

内蒙古武川县常福龙沟金矿成矿地质条件及控矿因素

俞初安¹, 钟长汀¹, 唐永香², 席忠³, 刘晓雪¹

(1. 天津地质矿产研究所, 天津, 300170, 2. 天津地热勘查开发设计院, 天津, 300170

3. 内蒙古第一地质矿产开发院, 土默特左旗 010010)

摘要: 常福龙沟金矿区赋存于大青山三套含金建造中的渣尔泰山群中, 受控于大青山深大断裂及相关的次级北东、北西和近东西断裂。大青山断裂早期以韧性剪切带为特征, 晚期演化为脆性断裂和推覆构造。大青山断裂及其次级断裂的交汇处为成矿提供了运输通道和容矿空间, 矿体产于该部位。岩浆活动为成矿提供了热能和部分成矿物质。笔者在本文中论述了该矿的成矿地质条件和控矿因素, 并提出了矿区外围找矿标志和找矿方向。

关键词: 含金建造; 成矿地质条件; 控矿因素; 常福龙沟

中图分类号: P612; P618.51

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2009)01-0027-07

该矿区位于华北陆块北缘中段金矿比较集中的地区, 地理位置位于呼和浩特市北部 37 km 处(图 1)。区内主要发育前寒武纪地层, 构造以深大断裂和北西向次级断裂最为发育, 并且控制本区金矿床的形成与分布。因此研究该地区的金矿分布特征和富集规律, 对于在该区域开展新一轮的找矿有重要的现实意义。

1 成矿地质环境

区内出露的地层主要有太古宙的乌拉山岩群的大理岩组^[1], 古元古界二道洼群二岩组, 中元古界马家店群(渣尔泰山群)的阿古鲁沟组。另外还有古生界石炭系上统的拴马桩组, 以及新生界第四系的松散沉积。

常福龙沟金矿赋存的地层为渣尔泰山群, 主要含矿层位为阿古鲁沟组。该组下部为暗色板岩、炭质粉砂质板岩, 上部为泥质结晶质灰岩。该地层单元为该区的成矿提供了一定的物质基础, 如矿区西部的大石槽金矿点、东部的红道巷金矿点均产于该层位。这样的环境往往有利于成矿物质的聚集, 从而形成金的初始聚集层。

本区的岩浆侵入活动具有多期性及多时代性, 并且发育较强的变质变形作用, 从太古宙至中生代

岩浆岩均有分布。

2 矿区地质

常福龙沟金矿在区域构造上位于华北陆块北缘阴山断隆大青山复背斜北翼, 大青山推覆构造体系德胜营-常福龙沟逆冲断层带中^[2], 区域上主要为近东西向, 本区为北西向。早期以韧性剪切带为特征, 晚期则以脆性断裂和推覆构造为特点, 它们控制着矿床的分布和产出。沿北西向的断裂带发育了大量的与主断裂带近平行排列的次级断裂, 呈雁行排列, 控制着矿化蚀变带的分布, 在蚀变带次级断裂和裂隙中形成工业矿体, 因此从成因上认为该金矿为构造蚀变岩型金矿。

2.1 地层

区内出露地层主要为中元古界渣尔泰山群。渣尔泰山群为一套浅变质岩系, 属裂谷系中的碎屑岩、碳酸盐岩夹少量火山岩建造。本区总体呈北西向, 出露厚度约 687 m, 可分为两个岩组, 一岩组(Pt₂zh₁)下部为灰黑色黑云母千枚岩夹浅灰色糜棱岩化长石石英砂岩、砂质千枚岩; 上部为灰黑色含红柱石黑云母千枚岩、黄褐色含砂绢云母千枚状板岩夹变质长石石英砂岩、硅化大理; 二岩组(Pt₂zh₂)为青灰色结晶灰岩、白云岩夹糜棱岩化绿泥片岩、绢云石英

收稿日期: 2008-11-15 责任编辑: 林晓辉

基金项目: 国土资源部资源补偿费项目: 内蒙古呼市北山金矿普查项目(49802008)

