

陕北奥陶系和塔里木石炭系 钾盐找矿远景

刘群 杜之岳 陈郁华 等著



原子能出版社



陕北奥陶系和塔里木石炭系 钾盐找矿远景

5410/21

刘 群 杜之岳 陈郁华 金若谷 著
袁鹤然 张峰根 祝有海 陈英华

原子能出版社

内 容 简 介

本专著是“八五”国家科技攻关项目的研究成果,也是近年来对陕北奥陶纪和塔里木石炭纪找钾研究的最新成果。它全面、系统地总结了该二地区的成盐条件和找钾远景。

研究者们通过地面地质调查,结合找钾、找油钻井及地球物理、地球化学、航片、卫片等资料,运用板块构造、盆地分析、层序地层和全球对比等构造地质学、沉积学的最新理论和方法,对陕北奥陶系和塔里木石炭系的成盐、成钾条件和找钾有利、不利因素进行了全面综合分析,指出了找钾远景区,或对找钾远景提出了实事求是的看法;尤其取得了在世界上奥陶系首次发现钾盐的重要成果,填补了奥陶系未发现钾盐沉积的空白。

本书内容丰富,资料新颖、翔实,成果突出,对教学、科研和地质勘查人员均有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

陕北奥陶系和塔里木石炭系钾盐找矿远景/刘群等著.-北京:原子能出版社,

1997. 4

ISBN 7-5022-1056-3

I. 陕… II. 刘… III. ①钾盐矿床-找矿-远景储量-陕西-奥陶纪 ②钾盐矿床-找矿-远景储量-新疆-石炭纪 IV. P619.210.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 25607 号

© 原子能出版社, 1997

原子能出版社出版发行

责任编辑: 崔庭荣

特邀编辑: 渠洁瑜

社址: 北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码: 100037

北京红星黄佳印刷厂印刷

开本: 787×1092 mm 1/16 印张: 16.25 字数: 396 千字

1997 年 3 月北京第 1 版 1997 年 3 月北京第 1 次印刷

印数: 1—500

定价: 25.00 元

前 言

钾盐是我国紧缺矿产之一，60年代以来，一直被列为国家找矿和研究的重点。60~80年代主要集中在中生代地层中开展工作，通过各方努力取得一定成绩，找到小型固体钾盐矿床和海拉尔汗盐湖钾盐矿床，同时还发现和勘探了大批石膏、芒硝、石盐等盐类矿床，但未能扭转国家钾盐短缺的基本状况。80年代以来，我国钾盐工作者总结了国外钾盐赋存规律和找矿经验，逐步将找钾重点转向古生代海相盆地，并重视“油盐兼探”。据初步统计，世界上80%以上的大型钾盐矿床与古生代盆地有关，将近半数的钾盐矿床发现于找油钻井中。“六五”、“七五”期间，陆续开展了南方震旦系、华北及扬子地台寒武系的找钾工作，但未能获得重大突破。

近年来，在陕北奥陶系、塔里木石炭系的找石油钻井中，发现了巨厚的海相石盐层和高矿化度卤水。从地质条件分析，它们具有对成盐有利的古构造、古地理背景和分布甚广的石膏预备盆地，是开展找钾工作的有利地区。1990年编写了塔里木石炭系和陕北奥陶系找钾远景研究项目设计书，1991年被批准列入“八五”国家科技攻关项目“85-901，紧缺矿产勘查与评价研究”中“85-901-06，钾盐成矿规律及远景预测的研究”课题，立题为“85-901-06-02，陕北奥陶系和塔里木石炭系油盐兼探找钾研究”，属课题下一级专题。研究任务于1991年10月正式下达，专题由地矿部科技司主持，中国地质科学院（下称地科院）主管，地科院矿床地质研究所（下称矿床所）负责。参加单位有山东省地矿局第二地质队（下称山东地质二队）、地科院地质研究所（下称地质所）、562综合研究队（下称562队），西北石油地质局等五个单位（均为地矿部下属单位）共15人。1992年第二季度组织了专题、子专题设计审批。研究工作于1991年开始。

该专题主要研究任务是通过地面地质调查、结合找钾、找油钻井及地球物理、航片、卫片等资料，查明陕北奥陶纪、塔里木石炭纪各时期沉积相展布、古地理面貌、古构造背景、古纬度、古气候和物质来源等成盐、成钾地质条件，分析成钾远景，为尽快找到钾盐矿床提供科学依据，提出进一步工作靶区。根据研究任务，下设8个子专题。

