

含金剪切带蚀变特征及其与金成矿的关系

——以新疆天格尔金矿带为例*

Alteration features and their relationship to gold ore-forming process in the gold-bearing shear zone: A case study of the Tianger gold ore belt in Xinjiang

王居里, 王守敬

(大陆动力学国家重点实验室(西北大学), 西北大学地质学系, 陕西 西安 710069)

WANG JuLi and WANG ShouJing

(State Key Laboratory of Continental Dynamics, Northwest University; Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China)

摘 要 含金剪切带剪切变形过程中构造、流体-岩石相互作用导致系统内组分的迁移和再分配, 这些过程控制着含金剪切带内蚀变特征及其金的成矿作用。在含金剪切带脆-韧性变形域内, 成矿层次从深到浅矿石类型由蚀变糜棱岩型向石英脉型过渡, 矿床成因类型由韧性剪切带型向蚀变破碎带型过渡, 是主期剪切成岩成矿过程中不同时空演化阶段的产物。

关键词 流体-岩石相互作用; 成矿作用; 时空演化; 含金剪切带

天格尔金矿带是新疆境内重要的金矿成矿带之一。矿带位于西天山东段, 沿中天山北缘复合型断裂构造带呈北西西-南东东向分布, 受复合型断裂构造带中的冰达坂含金剪切带控制。自“七五”以来在天格尔金矿带的找矿评价工作不断取得新突破, 相继发现了望峰金矿、萨日达拉金矿、冰峰金矿和阿苏沃金矿及一些金矿(化)点, 显示其具有很大的找矿潜力。本文在多年来对该矿带进行研究和找矿评价的基础上, 重点论述含金剪切带的蚀变特征, 探讨其对金成矿的制约。

1 冰达坂含金剪切带基本特征

冰达坂含金剪切带沿中天山构造带北缘呈北西西-南东东向展布, 为一呈带状展布的强应变带, 宏观上表现为一系列糜棱岩带和强片理化带。在天格尔地区其长度超过 60 余公里, 总体宽度可达 2~4 km。

遭受剪切变形的岩石主要是新元古代花岗岩、加里东晚期花岗岩类岩石, 部分为中新元古界变质岩系以及晚古生代辉绿岩脉。根据变形强度和重结晶程度, 剪切带内可分出糜棱岩化带、初糜棱岩带、糜棱岩带、超糜棱岩带和千糜岩带等构造岩带, 规模不等, 近平行状交替或重复分布。糜棱面理主要向北陡倾, 倾向 343~19°, 倾角 69~88°, 局部直立或向南陡倾。剪切带内部矿物拉伸线理和滑动线理发育, 产状一致, 均为近水平状近东西向延伸, 向东或向西倾伏, 倾伏角小于 15°。该剪切带经历了早期自北向南的逆冲剪切和晚期近水平右行走滑剪切(王润三等, 1992)。

天格尔金矿带发现的金矿床、矿体、矿化体等与冰达坂含金剪切带近水平右行走滑剪切有密切的时空演化关系, 冰达坂含金剪切带构成区内独具特征的、重要的控矿构造(图 1)。

*本文得到国家科技攻关计划项目(国家三〇五项目: 2003BA612A-06-10-01)的资助
第一作者简介 王居里, 男, 1958 年生, 博士, 副教授, 矿物学、岩石学、矿床学专业

2 蚀变类型、分带及其对金成矿的制约

在剪切带脆-韧性变形域内, 剪切变形过程中由于流体-岩石相互作用及组分迁移方向和规模差异, 导致同一成矿层次的不同部位和不同成矿层次蚀变及成矿特征有明显的差异。

2.1 黄铁矿化

冰达坂含金剪切带内黄铁矿化非常普遍, 在遭受剪切变形的岩石中均有发育, 但强度差异很大, 含量从 $0.0n\% \sim 30\% \pm$ 。大量样品统计表明, 在较深成矿层次上最强烈的黄铁矿化发育于初糜棱岩带中; 在较浅成矿层次上黄铁矿化主要发育于硅化初糜棱岩带和石英脉中。黄铁矿多呈细脉浸染状或稀疏浸染状沿糜棱面理或小角度斜切糜棱面理分布, 局部呈团块状。其晶形、粒度多样, 是不同成矿演化阶段的产物。黄铁矿化与金成矿的关系非常密切, 二者主体上呈正相关关系。

