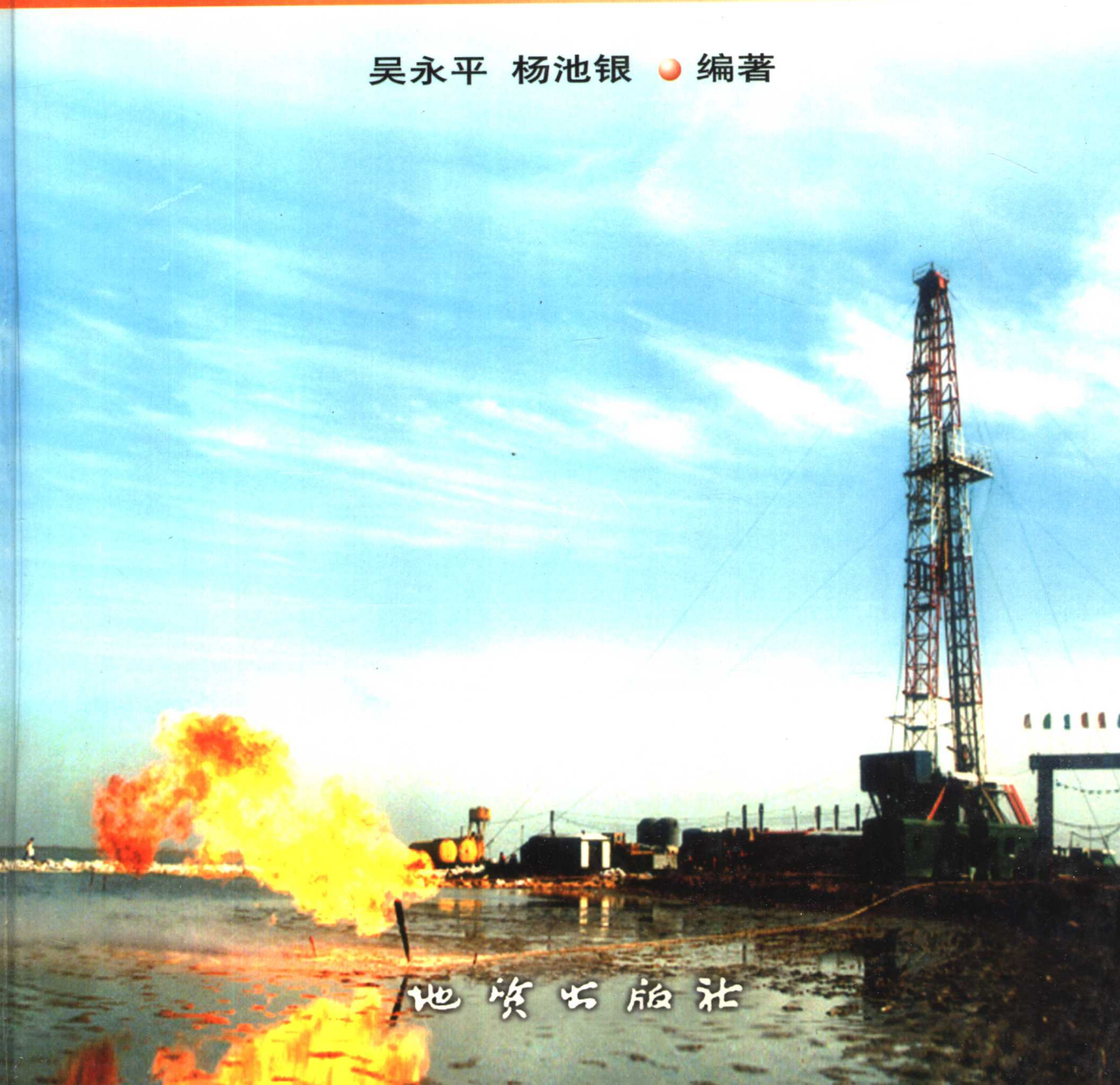


# 渤海湾盆地北部奥陶系潜山

吴永平 杨池银 ● 编著



地质出版社

# 渤海湾盆地北部奥陶系潜山

吴永平 杨池银 编著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书以获得国家科技进步一等奖的千米桥潜山勘探成果为基础,以石油地质新理论、新技术为依托,系统研究、评价了渤海湾盆地北部奥陶系潜山油气藏的形成条件和有利勘探目标。内容涉及负反转构造在潜山油气藏形成中的作用;构造活动、裸露岩溶、深埋藏岩溶等多因素控制的碳酸盐岩储层成岩演化模式;非煤成异常重碳同位素天然气的成因与判识;新生古储潜山油藏、气藏、凝析气藏和古生古储油藏、煤成气藏等各类油气藏的实例剖析;重点潜山油气藏的成藏动力学分析;潜山油气资源评价方法;渤海湾盆地北部奥陶系潜山油气藏分布规律、富集因素及目标评价等。

本书可供从事石油天然气地质研究的科技人员及高等院校相关专业师生参考使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

渤海湾盆地北部奥陶系潜山/吴永平,杨池银编著.

- 北京:地质出版社,2002.12

ISBN 7-116-03714-4

I. 渤… II. ①吴…②杨… III. 奥陶纪-含油气  
盆地-石油天然气地质-研究-渤海湾 IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 086005 号

---

责任编辑:张新元 祁向雷 王学明

责任校对:王素荣

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

电 话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324571(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:[zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京中科印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:31.5

字 数:767 千字

印 数:1~500 册

版 次:2002 年 12 月北京第一版·第一次印刷

定 价:88.00 元

ISBN 7-116-03714-4/P·2321

---

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

# 前 言

众所周知,渤海湾盆地潜山油气藏的勘探开发,在我国石油工业发展史上占有重要的地位。但是,从20世纪80年代中后期以来,潜山勘探曾一度陷入低潮。1998年大港探区发现千米桥潜山凝析气藏,并于2001年初获得国家科技进步一等奖后,再次引起人们对潜山油气勘探的关注。在中油公司的大力支持下,由大港油田分公司牵头,华北油田分公司、辽河油田分公司、冀东油田分公司参加,自1999年9月开始,进行了渤海湾盆地北部奥陶系潜山油气藏形成条件和勘探目标评价的攻关研究。在两年的研制期间内,不但有相关油田的科研人员参与研究和总结,而且有中国石油勘探开发研究院、中国石油勘探开发研究院廊坊分院、石油大学、中国地质科学院桂林岩溶研究所等科研院所的专家、学者参与了专项攻关,因而取得了一批实用性、创新性俱佳的成果。主要包括如下12个方面。