作者简介: 俞初安(1980-), 男, 助理工程师, 主要从事地质找矿和矿产勘查工作。

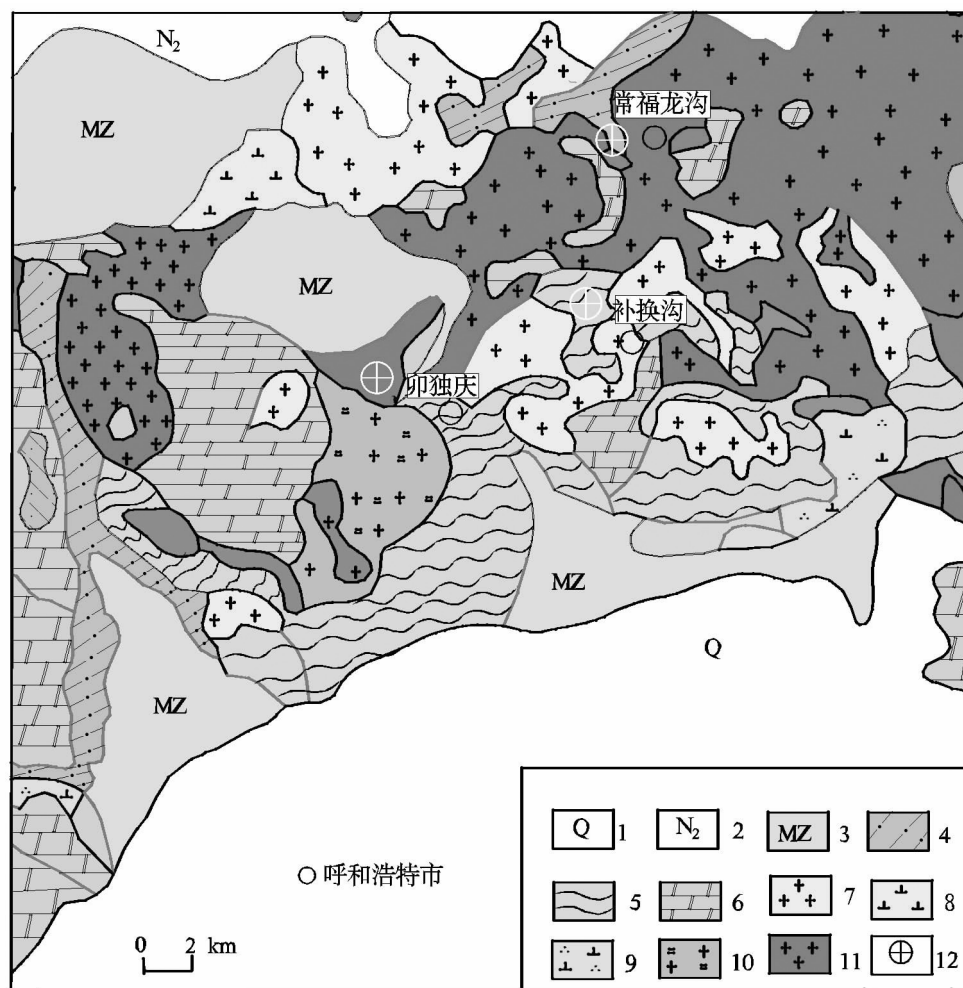


图 1 内蒙古常福龙沟金矿区域地质简图

Fig. 1 Regional geological sketch map of Changfulonggou gold deposit, Inner Mongolia

1. 第四系; 2. 新近系; 3. 中生界; 4. 中元古界渣尔泰山群; 5. 古元古界二道洼群; 6. 太古宙基底; 7. 显生宙花岗岩; 8. 中元古代闪长岩; 9. 中元古代石英闪长岩; 10. 中元古代黑云母花岗岩; 11. 古元古代片麻状花岗岩; 12. 金矿点

片岩。两者整合接触,是常福龙沟金矿的赋矿围岩。

2.2 构造

常福龙沟金矿床主要受乌拉山-大青山山后断裂及相关的次级断裂控制,矿区中部主要受一条北西向断裂带控制,断裂带的宽度大于 200 m,横向延伸达几十千米,为本区的容矿构造。

(1) 褶皱构造: 以矿区为核心组成的宽缓的背形构造,轴向为 NW300°,两翼地层都是渣尔泰山群,褶皱时代推测是在吕梁期至晋宁期。

(2) NW 向断裂: 呈右雁行排列,是矿区的主要断裂构造,控制着三条构造蚀变带。其中 HSP I 蚀变带呈 290~300°,分布于矿区的东部,破碎带倾向为 200~220°,倾角 50~65°,与褶皱的轴面大致平行。该断裂为多期活动断裂,表现为韧性剪切带上