1. 陕北奥陶纪含盐岩系沉积特征及沉积环境地球化学；
2. 陕北奥陶纪含盐岩系物质组成及地球化学；
3. 陕北及邻区奥陶纪含盐盆地岩相古地理、古构造及区域成矿演化；
4. 陕北及邻区奥陶系水化学及其找钾意义；
5. 塔里木石炭纪含盐盆地岩相古地理；
6. 塔里木石炭纪构造特征及其找钾意义；
7. 塔里木石炭纪含膏盐岩系物质组分及地球化学；
8. 塔里木石炭系水化学及其找钾意义。

各子专题从不同侧面探讨了成盐条件，并分别提交了子专题报告或总结。在此基础上，在专题研究报告中，结合板块构造，运用盆地分析、层序地层和全球对比等手段，对陕北奥陶系和塔里木石炭系的成盐、成钾条件和找钾有利、不利因素作了全面综合分析，

指出了找钾远景区，或对找钾远景提出了实事求是的看法。

该报告是本专题组全体成员三年多研究成果的最终总结，并于1995年12月由地矿部科技司组织鉴定、验收，地科院科技处有关人员参加了此项工作。鉴定委员会由9位专家组成：主任郑绵平，委员有韩蔚田、杨基端、汤跃庆、王秉忱、魏斌贤、刘正适、陶惠亮、杨谦；验收组主任张良弼，成员有翟冠军、郑绵平、王瑞江、王淑华、郑善文、王立华、陆春榕、董建华。鉴定会一致认为，本项研究成果达到了国际先进水平。

本专著以研究报告为基础编撰而成，专著分为两部分：第一篇，陕北奥陶纪含钾盐盆地；第二篇，塔里木石炭纪含盐盆地。两篇共10章，33节，插图128幅，插表49张，图版12幅，全书约40万字。前言由刘群撰写。第一篇：绪言、第一章和第二章由杜之岳撰写；第三章第一、四节由祝有海撰写；第二、三节由袁鹤然撰写；第四章由陈郁华撰写；第五章由祝有海撰写；结论由杜之岳、祝有海撰写。第二篇：绪言由陈郁华撰写；第六章由陈英华撰写；第七章由张峰根撰写；第八章由金若谷撰写；第九章前五节由刘群撰写；第六节由陈郁华撰写；第十章和结论由刘群撰写。本书第一篇由杜之岳、第二篇由刘群统纂，最后由陈郁华通理全文。

参加专题野外和室内研究工作的还有地质所刘训、戴维声、丁孝忠，山东地质二队杨殿英，562队姜鸿才、李玉文，地矿部西北石油地质局何向阳等7人。

本书插图由董效静、李芳香、张瑞华和李淑芬清绘，部分化学分析由地科院岩矿测试研究所完成；X光、透射电镜照相和能谱、差热、红外分别由矿床所的金太权与贺为、张家云、郑立焯、郭立鹤完成；部分镜下照片由矿床所赵建军和山东地质二队杨全喜完成。

本项目在地矿部科技司翟冠军、王淑华，矿床所郑直、董建华和项目办公室王立华、课题负责人吴必豪的直接领导、主持和帮助下完成。项目进行期间得到各参加单位领导的支持和协助，野外工作期间得到新疆地矿局第八地质队、第二地质队和第十地质队的大力支持和帮助。报告中引用了长庆石油勘探局、地矿部第三普查勘探大队（下称三普）提供的部分钻井资料。谨此向上述单位和个人致以衷心感谢。

CONTENTS

Preface

Section 1 Ordovician Potash Salt-bearing Basin, Northern Shaanxi

Introduction

Chapter 1 Regional Geological General Situation

- § 1. Ordovician stratigraphy in North China
- § 2. Ordovician Tectonics in North China
- § 3. Ordovician Evaporite Basin in North China
- § 4. Sedimentary Facies and Paleogeography

Chapter 2 North Shaanxi Potash-bearing Basin

- § 1. General Situation of North Shaanxi Potash-bearing Basin
- § 2. Lithofacies Paleogeography and Evolution of Salt Basin

Chapter 3 Characteristics of Salt-bearing Series

- § 1. General Situation of Salt-bearing Series
- § 2. Mineral Components of Salt-bearing Series
- § 3. Geochemistry of Salt-bearing Series
- § 4. Sedimentary Facies Analysis of Salt-bearing Series

