



Eerduosi Zhongdongbu

Wangushengdai Gudili Ji Youzhi Chuceng Fayu Kongyin

China University of Mining and Technology Press

国家自然科学基金项目 (41672146, 41872168) 资助

国家科技重大专项 (2016ZX05044002-001) 资助

鄂尔多斯中东部

晚古生代古地理及优质储层发育控因

沈玉林 郭英海 付金华 著

Eerduosi Zhongdongbu Wangushengdai Gudili Ji Youzhi Chuceng Fayu Kongyin

中国矿业大学出版社

国家自然科学基金项目(41672146,41872168)资助
国家科技重大专项(2016ZX05044002-001)资助

鄂尔多斯中东部晚古生代古地理及 优质储层发育控因

沈玉林 郭英海 付金华 著



中国矿业大学出版社

内 容 提 要

立足于露头剖面和钻井(岩心)的沉积环境分析及层序地层划分,对隐伏区钻测井进行地层划分与对比,建立研究区层序地层格架。在层序地层格架内探讨研究区晚古生代沉积格局及演化,揭示物源分布、优质储层发育规律及控制因素,为盆地天然气勘探开发提供地质依据。

图书在版编目(CIP)数据

鄂尔多斯中东部晚古生代古地理及优质储层发育控因/
沈玉林,郭英海,付金华著. —徐州:中国矿业大学出
版社,2018.10

ISBN 978 - 7 - 5646 - 4193 - 1

I. ①鄂… II. ①沈… ②郭… ③付… III. ①晚古生
代-储集层特征-研究-鄂尔多斯市 IV.

①P618.130.206.226.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 239495 号

书 名 鄂尔多斯中东部晚古生代古地理及优质储层发育控因

著 者 沈玉林 郭英海 付金华

责任编辑 耿东锋

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83884103 83885105

出版服务 (0516)83995789 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 江苏凤凰数码印务有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 12.5 字数 310 千字

版次印次 2018 年 10 月第 1 版 2018 年 10 月第 1 次印刷

定 价 38.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

鄂尔多斯盆地是我国中西部的一个大型能源盆地,蕴藏了丰富的煤、石油和天然气等资源。20世纪80年代,在盆地中部下古生界奥陶系碳酸盐岩风化壳中发现了目前中国陆上最大的天然气田,探明储量达 $3 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 。随着盆地天然气勘探重点从下古生界转向上古生界,上古生界天然气勘探和开发取得了重大进展,不仅在二叠系山西组发现了榆林气田,二叠系石盒子组中发现了陕99井气田、苏里格气田、乌审旗气田,并在太原组的砂岩中获得了工业气流,发现了神木气田,展示了鄂尔多斯盆地上古生界天然气勘探开发的巨大潜力。

鄂尔多斯盆地的天然气主要受岩性岩相控制,新的岩性气藏是储量的主要增长点。上古生界具有很大的天然气资源潜力,资源转化率还较低。根据国内外油气勘探的经验,在含油气盆地油气勘探的中后期,岩性气藏的数量和储量将大幅度地增加,因此上古生界仍有较大的岩性气藏勘探潜力。但盆地上古生界岩性油气藏勘探仍面临着许多难点和挑战,突出地表现在对岩性油气藏的形成条件、分布特征、成藏模式等的地质认识尚不够全面等诸多方面。研究表明,盆地上古生界气藏的分布显示了与沉积相带具有密不可分的关系,气藏富集主要受岩相和岩性的控制。

本书立足于露头剖面和钻井(岩心)的沉积环境分析及层序地层划分,对隐伏区钻测井进行地层划分与对比,建立研究区层序地层格架。在层序地层格架内探讨研究区晚古生代沉积格局及演化,揭示物源分布、优质储层发育规律及控制因素,为盆地天然气勘探开发提供地质依据。

