

焦家成矿带Ⅲ号矿体群成矿特征浅析及其找矿意义

杨真亮,解天赐,刘天鹏,张坤,李瑞翔,王永庆

(山东省第六地质矿产勘查院,山东招远 265400)

摘要:焦家成矿带自被发现以来,一直备受关注,现矿体控制深度已超-2 000 m,至今探明金资源储量已超千吨。焦家成矿带为热液型金矿床成矿带,具有明显的蚀变分带现象,通常根据其蚀变分带特征对矿体群进行划分,将下盘蚀变带最外层的黄铁绢英岩化花岗岩带中的矿体划为Ⅲ号矿体群。以往对-1 000 m以上矿体的矿体特征及成因也做了较为详细的总结和剖析,但其深部Ⅲ号矿体群的研究资料较少。该文搜集焦家成矿带中段各矿床的勘查化验资料,针对焦家成矿带浅部、中部及深部的Ⅲ号矿体群的产出状态、矿化类型进行对比研究,分析其矿床成因,根据其宏观和微观特性加上化验结果,结合区内构造等因素对其矿体成因进行浅析,对深部Ⅲ号矿体群产出状态进行推测,指出Ⅲ号矿体群的富集规律及其成矿集中期。认为深部Ⅲ号矿体群内含矿裂隙倾角集中在 $40^{\circ}\sim 69^{\circ}$ 、 $80^{\circ}\sim 90^{\circ}$,并且存在大量与主矿体倾向相同或相反的陡倾矿体。黄铁绢英岩化花岗岩带蚀变相对较弱,其矿化以网脉状、细脉状、脉状及团块状为主。

关键词:金矿;Ⅲ号矿体群;焦家成矿带;胶东地区

中图分类号:P618.51

文献标识码:A

引文格式:杨真亮,解天赐,刘天鹏,等.焦家成矿带Ⅲ号矿体群成矿特征浅析及其找矿意义[J].山东国土资源,2017,33(9):14-18. YANG Zhenliang, XIE Tianci, LIU Tianpeng, etc. Metallogenic Characteristics and Prospecting Significance of No.3 Ore Body in Jiaojia Metallogenic Belt[J]. Shandong Land and Resources, 2017,33(9):14-18.

胶东地区为世界重要的黄金生产和精炼基地。目前发现金矿矿产地近300处,查明资源储量4 000多吨,形成了焦家、纱岭、玲珑、大尹格庄等重要金矿床。焦家成矿带位于胶西北西南部,为区内的主要成矿带之一,目前探明金资源储量达1 300余吨^[1],焦家成矿带内矿体规模巨大,产状稳定,且具有明显的分带特征,自主裂面向下依次为黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩和黄铁绢英岩化花岗岩。通常将主裂面下盘的黄铁绢英岩化花岗岩带内赋存的矿体划为Ⅲ号矿体群^{[2-6]①②}。

1 成矿地质特征

焦家成矿带大地构造位置位于胶北地块的四级

构造单元——胶北隆起。区内地层主要为第四系,覆盖范围较广,主要沿河流及低洼部位分布。侵入岩侵入面积较广,地表露头较差,栖霞序列的英云闪长岩主要分布在研究区北部,为TTG岩系,一般呈EW向分布。中生代的郭家岭序列二长花岗岩和玲珑序列花岗岩遍布全区,这3套组合与金成矿关系均极为密切。区内发育3条规模较大断裂,焦家断裂、望儿山断裂、灵北断裂,其走向均为NE—NNE,其中望儿山断裂为焦家断裂的一个分支,3条断裂带均为控矿断裂(图1)。