Chapter 4 Ordovician Hydrogeochemistry of Northern Shaanxi Basin

- § 1. General Situation of Hydrogeology and Hydrogeochemistry
- § 2. Classification and Hydrogeochemistry Characteristics of Underground Water
- § 3. Hydrogeochemistry Appraisal

Chapter 5 Salt-forming Conditions and Potash-searching Prospect

- § 1. Salt- and Potash-forming Conditions
- § 2. Models of Evaporation and Sedimentation
- § 3. Potash-searching Prospect

Conclusions

Section 2 Tarim Carboniferous Salt-bearing Basin

Introduction

Chapter 6 Carboniferous Chronostratigraphy and Successive Stratigraphy

- § 1. Chronostratigraphy
- § 2. Successive Stratigraphy

Chapter 7 Carboniferous Tectonic Characteristics and Their Controls on Salt Formation

- § 1. Regional Tectonic Pattern of Tarim Plate
- § 2. Carboniferous Tectonic Characteristics of Tarim Basin

§ 3. Carboniferous Tectonic evolution and Its Control on Salt Formation

Chapter 8 Sedimentary Facies and Paleogeography

§ 1. Main Characteristics of Sedimentary Facies

§ 2. Geochemical Characteristics of Sedimentary Facies

§ 3. Lithofacies—Paleogeography Evolution

Chapter 9 Carboniferous Gypsum—salt Deposit of Tarim Basin

§ 1. Gypsum Salt—bearing Rock Series' Characteristics

§ 2. Gypsum—salt Basin

§ 3. Rocks and Minerals of Gypsum—bearing Rock Series

§ 4. Geochemistry of Gypsum—bearing Rock Series

§ 5. Deposit Environment of Gypsum and Salt

§ 6. Hydrogeochemistry

Chapter 10 Salt—forming Conditions and Potash—searching Prospect

§ 1. Salt—forming Conditions

§ 2. Mechanism of Salt—forming and Model of Ore—forming

§ 3. Potash—searching Prospect Analysis

Conclusions

Concluding Remarks

References

Abstract in English

Plates and Explanations

目 录

前 言

第一篇 陕北奥陶纪含钾盐盆地	(1)
绪 言	(1)
第一章 区域地质概况	(3)
第一节 华北奥陶纪地层	(3)
一、地层划分与对比	(3)
二、地层层序及特征	(5)
三、区域蒸发岩地层	(9)
第二节 华北奥陶纪构造	(13)
一、构造单元划分	(13)
二、基底构造	(15)
三、基底断裂	(17)
第三节 华北奥陶纪蒸发岩盆地	(21)
一、蒸发岩盆地概况	(21)
二、主要成盐期	(21)
第四节 沉积相与古地理	(23)
一、沉积相剖面类型	(23)
二、沉积相划分	(25)
三、区域沉积相带展布	(27)
第二章 陕北含钾盐盆地	(30)
第一节 含钾盐盆地概况	(30)
一、含钾盐盆地展布	(30)
二、含钾岩系剖面的横向变化	(30)
三、成盐期古构造格局	(36)
第二节 岩相古地理及盐盆演化	(37)
一、沉积相划分	(37)
二、早、中奥陶世岩相古地理	(38)
三、含钾盐盆地演化	(44)
第三章 含盐岩系特征	(48)
第一节 含盐岩系概况	(48)
一、含盐层位	(48)
二、含盐韵律	(48)
三、剖面结构类型	(51)
第二节 含盐岩系矿物组成	(52)
一、氯化物	(52)

