

山东省近海砂矿资源类型划分及开发前景

方长青¹, 尹素芳¹, 孙立功², 谭得军³, 邢爱红¹

(1. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014; 2. 山东省第六地质矿产勘查院, 山东 招远 265400; 3. 山东省地矿技校, 山东 临沂 276018)

摘要:山东省近海砂矿是仅次于油气的第二大近海矿产, 目前已发现滨海海砂矿 10 多种, 各类砂矿床近 80 个, 初步查明具有工业价值的有锆石、建筑用砂、型砂、石英砂、贝壳、球石、砂金 7 种。近海砂矿主要是在海水动力条件下由于机械沉积分异作用, 使陆源碎屑中的有用矿物富集而成的。海洋砂矿开发具有高投资、高风险、高收益的特点, 开发前应充分论证海洋环境影响和采选技术条件, 审慎地进行选区和可行性论证, 避免盲目勘查、开发。

关键词: 近海; 砂矿; 山东省

中图分类号: P744.2; P746

文献标识码: A

1 开发近海砂矿是人类生存的必然要求和发展趋势

地壳浅部矿产资源的不断枯竭, 必然使得人类要着眼于深部矿产、挖掘新的矿产资源, 并充分利用现有矿产资源, 矿业将向尚未实现开发或开发程度较低的新领域进军。海洋中不仅存在着维持人类生存所必须的生物资源, 而且蕴藏着丰富的矿产资源。全国海洋资源综合评定显示, 山东的砂矿资源、浅海、港址、盐田、旅游和滩涂的丰度指数居全国首位^[1]。海洋产业必将会成为山东省经济腾飞的支撑点。21 世纪是海洋的世纪, 而山东是一个海洋大省, 海洋矿产资源丰富。隶属山东省的内水、领海及经济专属区海域已开发利用的矿产资源有石油、天然气、砂矿、盐类、煤等。具有潜在开发价值的矿产资源有天然气水合物、金属硫化物、海水中所含的金属等^[2]。海底世界蕴藏着丰富的矿产资源, 尤以滨、浅海砂矿和深海沉积矿最为丰富。在滨、浅海砂矿中, 主要有锆石、钛铁矿、金红石、独居石等。据统计, 世界上有 95% 的锆石、90% 的金刚石、80% 的独居石来自滨海砂矿。山东省近海砂矿是仅次于油气的第二大近海矿产, 具有很大的经济价值, 该类砂矿开采方便, 选矿技术简单, 投资小, 是开发最早的海底矿产资源之一。在陆上矿物资源日趋减少、枯竭

的情况下, 开发利用海洋矿物资源显得尤为重要。

除了一般的砂矿概念外, 砂、砾本身就是重要建筑材料。滨海砂矿最为大宗的是建筑用砂和砾石。随经济发展、人口增加, 建筑用砂量也迅速增加。英国、日本、美国、加拿大等国, 早已大量开采海岸和陆架的建筑用砂, 采砂作业水深已达 80 多米。20 世纪 70 年代以来, 世界每年开采海滨建筑用砂和砾石的价值, 都在 2 亿美元以上。中国是一个发展中的大国, 建筑用砂呈急剧增长态势。据专家分析, 全国年建筑用砂需求量约为 25×10^9 t, 若 30% 来自海洋, 则年需海砂 8×10^9 t。山东省陆架砂体分布面积约为 2.2×10^4 km², 海砂资源量可达 1500×10^9 t, 为满足建筑用砂需求提供了资源条件。

山东省海岸带在大地构位置上濒临太平洋板块与欧亚板块交界处, 属新构造运动活跃区, 沿海地区广泛分布富含锆石、磁铁矿、钛铁矿、金红石等副矿物的新元古代、中生代花岗岩类岩石, 同时该区金等矿床(点)密布, 这些岩石、矿床经过长期风化剥蚀在水动力搬运条件下, 大量的陆地碎屑矿物带入浅海; 成为近海砂矿的物质来源。

