

Technology of Quality Evaluation of Geological Reserves to Promote Offshore Oil Field Development

Xiaoqing Hu¹, Guangyi Hu¹, Qinghong Yang², Hui Wang¹, Ting'en Fan¹, Zhenkun Liu¹, Yufei Gao¹, Dawen Lu¹, Dakun Xiao¹

¹CNOOC Research Institute, Beijing

²Tianjin Branch of CNOOC Ltd, Tianjin

Email: huxq@cnooc.com.cn

Received: Aug. 22nd, 2018; accepted: Sep. 7th, 2018; published: Sep. 14th, 2018

Abstract

In view of the high cost of offshore oil field exploration, the exploration wells and evaluation wells are few and the data are limited, and the geological uncertainty is very great. The method for evaluating the quality of geological reserves for offshore oilfields is proposed, which analyzes the geological reserves distribution, quality type and scale of proven geological reserves, reliability sequence of probable geological reserves. It provides the basis for oilfield development to determine development and utilization of geological reserves, well pattern deployment, engineering facilities layout, drilling sequence. The application results show that the technology of quality evaluation of geological reserves, not only unifies the work ideas, methods and requirements, but also plays an important role in scientific development plan, effective risk averse investment, and efficient development of offshore oilfields in China etc.

Keywords

Quality Evaluation of Geological Reserves, Offshore Oilfields, Development and Utilization of Geological Reserves, Avoid Risk

地质储量品质评价技术推动海上油田开发

胡晓庆¹, 胡光义¹, 杨庆红², 王 晖¹, 范廷恩¹, 刘振坤¹, 高玉飞¹, 陆大文¹, 肖大坤¹

¹中海油研究总院, 北京

²中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津

Email: huxq@cnooc.com.cn

收稿日期: 2018年8月22日; 录用日期: 2018年9月7日; 发布日期: 2018年9月14日

文章引用: 胡晓庆, 胡光义, 杨庆红, 王晖, 范廷恩, 刘振坤, 高玉飞, 陆大文, 肖大坤. 地质储量品质评价技术推动海上油田开发[J]. 地球科学前沿, 2018, 8(5): 893-899. DOI: 10.12677/ag.2018.85098

摘要

针对海上油田勘探高成本, 钻探的探井和评价井少、资料有限, 地质不确定性较大, 不同海域对地质储量分析程度不一, 形成海上油田地质储量品质评价技术方法, 以分析地质储量分布特征、探明储量单元的品质类型及其规模、控制储量单元可靠性序列等, 为油田开发动用地质储量的确定、井网部署、工程设施布置、钻井顺序等提供基础和保障。应用效果表明, 地质储量品质评价方法, 不仅统一了工作思路、方法和要求, 而且对科学编制开发方案、有效规避风险投资, 高效开发中国近海油田等具有重要的意义。

关键词

地质储量品质评价, 海上油田, 开发动用地质储量, 规避风险

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近海油气田开发是我国油气工业可持续发展的重要领域之一。一层海水之隔, 铸就海上油田开发具有高风险、高难度、高投入的特点, 产生有别于陆上油田开发的难点和投资风险[1] [2]。陆上油田开发可以边勘探、边建设、边试验生产, 静态资料比较丰富, 开发方案设计基本以落实的探明地质储量为基础, 风险较小。海上油田开发却受制于平台位置和工程设施, 没有先导性试验生产, 评价井数少, 静态资料不丰富, 开发方案设计需以探明地质储量和控制地质储量为基础, 风险非常大, 必须在开发早期深入认知勘探阶段计算的地质储量, 全面梳理其品质及不确定性, 落实优质储量, 规避开发风险。地质储量品质代表了油田地质储量开发动用的难易程度, 直接影响油气田的经济效益。因此, 正确评估地质储量品质是海上油田开发过程中合理动用地质储量、部署井网、布置工程设施、制定开发策略等的重要依据。目前, 陆上油田基本不开展地质储量品质分析工作, 海上油田地质储量品质评价由胡光义等提出[3] [4], 并被编写成中国海洋石油总公司企业标准[5]。