二、碳酸盐矿物	(57)
三、粘土矿物	(58)
第三节 含盐岩系地球化学	(63)
一、石盐中常、微量元素地球化学	(63)
二、碳酸盐岩中微量元素地球化学	(67)
三、硫酸盐中锶、钡地球化学	(72)
四、粘土矿物中微量元素地球化学	(73)
五、稳定同位素	(73)
第四节 含盐岩系沉积相分析	(78)
一、岩石类型	(78)
二、微相分析	(79)
三、成盐环境分析	(83)
第四章 陕北盆地奥陶系水文地球化学	(91)
第一节 水文地质及水文地球化学概况	(91)
一、盆地盐类沉积中心区	(91)
二、盆地东部边缘区	(92)
第二节 地下水的分类及水文地球化学特征	(93)
一、地下水的分类及类型	(93)
二、地下水的水文地球化学特征	(93)
第三节 水文地球化学评价	(98)
一、应用水文地球化学研究的找钾评价	(98)
二、盐类沉积物分布范围的确定	(100)
第五章 成盐条件及找钾远景	(101)
第一节 成盐成钾条件	(101)
一、古纬度	(102)
二、古构造	(102)
三、古地理	(105)
四、古水文	(107)
五、沉积层序	(107)
第二节 蒸发沉积模式	(108)
一、华北蒸发岩沉积模式研究简况	(108)
二、华北蒸发岩沉积模式	(108)
第三节 找钾远景	(111)
一、钾盐形成条件分析	(111)
二、钾盐找矿的层位和远景区	(111)
结 论	(112)
第二篇 塔里木石炭纪含盐盆地	(114)
绪 言	(114)
第六章 石炭纪年代地层及层序地层	(116)

第一节 石炭纪年代地层.....	(116)
一、岩关阶	(117)
二、大塘阶	(120)
三、威宁阶	(121)
四、马平阶	(121)
第二节 石炭纪层序地层.....	(122)
一、构造沉升与层序类型	(122)
二、石炭纪海平面升降与沉积体系域	(123)
第七章 石炭纪构造特征及其控盐作用.....	(125)
第一节 塔里木板块区域构造格局.....	(125)
一、板块剖面地质结构	(125)
二、板块平面构造格架	(125)
三、构造运动程式与原型沉积盆地	(128)
第二节 塔里木盆地石炭纪构造特征.....	(130)
一、综合区域构造特征	(131)
二、石炭纪同沉积构造格局	(139)
第三节 石炭纪构造演化及控盐作用.....	(143)
一、第一阶段——岩关期	(143)
二、第二阶段——大塘期	(144)
三、第三阶段——威宁期	(145)
四、第四阶段——马平期	(145)
第八章 沉积相和古地理.....	(147)
第一节 沉积相基本特征.....	(147)
一、滨岸相组 (I)	(147)
二、台地相组 (II)	(150)
三、台缘浅滩相组 (III)	(153)
四、陆棚相组 (IV)	(154)
五、斜坡—槽盆相组 (V)	(159)
第二节 沉积相地球化学特征.....	(163)
一、化学元素在沉积相中的分布趋势	(163)
二、氧碳稳定同位素特征	(168)
第三节 岩相古地理演化.....	(172)
一、早石炭世早期 (岩关期) 岩相古地理	(172)
二、早石炭世晚期 (大塘期) 岩相古地理	(174)
三、晚石炭世早期 (威宁期) 岩相古地理	(177)
四、晚石炭世晚期 (马平期) 岩相古地理	(177)
第九章 塔里木盆地石炭纪膏盐沉积.....	(181)
第一节 含膏盐岩系特征.....	(181)
一、含盐岩系剖面结构	(181)

二、含膏岩系剖面结构	(184)
第二节 膏盐盆地	(188)
一、满加尔含盐盆地	(188)
二、巴楚石膏盆地	(188)
第三节 含膏盐岩系岩石、矿物	(190)
一、岩石类型	(190)
二、特征矿物	(193)
第四节 含膏盐岩系地球化学	(198)
一、石盐中的钾和溴	(198)
二、含膏岩系中的锶、钡和锶钡比值	(198)
三、碳酸盐中的镁、钙和镁钙比值	(200)
四、粘土中的硼和钾	(200)
五、含膏岩系中的微量及部分常量元素	(202)
六、稳定同位素研究	(205)
第五节 膏盐沉积环境	(208)
一、石盐沉积环境	(208)
二、石膏沉积环境	(208)
第六节 水文地球化学	(210)
一、泉水的水文地球化学特征	(210)
二、钻井泥浆水的水文地球化学特征	(212)
三、水文地球化学讨论	(212)
第十章 成盐条件及找钾远景	(216)
第一节 成盐条件	(216)
一、古构造	(216)
二、古地理	(219)
三、海平面变迁	(219)
四、古气候	(221)
五、物质来源	(222)
第二节 成盐机理与成矿模式	(223)
一、成盐机理	(223)
二、成矿模式	(223)
第三节 找钾远景分析	(224)
一、评价标志	(224)
二、找钾远景分析	(225)
结 论	(227)
结束语	(229)
主要参考文献	(230)
英文摘要	(232)
图版及图版说明	(234)

