

河北赤城“后沟式”金矿床成矿地质特征初步分析

向树元 范永香 印纯清*

(中国地质大学·武汉)

河北省赤城县“后沟式”金矿床产于碱性正长岩岩体的内接触带与断层破碎带的复合部位,是一种新的金矿类型——钾化蚀变岩型金矿。这种矿床具有矿化带较宽,规模较大,矿化稳定,矿石类型简单,蚀变单一等特点。成矿作用与印支—燕山早期碱性正长岩岩体侵入活动有关,属岩浆期后热液型金矿床。

关键词:“后沟式”金矿床;钾化蚀变岩型;成矿地质特征;碱性正长岩体;河北省

后沟金矿是冶金部第一勘探公司516地质队1987年发现的。近年我们与该队协作,对该金矿床进行了初步研究。

区域地质背景

后沟金矿床赋存于内蒙地轴与燕山台褶带的交接部位,区域性基底大断裂——尚义—赤城断裂带南侧。区内岩浆活动、构造变动和区域变质作用都非常强烈。

区内地层主要为太古界桑干群变质岩系和上侏罗统张家口组火山岩系。前者由斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩和浅粒岩等组成,后者主要为集块岩,火山角砾岩、凝灰岩和安山岩等。

频繁的岩浆活动,形成了多期、多类型的侵入岩岩体。较大者有海西期透辉岩岩体、斑状花岗岩岩体,印支—燕山早期碱性正长岩岩体,燕山晚期花岗岩岩体等。闪长玢岩、辉绿岩和煌斑岩等小岩脉也甚发育。

区内构造以断裂为主。于家沟逆冲推覆构造的主干断裂是主要的断裂构造,属尚义—赤城基底大断裂的一部分,形成于海西—燕山期,近东西向展布。仅桑干群变质岩中发育有一系列较复杂的叠加褶皱(图1)。

桑干群及其与成矿的关系

1. 桑干群岩石类型

据矿物组合、分布特征和岩石类型,桑干群变质岩系可分为3个岩性段,但层序关系有待进一步研究。

(1) 第一岩性段(Ars^1) 为一套富含石榴石的角闪斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩等岩石组合,局部夹透镜状石英大理岩和似层状石墨片麻岩。总特点是片麻岩多于角闪岩。

(2) 第二岩性段(Ars^2) 为一套斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩夹磁铁矿石岩等组合。总特点是角闪岩多于片麻岩,铁镁暗色矿物含量较高。

(3) 第三岩性段(Ars^3) 为浅粒岩、钾长浅粒岩、变粒岩等浅色变质岩组合。

2. 桑干群原岩恢复

据岩石化学资料,在普列多夫斯基 $Al_2O_3-(K_2O+Na_2O)$ 图解中,浅粒岩投影点皆集中于中酸性火山熔岩区。在A.西

* 参加野外工作的还有中国地质大学叶俊林、胡家杰、秦松贤,桂林冶金地质学院曾崇义。

蒙南 $[(al+fm)-(c+alk)]-Si$ 图解中, 斜长角闪岩、片麻岩投影点均落在火山岩区。在稀土配分模式图中, 斜长角闪岩的配分模式曲线特征, 类似于现代岛弧的钙碱性

