

文章编号: 1006-6616 (2002) 03-0193-08

鄂尔多斯盆地早古生代复合的古构造体系与天然气

张福礼

(中国新星石油公司第三石油普查勘探大队, 陕西 咸阳 712000)

摘要:以鄂尔多斯盆地北部古生界为重点的第二轮油气普查, 历经十几年的艰苦拼搏, 终于取得了重要的油气成果, 相继发现了一批大中型天然气田, 成为我国陆上一个新的重要的油气战略接替区。本文介绍了地质力学在鄂尔多斯盆地早古生代碳酸盐岩领域找油气研究中, 坚持构造体系控制油气的基本观点, 以古构造体系、古沉积体系、古地貌岩溶体系、古含油气体系分析为主线, 指明了盆地下古生界巨大的生烃资源潜力和大中型天然气聚集带形成条件及勘探方向, 强调原型盆地的勘探思路在指导勘探部署和气田发现中的重要作用。

关键词:地质力学; 下古生界; 古构造体系; 天然气

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

从20世纪50年代中期展开的首轮全国性大规模石油普查工作中, 鄂尔多斯盆地的油气勘查在长达14年的探索中, 历尽艰难和曲折, 一度陷入困境后, 在李四光部长亲自指导和支持下, 重返盆地南部, 选定主攻区块, 调整和实施新的部署, 实现了侏罗系延安组和三叠系延长组油气的重大突破, 使中生界油气田的发展展现了光明的前景。从70年代中期开始的二轮石油普查则以盆地北部伊克昭盟古生界为重点展开工作, 在多学科、多工种、多部门联合攻关的实践中, 地质力学工作在孙殿卿院士的关怀教导下^[1], 在徐怀大、邓乃恭先生指导帮助下, 坚持构造体系成生发展控制油气生移聚散的基本观点, 经过几十年的探索, 逐步形成了符合客观石油地质条件的油气勘查思路, 确认加里东风化壳、奥陶系碳酸盐岩内幕的盐下及前古生界基岩侵蚀面对于天然气的赋存具有广阔的前景和巨大的资源潜力。经过精心部署和钻探验证, 终于在下古生界奥陶系加里东风化壳取得天然气勘探的重大突破, 在各部们加大勘探力度的推动下, 一批大中型天然气田陆续被发现, “八五”末期, 探明加控制天然气储量已超过 $4000 \times 10^8 \text{m}^3$, 形成了我国陆上最大的天然气田区。

在稳定的克拉通盆地内, 针对早古生代碳酸盐岩领域的天然气勘查, 地质力学的研究方向就是要把李四光教授在总结我国第一轮石油普查勘探工作经验的基础上提出的“先找油区, 再找油田”的找油指导思想和勘探程序七个步骤进一步丰富和具体化, 并形成一套较完

收稿日期: 2002-03-25

作者简介: 张福礼(1939-), 男, 教授级高工。1962年毕业于长春地质学院石油系, 长期从事地质力学在我国东部和鄂尔多斯地区油气勘查中的生产实践和研究。

整的勘查思路^①，其主要内涵包括：做好盆地古构造体系找油的基础研究，追溯盆地地质发展史，划分构造发展阶段；坚持整体评价，恢复原型盆地，进行古构造体系、古沉积体系、古地貌岩溶体系、古含油气体系宏观分析，这是指出油气区的主要依据；圈定主要生油气凹陷和生烃中心，定量评估油气资源潜力，这是选定油气区的主要工作；查明邻近生烃中心的大型古隆起及斜坡带、沉积储集岩相带、古地貌岩溶斜坡带，明确油气聚集的分布及范围，预测远景地质储量，这是预测油气田的主要内容；通过构造体系复合现象对沉积储层和古地貌岩溶发育控制特点的分析，寻找储集和圈闭条件均佳的天然气富集区块，计算控制地质储量，这是圈定油气田的主要工作；通过综合性油气勘探，提交探明储量，为全面开发提供充分的油气资源准备，这是评价油气田的工作。