(1) 对渤海湾盆地北部及周缘奥陶系的5条地表剖面及17口钻井剖面,进行了牙形类化石的系统鉴定和研究工作,在奥陶系划分出16个牙形类带。从生物地层学角度,较好地解决了渤海湾盆地北部奥陶系与寒武系分界、奥陶系地层划分和时代归属、区域地层对比等疑难问题。

(2) 通过编制渤海湾盆地北部奥陶系顶面构造图、研究重点潜山区带构造演化、编制黄骀拗陷中区连片古构造复原图、开展野外露头区与盆内潜山构造的比较构造学研究,综合分析了渤海湾盆地北部奥陶系构造与潜山形成的关系。在一系列问题上取得了创新性的成果与认识,如千米桥潜山内幕构造以寒武系卷入的双重构造和奥陶系卷入的叠瓦扇构造为特点,印支—燕山期构造体系中的逆冲断层相关褶皱仍是现今油气富集的主要部位;乌马营潜山为印支—燕山期薄皮逆冲构造,虽经后期改造,仍为现今天然气富集的主导因素。

(3) 通过野外观察和对比分析,认定千米桥潜山的有效裂缝主要是与逆冲褶皱构造有关的纵张裂缝。以高角度缝为主,裂缝产状与地层产状密切相关。断层性质和岩性是影响裂缝发育程度的关键因素,张性断层对裂缝影响最弱,压扭性断层影响最强。使用曲率分析和应力场数值模拟相结合的方法,对千米桥潜山进行裂缝预测,结果表明潜山主体裂缝发育程度明显高于东潜山,主体内部以板深8井区裂缝最发育。

(4) 详细分析了加里东晚期—海西早期裸露岩溶、印支—燕山早中期裸露和浅埋藏岩溶、燕山晚期—喜马拉雅期深埋藏岩溶的形成条件与控制因素、岩溶作用机制、岩溶形态组合特征及区域分布规律,综合评价了三期岩溶叠加所产生的有利岩溶区块。有关晚加里东期—早海西期古地貌与岩溶发育关系;印支—燕山早中期的半裸露区和浅埋藏区,可分别由水流交换及水流循环形成较强岩溶带;喜马拉雅期热水岩溶作用等项成果,对潜山勘探具有直接的指导作用。

(5) 系统研究了对储层发育有宏观控制作用的奥陶系岩相古地理,分析了影响岩溶储层发育的内因和外因,以处于印支—燕山期裸露区的千米桥潜山和处于埋藏区的苏桥潜山

为例,探讨了不同环境条件下奥陶系储层特征、形成机制和分布规律。由于采用了野外调查和井下相结合,以及沉积储层、岩溶、构造多学科综合分析的方法,使成果和认识更加深化。有关岩石组合类型、裸露时间、古构造及古水流等因素对岩溶储层发育的控制作用,及构造缓慢上升区有利岩溶储层充分发育等论点,对潜山储层评价与预测有重要的启示。

(6) 在有机岩石学研究的基础上,划分了上古生界煤和泥岩的沉积有机相;依据多种指标分别进行了上、下古生界生烃条件评价和热演化程度研究;利用轻烃碳同位素、酸解烃碳同位素等多种新、老指标,深入论证了乌深1井天然气和孔古4井轻质油属上古生界煤系源岩生成,而孔古3井原油为奥陶系自生自储成因。其中对孔古4井和乌深1井分别产出油、气的成因分析,以及奥陶系因有机质丰度低而不能作为工业性油藏的有效烃源岩等观点,必然对古生界烃源评价及勘探方向选择产生重要影响。

(7) 根据流体包裹体和油气地球化学特征、油气源对比,并结合地质背景,认为千米桥潜山气藏属腐殖-偏腐殖型成因凝析气藏,并伴有后期气侵作用。具有多期成藏特点,从沙一段-东营期充注板桥凹陷低成熟油气,到明化镇期充注板桥、歧口凹陷高成熟油气,共经历四期充注,这是导致气藏压力和流体非均质的主要原因。根据自生粘土矿物年代学和流体包裹体,证明孔西潜山油藏经历三叠纪末和喜马拉雅期两次运移和成藏过程。

(8) 首次以专题的形式,分析了渤海湾盆地北部各探区奥陶系潜山油气藏形成条件,开展了奥陶系典型潜山油气藏解剖。认识到,与中新元古界碳酸盐岩潜山和前震旦系变质岩潜山相比,奥陶系潜山的油气源更加多样,潜山圈闭的成因类型更加复杂,其储集空间的成因模式和演化史更加捉摸不定,而逆冲构造在潜山油气藏形成中的作用则是全新的命题。

(9) 有针对性地总结了奥陶系潜山油气藏形成条件。指出有利的构造发育背景同样是奥陶系潜山油气藏形成和富集的首要因素,除早期总结的“早抬、中埋、晚稳定”外,印支-燕山期挤压逆冲构造以及燕山晚期-喜马拉雅期构造双重反转(构造活动由挤压到拉伸,构造部位由隆起斜坡转为凹陷斜坡),在潜山及其油气藏形成中同样有重要的作用。未经反转的隆起斜坡石炭-二叠系剥蚀线两侧,也是奥陶系潜山油藏形成的较有利构造背景。

(10) 低压势场驱动、分子吸附作用以及优势运移通道浮力驱动是古生代储油气成藏的主要动力机制。前两者主宰着油气的初次运移,后者则控制着古生界原生气油的二次运移及聚集成藏。构造作用所产生的瞬时低压吸附,是驱动油气从古生界烃源排出的主要动力来源。新生古储型潜山捕集油气的驱动机制,以不整合面和断层作用产生的负压吸附驱动为主。前者由古生界潜山同新生界生油层系之间的压力差所控制,负压吸附相对持续稳定;后者主要受断层活动过程中脉动式“泵吸”作用所控制,负压吸附相对不连续,油气捕集过程是幕式的、不连续的。

(11) 在研究资源评价方法原理、潜山聚油气特点及典型潜山资源量计算结果分析的基础上,设计了以供油单元法为约束条件,以盆地模拟法为计算单储系数的关键方法,再用圈闭法进行资源定量计算的潜山资源评价工作流程。

