

三山岛北部海域金矿勘查工作思路与实践

刘殿浩,张丕建,丁正江,张军进,林大伟,马宾

(山东省第三地质矿产勘查院,山东烟台 264004)

摘要:三山岛北部海域金矿床位于胶东西北部三山岛成矿带之中,为一严格受断裂构造控矿的超大型破碎带蚀变岩型金矿床。矿体全部赋存于滨海海域,具有规模大、延伸稳定、有用物质分布较均匀的特点。作为国家级首批整装勘查区的一部分,尤其是首次在浅海海域进行深部勘查,该区勘查工作受到了多方重视、关注和支持,在1年的时间里完成了主要靶区的详查工作。它首开我国浅海海域金矿勘查的先河,是在综合分析研究矿田成矿背景与找矿潜力的基础上开展的一次系统的、由预查开始直接完成详查的勘查活动,具有周期短、规模大、成果丰、效果好的特点,对我国以后海域固体矿产勘查工作具有一定的借鉴意义。

关键词:超大型金矿;海域勘查;深部勘查;三山岛;胶东

中图分类号:P618.51 **文献标识码:**A

引文格式:刘殿浩,张丕建,丁正江,等.三山岛北部海域金矿勘查工作思路与实践[J].山东国土资源,2015,31(2):1-6. LIU Dianhao, ZHANG Pijian, DING Zhengjiang, etc. Thoughts and Practices on Gold Deposit Exploration in Northern Offshore of Sanshandao Area[J]. Shandong Land and Resources, 2015,31(2):1-6.

海域勘查施工,由于受海浪、海风、海流等因素影响,困难多,难度大,风险大,除石油行业以其造价昂贵的海上油气钻探平台进行海域油气勘查外,仅有少量从事近岸海域工程勘察的先例,如广西北海水文工程地质矿产地质勘察研究院在北部湾地区^[1],山东省第三地质矿产勘查院在渤海湾地区进行的工程勘察。后者还曾于2009年在渤海湾浅海区进行过煤炭地质勘查,但工作量很少,是海上固体矿产勘查的一次尝试。而该次所进行的胶东三山岛北部海域金矿详查,则首开我国海域金矿勘查的先河,是一次矿床学研究思维方法创新与实践有机结合的成功案例^[2-4]。该次工作受到了中国科学院许志琴等院士的高度评价,“海上钻探的成功实施,标志着我国地质工作已从大陆走向海洋,已从地质大国向地质强国迈步。”该文主要就该次勘查工作的论证、组织与实施等方面作一简要介绍,以期为更多的海上勘查工作提供借鉴。

1 项目概况

三山岛北部海域金矿勘查区,位于山东省莱州

市三山岛北部海域,面积约20 km²,处于国家首批整装勘查区——山东莱州-招远地区金矿整装勘查区的北部、胶西北地区著名的三山岛控矿断裂带内(图1),成矿条件优越,找矿潜力巨大。2012年国家启动整装勘查,该区被列为国家级整装勘查区。该项目于2012年初完成招投标;随后,山东省第三地质矿产勘查院组织力量进行设计编写,2012年3月勘查设计通过了由矿权人组织的、由国土资源部储量评审中心专家参与的评审,随即开展野外工作。施工中边施工、边研究,并根据构造地质条件及赋矿情况及时调整优化施工方案。至2012年11月底,共完成钻探90 126.89 m/91孔(其中海上平台钻井施工44孔,分布在2 km²的海域);最多同时开动机台52台,施工人员最多时达1 000余人;海上钻孔最深1 973.46 m,最远离岸3.5 km,最深水深15 m。施工质量上,所有钻孔质量满足施工要求,全孔封孔,透孔试验验证质量优良;海上钻探平台为山东省第三地质矿产勘查院自主设计制造并安装拆卸,已申请获得国家专利。项目成果上,创造了该区“两最”:矿区资源储量最大,矿体单体规模最大。仅一

