属矿物特征

2. 1　黄铁矿标型特征

堡子湾金矿床黄铁矿的形成作用主要有 3 期, 早期黄铁矿多呈中细粒、自形—半自形立方体、五角十二面体, 呈星点弥散于整个构造岩浆角砾岩带, 含金低。中期黄铁矿呈细脉状, 他形—半自形碎裂状及团块状集合体产出, 大多为五角十二面体, 并有立方体、八面体及其聚形晶, 压碎结构发育, 常被较晚的黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、硫砷铜矿及金银矿沿其裂隙充填交代, 为主要载金矿物。晚期黄铁矿晶纹发育, 粒度较粗, 独立出现或与石英、碳酸盐矿物镶嵌成脉状, 形态多为八面体, 少量立方体晶形, 金矿化较弱①。

黄铁矿成分电子探针定量分析结果表明(黄铁矿主成分与理论值相比) 明显亏铁、亏硫(表 1), 其中 ΔS 变化在- 1. 29～0. 54(- 0. 435), ΔFe 变化在 - 1. 95～- 0. 13(- 0. 78)。

黄铁矿微量元素富含 Au, Ag, As, Sb, Se, Te, Cr, Ni, Mn, V, Co 和 Cu, Zn 等。w(Au) 为 0～0. 41%(0. 06%), w(Ag) 为0～0. 38%(0. 123%), 说明黄铁矿是金的主要载体矿物之一; w(As): 0～0. 17%(0. 068%), w(Sb): 0～0. 45%(0. 141%), w(Se): 0～0. 18%(0. 052%), w(Te) 0～0. 37%(0. 09%)。w(Co) 0～0. 38%(0. 08%), w(Ni): 0～0. 51%(0. 129%), w(Cr): 0～0. 25%(0. 085%); w(Cu+ Pb+ Zn): 0. 1% ～1. 11%(0. 311%), 其中 w(Cu), w(Zn) 较高。

表 1　堡子湾金矿主要金属矿物电子探针分析结果 . w(B)/%

Table 1　Microprobe analysis of major metallic minerals in Puziwan gold deposit(in percentage)