(12) 在前人潜山圈闭评价标准(近油源、高幅度、供油窗口大、保存好、多缝洞、埋深适中)基础上,提出是否具备满足油气成藏需要的烃源条件,是否具备有利构造发育

背景下形成的类型好、幅度高的潜山圈闭，是否具备适合烃源流体性质的储层条件，是否存在有效的运移通道，是否具备封闭的水动力条件和是否具备经济效益，是潜山勘探目标评价的重要内容。

综合分析认为，南堡潜山、乌马营潜山、长芦潜山、杨税务潜山、三界泡—青龙台潜山、王官屯潜山是较有利的潜山勘探目标，但仍需补充工作才能投入钻探。新港东和涧南南潜山、码头潜山（含泗村店潜山）、北堡西潜山可作为后备的勘探目标。

本书即为上述研究成果的体现。课题研究过程中，我们始终得到中油勘探和生产分公司、中油大港油田分公司主要领导的大力支持。中油公司原勘探局局长高瑞琪教授，在课题立项及研究期间给予了极大的帮助和指导。参加课题研制和本书编写的人员还有：大港油田勘探开发技术研究中心于志海、廖前进、肖敦清、苏俊清、于学敏、张亚光等；华北油田勘探开发研究院邹伟宏、卢学军、刘和平等；辽河油田研究院祝永军、张占文、谷云飞等；冀东油田刘蕴华、范文科、王秀伟等。中油勘探开发研究院等单位的程克明教授、宋岩教授、漆家福教授、金振奎教授、夏日元教授、王明明和史占祯高级工程师、夏新宇博士后及其学生、助手们为本书的完成付出了创造性的劳动。书中大港油田以外的各类成果图件均由各协作单位提供。对此一并表示衷心的感谢。

作者

2002年6月于大港

# 目 录

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| 第一章 奥陶系的划分与对比 .....            | (1)  |
| 第一节 渤海湾盆地北部前第三系基岩地层序列 .....    | (1)  |
| 一、关于元古宇—太古宇的岩浆岩和变质岩 .....      | (1)  |
| 二、中新元古界—古生界 .....              | (1)  |
| 三、中生界 .....                    | (4)  |
| 第二节 奥陶系地层划分与对比 .....           | (6)  |
| 一、生物地层研究成果 .....               | (6)  |
| 二、奥陶系综合划分与对比 .....             | (16) |
| 第二章 构造活动与潜山形成 .....            | (20) |
| 第一节 渤海湾盆地北部潜山顶面形态及展布 .....     | (20) |
| 一、潜山顶面形态特征 .....               | (20) |
| 二、潜山构造带展布 .....                | (24) |
| 第二节 构造发育与潜山形成 .....            | (31) |
| 一、渤海湾盆地北部构造发育与潜山形成 .....       | (31) |
| 二、黄骅坳陷中区前第三系基底构造及其演化 .....     | (39) |
| 第三章 潜山类型及重点潜山构造解析 .....        | (50) |
| 第一节 潜山类型 .....                 | (50) |
| 一、前人的分类方案及存在问题 .....           | (50) |
| 二、本书的分类方案 .....                | (52) |
| 第二节 千米桥潜山的构造特征、形成和演化 .....     | (56) |
| 一、千米桥潜山顶面构造形态 .....            | (56) |
| 二、千米桥潜山内幕构造特征 .....            | (61) |
| 三、千米桥潜山的形成和演化 .....            | (66) |
| 第三节 乌马营、徐黑潜山的构造特征、形成和演化 .....  | (70) |
| 一、乌马营潜山的构造特征、形成和演化 .....       | (71) |
| 二、徐黑潜山带的构造特征、形成与演化 .....       | (76) |
| 第四节 河西务和苏桥潜山带的构造特征、形成和演化 ..... | (82) |
| 一、河西务潜山带的构造特征、形成和演化 .....      | (82) |
| 二、苏桥潜山带的构造特征、形成和演化 .....       | (86) |
| 第四章 奥陶系碳酸盐岩裂缝分布与预测 .....       | (90) |
| 第一节 周缘露头区裂缝发育特征 .....          | (90) |
| 一、露头区地质简况 .....                | (90) |
| 二、裂缝发育特征与分布规律 .....            | (92) |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 第二节 千米桥潜山裂缝发育特征及成因分析 .....      | (95)  |
| 一、裂缝产状 .....                    | (95)  |
| 二、裂缝形成时期及成因 .....               | (97)  |
| 第三节 裂缝分布规律及影响裂缝发育的地质因素 .....    | (106) |
| 一、奥陶系碳酸盐岩裂缝分布规律及影响因素 .....      | (106) |
| 二、千米桥潜山裂缝定性预测与曲率分析 .....        | (108) |
| 第四节 千米桥潜山裂缝的数值模拟预测 .....        | (112) |
| 一、地质模型 .....                    | (112) |
| 二、岩石力学实验 .....                  | (114) |
| 三、模拟计算 .....                    | (116) |
| 四、裂缝发育程度预测分析 .....              | (117) |
| 第五章 黄骅坳陷奥陶系古岩溶发育模式 .....        | (124) |
| 第一节 晚加里东期—早海西期裸露岩溶 .....        | (124) |
| 一、岩溶系统 .....                    | (125) |
| 二、地貌类型及岩溶发育特征 .....             | (125) |
| 三、岩溶形态组合特征 .....                | (131) |
| 四、岩溶发育模式 .....                  | (133) |
| 第二节 印支—燕山期裸露和浅埋藏岩溶 .....        | (136) |
| 一、裸露岩溶 .....                    | (136) |
| 二、埋藏岩溶 .....                    | (141) |
| 第三节 喜马拉雅期埋藏岩溶 .....             | (147) |
| 一、压释水岩溶 .....                   | (147) |
| 二、水热岩溶 .....                    | (155) |
| 第六章 渤海湾盆地北部奥陶系储层控制因素及发育模式 ..... | (162) |
| 第一节 岩相古地理 .....                 | (162) |
| 一、岩相古地理 .....                   | (162) |
| 二、沉积相演化 .....                   | (173) |
| 第二节 奥陶系岩溶储层形成条件 .....           | (173) |
| 一、影响碳酸盐岩岩溶作用的内在因素 .....         | (174) |
| 二、影响奥陶系碳酸盐岩岩溶作用的外部条件 .....      | (183) |
| 第三节 奥陶系储层发育模式 .....             | (190) |
| 一、纵向有利储集层段的分布 .....             | (190) |
| 二、千米桥潜山奥陶系储层发育特征 .....          | (192) |
| 第七章 黄骅坳陷古生界源岩特征 .....           | (221) |
| 第一节 上古生界源岩特征 .....              | (221) |
| 一、有机岩石学研究 .....                 | (221) |
| 二、有机质丰度 .....                   | (240) |
| 三、有机质类型 .....                   | (250) |
| 四、成烃演化特征 .....                  | (252) |