收稿日期:2014-11-20;修订日期:2014-12-29;编辑:曹丽丽

作者简介:刘殿浩(1960—),男,山东荣成人,研究员,主要从事区域地质调查及地质矿产勘查工作;E-mail:liudh1786@163.com

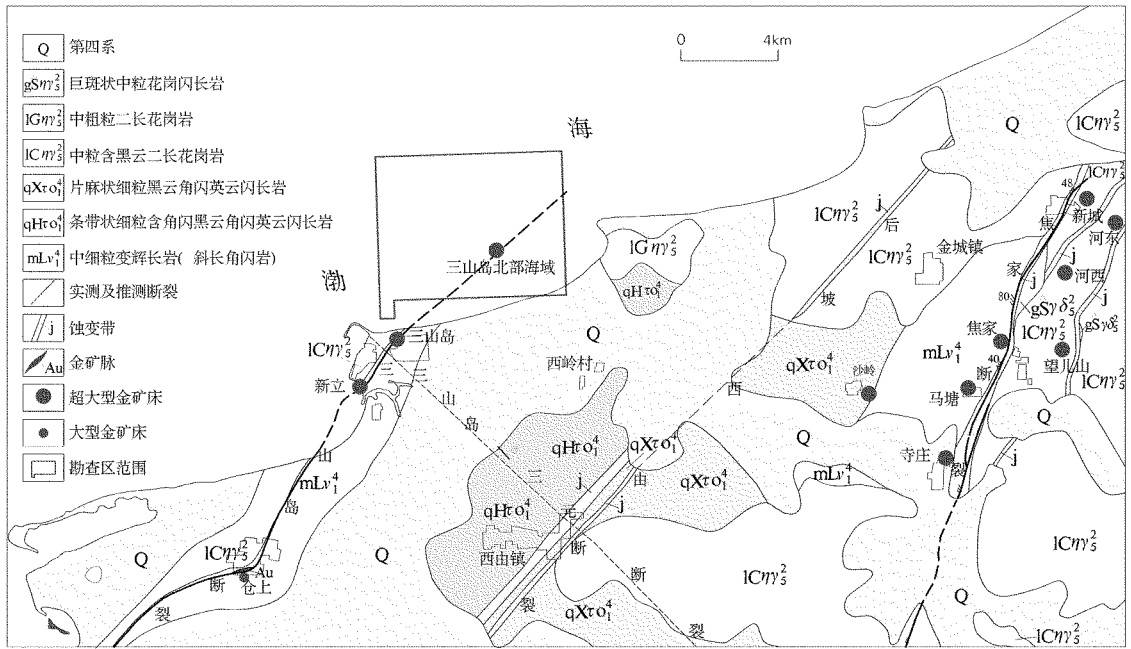


图 1 三山岛北部海域区域地质略图

(据山东省莱州市三山岛北部海域矿区金矿详查报告修编)

个矿体规模就达到超大型;矿体最长达 1.5 km(勘查区内),最厚百米,控制最深标高-1760 m,最高品位 200 多克/吨。

2 勘查工作总体思路

2.1 成矿带/矿田构造特征

三山岛北部海域勘查区大地构造位置处于华北陆块鲁东隆起胶北隆起区之胶北凸起区^[5],西邻沂沭断裂带。区内多为海水及第四系覆盖。受沂沭深大断裂的影响,区内 NE 向断裂构造最为发育,其次为 NW 向、近 EW 向、NNE 向断裂构造,部分断裂为遥感、高磁所推断。其中,NE 向三山岛断裂,为控矿构造(图 2);NW 向断裂为成矿后断裂。

三山岛断裂带严格控制着该成矿带上金矿的产出。该断裂带位于三山岛-仓上一带,两端延至渤海,陆地总长度 11 km。陆地上,该断裂多被第四系覆盖,只在三山岛村北小山丘上有所出露。断裂主要沿中生代玲珑序列崔召单元与新太古代马连庄序列莱家寨单元的接触带或玲珑序列崔召单元与郭家岭序列上庄单元的接触带展布,主裂面连续而稳定,呈舒缓波状,显压扭性特点(图 1);总体走向为 35°左右,局部地段可达 70°~85°,倾向 NE,倾角 35°~50°。断裂带由断层泥(厚 5~50 cm)、糜棱岩、角砾