按照上述勘查思路，本文对应用地质力学理论在鄂尔多斯盆地古生界天然气勘探实践中所取得的主要成果概述如下。

(1) 追溯地质发展史，划分构造阶段

一个地区的整个构造演化史，往往是由既有差别又有联系的若干构造阶段构成的。每一构造阶段，都是一定形式构造运动的综合反映，都具有一定的构造形变史、沉积形成史、矿产成藏史和代表性地质构造事件，其上下均有明显的不整合面分界。就鄂尔多斯盆地而言，它经历了漫长的地质构造演化过程，从构造体系和油气地质角度出发，可以划分为六个大的构造演化阶段^[2]：即太古宙—古元古代基底形成阶段，中、新元古代古陆裂谷集中发育阶段，早古生代复合型克拉通拗陷发育阶段，晚古生代—中三叠世联合型克拉通拗陷发育阶段，晚三叠世—白垩纪扭动型内陆拗陷发育阶段及新生代扭张型盆地周缘断陷发育阶段。

通过盆地构造演化及各阶段构造形变史的研究，可以清楚地看出，前古生代巨型的纬向构造和深部热体制、古生代克拉通与南北相邻海域组成类似于现代板块扩张、俯冲、碰撞造山体制及中生代东西部不平衡扭动远源控制的陆内变形体制。由于热作用的深与浅，南北向的扩张—俯冲与俯冲—碰撞造山，陆内构造环境挤压、扭动与拉张，控制了盆地构造演化六大阶段的形成和发展。

(2) 坚持整体评价，恢复早古生代原型盆地

鄂尔多斯盆地是一个经历多次构造变动，由多个原型盆地复合而成的叠合盆地。

在古老的太古宙—古元古代基底岩系之上，自中、新元古代以来，在五个不同的地质历史阶段，相继发育和形成五种不同类型的原型盆地。即中、新元古代张裂型的裂陷槽盆地，早古生代的复合型克拉通拗陷盆地，晚古生代—中三叠世联合型克拉通拗陷盆地，晚三叠世—白垩纪扭动型的大型内陆拗陷盆地及新生代扭张型周缘断陷盆地。它们的构造及演化，显示了各自不同的构造格局、构造环境和构造体系特征。

五种不同类型的原型盆地中，发育了五种相互区别的沉积类型。其中，中、新元古代沉积为浅海碎屑岩—碳酸盐岩裂谷充填型，早古生代沉积为陆表海碳酸盐岩台地型，晚古生代—中三叠世沉积为滨海碳酸盐岩—过渡相—陆相碎屑岩台地型，晚三叠世—白垩纪沉积为陆内湖泊、河流拗陷型，新生代的沉积属陆内河湖断陷充填型。在各自的沉积发育期内，具有不同的沉积特征、沉积环境和不同的沉积体系。

早古生代，整个盆地形成南、北两隆（庆阳古隆起、乌兰格尔古陆），东、西两凹（米脂凹陷、盐池凹陷）和中部一鞍部（靖边鞍部隆起）的构造格局，这是在中、新元古代近南

① 张福礼. 地质力学找油理论和实践. 地质力学通讯, 1985年.