著 者

2018年5月

目 录

第 1 章 区域地质背景	1
1.1 岩石地层及岩性组合特征	1
1.1.1 上石炭统本溪组(C_2b)	2
1.1.2 上石炭统晋祠组(C_2j)	3
1.1.3 下二叠统太原组(P_{1t})	3
1.1.4 下二叠统山西组(P_{1s})	5
1.1.5 中二叠统下石盒子组(P_2^1x)	7
1.1.6 中二叠统-上二叠统上石盒子组($P_2^2-P_3^1sh$)	7
1.1.7 上二叠统孙家沟组(P_3s)	7
1.2 区域构造格局及其演化	11
1.2.1 构造格局	11
1.2.2 盆地基底的结构和构造特征	12
1.2.3 构造演化	17
第 2 章 层序地层格架与对比	25
2.1 主要沉积相类型	25
2.2 层序界面类型及特征	25
2.2.1 层序界面的识别	25
2.2.2 层序界面类型	31
2.2.3 水泛面	38
2.3 层序地层特征	39
2.3.1 层序地层特点	39
2.3.2 充填层序类型及特征	41
2.4 晚古生代海平面变化及层序充填模式	42
2.4.1 晚古生代海平面变化	42
2.4.2 层序充填模式	43
2.5 层序地层格架内的地层对比	47
2.5.1 关键界面的约束	47
2.5.2 近距离自旋回沉积对比	48
2.5.3 古生物组合带的限定	48
2.5.4 区域地层单元划分	48

第3章 层序格架内古地理特征及演化	51
3.1 SQ I 古地理特征	51
3.1.1 SQ I 区域沉积背景	51
3.1.2 SQ I 古地理	51
3.2 SQ II 古地理特征	57
3.2.1 SQ II 区域沉积背景	57
3.2.2 SQ II 古地理	58
3.3 SQ III 古地理特征	71
3.3.1 SQ III 区域沉积背景	71
3.3.2 SQ III 古地理	72
3.4 SQ IV 古地理特征	81
3.4.1 SQ IV 区域沉积背景	81
3.4.2 SQ IV 古地理	82
3.5 SQ V 古地理特征	94
3.5.1 SQ V 区域沉积背景	94
3.5.2 SQ V (SQ18) 古地理	94
3.6 晚古生代古地理演化	96
第4章 晚古生代盆山耦合及古地理控制因素	98
4.1 晚古生代研究区与内蒙古造山带的耦合关系	98
4.1.1 华北晚古生代沉积盆地的形成与其北侧造山作用发生的密切相关性	98
4.1.2 晚古生代古地理演化阶段随内蒙古造山带板块作用的演化而转变	99
4.1.3 晚古生代沉积特征、物质充填与造山作用密切相关并记录了造山带的构造变动与隆升过程	100
4.2 物源研究	100
4.2.1 物源区构造属性特征	101
4.2.2 古流向及砂体展布特征	101
4.2.3 主要轻矿物标型特征	101
4.2.4 重矿物组合特征	106
4.2.5 晚古生代物源探讨	115
4.3 古气候	125
4.4 晚古生代构造-沉积充填模式	126
4.4.1 晚石炭世(SQ I)构造-沉积充填模式	127
4.4.2 早二叠世早期(SQ II)构造-沉积充填模式	127
4.4.3 早二叠世晚期(SQ III)构造-沉积充填模式	129
4.4.4 中二叠世-晚二叠世早期(SQ IV)构造-沉积充填模式	130
4.4.5 晚二叠世晚期(SQ V)构造-沉积模式	131

第 5 章 优质储层发育控制因素分析·····	132
5.1 神木-双山含气区太原组桥头砂岩·····	132
5.1.1 储层分布及成岩作用特征·····	132
5.1.2 桥头砂岩优质储层发育的控制因素·····	136
5.2 乌审召-伊金霍洛旗含气区盒 8 段砂岩·····	153
5.2.1 储层分布及成岩作用特征·····	153
5.2.2 盒 8 段优质储层发育的控制因素·····	157
参考文献·····	176
附录·····	183

第 1 章 区域地质背景

1.1 岩石地层及岩性组合特征

通过对研究区 10 条露头剖面 and 500 余口煤、天然气钻井进行对比研究,运用前人的区域古生物地层研究成果,建立区域对比标志和区域地层格架。研究区晚古生代地层普遍缺失下石炭统及以下地层,晚古生代地层自老而新依次为本溪组、晋祠组、太原组、山西组、下石盒子组、上石盒子组和孙家沟组(表 1-1)。

