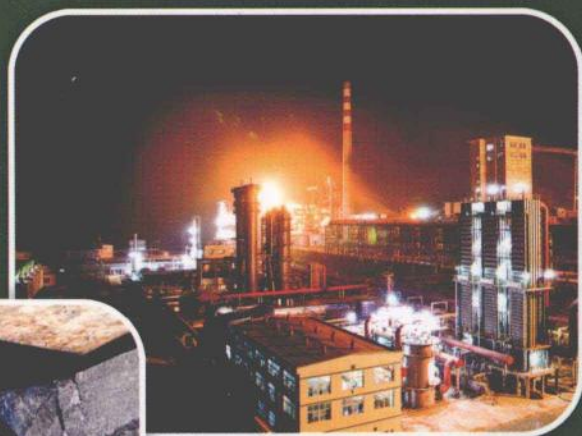
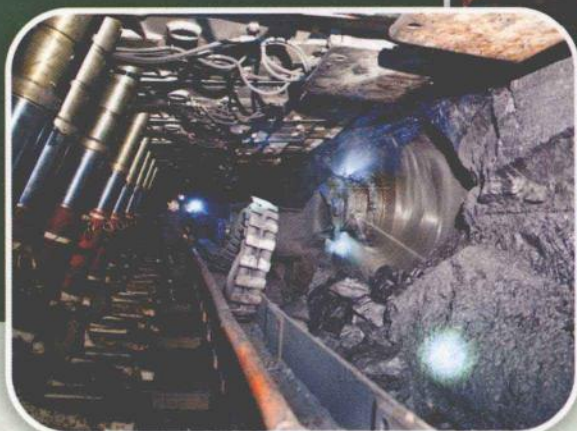


全国危机矿山接替资源找矿项目 (编号: 200551025)

国家自然科学基金重点项目 (编号: 41030213)

四川省攀枝花宝鼎盆地 煤沉积环境与资源预测

邵龙义 鲁 静 魏克敏 苏时才 著



地质出版社

四川省攀枝花宝鼎盆地 煤沉积环境与资源预测

**Depositional environments and resource prediction of
the Late Triassic coal measures in Baoding Basin of
the Panzhihua area, Sichuan Province**

邵龙义 鲁 静 魏克敏 苏时才 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

位于扬子准地台西缘的宝鼎盆地在晚三叠世早期为一内陆断陷含煤盆地,其沉积地层近 2000m,含煤 120 余层。本书利用露头、钻孔岩心、测井等资料对这一盆地进行了沉积学、层序地层学、聚煤作用和资源预测研究。探讨了内陆断陷盆地含煤岩系等时地层格架内主要可采煤层的分布与迁移规律,分析了等时地层格架内煤岩、煤质变化特征,提出了内陆断陷盆地基底沉降、可容空间变化、沉积环境演化与聚煤作用之间关系的综合模式;综合研究区晚三叠世煤系研究成果,预测了深部和矿区外围煤炭资源量,并为宝鼎盆地下一步煤炭资源勘探指明了有利靶区。本书作为陆相含煤盆地层序地层研究实例,希望对推动我国含煤岩系层序地层学及聚煤模式的研究有所贡献。

本书可供从事煤田地质与勘探、沉积学及能源矿产预测等领域的科技人员、大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

四川省攀枝花宝鼎盆地煤沉积环境与资源预测 / 邵龙义等著. —北京:地质出版社, 2011. 5

ISBN 978 - 7 - 116 - 06899 - 5

I. ①四… II. ①邵… III. ①盆地 - 煤系 - 沉积环境 - 研究 - 四川省 IV. ①P618. 110. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 187112 号

SICHUANSHENG PANZHIHUA BAODING PENDI
MEICHENJI HUANJING YU ZIYUAN YUCE

责任编辑:沈 阳 孙亚芸

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话:(010)82324508 (邮购部); (010)82324569 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本:787mm × 1092mm 1/16

