

第 1 章 海洋资源开发现状

海洋是一座巨大的资源宝库，它能够为人类社会发展提供所需要的各种物质资源。随着科技的不断发展和人类社会的不断进步，特别是勘探技术和钻井技术的迅猛发展，无论是在沙漠、戈壁滩或是山区，都有勘探者的足迹，这使得以前无法勘探的深海都可以被驾驭，进而使海洋资源的开发利用规模迅速扩大，因此海底资源勘探开发变得愈加激烈^[1]。

1.1 海洋资源种类

能源推动人类社会不断进步。近些年大规模的开发使陆地资源越来越少，但人类对能源的需求却只增不减，所以人们把能源开发的目光逐渐转移到海洋区域。由早期的浅海区域，到现在的深海区域，如今对深海资源的开发又掀起了新的高潮^[2]。海洋拥有地球上最丰富的资源，其大体分为生物资源、矿物资源、海洋能资源和化学资源^[3]。

1.1.1 生物资源

生物资源，是指有生命的能自行增殖和不断更新的海洋资源，又被称为海洋渔业资源或海洋水产资源^[4]。海洋中的生物资源是最为珍贵且利用最广泛的宝藏，同时也是海洋中动植物群体数量的总称。它与海洋中的化学资源、海洋能资源和大多数海底矿物资源不同，其主要特点是通过生物个体和种群的繁殖、发育、生长和新老替代，来使资源不断更新和种群不断获得补充，并通过一定的自我调节能力而达到生态上的平衡，确保数量上的相对稳定。在有利条件下，种群数量能迅速扩大；在不利条件下（包括不合理的捕捞等），种群数量会急剧下降，资源趋于衰落。据统计，海洋生物有 20 多万种，其中动物 18 万种，植物 25000 多种。在 18 万种动物中，鱼类有 25000 种，贝类 10 多万种，而鱼类中可食用的有 200 多种^[5]。据估计，海洋每年可为人类提供各种鱼 2 亿吨，为目前世界渔业年产量的三倍。海洋植物绝大多数为藻类，其中在浅海区固着生长的约有 4500 种，现被广泛利用的约有 50 种，如海带、紫菜、石花菜等。

一般来说，海洋生物资源可以通过一定的自我调节能力，维持数量的相对稳定和种类的相对平衡。但是其极易受到外界环境的影响，当外界环境遭到破坏时，生物数量就会急剧下降^[6]。因此，基于现阶段海洋生物资源开发利用的现状，为充分应对开发不当、不到位带来的问题及挑战，我们应当制定相应的政策和措施，如：大力发展大陆架水域的养殖和

增殖业, 转变过度捕捞的理念, 以生产农牧化经营理念开发海洋生物资源, 减少对海洋生态环境和海洋生物资源相对平衡状态的影响和破坏, 鼓励发展我国海洋生物产业, 利用先进技术实现开发的可持续性; 改革传统的资源开发利用方式并充分实现对有限海洋生物资源的保护和利用等。

1.1.2 矿物资源

矿物资源是重要的自然资源, 是经过几百万年, 甚至几亿年的地质变化才形成的, 它是社会生产发展的重要物质基础, 现代社会人们的生产和生活都离不开矿物资源。矿物资源最主要的有两种: 石油和锰结核。据初步调查, 大陆架海底石油可采储量约为 2500 亿吨 (其中包括天然气折算的石油产量), 相当于陆地石油藏量的三倍^[7]。锰结核是大洋底蕴藏的矿产, 经济价值很高。据估计, 全世界锰结核的总储量达万亿吨, 仅太平洋就有 17000 亿吨, 并正以每年 1000 万吨左右的速度增长着。

海洋矿产资源的开发有着举足轻重的地位, 尤其是石油和天然气已达到商业性大规模开发的阶段。其次是锰结核和热液矿床加紧开发的呼声最高。海洋石油和天然气的储量极为丰富, 在海洋矿产资源中处于领先的地位。世界各国海洋石油与天然气勘探和开发的进程加快, 其速度比专家们所预计的还要快。到目前为止, 海洋油气产值接近 2000 亿美元, 占世界海洋经济总产值的 70%, 占海洋矿产总产值的 90% 以上^[8]。海洋石油和天然气的勘探与开发, 已逐渐形成一门完整的现代科学技术。

随着矿物资源需求的增加, 为保证矿物资源开发的顺利进行, 先进的采矿技术就必不可少, 目前已经出现了很多海底采矿装置, 如连续链斗式采矿系统、液压 (气压) 提升采矿系统和海底自动采矿系统等。

1.1.3 海洋能资源

海洋是一座巨大的能源宝库, 海洋能主要包括潮汐能、潮流能、海流能、波浪能、温差能和盐差能等, 是一种可再生的巨大能源。仅以潮汐能为例, 世界海洋潮汐能蕴藏量约有 10 亿多亿瓦, 如果全部利用每年可生产 12000 多亿度电。这些能量是蕴藏于海上、海中和海底的可再生能源, 属新能源范畴。人们可以把这些海洋能以各种手段转换成电能、机械能或其他形式的能来供人类使用。海洋能绝大部分来源于太阳辐射能, 较小部分来源于天体 (主要是月球和太阳) 与地球相对运动中的万有引力。蕴藏于海水中的海洋能储量是十分巨大的, 其理论储量是全世界各国每年耗能量的几百倍甚至几千倍。

海洋能有以下特点: ①海洋整体蕴含的能量很大, 但单位体积、单位面积和单位长度所拥有的能量较小, 想得到巨大的能量, 则需要大量的海水; ②海洋能是可再生的, 海洋能来源于太阳辐射能与天体间的万有引力, 只要太阳和月球等天体与地球共存, 那么这种