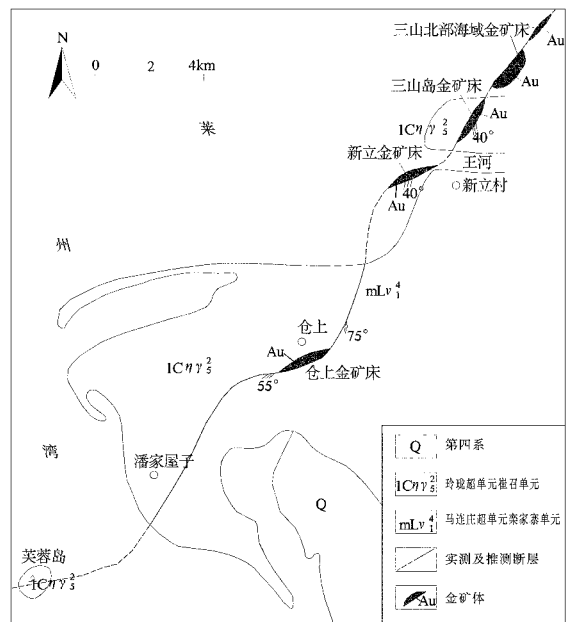


图 2 三山岛断裂带地质略图

岩及绢英岩化碎裂岩等蚀变构造岩构成,宽 40~400 m 不等。主干断裂下盘发育有次级断裂。前期,该带已相继勘查评价了三山岛(超大型)、仓上(大型)、新立(大型)等大型、超大型金矿床,累计探明金属量已近千吨。

2.2 成矿带/矿田成矿规律

通过对该区近 40 年来的勘查、研究成果总结^[6-18],三山岛成矿带成矿具有以下基本特征:

(1)该区矿床基本产于三山岛断裂带主裂面下盘,矿体规模大,延伸稳定,厚度、品位较为稳定。矿体围岩蚀变分带特征明显,由内至外分别为黄铁绢英岩化碎裂岩-黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩-黄铁绢英岩化花岗岩-钾化二长花岗岩等。其中的黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带呈不连续分布,局部缺失。各蚀变岩带之间界线呈渐变过渡关系。

(2)从南向北,自仓上金矿-新立金矿-三山岛金矿,由大型到特大型,矿床规模具有增大趋势,矿床间距区内有减小趋势,矿体出露标高有所下降。沿走向从新立金矿往北东各矿床具近似等距分布规律,中间无矿间隔一般 400~500 m。

(3)前人工作认为,胶东地区金矿床区域上“东西成行、南北成列、汇集成片呈棋盘格局;矿带内矿床沿走向等距分布、沿横向对应出现”^[6];三山岛断裂带与焦家断裂带在深部逐渐相交,金矿体在倾向上呈阶梯式分布(图 3)^[11]。总结该带规律发现,第一台阶大约在 -600 m 标高以上,第二台阶约在 -900 m 以下,中间为矿化薄弱间隔,由于三山岛断裂倾角相对较陡,故其成矿相应台阶也较焦家深些;金矿体基本赋存于构造倾角较缓位置,三山岛成矿带赋存矿体具 NE 侧伏规律,侧伏角约 35°,近似等距分布,间距约 500~600 m;而焦家成矿带矿体则呈 SW 向侧伏。同时,三山岛成矿带与焦家成矿带矿床在平面上和深度上具有 NW-SE 向对称分布规律;在倾向上,三山岛成矿带总体倾角 60°左右,较焦家成矿带要陡一些(图 3)。

(4)金矿化具有在构造走向转弯变异地段和倾向由陡变缓部位富集的规律。在此地段金矿体厚度较大(图 4)。

(5)矿床为破碎带蚀变岩型金矿床,浅部硫化物含量较高,硫化物矿物种类亦较多,深部硫化物含量较低,硫化物矿物种类相对较少。蚀变岩石中有黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿等多金属硫化物出现时,往往形成富金矿体,是直接找矿标志。尤其黄铁矿是金的主要载体矿物,含金性好的黄铁矿,呈粗粒碎块状或细粒状,晶形复杂,颜色浅黄-铜黄,光泽暗淡,硬度、密度、晶胞参数较大,反射率低,是主要