印 张:14

字 数:330 千字

版 次:2011 年 5 月北京第 1 版

印 次:2011 年 5 月北京第 1 次印刷

定 价:42.00 元

书 号:ISBN 978 - 7 - 116 - 06899 - 5

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

序

攀枝花地区是我国特种钢及稀有金属生产基地,随着国民经济的快速发展以及国防安全的需要,攀枝花钢铁集团公司的年产量已从 20 世纪 90 年代初的 $400 \times 10^4 \text{t}$ 增长到现在的近 $1000 \times 10^4 \text{t}$ 。目前,西昌—攀枝花地区钒钛磁铁矿资源约有 $190 \times 10^8 \text{t}$,而与之配套的炼焦用煤资源虽已在著名的宝鼎煤矿探明了 4 亿多吨的储量,但仍远远不能满足我国经济建设和钢铁、稀有金属生产持续快速发展的需求。近年来,在国务院常务会议通过的《全国危机矿山接替资源找矿规划纲要》指引下,攀枝花煤业集团公司与四川煤炭地质勘查院和中国矿业大学(北京)通力协作,完成了宝鼎煤矿中深部勘查及外围调查项目,再获资源量 3 亿多吨,同时还预测出深部及近外围赋存有远景资源量 $(6 \sim 7) \times 10^8 \text{t}$ 之多,取得了重大的成果,大大缓解了煤炭供需的矛盾,它必将有效地支撑攀枝花及周边地区经济的持续发展。

四川西南攀枝花市的宝鼎盆地赋存着丰富的可供炼焦用的优质煤炭资源,加大该区及周边盆地煤炭资源的勘查力度,探明更多的优质煤炭资源,应该是经济建设的重要任务;同时,对该区煤炭资源生成特点和赋存规律进行深入研究,也是高等院校等科研部门责无旁贷的光荣任务。

晚三叠世是我国南方的重要聚煤期之一,扬子准地台西缘拗陷带晚三叠世时期独特的大地构造位置和聚煤环境,早已为地质工作者和地质科学家所关注。宝鼎盆地大型煤炭资源产地的发现和勘查,使人们不禁要进一步提出问题和设想:在攀枝花的南北,沿着张性裂陷带从盐源经攀枝花到永仁,以至东西两侧的华坪、祥云、益门、会理等诸多煤盆地范围内,在晚三叠世中晚期是否还存在类似宝鼎盆地的聚煤环境?是否会发现第二个、第三个宝鼎煤矿?应该说,宝鼎盆地是晚三叠世煤系发育的一个特殊典型地区,因其所处大地构造位置的特殊性,盆地在晚三叠世早期以断陷盆地为特征,晚期演化为拗陷盆地。断陷期的大荞地组沉积厚度达 2000 余米,含煤 120 余层;拗陷期的宝鼎组沉积厚度达 1800m,含煤 5~10 层。因此对该盆地的构造演化、盆地充填、沉积环境、层序地层格架、聚煤古地理演化等首先进行研究,不但有利于下一步对全区开展深入的研究,而且也必将对丰富我国煤田地质理论特别是陆相断陷和拗陷盆地聚煤作用理论有积极意义。

邵龙义教授多年来从事含煤岩系沉积学、层序地层学方面的教学和科研工作,在煤炭资源聚集与赋存规律研究方面成果颇丰。在对我国南方晚二叠世近海克拉通盆地岩相古地理及聚煤规律的研究中,提出了用以表示横跨不同相区的大面积聚煤的“幕式聚煤作用”理论;对近海型含煤岩系进行层序地层学研究后,又提出了受盆地基底

沉降速率、可容空间增加速率及泥炭堆积速率共同控制的厚煤层聚集模式。

在本专著中，邵龙义教授和他的课题组成员利用露头、钻井岩心、测井等资料对宝鼎盆地晚三叠世含煤岩系进行了详细的沉积学、层序地层学及聚煤规律研究，提出了有利聚煤的沉积环境类型，建立了研究区晚三叠世层序地层格架；结合层序—古地理分析，提出了内陆断陷盆地含煤岩系等时地层格架内主要可采煤层的分布与迁移规律，发现在区内大荞地组沉积后期以及宝鼎组沉积期，其聚煤中心有向矿区西部外围迁移的规律，从而指出了 F_{22} 断层以西大荞地组层序 SIV6 以上及大箐向斜深部宝鼎组层序 SIV4—SIV7 为宝鼎盆地下一步煤炭资源勘查的有利靶区。这些研究成果对深化我国南方晚三叠世聚煤规律的认识以及指导攀枝花地区深部及外围煤炭资源勘探具有重要意义。