拉斑玄武岩的模式曲线; 在 La/Yb 值与稀土总量 ΣREE 相关图中, 投影点皆落在拉斑玄武岩区 (图2), 由此推断, 原岩为一套基性火山岩。

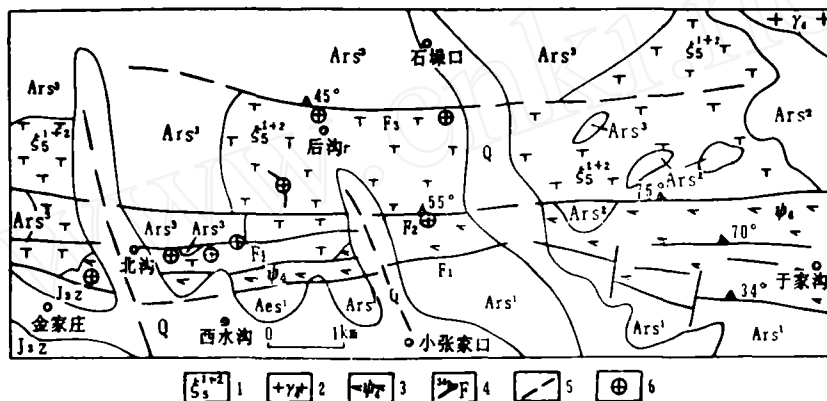


图 1 后沟地区地质略图

Q—第四系; J_2z —上侏罗统张家口组; Ars^3 —太古界桑干群第三岩性段; Ars^2 —桑干群第二岩性段; Ars^1 —第一岩性段; 1—印支-燕山早期碱性正长岩; 2—海西期花岗岩岩体; 3—海西期透辉岩岩体; 4—实测断层及其产状; 5—推测断层; 6—金矿床 (点)

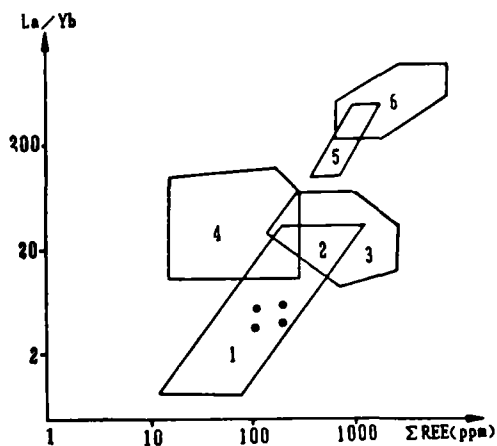


图 2 $La/Yb-\Sigma REE$ 相关图解

(据 C.J. Allègre, 1973)

1—拉斑玄武岩; 2—碱性玄武岩; 3—花岗岩;
4—钙质泥岩; 5—金伯利岩; 6—碳酸盐岩

3. 桑干群微量元素特征

对桑干群各岩性段岩石分别进行了微量元素分析 (表1) 表明, 其含金值都比较高, 一般为地壳丰度值2~12倍。微量元素明显

高于地壳丰度值的元素有Ag、Pb、Zn、Sb、Bi、Cd, 明显低于地壳丰度值的有Cu、As、Hg。其中第二岩性段含金量最高, Ag、Pb、Zn、Mo、Bi含量也居各岩性段之首。

此外, 对桑干群不同类型的岩石也做了痕量金分析 (表2), 除区内出露较少的变粒岩外, 其他岩石含金量均高出地壳丰度值2~13倍。斜长角闪岩含金量最高, 浅粒岩、片麻岩次之, 与岩性段分析结果吻合。

4. 桑干群与金矿成矿的关系

桑干群变质岩分布区中金矿化点众多。已发现的金矿床 (点) 也多分布于桑干群含金背景值较高的第二、第三岩性段或其附近。金矿脉中方铅矿铅同位素测试表明, 铅源为两种正常铅混合形成的混合型铅。其中古老正常铅年龄值为3463Ma, 相当于太古代, 说明铅是在太古代火山喷发过程中蜕变出来的; 在后期金的成矿作用中, 又有新的铅源混入。与铅相关的金可能具有同样的来源。

桑干群各岩性段微量元素含量分析结果 (ppm)

表 1

岩 性 段	样 数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Sb	As	Hg	Bi	Cd
第一岩性段	5	0.009	0.495	50	30	120	4.36	1.19	1.9	0.017	1.35	3.7
第二岩性段	8	0.046	0.623	40	40	170	6.50	0.98	2.5	0.016	1.63	6.7
第三岩性段	9	0.029	0.348	30	30	80	1.08	0.88	5.1	0.035	0.87	12.9
地壳丰度值		0.0035	0.100	100	16	50	3	0.5	5	0.080	0.15	0.5