矿物名称	标高/m	样品编号	成矿阶段	S	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sb	Se	Te	Au	Ag	Pb	Cr	V	Mn
黄铁矿	1 448	X83	Ⅰ	53. 69	45. 8	0	0. 14	0. 06	0	0	0	0	0	0. 19	0	0	0	0. 04	0. 07
	1 303	X87	Ⅱ	52. 82	45. 39	0	0. 51	0. 61	0. 05	0. 06	0. 36	0	0	0	0. 09	0	0	0	0
	1 277		Ⅱ	52. 38	45. 86	0	0. 39	0. 15	0. 26	0	0. 28	0	0. 24	0. 13	0. 22	0	0	0	0. 09
	1 288	X90	Ⅱ	52. 16	45. 91	0. 38	0	0	0	0. 13	0. 45	0. 17	0. 06	0	0. 67	0	0. 08	0	0
	1 208	91	Ⅲ	52. 26	46. 41	0	0. 04	0	0. 54	0	0	0. 18	0	0. 41	0	0	0. 15	0	0
	1 227	94	Ⅵ	52. 81	45. 64	0	0	0	1. 11	0. 08	0	0. 01	0	0. 06	0. 16	0	0. 13	0	0
	1 158	95	Ⅰ	52. 77	44. 6	0. 12	0. 27	0. 44	0. 59	0	0. 39	0	0. 19	0	0. 38	0	0. 25	0	0
	1 199	X24–1	Ⅱ	53. 63	45. 7	0. 36	0	0	0	0. 09	0	0. 07	0	0	0. 07	0	0. 06	0. 02	0
	1 304	X109	Ⅲ	52. 89	46. 37	0. 04	0	0. 05	0	0. 17	0. 16	0	0	0	0. 12	0	0	0. 05	0. 15
	1 145	X113	Ⅲ	52. 69	46. 42	0	0	0	0. 49	0. 11	0	0	0. 13	0	0	0	0. 07	0. 09	0
		L7–2	Ⅵ	52. 75	45. 84	0	0	0. 07	0. 17	0. 13	0. 37	0. 14	0. 37	0. 06	0. 1	–	–	–	–
黄铜矿	1 448	X83	Ⅱ	34. 84	28. 03	0	0	36. 31	0	0. 47	0. 06	0. 02	0	0	0	0. 06	0. 08	0	0. 13
	1 448	X83	Ⅱ	35. 35	28. 47	0	0	34. 8	0	0. 48	0. 31	0. 31	0	0. 08	0. 06	0. 01	0	0	0. 14
	1 109	X98	Ⅱ	34. 4	28. 03	0	0	36	0. 65	0. 41	0	0. 2	0	0	0. 1	0. 09	0. 13	0	0
	1 188	X24–3	Ⅲ	35. 08	26. 98	0	0. 24	36. 5	0	0. 65	0	0. 13	0	0. 22	0. 08	0	0. 13	0	0
	1 304	109	Ⅰ	33	27. 56	0. 41	0	37. 16	0. 13	0. 84	0. 28	0. 27	0. 16	0. 06	0. 09	0	0. 06	0	0
方铅矿	1 448	X83	Ⅱ	13. 55	0	0. 03	0. 2	0. 22	0. 39	0. 11	0	0. 1	0. 02	0	0. 81	84. 36	0	0	0. 23
	1 227	X94	Ⅱ	13. 65	0. 02	0	0	0. 38	0	0. 5	0	0	0. 34	0. 03	0	85. 05	0	0. 06	0
		X94	Ⅲ	13. 27	0. 02	0	0	0. 37	0. 99	0. 05	0. 05	0	0. 04	0	0. 13	84. 76	0. 35	0	0
	1 109	X98	Ⅲ	13. 02	0. 06	0	0	0	0	0. 11	0. 08	0. 04	0	0	0. 19	85. 35	0. 24	0	0. 02
		X98	Ⅲ	13. 24	0	0	0. 11	0. 6	0. 5	0. 14	0. 09	0. 16	0. 31	0. 03	0. 52	84. 08	0. 04	0. 07	0. 14
		X98	Ⅲ	12. 72	0	0. 19	0. 59	0. 1	0	0. 08	0. 5	0. 02	0. 2	0. 24	0. 11	85. 18	0. 07	0	0. 01
闪锌矿	1 227	X94	Ⅲ	30. 39	2. 06	0. 23	0. 12	3. 02	62. 32	0. 47	0. 18	0. 9	0. 24	0. 02	0	0	0	0. 07	0
			Ⅲ	29. 94	0. 41	0	0. 08	0. 14	67. 62	0. 2	0. 21	1. 27	0	0	0	0	0	0	0. 14
	1 109	X98	Ⅲ	30. 59	2. 69	0. 15	0. 4	4. 3	59. 85	0. 51	0. 12	1. 04	0. 24	0	0	0	0. 24	0	0. 02
			Ⅲ	31. 52	1. 13	0	0. 14	0. 79	64. 65	0. 4	0	1. 26	0	0	0	0	0	0	0. 08
	1 188	X24–3	Ⅱ	31. 33	5. 46	0	0	0. 29	59. 53	0. 46	0. 54	1. 0	0. 31	0. 74	0	0	0. 12	0	0. 25
			Ⅱ	32. 87	8. 8	0	0	12. 51	44. 35	0. 36	0	1. 06	0	0	0	0	0	0	0. 06
	1 176	X112	Ⅱ	30. 88	7. 47	0. 11	0. 28	0. 24	58. 27	0. 33	0. 58	1. 01	0. 6	0. 14	0	0	0. 04	0. 07	0

