

山东金青顶金矿床Ⅱ号矿体成矿特征

尹升¹, 张海芳¹, 王芳¹, 勇国栋²

(1. 山东省第三地质矿产勘查院, 山东烟台 264004; 2. 山东金洲矿业集团有限公司, 山东乳山 264501)

摘要:金青顶金矿床Ⅱ号矿体位于胶东隆起南缘, 牟平-乳山金成矿带中部, 是目前该成矿带上最大的石英脉型金矿床。单个矿体延深之大, 厚度、品位变化之稳定, 且易采易选, 这在胶东东部地区乃至全国尤为罕见。

关键词:金矿床; 地质特征; 成矿规律; 金青顶; 山东

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

引文格式: 尹升, 张海芳, 王芳, 等. 山东金青顶金矿床Ⅱ号矿体成矿特征[J]. 山东国土资源, 2015, 31(11): 9-14.

YIN SHENG, ZHANG Haifang, WANG Fang, etc. Metallogenic Characteristics of No. II Orebody in Jinqingding Gold Deposit in Shandong Province[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(11): 9-14.

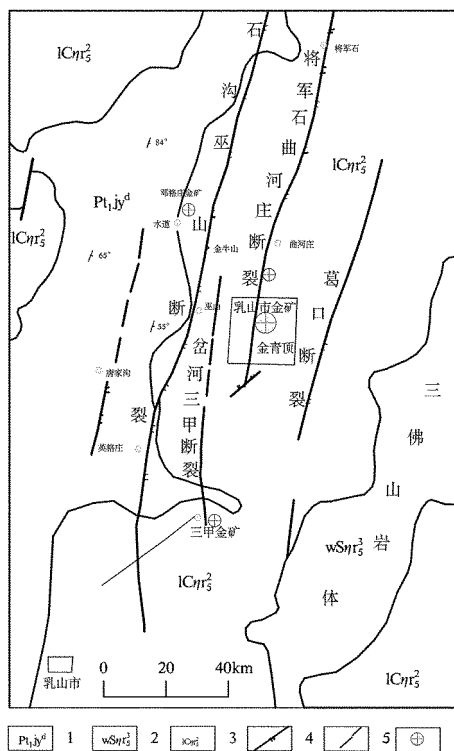
金青顶金矿床位于牟平-乳山金成矿带中部, 威海隆起威海凸起西部, 将军石-曲河庄断裂南端。金青顶金矿床Ⅱ号矿体: 走向 $5^{\circ} \sim 29^{\circ}$, 倾向SE, 倾角 $66^{\circ} \sim 90^{\circ}$, 局部反倾; 矿体具向NE侧伏规律; 控制最长600 m, 最大斜长400 m, 沿侧伏方向延伸1 800余米; 平均厚度2.19 m, 金平均品位 6.44×10^{-6} ; 矿石类型为黄铁矿化石英脉型。

1 地质概况

金青顶金矿床位于华北板块(I)胶南-威海造山带(II)胶南-威海隆起区(III)威海隆起(IV)威海凸起(V)西部, 牟平-乳山金成矿带中部^[1](图1)。

矿区内出露地层主要为古元古代荆山群野头组。地层走向NE, 倾向SE, 倾角 60° 左右。岩性主要有黑云变粒岩, 透闪石大理岩, 斜长角闪岩, 黑云斜长片麻岩。原岩为一套中基性火山碎屑及碳酸盐沉积建造。岩石中金的背景值较高, 平均值为 6.95×10^{-9} (裘有守1998), 为金矿成矿的矿源层。主要分布于区域西-西北部唐家沟、车道午极及青虎山一带。其次为第四系, 主要为冲积和洪积物, 多沿河床和沟谷分布。

区内构造运动强烈, 断裂构造发育。以NNE向



1—荆山群; 2—三佛山岩体; 3—崔召单元; 4—主干断裂;
5—一般断裂; 6—金矿体

图1 区域地质略图

为主, 纵贯全区, 为区内含金石英脉型金矿床的重要控矿构造, 构成牟平-乳山金成矿带。自西向东分别

为青虎山-唐家沟断裂、石沟-巫山断裂、岔河-三甲断裂、将军石-曲河庄断裂、葛口断裂和马家庄-合子村断裂。断裂最长达 20 余千米,宽 1~20 m 不等。断裂近于平行,且近等间距分布。走向 $5^{\circ}\sim 25^{\circ}$,多倾向 SE,倾角 $75^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 。