2.2 碳酸盐化

碳酸盐化在较深成矿层次发育较普遍, 但强度不均, 其产物方解石的含量为 $0.n\% \sim 8\% \pm$, 与金成矿关系较为密切。碳酸盐矿物方解石多呈细小他形颗粒沿岩石中显微裂隙、长石的解理缝等分布, 局部呈较大的他形粒状集中成团分布, 部分颗粒发育机械双晶或见双晶扭曲、波状消光等, 说明碳酸盐化发生于不同的变形阶段。

2.3 绢云母化

绢云母化在区内剪切带较深成矿层次上普遍发育, 不同类型构造岩中皆有, 但在超糜棱岩和千糜岩中绢云母的含量最高, 主要由富钾流体相对集中再沉淀和长石蚀变形成, 在岩石中强烈定向分布或呈流状分布, 且常与硅化相伴发生。

野外观测表明, 在矿化较好的矿体和矿化体周围经常发育几十厘米至几米宽的(绿泥)绢云千糜岩带。绢云母化、绿泥石化是区内金矿体和矿化体特征的围岩蚀变。这种蚀变的集中分布与剪切变形过程中强烈的流体-岩石相互作用和组分迁移、调整变化密切相关。

2.4 硅化

伴随剪切变形 SiO_2 发生了大规模的侧向和垂向迁移, 在同一成矿层次上发生初糜棱岩带中的去硅作用(王居里等, 2001)和超糜棱岩带中的强烈硅化。去硅作用与强烈钠长石化(见下文)和金成矿作用关系密切(萨日达拉金矿、冰峰金矿、望峰金矿 12 号矿脉下部); 强烈硅化则形成几米至十几米宽的灰色、黄灰色似“硅质岩”带。似“硅质岩”带致密坚硬, 外观上呈似硅质超糜棱岩状, 但镜下观察薄片保留有较多细小长石残斑, 表明这种强烈硅化应是剪切变形过程中岩石中 SiO_2 的动力分异、迁移、再聚集的结果。

在强烈硅化形成的似“硅质岩”中, 常发育较为明显的黄铁矿化, 但黄铁矿含量不高, 一般为 $0.n\%$, 金矿化很微弱, 金含量一般 $< 5 \times 10^{-9}$, 个别样品可达 70×10^{-9} 。

垂向上 SiO_2 趋向于向较浅成矿层次迁移, 形成硅化初糜棱岩和石英脉, 常伴随较强烈的黄铁矿化和金矿化, 构成具有一定规模、能被开采利用的金矿体, 矿体平均品位 3×10^{-6} (望峰金矿 12 号矿脉中上部)。

2.5 钠长石化

2.5.1 钠质交代岩的岩相学特征

在萨日达拉金矿 971 号和冰峰金矿 991 号矿体和近矿围岩中, 除发育上述黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化等蚀变外, 还发生了强烈的钠长石化形成钠质交代岩石。矿石的脉石矿物和围岩主要由长石组成, 各

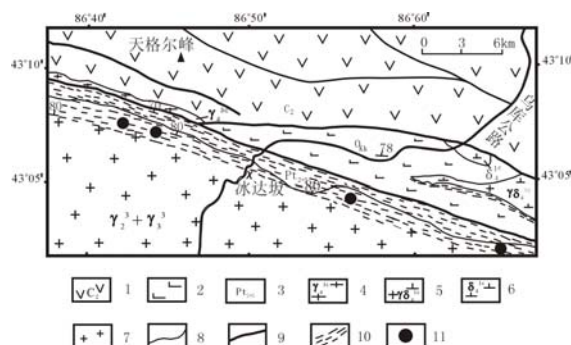


图1 新疆天格尔金矿带地质略图

1—中基性火山岩、火山碎屑岩, 局部夹薄层灰岩; 2—千枚岩、钙质千糜岩及浅变质中性火山岩、火山碎屑岩; 3—中天山中上元古界变质岩系; 4—华力西期红色花岗岩; 5—华力西期花岗闪长岩; 6—华力西期闪长岩; 7—新元古代、加里东期花岗岩类; 8—地质界线; 9—断层; 10—韧性剪切带; 11—金矿床(由西向东依次为萨日达拉金矿、冰峰金矿、望峰金矿、阿苏沃金矿)