中国地质大学(北京) 电子探针室李树岩测试, 2001

黄铁矿中微量元素的质量分数变化很大, 成分复杂, 说明黄铁矿形成的多期性及多阶段性; 富含 Cr, Ni, V, 指示蚀变热液来源较深, 为下地壳或上地幔; 富含 As, Sb, S, Se, Te 等矿化剂元素是金搬运迁移的有利因素, 也是浅成中低温成矿的信息; Au, Ag, Cu, Zn 高含量是多金属矿化的标志。Au 与 W, Cu, Hg, Ag, As, Bi, Ni, Co, Pb 相关性较好, 构成特征元素组合。特征元素比值分别为 Ag/Au 2. 07, Co/Ni 0. 62, (Cu+ Pb+ Zn)/(Co+ Ni) 3. 04, Se/Te 0. 58, As/(Co+ Ni) 0. 955, S/Se 1 019。黄铁矿微量元素及特征比值显示矿化与来源深、浅成—超浅成就位的岩浆活动有关[2～4, 6～8], 本区指燕山期石英二长斑岩(角砾岩), 与利用黄铁矿成分化学分析结果得出的结论一致[9]。

2. 2　金银矿物标型

堡子湾金矿床金银矿物以银金矿为主, 其次为自然金、自然银和辉银矿。金矿物多呈等轴状显微金, 金的成色平均 819, 与江西洋鸡山、河南祁雨沟隐爆角砾岩型金矿一致[10～12], 指示矿床目前可能已揭露到浅成斑岩系统的中深部中(低) 温带; 此外, 高

① 雷时斌, 卿敏, 牛翠祎. 山西大同大吴窑矿区赋矿规律与找矿远景评价. 河北廊坊武警黄金地质研究所, 2000.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的成色与成矿热液较高的 $w(Na^+)$ 有关, 与下述单矿物分析中石英、白云石和金红石成分中 $Na_2O > K_2O$ 结论是一致的。

2.3 其他金属矿物标型

2.3.1 *黄铜矿* 堡子湾金矿早期黄铜矿多呈他形粒状, 铜黄色, 团块状、细脉浸染状赋存于脉石矿物裂隙中, 常被斑铜矿、辉铜矿沿边缘交代, 或呈包体存在于黄铁矿中; 晚期黄铜矿含量较少, 主要与方铅矿、闪锌矿构成脉状。黄铜矿也是载金矿物之一, 可见银金矿、自然银、含银砷黝铜矿存在于其晶隙或镶嵌在其晶体边部。

黄铜矿主成分为S(34.53%), Fe(27.81%), Cu(36.15%), 微量元素富含 As(0.57%), Se(0.19%), Zn(0.16%), Sb(0.13%), Cr, Pb, Co, Ni, Mn 微量(变量); 黄铜矿是金的载体矿物之一, 但含 Au, Ag 较低且不均匀, $w(Au)$ 平均 0.072%, $w(Ag)$ 平均 0.066%, Au > Ag, $\Sigma Au > \Sigma Ag$ 比值 1.1。黄铜矿富含 As, Sb, Hg 等浅成中、低温指示元素, 尤其是 $w(Hg)$ 高达 13.8×10^{-6}(李景云, 1994), 而 Bi 较低, 也指示成矿浅, 为浅成斑岩系统中岩浆热液与地下水活动共同作用的结果。