能源就会再生，且取之不尽，用之不竭；③海洋能有较稳定与不稳定之分。

1.1.4 化学资源

海洋资源中潜力最大的是化学资源。海洋化学资源指海水中所含的大量化学物质。地球表面海水的总储量为 13.18 亿 km^3 ，占地球总水量的 97%。目前陆地上发现的一百多种化学元素中，有八十多种在海水中也能找到，有七十多种可以提取。其中，含量较高的有氯（1900 万 t/km^3 ）、钠（1050 万 t/km^3 ）、镁（135 万 t/km^3 ）、硫（88.5 万 t/km^3 ）、钙（40 万 t/km^3 ），其余还有锂、铷、磷、碘、钡、铟、锌、铁、铅和铝等。上述元素大都呈化合物状态存在，如氯化钠、氯化镁和硫酸钙等，其中氯化钠约占海洋盐类总质量（约 5 亿亿吨）的 80%。据估计，铀在海水中的含量为 40 多亿吨，相当于陆地上储量的近两千倍。

海洋化学资源的开发利用历史悠久，主要包括：海水制盐及卤水综合利用（回收镁化合物等），海水制镁和制溴，从海水中提取铀、钾、碘以及海水淡化等。此外，20 世纪 60 年代以来，随着科学技术的进步，海洋天然有机物质的研究和利用（如从海洋动植物中提取天然有机生理活性物质）也得到了迅速发展^[9]。

1.2 海洋油气资源

1.2.1 海洋油气资源开发的现状

进入 21 世纪，人口增长、资源消耗以及经济发展之间的矛盾日益突出。全球人口数量在 2011 年突破 70 亿，由 60 亿增长至 70 亿仅用了十多年的时间。随着全球经济快速增长和人口的急剧膨胀，人类对能源的需求也日益高涨。石油作为现代经济的重要能源，必须每年增产七百万桶才能基本满足日益高涨的能源需求。陆上油气勘探日趋成熟，使得全球油气储量增长减缓，同时发现的油气资源的规模也越来越小且难度越来越大^[10]。由于上述原因，人们逐渐将目光投向海洋。

根据美国地质调查局统计，全球海洋待发现的石油和天然气储量分别占全球待发现油气资源的 47% 和 46%，其中石油为 548 亿吨，天然气为 78.5 万亿立方米。石油和天然气资源在海洋中的分布并不均衡，其主要分布在波斯湾、墨西哥湾、委内瑞拉马拉开波湖、北海和中国南海等区域。在已经探查明确的海上石油及天然气储量当中，近八成是在浅海区域，而超过海洋总面积九成的深海及超深海海域还少有开发。除了较少部分地区，多数浅海区域的石油及天然气资源难以供应社会经济的飞速发展，在深水海域开发石油和天然气成为未来发展的趋势^[11]。

研究和勘探实践表明：尽管深水油气勘探与开发受到恶劣环境、高风险和高技术的限制，但是其勘探前景好，所以受到世界各国的广泛关注^[12]。因此，通过对世界上各个区域的海洋油气资源进行了解和认识，有助于我国把握未来油气资源的开发方向，有利于提高我国获得海洋油气资源的效率，为我国国民经济的稳定发展提供有力能源保障。

我国油气资源的基本状况是：开发工作起步较晚，最早的国内海洋资源开发出现于 20 世纪的 60 年代。这个时期海洋石油工业开始出现，借助于冲击钻打孔的方式来进行海洋平台的构建，并取得了最初的 150kg 重质原油。1971 年，我国在渤海“海四油田”正式建立了两座固定式采油平台，这是国内第一个海上油田。随后，经过多年的发展，我国的海洋油气资源勘查工作取得了重大突破，在许多地区都陆续建立了海洋开采平台。其中，海洋油气资源勘查工作取得成果最为集中的区域是渤海盆地，而海洋油气资源勘查过程中发现的天然气含量最高的区域是东海凹陷盆地，东海凹陷盆地有 4 亿立方米的天然气储备量，能够满足我国相当长时期内的油气资源使用需求。

我国的石油年产量虽居全球第四，但储量总体呈下降趋势，进口量大，对外依存度高^[13]。

1.2.2 海洋油气资源分布特征

研究和实践表明，海洋油气资源主要分布在大陆架，约占全球海洋油气资源的一半以上，但大陆架的深水、超深水海域的油气资源潜力可观，约占 1/3，从区域看，海洋油气资源主要分布在墨西哥湾、北海、中东、西非、巴西以及东南亚海域等，约占全球海洋油气资源的 60%以上，两级大陆架也蕴藏着丰富的油气资源。

海洋中含油气资源的沉积盆地面积约 $7800 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，与陆地相当。油气沉积盆地既包含跨海洋与陆地的盆地，也包括里海等大型湖泊区的盆地。根据美国勘探开发数据库的钻探信息和油气田统计资料可知：全球共有含油气盆地 533 个，其中位于海上或海边的含油气盆地为 318 个（不包括美国和北极地区），海域发现的油气储量占全球含油气盆地总储量的 35.8%；待发现的油气资源约占全球的一半；而绝大部分常规油气资源分布在几个地区的几十个含油气盆地中，多数地区油气共生富集。

全球深水盆地呈“两竖两横”分布格局，“第一竖”指南北走向的大西洋深水盆地群，包括西非陆缘深水盆地、巴西东部陆缘盆地、墨西哥湾盆地等；“第二竖”指太平洋深水盆地群，包括日本海盆地、澳大利亚东南部的吉普斯兰盆地等；“第一横”指近东西走向的新特提斯深水盆地，包括澳大利亚西北深水盆地、中国南海深水盆地等；“第二横”指环北极深水盆地群，该地区待发现油气资源量集中分布在少数的 7 个主要盆地，占据了北极地区待发现油气总量的 87.4%。