矿物含量范围分别为: 斜长石+钠长石 45%~65%, 钾长石 15%~35%, 石英 0~3%, 黑云母 2%~5%, 白云母 0~13%, 方解石 1%~8%, 绢云母 1%~8%, 局部见少量绿泥石。斜长石强烈钠长石化, 钠长石主要沿边缘交代斜长石, 形成较宽的钠长石净边, 有的颗粒钠长石比例明显超过斜长石, 有的颗粒甚至全变为钠长石。用 $\perp(010)$ 晶带最大消光角法测得不同薄片中原斜长石的排号为 An25—An35。交代形成的钠长石多数较为干净, 无色透明, 低负突起, 双晶不发育, 解理少见; 少部分可见解理, 表面不很干净。钾长石主要是微斜长石和条纹长石, 钠长石常呈棋盘状、补片状或沿解理强烈交代钾长石。在含较多原生白云母的样品中, 钠长石沿白云母解理强烈交代使白云母成“筛状”或交代岛屿状。上述 3 种钠长石化过程中皆伴有强烈黄铁矿化, 表现为较细小立方体和他形黄铁矿分布于新生钠长石中或钠长石与被交代矿物或周围矿物之间。

2.5.2 钠质交代岩的岩石化学特征

表 1 是萨日达拉金矿 971 号矿体矿石和围岩的部分主元素、黄铁矿及金含量。可以看出, 它们的 SiO_2 含量变化较大, 除一个样品 (97-143) 因硅化较强、 SiO_2 含量较高 (为 77.34%) 外, 其余样品的 SiO_2 含量明显低于未受本期剪切变形的原花岗岩的 SiO_2 含量 (69.88%~74.92%)。除两个样品 (97-143、97-152) Al_2O_3 含量低外, 其余样品 Al_2O_3 含量普遍较高, 与交代岩石中长石含量的增高有关。总体来看, 样品中 SiO_2 含量偏低, 除与其中矿化强烈、含较多黄铁矿有关外, 原岩在遭受变形、蚀变和成矿过程中发生了 SiO_2 的分异、迁出; 样品 Na_2O 含量明显高于其在花岗岩中的含量 (1.35%~2.89%), 而 K_2O 含量则明显低于其在花岗岩中的含量 (4.23%~5.78%); CaO 含量变化范围很大。显然与原岩在韧性剪切变形过程中遭受强烈钠质交代及其相伴的去硅、去钾作用以及不均匀的碳酸盐化作用有关。

表 1 971 号矿体和围岩的部分主元素、黄铁矿含量($w_B/\%$)及金含量($w_B/10^{-6}$)

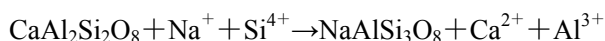
样号	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	FeS_2	Au
97-141	59.57	17.73	0.55	8.31	0.55	5.87	4.0
97-143	77.34	8.73	2.25	4.06	0.52	2.15	0.7
97-145	58.90	17.27	5.44	9.49	0.20	2.64	0.8
97-149	56.66	17.91	4.89	8.57	0.73	5.33	4.2
97-152	42.73	10.72	0.38	5.36	0.53	27.89	9.0
97-154	54.10	17.47	3.36	7.80	1.16	8.10	6.9
98H-47	52.80	15.31	8.69	7.97	0.38	4.15	7.68
98H-53	56.69	16.60	4.42	8.07	0.32	5.07	3.01
98H-56	59.70	19.88	0.68	9.46	1.12	7.66	8.24
98H-59	58.46	19.77	0.31	8.81	1.42	4.98	13.7
98H-63	59.61	19.89	4.05	8.44	2.07	0.22	7.40/10 ⁻⁹

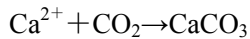
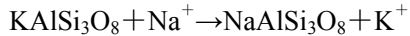
根据岩石化学全分析、S 分析、试金分析结果综合计算。98H-63 为围岩, 其余为矿石。

从表 1 还可以看出, 钠质交代与黄铁矿化和金成矿密切相关。样品 97-143 钠质交代较微弱, 石英含量高、钠长石含量低, 相应的金矿化强度就低。

代表性样品的电子探针分析结果 (数据略) 表明, 所分析的 10 个点都是很纯的钠长石。钠质交代强烈的部位, 原来的颗粒从边缘到中心全变为钠长石; 钠长石化较弱的地方原来的斜长石、钾长石颗粒的边部变为钠长石, 内部还不同程度残留原来矿物。