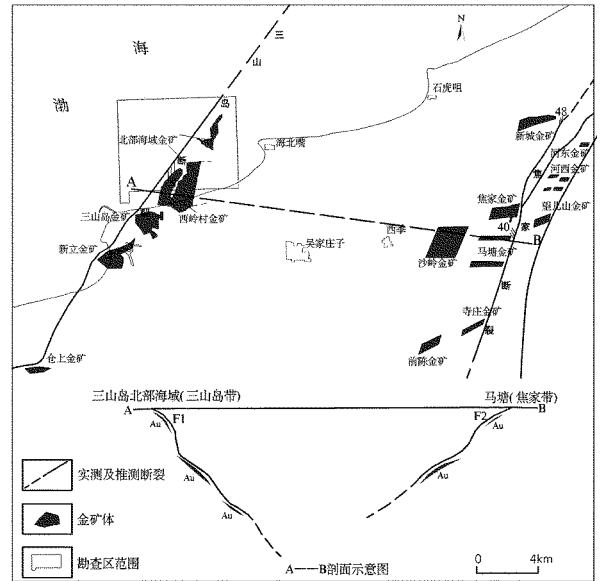


图 3 三山岛-焦家断裂金矿分布图

的矿物学找矿标志^[17]。

2.3 勘查工作思路与实践

三山岛北部海域勘查区为三山岛金矿的北东延伸及侧伏部位,同为三山岛金矿 I 号矿体群。按照分段富集和等间距分布规律,结合侧伏规律、对称分布规律,三山岛 I 号金矿体的 NE 侧伏部位应是寻找该区金矿体的有利部位(侧伏角 35°左右)。在此基础上,对该区进行了靶区预测,认为 2 号和 3 号靶区是三山岛北部海域勘查区找矿的最有利部位(图 5a)。工作中,首先对可靠性较高的 2 号靶区中心位置进行控制,而后根据勘查网度适度放稀对矿化较好的中心部位及两侧进行钻探揭露,在见矿情况下向外围扩展控制。地质编录中,对岩心进行仔细观察,详细划分蚀变带,详细描述矿化特征,研究矿化强度与围岩蚀变、金属矿物特征之间的关系,及时总结分析,结合前述矿化富集规律调整钻孔位置。由于矿体规模大、延伸稳定,边部考虑了无矿间隔和侧伏规律,钻探工程基本上孔孔见矿(图 5b)。工作中,加强了控矿条件和矿化富集规律研究,对重点勘查区同时展开大规模钻探揭露,既缩短了工期,又保证了勘查工作的科学合理性和经济性。