在含油气盆地中，富油盆地群主要沿大西洋呈南北向分布，以巴西东部的坎波斯盆地和桑托斯盆地资源最为丰富，西非深水盆地和墨西哥湾盆地也是主要的深水富油盆地。富

气盆地群则主要沿特提斯呈东西向分布。澳大利亚西北陆架缘深水区是目前全球油气勘探开发热点地区之一，总体“富气贫油”，另外，孟加拉湾和我国南海深水区含油气盆地也是世界上重要的含油气盆地。其中，南海的浅海区以油为主，深水区以气为主。

总体来说，全球海洋油气资源储量主要集中在波斯湾、北海、几内亚湾、马拉开波湖、墨西哥湾、加利福尼亚西海岸等几个地区，这些地区的油气总储量占世界海上探明储量的80%左右。未探明的油气区主要集中在北极地区，以及南极、非洲、南美洲和澳大利亚周围海域。

我国油气资源相对匮乏，且随着勘探开发的推进，在一些勘探相对成熟的海域发现大型油气田的概率不断降低。另外一些边际油气田，由于规模小、利润低、经济效益差等原因，长期不被人重视。然而，在近年来，随着技术的进步，边际油气田在北海等开发日趋成熟的海域越来越受关注，开发这些边际油气田将推动油气行业焕发新的生机。据统计，在我国近海探明的原油储量中，仅边际油田就有13亿吨，有效开采这些油气资源对缓解国家石油供需矛盾具有重大的战略意义。同时，深水油气是石油公司未来重要的资源接替区，开发深水油气资源对保障我国油气供给安全意义重大。加强深水研发顶层设计，全面提升深水开发能力，为未来我国南海和周边海域深水油气开发奠定坚实基础。

1.2.3 世界海洋重点盆地勘探与开发现状

受台风等恶劣天气的影响，海洋勘探工作会受到极大的阻碍，使投资成本受到限制，而地震勘探法对投资要求较低，也是近些年来常用的方法。根据上述待发现油气资源分布特征看，全球海洋资源勘探潜力较大的盆地为28个重点盆地。至今，这些重点盆地的勘探工作都已从陆上到了浅水，并计划进军深水区域。全球海洋重点盆地正处于油气勘探的高峰期，有着极为丰富的油气资源。从全球最有潜力的28个含油气盆地的油气资源探明程度看，4个处于高勘探阶段，10个处于勘探中期阶段，14个处于勘探初期阶段。处于勘探中期阶段的10个盆地油气待发现资源占全球海域的42%，处于勘探初期阶段的14个盆地的油气待发现资源占36%，处于高勘探阶段的4个盆地仅占7%。

全球28个重点盆地中，南里海盆地是进行油气开发最早的盆地。通过对28个海洋重点盆地历年油气田开发状况进行统计，我们可以从中得出，20世纪80年代是发现油气田最为频繁的时期，当时共发现油气田80多个。在这之前，油气田开发基本上处于不断增长趋势；20世纪80年代至今，重点盆地的油气田发现趋势整体上处于减少阶段，2009年发现油气田40多个。

1.2.4 海洋油气资源勘探技术特征及常见问题

勘探海洋油气资源是一项高风险、高技术、高投入的系统工程，主要有以下特征。

(1) 有限期性。对海洋油气资源的勘探,并不是没有时间限制的。在勘探工作开始之前,首先要对计划勘探的水域进行地质研究和物理勘探,明确海底的地形地貌、构造及油气生成条件等,通过探测分析油气分布的深度、面积等因素,确定安置钻井的井位,做好这些准备工作的同时,要做好记录,并编写可行性研究报告。由于海上与陆上的勘探环境相比,其具有更高的挑战性。因此,海上勘探工作要加快进度,提高采油效率,且要尽可能地保证经济效益。

(2) 高风险性。首先,海上环境与陆地相比更为复杂,环境恶劣多变,地质条件复杂,勘探工作的可控性低。因此,与陆地相比,海上勘探开发工作变得更加困难。由于海上大风产生海浪,也会对钻井平台产生一定冲击,如我国东海和南海每年都有十多次十二级以上的台风来袭,渤海北部海域每年冻冰期都在三个月以上,冰厚达 50cm 之多,海水和海冰的冲击力使平台难以承受。其次,投资回报也具有高风险性。由于海上环境复杂,海上勘探的有限期性,包括一些其他的因素,使得勘探工程需要前期投入大量的资金,与陆地相比,每口井的成本要高出 3~10 倍,若最终没有开采油气的价值或者价值较低,前期的投入将得不到回报。

(3) 复杂性。由于海上环境恶劣,因而油气资源的勘探工作也变得十分复杂、困难。海水波涛汹涌,随着水深增加,勘探工作的难度也不断加大,这使得之前在陆地上使用的许多勘探方法都不再适用,这就要求我们快速地研究出合适的勘探手段,并使用最先进的科学技术和设备。例如,海上钻勘探井和开发井须采用专门的钻井平台,海上采油与集输也要采用高技术性能的采油、集输工艺与装备等。

由于海洋油气资源勘查工作属于复杂度较高且跨多专业的勘查工作,相比于陆地勘查工作需要更为专业的勘查技术与经验。因此,海洋油气资源勘探与开发技术还处于实验和摸索的阶段,必然也就存在一些问题,常见问题如下。

(1) 油价波动。根据我国多个海洋油气资源勘查项目的实际经验来看,油价波动是阻碍行业发展的主要原因。我们很清楚,海洋油气资源勘探存在投资成本高、风险大以及实现难度高的特征,并且投资和收益并不一定成正比,在这种情况下,如果勘查的结果不理想,就会导致入不敷出的问题。另外,近些年来国际油价的波动幅度较大,经常会出现勘查过程中油价下滑的问题,同样也会给企业带来巨大的风险与损失,甚至会给产业链的发展带来影响^[14]。