近年来海上油田新增地质储量品质下降, 勘探开发难度加大[6] [7] [8], 对地质储量评价提出了更高的要求, 不仅仅要有量的要求, 更要跨越为质的评价。本文提出了海上油田开发地质储量品质评价研究流程, 重点阐述了探明储量品质分析和控制储量品质分析的思路、方法及案例。应用效果表明, 地质储量品质评价方法, 对科学编制开发方案、有效规避风险投资, 高效开发中国近海油田, 实现中国海洋石油产量目标等具有重要的意义。

2. 海上油田地质储量品质评价方法

海上油田地质储量品质评价研究面临诸多难点: 1) 海上油田勘探高成本, 钻探的探井、评价井少, 单井控制的探明储量规模较大(达 $1000 \times 10^4 \text{ m}^3$), 导致地质储量评价存在诸多的不确定性; 2) 基于有限的探井、评价井资料开展精细油藏描述的难度大, 进而导致储量品质分析不确定性大; 3) 地质条件复杂, 导致地质储量品质的定量化分析难度大。

针对以上难点, 通过 10 多年的探索, 形成了一套适合海上油田开发的地质储量品质评价研究思路和

方法(图 1)。具体包括以下 3 大方面:

1) 地质储量分布特征分析, 利用地质储量规模、储量丰度和储量叠合度等参数, 筛选出优质储量平面富集区和纵向富集层, 为油田的工程设施布局、开发层系选择等提供依据。

2) 探明储量单元品质分析, 包括两方面: ① 探明储量单元分类, 利用地质储量规模、储层物性、流体性质、油藏类型和参数取值方法对探明单元进行分类, 筛选出优质储量单元, 为油田的开发单元选择提供依据; ② 探明单元品质剖析, 从影响本油田地质储量的主要地质因素入手, 开展满足开发需求的精细地质研究(构造细化研究、储层细化研究和油藏特征研究), 确定探明储量单元的品质类型, 量化探明单元内部储量的落实程度, 为合理动用储量、井网部署等提供依据。

3) 控制储量单元品质分析, 以控制储量单元地质可靠程度分析为核心, 确定控制储量可靠性序列, 提出不同类型控制储量单元评价重点, 确定可供开发动用或者需评价的控制储量单元及规模, 为合理动用储量、开发兼评价井的部署等提供依据。