2.3.2 *方铅矿* 方铅矿是堡子湾矿区重要的硫化物矿物之一, 主要有两期, 早期多呈他形粒状集合体产出, 与黄铜矿、闪锌矿、砷黝铜矿密切共生, 充填于黄铁矿裂隙中, 一些金银矿物常嵌布其边部, 少量嵌布于其晶体内; 晚期方铅矿与闪锌矿共生, 呈较粗粒的团块状集合体充填于脉石矿物中, 含金差。方铅矿主成分 S(13.24%), Pb(84.8%); 微量元素普遍富含 Zn(0.313%), Ag(0.293%), Cu(0.278%), As(0.165%), Te(0.152%), Sb(0.128%), 个别样品含微量 Fe, Co, Ni, Cr, V, Mn 等。方铅矿含金分布极不均匀, 而含银量高且分布均匀(最高达 8.78%), 是金、尤其是银的载体矿物。Sb/Ag 变化在 0.17～4.5, 但多小于 1, $\Sigma Sb/\Sigma Ag$ 为 0.44。具与岩浆热液有关含金方铅矿特征[14, 15]。

2.3.3 *闪锌矿* 堡子湾金矿床闪锌矿多呈暗红褐色—黑色、他形粒状集合体充填于脉石矿物间隙, 或与黄铜矿、方铅矿、银金矿密切共生, 呈集合体充填在黄铁矿及脉石矿物裂隙、间隙中构成硫化物脉。闪锌矿成分复杂, 主成分含量相对较低(w_S 31.07%, w_{Zn} 59.51%), 而杂质元素种类多、含量高。微量元素中富含 Fe, Cu, Se, 其次是 As, Sb, Te, Au, 微量(变量) Co, Ni, Cr, V, Mn 等。其中 $w(Fe)$ 平均 4.01%, 较高且较均匀, 属铁或富铁闪锌矿; $w(Cu)$ 0.14%～12.51%(3.04%); $w(Se)$ 0.9%～1.26%(1.08%), $w(As)$ 0.2%～0.51%(0.39%), 较高且均匀; $w(Sb)$ 0～0.58% (0.233%), 相对分散分布; $w(Te)$ 0～0.6% (0.189%), 含量不均匀。闪锌矿特点是 $w(Au)$ 极不均匀(0～0.74%), 且基本不含 Ag, Pb。闪锌矿颜色及成分标型指示其形成于接近斑岩源较高温环境[16]。

3 主要非金属矿物特征

3.1 绢(白)云母

绢(白)云母矿物是本矿床的主要脉石矿物之一。主要有两种产状, 一是呈较大的叶片状星散状或呈结合体分布, 主要为白云母; 二是呈较细小鳞片状结合体与石英共生, 为绢云母。前者为暗色矿物(黑云母、角闪石)蚀变而成, 后者可能为长石类矿物蚀变而成。

矿石中绢(白)云母的成分与白云母理论组成相比(表 2), 富 SiO_2; 含 Mg, Fe; 贫 Al, K; Ti, Co, Ni, Mn 微量。云母多硅, 其主要成分为绢云母。分析的云母类矿物成分较均匀, 空间分带型不明显。含 Mg, Fe 高是破碎蚀变程度较高的反映, 是围岩中暗色矿物充分分解、金充分活化的标志[8]。富硅绢(白)云母是水热蚀变的结果, 是气液隐爆作用的产物, 亦是隐爆角砾岩型矿床标型矿物之一。

3.2 石英

石英可分为早、中、晚 3 期。早期石英多为乳白色, 颗粒较粗大, 致密块状, 多形成石英集合体; 中期石英多为细小粒状, 暗灰色, 与多金属硫化物等共生, 呈细(网)脉状; 晚期石英多为自形程度较高的粗粒状, 常与碳酸盐伴生, 石英充填于孔隙、裂隙中, 形成大的团块状、脉状、晶簇状和柱状。

石英中 $w(SiO_2)$ 为 96.84% ～99.61%, 结构铝含量低, 碱质($Na_2O + K_2O$)为 0.02%～0.81%, $Na_2O > K_2O$; 铁族杂质元素的质量分数变化在 0.2% ～1.6%, 以 Cr, Fe, Mn, Ni 和 Co 为主。从时间演化看, 早期到中期, 硅质及铁质元素含量降低, 而亲硫元素及 Au, Ag 等含量增加。从浅部到深部, 硅质含量降低, 而铁质元素含量增加。