第一篇 陕北奥陶纪含钾盐盆地

绪 言

钾盐是我国急缺的矿种之一，几十年的找钾工作虽然取得了一定成绩，但仍未能根本改善这种严重短缺状况；随着农业生产的发展，这种矛盾愈加突出。为此，“钾盐成矿规律及远景预测研究”课题列入“八五”国家科技攻关计划，陕北奥陶系成钾条件及找钾远景研究，就是该课题的一项重要内容。

华北地台，因奥陶系石膏分布极广，故一直是钾盐地质工作者极为重视的研究地区之一。1987年在陕北发现了厚大岩盐，以及石盐中溴氯系数较高等有利的找钾线索之后，该区被列为国家重点找钾地区，并进行了多方面找钾工作。

陕北钾盐地质研究及找矿工作，大致可分三个阶段。

(1) 初期成矿预测阶段 1955年，延长油矿延1井钻到奥陶系，见多层石盐岩，这是陕北地区首次发现岩盐，但当时并未得到重视。50~60年代，晋、冀、鲁等省地质队伍对华北奥陶系及其中赋存的石膏进行调查研究，通过资料的分析研究，将华北地区奥陶系列为Ⅱ级远景区。1981~1984年，地矿部第二地质大队（下称地矿部二大队）对华北地区奥陶系成盐条件及找钾方向做了比较全面深入的调查研究，在《华北台块奥陶系成钾及找钾方向初步研究》中提出，陕北延长地区为一奥陶纪盆地，并具有一定的找钾远景。同期，山西地质科学研究所通过对山西奥陶纪岩相古地理及盐类矿产成矿条件的研究，也建议在陕西东部开展找盐找钾工作。

(2) 油盐兼探找钾研究阶段 1987年，长庆油田镇川1井钻遇厚盐层并取出岩盐矿心；同年7月，国家计委组织的“地矿、石油、化工三部联合油气勘查区成钾条件调查组”对陕甘宁盆地进行油盐兼探地质调查；根据所发现的线索，国家计委下达任务在陕北施工了一口油盐兼探井（榆9井），在含盐段取心300m。1988年底，联合调查组在《中国含油气区成钾条件调查报告》中，把陕北奥陶系列为全国油盐兼探重点靶区之首，并指出该区是我国目前最有找钾远景的地区。在此期间，地矿部也于1988年下达给地矿部三大队以油盐兼探取心及地质成矿条件调查为主要任务的陕北奥陶系钾盐普查及成矿预测项目，后因国家计委决定将陕北找钾工作转交长庆油田承担，地矿部三大队于1988年12月提交了《陕北奥陶系找钾地质研究阶段总结报告》。由于种种原因，长庆油田的油盐兼探找钾工作未能开展。

(3) 钾盐普查阶段 1992年初，国家计委重新将陕北钾盐普查任务下达地矿部，并由山东省地矿局二队（原地矿部三大队）实施，计划“八五”期间施工普查井3口；但在完成陕钾1井施工之后，地矿部于1993年4月决定调整任务，不再施工其余2口钻井，为此

普查工作提前结束，并于 1993 年 12 月提交了《陕北奥陶系钾盐普查阶段总结报告》。此次普查最主要的成果是在陕北首次发现钾石盐，这对科研工作地开展起了积极推动作用。

本次陕北奥陶系找钾研究主要依托于普查项目的开展，由矿床所与山东地质二队共同承担，普查工作与科研工作同步进行，生产与研究紧密结合。研究的主要任务是：配合钾盐普查钻探工作，深入研究含盐岩系沉积特征、剖面结构、物质组成和地球化学，并结合油盐兼探和区域地质调查以及地下水化学研究，探讨陕北及相邻地区奥陶系的成盐条件和成矿远景，指出找钾的有利层位和有利地区，为在该区尽快找到钾盐矿床提供科学依据。研究内容包括：①陕北奥陶纪含盐岩系沉积特征及沉积环境研究；②陕北奥陶纪含盐岩系物质组分及地球化学研究；③陕北及邻区奥陶纪含盐盆地岩相古地理、古构造及区域成矿演化研究；④陕北及邻区奥陶系水化学特征及其找钾意义研究。