表 1-1 研究区上古生界地层表及对比标志层(据郭英海等,2004,有修改)

岩石地层单位				晋西保德及研究区北部	柳林及研究区南部	太原西山	动植物化石组合带
系	统	组	段				
二 叠 系	上统	孙家沟组		K ₈ 砂岩	K ₈ 砂岩	K ₈ 砂岩	<i>Ullmannia brononii</i> - <i>Yuania magnifolia</i>
		上石盒子组	盒 1~盒 4				<i>Gigantonoclea hallei</i> - <i>Psygmo-phyllum multipartitumi</i> - <i>Lobatannularia ensifolia</i>
	中统	下石盒子组	盒 5~盒 8		K ₄ 砂岩		<i>Sphenopteridium pseudogermanicum</i> - <i>Tingia spp</i> - <i>Emplectopteris triangularis</i>
		山西组	山 1~山 2	S ₄ 砂岩	K ₃ 砂岩	北岔沟砂岩	<i>Emplectopteris Triangularis</i> - <i>loba-tannularia sinensis</i> - <i>Emplectopteridium</i>
	下统	太原组	太 1	上土门页岩 9# 煤 S ₃ 砂岩 下土门页岩	L ₅ 灰岩 6# 煤 砂岩 L ₄ 灰岩	东大窑灰岩 6# 煤 七里沟砂岩 斜道灰岩	<i>Pseudoschwagerina-Sphaeroschwagerina</i>
			太 2	10# 煤 砂岩 保德灰岩 11# 煤 桥头砂岩(S ₂) 关家崖海相层 13#、14# 煤	7# 煤 砂岩 L ₂₋₃ 灰岩 8# _上 煤 砂岩 L ₁ 灰岩 8#、9# 煤	7# 煤 上马兰砂岩 毛儿沟灰岩 8# _上 煤 下马兰砂岩 庙沟灰岩 8#、9# 煤	
石 炭 系	上统	晋祠组		扒楼沟灰岩 15#、16# 煤 S ₁ 砂岩	L ₀ 灰岩 11# 煤 K ₁ 砂岩	吴家峪灰岩 11# 煤 晋祠砂岩	<i>Triticites sinuosus</i> - <i>Montiparus minutus</i>
		本溪组	张家沟灰岩 铁铝岩	L _b 灰岩 铁铝岩	畔沟灰岩 铁铝岩		<i>Fusulina-Fusulinella</i>

注:动植物化石组合带,据何锡麟等,1990;王玉净等,1992;桂学智,1993;汪曾荫,1995;王双明,1996;尚冠雄,1997。

1.1.1 上石炭统本溪组(C_{2b})

标准剖面在本溪复州湾。在研究区本溪组是指奥陶系风化壳之上的铁铝岩之底至 K₁ 砂岩[与太原西山“晋祠砂岩”(刘鸿允,1957)相当]底面之间的所有岩性组合,厚 10~50 m。按其沉积序列和岩石组合可分为上、下两段。

(1) 下段:主要由灰白色铝质岩、铝质泥岩及泥岩组成,底部见断续分布的铁矿层(山西式铁矿)。它平行不整合于下古生界风化面之上,在全区普遍都有分布,厚度一般 0~25 m (图 1-1)。为本区初次海侵时的残积物,在层位上具有明显的穿时性。