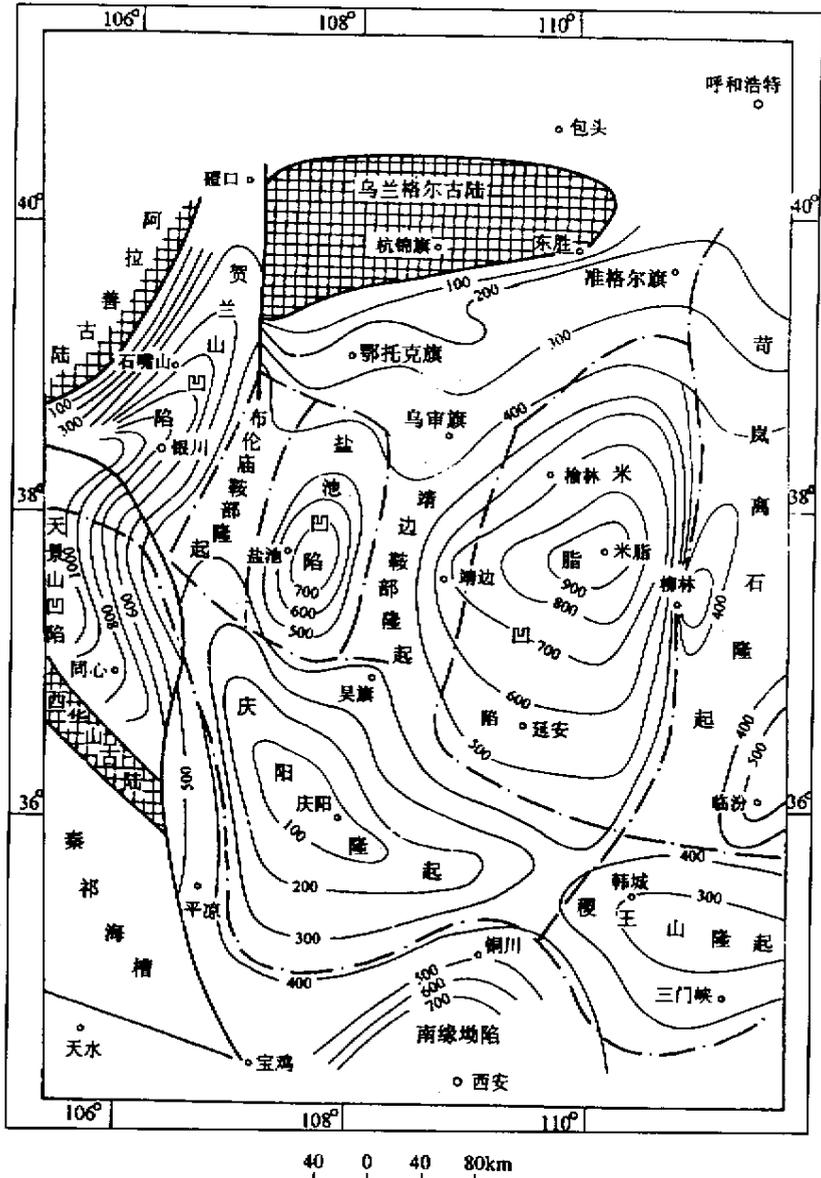


图 1 鄂尔多斯盆地早奥陶世古构造分区图

Fig.1 Ancient tectonics distribution of Early Ordovician in Ordos basin

北向的中央构造平台及东、西两侧裂陷槽的古构造基础上，早古生代东西向构造与之横跨形成的复合构造型式（图 1）。对于这种横跨的复合现象李四光教授曾明确指出^[3]：只有当横跨褶皱的强度达到势均力敌的时候，它们之间的相互关系才显示两组褶皱相交的特征。这种特征是：一组背斜群沿着它们伸展的方向，以同一步调、有节奏地一起一伏，它们俯伏的一线与横跨其上的向斜轴相当，它们齐头昂起的一线与横跨其上的背斜轴相当，这样，横跨的背斜群就以排成穹隆的形式出现。在这里，形成了一组隆起呈东西走向，另一组呈南北向。

盆地早奥陶统主要为陆表海碳酸盐岩台地沉积，海水广覆全区，沉积格局的展布受到区

域构造面貌的影响和控制。在水下隆起区以潮上泥坪、潮上萨勃哈沉积体系为主，在凹陷内以蒸发盐湖沉积体系发育为主，其间的斜坡区为广阔的潮坪白云岩发育区（图2），形成了凹陷内发育烃源岩，隆起和斜坡区为天然气运移指向及聚集、富集区的宏观布局。