|                                            |              |
|--------------------------------------------|--------------|
| 第二节 下古生界源岩特征 .....                         | (260)        |
| 一、有机岩石学研究 .....                            | (260)        |
| 二、有机质丰度 .....                              | (266)        |
| 三、有机质类型 .....                              | (271)        |
| 四、有机质的成烃演化特征 .....                         | (273)        |
| 五、利用镜质组反射率建立上、下古生界有机质演化剖面 .....            | (278)        |
| <b>第八章 黄骅坳陷潜山油气地球化学特征及油气源对比 .....</b>      | <b>(280)</b> |
| 第一节 乌深1井天然气地球化学特征及气源对比 .....               | (280)        |
| 一、乌深1井天然气地球化学特征 .....                      | (280)        |
| 二、乌深1井天然气气源对比 .....                        | (284)        |
| 第二节 千米桥潜山天然气的气源分析 .....                    | (290)        |
| 一、天然气、凝析油、源岩地化特征 .....                     | (290)        |
| 二、千米桥潜山天然气的成因类型 .....                      | (299)        |
| 第三节 孔西潜山原油地球化学特征及其成因类型 .....               | (302)        |
| 一、原油物性及地化特征 .....                          | (302)        |
| 二、油源对比 .....                               | (311)        |
| <b>第九章 黄骅坳陷千米桥、孔西潜山油气运移及成藏史 .....</b>      | <b>(316)</b> |
| 第一节 千米桥潜山油气运移及成藏史 .....                    | (316)        |
| 一、千米桥潜山气藏特征 .....                          | (316)        |
| 二、流体包裹体与油气形成、运移期次 .....                    | (321)        |
| 三、千米桥潜山凝析气藏成藏史 .....                       | (336)        |
| 第二节 孔西潜山油藏形成期 .....                        | (339)        |
| 一、矿物包裹体研究 .....                            | (339)        |
| 二、孔古3井油藏的同位素年代学分析 .....                    | (341)        |
| <b>第十章 冀中探区奥陶系潜山油气藏特征及形成条件 .....</b>       | <b>(344)</b> |
| 第一节 奥陶系潜山油气藏形成的地质基础 .....                  | (344)        |
| 一、区域结构及构造演化 .....                          | (344)        |
| 二、奥陶系储集层特征 .....                           | (348)        |
| 第二节 典型奥陶系潜山油气藏特征及形成条件 .....                | (354)        |
| 一、任北奥陶系潜山油藏 .....                          | (355)        |
| 二、南孟-龙虎庄潜山油藏 .....                         | (360)        |
| 三、苏桥潜山带奥陶系油气藏 .....                        | (363)        |
| <b>第十一章 辽河、冀东探区下古生界潜山形成与油气成藏地质条件 .....</b> | <b>(369)</b> |
| 第一节 辽河探区古生界潜山形成与油气成藏地质条件 .....             | (369)        |
| 一、辽河盆地潜山形成与发育 .....                        | (369)        |
| 二、古生界潜山成藏地质条件 .....                        | (374)        |
| 第二节 冀东探区下古生界潜山形成与油气成藏地质条件 .....            | (378)        |
| 一、构造格局 .....                               | (378)        |
| 二、下古生界碳酸盐岩储层特征 .....                       | (382)        |

|                                            |              |
|--------------------------------------------|--------------|
| 三、下古生界油藏特征及成藏条件 .....                      | (386)        |
| <b>第十二章 渤海湾盆地北部奥陶系潜山油气藏形成条件和富集因素 .....</b> | <b>(392)</b> |
| 第一节 奥陶系潜山油气藏形成条件 .....                     | (392)        |
| 一、必须具备较为有利的构造发育背景 .....                    | (392)        |
| 二、生储运聚各项参数有机配置才能构成有效的含油气系统 .....           | (400)        |
| 三、烃源特点既影响油气资源丰度也控制油气藏的流体类型 .....           | (406)        |
| 第二节 渤海湾盆地北部奥陶系潜山油气藏分布及富集规律 .....           | (411)        |
| 一、渤海湾盆地北部奥陶系新生古储潜山油气藏分布特征 .....            | (411)        |
| 二、奥陶系新生古储潜山油气藏富集因素 .....                   | (414)        |
| <b>第十三章 潜山油气资源量预测方法研究 .....</b>            | <b>(424)</b> |
| 第一节 典型潜山区带资源预测方法选择及结果分析 .....              | (424)        |
| 一、油田规模序列法 .....                            | (424)        |
| 二、供油单元法 .....                              | (426)        |
| 三、蒙特卡洛圈闭体积法 .....                          | (432)        |
| 四、二维盆地模拟法 .....                            | (437)        |
| 第二节 潜山区带资源评价方法及长芦潜山资源量计算 .....             | (447)        |
| 一、四种方法资源预测结果对比分析 .....                     | (447)        |
| 二、潜山区带资源预测方法的优选与集成 .....                   | (448)        |
| 三、长芦潜山资源预测 .....                           | (449)        |
| <b>第十四章 渤海湾盆地北部奥陶系潜山勘探目标评价 .....</b>       | <b>(453)</b> |
| 第一节 冀中探区潜山勘探目标评价 .....                     | (453)        |
| 一、河西务潜山构造带 .....                           | (453)        |
| 二、码头潜山带 .....                              | (457)        |
| 第二节 大港探区奥陶系潜山勘探目标分析与评价 .....               | (463)        |
| 一、以石炭—二叠系煤系地层为烃源的奥陶系潜山勘探目标 .....           | (463)        |
| 二、新生古储潜山勘探目标 .....                         | (471)        |
| 第三节 冀东、辽河探区奥陶系潜山勘探目标 .....                 | (474)        |
| 一、冀东探区奥陶系潜山勘探目标 .....                      | (474)        |
| 二、辽河探区东部凹陷中北段奥陶系潜山勘探目标评价 .....             | (480)        |
| 第四节 奥陶系潜山勘探目标综合评价 .....                    | (484)        |
| 一、评价标准与分类 .....                            | (484)        |
| 二、综合评述 .....                               | (485)        |
| <b>参考文献 .....</b>                          | <b>(488)</b> |