3. 应用效果

3.1. 构造细化研究的效果

构造因素对地质储量品质的影响主要体现在圈闭幅度和含油气区域断层的复杂程度。油田开发阶段,

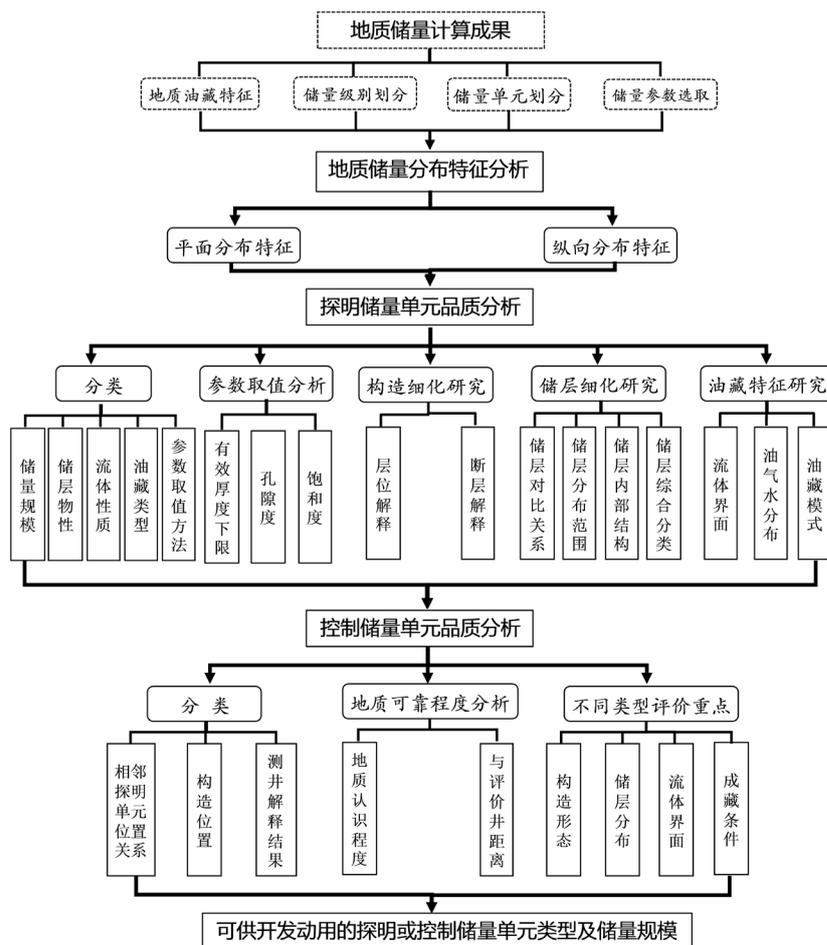


Figure 1. Flow chart of quality evaluation of geological reserves

图 1. 地质储量品质评价流程图

构造研究需加密和细化地震层位解释，原则上油藏主体构造部位加密到每一条测线，纵向宜解释到目的层油组顶、底面；同时，加密和细化断层解释，分析断层位置、纵横向的可能延伸范围和组合关系，进一步识别四、五级小断层。

例如，垦利 A 油田 1 井区，通过断层细化研究，认为断层 F30 与 F31 的接触关系很有可能是相互搭接的，导致探明单元 9 断层搭接以北的区域约 $144 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、探明单元 10 断层搭接以北的区域约 $243 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，地质储量存在较大不确定性，需要先期评价(图 2)。该认识为开发用地质储量的确定和井位部署提供了地质依据。

3.2. 储层细化研究的效果

储层因素对地质储量品质的影响主要体现在井间对比关系、储层分布范围、储层内部物性变化等。油田开发阶段，储层研究需开展砂层组或小层划分与对比，分析可能的储层对比关系及其对应的储层平面分布范围不确定性；识别储层内部可能的不连续区带和物性变化区带等；综合储层岩性、物性和孔隙结构等特征，对储层进行综合评价分类。

例如，秦皇岛 B 油田位于渤海湾盆地石臼坨凸起东倾末端北侧断层下降盘的断坡带上，主力含油层位为沙一二段。受古地貌和沉积物源的影响，储层存在“杂”“低”“厚”“变”的特点：① 岩性复杂，包括灰质砂岩、鲕粒白云岩、白云质砂岩、凝灰质砂砾岩、砂岩和砂砾岩；② 物性差，平均渗透率为 $4.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ；③ 油层累加厚度高达 200 m，内部隔夹层不发育，单油层厚度达 130 m；④ 横向厚度变化快，砂岩厚度分布为 60 m~330 m。勘探评价阶段，受地震资料品质、研究时间等因素的限制，对储层空间分布认识不清，按照构造层状模式把不同岩性组合段作为同一单元计算储量，单个开发单元规模达到 $3600 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。若按照该构造层状模式，会采用常规的规则井网开发，势必使得该油田的开发存在较大不确定性，造成早期大量的风险投资。开发阶段，通过精细描述储层空间分布，对沙一二段扇三角洲储层进行了重新认识，充分认识到储层受古地貌控制，在空间上范围受到一定限制，横向存在岩性边界，属于构造-岩性油藏。基于新的储层认识，储量单元细化为 5 个，探明石油地质储量减少约 20%，定量表征出可动用地质储量约 $2800 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，从而规避了因储层认识不清而导致的储量风险(图 3)。同时，综合岩性、物性和微观特征等，将储层分为 I 类、II 类和 III 类，并估算不同品质储层对应的地质储量，其中，I 类储量约 $1000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、II 类储量约 $1600 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、III 类储量约 $200 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。此外，建议暂时取消岩性尖灭线范围外的 9 口开发井的部署，并部署 1~2 口兼评价开发井以先期评价储层范围，以降低储层认识不清带来的开发风险投资。