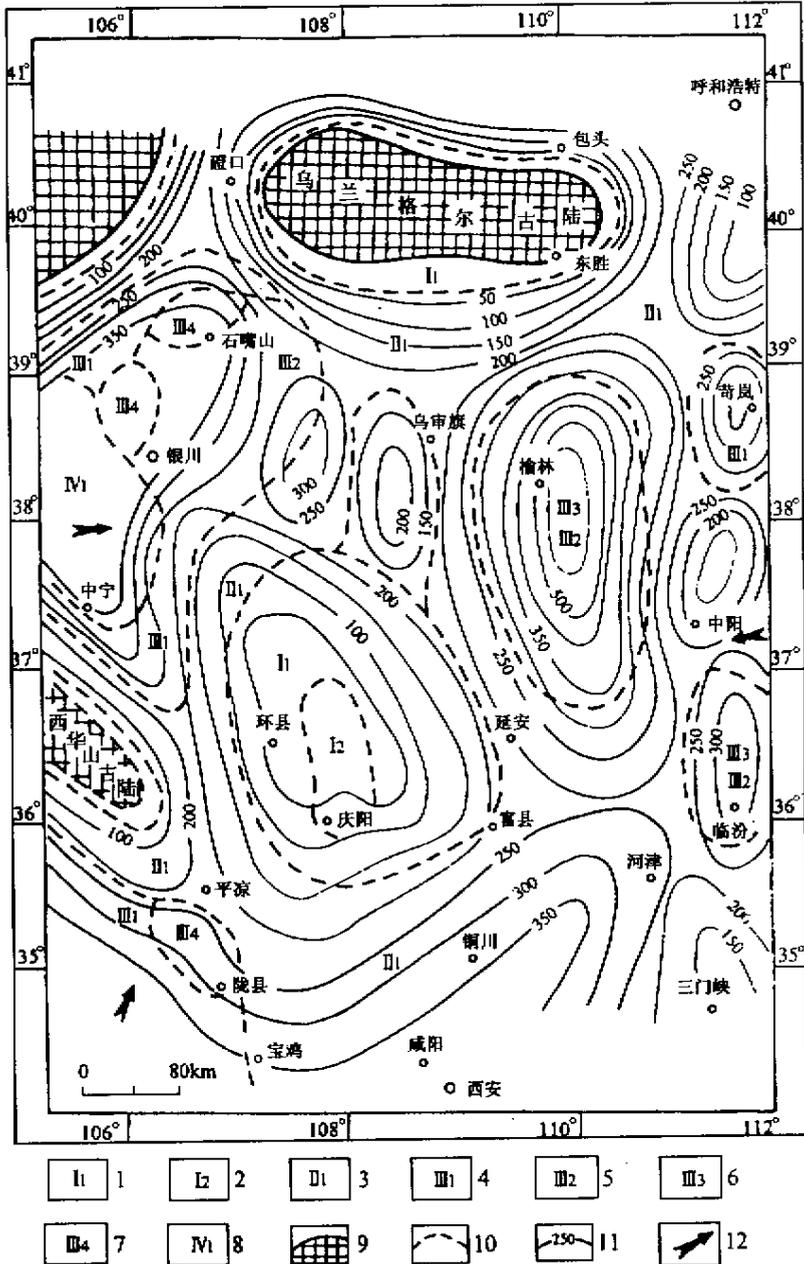


图2 鄂尔多斯盆地早奥陶世上马家沟期沉积岩相古地理略图

Fig.2 Sedimentary lithofacies and paleogeographic sketch of Upper Majagou Stage of Early Ordovician

- 1. 潮上泥坪; 2. 潮上萨勃哈; 3. 潮间坪; 4. 潮下浅水; 5. 潮相; 6. 膏盐湖; 7. 潮下浅滩; 8. 浅水缓坡; 9. 古陆; 10. 沉积相界; 11. 等厚线, 单位: m; 12. 海侵方向

(3) 圈定主要生油气凹陷，明确主要生烃中心，定量评价盆地油气资源潜力

经过“七五”和“八五”的国家天然气重点科技攻关专项研究和盆地下古生界大、中型天然气田勘探实践，指明了盆地内奥陶系陆表浅水碳酸盐岩具有丰厚的生烃物质基础，烃源岩主要为微晶及泥晶石灰岩、泥质灰岩、泥质白云岩及膏云岩。并且主要分布在米脂凹陷和盐池凹陷内。米脂凹陷 $1.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 范围内，烃源岩平均厚度大于 700m；盐池凹陷 $0.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 范围内，烃源岩厚度大于 600m。生烃史和运移史模拟表明，两凹陷在地史过程中始终是生烃中心 ($20 \times 10^8 \sim 40 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$) 和排烃中心 (图 4)。资源量测算结果显示：盆地下古生界天然气生成量 $424.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，资源量为 $5.84 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。由此可见，盆地下古生界天然气资源量十分丰富，具备了形成大中型天然气的雄厚烃源物质基础。