(2) 海洋环境问题。随着改革开放的成果不断凸显,我国的社会发展和经济水平都有明显提升,随之而来的是能源的产量和消耗量的日益增长,此时海洋油气资源勘查工作就不再是一个企业的问题,而是整个国家能源结构发展平衡的问题。海洋油气资源勘查工作将所有注意力都放在效益上,往往会忽视整个过程中对海洋环境的破坏与影响,包括:①海洋油气资源在开采过程中可能发生泄漏;②海水养殖区可能会遭到极大破坏,而导致海

洋浮游生物受到影响，使得水产大大减产并影响品质；③可能会破坏海床稳定性，导致地质灾害以及各种沉积物强度下降问题。此外，湿地区域也会受到油气污染，导致工农业生产出现损失。因此，在海洋油气资源勘探和开发的过程中，必须关注环境的适应性问题，只有找到有效维护海洋生态平衡、防止环境变差的方法，才能确保油气资源勘查的成果。

(3) 地缘政治问题。近些年来，由于海上资源紧张，掠夺海上油气资源的国际问题频繁发生。印度尼西亚、越南等国家不顾中国政府的主张，公然对中国的岛屿进行侵犯，甚至触及到中国的底线。根据相关统计数据显示，近些年来周围国家盗采我国领海油气资源占到我国开采量的25%以上。所以，进一步加强海洋资源的管理与监控，积极维护海洋权益，确保产业发展的稳定性也是海洋油气资源勘查过程中必不可少的工作。

1.2.5 海洋油气资源开发技术

海洋油气资源勘查过程中需要借助于多种关键技术，对主要技术分析如下。

(1) 勘查分析技术，该技术是勘查过程中使用次数最多的一种技术。通过应用该技术不仅有利于行业的稳定与发展，而且通过对该项技术的更新改造，还可以直接影响经济效益和生态效益。现阶段，通过不断的改进和创新，尽管勘查技术取得了阶段性的突破与成果，但是相比于西方国家而言我们还存在一定的差距，在精确度和结果预测的精准度上仍存在一定问题，要解决这些问题来缩小差距，还需要大量的成本投资，同时做好技术规划，合理调整，满足生产实践的需求。图1-1为海上石油勘探过程示意图。

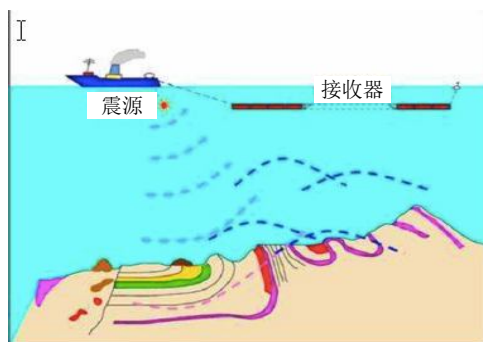


图 1-1 海上石油勘探过程示意图

(2) 深水开采技术，由于人们对能源的需求日益增长，陆上油气资源的勘探已达到一定的饱和度。尽管深水区勘探环境恶劣、风险高，但是其资源潜力很大且前景好，所以吸引了许多国家的目光。因此，深水开采成为了油气资源勘查的一个重要趋势，深水开采技术也成为了技术研发的热门领域。事实上，目前真正能够掌握深水开采技术的国家还是少数，我国作为其中之一，也没有完全攻克油层深度、复杂原油物性等问题，而且当遇到一些复杂恶劣的地理环境时，仍然没有很好的应对措施，该技术还需要进一步的研究。因此，

该技术具有广阔的应用前景和较高的具有研发价值。

(3) 三次采油技术, 该技术借助一种聚合物进行驱油, 通过采用三次采油技术, 能够有效提升原油的综合采收率, 可以在正常条件下提升采油率 10%以上, 在该项技术应用与实践后, 其综合采收率有望达到 15%以上, 大大提高了油气的采收量, 提高了收益, 为企业节约大量的成本。由于是新技术, 所以在生产实践过程中仍然存在许多问题。因此, 还需要进一步进行技术改造和创新, 才能够推广使用。

(4) 水平井开采技术主要借助于地质导向钻井的技术来满足设计优化的要求。现阶段该技术已经不再针对单一的方向进行处理, 而是可以针对开采的模式来进行开采。不过, 该技术也存在一些局限性, 在分级注水等方面存在一些问题, 需要进一步进行技术完善才能够实现。

对低渗透油田的开采也是未来需要关注的一个方向。根据相关统计数据显示, 在我国的油田体系当中, 存在大量的低渗透油田, 这些油田的开发利用率不高, 浪费严重, 导致我国的许多不可再生资源被浪费。现阶段海洋油气资源勘查过程中, 开始关注低渗透油田的勘查与分析工作, 借助于快速、高强度的支撑, 来解决水力压裂的问题, 同时也可以进一步强化海洋油气资源勘查工作的效率, 满足后期生产的要求。

含水油田开采评估主要是通过科学的潜力评估来对优良分布、开采价值进行分析的技术。在该技术应用后, 可以评估出海洋油气资源勘查资源的开采价值, 从而分析出企业能否盈利, 这也是提高海洋油气资源综合利用率的重要技术条件。

1.2.6 海洋油气资源开发对环境的影响

在海上进行油气资源开采时, 由于位置和地域的限制, 不像在陆地上一样可以将产生的废物集中在某个区域来减少环境破坏, 由于各种废弃物没有进行回收处理, 直接排放到海中, 使得海洋环境遭受到极大破坏。与此同时, 由于操作不当或者设备老化等原因, 海上油气事故多次发生, 油气泄露使得海水受到极大的污染, 这些都导致海水清洁难度不断加大, 进而使渔业、旅游业、交通运输业都受到巨大的影响。