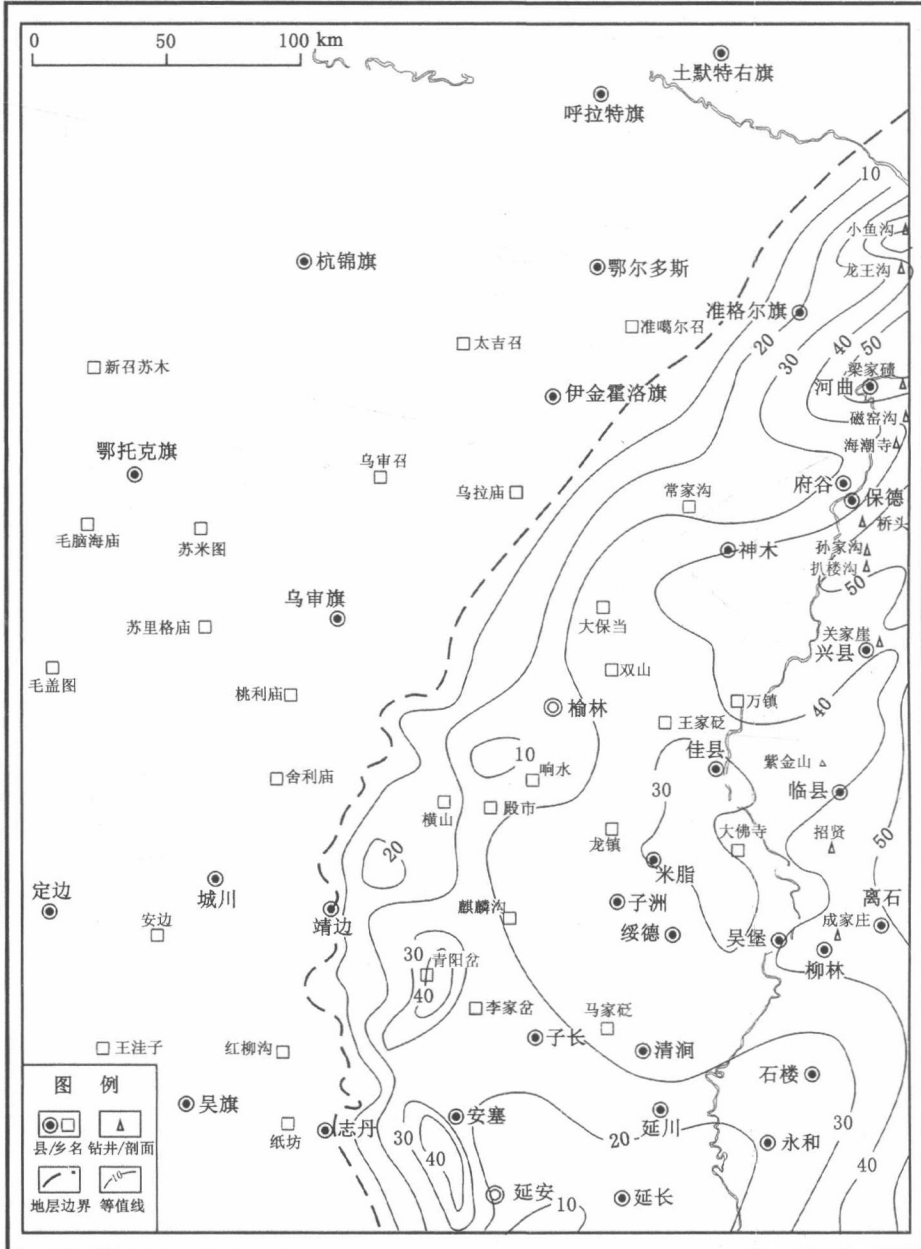


图 1-1 鄂尔多斯中东部本溪组地层厚度等值线图

(2) 上段:由灰黑色泥岩、粉砂岩夹砂岩、石灰岩及煤线组成。砂岩为中-细粒石英砂岩,分布于中、北部地区。石灰岩以生物碎屑泥晶石灰岩为主,主要发育在北部地区,王竹泉(1922)在保德地区张家沟将其称为张家沟灰岩(L_b)。梁家碛、海潮寺等剖面厚度最大,5~8 m,向南变薄,呈透镜体状产出,以含蠕 *Fusulina-Fusulinella* 组合带(何锡麟等,1990;王玉净等,1992;桂学智,1993;汪曾荫,1995;王双明,1996;尚冠雄,1997)、牙形刺 *Idiognathodus delicatus-Imagnificus* 组合带(汪曾荫,1995;尚冠雄,1997)为特征,形成时代为晚石炭世早期晚时(C₂⁻²),与太原西山地区畔沟灰岩相当。

1.1.2 上石炭统晋祠组(C_{2j})