镜下观察及相关分析结果一致说明: ①剪切变形过程中在脆—韧性变形域的较深成矿层次岩石发生过强烈的钠质交代作用, 与之相伴发生强烈的黄铁矿化和金矿化。②对于原岩体系来说, 钠长石化过程中有组分 Na^+ 的强烈带入和 K^+ 的明显带出; Ca^{2+} 主要在岩石系统内调整、重新分配。③钠长石交代斜长石过程中, 析出的 Ca^{2+} 主要与热液中 CO_2 结合形成方解石, 即发生碳酸盐化; 钠长石交代钾长石过程中, 析出的 K^+ 除少量生成新生绢云母分布于原处或附近外, 主要随剪切带内的热液活动迁出体系, 在其他有利位置形成大量新生绢云母, 导致体系外绢云千糜岩带的形成。④伴随变形和强烈钠长石化, 原岩中的石英活化、分异, 呈游离状, 除部分参与钠长石交代斜长石和绢云母的形成之外, 多数随热液活动迁出系统, 在剪切带内其他部位聚集就位, 造成强烈钠长石化带(区)的去硅作用和其他部位的强烈硅化。钠长石化及相应的碳酸盐化、绢云母化等过程可用下列反应式来表示:





总体上讲, 这些作用过程对体系来说, 是 Na^+ 、 CO_2 的带入和 K^+ 、 SiO_2 的带出, 这样的组分活动和相应的蚀变与区内金的成矿作用关系非常密切, 尤其是 971 号和 991 号大型富矿体都产于强烈钠长石化形成的钠质交代岩石中。钠长石化是天格尔金矿带重要的、标志性的蚀变类型。其与金矿化的关系表明①在同一构造成矿带中钠长石化越强, 成矿规模越大, 形成的矿体越富 (Au 品位最高达 128×10^{-6}); ②钠长石化是区内与金成矿密切相关的非常重要的蚀变类型, 是区内特征性的找矿标志之一。蚀变过程中 Na^+ 、 CO_2 的来源尚需进一步研究, 根据前人研究成果, 它们很有可能来源于地幔 (杜乐天, 1989)。

3 蚀变差异对矿石类型的制约

野外和室内研究表明, 冰达坂含金剪切带脆-韧性变形域内不同层次蚀变特征有明显的差异: ①在较深成矿层次上, 从矿体向围岩方向主要发生钠长石化、黄铁矿化、绢云母化和碳酸盐化等, 形成的构造蚀变岩石为蚀变糜棱岩。②在较浅成矿层次上, 其蚀变主要是硅化, 其次是绢云母化, 主要形成硅化初糜棱岩和破碎石英脉。

蚀变的空间分布及其强度差异, 决定了金矿化的类型、空间分布和强度。在脆-韧性变形域的较深成矿层次黄铁矿化、金矿化规模大, 强度高, 往往形成大规模金矿体, 其矿石类型主要是蚀变糜棱岩型, 成矿作用相对较早。在脆-韧性变形域的较浅成矿层次黄铁矿化、金矿化规模较大, 强度较高, 可形成具有一定规模的金矿体, 其矿石类型主要是石英脉型, 成矿作用相对较晚。在脆-韧性变形域的中部, 蚀变糜棱岩型和石英脉型两种矿石类型共存。

从成因类型角度讲, 较深层次形成的矿体属于韧性剪切带型, 浅层次形成的矿体则属于蚀变破碎带型, 二者之间没有明显的界限, 常有过渡类型存在。这种成因类型划分主要反映矿床形成的深度层次差异, 他们都属于含金剪切带型金矿。

4 结 论

含金剪切带剪切变形过程中组分迁移和流体-岩石相互作用控制着带内蚀变类型及其空间分布和强度, 进而控制着金的成矿作用。随着成矿层次的变化, 蚀变特征、矿石类型、矿床成因类型发生相应的变化。在含金剪切带脆-韧性变形域内, 成矿层次从深到浅矿石类型由蚀变糜棱岩型向石英脉型过渡, 矿床成因类型由韧性剪切带型向蚀变破碎带型过渡。这一认识对于含金剪切带型金矿的找矿勘查具有重要的指导意义。

参 考 文 献

- 杜乐天. 1989. 幔汁 (ACOHNS) 流体的重大意义[J]. 大地构造与成矿学, 13(1): 91~99.
王居里, 刘养杰, 周鼎武, 陆关祥. 2001. 新疆萨日达拉金矿地质特征及成因探讨[J]. 矿床地质, 20(4): 385~393.
王润三, 王居里. 1992. 新疆中天山北缘胜利达坂韧性剪切带[J]. 新疆地质, 10(3): 204~211.