山东省滨、浅海砂矿类型以海积砂矿为主, 其次为混合堆积砂矿。多数矿床以共生、伴生矿的形式

收稿日期: 2002-04-24; 修改日期: 2002-10-20; 编辑: 张天祯

作者简介: 方长青(1961-), 男, 山东济南人, 高级工程师, 主要从事矿产地质、海洋地质工作。

存在。海积砂矿中的砂堤砂矿是主要含矿体,也是主要开采的对象。不少重砂矿产的含量达到或接近工业品位,适合开采。

2 山东省近海砂矿资源丰富,开采技术条件好

2.1 近海砂矿的概念

按一般定义,所谓近海是指自高潮线起算,距大陆海岸线 150 海里以内的海域^[3]。据此濒临山东省的海域(包括内水、领海及经济专属区)都属近海,海域面积约 $17 \times 10^4 \text{ km}^2$ (与山东省陆地面积相当),均属于大陆架,其海水深度一般小于 70 m,广大浅海海底具有与陆地相同的内生成矿地质条件,据陆地矿产推论海底矿产资源的找矿前景将是十分诱人的。

近海包括滨海和浅海,滨海包括古海岸带和现代海岸带,按海岸带综合地质勘查规范定义,海岸带是指自高潮线向陆延伸不少于 10 km,向海延伸到 15 m 的狭长地带^[4]。浅海一般自浪(波)基面起算,下限以海水深度 200 m 为划分界限^[5]。因此,近海砂矿包括滨海砂矿、浅海砂矿 2 部分。滨海砂矿是指在波浪、潮汐、沿岸流、入海河流等水、风综合动力条件下富集于现代海岸带和古海岸带松散沉积物中

的砂矿,且多为表层沉积矿产(图 1);浅海砂矿是指波基面(一般水深 10~20 m)之下在潮汐、海流等水动力条件下富集于浅海海底松散沉积物中的表层沉积矿产和由于海平面上升埋藏于近代沉积物之下的古沉积砂矿。

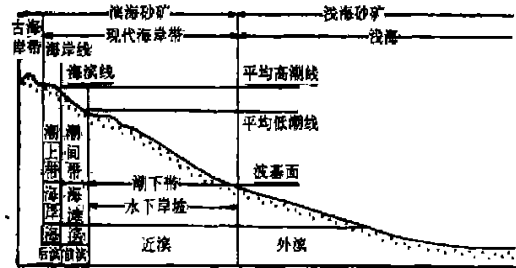


图 1 滨海砂矿与浅海砂矿示意图

Fig. 1 Sketch showing offshore sand deposit and shallow sea sand deposit (据冯士箴等改编,1999 年)

2.2 近海砂矿的类型划分

山东省乃至全国近海砂矿勘探、开发利用起步较晚,已经勘查的近海砂矿数量较少,目前尚未进行系统的近海砂矿分类。作者依据近年来勘查经验和认识进行了划分(表 1)。

表 1 山东省近海砂矿类型划分

Table 1 Classification of offshore sand deposit

分类	按地貌位置	按成矿时代	按成矿矿物	按相序演变	按成因
近海砂矿	古滨海砂矿 潮上带滨海砂矿 潮间带滨海砂矿 水下岸坡滨海砂矿 沙嘴砂矿 连岛沙洲砂矿 滨岸沙坝砂矿 三角洲砂矿 潟湖沉积砂矿	现代滨海砂矿 古滨海砂矿	滨海建筑用砂矿 滨海锆石砂矿 滨海贝壳砂矿 滨海球石矿 滨海砂金矿 滨海石英砂矿 滨海复合砂矿	海退型滨海砂矿 海进型滨海砂矿	海积砂矿 海/河混合堆积砂矿 海/风混合堆积砂矿 风积砂矿
	海峡侵蚀残留砂矿 浅海潮流沙脊砂矿	现代潮流沙脊型砂矿 浅海埋藏古砂矿	浅海建筑用砂矿 浅海锆石砂矿 浅海贝壳砂矿 浅海球石矿 浅海砂金矿 浅海石英砂矿 浅海复合砂矿	海退型浅海砂矿 海进型浅海砂矿	辐聚潮流沙脊型砂矿 狭口潮流沙脊型砂矿 海底侵蚀残留型砂矿 浅海埋藏古河道型砂矿 浅海埋藏古海滩型砂矿

2.3 山东省主要近海砂矿概述

2.3.1 滨海砂矿

山东滨海砂矿种类多、分布广泛(图2)。已发现滨海砂矿10多种,其中查明或初步查明具有工业价值的有锆石、建筑用砂、型砂、石英砂、贝壳、球石、砂金7种。圈定8个锆石矿区24个矿体,建筑用砂矿体30余个,铸型用砂矿体2个,石英砂矿体3个,贝壳矿体12个,球石矿体7个,砂金矿体4个。各类砂矿床近80个,总资源量超过 20×10^9 t,潜在经济价值超过500亿元。