桑干群不同类型岩石痕量金分析结果

表 2

岩 石 类 型	浅粒岩 (19)	斜长角闪岩 (7)	片麻岩 (9)	磁铁石英岩 (1)	变粒岩 (1)
金含量 (ppb)	23	48	17	10	1

注：括号内为样品数。

这一特点与我国东部许多金矿类似^[2]。结合表 1 所列金的高含量，由此可以推断，桑干群是本区最重要的初始矿源层。

碱性正长岩岩体及其与 成矿的关系

1. 岩体的岩石学特征

碱性正长岩岩体分布于海西期透辉岩岩体北侧的后沟至金家庄一带，呈岩株、岩枝或不规则状侵入于桑干群第二、第三岩性段和海西期透辉岩中，总体呈东西向延伸。

岩石为浅黄白—肉红色，中细—粗粒，半自形—他形结构。岩石类型主要为正长岩，少量为二长岩、角闪正长岩、霓辉正长岩和石英正长岩。岩体钾氩法同位素年龄为 216.5Ma、195.3Ma、160.7Ma（北京铀矿地质研究所），属印支—燕山早期的产物。

岩石化学成分的特点是：贫硅（ SiO_2 含量 < 67%）、贫钙，富 Al_2O_3 ，碱质含量高，里特曼指数 δ 为 6.04~9.73，属碱性正长岩系列（表 3）。

正长岩岩石化学分析结果 (%)

表 3

样号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	烧失量	合 计	δ
1	66.22	0.09	18.56	0.43	0.80	0.06	0.23	0.65	7.20	4.64	0.015	0.54	99.44	6.04
2	66.72	0.10	17.82	1.08	0.49	0.05	0.23	0.47	5.54	8.54	0	0.33	101.37	7.14
3	65.80	0.05	18.86	0.81	0.52	0.05	0.23	0.65	6.84	5.92	0	0.63	100.36	8.36
4	65.72	0.06	18.15	0.50	0.49	0.03	0.19	0.28	3.42	11.64	0.045	0.23	100.58	9.75

由冶金部第一地质勘探公司中心实验室分析。

2. 岩体与金矿的成矿关系

碱性正长岩痕量金分析 14 件样品的平均值为 22.2ppb，微量元素分析 5 件样品平均含金 55ppb，均比较高。矿脉中铅同位素测试第二次铅源（新正常铅）年龄为 127Ma，比碱性正长岩岩体年龄稍小，但比较接近。目前所发现的主要金矿床（点），包括后沟金矿床，西水沟、北沟、金家庄大北沿金矿

点，以及本区以外的东坪金矿床、中山沟金矿床等，都产在碱性正长岩的内接触带及其断层破碎带中，或其附近围岩的破碎带中。由此可以认为，本区域性正长岩与金矿成矿有成因联系。它不仅提供部分金源，而主要是促使 Au 元素从母体中萃出迁移并富集形成工业矿体。

控矿断裂构造特征

控制金矿的主干断裂主要有3条,由南向北分别为 F_1 、 F_2 、 F_3 (见图1)。

1. F_1 断裂特征及其控矿作用

F_1 断裂为于家沟逆冲推覆构造的主滑面^[1],地表控制长度 $>20\text{km}$,走向近东西,倾向北,地表倾角 $34\sim 56^\circ$ 。据钻孔资料,断层面倾角在地下 $300\sim 400\text{m}$ 变为 $15\sim 20^\circ$ 。断层间发育有宽达数百米的构造岩带,主要为蛇纹石化构造片岩、糜棱状碎粉岩、碎裂岩和构造磨砾岩等。总体显示强烈的挤压特征。