叠加了脆性断裂,同时又有多期热液活动,使得早期的蚀变岩遭受后期的动力变形作用,岩石呈碎裂状,矿体形状发生一定变化。而其它的几条构造破碎带与 HSP I 蚀变带大致平行,走向为 300~320°,倾角 55~65°。在近几年的深部工程验证中,其含矿效果不如 HSP I 蚀变带。

(3) 推覆构造: 位于矿区的东部,表现为逆冲推覆构造,走向为近 EW 向,断裂面产状较缓,倾向既有 N 倾,也有 S 倾。由于该推覆构造的时代为燕山期^[3],覆盖于矿体 7 线及以东的矿体,是成矿后构造,只是使矿体有一定的位移。

2.3 岩浆岩

区内岩浆岩十分发育,矿区中和矿体空间关系最为密切的为古元古代石英闪长岩、闪长岩,古生

代二叠世德兴奎似斑状角闪二长花岗岩等不同时代的岩体。矿体主要受北西向断裂构造控制,断裂的分支复合部位往往形成较为富的工业矿体,沿断层破碎带、片理面、地层与石英闪长岩的接触带产出。据钟长汀研究员对该区岩浆岩的研究,将元古宙出露的片麻状闪长岩和片麻状石英闪长岩的岩石组合定名为埃达克岩-赞岐状岩-富铌辉长岩(闪长岩),Closepet 花岗岩-黑云母花岗岩等岩石组合^[4],前者与金的成矿关系较为密切。

从稀土元素特征上看,其中 CF01~CF04 样品为石英闪长岩,ZK802 样品为渣尔泰群的长石石英砂岩。石英闪长岩的稀土元素总量为 $90.83 \times 10^{-6} \sim 228.02 \times 10^{-6}$,LREE/HREE 为 3.62 ~ 5.36, $(La/Yb)_N$ 为 8.78 ~ 15.92, 比长石石英砂岩的稀土总量高,但是轻稀土富集率低(表 1), $(La/Sm)_N$ 为 3.96 ~ 5.64, Sm/Nd 在 0.17 ~ 0.19 之间, 小于未发生分馏的球粒

陨石的 Sm/Nd 比值 0.325 (据 Boynton,1984 年数据计算)。 δ_{Eu} 为 0.64 ~ 1.32,显示出 Eu 无异常或呈明显的低正异常。由图 2 和图 3 可以看出两者的稀土配分型式具有相似性,均为右倾斜型,显示轻稀土富集,重稀土亏损型,说明矿区的岩浆岩与成矿围岩有一定的关系。与钟长汀研究员认为的埃达克岩与矿化关系密切的认识相符。

由于前寒武纪变质岩系的含金建造主要是提供成矿物质, 而金矿体富集的地区主要还是靠构造活化和热液的叠加才能形成。因此,呼和浩特大青山一带的地层、构造、岩浆岩因素均为金矿体的形成提供了良好条件。

3 矿床地质特征

3.1 矿体特征

矿区内共有三条金矿化蚀变带,从南向北依次

表 1 石英闪长岩和长石石英砂岩稀土元素含量及特征参数

Table 1 REE contents and parameters of the quartz diorite and feldspar quartz sandstone

序号	样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm
		(WB/10 ⁻⁶)											
1	CF01	43.20	86.90	10.20	38.70	6.76	2.38	5.28	0.70	3.87	0.74	2.12	0.29
2	CF02	47.10	87.60	9.35	31.80	5.25	1.02	4.30	0.66	3.78	0.71	2.26	0.31
3	CF03	18.50	32.60	3.47	12.70	2.44	0.99	2.05	0.30	1.74	0.36	1.12	0.17
4	CF04	41.00	82.40	9.45	34.80	6.51	1.42	5.42	0.83	5.05	1.01	3.15	0.44
5	ZK802	26.50	49.40	5.64	20.00	3.17	0.94	2.40	0.31	1.59	0.30	0.85	0.12

序号	样号	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE/HREE	(La/Yb) _N	(La/Sm) _N	Sm/Nd	δ Eu
		(WB/10 ⁻⁶)								
1	CF01	1.83	0.28	20	224.25	5.36	15.92	4.02	0.17	1.18
2	CF02	2.16	0.32	20.9	219.52	5.14	14.7	5.64	0.17	0.64
3	CF03	1.12	0.17	10.1	90.83	4.13	11.14	4.77	0.19	1.32
4	CF04	3.15	0.49	28.9	228.02	3.62	8.78	3.96	0.19	0.71
5	ZK802	0.78	0.12	8.33	121.45	7.14	22.91	5.26	0.16	1.00

分析单位:国家地质测试中心,等离子质谱测试,2004.