# 第一章 奥陶系的划分与对比

在渤海湾盆地北部的四个油区中,奥陶系分布很不均衡,其中大港油区除在沧县隆起的局部地区,如兴济凸起等地,奥陶系被剥蚀殆尽外,其他广大地区普遍分布,厚度700~1100 m,总体趋势为北薄南厚。冀中油区内,奥陶系主要分布在大厂、武清凹陷,廊固、霸县、饶阳凹陷的东部及其以东的沧县隆起区,深泽的刘村低凸起和无极凹陷,地层厚度一般在650~750 m。冀东油区奥陶系地层仅在西南庄断层以西的老王庄—润河地区连片分布,残留最大厚度800 m。辽河油区在奥陶系地层沉积时有山海关—营口隆起与其他三个油区相隔,目前见于东部凹陷和东部凸起的奥陶系,应是古生代太子河拗陷的西延部分,王参1井钻遇厚度874 m,西部凹陷仅在曙光古潜山带的西缘有零星分布,钻遇厚度261 m。

## 第一节 渤海湾盆地北部前第三系基岩地层序列

渤海湾盆地内,与老第三系地层直接接触的基岩,层位上包括太古宇至白垩系的各个地层序列,从岩性上则有沉积岩、岩浆岩和变质岩等多种岩石类型(表1-1)。

### 一、关于元古宇—太古宇的岩浆岩和变质岩

南堡凹陷、乐亭凹陷及相邻隆起区普遍钻遇轻微变质花岗岩,可见青白口系龙山砂岩超覆其上,钾氩法同位素地质年龄7.58亿~13.59亿年。南堡凹陷高参1井钻探后,按照铷—锶法(Rb—Sr)和钐—钕法(Sm—Nd)同位素年龄资料,提出该区的花岗岩最早形成时代大约在24亿~15亿年期间,2891 Ma的同位素年龄值可能代表了花岗岩来源区的年龄,在22亿~20亿年、17亿~15亿年、10亿~9亿年时,受整个华北造台旋回的影响,岩体有所活化,先后发生规模不等的混合岩化作用、交代作用与热液蚀变作用。

渤海海域的渤南凸起、沙垒田凸起、石臼坨凸起和辽西低凸起等地也见有动力变质轻微或无明显动力变质作用的酸性侵入岩,前者岩性以花岗岩为主,后者岩性有花岗闪长岩、花斑岩、含石英闪长岩斜长花岗岩等,同位素年龄为7.8~14.29亿年。推测应和发生于早、晚蓟县纪之间的“阴山运动”有关,其侵入活动可能延至蓟县纪末的“芹峪运动”。

辽河西部凹陷钻遇的花岗片麻岩同位素年龄为17.87亿年,应归属古元古界宽甸群。

实际生产中,一般将前述元古宇—太古宇的所有岩浆岩、变质岩统以“前寒武系”称之,并以AnZ为代表符号。

### 二、中新元古界—古生界

#### 1. 中、新元古界

中、新元古界地层发育于冀、辽两省,其北为内蒙古古陆、西为五台古陆、东南为渤

表 1-1 渤海湾盆地北部前第三系基岩地层简表

| 地层序列     |      |     | 代号                  | 厚度<br>m   | 简要岩性及钻遇地区                                                                                           |
|----------|------|-----|---------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 中生界      | 白垩系  | 上统  | K <sub>2</sub>      |           | 红色碎屑岩夹火成岩及火山碎屑岩，仅在冀中拗陷西部钻遇                                                                          |
|          |      | 下统  | K <sub>1</sub>      |           | 全区普遍钻遇；暗色层以冀中拗陷较发育，有的夹煤层或油页岩、泥灰岩；黄骅拗陷发育火山岩                                                          |
|          | 侏罗系  | 上统  | J <sub>3</sub>      |           | 中酸性火山岩、火山碎屑岩及湖相砂泥岩，局部含煤层；全区普遍钻遇                                                                     |
|          |      | 中下统 | J <sub>1+2</sub>    |           | 河湖沼泽相含煤建造和河流—山麓相粗碎屑建造；黄骅、冀中拗陷钻遇                                                                     |
|          | 三叠系  | 中下统 | T <sub>1+2</sub>    | 106~900   | 以紫色为主的泥页岩与灰紫、灰黄色砂岩，偶夹炭质泥岩；黄骅、冀中拗陷钻遇                                                                 |
| 上古生界     | 二叠系  | 上统  | P <sub>2</sub>      | 1500~1700 | 上部杂色与紫灰、浅灰色砂砾岩；下部深灰色泥岩与浅灰、灰白色砂砾岩夹煤层；全区普遍钻遇                                                          |
|          |      | 下统  | P <sub>1</sub>      |           |                                                                                                     |
|          | 石炭系  | 上统  | C <sub>3</sub>      | 50~350    | 上部灰黑色泥岩、粉砂岩夹煤层及薄灰岩；下部灰黑色泥岩、粉细砂岩、薄层灰岩；底部见铝土层；全区普遍钻遇                                                  |
|          |      | 中统  | C <sub>2</sub>      |           |                                                                                                     |
| 下古生界     | 奥陶系  | 中统  | O <sub>2</sub>      | 474~895   | 顶部厚层灰岩为主，夹泥灰岩、角砾状结构的钙质白云岩；中部以白云质灰岩、白云岩、钙质白云岩为主，夹角砾状白云岩及燧石结核；下部竹叶状灰岩、钙质页岩；全区普遍钻遇                     |
|          |      | 下统  | O <sub>1</sub>      |           |                                                                                                     |
|          | 寒武系  | 上统  | Є <sub>3</sub>      | 403~978   | 上部为灰黑色中、厚层泥质条带灰岩夹竹叶状灰岩及鲕状灰岩；中部薄层泥质条带灰岩、鲕状灰岩、竹叶状灰岩、粉砂质页岩；下部紫红色薄层泥岩、白云岩、燧石条带灰岩；底部见含砾石英砂岩及赤铁矿结核；全区普遍钻遇 |
|          |      | 中统  | Є <sub>2</sub>      |           |                                                                                                     |
|          |      | 下统  | Є <sub>1</sub>      |           |                                                                                                     |
| 中新元古界    | 青白口系 |     | Qn                  | 180~320   | 上部为泥灰岩、白云质灰岩；中部为灰岩、海绿石英砂岩、杂色泥页岩；下部页岩、粉细砂岩夹泥质白云岩；冀中拗陷、黄骅拗陷北部钻遇                                       |
|          | 蓟县系  |     | Jx                  | 1060~2620 | 上部以白云岩及泥页岩为主，夹叠层石白云岩及燧石结核；下部为燧石条带白云岩、叠层石白云岩、碎屑白云岩；底部为含泥白云岩；冀中拗陷层位较全，黄骅拗陷北部及辽河拗陷北端仅见下部地层             |
|          | 长城系  |     | Ch                  | 500~1260  | 灰色白云岩、燧石条带白云岩、泥质白云岩夹页岩；下部石英砂岩、页岩夹泥质、粉砂质白云岩；见于冀中拗陷和沧县隆起北部，辽河拗陷钻遇其上部                                  |
| 古元古界—太古宇 |      |     | Pt <sub>1</sub> —Ar |           | 片麻岩、变粒岩、角闪岩夹含铁石英岩、大理岩，混合岩化强烈；冀中、辽河等拗陷钻遇                                                             |