3 矿区及矿床地质

3.1 矿区地质

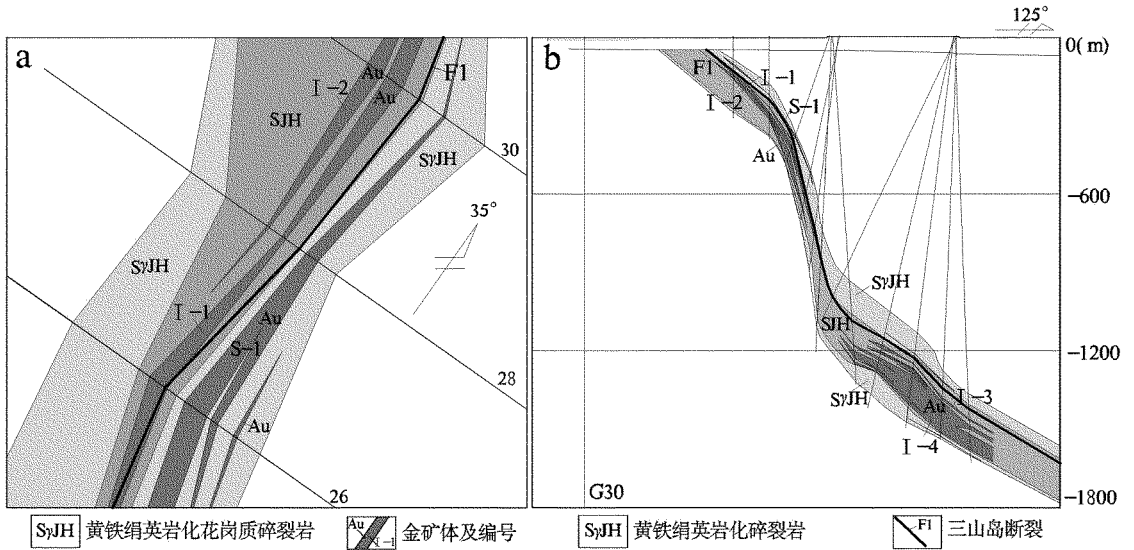


图 4 三山岛北部海域金矿-400 m 中段水平投影图(a)和 30 线剖面略图(b)

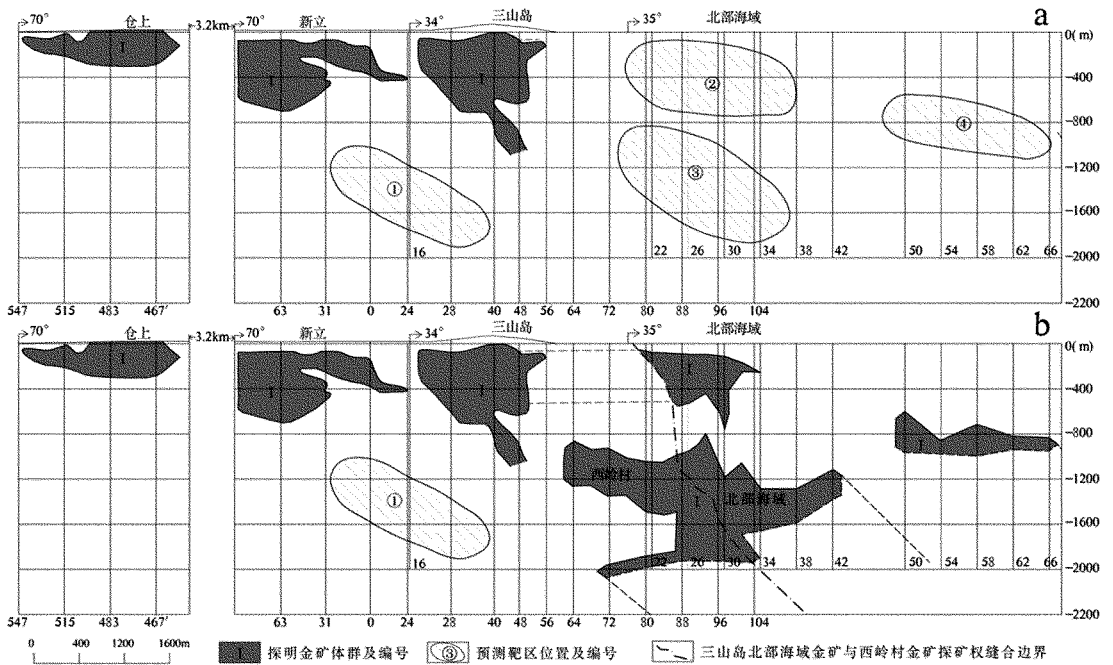


图 5 三山岛成矿带矿体分布预测靶区(a)与勘查成果(b)对照图

勘查区位于滨海海域,南面为陆地。除临海的 3 个相连的小山丘上见有中生代玲珑超单元崔召单元中粒二长花岗岩出露外,其余均被第四系覆盖。三山岛断裂呈 NE 向,贯穿整个矿区,走向约 35°,总体呈舒缓波状,倾向 SE,-400 m 标高以上倾角 40°左右,-400~-1000 m 标高段产状变陡,倾角 75°~85°,-1000 m 标高以下倾角较稳定,为 35°~43°;以灰白-灰黑色断层泥为标志的主裂面连续发育,厚