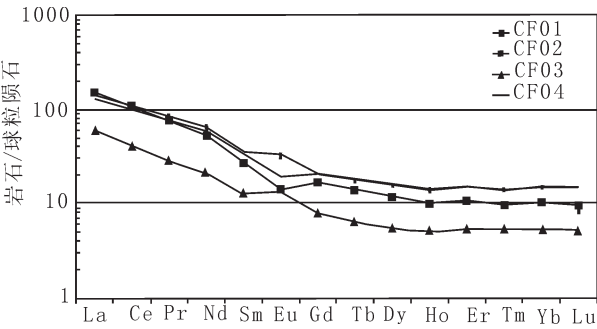


图 2 石英闪长岩稀土元素配分型式

Fig. 2 REE distribution patterns of the quartz diorite

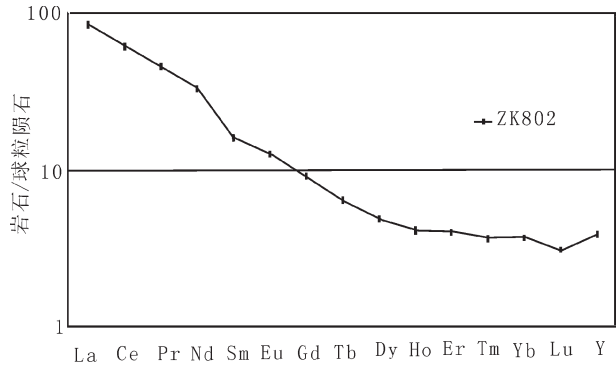


图 3 长石石英砂岩稀土元素配分型式

Fig. 3 REE patterns of the feldspar quartz sandstone

编为 HSP I、HSP II、HSP III。而 HSP I 号金矿化带为工作的重点地带(图 4), 它的走向为 $290^{\circ} \sim 300^{\circ}$, 倾向南, 倾角 $50^{\circ} \sim 68^{\circ}$, 长 1 500 m, 宽 40 ~ 100 m。在该蚀变带中共圈出 7 个矿体, 其编号分别为: I Au-1、I Au-2、I Au-3、I Au-4、I Au-5、I Au-6、I Au-7。其中主要矿体为 I Au-1、I Au-2、I Au-3、I Au-4, 占矿区资源总量的 98.19%。下面描述以上 4 个主要矿体:

(1) I Au-1 号矿体, 矿体形态为不规则的脉状、矿体走向 $290^{\circ} \sim 300^{\circ}$, 倾向南西, 倾角 $49^{\circ} \sim 80^{\circ}$, 矿化均匀。矿体由黄铁矿化硅化构造角砾岩组成, 多夹层。金属矿物主要为黄铁矿, 见立方体、不规则状两种, 呈浸染状、细脉状产出。金矿化不与黄铁矿呈正相关关系, 而与硅化呈正相关关系。

(2) I Au-2 号矿体是本区主要矿体, 矿体控制程度相对较高。矿体与 I Au-1 号矿体大致平行, 位于其上盘。矿体呈中-薄层脉状产出, 长度大于 500 m, 厚度变化系数 88.94%, 厚度稳定。矿体走向 $290^{\circ} \sim 300^{\circ}$, 倾向南西, 倾角 $50^{\circ} \sim 88^{\circ}$ 。在纵剖面上(图 5)品位由西向东总体品位变低, 其中以 0 线为中心 8-7 线间单工程品位较高。厚度则明显由西向东变薄, 这可能和东西两侧控制方法有关: 东部主要为钻探控制, 西部则主要由坑探槽探为主。在本矿区平硐见矿明显比同一地点的钻探品位高、厚度大(如 8 线)。矿体由黄铁矿化硅化角砾岩、黄铁矿化变质砂岩组成, 金属矿物主要为黄铁矿, 产出状态与 I Au-1 号矿体相似, 金矿化也与硅化呈正相关。