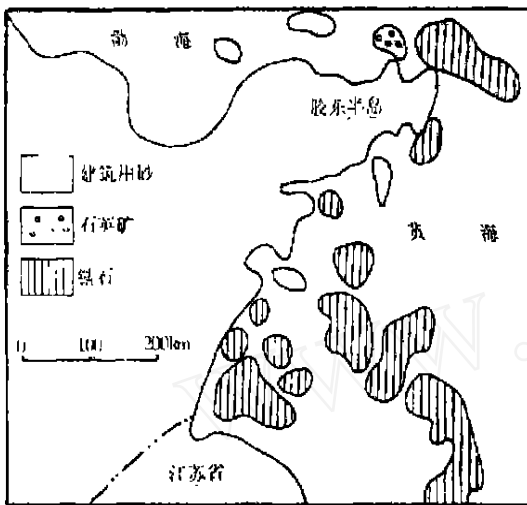


图2 山东省滨海砂矿主要矿床(点)分布示意图

Fig.2 Sketch showing distribution of major offshore deposits in Shandong province

(1) 锆石砂矿 主要分布在荣成碌对岛、宁津所一石岛、王家湾,乳山白沙滩,海阳潮里、胶南白果树、青岛王家女姑、沙子口等地。以荣成王家湾矿区为例简述其地质特征。

矿区位于荣成王家湾,为锆石、建筑用砂复合矿。产于旭口组,地处无名河流入海口。已圈出上下2个层矿。表层锆石矿体,长约2600 m,宽825 m,走向 27° 。矿体平均厚度1.38 m。最大厚度为2.80 m,向海域埋深增大,最高品位 2702.29 g/m^3 ,平均品位 1455.4 g/m^3 。下部矿体分布于建筑用砂矿体(或旭口组)底部近基岩界面附近,埋深9.50~13.70 m,矿体厚度1.00~2.80 m,平均厚度1.60 m。最高品位 2238.53 g/m^3 ,平均 1230.2 g/m^3 。矿体整体呈透镜状,厚度变化受基岩界面起伏影响。建筑

用砂粒级范围在0.2~3 mm之间,平均细度模数2.45;锆石粒度0.07~0.15 mm。矿石矿物主要为锆石、磁铁矿等,脉石矿物为石英、长石等。矿砂磨圆较好,分选中等,底部含少量细砾。

(2) 建筑用砂矿 胶东半岛大部分为砂砾质海岸,建筑用砂矿广泛分布于现代潮间带海滩上,自莱州三山岛—龙口—蓬莱—烟台—威海—荣成一文登前岛—海阳潮里—青岛沙子口—日照岚山头均有分布,现以海阳市潮里建筑用砂矿为例说明其主要地质特征。

该区为沿海堆积小平原,矿体赋存在旭口组中,分布于现代海岸带上,整体走向NEE,与海岸线平行。长16000 m,平均宽约1000 m,平均厚5.90 m,中部夹1~2层薄泥层,矿体近水平层状分布,总体向海缓倾,为裸露的地表矿,横剖面上呈透镜状,底板为较平缓的莱阳群龙庄组薄层细砂岩。矿体上部为松散的中细粒长石石英砂,中部以含贝壳、云母粗粒含砾长石石英砂为主,底部以细砾质粗粒长石石英砂为主,颜色以灰黄色为主,夹有灰黑色,砂中普遍含少量贝壳、云母、碎片,另含少量磁铁矿、锆石、榍石、赤铁矿等重矿物。矿砂一般上部磨圆分选较好,中部磨圆分选中等或较差,底部矿砂粒级较粗,细度模数1.63~3.60,含泥量0.23%~3.64%。局部锆石达到工业品位。

(3) 铸型用砂矿 主要分布于牟平云溪、金上寨等地,如金上寨铸型用砂矿,为表层矿,呈东西向层状延伸,东西长约20 km,南北宽1~3 km,矿体厚1~17 m,矿体底板呈波状起伏状,或为基岩,或为山前组砂砾质粘土。矿石为黄色中细粒长石石英砂,主要矿物成分为石英、长石,重矿物含量极少。平均细度模数1.68,平均含泥量1.06%。从矿体产状、砂粒度分布累积频率曲线等特征分析,该矿床为以风积为主的滨海砂矿。