F_1 断裂控制或限制了本区的岩浆活动和金的成矿作用。海西—燕山早期的岩浆岩体以及目前所发现的主要金矿床(点)均分部于断裂的北侧(上盘)。断裂带中也有明显的金矿化显示。

2. F_2 断裂特征及其控矿作用

F_2 断裂为逆冲推覆构造推覆岩席的前锋带与中带的分界断裂,地表控制长度 $>22\text{km}$,走向近东西,倾向北,倾角 $55\sim 80^\circ$ 。断裂带中发育有两类不同性质的构造岩,反映两次较大规模的断裂活动。早期为压性,由分带清晰且对称分布的碎粉岩、碎粒岩和碎裂岩组成。晚期为张性、张扭性,主要由碎裂岩、碎裂化正长岩等组成。晚期断裂活动多数位于早期活动位置的北侧。

F_2 断裂是本区较重要的控矿和贮矿断裂。金矿化主要与晚期的张性、张扭性断裂活动有关。晚期活动较强烈而断裂带又较宽的地段,往往有工业矿体赋存。

3. F_3 断裂特征及其控矿作用

F_3 断裂位于后沟至石垛口一带,地表控制长度约 3km ,走向近东西,倾向北,倾角 45° 左右。据航片解译,断裂向东西两端仍有明显延伸迹象。有两期规模较大的活动。早期为压性,晚期为张性、张扭性。晚期活动位于早期活动位置的南侧。由于断裂南盘

为碱性正长岩岩体,晚期活动断裂与岩体内接触带复合。这一构造复合部位是重要的贮矿构造。

金矿类型及其地质特征

本区金矿类型较多,组成了一个较完整的金成矿系列。归纳起来有3类,分别受控于3种不同性质、不同级别的贮矿构造,具有不同的找矿前景。

1. 钾化蚀变岩型(后沟式)金矿床

钾化蚀变岩型金矿床产于碱性正长岩岩体的内接触带与断裂破碎带的复合部位,是一种独具特色的金矿类型。以其不含或少含石英脉而区别于“玲珑式”金矿床;以其不含或少含黄铁矿和绢云母等蚀变矿物而区别于“焦家式”金矿床。

该类型金矿的主要特点是:矿化带较宽,金矿化均匀,矿化带与围岩无明显界线。矿体形态不规则,走向与岩体接触带、断裂走向基本一致,但倾向、倾角变化较大。矿石类型简单,工业矿体主要由含金钾化碎裂(正长)岩构成。矿石中金属矿物主要为自然金,少量黄铁矿。脉石矿物主要为微斜长石、微斜条纹长石。矿体围岩为正长岩。蚀变为钾化、弱绢云母化等。目前,在后沟已圈定出一个中型规模的金矿体,预计仍有较好的找矿前景。建议将此类型金矿命名为“后沟式”金矿。

2. 黄铁绢英岩化金矿床

该类型金矿主要产于主断裂带中,如北沟金矿点、西水沟东西矿带等。该类型金矿的主要特点是:矿化带较宽,常大于 100m ,矿化带与围岩无明显界线。矿体常受矿化带中的次级断裂控制。矿体形态多为透镜状、不规则状,规模中等或较小。矿石类型为浸染状黄铁绢英岩化碎裂岩型或黄铁矿化碎裂岩型。矿石品位不够稳定。金属矿物以黄铁矿为主,偶见黄铜矿、磁黄铁矿和自然金等。脉石矿物有微斜长石、石英、绢云母