诚然，本专著还有某些不足之处，如宝鼎盆地作为内陆断陷盆地，其层序发育模式与当时大地构造背景的关系，尚需进行深入研究。此外，由于经费和时间的不足，对整个西缘拗陷带及各主要煤盆地晚三叠世煤炭资源的赋存规律和远景预测尚未能涉及。

总之，该专著原始资料翔实、研究思路清晰、分析有据、结论可信，特别是在内陆断陷含煤盆地层序地层格架内煤炭资源聚煤模式及盆地深部、近外围煤炭资源预测方面有独到的见解。此外，宝鼎煤矿接替资源勘查项目的实施，也体现了聚煤理论研究与资源勘查的紧密结合。因此，该专著的出版不仅丰富了我国陆相盆地聚煤作用的理论，而且也为该区煤炭资源的勘探和开发提供了科学依据。

谨此为序。



2011 年 4 月于北京

前 言

四川攀枝花地区是我国特种钢及稀有金属生产基地，其所需的优质炼焦用煤主要取自该区的晚三叠世宝鼎盆地，该含煤盆地位于扬子准地台西缘，处于特殊的构造位置，在晚三叠世早期大荞地组沉积期为—内陆断陷盆地，沉积地层近 2000m 厚，含煤 120 余层；晚三叠世晚期的宝鼎组沉积期演化为内陆拗陷盆地，为次要聚煤期，含煤地层约 1800m，含煤 5~10 层。宝鼎盆地总体构造形态为一北端封闭、向南西倾没的向斜，向斜两翼煤系露头剖面出露良好，向斜浅部钻孔资料丰富，是研究含煤岩系沉积环境及聚煤规律的理想场所。本书通过对区内含煤岩系进行沉积相、层序古地理与聚煤作用的研究，提出了陆相盆地层序地层格架下的聚煤模式，预测出区内煤炭资源勘探靶区，希望研究成果能对深化我国陆相盆地聚煤作用理论有所帮助，预测出的煤炭资源勘探靶区能为缓解攀枝花地区炼焦用煤紧张局面有所贡献。

本书利用露头、钻孔岩心、测井等资料对宝鼎盆地晚三叠世地层进行了沉积学、层序地层学、聚煤作用和资源预测研究；探讨了内陆断陷盆地含煤岩系等时地层格架内主要可采煤层的分布与迁移规律，伴随着内陆断陷盆地基底沉降率的降低，可容空间产生速率减小，主要煤层在层序格架内的位置由低位体系域早期、初始湖泛面附近和高位体系域中、晚期逐渐向最大湖泛面附近迁移；发现四级层序格架内主要煤层的煤岩参数（镜惰比、凝胶化指数）和煤质参数（灰分、全硫）垂向上常呈先增大再减小的变化规律，在三角洲平原沉积背景下这些参数的最大值出现在最大湖泛面附近，而在湖泊、三角洲过渡带，这些参数最大值向高位体系域迁移；提出了宝鼎内陆断陷盆地基底沉降、可容空间变化、沉积环境演化与聚煤作用的综合模式；最后，综合对研究区晚三叠世含煤岩系的研究成果，指出向斜西翼四级层序 SIV4—SIV8、研究区南部 SIV4—SIV7 为宝鼎盆地下一步煤炭资源有利勘探靶区，并利用地质块段法预测了深部和矿区外围的煤炭资源量。

本书是集体劳动的成果，撰写分工如下：第 1 章由邵龙义、鲁静、魏克敏、苏时才执笔，第 2 章由魏克敏、王友长、邵龙义、鲁静、黄曼、苏时才执笔，第 3 章由鲁静、邵龙义、于晓辉、佟鑫、冯志明执笔，第 4 章由鲁静、邵龙义、于晓辉、陈江峰、黄曼执笔，第 5 章由邵龙义、鲁静、陈江峰、叶秀娟、于晓辉、苏时才执笔，第 6 章由鲁静、邵龙义、于晓辉、陈江峰、张玉发执笔，第 7 章由邵龙义、鲁静、魏克敏、苏时才、张秀军、文泽康执笔，第 8 章由苏时才、孙应珠、邵龙义、鲁静、王友长、王大刚、郑志豪执笔。全书由邵龙义统稿。