这几条断裂除石沟-巫山断裂大体上可连成一条完整的断裂外,其他几条断裂多断续出现。断裂具有多期活动的特点,属复性结构面,同性、异性包容现象极为明显。因其多赋存含金石英脉或受硅化作用的影响使其难剥蚀,故断裂在地貌上常呈脊状丘陵地形。

矿区内岩浆岩发育,主要为新元古代震旦期玲珑超序列崔召单元。岩性为弱片麻状细粒含石榴二长花岗岩,呈灰白-浅肉红色,风化后呈土黄色,细粒花岗变晶结构,弱片麻状构造、块状构造。主要矿物成分为:斜长石(34.18%~35.34%),呈半自形粒状,聚片双晶明显,被钾长石强烈交代,形成各种交代结构;钾长石(31.27%~34.11%),他形粒状,少量土化,具微斜格子双晶,明显交代斜长石;石英(28.45%~30.41%),他形粒状,表面光洁,波状消光明显,有的交代斜长石呈穿孔构造;黑云母(2.54%~3.96%),呈片状,褐色,多色性明显,部分褪变为绿泥石、绿帘石。另外,有少量石榴子石及榍石、磁铁矿、磷灰石等副矿物,以石榴子石含量较多为特点,可达 3%~5%,但分布不均。

2 控矿断裂特征

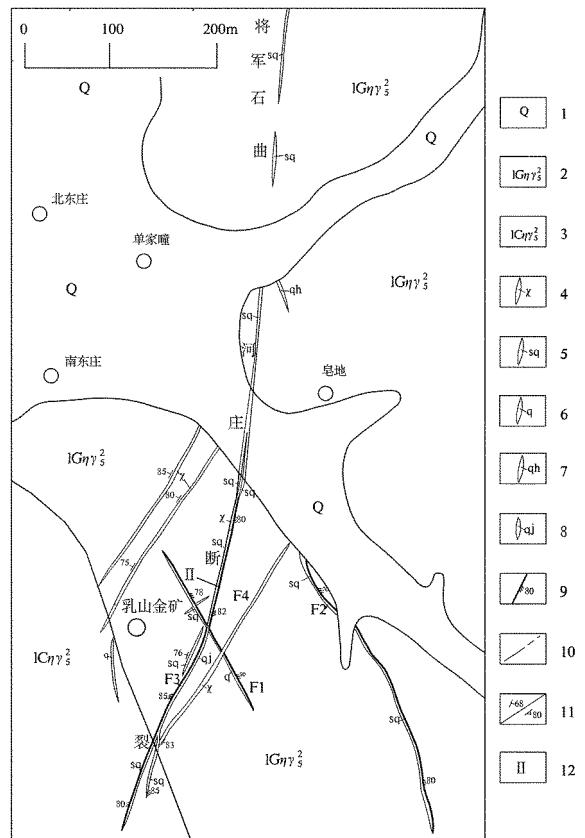
区内断裂构造发育,按与成矿关系分为控矿断裂和成矿后断裂。

2.1 控矿断裂

控矿断裂区内编号为 F3,属区域上将军石-曲河庄断裂的一部分,是该区唯一的控矿断裂,矿区处于断裂南端。该断裂纵贯全区,也是区内最大的断裂(图 2) [2]。

断裂总体走向 20° 左右,含矿段在 $10^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 之间波动,倾向总体 SE,倾角较陡 $77^{\circ}\sim 90^{\circ}$,含矿段一般 $77^{\circ}\sim 90^{\circ}$,局部反倾。在走向和倾向上,均呈反“S”型波状展布,在断裂转弯处常有分枝或平行次级断裂,其内充填有含金黄铁石英脉。

由坑道和采矿揭露,断裂中早期充填的石英脉具梳状构造,在含金黄铁石英脉(金矿体)中局部



1—砂、砂砾岩;2—弱片麻状含斑中粗粒二长花岗岩;3—弱片麻状中粒二长花岗岩;4—煌斑岩脉;5—硅化绢云母化蚀变带;6—石英脉;7—褐铁矿化石英脉;8—含金黄铁石英脉;9—压扭性断裂及产状;10—实测及推测地质界线;11—产状/片麻理产状;12—矿体位置及编号