该组由刘鸿允等(1957)命名建于太原西山,原义是指晋祠砂岩到吴家峪灰岩上部一层细-中粒石英砂岩之底之间的一套含煤地层。依据郭英海等(2004)的地层划分方案,将晋祠组理解为晋祠砂岩(K₁砂岩)之底到扒楼沟灰岩之顶(或8[#]、9[#]煤之底)间的所有岩层。岩性由灰黑色泥岩、粉砂岩、细-粗粒石英砂岩、煤层组成,厚10~40 m(图1-2)。底部K₁砂岩是晋祠组与本溪组的分界砂岩,是本组发育较为稳定的砂岩,也是本组主要的含气层段。石灰岩分布不稳定,区域内以北部保德扒楼沟至准格尔南部发育最好,见2层,李四光和赵亚曾(1926)称之为扒楼沟灰岩(L₀),向南部石灰岩变为1层且呈不稳定的透镜体状产出。扒楼沟灰岩以含蠕 *Triticites sinuosus-Montiparus minutus* 组合带及牙形刺 *Idiognathodus magnificus-Streptognathodus oppetus* 组合带为特征,形成时代为晚石炭世晚期(C₂²),与太原西山地区吴家峪灰岩相当。

1.1.3 下二叠统太原组(P_{1t})

本书是指扒楼沟灰岩之顶部(或8[#]、9[#]煤层之底)至北岔沟砂岩(K₃砂岩)底之间的一套地层,主要由灰黑色泥岩、粉砂岩、石灰岩夹煤层组成,局部夹中厚层-厚层状灰白色细-粗砂岩,厚40~70 m(图1-3),是主要含煤地层之一。太原组底部煤层发育,区内称8[#]、9[#]煤,在晋西北兴县-保德地区合并为1层称13[#]煤,是区域稳定分布的煤层,也是钻井、测井中主要对比标志层之一。含石灰岩2~5层,在南部柳林地区代表层位自下而上依次有:L₁灰岩(相当太原西山庙沟灰岩)、L₂₋₃灰岩(相当太原西山毛儿沟灰岩)、L₄灰岩(相当太原西山斜道灰岩)、L₅灰岩(相当于太原西山东大窑灰岩),以含蠕 *Pseudoschwagerina-Sphaeroschwagerina* 组合带及牙形刺 *Streptognathodus elongatus-Swabaunsensis* 组合带为特征,形成时代为早二叠世早期(P₁¹)。

区域上,石灰岩发育在本区南部,向北减薄尖灭,相变为海相泥岩(表1-1),砂岩分布在北部。按沉积序列、岩性组合,太原组分为上、下两段(太1段和太2段)。

(1) 下段(太2段):8[#]、9[#]煤层之底至L₄灰岩之底。为一套灰黑色泥岩、粉砂岩、灰黑-深灰色生物碎屑石灰岩、泥晶生物碎屑石灰岩(L₁灰岩、L₂₋₃灰岩)、岩屑石英砂岩(桥头砂岩、上马兰砂岩)夹薄煤层组成。

桥头砂岩由陈钟惠等(1987)命名于保德桥头镇朱家川。层位上处于L₁灰岩与L₂₋₃灰岩之间,由中-厚层状灰白色细-粗粒石英砂岩、岩屑石英砂岩、岩屑砂岩夹粉砂岩及煤线组成,是研究区内太原组最主要的含气砂体,厚0~30 m,区域上以保德腰庄-桥头一带最厚,达60 m左右,与太原西山下马兰砂岩大致相当。上马兰砂岩层位上位于L₂₋₃灰岩和L₄灰岩之间,仅见于北部的局部区域,为灰白色细-中粒岩屑石英砂岩,垂向上多呈正粒序,是区内太原组主要的含气砂体之一。