(3) I Au-3 号矿体为半隐伏矿体, 该矿体与 I Au-1 号矿体、I Au-2 号矿体大致平行, 位于两矿体之间。矿体呈薄层脉状产出, 长 700 m, 宽 1 ~ 3 m, 平均真厚度 1.27 m, 厚度变化系数 74.10%, 厚度稳定。矿体走向 $290^{\circ} \sim 300^{\circ}$, 倾向南西, 倾角 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$, 矿化均匀。矿体由硅化蚀变岩组成, 金属矿物为黄铁矿, 部分矿石可见褐铁矿。

(4) I Au-4 号矿体分东西两段, 西段矿体较薄。矿体由硅化黄铁矿化蚀变岩组成。矿体形态为薄脉-中透镜状。整个矿体厚度变化系数 71.62%, 品位变化系数 27.97%, 厚度较稳定, 矿化均匀, 平均真厚度 1.19 m。矿体走向 $290^{\circ} \sim 300^{\circ}$, 倾向南西, 倾角 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。其它三个矿体厚度小,

品位低。

3.2 矿石组构及特征

矿石组构主要有自形-半自形粒状结构、碎裂结构, 以及细脉浸染状、角砾状构造等。矿石类型有黄铁绢云岩、黄铁矿化硅化角砾岩、黄铁矿化碳酸岩化角砾岩。矿石中金属矿物主要为黄铁矿、褐铁矿、方铅矿、黄铜矿、自然金, 脉石矿物有石英、方解石、长石、绢云母等。

3.3 围岩蚀变及矿化期次

含金构造蚀变带内的矿体与顶底板的界线不太清楚, 矿体赋存在硅化蚀变岩、碎裂岩和角砾岩带中, 矿体与蚀变围岩的界线较难区分, 矿化围岩主要为强烈破碎蚀变的石英云母片岩、绢云绿泥石英片岩和闪长岩。

区内围岩蚀变较强, 主要有黄铁绢云岩化、硅化、碳酸盐化, 局部见绿泥石化、黑云母化、钾化、粘土化等, 其中黄铁绢云岩化、硅化、钾化和矿化关系密切。

成矿作用主要为热液成矿期, 金的主要成矿阶段为石英-黄铁矿阶段。金矿物以自然金为主, 银金矿次之, 常与金属硫化物伴生, 多以黄铁矿为载体, 呈粒间金、包裹金产出。