海古陆所围限，仅局部与外海连通，形成一北东向分布的海槽，称冀辽盆地。发育以海相碳酸盐岩为主，含有碎屑岩的巨厚沉积，从上至下划分为青白口系、蓟县系和长城系，总厚近万米，以蓟县为沉积中心，向南可延伸到石家庄以南。长城系自下而上由常州沟、串岭沟、团山子、大红峪和高于庄五个组组成，最大厚度 2240 m。有人依据蓟县地区系统的同位素年龄测定资料，将长城系划归古元古界上部。中新元古界内部相对以长城系分布范围最大，北到张家口—隆化，西抵涞源—长治，南达石家庄以南。

蓟县系自下而上划分为杨庄、雾迷山、洪水庄和铁岭四个组，总厚可达 4500 m 以上，沉积中心在蓟县一带，天津以南地区缺失上部铁岭、洪水庄两个组，厚度也明显减薄。

青白口系由下马岭、长龙山、景儿峪三个组组成,最大厚度 750 m,沉积中心略向西转移。

渤海湾地区与华北其他地区一样,下古生界属半封闭的内陆浅海沉积,发育一套稳定的浅海碳酸盐岩。寒武纪的沉积中心位于京、津、保定地区,除底部府君山组在部分地区超缺外,岩相、厚度变化不大。奥陶纪时期沉积中心向石家庄附近迁移,天津、石家庄一带厚度较大,可达 800~900m,向南北两侧逐渐减薄(图 1-1)。顶部峰峰组在部分地区被剥缺。

图 1-1 渤海湾盆地北部及周缘地区下古生界地层等厚线图

### 3. 上古生界

中奥陶世末, 加里东运动波及整个华北地区, 使其整体上升遭受剥蚀, 缺失上奥陶统一石炭统两套层系。中石炭世为滨海潟湖相沉积, 晚石炭世为三角洲平原—潟湖相含煤沉积, 其沉积中心位于保定、北京、唐山一线, 东北厚、西南薄。

二叠纪时海水已从大部分地区退出,以陆相沉积环境为主,由下向上逐渐由三角洲分流平原到冲积平原—三角洲水上分流平原,最终发展为炎热半干旱内陆盆地,以洪泛平原为主的沉积。

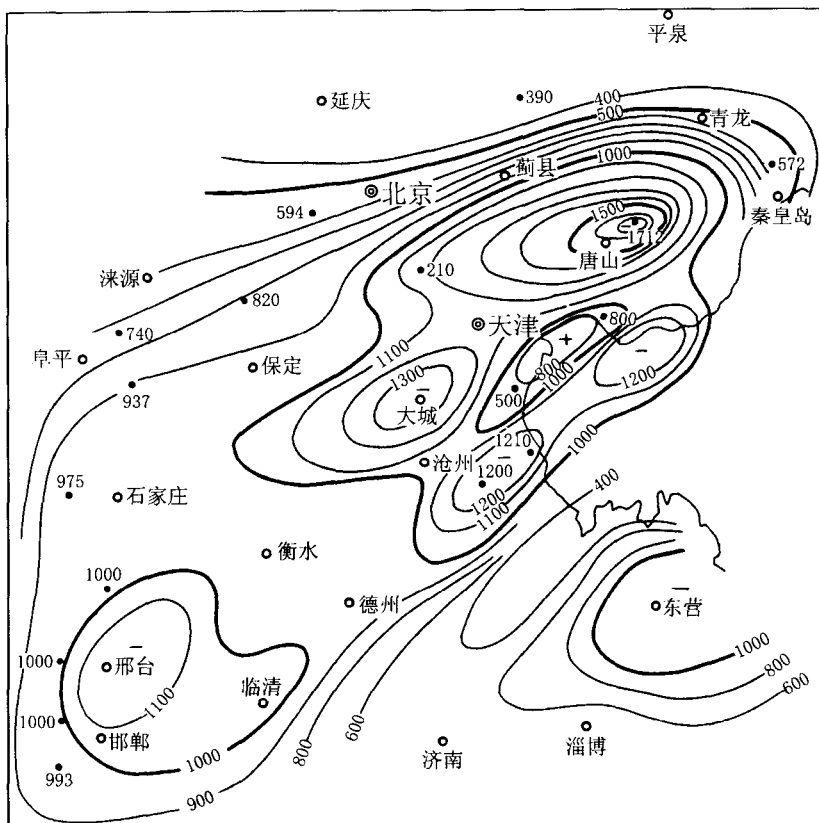


图 1-2 渤海湾盆地北部及周缘地区上古生界地层等厚线图

晚古生代沉积中心位于唐山一大城一带，部分印支高隆起区被剥蚀（图1-2）。

### 三、中生界

华北地区，特别是渤海湾盆地内，中生界主要是陆相红层，岩性岩相变化剧烈，加上构造、岩浆活动频繁和后期改造等因素，使其在划分对比上始终存在较大的争议。而中生代地层又是第三纪盆地的直接基底，且与第三纪同属板块活动体制，明确中生界的划分对比，对研究盆地的形成和演化，研究凹陷内潜山构造的形成和分布规律都有重要意义。本书将以区内各油田现行划分方案为主，讨论其关系和变化。