海洋油气资源的开发会对渔业的发展造成一定的影响^[15]。各类鱼虾蟹都选择在浅海水域产卵繁殖, 而在这片区域进行大规模的开发, 会产生大量的污染物, 使得鱼卵受到油气污染。若为浮游性鱼卵, 那么它们遭受污染的概率将变得更大, 甚至这些散发到海水的污染物会危及他们的生命, 影响鱼虾蟹的繁殖, 使得其数量大大降低。因此, 若在渔业养殖区发生了石油泄漏, 将会对渔业的发展造成极大的影响。实验表明, 当海水中含油浓度超过一定数值后, 鱼体便会出现异臭, 影响到养殖鱼种的质量。由于海洋软体动物和甲壳类动物长期生活于海底, 因此, 长此以往, 体内就会积累大量的石油烃, 造成大量减产, 并影响质量。

沿海地区的旅游业也会受到海洋油气资源开发的影响。清洁干净的环境是发展旅游业的基础。而油气资源的开发产生的大量废弃物和污染，成为了旅游业发展的一大阻碍。按照 GB 3097—1997《海水水质标准》，海边旅游业的发展要满足三类海水水质，沙滩浴场和与人体直接接触的水上运动应该满足二类海水水质。若在旅游区发生石油泄漏，则会污染海水，使得滩涂遭受损害，不但影响游客的观赏效果，还会降低景区口碑，给当地带来巨大的经济损失，甚至会使接触海水的人们染上皮肤病。

此外，油气资源的开发勘探也会影响海上交通运输业的发展。在很多地区，以海洋港口为主的交通运输业能给当地带来巨大的经济效益，已经成为当地的支柱性产业。然而带来高收益的同时，也面临着较高的环境风险，输送过程中，一旦出现油气泄漏，控制清理将会影响航运的正常进行，不能按时到达目的地。若燃油为轻质油等其他易燃油时，还会存在火灾的危险。

1.2.7 海洋油气资源未来发展方向

在海洋油气资源勘查开发过程中，若将所有注意力都放在效益上，往往会忽视整个过程中对海洋环境的破坏与影响，而如何合理开发，如何有效地维护海洋环境的平衡，防止海洋环境变差，是我们应该共同关注的问题。在海洋油气资源开发过程中，要想做到趋利避害，必须确定良性的发展方向。

(1) 将海洋产业布局重新规划，使其更加合理，这是维护海洋生态平衡的前提。将海洋产业之间的关系缕清，清楚它们的联系与区别，使海洋产生更大的经济效益，在进行海洋油气开发时，要提前对海域进行勘查，做好准备工作。例如在打井时，多打密集型丛式井，从而降低占海的面积等。

(2) 重点关注海洋油污的防治清理工作，做好清理和检测，这是确保各种海洋产业发挥经济效益的关键。此外，要加强对工作人员的管理和培训，提高工作人员的责任心。要保质保量地完成海上环境保护工作，经常检测海上环境，在进行勘探开发生产作业之前，必须做好相应的准备工作，对整个项目所产生的破坏性进行准确的评估，包括整个项目过程中产生的废气、废渣等。相关管理部门要制定管理制度，以重点环节为主，进行有效的监督和管理。同时要增加对海洋环保的投入，更新海上环保设备，确保环保设备工作状态正常，确保勘探工作的正常进行，杜绝重大污染事故的发生。

(3) 执法部门也要增强责任意识，加大监督力度，这是确保海洋经济环境发展不可或缺的一步。执法部门与其他相关部门相互配合，共同为维护海洋环境定制度、想对策，为海洋经济环境构建良好氛围。与此同时，各产业部门要密切联系，共享海洋环境的监测调查、研究、管理数据。在油田开采过程中，对污染排放状况要做好记录，定时交给相关部门，将数据资料进行搜集和统计，确保海洋生态系统的良性循环。

人类进入 21 世纪, 由于陆地油气资源的开采日趋饱和, 海洋上的各种油气资源对发展起着至关重要的作用。要想保证海洋经济环境的平衡发展, 就要加大监管力度, 使油气资源得到有效的开发和利用。因此提高海洋经济环境氛围, 加强海洋环境建设, 走可持续发展之路, 是我们今后的发展方向。

1.3 海洋能资源

1.3.1 海洋能

海洋能包括潮汐能、潮流能、波浪能、温差能和盐差能等, 它是一种可再生的巨大能源^[16-18]。据估算, 世界上仅仅利用潮汐能这一项, 就可发电约 260 万亿度。

根据潮汐能的发电原理, 一般潮汐发电站建在潮差比较大的地方。20 世纪 50 年代后期, 潮汐能是我国建立电站主要应用的能源, 这些电站主要分布在沿海城市, 总量达 40 多座, 总装机容量 500kW。到 20 世纪 70 年代初再度出现潮汐发电热潮, 至今仍在使用的潮汐电站共有 8 座, 总装机容量 500kW。选好建站址后就要开始修建水库, 因为海洋里的水是相连一体的。为了利用它发电, 首先要将海水蓄存起来, 这样便可以利用海水出现落差产生的能量来带动发电机进行发电。我国的潮汐能量也相当可观, 蕴藏量为 1.1 亿 kW, 可开发利用量约为 2100 万 kW。浙江、福建两省海岸线曲折, 落差较大, 这两地的潮汐能占全国的 80%。尤其是浙江省的钱塘江口, 是建设潮汐电站最理想的河口。

波浪的能量也可以转换为可利用的能源, 这也是一种发展前景很好的能源, 据计算, 在全世界, 海洋中可开发利用的波浪能约为 30 亿 kW 左右, 而在我国海域中, 蕴藏量就达 1.5 亿 kW, 可开发利用量为 3000 万~3500 万 kW^[19]。目前, 一些发达国家已经开始建造小型的波浪发电站。然而, 对于温差能和盐差能这两种能量, 仍处于研究探索阶段。