4 常福龙沟金矿富集规律

(1) 黄铁绢英岩矿石呈铁青色, 黄铁矿颗粒较细, 为粉末状, 呈细脉状和团块状分布于矿石中, 金品位较高。

(2) 硅化在矿化的各个阶段都有, 但是以细脉状和网脉状的矿石的金品位较高。

(3) 矿石具碎裂、碎斑结构和角砾状, 蜂窝状构造时金品位高。

(4) 矿石的裂隙和断层破碎带中, 金的品位较高, 局部形成巨粒明金, 其颗粒达 0.3 ~ 0.4 mm。

(5) 围岩蚀变强烈, 具多种蚀变的岩石比相对单一蚀变的岩石金品位高。

(6) 黄铁矿与绢云母化, 硅化伴生阶段比与碳酸盐化阶段的金的品位高。

5 控矿因素

5.1 地层因素

华北陆块北缘中段大量发育前寒武纪变质基底, 是重要的产金基地, 其中的三套含金建造是大

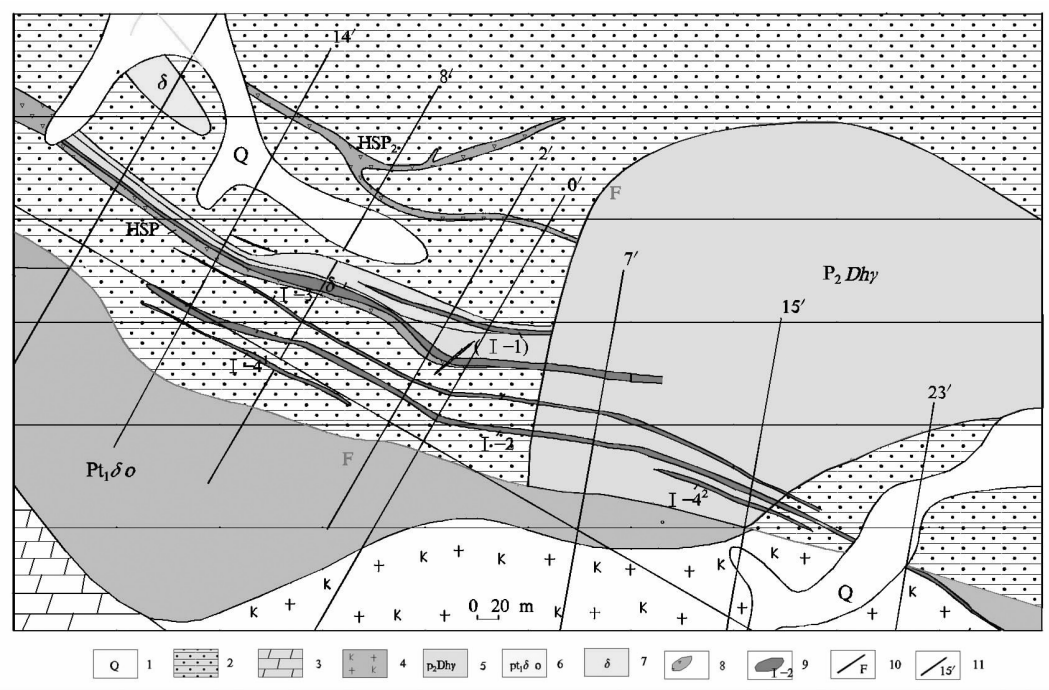


图 4 内蒙古常福龙沟金矿区地质简图

Fig. 4 Sketch geological map of Changfulonggou gold deposit, Inner Mongolia

1. 第四系残坡积层; 2. 渣尔泰山群变质砂岩、板岩、千枚状板岩; 3. 乌拉山岩群大理岩; 4. 细粒钾长花岗岩;
5. 似斑状角闪二长花岗岩; 6. 石英闪长岩; 7. 闪长岩脉; 8. 含金蚀变带位置及编号; 9. 金矿体位置及编号;
10. 断层; 11. 勘探线位置及编号

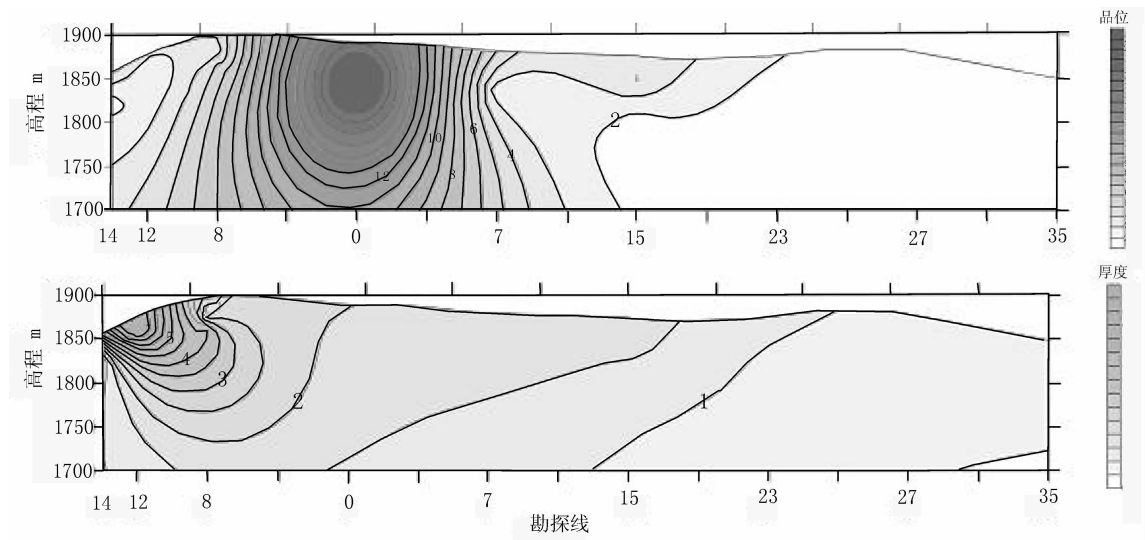


图 5 常福龙沟金矿 Au-2 矿体品位(上)厚度(下)变化等值线纵剖面图

Fig.5 Vertical section variety of the grade (above) and thickness (below) in Changfulonggou Au-2