### 1. 三叠系

渤海湾盆地南部临清坳陷已有可靠的化石资料,证实存在三叠系,属内陆盆地河湖相紫红色砂泥岩建造,夹少量白云岩、灰岩和炭质泥岩,与下伏二叠系石千峰组为整合接触。视厚 110~1163.5 m。上部含 *Stenochara ovata* (卵形直轮藻)、*Stellatochara* sp. (星孔轮藻属未定种)、*Cuneatochara* sp. (楔轮藻属未定种) 等丰富的轮藻化石。含孢粉: *Aratisporites* (单脊周囊孢属)、*Lundbladispora* (隆德布拉孢属)、*Alisporites* (阿里粉属)、*Striatopinites* (松型多肋粉属)、*Protohaploxylinus* (原单束多肋粉属)、*Lueckisporites* (鲁克粉属) 等。层位应属中下三叠统。

沧县隆起西缘大城地区大2、大5井,在井壁取心中也见少量孢粉 *Lophotriletes* (三角锥瘤孢属)、*Florinites* (周囊粉属)、*Monosulcites* (单远极沟粉属)、*Punctatisporites* (点面三缝孢属)等,也属中下三叠统。厚600~800 m。大城凸起、里坦凹陷、文安斜坡普遍钻遇该地层。

根据岩性及测井曲线特征对比、黄骅拗陷南部及北部的涧河等地区也发育中下三叠统,岩性为棕红、紫红、杂色泥岩与粉细砂岩互层,未见化石,厚500~900 m。

## 2. 中下侏罗统

渤海湾盆地下中侏罗统属小型褶皱盆地内的沉积,在平面分布上具有强烈的分割性,横向变化很大,加之井下剖面多不完整,古生物资料又很零星,给划分对比造成了很大困难。如冀中拗陷文安斜坡的葛渔城地区,侏罗系含煤地层厚170~364 m,上部为杂色砂砾岩或红色砂泥岩,下部为深灰、灰黑色泥页岩与灰白色砂砾岩互层,夹多层煤层,地质上将其划归下侏罗统并与北京西山窑坡组对比,而孢粉上则认为化石组合反映了早、中侏罗世的面貌,将其定为中侏罗统。因此目前各油田一般均以中下侏罗统作为一个地层单元。

中下侏罗统地层的孢粉组合,以 *Cyatheaaceae* (桫欏科) 孢子含量高为特色 *Osmundacidites* (紫萁孢属)、*Lycopodiumsporites* (石松孢属), *Cibotiumspora* (金毛狗孢属) 为常见分子;花粉中苏铁、银杏类单沟花粉占显著地位, *Classopollis* (克拉梭粉属)、*Quadraeculina* (四字粉属) 出现较多。从岩性上看,  $J_{1+2}$  与上覆  $J_3-K_1$  的主要区别是:①基本上未见火山岩或火山碎屑岩夹层;②砂岩以河道沉积为主,火成岩岩屑含量相对较低;③下部以灰色为基调(包括砂岩),而  $J_3-K_1$  所夹暗色层稳定性很差。

## 3. 上侏罗统—下白垩统

### (1) 上侏罗统

侏罗系上统的划分,也是渤海湾盆地存在问题较多的层段之一。大致存在以下几种剖面类型:

①中基性火山岩及火山碎屑岩。见于冀中拗陷西北部,但缺少可靠的化石依据。较为过硬的依据是其位于较可靠的下白垩统之下。

②褐、紫红、灰色泥岩与砂岩、凝灰质砂岩互层夹凝灰岩,含 *Neoraistrickia* (新叉瘤孢属)、*Osmundacidites* (紫萁孢属)、*Cyathidites* (桫欏孢属)、*Cycadopites* (苏铁粉属)、*Classopollis* (克拉梭粉属)等孢粉,见于临清拗陷。黄骅拗陷岩性组合与其类似。

③辽河拗陷中生界地层层序为(以东部凹陷界3井为例):下部紫色泥质粉砂岩为主,夹灰绿色页岩、灰岩、泥灰岩,厚323 m,称小东沟组;中部黑色、墨绿色玄武岩,暗紫红、灰白色安山岩及火山角砾岩、凝灰岩夹黑灰色泥岩及薄层灰岩、泥灰岩,厚1300 m,称小岭组(相当西部凹陷建昌组);上部深灰色泥页岩、油页岩、灰岩和砂岩、钙质砂岩,厚207 m,称梨树沟组(相当西部凹陷阜新组);顶部孙家湾组厚60 m,红色泥岩为主,夹砂砾岩和黑灰色泥岩。由于该区中生界与燕辽地区“热河群”有一定可比性,而后者历来又有:(a)全部归属侏罗系;(b)全部归属白垩系;(c)部分归侏罗系,部分归白垩系的争论。辽河油田早期曾将小东沟—九佛堂组归入上侏罗统,而将阜新一沙海组、孙家湾组划入下白垩统。现根据中油公司研究院提出的统层方案,将前者一并归入下白垩统。

### (2) 下白垩统

一般认为,白垩系下统的划分较为可靠。冀中为灰、深灰或红色泥岩、砂岩、火山碎

屑岩,在湖相沉积分布区夹油页岩、泥灰岩和薄煤;黄骅坳陷为红夹灰色泥岩、砂质泥岩,下部发育中基性火山岩或火山碎屑岩。

孢粉组合中裸子植物花粉占有很大优势,次为蕨类孢子,被子植物花粉含量很低。以多种类型的双气囊花粉及 *Classopollis* (克拉梭粉属) 含量高为特色;富含 *Lygodiaceae* (海金沙科) 中的 *Cicatricosisporites* (无突肋纹孢属), *Schizaeoisporites* (希指蕨孢属) 也有一定优势。

介形类是以 *Cypridea* (女星介属) 占优势的组合。轮藻为 *Flabellochara* (扇形轮藻) - *Euaclistochara* (真开口轮藻) - *Atopochara* (奇异轮藻) - *Clistochara* (开口轮藻) 组合。