0.05~0.5 m,构造岩带宽 40~400 m;断裂具多期活动性,其成矿期的右行张扭运动所造成的引张开启部位赋存了金矿体,是区内主要的导矿构造和赋矿构造。

3.2 矿体特征

勘查区内共圈定工业矿体 26 个。矿体呈脉状或透镜状产出(图 4);走向 22°~49°,倾向 SE,倾角上部 and 下部较缓,中部较陡,16°~78°,平均 40°;长

150~1 430 m,沿倾向延深 250~1 110 m,平均厚 1.72~30.91 m;单矿体平均品位 2.59×10^{-6} ~ 8.65×10^{-6} ;总体来看矿体厚度属较稳定型,品位为较均匀型。

其中以 I-4 矿体规模最大,探获的金资源储量占该次探获矿床资源储量的 82%,矿体呈脉状或透镜状产出(图 6);走向 35°,倾向 SE,倾角 21°~52°,平均 39°;长约 1 500 m,沿倾向延深大于 1 000 m,厚 4.08~65.80 m,平均 30.91 m;矿体平均品位 5.23×10^{-6} ;且主要矿体内部可圈定出连续的高品位样品带(图 7)。

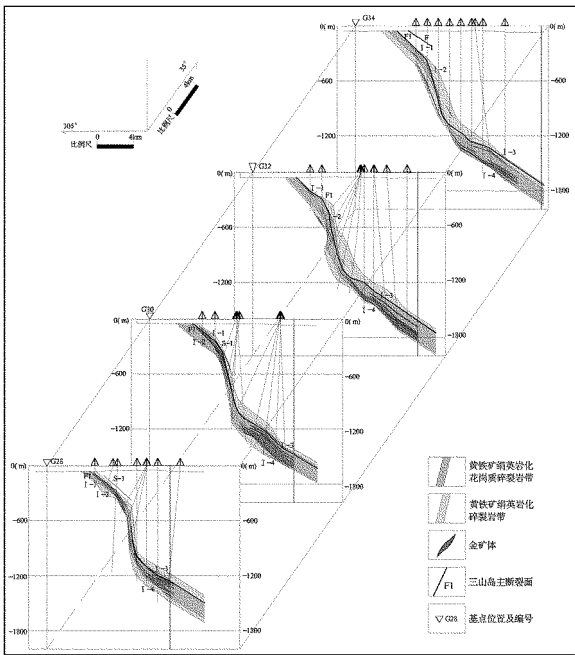


图 6 28-34 线联合剖面图

3.3 矿石特征

区内矿石主要包括黄铁绢英岩化碎裂岩型和黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩型两类。矿石结构主要包括粒状变晶结构、碎裂结构、碎斑碎粒结构、交代结构、乳滴结构等;主要呈浸染状、网脉状、角砾状、细脉状构造。

矿石中主要金属矿物为黄铁矿,次要的有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、毒砂、磁黄铁矿、褐铁矿、磁铁矿等。矿石中金矿物主要为银金矿,次为自然金及金银矿;以各种粒状为主,绝大多数为细—微细粒;主要以晶隙金、裂隙金、包体金和粒间金 4 种状态赋存,其中晶隙金占 57.93%;金的主要载体矿物为黄