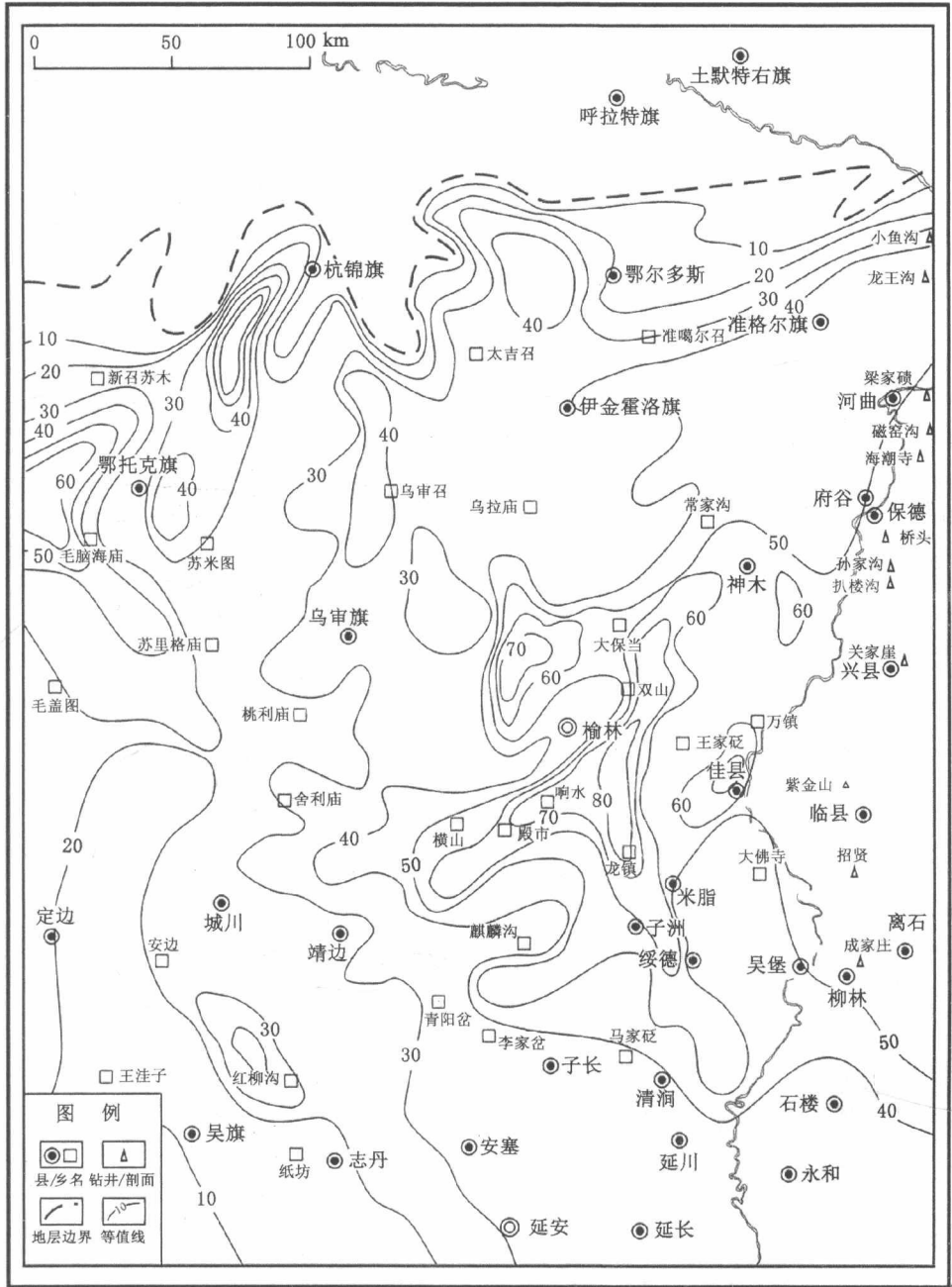


图 1-3 鄂尔多斯中东部太原组地层厚度等值线图

1.1.4 下二叠统山西组(P_1s)

其标准剖面位于太原西山。山西组为北盆沟砂岩之底至骆驼脖子砂岩(K_4)底之间的岩性组合。岩性主要为灰白色细-粗粒砂岩、灰色粉砂岩、灰-灰黑色砂质泥岩夹煤层,为一套碎屑岩含煤岩系,厚 50~90 m(图 1-4)。