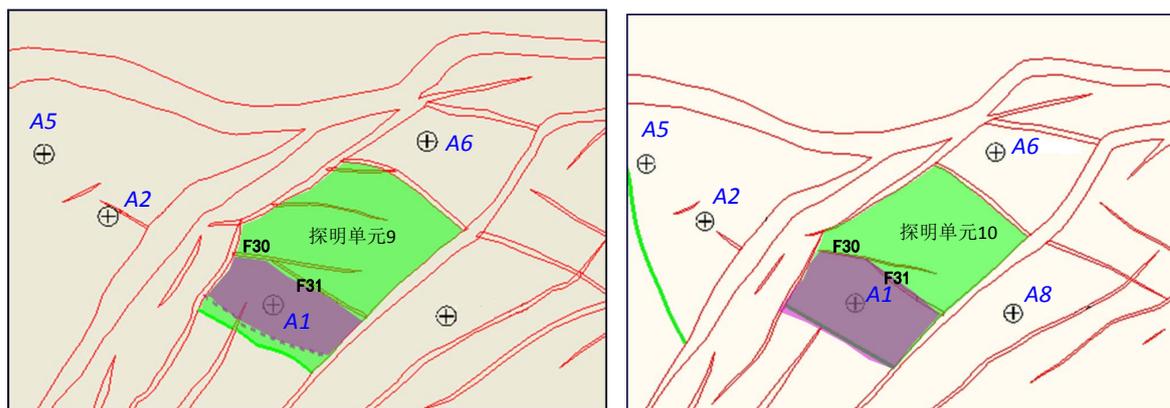


Figure 2. Influence of overlap of fault F30 and F31 on proved units in A oilfield
图 2. 垦利 A 油田断层 F30 与 F31 搭接对探明单元的影响

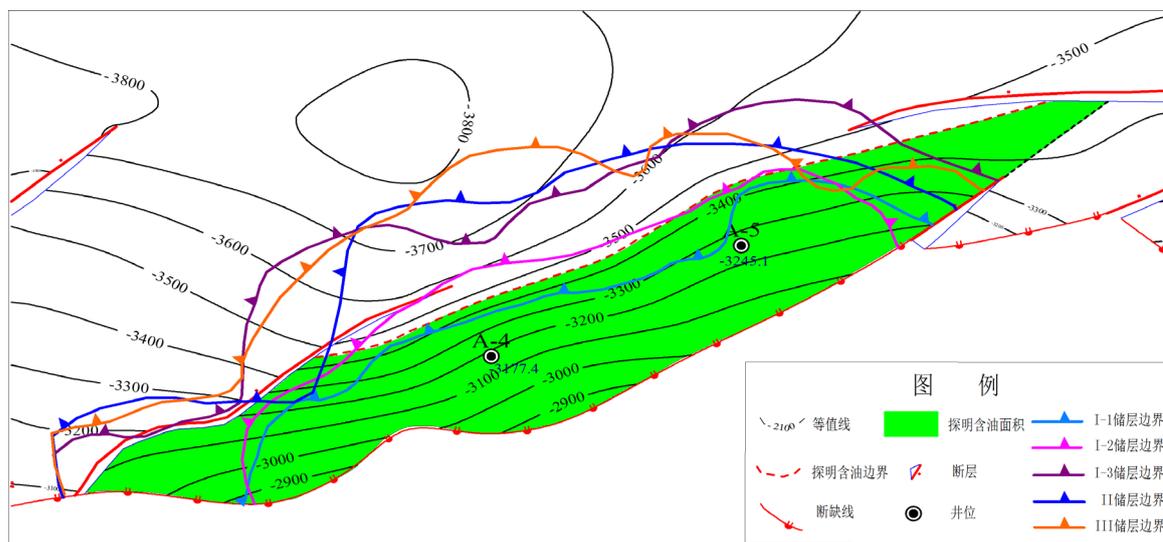


Figure 3. The overlay of sandbody area and proved oil area in B oilfield
图 3. B 油田各砂组扇体边界与储量计算阶段探明含油面积的平面叠合图

3.3. 控制储量可靠性分析的效果

控制储量通常由于无井控制，不确定性较大，开发方案中难以有效动用，有必要进行可靠性分析，确定可供动用的控制单元或者先评价后动用的控制单元，以合理动用控制储量，避免资源浪费。

例如，渤中 C 油田 N2D-1512 砂体，大于井点有效厚度部分计算了控制地质储量，钻前认为该单元地质可靠程度较高，钻后证实厚度增加，控制储量升级，推动了油田开发(图 4)。