等。围岩主要为正长岩和浅粒岩,围岩蚀变,有黄铁绢英岩化和铁锰碳酸盐化。因为整个矿化带规模较大,矿体较多,所以此类型是本区寻找中大型金矿床的有利类型之一。

3. 含金石英脉型和硅化带型金矿床

这两类金矿床主要产于次级断裂中,如金家庄大北沿金矿点、桃沟金矿点等。它们的特点是:矿化带宽度一般小于5m。矿体与围岩界线清楚(以断层面为界),矿体形态规则,规模较小,金品位较稳定。矿石中金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、磁铁矿、赤铁矿和自然金等。矿体围岩主要有片麻岩、斜长角闪岩、透辉岩、浅粒岩和正长岩。产于片麻岩和斜长角闪岩中的矿体为含黄铁石英脉和硅化带型金矿化;产于透辉岩中的矿体为含多金属硫化物石英脉型和硅化构造角砾岩型金矿化;产于浅粒岩和正长岩中的矿体为含赤铁石英脉型金矿化。

上述各种类型金矿床构成了一个金成矿系列。从时间上看,第一期为金—钾长石阶段;第二期为金—石英—黄铁矿阶段;第三期为金—石英—多金属硫化物阶段和后期的碳酸盐阶段。从空间上看,金矿化首先从碱性正长岩岩体内接触带到主断裂带、再到次级断裂中。这一成矿系列,既反映了含金热液的成分、性质的变化过程,也显示了含金热液的运移方向和聚集规律。

成矿时代和成矿作用探讨

我们从金家庄大北沿、西水沟东矿带的金矿体中采集了4件方铅矿样品进行同位素测试,其 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=16.443\sim 16.690$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.176\sim 15.243$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=36.665\sim 36.960$ 。铅同位素组成比较集中,且贫放射成因铅。

在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 坐标图(图3)上,所有样品均落在 $\mu=9.26$ 的正常增长曲线与地球年龄线之间的月形区内,并呈明显的线性关系,可拟合得到一条斜率 $k=0.3056$ 的混合型铅直线。该直线与 $\mu=9.26$ 正常增长曲线有两个交点:下交点 t_1 的坐标为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=12.025$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=13.825$;上交点 t_2 的坐标为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=18.425$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.782$ 。根据 t_1 和 t_2 坐标值查模式年龄计算表^[3],可得到古老正正常铅的龄 $t_1=3463\text{Ma}$,新正常铅的年龄 $t_2=127\text{Ma}$ 。可以认为,古老正常铅的年龄意味着它是在太古代的火山喷发过程中从Pb—U—Th体系中蜕变而来的。新正常铅的年龄可能代表着本区金矿的成矿年龄。这一年龄值与金矿的主要围岩正长岩的年龄值比较接近,其铅源可能是碱性正长岩岩体侵入过程中提供的。前已述及,本区金矿的矿源主要来自太古代变质岩系,金的成矿过程经历了一个长动及期、复杂的过程;但同位素资料表明,印支—燕山早期的正长岩岩浆活动其构造变动,是导致工业矿体就位的主要因素,成矿时代主要是燕山期。鉴此,成矿作用过程可作如下分析:

本区在太古代属优地槽环境,形成了一套以基性、中酸性火山岩为主的岩石组合,是金矿的初始矿源层。在随后的区域变质作用和混合岩化作用中,金、银等成矿元素被活化、迁移、聚集,造成金的初始富集。

海西期,由于斑状花岗岩岩体和透辉岩岩体的侵入,使区域北侧的尚义—赤城基底大断裂中上部愈合。当基底断裂继承性活动时,中上部的主断裂位置向南迁移到本区于家沟至金家庄一带。这就揭开了本区大规模断裂活动、岩浆活动和金矿成矿作用的序幕。

印支期,本区发生了大规模的、由北向南的逆冲推覆活动,形成了一组近东西向展布的、具明显挤压特征的叠瓦式断层组合。

据航磁资料分析, 这组断裂向深部逐渐联成一条, 并可能与基底大断裂交汇^[1]。在逆冲推覆过程中和推覆活动后, 深部的正长岩浆沿断裂上升, 并在中浅部侵入到围岩中, 形成了东西向近带状分布的碱性正长岩岩体。