Ⅲ号矿体群空间位置位于主成矿构造之下,相距较远,致使整体蚀变较弱。群内矿体一般规模不大,走向与主裂面走向相近,产状变化较大,局部为

收稿日期:2016-11-02;修订日期:2017-04-11;编辑:陶卫卫

作者简介:杨真亮(1985—),男,黑龙江齐齐哈尔人,工程师,主要从事地质矿产勘查工作;E-mail:yzl198849@126.com

① 山东省第六地质矿产勘查院,山东省莱州市焦家金矿资源储量核实报告,2014年。

② 山东省第六地质矿产勘查院,山东省莱州市纱岭矿区金矿详查报告,2014年。

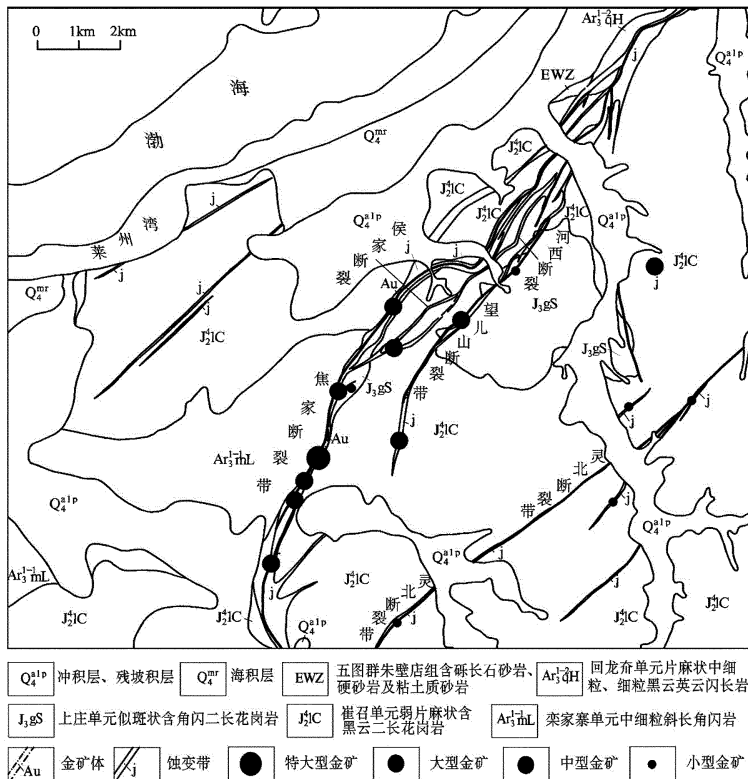


图 1 区域地质图

反倾。成矿期，在多次构造变化的情况下，在主裂面下盘形成较多的、产状不规则的次级裂隙带。在赋金矿液上侵过程中，在裂隙中充填沉淀，之后在温度、压力下降，pH、 E_h 值升高的条件下，金络合物稳定性下降，致使金大量沉降，最终富集成矿体^[7-10]。据统计Ⅲ号矿体群在浅部、中部及深部具有一定差异性和相似性。

焦家成矿带内，黄铁矿与金成矿密切相关。与金成矿同分为四期：成矿初期黄铁矿自形程度较好，多呈立方体，粒度较大，粒度大的直接在数毫米左右，粒度大的可达数厘米。晶体内裂隙发育，可见压碎结构。一般分布于纯色的石英中，呈斑点状。第二成矿期黄铁矿呈半自形粒状，颗粒相对较小，一般粒径在 0.5~4 mm 之间，晶体内裂隙发育，可见压碎结构；在黄铁矿裂隙中可见金属硫化物等充填，呈充填结构；黄铁矿多分布于矿石中，呈斑点状、团块状或脉状。在第三成矿期呈半自形—自形粒状，颗粒较细，晶体直径一般在 0.1~0.5 mm 之间，偶见裂隙，一般位于矿石中，呈脉状产出，自形程度良好。在第四成矿期中黄铁矿晶体呈半自形—自形，粒度更小，晶体直径一般不大于 0.1 mm。一般位于黄铜矿等硫化物中，可被后者熔蚀呈浑圆粒状。通过对

黄铁矿产出状态的分析，一定程度上可以总结金的富集规律及成因。

浅部的Ⅲ号矿体群(指地表~500 m 标高，以焦家金矿床为例)在平面上与主裂面走向基本一致，矿体空间位置距离主裂面较远，矿体主要赋存在-270 m 以上至地表范围，于-230 m 以下Ⅲ号矿体变窄，规模变小，数量明显减少，至-270 m 以下矿体只有零星分布。部分矿体上部与主矿体相连，矿体下部有尖灭趋势(图 2)。平均厚度 5.11 m，平均品位 4.67×10^{-6} 。主要赋矿岩石为黄铁绢英岩化花岗岩和黄铁绢英岩化硅化花岗岩，黄铁矿呈网脉状、细脉状和脉状分布^①。