青山一带金的丰度值较高的地区。根据 1:20 万地球化学异常图认为该地层的金背景值为 $3.0 \times 10^{-9} \sim 10 \times 10^{-9}$, 略高于地壳金丰度 (3.0×10^{-9}), 说明含金丰度值高的变质基底才能使金在活化过程中富集形成中大型矿床。除了常福龙沟金矿外, 其它附近

地区的金矿所赋存的含金建造的丰度值均高于地壳丰度几倍或几十倍。因此, 大青山的三套含金建造是成矿的重要矿源层, 不论前寒武纪时期形成的哪一种类型金矿, 都表现了对古老地层的依附性。

5.2 构造因素

常福龙沟金矿与大青山金矿密集区的其它部分金矿一样,大部分都是受深大断裂及其派生的次一级断裂控制。而该断裂带为多期活动,表现为韧性剪切带上叠加了脆性断裂,在矿区东部又出现了推覆构造。这一大规模的构造带,一方面产生强烈的摩擦,为含金流体的生成提供热动力作用,另一方面提高迁移的压力梯度和岩石之间的错位,驱动含金流体的流动,并且使之在较好封闭条件的构造部位沉淀下来。而推覆构造,一般是指成矿后期的断裂构造,它对矿体起着搬运,运移和破坏作用。因此,在找矿过程中重视研究推覆构造特征,确定推覆距离,寻找推覆体的原始位置^[5]。在大青山一带进行地质找矿,由深大断裂派生的次一级早期韧性脆性断裂为成矿较好地段,尤其是多期活动的早期脆性断裂及多组构造交汇处,多为储矿构造。

5.3 岩浆岩因素

常福龙沟矿区的四周出露了角闪二长花岗岩,钾长花岗岩及片麻状闪长岩等,花岗岩体和脉岩的侵入是金矿形成的重要控制因素之一,它不仅提供热动力条件,而且这些岩浆岩体的侵入表明发生了强烈的地壳活化改造,使该地区的金重新分配,并且在合适的部位富集成矿。从常福龙沟金矿的钻孔资料来看,金矿体都是赋存在渣尔泰山群的蚀变岩与闪长岩体或石英闪长岩的接触部位,这就更说明金矿床集中分布在构造接触带之上。岩体与围岩接触带或岩体内部脉岩发育区都是构造薄弱地带,都是有利于含矿流体的上升和运移,易引起岩石的活化。而矿区东部受推覆作用覆盖在地表的似斑状角闪二长花岗岩的同位素年龄为 243.3 Ma,则与成矿作用关系不太密切。

总之,前寒武纪变质基底是金矿的物质基础,岩浆-热构造作用是成矿物质活化的动力,构造断裂是成矿流体的运移通道和容矿空间,金矿床的形成是矿源、热源、构造条件的统一整体。

6 找矿标志与找矿方向

6.1 找矿标志

在对常福龙沟金矿区的地质特征及成矿规律的分析的前提下,总结和归纳了找矿标志如下表 2。

表 2 常福龙沟金矿区综合找矿标志
Table 2 Synthetical marks in Changfulonggou gold deposit district

找矿标志	标志特征
构造标志	山前近东西向深断裂及其次级构造,太古宙和元古宙、太古宙和中生代之间的推覆面附近。
围岩蚀变标志	在异常区内的断裂构造及断裂构造中的多种蚀变组合(如黄铁绢英岩化,硅化-黄铁矿化)是工业金矿体存在的标志。
地球化学标志	Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Mo等综合异常叠加部位是找金的潜在远景区。
地貌标志	因矿化蚀变带抗风化能力弱,负地形或正地形中的相对负地形往往是找矿的目标地。
已知矿脉找矿标志	在已知矿床(点)的矿脉或周围,追索金的矿化寻找隐伏金矿体。