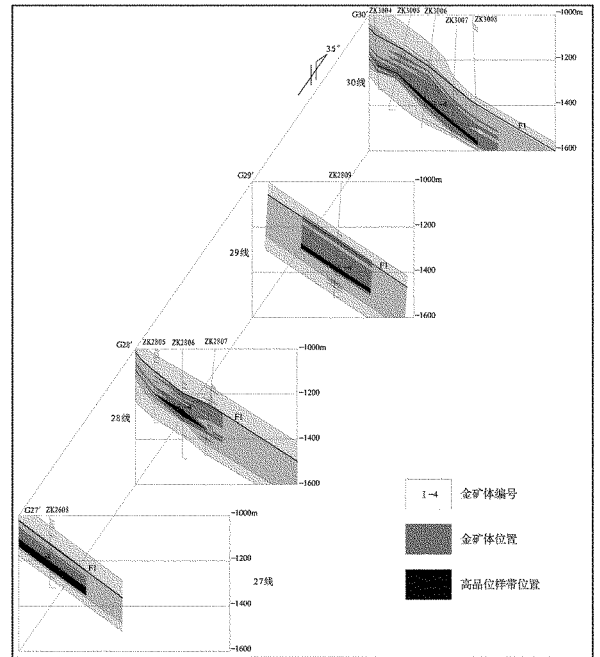


图 7 高品位样富集区联合剖面示意图

铁矿,次为方铅矿、石英等。主要非金属矿物为石英、绢云母、残余长石,次之为碳酸盐类矿物(方解石、白云石、菱铁矿等)。矿石中 SiO_2 含量均较高,平均 67.54%;金平均品位 4.38×10^{-6} ,伴生银、硫。

3.4 成矿阶段

通过对手标本及镜下观察,结合前人研究成果,认为该矿床成矿作用可划分为 4 个成矿阶段,即①黄铁矿-绢英岩阶段;②金-石英-黄铁矿-毒砂阶段;③金-石英-多金属硫化物阶段;④石英-碳酸盐阶段。其中②为金的主要成矿阶段,③为金及多金属成矿阶段。

3.5 围岩蚀变

前已述及,矿区围岩蚀变分带性明显,在矿体向外围蚀变由黄铁绢英岩化向绢云母化、碳酸盐化递减,各蚀变岩带之间界线呈渐变过渡接触。围岩蚀变主要有黄铁绢英岩化、钾化、碳酸盐化、绿泥石化、高岭土化、赤铁矿化等。其特点是:蚀变作用延续时间长,各蚀变作用相互叠加,蚀变分带明显,各带之间为渐变关系。其中黄铁绢英岩化,细脉状、网脉状黄铁矿化与金成矿关系密切,二者呈正相关关系。

3.6 矿床成因

通过对比研究,该区金矿化与三山岛金矿为同一矿化带,矿化特征完全一致,故为同一成矿作用成

矿,矿床成因类型亦为中温岩浆热液矿床,成矿流体主要为中温、中低盐度深源流体,成矿物质主要来源于深部;从矿床成矿系列来看,属于与中生代燕山晚期壳幔混熔岩浆活动有关的金成矿系列^[18-20]。

4 结论

三山岛北部海域金矿勘查工作,是在边论证、边施工、边科研中完成的。总的来看,三山岛北部海域金矿详查工作,不仅是我国在近海海域金矿勘查领域通过对矿田地质研究和成矿规律总结指导找矿实践的一次成功的案例,同时也是国家整装勘查工作在金矿勘查中取得的又一次巨大的成功。归纳起来可得到几点结论:

(1)三山岛北部海域金矿勘查项目的成功得益于矿权人的高度信任和及时有效的外部环境协调,得益于项目组的细致钻研、精益求精,得益于成矿理论的进步,是各方面积极因素叠加的结果。矿床的勘查实践不仅证实了渤海湾海域金矿成矿的巨大潜力,同时也是我国海域金矿勘查的首次尝试,具有里程碑意义。

(2)滨海海域金矿勘查具有可行性。工作中发挥了各方聪明才智,科学合理的选用技术方法手段,总体规划,分步实施。勘查工作要根据实际情况,科学合理的部署工作,在保证质量、风险最低的情况下,可进行系统化、规模化施工,从而大大缩短工作周期,减少市场风险。对矿田地质条件的研究、阶梯式成矿模式的应用,以及侧伏规律、近等间距分布规律、平面及垂向上对称分布规律的归纳总结,为该次勘查工作的成功提供了理论支持。

(3)三山岛北部海域金矿床为一超大型金矿,成因类型为中温岩浆热液矿床,矿体具有规模大、延伸/深稳定、金含量较为均匀的特点。在新立深部、三山岛北部海域深部及外围仍具有良好找矿前景,以后工作,应加强对未封闭地段深部及外围地区金矿勘查力度,可望取得更大的突破。

参考文献:

- [1] 陈仁兰. 近岸海上钻探施工方法的探讨[J]. 西部探矿工程, 2008, (9): 134-136.
- [2] 吕古贤. 关于矿田地质学的初步探讨[J]. 地质通报, 2011, 30(4): 478-486.
- [3] 吕古贤, 李秀章, 张迎春, 等. 矿田地质学的研究和发展问题[J]. 地质与勘探, 2012, 48(6): 1143-1150.
- [4] 翟裕生. 矿床地质学的发展前景和思维方法[J]. 地学前缘, 1994, 1(3-4): 1-8.
- [5] 宋明春. 山东省大地构造格局和地质构造演化[M]. 北京: 地质出版社, 2009: 1-173.
- [6] 李宏骥. 胶东地区内生金矿成矿规律[J]. 山东地质, 2002, 18(3-4): 72-77.
- [7] 王登红, 应立娟, 王成辉, 等. 中国贵金属矿床的基本成矿规律与找矿方向[J]. 地学前缘, 2007, 14(5): 71-81.
- [8] 伊丕厚, 宋明春. 加强深部找矿开辟胶东金矿第二找矿空间[J]. 山东国土资源, 2008, 24(1): 36-39.
- [9] 吕古贤, 崔书学, 周明岭, 等. 胶东金矿成矿规律和成矿模式研究[J]. 矿物学报, 2011, (增刊): 72-73.
- [10] 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.
- [11] 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: 地球科学, 2012, 42(7): 992-1000.
- [12] 李惠, 禹斌, 李德亮, 等. 山东三(山岛)-仓(上)断裂带金矿床深部盲矿预测的构造叠加晕模型[J]. 矿床地质, 2010, (增): 713-714.
- [13] 杨清泉, 李威, 陶晓杰. 三山岛海底金矿地质特征及矿床成因探讨[J]. 黄金科学技术, 2010, 18(3): 5-8.
- [14] 邓军, 陈玉民, 刘钦, 等. 胶东三山岛断裂带金成矿系统与资源勘查[M]. 北京: 地质出版社, 2010.
- [15] 邵明明, 曲伟勋, 陈兵宇, 等. 三山岛构造特征及找矿意义[J]. 矿业工程, 2011, 9(4): 14-16.
- [16] 周国发, 吕古贤, 申玉科, 等. 山东三山岛金矿床地质特征及找矿预测[J]. 黄金科学技术, 2011, 19(4): 1-5.
- [17] 张尧. 胶东新立金矿床构造控矿作用[D]. 北京: 中国地质大学, 2013.
- [18] 孙丰月, 石准立, 冯本智. 胶东金矿地质及幔源C-H-O流体分异成岩成矿[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1995: 1-170.
- [19] 陈毓川. 矿床的成矿系列[J]. 地学前缘, 1994, 1(3-4): 90-94.
- [20] 丁正江, 孙丰月, 刘建辉, 等. 胶东邢家山钨钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素测年及其地质意义[J]. 岩石学报, 2012, 28(9): 2721-2732.

Thoughts and Practices on Gold Deposit Exploration in Northern Offshore of Sanshandao Area

LIU Dianhao, ZHANG Pijian, DING Zhengjiang, ZHANG Junjin, LIN Dawei, MA Bin
(No. 3 Exploration Institute of Geology and Resources, Shandong Yantai 264004, China)

Abstract: Gold deposit in northern offshore Sanshandao area locates in northeastern part of Sanshandao metallogenic belt in Jiaodong area. It is an super large fractural and altered type gold deposit. Ore bodies all occurred in offshore. It has the characteristics of large scale, good continuity and low grade variation. As part of national first monoblock exploration areas, especially being the first offshore deep exploration, exploration work has been paid more attention and support. Detailed survey work in major target areas have been finished in one year. It initiates offshore gold exploration in China, and is a systematic exploration shifting from reconnaissance to general exploration based on comprehensive analysis of ore field mineralization conditions and prospecting potentiality. The exploration work has short cycle, large scale, rich achievements and favorable effects. It will provide some references for solid metal exploration in the future

Key words: Super large gold deposit; offshore exploration; deep exploration; Sanshandao; Jiaodong area