金矿化和中期暗灰色石英有关, 该期石英中 $w(Au)$ 高达 6.300×10^{-3}, 此外, $w(Co)$: 0.83%, $w(As)$ 为 0.26%, $w(Fe)$: 0.09%。

3.3 碳酸盐矿物

堡子湾金矿碳酸盐类矿物主要有两种产状, 一是在围岩中呈分散浸染状, 为早期蚀变产物; 二是呈脉状, 与石英、多金属硫化物一起产出, 为成矿期矿

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　堡子湾金矿主要脉石矿物电子探针分析结果 .w(B)/%

Table 2　Microprobe analysis of major gangue minerals in Puziwan gold deposit(in percentage)

矿物名称	标高/m	样品编号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	CoO	NiO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	Total
白云母	1 208	X91	50.41	0.3	31.38	0	1.29	0.07	2.36	0.07	0.12	0.09	9.32	0.11	0.4	95.91
	1 065	X1150	49.89	0.35	30.67	0	1.95	0.05	2.48	0	0	0.13	10.5	0	0.43	96.5
	浅部	L7-1	50.68	0.16	31.7	0	1.53	0.09	2.14	0	0	0.16	8.74	0.16	0	95.35
			49.8	0.24	31.41	0.05	1.82	0	1.55	0	0	0.03	8.42	0	0.13	93.45
	深部	L10	50.15	0.15	32.98	0.04	1.04	0	1.46	0	0	0.15	8.43	0	0.11	94.51
	1 390	B2	49.57	0.34	30.27	0.13	1.21	0	1.9	0	0.35	0.08	8.11	0	0.12	92.09
			49.8	0.17	31.83	0.05	1.27	0	1.75	0	0.03	0	8.71	0	0.01	93.62
			50.14	0.1	33.27	0	0.77	0.01	1.75	0.02	0.31	0	7.82	0.07	0.13	94.39
			49.38	0.27	29.118	0.09	2.13	0	3.51	0	0	0	8.99	0.14	0.22	93.84
			50.4	0.25	30.44	0.17	1.42	0.08	2.75	0.07	0	0	7.81	0.1	0.3	93.79
			49.75	0.07	36.17	0.04	0.12	0.06	0.01	0	0.2	0.05	8.05	0	0.2	94.71
			50.06	0.24	29.92	0.05	0.98	0	1.69	0.02	0	0.09	8.4	0	0.15	91.61
石英	1 448	X83	97.61	0.22	0	0	0	0.02	0	0.04	0.06	0	0	0.02	0.63	98.61
	1 303	X87	98.76	0	0	0.19	0	0.18	0	0.06	0	0	0	0.16	0.81	100.16
	1 228	X90	96.84	0	0	0.08	0.13	0.25	0	0.04	0.06	0.34	0	0	0.58	98.33
	1 227	X94	97.36	0.18	0.1	0	0.09	0	0	0.06	0.01	0.27	0.05	0	0.99	99.11
	1 304	X109	99.37	0	0	0	0.25	0.17	0.1	0	0	0.14	0.05	0.76	0.53	101.36
	1 176	X112(中)	99.61	0	0	0.14	0.09	0.04	0	0.02	0	0.03	0.04	0	0.33	100.29
		X112(边)	98.2	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0.01	0	0.02	0.39	98.67
		X112(边)	97.73	0.1	0	0.06	0	0	0	0	0.33	0	0	0.21	0.51	98.94
铁白云石	1 303	X87	0.13	0	0.3	0	9.37	0.94	16.08	29.45	0	0	0	0	0	56.28
	1 250	X89	0.12	0	0.37	0	10.59	0.62	12.79	31.11	0.35	0	0	0.34	0	56.3
	1 228	X90	0.1	0.07	0	0.08	10.93	2.21	12.12	30.49	0.11	0	0.09	0	0	56.22
	1 109	X98	0.22	0	0.07	0	5.37	2.05	17.2	30.35	0	0	0	0	0.04	55.29
	1 145	X113	0	0.05	0.44	0.18	8.45	0.88	16.42	31.03	0	0.13	0.08	0	0.14	57.81
	1 065	X115D	0.35	0.1	0.2	0.04	9.45	2.66	13.55	28.59	0	0	0.12	0.12	0.05	55.22
		L10	0.32	0.03	0.16	0.01	11.38	3.6	11.78	27.83	0	0.37	0	0.22	0.06	55.75
	1 390	B2	0.08	0	0.32	0	6.73	2.58	19.19	32.56	0.09	0	0.01	0.02	0	61.58
			0.14	0	0.18	0.01	7.03	2.47	17.56	33.44	0	0.17	0.01	0	0.08	61.1
			0.12	0.15	0.38	0	10.81	3.54	16.3	32	0	0	0	0.21	0.01	63.51
			0.2	0.14	0.12	0.31	5.91	2.38	14.36	30.42	0.11	0	0	0	0	53.94
金红石	1 250	X89(柱状)	3.41	92.92	0.52	0.5	1.98	0	0	0	0.38	0.28	0	0	0	100.01
	1 214	X111(放射状)	2.76	90.78	0.2	0.12	1.34	0	0	0	0.39	0.07	0	0.17	0	98.14
	1 192	X96(短柱状)	0.26	90.19	0.02	7.17	0.02	0	0	0.34	0	0.48	0.01	0.32	0	100.64
	1 138	X97(粒状)	0.05	95.6	0.13	0	0.17	0.36	0	0.13	0	0.03	0	0.14	0	98.62