由于白垩系下统与侏罗系上统之间为假整合接触,各油田常将其统称为  $J_3-K_1$ 。

#### 4. 关于燕山期侵入岩

已知在辽河坳陷及两侧相邻的隆起区,发育大量的燕山期花岗岩侵入体。其他坳陷也有燕山期侵入岩的报道,如在埕宁隆起西缘的盐山凹陷南部,盐 1、盐 17、徐 11 等井均在新第三系馆陶组之下钻遇花岗岩或斑状花岗岩,徐 11 井 K-Ar 法同位素年龄为 1.47 亿年。可能与区域上燕山期侵入岩的第三期侵入活动相当,发生于冀北地区上侏罗统张家口组喷发之后,下白垩统花吉营组喷发之前。冀中坳陷留西地区马 56 井、留 7 井、留 36 井、留 58 井,在中新元古界的不同层位之下钻遇花岗岩体(未穿)钾氩法全岩同位素年龄 2.61 亿~1.7 亿年。此外,大厂凹陷向 2 井见花岗岩侵入于奥陶系灰岩中,大兴凸起东缘兴 6 井见有正长花岗岩及闪长岩侵入蓟县系,牛坨镇凸起南缘淀 602 井蓟县系内有黑云母二长岩、石英二长岩、花岗岩及闪长岩构成的侵入体,推测均为燕山期的产物。德州凹陷钻井剖面见有侵入于奥陶系中的花岗岩,该岩体与前述盐山凹陷南部所见者均位于埕西断层附近,推断也是燕山期产物。

## 第二节 奥陶系地层划分与对比

### 一、生物地层研究成果

不同研究者对华北地区奥陶系岩石地层的划分有所不同,地层时代归属也有较大差别(见表 1-2)。根据地层命名法规和与国际奥陶系地质大会通过的年代地层划分方案的对比关系,将渤海湾盆地北部奥陶系自下而上分为下奥陶统冶里组、亮甲山组,中奥陶统北庵庄组、马家沟组,中、上奥陶统峰峰组(包括中、上奥陶统阁庄段和上奥陶统下部八陡段)。

#### (一) 研究区奥陶系牙形类带

##### 1. 牙形类分带

在前人研究的基础上,对渤海湾盆地北部地区奥陶系牙形类带进行了部分修订和补充,在寒武系凤山组上部由下至上划分出四个牙形类带,奥陶系划分出 16 个牙形类带:

##### (1) 寒武系凤山组上部

自下而上划分出四个牙形类带:

- ① *Proconodontus muelleri* 带(米勒原牙形刺带)。
- ② *Eoconodontus notchpeakensis* 带(诺峰始牙形刺带)。

表 1-2 华北奥陶系划分沿革表

| 叶良辅<br>刘季辰<br>1919 |  | 孙云铸<br>葛利普<br>1920 |  | 孙云铸<br>杨钟健<br>1922 |  | 孙云铸<br>1935 |  | 小潘<br>忠宏<br>1940 |  | 张文堂<br>1949 |  | 王鸿植<br>1953 |  | 张文堂<br>1962 |  | 陈均远等<br>1975 |  | 张文堂<br>1982 |  | 安太庠等<br>1983<br>1990 |  | 陈旭等<br>1995 |  | 汪啸风等<br>1996     |  |                  | 本 书 |                  |                  |                  |  |                  |  |
|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|--|-------------|--|------------------|--|-------------|--|-------------|--|-------------|--|--------------|--|-------------|--|----------------------|--|-------------|--|------------------|--|------------------|-----|------------------|------------------|------------------|--|------------------|--|
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  |                  |  |                  | 统   | 阶                | 组                |                  |  |                  |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 上奥陶统             |  | 卡拉多克阶<br>(艾家山阶)  | 峰峰组 |                  | 八陡段<br>$O_{2+3}$ |                  |  |                  |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 中奥陶统             |  | 达瑞威尔阶<br>(浙江阶)   |     | 峰峰组              |                  | 阁庄段<br>$O_2$     |  |                  |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 马家沟组             |  | 马家沟组             |     | 马家沟组<br>$O_2$    |                  |                  |  |                  |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 北庵庄组<br>$O_2$    |  | 玉山阶              |     | 伏尔霍夫阶            |                  | 北庵庄组<br>$O_2$    |  |                  |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 亮甲山组<br>$O_1$    |  | 拉托普阶<br>或比林根阶    |     | 亮甲山组<br>$O_1$    |                  | 亮甲山组<br>$O_1$    |  |                  |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 下奥陶统             |  | 特里马道克阶<br>(宜昌阶)  |     | 下奥陶统             |                  | 冶里组<br>$O_1$     |  |                  |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 上奥陶亚系            |  | 艾家山统             |     | 峰峰组              |                  | 上奥陶亚系            |  | 宜昌统              |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 下奥陶亚系            |  | 扬子统              |     | 马家沟组             |                  | 马家沟组<br>$O_2$    |  |                  |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 八陡组<br>$O_{2+3}$ |  | 八陡段<br>$O_{2+3}$ |     | 八陡组<br>$O_{2+3}$ |                  | 八陡组<br>$O_{2+3}$ |  | 八陡组<br>$O_{2+3}$ |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 阁庄组<br>$O_2$     |  | 阁庄段<br>$O_2$     |     | 阁庄组<br>$O_2$     |                  | 阁庄组<br>$O_2$     |  | 阁庄组<br>$O_2$     |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 马家沟组<br>$O_1$    |  | 上马家沟组<br>$O_2$   |     | 上马家沟组<br>$O_2$   |                  | 马家沟组<br>$O_1$    |  | 马家沟组<br>$O_2$    |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 北庵庄组<br>$O_1$    |  | 下马家沟组<br>$O_2$   |     | 下马家沟组<br>$O_2$   |                  | 北庵庄组<br>$O_1$    |  | 北庵庄组<br>$O_2$    |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 亮甲山组<br>$O_1$    |  | 亮甲山组<br>$O_1$    |     | 亮甲山组<br>$O_1$    |                  | 亮甲山组<br>$O_1$    |  | 亮甲山组<br>$O_1$    |  |
|                    |  |                    |  |                    |  |             |  |                  |  |             |  |             |  |             |  |              |  |             |  |                      |  |             |  | 冶里组<br>$O_1$     |  | 冶里组<br>$O_1$     |     | 冶里组<br>$O_1$     |                  | 冶里组<br>$O_1$     |  | 冶里组<br>$O_1$     |  |