渤中 D 油田北块 C15-1254 砂体，位于探明单元 3D-NmII-1244 砂体相邻高断块部位，计算了控制地质储量。钻前，通过品质分析认为，该单元成藏概率较高，潜力较大，部署了 1 口开发评价井进行评价。钻后证实，该单元约 $300 \times 10^4 \text{ m}^3$ 控制储量升级为探明单元，增大了储量，推动了该油田的开发(图 5)。

3.4. 基于地质储量品质评价的开发策略

受海洋环境制约，海上油田评价井少、没有先导试验生产，油藏研究认识不确定性大，使得开发方案编制的策略要求迥别于陆上油田。通过不断的探索与实践，逐步总结形成了基于地质储量品质评价的开发策略，包括“立足优质地质储量、带动低品质储量开发”的储量动用策略、“开发主力区，评价潜力区，盘活边际区，总体设计，分步实施”的滚动开发与评价策略、合理规避风险挖掘潜力策略、“以主力层兼顾非主力层”的层系划分和组合策略。

例如，渤中 D 油田为断块油田，主要目的层为明化镇组，受构造和岩性的双重控制，储层中高孔渗，砂地比 13%，纵向上多套油气水系统，平面上分为 2/3 井区、4 井区、S1 井区、7 井区、5/6 井区等 5 个区块。其中，2/3 井区、4 井区、S1 井区探明石油地质储量占油田的 75%，为油田的主体区(图 6)。7 井区、5/6 井区距离油田主体区较远。通过地质储量品质评价，认为 4 井区储量规模大、丰度高；2/3、7 井区储量规模中等、丰度低；5/6 井区储量规模小、丰度低。开发方案编制阶段建议：① 优先动用优质储量(4 井区)，带动品质中等储量(2/3 井区)；② 暂缓动用劣质储量，5/6 井区并入北块；③ 开发兼评价，7 井区先评价再开发；④ 生产井可控制未动用探明地质储量作为开发接替。钻后证实，① 立足优质储量，加快了渤中 D 油田的开发；② 7 井开发兼评价井，新增地质储量约 $100 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，提高了油田的经济效益；③ 统筹规划，推动了渤中 D 油田北块的开发。

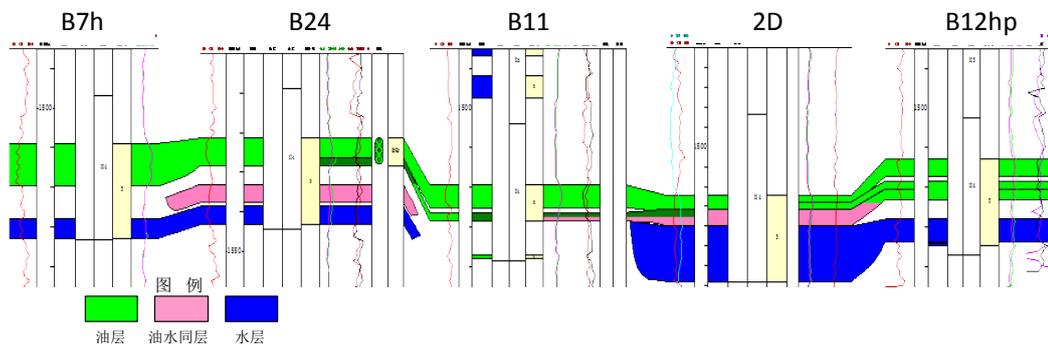


Figure 4. Profile of N2D-1512 after drilling in C oilfield
图 4. 渤中 C 油田 N2D-1512 砂体钻后连井剖面图