中国地质大学电子探针室李树岩测, 2001

化产物。碳酸盐类矿物成分比较均匀, 1 100 m～1 300 m 标高范围变化较小, 其中 w(CaO) 27.83%～33.44%, w(MgO) 11.78%～19.19%, w(FeO) 5.37%～11.38%, w(MnO) 0.62%～3.6%, 属铁白云石; 成分中含少量 Si, Al, 微量 Co, Cr, Ti 和 K, Na。斑岩系统中, 铁白云石形成于中深部, 为深部岩浆流体与地表流体混合带产物[16]。本区铁白云石 MnO, MgO 的含量从浅部到深部呈减少的趋势, 逐渐向方解石和白云石矿物成分变化。金矿化主要发生在浅部 Mn(Mg) 碳酸盐带内, 碳酸盐成分一方面是深部金矿化不利反映, 另一方面则指示深部可能存在斑岩型铜-多金属矿化。铁(锰)白云石是隐爆角砾岩型金矿的标型矿物之一。

3.4　金红石

金红石是该矿床中比较常见的一种蚀变矿物, 红褐色, 多不透明, 有两种产状, 一是在残留矿物中呈针状、柱状、放射状结合体, 长宽比≥2∶1, 量较少; 二是在细粒长英质基质矿物中呈粒状浸染分布, 长宽比≤1.5∶1, 量较多。两种形态的金红石在空间分布上, 前者多位于浅部, 而后者多位于深部。金红石成分空间分带规律非常明显。浅部金红石显著富 Si(w_{SiO_2} > 2.5%), Fe(w_{FeO} > 1%～1.5%), Al($w_{Al_2O_3}$ > 0.2%), Co, Ni, Cr, V 略有富集。深部金红石一般比较纯净, Si(w_{SiO_2} < 0.5%), Fe(w_{FeO} < 0.1%), Al($w_{Al_2O_3}$ < 0.1%) 比浅部显著降低, Ca, K, Na 等成分略有富集(Na_2O > K_2O), 而 w(TiO_2) 较高。根据斑岩系统矿化-蚀变空间分带规律, 粒状、较纯净的金红石的大量出现是深部高温、相对较稳定环境的指针矿物, 一般与铜、钼-贱金属矿化相伴; 而针状、长柱状细粒富硅、铁、铝和其他杂质元素的金红石的出现是浅部较低温、环境变化较大的情况下的产物, 与金-贱金属矿伴生[17]。根据上述认识, 堡子湾金矿床大致以 1 100 m 标高为界, 以上为金-贱金属矿化矿化地段, 之下为铜-多金属矿化有利地段, 深部可能存在斑岩型 Cu(Au) 矿化。