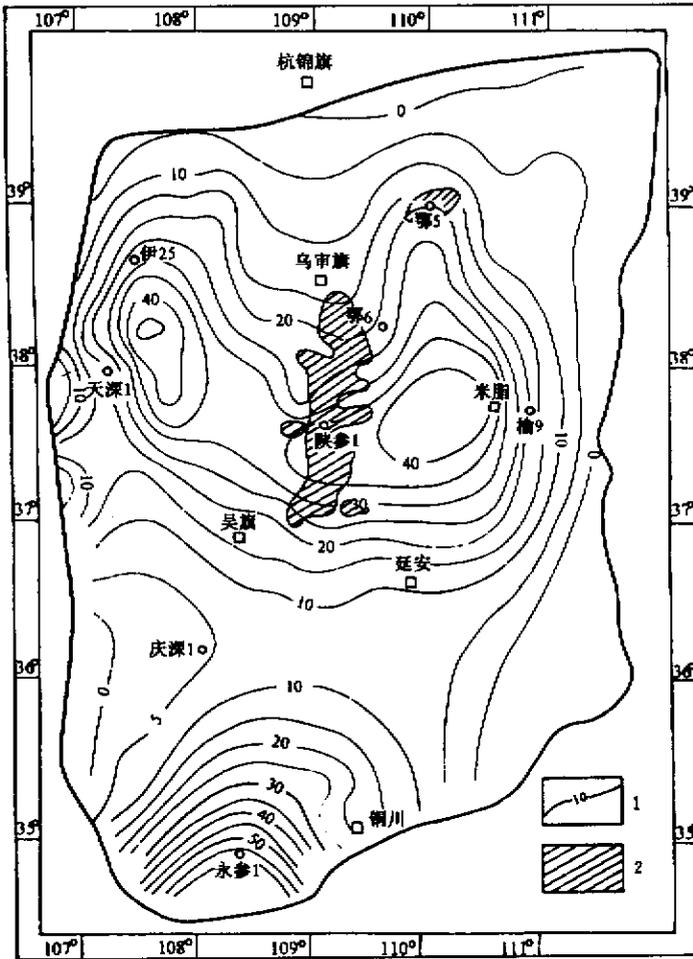


图 4 鄂尔多斯盆地奥陶系生气强度图

Fig.4 Intensity of generating gas in Ordovician in Ordos basin

1. 生气强度等值线，单位： $10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ；2. 气田范围

(4) 查明邻近生烃中心的大型古隆起斜坡带、沉积储集岩相带、古地貌岩溶斜坡带的展布，明确大中型天然气聚集带的分布及其规模

早奥陶世沉积时，盆地中部靖边隆起在地史发展过程中始终处于相对隆起的位置，是油

气运移长期指向地带。古隆起两侧的古斜坡是有利的潮坪白云储集岩相发育区，又是加里东侵蚀面古地貌的岩溶斜坡区，水平溶蚀作用强烈，进一步改善了白云岩储层的孔渗条件，为天然气大规模聚集提供了理想的空间。由于风化壳气藏产层分布广泛、厚度稳定，导致形成了平面分布达 4000 多平方千米的大气田区。

(5) 大型侵蚀间断面提供了大规模油气运移、区域性储集和圈闭条件

盆地在吕梁期、怀远期、加里东期和印支期发育四个主要侵蚀间断面，其中早古生代加里东期风化壳内形成的地层—岩性复合圈闭气藏系列严格地受古构造、古沉积相—古岩溶地貌制约和控制，表明了大型侵蚀间断面在促进大规模油气运移、改善和形成区域性储集及圈闭条件，形成天然气富集区块的储渗体，都具有特殊重要的作用。

(6) 在明确了鄂尔多斯盆地地下古生界形成大中型天然气田的必要地质条件基础上，以其总体构造环境的稳定性为我们回到原型盆地找气创造了条件

原型盆地发育有主要生烃凹陷和生烃强度中心，显示了明显的“源控”特点；天然气聚集为近源的有利隆起斜坡区，显示了油气主要为近距离运移；油气圈闭以古构造、古沉积相带、古地貌制约下的地层—岩性气藏为主要特色；油气储层中低孔渗、气藏属中低产、低丰度、深层、平面分布广泛的大气田。