中部的Ⅲ号矿体群(指-500 m~-1000 m 标高，以朱郭李家 and 焦家深部 2 个金矿床为例)。与浅部相同，矿体位于距离主裂面较远的黄铁绢英岩化花岗岩带内。其走向与主裂面基本一致，矿化类型以脉状、网脉状为主。针对中部 2 个矿床内 126 个钻孔进行统计，在黄铁绢英岩化花岗岩带内合计发现矿化细脉 363 条，矿化细脉倾角以陡倾为

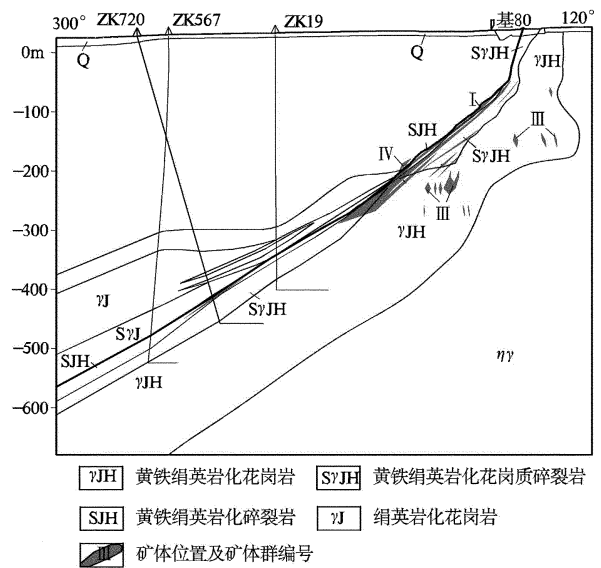


图 2 焦家浅部 80 号勘探线剖面图

主，倾角在 40° 以上的有 295 条，占总数的 81.27%。其中倾角在 40°~49° 之间的矿化细脉有 94 条，占总数的 25.90%；倾角在 50°~59° 之间的矿化细脉有 63

① 山东省第六地质矿产勘查院，山东省莱州市焦家金矿资源储量核实报告，2014 年。

条,占总数的 17.36%;倾角在 60°~69°之间的矿化细脉有 58 条,占总数的 15.98%;倾角在 70°~79°之间的矿化细脉有 29 条,占总数的 7.99%;倾角在 80°~90°之间的矿化细脉有 51 条,占总数的 14.05% (表 1)。矿化细脉分 2 种:一种是细粒黄铁矿细脉,宽度一般小于 1 cm,主要集中在 0.1~0.4 cm 之间;另一种为石英细脉,其内发育细脉状、团块状黄铁矿,宽度一般 1 cm 左右,以 1~2 cm 为主。倾角在 30°~50°之间的矿化细脉相对较宽,裂隙面一般较为平直,反映其为剪切运动形成的;倾角在 60°~90°的矿化细脉相对较窄,形状一般不规则,反应其为张扭性运动形成。当上部主矿体品位较高、厚度较大时,黄铁绢英岩化花岗岩带内的矿化裂隙脉较为发育^{①②}。

表 1 焦家成矿带中部Ⅲ号矿体群矿化细脉倾角统计

倾角(°)	90~80	79~70	69~60
数量(条)	51	29	58
比例(%)	14.05	7.99	15.98
倾角(°)	59~50	49~40	39~30
数量(条)	63	94	25
比例(%)	17.36	25.90	6.89
倾角(°)	29~20	19~10	9~0
数量(条)	14	14	15
比例(%)	3.86	3.86	4.13

针对 363 条矿化细脉进行赋矿统计,共 139 条矿化细脉可达边界品位(1×10^{-6}),简称为赋矿细脉。赋矿细脉倾角主要集中在 40°~69°之间,合计 89 条,合计占总数的 64.03%,其中倾角在 40°~49°之间的赋矿细脉有 40 条,占总数的 28.78%;倾角在 50°~59°之间的赋矿细脉有 30 条,占总数的 21.58%;倾角在 60°~69°之间的赋矿细脉有 19 条,占总数的 13.67%。另外近直立的赋矿细脉相对较多,具有 16 条,占总数的 11.51%,缓倾的赋矿细脉(40°以下)仅占总数的 15.84(表 2)。至于裂隙宽度与成矿无明显关系,仅在矿化细脉较为密集区易于形成较为厚大的矿体,且品位相对较高。赋矿的矿化细脉主要分布于主矿体厚度较大、品位较高部位,反之,在主矿体不甚发育地段,矿化细脉含量较少,且一般品位较低,达不到边界品位。