1.3.2 海洋能的应用

在海洋能的各种能源当中, 潮汐能技术发展最早, 也最为成熟, 目前好多国家已经建成发电站并已经进入商业开发阶段^[20-21]。如法国朗斯电站、中国的江夏电站等。

波浪能和潮流能还处于技术研发和示范实验阶段。2020 年, “南海兆瓦级波浪能示范工程建设”项目首台 500kW 鹰式波浪能发电装置“舟山号”正式交付。如图 1-2 所示。2020 年, 我国首个潮流能实验平台——舟山潮流能发电示范工程完成海上机组吊装, 进入调试发电阶段。

温差能是通过热能进行发电, 目前处于研究的初级阶段。2012 年, 国家海洋局第一海洋研究所承担的“十一五”国际科技支撑计划——15kW 温差能发电装置研究及实验项目通

过验收，标志着中国成为继美国、日本后，第三个掌握海水温差能发电技术的国家。温差能发电的同时，还能够产生淡水，对世界能源开发有着较大的吸引力。



图 1-2 500kW 鹰式波浪能发电装置

1.3.3 海洋能的应用原理

波浪能的原理是将波浪本身的动能转换成机械能，利用波浪高度的变化转换成水的势能。波浪能发电过程大致分为三部分：第一步是将波浪能转换成机械能；第二步将机械能转换成旋转能；第三步就是将旋转能转换成电能^[22]。震荡水柱技术有着它自身的优越性，可以不与海水直接接触，防腐性好。该技术主要是将空气作为媒介，分为两级能源转换装置：①一级转换装置是通过气室与海水相连，上口与大气相通，气室内部有一个水柱，在波浪的作用下使水柱上下振动，产生气压，把海洋能转换为液压能和动能；②二级能源转换装置内部有发电轴，一级转换装置产生的液压能和动能带动发电轴运动，从而发电。而阀式技术大体分为三级能源转换装置：一级能源转换装置是将波浪能转换成阀体运动的机械能；二级能源转换装置就是利用一级能源驱动液压泵，产生液压能，驱动电动机转动转换为机械能；三级能源转换装置就是利用二级转换装置产生的机械能带动发电机产生电能。

人类接触最早的海洋能源就是潮汐能，它的原理是根据海水在月球和太阳引潮力的作用下周期性的涨落规律来进行电能开发^[23-24]。潮汐能之所以得到广泛应用，是因为它有十分明显的规律性，根据海洋周期的变化而变化，海洋周期性进行垂直升降和水平运动。垂

直升降形成潮汐位能，水平运动就形成了潮流能。早在百年之前，就开始了对于潮汐能是如何发电的进行了研究，就目前来看，潮汐能发电技术是现阶段技术最为成熟的发电技术，发电形式主要包括三种类型：单库单向发电技术、单库双向发电技术和双库双向发电技术。单库单向发电技术也称为落潮发电，在落潮时蓄水打开，在落潮后就能利用势能发电，最为典型的的就是我国温岭沙山潮汐电站；单库双向发电技术只采用一个水库，无论是涨潮还是落潮都可以进行发电，但是在平潮时是无法进行发电的，最为典型的是东莞镇口潮汐电站；双库双向发电技术采用了高低不同的水库，将发电机组设置在水库之间，在涨潮时水库会蓄满水，在落潮时则会放水，保持两个水库之间的水位始终存在高度差，无论涨潮还是落潮，都能够不间断地发电，且电力的输出是非常平稳的。

盐差能发电技术的原理就是利用海水与淡水的浓度差进行发电，通过一个半透膜装置，即可将盐水和淡水隔离，通过淡水在盐水侧的渗透作用，对两边的浓度进行中和，直到两边浓度一致，从而造成盐水侧水位是高于淡水侧的，达到发电的目的^[25]。目前，这一技术只在理论上行得通，应用于实践后，还有一系列的问题尚未得到解决，也无法进行推广性的应用。

现阶段，海水淡化也是海洋能的主要应用领域之一。海水淡化技术在科研人员的不断研究之下不断创新，但是能源却成为了海水淡化技术发展道路上的阻碍^[26-27]。在过去，研究人员尝试利用其他方法替代能源进行海水淡化，但是都有问题出现。如采用的太阳能，由于能量密度较低，因此存在占地面积大，易受气候和时间的影响；采用风能，风能本身存在能量不稳定与不连续的问题；采用核能进行海水淡化安全系数低，不仅要对产品设立放射性保护措施，还要确保停堆时淡水的稳定供应。因此，将海洋本身具有的能量应用于海水淡化最为合适。波浪能、潮汐能、温差能等不同形式的海洋能，都是通过海洋对太阳能的不断吸收，通过一定的方式转化而成。

利用波浪能进行海水淡化，具有可再生、无污染、无危害和储量大等优点。采用波浪能进行海水淡化，整个系统分为三个部分：收集装置、能量转换装置及海水淡化装置。通过研究波浪能收集装置在海洋波浪中运行的水动力特征，从而对各类波浪能收集装置进行改进，对海水淡化系统的稳定性不断优化。

在理论上，温差能的储量为所有海洋能之最，但由于温差能不易开发，导致其实际开发规模并不大。此外，温差能海水淡化的温度较低，难以使海水蒸发，不利于海水淡化工作的进行。研究人员通过多次进行尝试，最终得出了“上层温水先闪蒸再换热的系统淡水生产率高，但发电效能低于先换热再闪蒸的系统”的结论。对于单纯的温差能海水淡化系统来说，当进入系统的温差能大于其产水耗能时，温差能海水淡化的冷凝优势则在出水速度上远大于其他海水淡化过程，这使温差能在快速海水淡化方面大有作为。