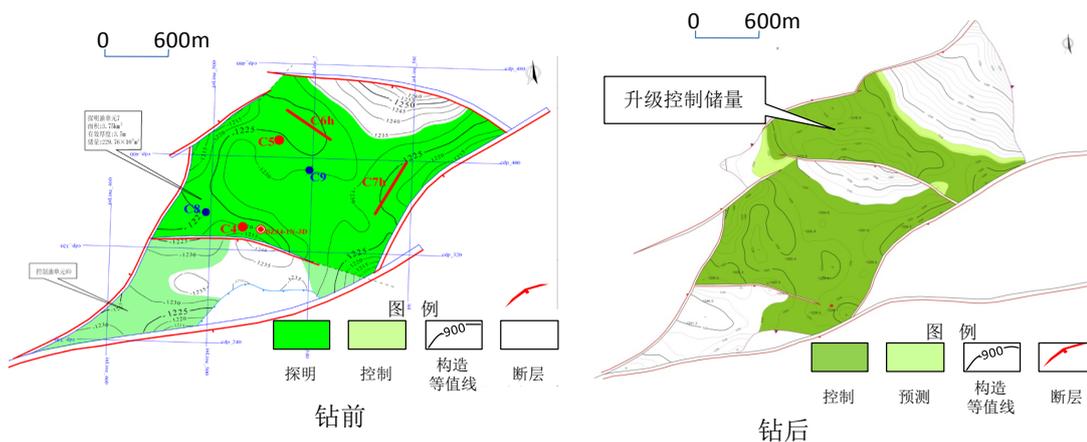


Figure 5. Contrast map of oil-bearing area before and after drilling of 3D-NmII-1244 in north block of D oilfield
图 5. 渤中 D 油田北块 3D-NmII-1244 砂体钻前钻后含油面积对比图

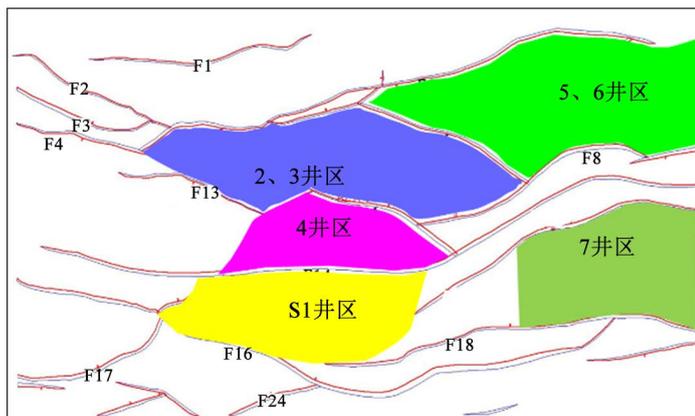


Figure 6. Block plane distribution map of D oilfield
图 6. D 油田平面分布图

4. 结束语

一层海水之隔，导致海上油田开发迥异于陆上油田，具有高风险、高难度、高投入的特点。受海洋环境的限制，海上油田仅依靠有限的探井、评价井资料开展地质油藏研究，必然导致认识的局限性和地质储量的不确定性，开发风险较大。而地质储量作为油田开发立足的根本，开发阶段对地质储量品质的

认识决定了海上油田滚动开发能力。通过多年的探索与实践，形成了海上油田地质储量品质评价技术方法，统一了工作思路、方法和要求，为油田开发动用地质储量的确定、井网部署、工程设施布置、钻井顺序等提供基础和依据，对科学编制开发方案、有效规避风险投资，高效开发中国近海油田等具有重要的意义。

参考文献

- [1] 周守为. 海上油田高效开发新模式探索与实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 2007.
- [2] 周守为, 等. 中国近海典型油田开发实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 2009.
- [3] 胡光义, 范廷恩, 宋来明, 等. 海上油田开发前期研究阶段储量品质评估方法及其应用[J]. 中国海上油气, 2013, 25(1): 33-36.
- [4] 胡光义. 海上油气田储量品质评价与开发决策[M]. 成都: 四川大学出版社, 2014.
- [5] Q/HS 2094-2016, 海上油田地质储量品质评价规范[S].
- [6] 夏庆龙. 渤海油田近 10 年地质认识创新与油气勘探发现[J]. 中国海上油气, 2016, 28(3): 1-9.
- [7] 王改卫, 黄晓波, 代黎明, 等. 渤海油田富砂性湖底扇沉积模式及有利勘探目标[J]. 中国海上油气, 2017, 31(3): 1-4.
- [8] 杨勇, 林承鄱, 祝鹏. 涠洲 11-1 油田角尾组低阻油藏成因机理及测井评价方法[J]. 海洋地质前沿, 2016, 32(4): 58-62.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ag@hanspub.org