在将近 4 年的时间里，通过详细观察钾盐普查井（陕钾 1 井）及油盐兼探井（榆 9 井）岩心，研究含盐岩系物质组分及地球化学特征，采集了化学分析样 473 件，岩矿鉴定 513 件，碳、氧稳定同位素 22 件，硫同位素 11 件，碳酸盐等离子光谱 22 件；通过山西柳林、襄汾、河北峰峰奥陶纪地层剖面及山西太原奥陶系石膏剖面的观察，结合大量石油钻井剖面（38 口深井）的综合解释和区域地层对比，研究盐盆和外围地层及沉积岩相的变化规律，再造陕北及邻区奥陶纪古地理面貌，对陕北石油钻井油田水分析成果及盐盆外围地表和钻井水化学调查（山西西部地区，采泉水样 5 件，钻井水样 4 件，泥浆样 6 件），探讨其找钾意义；通过广泛收集与研究区域地质及物探资料，探讨陕北与邻区古构造格局及成盐期古构造活动对成盐作用的控制和影响。通过上述研究，确定了陕北奥陶纪含盐岩系剖面特征、沉积环境、成矿机理及成矿模式，查明成盐期古地理环境、古构造特征及其对含盐盆地形成、演化和发展的影响，预测了本区找钾远景及找钾有利地区。

通过上述工作取得的主要成果有：在陕北地区建立了奥陶系马家沟组地层层序及组段划分，确定了含盐层位及含盐韵律，指出了本区主要找钾目的层；建立了马家沟组含盐系地层的沉积模式，对蒸发岩微相及盐盆成盐环境进行分析；首次在本区发现钾石盐、光卤石、钾铁盐等钾盐矿物及薄钾石盐层，填补了世界奥陶系未发现钾盐的空白；系统总结了陕北盐盆含盐系盐类矿物特征及成因类型，首次对本区含盐系微量元素及同位素地球化学进行研究并初步总结其规律；通过对盐盆及周边古构造、岩相古地理的研究，对含盐盆地的构造控制、盆地演化有比较清晰的认识；通过对钾盐普查井及石油钻井资料的综合研究，圈定了盐盆范围，圈出了钾矿化带，确定了进一步找钾的靶区，为今后陕北找钾工作提供了重要依据。

第一章 区域地质概况

第一节 华北奥陶纪地层

华北地台奥陶系地表出露较为广泛，主要见于五台山、太行山、吕梁山、中条山及山东中部山区（鲁山、泰山、沂山），其余地区多零星分布，华北平原和陕甘宁盆地则深埋地腹，深部剖面不多，且多无岩心资料。华北奥陶系主要为一套碳酸盐岩夹蒸发岩旋回性沉积，总厚 600~700m。

地台西部因毗邻秦祁海槽，具有过渡型沉积特征，晚奥陶世继续接受沉积，并有大量碎屑岩夹火山凝灰岩，总厚大于 1500m。

除西部边缘外，奥陶系与寒武系均为连续沉积。奥陶系顶面存在一个古剥蚀面，上覆地层多数地区为中石炭统本溪组，局部地区为上石炭统太原组。

一、地层划分与对比

华北地台奥陶系研究开始较早，在本世纪 20 年代初中外地质学者就已经提出并建立了“冶里石灰岩”、“亮甲山石灰岩”、“马家沟石灰岩”等地层名称，成为划分地层的基础。解放后，特别是近 20 年来，随着区域地质工作的开展，在华北地台的各个地区，生物地层学及岩石地层学的研究有了很大进展。

关于华北奥陶系的划分，目前仍有不少方案（表 1-1）；但它们在岩石地层单位的划分上基本相近，即自下而上分为冶里组、亮甲山组、马家沟组和峰峰组。除华北地台西部边缘外，峰峰组之上还有地层缺失的现象。在地层对比及统的划分上，目前分歧较大，其一是关于奥陶系三分或二分及其界限的确定；其二是关于峰峰组的归属。作者在观察地表剖面、钻孔岩心并分析大量前人资料之后，从地层划分的基本原则出发，并考虑到有利于野外及井下剖面的对比，确定了本区奥陶系地层划分方案。