水流能具有固定的运动周期，有着较高的能量密度。但由于流速变化幅度很大，直接

用水流驱动完成海水淡化，会严重破坏产水的稳定性。利用洋流能进行海水淡化，运回岸上难度较大，需要投入较高的成本，往往只是利用洋流能进行发电。

1.3.4 海洋能开发利用对环境的影响

在海洋能开发利用过程中，对海洋环境的影响以及对海洋生态平衡的影响，是全球共同关注的问题^[28-29]。

在进行海洋能资源开发之前，需要做好准备工作，主要包括海洋能设备安装、海底锚泊设施建设及海底输电电缆铺设等。在安装开发设备期间，会产生振动、噪声等，这极大地扰动了海洋生物的生活环境，水中产生大量的悬浮物，破坏海底栖息环境的稳定性。在海洋能开发设备运行期间，出于好奇试探性地靠近运营设备，部分鱼类会试图穿过运动的风轮间隙，很容易造成海洋生物与设备发生碰撞的事故。此外，由于海洋设备系有大量的电缆，这些电缆很容易缠住海鸟等生物，使其无法运动。

在海洋生物进行交流、繁殖、捕食时，它们是十分敏感的，设备安装运行期间会产生噪声和振动，在水中不断放大，干扰了海洋生物的正常生活。较其他海洋生物而言，鱼类及哺乳动物对声音更加敏感，因此对这类生物造成的影响更大。建设期间大量船只频繁作业将对海洋中的声环境产生很大的影响，项目运营期间，设备转动产生的噪声将长期影响海洋生物的正常生理活动。

海洋能设备不仅会直接影响某种或某些海洋生物，还会对食物链造成影响，导致食物链上的每种海洋生物受到影响，甚至影响整个区域生态系统。例如，波浪能和潮流能发电装置会引起鱼群的聚集或者迁移，而发电装置海域的海鸟数量也会随之增加或减小。

开发设备的长期运转，导致水动力条件改变，这一问题也是在潮汐电站运营中需要重点关注的问题。水动力条件的改变将改变海底输沙，从而影响造滩过程，改变区域性海域近岸生态环境，甚至有可能导致区域生态系统的变化。另外，海底输沙受到影响也可以对港航资源产生影响，如改变泥沙输运影响航道水深。

化学影响和电磁影响也是海洋能工程建设过程中不可避免的问题。油气泄漏会对海洋造成化学污染，海底埋设的电缆设备，在输电期间会不断地产生电磁辐射。对于这两种比较常见的问题，相关部门已经有先进的技术和防范措施，因此其得到了有效的控制，并没有将其作为影响海洋环境的关键性问题来研究。

1.3.5 海洋能对环境影响的对策

海洋能利用对海洋环境的影响是区域性的，应对其影响进行分析研究，科学确定海域自然属性的改变程度。在海域管理用途管制中，明确用海方式的控制要求，将控制要求分为三个等级：禁止改变、允许改变和严格改变。波浪能和潮流能的主要用海方式包括：①发

电装置和变电设施的用海属于透水构筑物用海；②输电缆线属于海底电缆管道用海；③维护通道属于专用航道、锚地及其他开放式用海。因此波浪能和潮流能项目的用海方式，对自然环境的破坏较小，可选择的地址也较多。然而海洋能项目较其他用海工程具有特殊性，海洋能设备运营将扰动水流、改变海域水动力条件，从而改变输沙过程，影响造滩过程，因此缺乏长期科学数据的积累，海洋能运营期是否会改变海域自然属性这一问题尚难以明确。

开展海洋能项目对生态保护重点目标的影响研究，合理选择规划项目位置；在确定项目位置的时候，不仅要考虑此位置海洋能源的开发量，还要兼顾该位置是否是海洋生物的栖息地，若在这个位置开发，是否会惊扰海洋生物的生活环境，造成生态环境的失衡^[30]。这些问题都要考虑到，综合以上问题，再确定项目的位置。

对海洋能用海活动展开研究，严格制定安全防护距离。大型的潮流电站工程的建设，会改变建设区域的水流条件，导致水流流向发生改变，影响通航；在潮流能电站建成运行期间，由于海底潮流能装置减少通航水深，航道的通航条件恶化，对航运的影响较大。因此，分析海洋能项目与其他航运项目之间的用海活动，清楚它们之间的关系，可以制定更合适的安全距离，减少各种用海活动之间的影响，有助于保障安全有序用海。

1.3.6 海洋能发展趋势展望

对于海洋能的利用，虽然在可再生能源领域中，起步晚且发展比较缓慢，但在深海开发中仍然具有一定的竞争优势；在现阶段，由于潮汐能的开发存在高投入、难度大等原因，其开发前景并不是十分理想；温差能与盐差能由于基础较弱，也没有应用于生产实践中^[31]。基于目前这种情况，我国当前海洋能开发以波浪能与潮流能为主。虽然海洋能最终必将会占据主导地位，但就其目前的发展状态来看，远未体现其开发的先进性，这种结果是由于理论研究不足，不清楚每种能量的开发机理；系统研究不完备，能量传递配合低下；对风险评估不准确，无法保证安全性等造成的。我国海洋能开发技术未来的发展方向将与深海资源开发紧密结合。早期的方式是从陆地上开发能源之后，通过海上输送；目前主要是从海上开发能源，就地取源。两种方式相比，第二种方式无论从资源质量、投资成本、供给的时效性等各方面都具备明显优势。

针对上述我国海洋能特点及海岛开发的重大需求，可将测试场建为海岛电站，既可以为海岛供电，又可以将技术进行推广传播，将成熟技术应用于更多的海岛，形成一个创新链^[32]。以事关国计民生的重大战略需求为引导，关注海洋能在开发与利用过程中的重点与难点，对存在的难点进行分析研究，制订合理的发展计划，提高我国海洋能产业核心竞争力，提高自主创新能力，攻克重大共性关键技术，更新产业模式，为海洋能的产业化与商业化发展提供持续性的引领与支撑作用。