深部Ⅲ号矿体群(指-1 000 m~-2 000 m 标高,以纱岭金矿床为例),矿体分布在距主断裂面 28~404m 的黄铁绢英岩化花岗岩带内。其走向与主裂面基本一致,矿化类型以脉状、团块状为主。针对深部纱岭矿床内 117 个钻孔进行统计,在黄铁绢英

岩化花岗岩带内合计发现矿化细脉 205 条,倾角以陡倾为主,矿化倾角在 40°以上的矿化细脉有 160 条,占总数的 78.05%。其中倾角在 40°~49°之间的矿化细脉有 37 条,占总数的 18.05%;倾角在 50°~59°之间的矿化细脉有 35 条,占总数的 17.07%;倾角在 60°~69°之间的矿化细脉有 41 条,占总数的 20.00%;倾角在 70°~79°之间的矿化细脉有 20 条,占总数的 9.76%;倾角在 80°~90°之间的矿化细脉有 27 条,占总数的 13.17%(表 3)。矿化细脉分 2 种,一种是细粒黄铁矿脉,宽度一般小于 1 cm,主要集中在 0.1~0.5 cm 之间;另一种为石英脉,内充填细脉状、团块状黄铁矿,宽度一般 1 cm 至数厘米^③。

表 2 焦家成矿带中部Ⅲ号矿体群赋矿细脉倾角统计

倾角(°)	90~80	79~70	69~60
数量(条)	16	12	19
比例(%)	11.51	8.63	13.67
倾角(°)	59~50	49~40	39~30
数量(条)	30	40	5
比例(%)	21.58	28.78	3.60
倾角(°)	29~20	19~10	9~1
数量(条)	5	5	7
比例(%)	3.60	3.60	5.04

表 3 焦家成矿带深部Ⅲ号矿体群矿化细脉倾角统计

倾角(°)	90~80	79~70	69~60
数量(条)	27	20	41
比例(%)	13.17	9.76	20
倾角(°)	59~50	49~40	39~30
数量(条)	35	37	12
比例(%)	17.07	18.05	5.85
倾角(°)	29~20	19~10	9~0
数量(条)	9	13	11
比例(%)	4.39	6.34	5.37

针对 205 条矿化细脉进行赋矿统计,合计 88 条矿化细脉可达边界品位(1×10^{-6})。赋矿细脉倾角主要集中在 40°以上(表 4),占 75.18%,以陡倾为主。与中部赋矿细脉特征相似,赋矿细脉主要集中在 40°~69°以及 80°~90°之间。而缓倾(倾角在 40°以下)的赋矿细脉仅占 20.45%。针对深部金矿床,矿化显示不单纯表现以脉状为主,多处表现为团块状,且团块状矿化显示也极易形成矿体。整体上看

① 山东省第六地质矿产勘查院,山东省莱州市焦家金矿床深部详查报告,2008 年。

② 山东省第六地质矿产勘查院,山东省莱州市朱郭李家矿区金矿详查报告,2009 年。

③ 山东省第六地质矿产勘查院,山东省莱州市纱岭矿区金矿详查报告,2014 年。

深部赋矿细脉分布不均匀,但Ⅲ号矿体多发育在主矿体厚度较大、品位较高部位,且主矿体厚大部位下面的Ⅲ号矿体矿化显示以块状和脉状为主,其他部位的Ⅲ号矿体矿化显示则以脉状为主。

表 4 焦家成矿带深部Ⅲ号矿体群赋矿细脉倾角统计

倾角(°)	90~80	79~70	69~60
数量(条)	13	8	17
比例(%)	14.77	9.09	19.32
倾角(°)	59~50	49~40	39~30
数量(条)	15	17	5
比例(%)	17.05	19.32	5.68
倾角(°)	29~20	19~10	9~0
数量(条)	5	3	5
比例(%)	5.68	3.41	5.68

2 矿床成因

Ⅲ号矿体群位于主矿体下盘,与主矿体的成矿热液来源一致,均为太古宙岩浆活动强烈时期的金丰度较高的岩浆热液。至中生代岩石圈减薄,成矿构造发育,活动强烈,使原生矿源层中的金成矿元素在浅部岩浆房中富集,冷凝结晶后成为胶东金矿直接矿源岩^[11-15]。但其成矿方式略有不同,主矿体矿化显示以浸染状、细脉浸染状为主,主要成矿方式应为渗滤交代作用。Ⅲ号矿体群内矿体以细脉状及网脉状、团块状矿化为主,成矿方式应以充填成矿、渗滤交代方式为主。