图 2 山东省乳山市金青顶金矿区金矿地质简图

见有围岩角砾,大小不一,棱角明显,无定向排列;在无矿地段,断裂面平直光滑,擦痕、阶步发育,擦痕与水平面夹角 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 。以上特征表明,金矿体赋存地段具引张特征,其余地段则以压扭性为主。结合以往勘查对断裂两侧节理的统计,分析控矿断裂为在一对剪应力作用下形成的,随着应力的多次聚集和释放,断裂内的引张空间也呈递进式多次张开,并顺时针旋转,形成反“S”型容矿空间。综合分析判断该断裂是以水平运动为主的右行正—平移断层。

2.2 成矿后断裂

成矿后断裂十分发育,主要有以 F1 断裂为代表的 NW 向断裂和以 F4 为代表的 NE 向断裂及 NNE 向断裂(图 2)。

2.2.1 NW 向断裂

NW 向断裂地表出露 2 条,编号 F1 和 F2。F1 分布在矿体中部,对矿体具破坏作用,伴生的平行次

级断裂也有多条,长数十米,对矿体的连续性有一定的影响,矿体沿断裂面走向平移1~3 m。F2断裂分布在矿区东部15~17线间,出露长度百余米,两端为第四系覆盖。与F1断裂平行,远离矿体,对矿体无直接影响。

F1断裂:走向 $320^{\circ}\sim 330^{\circ}$,倾向NE,倾角 55° 左右。地表出露长度600多米,宽一般1.0~5 m,至-785 m尚未尖灭。断裂延伸大于延长。对矿体有破坏作用,一般沿断裂面走向水平位移8~10 m,水平断距3~5 m。断裂性质为左行压扭性断裂。在矿体附近F1断裂内石英晶洞发育,角砾成分复杂,主要有花岗岩、煌斑岩、隐晶质石英和矿石,角砾直径5~30 cm不等。

F1断裂有2期活动,早期活动强度大,并伴随有硅质热液充填,形成具环带状构造的隐晶质石英及石英晶簇。晚期活动较弱,表现为将早期析出的隐晶质石英脉破碎成棱角状角砾,未见后期热液胶结。

2.2.2 NE向断裂

NE向断裂以F4为代表。分布于F3断裂东侧,局部与F3断裂小角度斜交。断裂走向 $30^{\circ}\sim 48^{\circ}$,倾向SE,倾角 $78^{\circ}\sim 89^{\circ}$,延长千余米,宽3~5 m。断裂带岩石破碎强烈,岩石疏松,由碎裂岩、碎斑岩、碎粒岩及少量断层泥组成。断裂两侧次级断裂发育。

NE向断裂与煌斑岩脉关系密切,煌斑岩脉多沿NE向断裂充填。

3 矿床地质特征

3.1 矿体特征

金青顶金矿床以往地质勘查共发现矿体16个,经矿山生产证实可开采利用的只有10个,其中II号矿体为主矿体,探明资源储量占全区总量的96%;I号矿体次之,其余均为小矿体。矿体受F3成矿断裂控制,呈脉状,总体分布在0~35线之间,赋存标高+120~-1 220 m。除II号矿体外,其余矿体均已经采空。

II号矿体以比较规则的脉状产出,沿走向和倾向均呈反“S”型,受成矿断裂F3控制,矿体赋存于断裂产状由缓变陡处和走向转弯处。赋存标高+120~-1 220 m。总体走向 $5^{\circ}\sim 30^{\circ}$,倾向SE,

-785 m中段反倾,倾角 $66^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 。矿体向NE侧伏,侧伏角上陡下缓,-785 m标高以上 $55^{\circ}\sim 65^{\circ}$,深部变缓为 30° 。地表出露在4~12线,长245 m;最长部位出现在-800 m水平,分布于15~27线,长达600 m;最短部位在-115 m水平,长120 m,平均长度350 m。控制斜深130~590 m,平均400 m左右。沿侧伏方向斜长已达1 800余米。矿体厚度一般0.5~2 m,最大7.40 m(ZK33-2),最小0.16 m(-785ZK25-1),平均厚度2.19 m,厚度变化系数75%,属较稳定类型。矿体金品位一般 $(1\sim 15)\times 10^{-6}$,单样最高 42×10^{-6} ,平均品位 6.44×10^{-6} ,样品品位以 $(1\sim 10)\times 10^{-6}$ 样品的频率最多,占样品总数的76%(图3),品位变化系数135%,属有用组分分布较均匀的矿体^[3]。