（一）统的划分

基本采用华北奥陶纪地层会议（1975）所确定，并为目前多数生产、科研单位所通用的三分方案，以马家沟组底部为中下统之分界；主要依据是：

1. 马家沟期与亮甲山期之间存在有范围广泛的地壳运动——怀远运动

华北地区马家沟组自北而南依次沉积覆盖在亮甲山组、冶里组甚至寒武系上统凤山组和崮山组不同层位之上，在安徽怀远还出现了李四光教授所述中奥陶统珠角石灰岩与中寒武统鲕状灰岩相接触的现象。马一段与不同层位接触面上常见凸凹不平的剥蚀冲刷现象，较普遍地存在砾岩和石英砂砾岩层，局部可见角度不整合。构造运动是划分大区域性地层单位的重要依据之一，因此应当重视怀远运动。

2. 冶里、亮甲山期与马家沟期生物演化明显

据《河北省区域地质志》对华北地区奥陶系划分具有十分重要意义的鹦鹉螺类化石的

统计表明,亮甲山期的鸚鵡螺类化石有 26 个属,延续到马家沟期的仅有 4 个,其余 22 个已消失。在马家沟期出现的 19 个属中,有 15 个属为新生分子。由此可见,新生与消失的更替是明显的(《河北省区域地质志》第 150 页,1989)。亮甲山期以内角石类为主;马家沟期总体来看,属于珠角石类,表明这一时期生存环境有着较大的变化(王汝植、何原相,1974)。生物的大量更新,一向是国际上划分“统”级地层的重要依据,亮甲山组与马家沟组之间的变化远较其他界限变化明显且依据充分。

表 1-1 华北地区奥陶纪地层划分对比表

[illegible]

3.岩性岩相上有明显的差异

马家沟组是一套以灰岩及膏盐层为主的沉积,而亮甲山组以下地层,则主要是富含镁质的白云岩沉积。就沉积环境看,从早寒武世开始的海进海退沉积旋回,到亮甲山期末结束,而马家沟期则是新一轮沉积旋回,岩性突变,反映了沉积环境的变化。

(二) 所谓峰峰组

1975年在河北峰峰举行的华北奥陶纪地层会议上，将原来在“马家沟灰岩”之上，石炭系之下新发现的一套碳酸盐岩地层，命名为“峰峰组”。前人关于峰峰组的划分标准极不统一，界限时常有变动。华北奥陶纪地层会议所划的峰峰组一段，为一套含膏地层（为山西石膏矿主要产层）。根据沉积特征及韵律对比这套地层与陕北盐盆马五段含盐地层相当，

与马家沟组同属一个大沉积旋回，而峰峰组二段一套灰岩地层，就是目前多数地质队所划的马六段。因此，所谓峰峰组实际是马家沟组。

由于河北北部马家沟组五、六段已被剥蚀，因此葛利普和孙云铸 1922 年在唐山开平建立“马家沟灰岩”时不可能包括这段地层，后来在河北南部、山西、山东等地相继发现的这段地层与“马家沟灰岩”是一套连续统一的碳酸盐岩层系，把它分割开来另外建组显然是不合理的。至于有人主张以所谓峰峰组底界作为奥陶系中、上统（三分法）或上、下统（二分法）的分界，更是没有依据和不可取的。

（三）马家沟组段及亚段的划分

本文主要研究对象是陕北盐盆，其内部大量使用的是石油钻井资料；因此，对马家沟组段及亚段的划分，原则上采用长庆油田的划分方案，仅对个别层界有所改动，并取消上、下马家沟组之分，统一分成 6 段，其中主要含盐段马五段又分为 10 个亚段（图 1-1）。

华北地台的奥陶系，地表和井下岩性完全可以对比，冶里组和亮甲山组全区岩性均一，马家沟组在陕北盐盆一、三、五段为含盐地层，到华北地台中、东部，井下为石膏，地表则为去膏化、脱白云化次生灰岩、膏溶角砾岩。含膏岩层比较稳定（图 1-2）。

二、地层层序及特征

（一）上寒武统凤山组

为下伏地层，灰、灰黄色泥质粉晶、细晶白云岩，泥质白云岩夹薄层状“竹叶状”砾屑灰岩和灰绿色、黄灰色白云质泥岩。

（二）奥陶系

1. 奥陶系下统

（1）冶里组（ O_{1y} ）

主要为浅灰、黄灰色薄—中厚层细、粉晶白云岩夹少量“竹叶状”砾屑白云岩。地台东部，则以灰岩为主，夹“竹叶状”砾屑灰岩，其上部夹生物碎屑灰岩，化石丰富，厚度多为 45~70m。中条山地区最薄，仅 20m，北京西郊丁家滩最厚，达 150m 以上。陕北盐盆内局部缺失，厚 0~31m。与下伏寒武系上统凤山组整合接触。所见化石有：*Asaphellus* sp., *Drepanodus* sp., *Scolopodus opimus*, *Cordylodus* sp. 等。