从鄂尔多斯盆地地下古生界天然气勘探的艰苦历程和亲身经历，笔者深刻地认识到，从指出油气区到评价油气田，包括了地质力学战略—战术找油气的主要内容，是一项艰苦的开路工作，地质力学扎根于盆地地下古生界天然气勘探的领域中，发挥了理论指导的重要作用，同时，在勘探实践中又进一步丰富和开阔了自己找油气理论和方法的内涵，从一个方面反映了地质力学找油气理论的强大生命力和进一步在油气勘探各个领域广泛应用的完美前景。

在长期的勘探活动中，坚持地质力学找油气理论和应用的同时，充分重视多学科、多工种的协作配合，形成油气地质科技攻关的合力，取得事半功倍的成效，这是鄂尔多斯盆地地下古生界天然气勘探中取得的重要经验。

鉴于鄂尔多斯盆地特有的油气地质条件和地层—岩性隐蔽气藏类型，天然气成果的获取，大中型天然气田的发现和开拓，不单单依赖于地质研究中认识上的飞跃，同时要借助于钻探工程和测试工艺技术方法的突破。在这方面我们有着切身的体会，只重视地质研究，忽视工程和工艺技术攻关，就会延误油气的发现，只有地质研究和工程工艺攻关两手都过硬，实现科学和技术的高度融合，才能及时拿到高产气井，拿到大中型气田。

鄂尔多斯盆地早古生代海相碳酸盐岩天然气勘查和重大发现，具有十分重要的意义^[5]：它揭示了加里东期风化壳、奥陶系碳酸盐岩“内幕”及前古生界基岩侵蚀面天然气具有广阔的开发前景和巨大的潜力，拿下了我国陆上最大的天然气田，使本区成为我国陆上现实的油气战略接替区；为勘查和发现海相碳酸盐岩地层—岩性复合圈闭隐蔽气藏提供了重要借鉴；行之有效的勘探程序和方法及配套工艺技术方法为其他非构造和低渗透油气藏的勘探开发提供了经验；多学科的深入研究及相互综合、渗透和交叉，取得了系统的科研成果，为丰富和发展具有我国特色的油气地质理论做出了重要贡献。

参 考 文 献

- [1] 孙殿卿, 高庆华. 地质力学与地壳运动 [M]. 北京: 地质出版社, 1982.
- [2] 张福礼, 黄舜兴, 等. 鄂尔多斯盆地天然气地质 [M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [3] 李四光. 地质力学概论 [M]. 北京: 科学出版社, 1973.
- [4] 戴金星, 王庭斌, 等. 中国大中型天然气田形成条件与分布规律 [M]. 北京: 地质出版社, 1997.
- [5] 张福礼. 鄂尔多斯盆地油气勘查、发现及其意义 [A]. 中国新星石油文集 [C]. 北京: 地质出版社, 1999.

COMPOUND ANCIENT TECTONIC SYSTEM AND NATURAL GAS OF EARLY PALEOZOIC IN ORDOS BASIN

ZHANG Fu-li

(*The Third Petroleum Exploration Team , NSPC , Xianyang 712000 , Shaanxi , China*)

Abstract : The oil and gas investigations of the secondary turn laid emphasis on the Paleozoic of northern Ordos basin have finally gained important achievements after undergoing persistent effort over ten odd years , discovered successively a batch of large-middle scale natural gas fields , formed a new important replaceable region in our country's oil and gas development strategy . This thesis introduces specially some actual application of geomechanics to study fields of looking for oil and gas in Early Paleozoic carbonate rock . The geomechanics based analyses on ancient tectonic system , ancient sedimentary system , ancient landforms system formed by karst , ancient bearing oil and gas system , insisted on the basic stand-points that oil and gas was controlled by tectonic system , pointed out immense resource potentiality for producing oil and gas in the basin's Lower Paleozoic and conditions of forming large-middle scale gas gathering zone , and exploration direction . The exploration thinking of the prototype basin played an important role in guiding exploration arrangement and gas field discovery .

Key words : geomechanics ; Lower Paleozoic ; ancient tectonic system ; natural gas