矿体产状是控矿断面的直接反映。控矿断面产状发生明显变化的地段是矿化最富集的地段。将矿体产状、厚度和矿化度3个图对比后可知,在垂直方向上,矿化较好的地段主要是控矿断裂构造在总体向SE倾的背景下,倾角由缓变陡的地段,在15~19勘探线之间,-535~-585 m倾角明显变陡,其矿体厚度和矿化度也明显加大,当倾角又显著变缓时,矿化度亦显著减小;在走向上矿化较好的地段主要是控矿断裂在总体向NE延伸的背景下转向NNE延伸的地段,但常表现在不大的转折处。矿体侧伏的方向与产状等值线转折点连线一致(图4)。

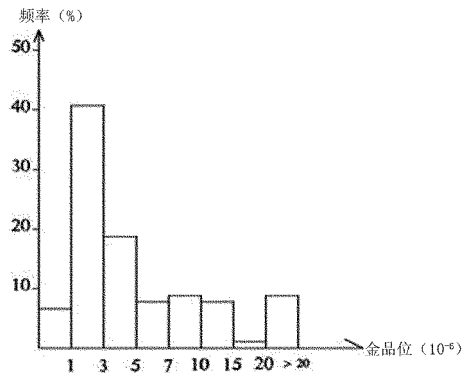


图3 II号矿体品位变化直方图

3.2 矿石特征

矿石矿物成分:主要金属矿物为黄铁矿,少量闪锌矿、方铅矿,微量黄铜矿、磁黄铁矿。主要非金属矿物为石英,少量绢云母、碳酸盐岩矿物等。金矿物为自然金,其中黄铁矿为主要载金矿物。

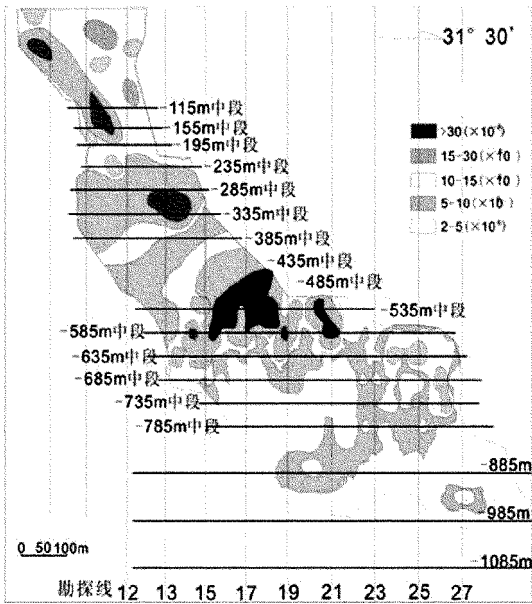


图 4 金青顶 II 号矿体垂直纵投影图

3.2.1 黄铁矿

黄铁矿是矿石中主要金属矿物,也是最主要的载金矿物,形成于 I ~ IV 矿化阶段。含量占总量 3% ~ 35%。多呈半自形粒状或粒状集合体,团块状、脉状、浸染状分布。粒径 0.1~1.5 mm (个别达 5 mm)。晶形为五角十二面体和聚形;常见黄铁矿包含于闪锌矿中被交代溶蚀,且分布不均匀,由于受力作用,裂纹发育,裂隙中充填黄铜矿、方铅矿、石英等矿物。据中国地质大学李胜荣教授对金青顶金矿黄铁矿微量元素研究成果,表明浅部黄铁矿富铜富银,深部富钴富铅(图 5)^{[4]①}。