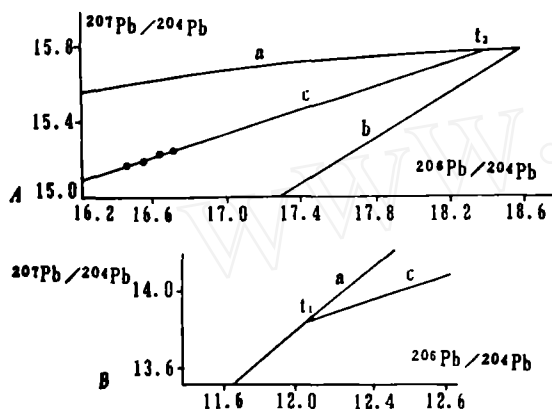


图 3 本区金矿床中方铅矿 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 坐标图

a— $\mu = 9.26$ 的正常增长曲线; b—地球年龄线;

c— $k = 0.3056$ 的混合型铅直线

该岩体的侵入, 为本区大规模金的工业矿体就位提供了条件。由于正常岩浆是碱性的, 在岩浆运移过程中, 在高温、强碱的环境下, 岩浆会从围岩(桑干群变质岩)中不断地萃取金、银等成矿组份。在富碱溶液中, 金的络合物或络阴离子具有较大的稳定性, 金不易析出而随岩浆迁移。在岩浆进入结晶区域后, 冷疑结晶, 碱质大量析出, 使残余岩浆中金的浓度逐渐增大, 形成了大量的富金热水溶液。随后, 本区东西向断裂发生张性、张扭性活动, 形成了较宽的断层破碎带。这些新的破碎带为富金热液提供了有利

的构造空间。富金热液进入破碎带后, 随着其成分、性质和环境的变化, 金大量析出, 形成了金矿化带和金矿脉。

“后沟式”金矿床产于岩体内接触带与断层破碎带的复合部位, 富金热液可能是直接从正长岩浆中分异而来。由于热液成分、性质与围岩相近, 故形成了仅具单一蚀变的钾化蚀变岩型金矿床。按成矿作用来划分, 本区金矿床应属岩浆期后热液型。

结 论

“后沟式”金矿床的发现, 使我们认识到在金矿成矿系列的早期钾化阶段, 就有可能形成金的工业矿体, 从而开拓了新的金矿找矿思路。

原岩为火山岩的变质岩和富碱性侵入岩体(包括正长岩类、A型花岗岩类等)的发育是“后沟式”金矿形成的重要条件。我国的富碱性侵入体十分发育。如秦岭—大别山造山带、兴蒙造山带、天山造山带, 以及攀西大断裂、山西汾河大断裂附近均有大量的富碱性侵入体发育, 这些地区大多又有变火山岩分布。因此, 应重视这些地区“后沟式”金矿的找矿评价工作。

参 考 文 献

- [1] 叶俊林等, 地球科学——中国地质大学(武汉)学报, 1989, 第1期。
- [2] 余昌涛等, 冀东主要类型金矿床的成因及形成机理研究, 《中国金矿主要类型区域成矿条件文集(2)》, 地质出版社, 1989年。
- [3] 李俊华等, 《同位素年龄计算手册》, 原子能出版社, 1978年。

A Preliminary Analysis of Metallogenic Features of the 'Hougou Type' Gold Deposit, Chicheng County, Hebei

Xiang Shuyuan Fan Yongxiang Yin Chunqing

The 'Hougou type' gold deposit discovered in Chicheng county, Hebei Province, being a new type gold deposit in kali-altered rocks, is situated in the composite part between the internal contact zone of alkali-syenite intrusive and faulted fracture zone. Gold deposit of this type is simple in ore type and single in alteration pattern and is characterized by a wide and stable mineralization belt and a large size of reserves. The deposit is related with the activity of alkalisyenite intrusive of the early Indo-Chinese-Yenshanian epoch and belongs to the postmagmatic hydrothermal type.