(4) 石英砂矿 主要分布在荣成旭口—仙人桥一带,其他地段尚未见有工业价值的矿体。旭口石英砂矿床主要由分布稳定的滨海沉积砂矿层和滨海—冲积砂矿层构成。矿层出露于地表,分布于潜水面上下,部分矿体延伸到海域中。矿体东西长约5000 m,宽1000~1500 m。一般可分为以白色—浅黄色石英砂为主的上矿层及以灰色石英砂为主的下矿层,二者主要为颜色之分,矿砂成分及粒度基本相同。上、下矿层之间为厚约0.15~1.20 m的黑色淤

泥质粘土夹层。上矿层顶部常分布有灰化腐植质层,下矿层底板为黑色淤泥质粘土层。矿体总厚3.5~4.9 m,厚度变化较为稳定, SiO_2 含量一般为87%~98%。

(5) 贝壳砂矿 以东营、无棣、沾化等地分布规模最大。无棣、沾化已查明3条具经济价值的贝壳堤。无棣县旺子、高坨子、姬家铺、大扣河东沙嘴和西沙嘴5个贝壳富集区储量达 $1\,000 \times 10^4$ t。近年在黄河口一带发现的几条埋藏浅、富含淡水的古贝壳堤,贝壳储量达 $2\,000 \times 10^4$ t以上。这些现代或古代的海生贝壳为成分较纯的生物碳酸钙,可作白水泥、贝壳瓷、饲料的原料。

东营河口区、垦利县、东营区、广饶县贝壳矿层埋藏于第四纪全新世松散沉积物中,呈层状产出,平面形态为条带形、半(新)月形、椭圆形。贝壳矿体沿古海岸线分布,形成两条贝壳堤(带)。第一条贝壳堤沿约1855年时期海岸线展布,组成河口新户-垦利下镇贝壳带,矿体沿 $90^\circ \sim 140^\circ$ 方向呈新月形、条带形、椭圆形,零星分布于100多千米长的地带。第二条贝壳堤沿五六千年前海岸线展布,组成东营牛庄-广饶丁庄贝壳带,矿体沿 $90^\circ \sim 130^\circ$ 方向较连续分布。根据矿体分布及埋藏特征,将该区贝壳矿床分为12个矿体组29个矿体。贝壳矿砂由各种贝壳碎屑组成,含少量植物碎屑。呈黄白色、白黄色或灰白色。其粒径变化较大,部分完整贝壳可达5~10 cm。贝壳矿体中常含少量长英质砾石、砾砂及粗砂,贝壳生物属种均为黄河三角洲海区的现生属种,主要生活在潮间带、潮下带和浅海泥沙质海底。在河口新户、东营牛庄和广饶丁庄,贝壳矿层埋深较小,层理发育,砂土含量较多,贝壳含量为60%~90%。其他地区贝壳矿层埋深较大,多在地下水位以下,贝壳粒径也较大,品位一般在90%以上,在垂向上变化也较大,水位以上埋藏较浅的层位,杂质含量较高,贝壳破碎程度高,颗粒较细。水位以下埋深较大的层位,贝壳品位较高。

另在乳山小于家也有分布,贝壳夹在建筑用砂矿体中,中部为地表矿,两端沉没于建筑用砂矿体中,平面上呈向南凸的弧型条带,近平行于海岸线展布。矿体长约3 000 m,宽约180 m,平均厚度1.10 m,剖面上矿体呈上拱型,中间厚向两侧逐渐尖灭。矿石为灰白色,大部分呈松散状,局部贝壳高度富集层位可“胶结”成“贝壳岩”。矿砂成分为碎屑状贝