3.2.2 石英

石英是矿石中的主要脉石矿物,不同成矿阶段特征有明显差别。柱粒状分布,含量 83%~89%。

黄铁石英阶段,石英呈乳白色,结晶程度高,晶体粗大,几毫米至十几毫米,波状消光,呈犬齿状由两壁向内生长,形成梳状构造。

石英黄铁矿阶段,石英呈灰白色—烟灰色,中细粒他形粒状集合体,呈脉状、条带状分布。

石英菱铁矿阶段,石英呈乳白色,中细粒他形一半自形,具波状消光,与菱铁矿共生,形成石英菱铁矿,多分布于脉壁。

多金属硫化物阶段,石英呈烟灰色,中细粒半自形粒状,集合体呈脉状、条带状,与黄铜矿、方铅矿、闪锌矿共生。

石英方解石阶段,石英呈无色—白色,中细粒半

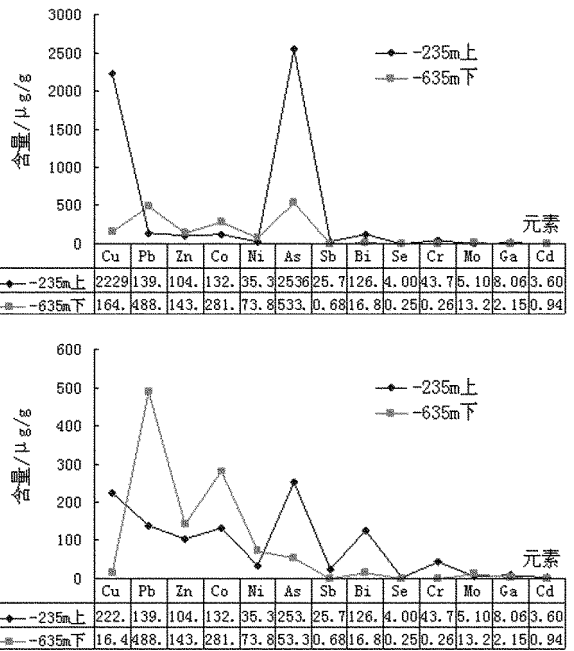


图 5 金青顶金矿浅部与深部黄铁矿中微量元素平均含量分布规律

(Cu, As 均取原数值的 0.1 倍作图)

自形—他形粒状,集合体呈脉状、晶簇状。

矿石类型:矿石类型分为矿石自然类型和矿石工业类型。在已知矿体深部,矿石自然类型均为原生矿石。

原生矿石根据其矿物共生组合、结构、构造等特征,分为以下类型:黄铁矿(化)石英脉型:以金青顶 II 号矿体为代表。黄铁矿化花岗岩型:以金青顶矿区 II-1、II-2 号矿体为代表。

金青顶金矿床是胶东半岛东部牟平乳山金成矿带目前发现的含金石英脉型大型金矿床。II 号主矿体自上而下,硫化物种类和含量依次减少。据 2009 年金青顶核实报告,-585~ -785m 标高矿石 S 平均含量为 8.37%,矿石工业类型属中硫含金石英脉型。该次勘查(-785 m 标高以下),矿石硫平均品位 4.71%,属低硫含金石英脉+含金黄铁矿化花岗岩复合型。

3.3 成矿阶段划分

根据金青顶金矿床产出特征,矿物组合特征,该矿床的成矿阶段大致可划分为 5 个成矿阶段,石英—黄铁矿阶段和多金属硫化物阶段是主要的金成矿阶

① 北京地质大学,李胜荣,山东省乳山市金青顶金矿产预测,2009 年。

段^[5-6]。

(1)黄铁矿-石英阶段:生成乳白色粗粒自形一半自形的石英脉,具梳状、晶洞构造,含大量气液包裹体,石英占80%以上。含少量粗粒—巨晶自形黄铁矿,粒度10~15 mm。该阶段矿化范围大,但含金量少,品位低,一般不能单独构成工业矿体。

(2)石英-黄铁矿阶段:该阶段以黄铁矿为主,约占60%,呈条带状平行穿切在第I阶段的石英脉中,铜黄色,中粗粒自形一半自形,裂纹发育,剪含量高。石英呈灰白色,他形一半自形中粒集合体。该阶段矿化最强,是最主要的成矿阶段,多生成富矿。矿化中心富集在II号矿体中部。

(3)菱铁矿阶段:该阶段以出现大量中粗粒菱铁矿为特征,石英及硫化物极少,偶见磁铁矿,该阶段仅有少量金。

(4)多金属硫化物阶段:除石英和黄铁矿外,含方铅矿、闪锌矿、黄铜矿是该阶段主要特征,金银铅的碲化物也于此阶段生成。与II阶段相比贵金属含量显著下降,矿化强度和范围都不如II阶段,但也是金的重要生成阶段,主要分布于矿体浅部。