在测井曲线中尤以5[#]煤顶板的自然伽马值高异常最易于识别,而且主要为钍(Th)异常易于井下的追踪对比。山2₃砂岩是榆林含气区的主力含气层系。

(2) 山2₂段:5[#]煤顶至3[#]煤顶。由中-粗砂岩、薄层粉砂岩及灰黑色泥岩夹煤层组成。发育砂岩1~2层,是本区中部山西组的主要含气层系。

(3) 山2₁段:3[#]煤顶至1[#]煤顶。由中-粗砂岩、薄层粉砂岩及灰黑色泥岩夹煤层组成,发育砂岩1~3层。

(4) 山1段:1[#]煤之上砂岩底到骆驼脖子砂岩(K₄砂岩)底。由灰色中-粗粒砂岩、砂质泥岩夹煤层组成,泥岩中常夹砂质条带。

1.1.5 中二叠统下石盒子组(P₂^x)

其命名地点在太原东山陈家峪石盒子沟。为骆驼脖子砂岩之底或相当层位至桃花泥岩之顶之间的岩性组合。本组厚一般为60~140 m(图1-5)。岩性由灰或灰白色中-粗粒砂岩夹灰绿色砂质泥岩、粉砂岩组成,下部夹薄煤线。本组特点以灰绿色色调为主,尤以细粒沉积物表现得清楚。砂岩为灰或绿灰色中-粗粒长石石英砂岩、岩屑石英砂岩及岩屑砂岩,也有石英砂岩出现。垂向层序常以正粒序为主,底部含砾,岩性变化大,自北而南有砂岩粒度变细、砂泥比变小的变化趋势。测井中下石盒子组以高电阻率起伏、自然伽马值幅度变化较大为特点。总体为一套河流-三角洲为主的沉积组合。

下石盒子组是苏里格地区和乌审召地区上古生界主力含气层组,依据沉积旋回及测井特征可划分4个气层组,即自上而下依次为盒5、盒6、盒7、盒8,其中盒8段包括盒8_上和盒8_下两个气层组。

1.1.6 中二叠统-上二叠统上石盒子组(P₂²-P₃^{sh})

本组命名地点同下石盒子组,指自桃花泥岩到顶部燧石层(那琳称石燧层)上K₈砂岩间的岩层体。岩性为砂质泥岩、泥岩夹砂岩不等厚互层,厚度100~160 m(图1-6)。本组特点:以泥岩为主,在整个鄂尔多斯地区自南而北有减少趋势;泥岩中常夹粉砂岩或砂岩透镜体;颜色以灰绿、灰紫、暗紫及紫红等色调为主。砂岩为灰绿、暗紫色中-细粒长石石英砂岩、岩屑砂岩及长石岩屑砂岩等。中上部见硅质海绵岩,鄂尔多斯地区见于乡宁、柳林成家庄及西缘呼鲁斯太等地(郭英海等,2004);地矿部三普(地矿部第三普查大队)亦在西缘的公勿素、砂巴台以及山西河曲梁家碛上石盒子组地层中发现(张抗,1989)。在整个鄂尔多斯地区沉积物粒度自南而北变粗,色调紫色增加、灰绿色减少,沉积层序韵律明显,旋回结构清楚,为一套河流-湖泊沉积组合。

1.1.7 上二叠统孙家沟组(P₃^s)

其由刘鸿允等(1957)命名于陕西宁武县孙家沟,指自K₈砂岩底面至刘家沟组底砂岩底面之间的岩层。本组厚150~300 m(图1-7)。岩性主要为紫红色含砾粗砂岩与紫红色-灰绿色砂质泥岩呈不等厚互层,其特点为泥质多呈紫红色、棕红色调,含钙质结核及泥砾,常夹粉砂岩、细砂岩透镜体。局部夹有1~3层泥灰岩透镜体,称瓣鳃泥灰岩段(刘鸿允等,1984)。砂岩主要为细-粗粒长石石英砂岩、长石岩屑砂岩等,色调以紫色为主。为一套干燥气候条件下近海内陆湖泊沉积层。

从区域来看,晋祠组、太原组、山西组是主要的烃源岩系,山西组和下石盒子组是重要的储集岩系,上石盒子组和孙家沟组构成区域盖层,共同构成了下生、上储、顶封的上古生界含油气系统。