6.2 找矿方向

- (1) 主干断裂带和次级断裂的交汇处,北西向断裂构造、北东向断裂构造是本区重点找矿地带。
- (2) 重视构造蚀变岩型与石英脉型,及其两者复合型的金矿床(如德兴奎金矿)的研究,特别是分布于包头-呼和浩特-集宁深断裂北侧与临河-武川-尚义深断裂南北两侧的乌拉山岩群^[9],色尔腾山群,二道洼群及渣尔泰山群。
- (3) 重视对推覆构造下盘隐伏矿的研究,大青山地区推覆构造非常发育,一方面推覆构造使原来形成的矿床遭受破坏,另一方面由于推覆构造的存在,使早期形成的矿床免遭剥蚀而保存下来,如常福龙沟金矿床就是产在推覆构造下盘。
- (4) 重视对矿区外围特别是其构造带延伸方向的野外追索,如常福龙沟构造带北西向的延伸,笔者在野外对其追索时发现较多矿化与蚀变较强的露头,而且延伸的长度达好几千米。

参考文献:

[1] 李文国,姜万德,王惠,等. 内蒙古自治区岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1996.

[2] 钟长汀,席忠,赵维宽,等. 内蒙古大青山地区金矿床类型、控矿规律及找矿方向[J]. 地质调查与研究, 2005,28(4): 240 - 248.

[3] 刘正宏,徐仲元,杨振升,等. 大青山逆冲推覆构造形成时代的年龄证据[J]. 科学通报,2003,48(20):2 193 - 2 197.

[4] 钟长汀,毛德宝,席忠,等. 内蒙古呼和浩特市北山金矿普查地质报告[R]. 天津地质矿产研究所,2005.

[5] 李洪喜,杜松金. 内蒙古大青山地区构造特征与成矿关系[J]. 地质与勘探,2004,40(2):46 - 50.

Mineralization Geological Condition and Ore-control Factor of the Changfulonggou Gold Deposit in Wuchuan County, Inner Mongolia

YU Reng-an¹, ZHONG Chang-ting¹, TANG Yong-xiang², XI Zhong³, LIU Xiao-xue¹

(1. Tianjin institute of Geology and Mineral Resources , Tianjin, 300170 China; 2. Tianjin institute of Geothermy Investigation, Development and Design, Tianjin 300170, China; 3. The first Geology and Mineral Exploration Institute of Inner Mongolia Geology and Mineral Bureau, Chasuqi 010100, China)

Abstract: The Changfulonggou deposit exists in the Zhaertaishan rock group which belongs to the three sets of gold-bearing formation of Daqingshanshan. It is controlled by the Daqingshan deep big fault and its sub-faults with NE, NW and nearly EW direction. The Daqingshan fault is ductile shear zone in the early period, and turned into brittle faults and nappe in the late stage. The intersection of the Daqingshan fault and its sub-faults provide ore-forming feeders and ore-holding palace. And the magmatic activities provide heat energy and some mineralization materials. In this article, the authors discuss the mineralization geological conditions and the ore-control factors of this gold ore, and also provide the exploration direction around this ore for the future prospecting.

Key words: gold-bearing formation; geological condition of mineralization; ore-control factor; Changfulonggou

学术论文的引言内容要求

刘新秒

引言(又名前言、序言、概述)经常作为论文的起始段落,主要回答“为什么做该项研究”这个问题,细分起来又可包括两个方面的内容,一是问题从何说起,即问题的出处,二是问题为何提出,即提出的必要性。总的来说,其目的是阐述问题的由来。具体要简明介绍论文的研究背景,通过文献综述所研究领域的研究现状,找到存在问题,给出本次研究的起点,研究方法,追求的目标和取得的主要成果,以此来表明本篇论文的创新性,体现文章的价值,使读者明了文章主题的性质和份量,引起他们的重视和兴趣。可以归纳为 5 个基本要素:总结和分析相关研究成果,找出研究中未解决的问题,提出论文要解决的问题,阐明研究问题的思路,简述研究问题的方法。

引言应言简意赅,不要等同于论文的摘要,或成为摘要的注释。引言中不要详述同行熟知的定义,包括教科书上已有陈述的基本理论、实验方法和基本方程的推导等。如果在正文中采用比较专业化的术语、缩写词,或引入新概念,最好先在引言中定义说明或加以解释。一般情况下,文章的这一部分都比较简短。