壳、长石、石英、岩屑等,贝壳含量8.69%~39.81%,最高可达95%以上,平均品位28.56%。贝壳碎屑粒度一般为3~8 mm,均呈不规则片状。

(6) 球石 工业上粉碎陶瓷原料和白色粉末原料时,为防止研磨时混入铁质成分,忌用含铁质磨具,而用球石作为研磨工具。山东的球石主要分布在长岛县砮矾岛、南、北长山岛、庙岛、大、小黑山岛、大、小钦岛和南、北隍城岛等地。球石主要堆积在港湾处及缓海岸潮间带。矿体长约350~1 000 m,宽一般为20~30 m,厚1~3 m,产状近水平。矿体发育完全者可分为3个砾(粒)级带。潮间带上部为大砾级球石带,多为椭圆形及不规则球形体,长轴为15~25 cm,中轴为10~20 cm,短轴为5~10 cm。大砾级球石一般磨圆度相对较差。中砾级球石,长轴为3~6 cm,中轴为2~4 cm,短轴为1~2 cm,分布于潮间带中部,磨圆度及分选性均较好。小粒级球石,长轴为0.5~2 cm,中轴为0.5~1 cm,短轴为0.1~5 cm。向海延伸粒级逐渐变小,由砾过渡到砂。某些球石分布于古海岸上,球石矿体被第四系残、坡—洪积物覆盖,现已高出海平面10余米,如小黑山岛南岸第四系之下的球石堆积、大钦岛东岸球石坝均显示了海平面相对下降或地壳相对上升之特征。水动力条件强的海岸潮间带球石的磨圆度最佳,多呈椭球体、扁球体,分选性良好,沿海岸成带状分布。水动力条件较弱的潮间带,球石磨圆差,多呈不规则球体,分选也差,常夹有不规则板岩砾石等。

2.3.2 浅海砂矿

山东省浅海区已发现重矿物60余种,具成矿远景的有金、锆石、钛铁矿、金红石、锐钛矿、磁铁矿和石榴子石等(图3)。但山东浅海砂矿研究程度相对较低,目前已经探明储量的仅有建筑用砂矿,主要成因类型有潮流砂脊、埋藏古河道等。

(1) 砂金 山东省浅海砂金成矿远景区位于胶东地区3个主要金矿富集区(招远—莱州、蓬莱—栖霞、牟平—乳山)的北部,均距沿海不远。区内以胶北隆起为分水岭,水系一般小于40 km,为中短河流。它们切割含金地质体,为滨海砂矿成矿提供了物源。该区在近岸地带已形成了中小型滨海砂金矿4个,滨岸和浅水区已发现砂金异常和高含量点多

山东省地矿局第二水文地质队,山东省黄河三角洲(东营市)贝壳资源普查报告,1999年。

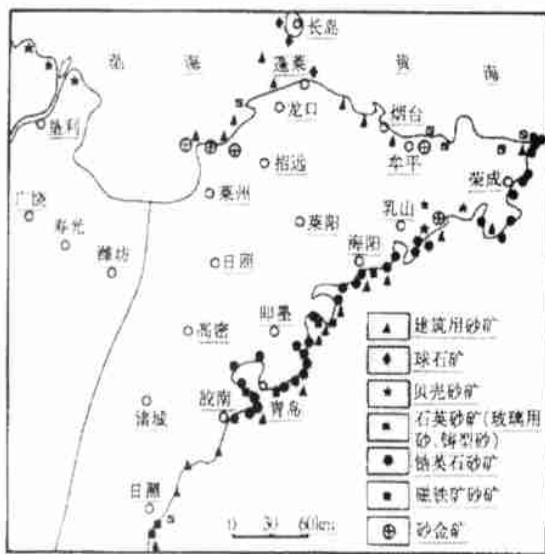


图3 山东省浅海砂矿分布示意图

Fig. 3 Sketch showing shallow sea sand deposit in Shandong province

处;三山岛滨岸沙堤和水下沙堤已发现多处砂金矿点,品位一般在 $0.029 \sim 1.71 \text{ g/m}^3$,海水深度为 $5 \sim 15 \text{ m}$,界河水下三角洲也发现品位 0.025 g/m^3 的矿化点^[6]。

(2) 建筑用砂 浅海建筑用砂矿是山东省开发最多的海洋矿产之一,由于建筑用砂来源广泛,以往对建筑用砂地质勘探投入较少,对建筑用砂资源需求预测也做的较少,各地普遍对建筑用砂资源规划重视不足。随着工程建设规模的不断扩大,砂的需求量也急剧增加,许多城市周围的建筑用砂资源近于枯竭。由于人们环保意识不断增强和对地貌景观保护及水土保持的客观要求,多数地区对河砂采取了停采、限采等措施,使建筑用砂的供需矛盾日益尖锐,人们不得不用海砂作为建筑用砂的替代品。山东省的浅海建筑用砂资源较丰富,已探明4个浅海建筑用砂矿床,储量超过 $1 \times 10^9 \text{ t}$,矿床成因和物质来源各异。现以千里岩海域浅海埋藏古河道型建筑用砂矿为例简述其地质特征。