1.4 本章小结

本章重点阐述了海洋资源的开发现状。海洋是资源宝库，海洋资源大体分为油气资源、海洋能资源、生物资源等。随着科学技术的不断发展，特别是勘探技术和钻井技术的发展，进而海洋资源开发利用的规模迅速扩大，海底资源勘探开发变得愈加激烈。在海洋资源勘探开发过程中，自然地也就产生了对海洋环境的破坏、对渔业养殖产业的影响、对海洋生物生活环境的干扰等一系列问题。第一节介绍了海洋资源的种类，包括生物资源、矿物资源、化学资源、海洋能资源。第二节介绍了海洋油气资源，包括开发现状、分布特征、世界重点盆地中海洋油气资源勘探与开发情况、勘探技术及常见问题、开发技术的分类、开发对环境的影响、确定未来的发展方向。第三节介绍了海洋能资源，包括海洋能的应用、海洋能开发利用对环境的影响、针对常见问题制定的对策、未来的发展趋势展望。

参考文献

- [1] 李军, 伶俐. 全球海洋资源开发现状和趋势综述[J]. 国土资源情报, 2013 (12): 13-16.
- [2] 王家秀. 世界海洋油气资源的勘探开发现状及展望[J]. 中国海上油气, 1991(2): 47-52.
- [3] 何琦, 汪鹏. 深海能源开发现状和前景研究[J]. 海洋开发与管理, 2017 (12): 66-71.
- [4] 吴进, 罗嘉诚, 高柏. 世界海洋资源开发现状[J]. 瞭望周刊, 1987 (02): 30.
- [5] 李鹏程. 海洋生物资源高值利用研究进展[J]. 海洋与湖沼, 2020 (4): 750-756.
- [6] 吴雨轩. 浅谈我国海洋生物资源的可持续利用[J]. 低碳世界, 2019 (1): 318-319.
- [7] 严丽. 海洋矿物资源及其获取技术简介[J]. 黑龙江冶金, 2004 (03): 46-48.
- [8] 胡领太. 海洋矿物资源开发的现状与展望[J]. 矿产综合利用, 1985 (03): 55-60.
- [9] 李增新, 孙云明. 海水化学资源的开发与利用[J]. 化学教育, 1998 (12): 56-62.
- [10] 江文荣, 周雯雯, 贾怀存. 世界海洋油气资源勘探潜力及利用前景[J]. 天然气地球科学, 2021 (06): 990-995.
- [11] 柯鑫剑. 海洋油气资源开发技术发展的思考[J]. 山东工业技术, 2015 (03): 82-83.
- [12] 王鑫. 海洋油气资源勘探与开发技术[J]. 化学工程与装备, 2020 (10): 110-111.
- [13] 张蕾, 贾宁. 海洋油气资源的勘探与开发[J]. 石化技术, 2017 (3): 116.
- [14] 吕啸. 有关海洋油气资源开发技术的思考[J]. 中小企业管理与科技, 2015 (09): 242.
- [15] 刘玉亮. 浅析海洋油气资源的开发对海洋经济环境的影响[J]. 经济视角, 2013 (08): 12-13.

- [16] 杜军. 采空区瓦斯抽采高位钻孔施工技术与发展趋势探析[J]. 能源知识, 2020 (03): 90-91.
- [17] 章立凡. 水利环保中的高科技应用[J]. 水利天地, 2012 (08): 23.
- [18] 王京生. 海洋能资源[J]. 能源与节能, 2020 (03): 91.
- [19] 张露予. 国际竞争环境下我国海洋能产业技术创新主体系统研究[D]. 哈尔滨工程大学, 2015.
- [20] 麻常雷, 夏登文, 王萌. 国际海洋能技术进展综述[J]. 海洋技术学报, 2017 (04): 70-74.
- [21] 王灵鑫. 浅谈海洋能在发电技术中的应用[J]. 科技展望, 2016 (25): 169.
- [22] 陈映彬, 黄技, 赖寿荣. 波浪能发电现状及关键技术综述[J]. 水电与能源, 2020 (01): 33-43.
- [23] 刘邦凡, 栗俊杰, 王玲玉. 我国潮汐能发电的研究与发展[J]. 水电与新能源, 2018 (11): 1-5.
- [24] 张浩东. 浅谈中国潮汐能发电及其发展前景[J]. 能源与节能, 2019 (05): 53-54.
- [25] 张雅洁, 赵强, 褚温家. 海洋能发电技术发展现状及发展路线图[J]. 中国电力, 2018 (03): 94-99.
- [26] 陈志莉, 郑涛杰, 孙荣基. 利用海洋能进行海水淡化的研究进展[J]. 太阳能, 2017 (06): 55-60.
- [27] 陈风云. 海洋温差能发电装置热力性能与综合利用研究[D]. 哈尔滨工程大学, 2017.
- [28] 雷顺安. 潮汐能直接驱动海水淡化的装置系统及其实验研究[D]. 广东海洋大学, 2017.
- [29] 欧玲, 徐伟, 董月娥. 海洋能开发利用的环境影响研究进展[J]. 海洋开发与管理, 2016 (06): 65-70.
- [30] 孟洁, 张榕, 孙华峰. 浅谈海洋能开发利用环境影响评价指标体系[J]. 海洋技术, 2013 (03): 129-141.
- [31] 于灏, 徐焕志, 张震. 海洋能开发利用的环境影响研究进展[J]. 海洋开发与管理, 2014 (04): 69-73.
- [32] 史宏达, 王传崑. 我国海洋能技术的进展与展望[J]. 太阳能, 2017 (03): 30-37.