（2）亮甲山组（ O_{1l} ）

主要为浅灰、灰白色厚层细—粗晶白云岩，含燧石条带，团块较多，藻迹丰富。顶部多为粉晶白云岩、泥质白云岩。地台东部辽宁本溪一带以灰岩为主，富含化石。厚度一般大于 150m，河北北部最厚达 190m，陕北盐盆内局部缺失，厚 0~39m。与下伏冶里组整合接触。所见化石有：*Manchuroceras* sp., *Archaeoscyphia* sp., *Lingulella Cameroceras* sp., *Ophileta* sp., *Coreanoceras* sp.。

2. 奥陶系中统马家沟组（ O_{2m} ）

（1）马一段（ O_{2m}^1 ）

下部：灰、灰黄色薄层状泥质白云岩、粉晶白云岩。厘米级纹层发育，局部呈叶片状。底部剥蚀面上有一层底砾岩或含砾屑石英砂岩，砾石为次棱角状燧石和白云岩块，白

地 层 系 统					代 号	厚 度 (m)	柱状图	岩 性 简 述
系	统	组	段	亚段				
石炭系	中统	本溪组			C_{2b}		A1—	泥岩夹砂岩，底部铝土质泥岩。
奥陶系	中统	马家沟组	马六段		O_{2m}^6	0~19.50		灰岩夹泥岩薄层。
			四亚段	—	O_{2m}^{5-1}	11.50~72.50		白云岩夹灰岩，局部泥质白云岩及泥灰岩。
				—	O_{2m}^{5-3}			
			五亚段	—	O_{2m}^{5-4}	14.00~67.27		上部泥质白云岩夹白云岩，下部石盐岩夹泥质白云岩、硬石膏岩。陕钾1井夹含钾石盐盐岩。
				—	O_{2m}^{5-5}			厚层状灰岩夹灰质白云岩，局部为白云岩。
			六亚段	C	O_{2m}^{5-6}	35.00~176.00		石盐岩为主夹泥质白云岩、白云质泥岩、硬石膏岩薄层。以中部两厚层泥质白云岩为界划分成A、B、C三套盐层，其中B层及C层夹有含钾石盐盐岩层，见钾石盐、光卤石、钾铁盐等矿物
			七亚段	A	O_{2m}^{5-7}	10.00~33.00		灰岩、白云岩及含白云质泥质灰岩。
			八亚段	B	O_{2m}^{5-8}	10.00~36.00		上部硬石膏岩夹泥质白云岩，下部石盐岩夹泥质白云岩。
			九亚段	B	O_{2m}^{5-9}	11.00~29.00		泥质白云岩夹白云质灰岩。
			十亚段	B	O_{2m}^{5-10}	8.00~96.50		上部石盐岩夹硬石膏岩及泥质白云岩，中、下部灰岩与硬石膏岩不等厚互层。
奥陶系	中统	马家沟组	马四段		O_{2m}^4	51.50~173.00		厚层块状灰岩、泥灰岩夹白云岩。
			马三段		O_{2m}^3	68.50~181.70		石盐岩与泥质白云岩互层，夹硬石膏岩。
			马二段		O_{2m}^2	48.00~99.90		白云岩、泥灰岩或灰岩为主，局部夹膏盐层。
			马一段		O_{2m}^1	16.50~105.50		上部石盐岩夹泥质白云岩及硬石膏岩，下部泥质白云岩夹白云岩，底部为砂砾岩。
寒武系	上统	亮甲山组			O_{1l}	0~39.00		含燧石条带白云岩夹泥质白云岩。
		泊里组			O_{1y}	0~31.00		粉—细晶白云岩夹竹叶状白云岩。
		凤山组			ϵ_3f			泥质白云岩及竹叶状白云岩。

图 1-1 陕甘宁盆地奥陶系柱状剖面图

1—铝土质泥岩；2—石灰岩；3—泥质灰岩；4—白云质泥岩；5—泥质白云岩；6—白云岩；7—竹叶状白云岩；
 8—鲕状白云岩；9—含燧石白云岩；10—硬石膏岩；11—石盐岩；12—含钾石盐盐岩；13—不整合