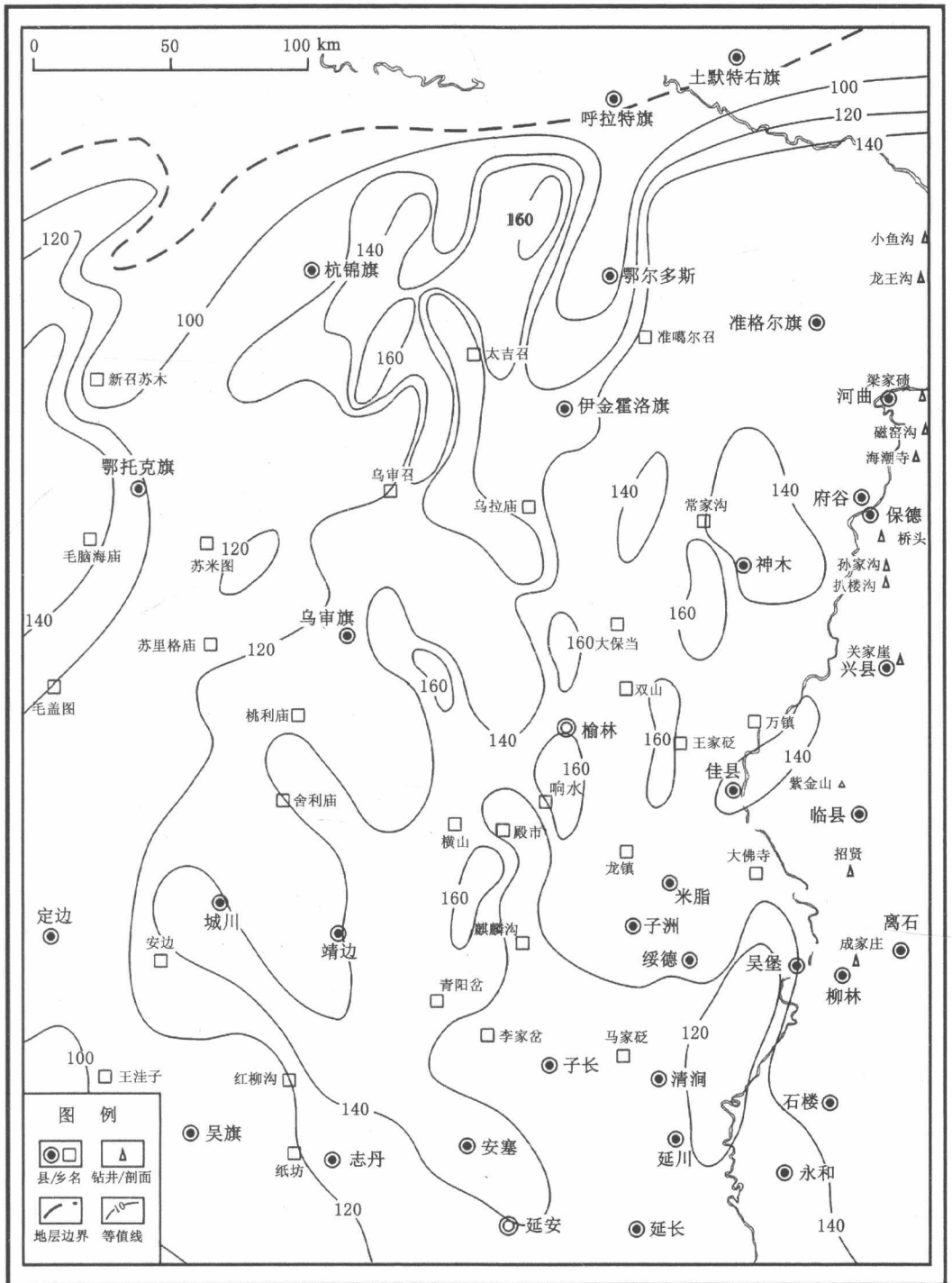


图 1-6 鄂尔多斯中东部上石盒子组地层厚度等值线图