该海域浅地层剖面测量可分辨出3条基本呈南北走向的古河道砂体,由西向东分别以 , , 命名。 号古河道砂体,水深 $22 \sim 33 \text{ m}$,上覆泥层厚 $7 \sim 10 \text{ m}$,宽 $470 \sim 550 \text{ m}$,厚约 7 m ,砂体长约 22 km ; 号古河道砂体,水深 $25 \sim 35 \text{ m}$,上覆泥层厚 $9 \sim 12 \text{ m}$,宽 $200 \sim 420 \text{ m}$,砂体厚约 $4 \sim 8 \text{ m}$,砂体长约 38 km ;

号古河道砂体,水深 $25 \sim 35 \text{ m}$,宽 $180 \sim 450 \text{ m}$,砂体长约 42 km ,上覆泥层厚 $7 \sim 11.7 \text{ m}$ 。该海域的古河道砂体均是在海侵时被剥蚀的残留砂体。

已提交储量的仅有 -1号矿体,砂矿体横剖面形态为倒梯形,顶宽底窄,局部常夹 $0.5 \sim 1 \text{ m}$ 的泥质薄层。由北向南砂体厚度呈中间厚两端薄的变化趋势。砂体上覆以粉砂质粘土为主(厚 $7.5 \sim 11.7 \text{ m}$)的顶板。该矿体呈较稳定的席状或层状展布,矿体平均倾向约 168° ,倾角约 $0^\circ 3' 50''$,矿体产状随海底地形同步变化。矿体最大厚度为 5.30 m ,最小厚度为 1.60 m ,平均矿体厚度约 3 m ,厚度变化系数为 30.19% 。矿区海水深度 $20.80 \sim 28.00 \text{ m}$ 。矿体中主要重矿物有磁铁矿、锆石、锐钛矿、刚玉、磷灰石、金红石、黄铁矿等,但含量均较低,小于各类砂矿的边界品位,锆石的含量最高,其最高品位为 450.59 g/m^3 。砂级碎屑矿物一般磨圆较好,大部分呈次圆状—次棱角状,反映其物质经过了长途搬运。矿层中砂分选性一般为中等或差,其分选、磨圆特征、粒度频率分布特征与现代河流砂相似。

(3) 锆石等其他砂矿 根据底质取样分析,山东省浅海锆石、钛铁矿、磁铁矿等砂矿资源十分丰富,分布位置与陆地、滨海砂矿遥相对应,显示其成矿物质为陆源。部分地段的锆石、钛铁矿、磁铁矿取样已经达到或超过其工业品位要求,是一种极具潜力的浅海砂矿资源,但其地质工作程度很低。

锆石主要分布在渤海北部、荣成东部及胶南—日照以东浅海海域,形态均呈不规则的条带状、斑块状,海水深度一般 $15 \sim 50 \text{ m}$,距岸 $3 \sim 70 \text{ km}$,主要海底地貌为潮流沙脊、掘蚀洼地、古河道、冲刷岸坡、浅滩等,锆石高含量区的底质类型以细砂、中细砂、粉砂质细砂为主,锆石品位 $80 \sim 2250 \text{ g/m}^3$,粒度一般为 $0.04 \sim 0.1 \text{ mm}$ 。砂矿物质以陆源为主,来自陆地、岛屿和海底的不同时代的各类基岩侵蚀物及第四纪堆积物,在海流、波浪、沿岸流、潮流等海洋动力因素作用下,砂矿物质在有利地形、地貌部位富集,在其富集过程中,海洋水动力因素起着重要作用。

钛铁矿主要分布在日照以东海域,分布形态以斑块状、不规则条带状为主,海水深度一般 $10 \sim 60 \text{ m}$,距岸 $7 \sim 120 \text{ km}$,主要海底地貌单元为浅滩、幅聚潮流沙脊、古三角洲、古滨海平原、古河道、古阶地等,钛铁矿高含量区的底质类型以粉砂质细砂、细砂、砂质粉砂为主,高含量区面积从数十平方千米—

近千平方千米,钛铁矿品位 $200 \sim 15\,000 \text{ g/m}^3$ 。

磁铁矿主要分布在渤海北部,一般面积不大,品位 $200 \sim 4\,800 \text{ g/m}^3$ 。石榴子石在渤海、北黄海都有分布,形态以平行海岸呈条带状、椭圆状、斑块状和不规则状等,面积大小不等,一般数至数百平方千米,水深一般小于 70 m ,多在 50 m 以浅,部分小于 20 m 。磁铁矿品位最高可大 20 kg/m^3 ,高含量区底质类型主要为细砂、粉砂、部分为中—粗砂、泥质砂、含结核砂和含砾砂等,所处地貌单元有冲刷槽、沙脊群、水下沙坝、三角洲、海湾、浅滩等。