(5)石英-方解石阶段:多形成细小的石英方解石脉,不发育,仅在局部见到,是成矿作用结束阶段。

3.4 分带特征

II号矿体蚀变强烈地段,其水平分带较为明显。由于控矿断裂较陡,一般呈现水平对称分带,局部则呈不对称分带。其对称分带是以矿体为中心,向两侧依次对称出现黄铁绢英岩带→绢云母化钾化(二长)花岗岩带→钾化(二长)花岗岩带→二长花岗岩。各种蚀变岩带间为渐变过渡关系,沿走向和倾向有相互交替现象,特征描述如下:

(1)黄铁绢英岩带:岩石破碎程度较高的地段发育,是矿体的直接围岩,厚度20~50 cm,与矿体边界一般较清楚,仅局部地段因出现大量的细脉和网脉,则与矿体呈渐变关系。当黄铁矿化较强时,可与含金黄铁石英脉一起组成工业矿体。

(2)绢云母化钾化(二长)花岗岩带:钾化与绢云母化相互叠加的产物,是介于钾化花岗岩带与黄铁绢英岩带的中间类型。厚度一般为1 m左右,最厚达3~5 m。当该带为矿体直接围岩,且发育有较强的黄铁矿化时,可与含金黄铁石英脉一起组成工业矿体。

(3)钾化(二长)花岗岩带:在矿体两侧围岩中

十分发育。是围岩蚀变的外带,其外侧为新鲜的二长花岗岩,内侧为绢云母化钾化(二长)花岗岩,先后间为渐变关系。厚度变化较大,从几米至十几米。

3.5 矿石化学成分

采集有代表性矿石微量元素含量结果统计见表1,矿石组合分析结果统计见表2。矿石中主要有用元素为Au,伴生有益元素为Ag, S;有害元素为As,最高含量 233.8×10^{-6} ,平均 69.33×10^{-6} ,对矿石选冶性能基本不构成影响。

表1 矿石微量元素含量变化区间统计

含量变化区间(10^{-2})	0.1~0.01	0.01~0.001	<0.001	备注
元素名称	Zn, Ti Mo, W	As, Hg, Ag, Co, Ni V, Cu, Pb, Bi, Mn	B, Sb Sn	据金青顶6个样品平均值

表2 矿石组合分析伴生元素含量统计结果

元素含量	样品(件)	Ag (10^{-6})	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	S (%)	As (10^{-6})
最小值		1.55	0.001	0.004	0.005	0.78	3.80
最大值	21	152.00	0.084	0.28	0.90	21.42	233.80
平均值		35.51	0.01	0.027	0.043	4.71	69.33

Ag:矿体上部主要赋存于银金矿及少量碲金银矿和碲银矿中,深部主要赋存于自然金中。矿体中上部样品品位以 $(2 \sim 20) \times 10^{-6}$ 和大于 160×10^{-6} 的频数最多,深部(-785 m标高以下)一般 $(10 \sim 60) \times 10^{-6}$,最高 152×10^{-6} ,平均品位为 35.51×10^{-6} 。银与金关系密切,接近正相关关系(图6)^①。

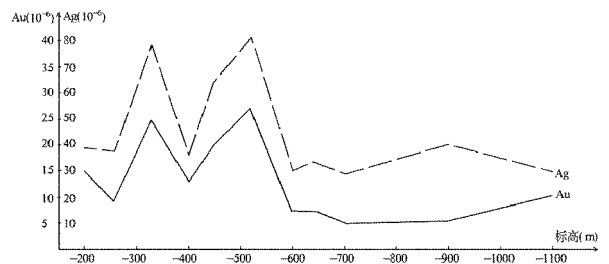


图6 II号矿体金银(钻孔)平均品位变化曲线图

Cu:赋存于黄铜矿中,主要分布于-435 m标高以上。-195 m中段以上铜的平均品位在0.3%以上,可圈出独立铜矿体,为金铜共生矿石;-335 m中段以下铜随矿体深度的增加,呈线性递减,到-385 m中段含量已低于伴生组分指标要求;-535~-785 m标高,坑道中品位一般0.001%~0.10%,少量