4　结论

4.1　成因标志: 矿物中微量元素富含 Cr, Ni, V 等深源元素, 指示成矿热液源于下地壳或上地幔, 元素矿物组合及其特征比值指示金矿化与深源、浅成火成岩浆热液活动有关, 是岩浆隐爆成矿作用的结果。

4.2　矿化程度的标志: 矿物中微量元素成分复杂, 富含 As, Sb, Bi, Se, Te 等 Au 活化、迁移有利的矿化搬运剂和 Cu, Pb, Zn, Au, Ag 等成矿元素; 矿石矿物富 Fe, 大量出现铁白云石, 说明热液活动强烈; 矿物组合复杂, 硫化物种类多, 有少量硫盐矿物出现;

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

矿物的多期次、多阶段发生, 说明矿化-蚀变多次活动的套叠作用存在。上述矿化标志指示的是堡子湾金矿区矿化强烈, 具备形成大型矿床的条件。

4.3 矿体剥蚀程度的标志: 碳酸盐矿物含铁量较大, 主要为铁白云石, 闪锌矿亦富铁, 为(富) 铁闪锌矿, 粒状、富 Ti 金红石的大量分布, 反映矿床剥蚀深度较大, 目前可能已揭露(保存) 中深部中温带, 位于斑岩系统的中下部, 地表主要金矿体可能已剥蚀, 深部金矿化不利。

4.4 堡子湾金矿床深部可能存在斑岩型 Cu-Mo (Au) 矿化的标志: 矿石中含丰富的铜矿物, 其他硫化物矿物中含铜量大, 如闪锌矿中含 Cu 达 3%, 说明闪锌矿形成于斑岩系统接近斑岩斑岩源高温环境, 推测大致以 1 100 m 标高为界, 以上为金-贱金属矿化有利地段, 在 1 100 m 以下一定部位可能存在斑岩型矿化。