在胶东半岛东北海域还发现有一定规模的浅海玻璃石英砂, SiO_2 含量为 $87\% \sim 95\%$,主要分布在水深 $5 \sim 22 \text{ m}$ 的水下砂坝,面积约数十平方千米。

多处底质取样发现山东近海见有磷钙石和海绿石,磷钙石主要呈粒径为 $0.15 \sim 3 \text{ mm}$,淡褐色的不规则微细结核状,含量多在 $6 \sim 400 \text{ g/m}^3$,主要分布在南黄海中部和日照东部海域,水深一般大于 45 m 。海绿石多呈微细的片状,片径 $0.35 \sim 0.5 \text{ mm}$,含量为 $100 \sim 3\,200 \text{ g/m}^3$ 。这两种含浅海砂矿资源对磷、钾资源比较缺乏的山东省来说,具有十分重要的经济意义。由于以往调查研究深度不够,尚未发现有价值的砂矿床。但作为一种潜在砂矿资源值得今后重视。

3 近海砂矿成矿作用和成矿期

近海砂矿主要是在海水动力条件下由于机械沉积分异作用,使陆源碎屑中的有用矿物富集而成的,它经过了波浪、潮汐等的反复淘洗作用,以及沿岸流的反复分选,使碎屑物或某有经济意义的重矿物在海滩的某些地带富集起来,而形成有经济意义的近海砂矿。近海砂矿物质来源主要为河流携带入海的陆源碎屑,砂矿种类与近区域的原岩密切相关,如石岛一带广泛出露富含锆石的宁津所超单元正长岩类等,则该区毗邻海域形成滨海和浅海锆石砂矿带。各时代的花岗闪长岩、二长花岗岩类,石英、斜长石、钾长石等含量高,易形成规模较大的石英砂及建筑用砂成矿区。除建筑用砂、砾石外,形成近海砂矿的有用矿物应具备比重大、化学性质稳定和耐磨性强的特点。

海平面变化和波浪的作用是控制重矿物富集的两个主要因素,如果海平面长期稳定,成矿时间较充

分,砂矿的品位就高。含矿层通常平行海岸线呈带状分布。海平面变化较快时,可破坏、抬高和淹没已形成的砂矿,也可能富集成规模不大的新矿。近海砂矿的主要赋存特点是砂矿体多数呈薄层状或透镜状,赋存于海岸带及浅海的表面及表层以下的沉积层中,在沉没的古海滨和河谷埋藏较深。从地貌位置看,近海砂矿主要分布于砂质、砂砾质海湾岸和砂质平原海岸。矿体规模主要受海岸地貌条件和海水动力条件控制,由于山东海岸带海平面升降和构造活动频繁,一般难以形成规模巨大的砂矿。

根据中国滨海和浅海砂矿在空间上分布特点和 C^{14} 测年资料对比,可将砂矿划为 3 个主要成矿期,即与晚冰期有关的更新世成矿期,全新世成矿期及近代成矿期。

晚更新世成矿期:其时代大约 $25\,000 \sim 15\,000$ 年,最后一次冰期开始到最盛时,海面下降到现今海面以下 $150 \sim 160 \text{ m}$,此时作为大陆重矿物来源的冲积、海积层曾经覆盖比现今海岸宽得多的滨海陆地,那时海岸线距现海岸相当远,在这样辽阔的陆架区,必然分布有一系列海积砂矿,冲积的古河谷砂矿和风化剥蚀作用形成残坡积砂矿。

全新世成矿期:从冰后期海面接近现今海面到最大海侵时期,时代大致 $1\,000 \sim 5\,000$ 年,此时海岸轮廓与现今海岸相似,其海岸堆积物一方面来源于波浪、沿岸流对古海岸强烈冲刷改造,另一方面来自陆源河流大量补给形成一系列埋藏的水下阶地砂矿和抬升的古滨海砂矿,此时期形成砂矿较多,区内沿海均有分布。