根据构造、热液脉体的相互关系及与成矿之间的联系,可以将热液成矿分为 4 个阶段,即黄铁矿-石英阶段、金-石英-黄铁矿阶段、金-石英多金属硫化物阶段和石英-碳酸盐阶段。其中第二、三阶段为金的主要成矿阶段。第二阶段中主要矿物为石英和黄铁矿,含有少量的自然金和绢云母。主要呈细脉状、网脉状及细脉浸染状分布于破碎蚀变带中,其成矿空间主要位于主裂面附近的主矿体内,对Ⅲ号矿体群成矿表现为少量的渗滤交代作用,对矿体富集打下一定基础;第三阶段前期和第二阶段相差不多,仅自然金及多金属硫化物增多,仍呈细脉状、网脉状及细脉浸染状分布于破碎蚀变带中,但在第三阶段未发生一次复活构造活动。在构造活动期间,促使裂隙打开、复活,含矿热液再度导入。之后温度、压力下降, E_h 、pH 值升高,促使金大量沉淀^[16]。认为这次复活作用期为Ⅲ号矿体群形成的主要阶段。第三阶段对Ⅲ号矿体群成矿表现为少量的渗滤交代作

用和大量的裂隙充填作用。

而Ⅲ号矿体群中之所以在深部矿床内出现较多团块状矿化显示,其主要原因是深部矿床在形成过程中温度、压力要高于中浅部金矿床,这点从金的成色由浅到深逐渐增加可以看出(浅部矿床金平均成色 670.07;中部矿床金平均成色 850.39;深部矿床金平均成色 878.41)。在构造复活时更容易诱发激烈的气液爆发现象,促使形成较多不规则脉状及团块状矿化。

3 找矿方向

Ⅲ号矿体群内矿体以规模小、产状变化大、数量多为主要特征。与仅靠主裂面下盘的主矿体为同期成矿的产物,矿体的形成、富集均与主矿体密切相关。据统计Ⅲ号矿体主要分布在控矿构造倾角变化较大部位,并且该部位常伴随着主矿体厚度较大、品位较高。控矿构造倾角变化较大部位有利于成矿热液富集,具有良好的成矿地质条件。同时控矿构造倾角变化较大部位的周围易形成次级裂隙,这些次级裂隙为Ⅲ号矿体成矿热液的侵入提供通道,即控矿构造倾角变化较大部位的下方,Ⅲ号矿体易于富集。

反之若某个区域Ⅲ号矿体群较为发育,说明该区域可能发生过较为强烈的构造复活活动,构造活动复活,成矿热液再度导入,延长了成矿期,那么其周围的主矿体应具有较好的成矿条件,易于形成厚大矿体。

4 结论

(1)从数据上看,Ⅲ号矿体群内矿体在深部金矿床、中部及浅部金矿床中有较大的相似性,裂隙发育仍以陡倾为主。裂隙倾角一般在 40°以上,而赋矿裂隙的产状也比较集中,主要分布在 40°~69°以及 80°~90°之间。推测深部金矿床中Ⅲ号矿体群可以与浅部一样,存在大量与主矿体倾向相同或相反的陡倾矿体。

(2)Ⅲ号矿体群内矿体距离主裂面距离较远,主导矿构造上侵的热液对其直接成矿渗滤交代作用相对减弱,使赋矿岩石形成一定的矿化富集,或形成品位较低的矿体,为下一步矿体富集打下良好的基础。而构造复活时陡倾裂隙脉(尤其是反倾的裂隙)与主

成矿通道中的热液沟通,使主成矿带内热液下降,最终富集成矿。

参考文献:

- [1] Yang LQ, Deng J, Wang ZL, et al. Relationships between gold and pyrite at the Xingcheng gold deposit, Jiao Peninsula, China: implications for gold source and deposition in a brittle epizonal environment. *Economic Geology*, 2016, 111(1): 105 - 126.
- [2] 高书剑, 孙瑞刚. 焦家金矿床浅深部矿体地质特征对比[J]. 甘肃科技, 2010, 26(16): 54 - 57.
- [3] 宋明春, 崔书学, 周明岭, 等. 山东省焦家矿区深部超大型金矿床及其对“焦家式”金矿的启示[J]. 地质学报, 2010, 84(9): 1349 - 1356.
- [4] 宋明春, 宋英昕, 崔书学, 等. 胶东焦家特大型金矿床深、浅部矿体特征对比[J]. 矿床地质, 2011, 30(5): 923 - 932.
- [5] 李爱民, 钮涛, 徐韶辉, 等. 玲南金矿床矿体地质特征及深部资源前景[J]. 山东国土资源, 2014, 30(6): 9 - 12.
- [6] 宋国政, 杨真亮, 李瑞翔, 等. 莱州市纱岭矿区金矿地质特征及其找矿前景[J]. 山东国土资源, 2016, 32(10): 1 - 4.
- [7] 宋明春, 伊丕厚, 徐军祥, 等. 胶西北金矿阶梯式成矿模式[J].

- 中国科学, 2012, 42(7), 992 - 1000.
- [8] 赵鹏运, 顾雪祥, 邓小华, 等. 山东焦家金矿床成因及成矿模式[J]. 地质与勘探, 2007, 43(4): 29 - 35.
 - [9] 庞绪成, 顾雪祥, 唐菊兴, 等. 山东焦家金矿羽状构造勘查模型[J]. 黄金地质, 2005, 12(6): 4 - 7.
 - [10] 原明考. 山东新城金矿黄铁矿标型特征及含金分析[J]. 山东国土资源, 2017, 33(6): 12 - 17.
 - [11] 宋英昕, 孙伟清, 马晓东, 等. 胶东焦家金矿床基性脉岩地球化学特征及其与金矿化的关系[J]. 山东国土资源, 2017, 33(2): 1 - 7.
 - [12] 张丕建, 刘殿浩, 李国华, 等. 胶东中生代盆地边缘区一大(超大型)金矿的摇篮[J]. 山东国土资源, 2015, 31(4): 5 - 12.
 - [13] 宋明春, 李洪奎. 山东省区域地质构造演化讨论[J]. 山东国土资源, 2001, 16(7): 12 - 21.
 - [14] 李大鹏, 程光锁, 迟乃杰, 等. 胶东金矿研究进展及约束金物质来源的新思路[J]. 山东国土资源, 2014, 30(12): 1 - 7.
 - [15] 鲍中义, 孙忠全, 刘国栋, 等. 三山岛金矿成矿物质来源及成矿作用探讨[J]. 山东国土资源, 2014, 30(2): 1 - 7.
 - [16] 王铮, 李斌, 牛树银. 破头青断裂水旺庄矿区矿床地质特征及找矿方向[J]. 山东国土资源, 2012, 28(11): 9 - 12.

Metallogenic Characteristics and Prospecting Significance of No.3 Ore Body in Jiaojia Metallogenic Belt

YANG Zhenliang, XIE Tianci, LIU Tianpeng, ZHANG Kun, LI Ruixiang, WANG Yongqing

(No.6 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Zhaoyuan 265400, China)

Abstract: Since Jiaojia metallogenic belt was found, it has been highly concerned. In recent years, accompanying with the increased investment on geological exploration, there is a prospecting breakthrough in the deep area of the metallogenic belt (below -1000m), and now there are more than one thousand tons of proved gold resources. The controlled depth is in excess of -2000m. Jiaojia metallogenic belt is a hydrothermal type gold deposit with obvious alteration zoning. Usually, the ore bodies are divided into groups according to the characteristics of the alteration zoning. The ore bodies in beresitization granite alteration belt in the outermost layer in the lower part of the alteration belt are divided into No. III ore body group. The alteration of beresitization granite belt is relatively weaker and its mineralization is present as net veined, fine veined, veined and crumby. Characteristics and genesis of the ore bodies in the depth of -1000m have been summarized and analyzed, but there are few researches on the deep areas of No. III ore body group. In this paper, the prospecting data of the deposits in the middle part of Jiaojia metallogenic belt have been collected. occurrence forms and mineralization types of No. III ore body group in the shallow, middle and deep part of Jiaojia metallogenic belt have been compared and studied, and the genesis of the deposits have been analyzed. According to macroscopic and microscopic characteristics and the test results, combining with structure factors in the area, the genesis and the enrichment regularity of the ore bodies have been analyzed and summarized, and the occurrence of No. III ore body group in the deep area has been conducted, the enrichment regularity and the mineralization concentration period of No. III ore body group have been pointed out.

Key words: Gold deposit; No.3 ore body group; Jiaojia metallogenic belt; Jiaodong area