① 烟台正元,范钦顶,戚向阳,山东省金青顶矿区金矿详查报告,2011年。

高于0.1%,含量明显降低;-785 m 标高以下,钻孔中很难见到黄铜矿,品位一般0.001%~0.10%,平均0.01%。金与铜基本不相关(图7)。

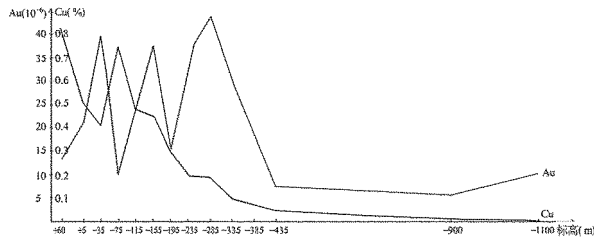


图7 II号矿体金铜中段平均品位变化曲线图

S:以阴离子形式赋存于金属硫化物中,其中以黄铁矿为主。硫与金为明显的正消长,品位最高41.7%,一般2%~15%,随着矿体深度的增加,其含量有所降低,-115 m 标高以上矿体平均品位为12.36%;-235~-435 m 为8.27%;-585~-785 m 平均品位8.37%,最高22.20%;-785 m 标高以下,矿体硫在0.78%~21.42%,平均品位4.71%。

Te:主要赋存于碲化物中,以碲金银矿、碲银矿为主,少量碲铅矿、碲铋矿。主要分布于浅部。单工程浅部最高品位为 0.029×10^{-2} , -115~-600 m 标高平均仅为 73×10^{-6} ,说明其随深度的增加品位降低明显。-785 m 标高以下,含量甚微。

4 结语

金青顶金矿床II号矿体位于胶东隆起南缘,牟平-乳山金成矿带中部,金矿床严格受NE向构造控制,矿体以比较规则的脉状产出,沿走向和倾向均呈反“S”型,产状由缓变陡处和走向转弯处,属中低温

热液石英脉充填型金矿床。矿区内岩浆岩发育,主要为新元古代震旦期玲珑超序列崔召单元,矿体的顶底板围岩多受热液交代作用均已蚀变,主要为(绢云母化)钾化二长花岗岩、(黄铁矿化)石英脉、黑云斜长片麻岩等。金青顶金矿床与昆崙山花岗岩和荆山群变质岩石具有同源演化关系,成矿溶液以重熔岩浆水为主,有变质水和大气降水的加入。

金青顶金矿床具明显的矿化信息,围岩蚀变普遍,分带清楚,蚀变类型主要为绢英岩化、绢云母化、黄铁矿化等。含金黄铁矿化石英脉为相对低阻高极化,矿脉与围岩具有明显的电性差异,在含金石英脉上方可引起明显的低阻高极化异常。黄铁矿微量元素研究成果表明浅部黄铁矿富铜富银,深部富钴富铅围岩为高阻低极化特征。综合分析该矿体深部可能有较大延伸,应对深部进一步勘查验证。

参考文献:

- [1] 张增奇,张成基,王世进,等.山东省地层侵入岩构造单元划分对比意见[J].山东国土资源,2014,30(3):1-23-279.
- [2] 杨士望,侯建琪,郭百创.胶东半岛东部金矿地质[M].青岛:青岛海洋大学出版社,1993.
- [3] 贺振.牟乳金矿带的构造成矿作用与成矿预测研究[D].长安大学硕士论文,2003.
- [4] 李胜荣.山东省乳山市金青顶金矿产预测 科研报告[R].北京地质大学,2009.
- [5] 刘善宝.山东乳山金青顶金矿田成矿规律及其成矿远景研究[D].长安大学硕士论文,2005.
- [6] 孙树提,林丽波.金青顶金矿床深部成矿规律及找矿前景分析[J].黄金科学技术,2009,(4):31-34.

Metallogenic Characteristics of No. II Orebody in Jinqingding Gold Deposit in Shandong Province

YIN SHENG¹, ZHANG Haifang¹, WANG Fang¹, YONG Guodong²

(1. No.3 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Yantai 264004, China; 2. Shandong Jinzhou Mining Group Limited Corporation, Shandong Rushan 264501, China)

Abstract: No. II orebody of Jinqingding gold deposit lies in south of Jiaodong uplift zone, and middle of Muping-Rushan gold metallogenetic belt with rich gold ore. This deposit is the biggest quartz-vein type gold deposit in this metallogenetic belt. The ore body is seldom seen in Jiaodong and even throught the country due to its extension of single orebody, its stability of and its simplicity of exploitation and beneficiation.

Key words: Gold deposit; geological characteristics; metallogenetic pattern; Jinqingding; Shandong province