近代成矿期:目前胶东半岛海岸所发现的滨海砂矿大部分在这一时期,其类型较多,矿床规模较大,距今时间短,矿体保存较完整,但多露出于地表,为中国砂矿主要成矿期。

4 近海砂矿的开发利用及其对策

人类为求得生存和发展必然要进行近海矿产资源的开发,但近海是海洋工业、渔业、航运、采矿和军事利用最集中的地区,相互之间矛盾突出,查清浅海砂矿资源,有利实施统筹规划,综合开发,协调发展。近海砂矿开采可能使近岸海域流场和波浪场发生变化,海水悬浮物增大,增加海岸动力作用,大量开采近海砂矿,可能破坏海岸环境,带来海水入侵、海岸侵蚀等严重后果,并与海洋产业发生矛盾,所以必须

认真调查研究,做到科学合理地利利用近海砂矿资源。实施矿产资源从勘查、开发、加工、利用到环保的一体化,将大幅度地降低海洋环境污染,提高资源利用效率,优化资源配置。

海洋矿产资源开发具有高投资、高风险、高技术、高收益的特点,山东省近海砂矿生产能力低,选矿工艺较简单,生产成本高,在开发利用上远落后于浙江、福建、海南、广东诸省。而国外一些新建选厂,多是自动化程度高,工艺流程先进,可直接在采矿船上进行选矿和分离。为此,山东作为一个海洋大省必须十分重视海洋砂矿采、选工艺的研究。开发海洋矿产之前一定要充分地考虑目前的采选技术设备条件,审慎地进行选区和可行性论证,避免盲目勘查、开发。如已勘查的千里岩海域埋藏古河道型建筑用砂矿,由于上覆较厚的粉砂质粘土层,剥采比大,按目前的技术经济条件很难产生经济效益。

海洋矿产发现、开采和利用将是人类利用矿产资源的一个重要潜在新领域,海洋矿产不仅类型多,矿种多,而且资源量大。开发海洋矿产具有长远战略意义。为进一步发展全省矿业,必须寻求新的发展思路,建立高新技术、产出高附加值、具综合服务功能、环保和节能的新型矿业。

近海砂矿调查范围目前仍侧重于近岸海域,以往在陆架区的综合地质调查中所涉及的重砂部分,其资料处理不统一,现有的资料不足以对近海砂矿资源做出评价,开发利用难以做到有的放矢。应在近期部署系统的浅海矿产资源调查评价和海洋矿产开发利用规划。

山东是一个海域辽阔、岸线长且海底砂矿资源较丰富的省份。其潜在资源优势和经济价值在整个资源位置中占有一定比例。超前做好海洋砂矿的找矿和研究是当前地质工作的当务之急,也是各级决策部门必须考虑的现实问题。

参考文献:

- [1] 杨鸣,杨俊杰,胡建廷.建立山东海洋工程研究院,推动海洋技术创新体系建设[J].海洋与湖泊,1999,30(5):576.
- [2] 刘兰,鲍洪彤.我国海洋矿产资源可持续利用探析[J].沿海企业与科技,2000,(5):36-37.
- [3] GB/T13909-92.海洋调查规范 海洋地质地球物理调查[S].
- [4] GB10202-88.海岸带综合地质勘查规范[S].
- [5] 冯士箴,李凤歧,李少菁.海洋科学导论[M].北京:高等教育出版社,1999.
- [6] 中国海洋年鉴编辑部.1994~1996年中国海洋年鉴[M].北京:海洋出版社,1992.

Types and Exploration Future of Offshore Sand Mineral Resource in Shandong Province

FANG Chang - qing¹, YIN Su - fang¹, SUN Li - gong², TAN De - jun³, XING Ai - hong¹

(No.1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China; 2. No.6 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Zhaoyuan 265400, China; 3. Shandong Technological School of Geology and Mineral Resources, Shandong Linyi 276018, China)

Abstract: Sand mineral resource is the second largest offshore mineral resource in Shandong province, which is only next to oil and gas mineral resources. More than 10 kinds offshore sand mineral resources and nearly 80 sand deposits have been found in Shandong province. 7 kinds are primarily proved to have industrial value, such as zink, building sand, style - building sand, quartz sand, shell, ballstone and free gold. Offshore sand deposit is formed by concentration of useful minerals under sea dynamic condition. Exploration of oceanic sand deposit has the characteristics of high investment, high risk and high gain. Ocean environmental effects, exploring and collecting condition, area selecting and exploration possibility should be proved carefully before exploration.

Key words: Offshore; sand deposit; Shandong province