参考文献

[1] 李景云, 聂维清, 张维根. 山西省堡子湾金矿地质特征[J]. 矿床地质, 1996, 15(3): 218.
[2] Hayba D O. Geologic, Mineralogic and Geochemical Characteristics of Volcanic-hosted Epithermal Precious-metal Deposits[J]. **Rer Econ Geol**, 1986, 2: 129-167.
[3] Heald P, Foley N K, Hayba D O. Comparative Anatomy of Volcanic-Hosted Epithermal Deposits -Acid-Sulfate and Adularia-Sericite Types[J]. **Economics Geology**, 1987, 82(1): 1-26.
[4] E. T. C. Spooner. Magmatic Sulphide/Volatile Interaction as a Mechanism for Producing Chalcophile Element Enriched, Archean Au-quartz, Epithermal Au-Ag and Au Skarn Hydrothermal Ore Fluids[J]. **Ore Geology Reviews**, 1993, 7(5): 359-378.
[5] 卿敏. 山西省大同市堡子湾金矿床地质及矿物学研究与成矿预测[D]. 中国地质大学(北京) 博士论文, 2002.
[6] 陈光远, 孙岱生, 殷辉安, 等. 成因矿物学与找矿矿物学[M]. 重庆: 重庆出版社, 1987.
[7] 陈光远, 邵伟, 孙岱生, 等. 胶东金矿成因矿物学与找矿[M]. 重庆: 重庆出版社, 1989.
[8] 陈光远, 孙岱生, 周珣若等. 胶东郭家岭花岗闪长岩成因矿物学与金矿化[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1993.
[9] 卿敏, 张立庆, 牛翠祎, 等. 山西堡子湾金矿床黄铁矿标型特征[J]. 黄金地质, 2001, 7(4): 22-27.
[10] 刘家远, 王蓉嵘, 吴郭泉. 洋鸡山爆破岩筒型斑岩金矿床及其成矿岩浆建造[J]. 河北地质学院学报, 1991, 14(3): 255-268.
[11] 楼亚儿. 江西洋鸡山金矿矿相学研究[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1996, 15(3): 174-177.
[12] 邵克忠, 栾文楼. Bi_2-硫盐、Bi_2-碲化物-祁雨沟爆发-坍塌角砾岩型金矿床成因及找矿[J]. 河北地质学院学报, 1989, 12(3): 299-305.
[13] 周佩玲. 广西某金矿中方铅矿、闪锌矿标型特征研究[M]. 中国金矿床成因矿物学与找矿矿物学论文选集(2), 1987. 184-191.
[14] 任耀武. 某些矿物标型特征的研究现状[J]. 矿产与地质, 1991, 5(2): 127-131.
[15] Lae Rogerson, R(Ed). 环西南太平洋与斑岩有关的碳酸盐—贱金属金矿床系列(范铭, 张慧琴译自 Proceedings of the PNG Geology and Mining Conference, 1994)[J]. 贵金属地质, 1996, 5(2): 154-160.
[16] 地质矿产部情报研究所编译. 找矿矿物学与矿物学填图[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1987. 310-315.

TYPOMORPHIC CHARACTERISTICS OF MAJOR MINERALS IN PUZIWAN GOLD DEPOSIT, YANGGAO, SHANXI

QING Min[1,2], HAN Xian-ju[2], NIU Cui-yi[2], LEI Shi-bin[3]

1. *Gold Geological Institute of CAPF, Langfang, Hebei* 065000, *China*;
2. *Geology College of China, Beijing* 100083, *China*;
3. *Gold Headquarters of CAPF, Beijing* 100102, *China*

Abstract: Utilizing the theories of mineral geny and prospecting mineralogy, the author studied the attitude, morphotype and chemical composition of metallic minerals of pyrite, gold, chalcopyrite, galena and sphalerite, non-metallic minerals of quartz, carbonate, dolomite and rutile in Puziwan goid deposit. The result indicated that: (1) Mineral assemblage is complex, the species of sulfide were abundant with minor sulfosalt minerals; (2) The composition in minerals is complex, and the trace elements of As, Sb, Bi, Se, Te, Au, Ag, Cu, Pb, Zn and Cr, Ni, V are rich; the typomorphic characteristics of the association of elements and their specific value suggest that gold mineralization is associated with shallow magmatic hydrothermal acitivity, the ore-forming fluid is the mixture of the rising rich alkali magmatic water originated from mantle or lower crust and the descending acid atmosphere water, and beschtauite(breccia) formed at Yanshan epoch is the essential factor of gold mineralization. (3) Fe-rich minerals of dolomite, Fe-rich sphalerite are abundant, granular, Ti-rich rutile distribute widely, referring that the degree of denudation is deep, the mineralization temperature is high, and the position of this deposit is located in mid-shallow depth of porphyry system, gold mineralization in the present depth is disadvantageous; (4) the copper minerals in ores are rich, the degree of Cu in sulfide is high, indicating that porphyry Cu (Au) mineralization may exist in the depth.

Key words: typomorphic characteristics of major minerls; cryptoexplosion breccia-hosted gold deposit; Puziwan; Shanxi Yanggao

ISSN 1001-6872(2003)03-0016-05; CODEN: KUYAE2

Synopsis of the first author: Qing Min, male, 36 years old, a senior engineer of geology. Now he is engaged in the research of geology and metallogenic prognosis of gold deposit.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net