本书的研究及出版工作得到了全国危机矿山接替资源找矿项目（编号：200551025）、国家自然科学基金项目（编号：41030213，编号：41002049）、国家油气重大专项（2011ZX05009-002）、中央高校基本科研业务费专项基金项目（编号：2009QD12）的资助。

本书的研究工作自始至终得到了国土资源部危机矿山办公室钱大都、吕志成、舒斌、赵财胜等领导及教授级高工的关心与悉心指导，得到了四川省攀枝花煤业集团冉隆明、赵茂森总工，四川省煤田地质局徐锡惠总工、肖建新处长，四川煤炭煤田地质勘查院冉茂云总工的大力支持和帮助；中国矿业大学（北京）彭苏萍院士、曹代勇教授、唐跃刚教授、王延斌教授、胡社荣教授、余志伟教授、刘钦甫教授、赵峰华教授、代世峰教授、马施民副教授、方家虎副教授等项目一直给予了支持和关注；实验工作得到了煤炭资源与安全开采国家重点实验室、北京核工业研究院的帮助；中国煤炭地质总局王佟、程爱国、吴国强、袁同星等教授级高级工程师对初稿提出了宝贵意见，张鹏飞教授审阅了书稿的部分章节。

四川省煤田地质局原总工程师夏培兴教授级高工对本书支撑课题的选题、方案制定及靶区预测等给予了全程的指导和帮助。

在此，谨向所有对项目实施和本书的出版给予关心和支持的单位和同志表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中或有欠妥之处，敬请读者不吝指教。

作者

2011年4月

目 录

序

前 言

1 引 言	(1)
1.1 项目来源及研究区范围	(1)
1.2 研究目的和意义	(2)
1.3 沉积学和层序地层学研究现状	(2)
1.4 研究目标、研究内容、技术路线及工作流程	(7)
1.5 主要工作内容、研究成果与认识	(9)
2 区域地质背景	(11)
2.1 研究区大地构造位置与构造格架	(11)
2.2 盆地结构	(13)
2.3 区域构造演化史	(14)
2.4 区域地层	(15)
2.5 含煤地层	(20)
2.6 研究区构造特征	(23)
2.7 煤岩层对比	(23)
3 宝鼎盆地晚三叠世沉积体系及沉积特征	(27)
3.1 岩相类型及其特征	(27)
3.2 沉积体系及其特征	(46)
4 宝鼎盆地晚三叠世层序地层格架	(61)
4.1 本书采用的层序地层学术语体系	(61)
4.2 层序及体系域界面识别	(63)
4.3 上三叠统大荞地组层序地层格架	(68)
4.4 上三叠统宝鼎组层序地层格架	(101)
5 宝鼎盆地晚三叠世层序格架下煤岩、煤质变化	(113)
5.1 层序格架下煤岩特征	(113)
5.2 层序格架下煤质特征	(124)
6 宝鼎盆地晚三叠世层序格架下的古地理演化	(135)
6.1 研究方法与古地理单元确定的依据	(135)
6.2 宝鼎盆地大荞地组沉积期层序格架下古地理特征	(136)
6.3 宝鼎盆地大荞地组沉积期古地理演化	(161)
6.4 宝鼎盆地宝鼎组沉积期古地理特征	(162)

6.5	宝鼎盆地宝鼎组沉积期古地理演化	(168)
7	宝鼎盆地晚三叠世层序格架下聚煤作用及找煤方向研究	(170)
7.1	宝鼎盆地大莽地组沉积期聚煤作用特征	(170)
7.2	宝鼎盆地晚三叠世聚煤作用控制因素分析	(179)
7.3	宝鼎盆地深部找煤方向	(185)
8	宝鼎盆地 F_{22} 断层以西及深部资源量预测	(189)
8.1	F_{22} 断层以西资源量预测	(189)
8.2	宝鼎盆地深部 (+300m 以下) 资源量预测	(200)
9	主要结论	(207)
	参考文献	(209)

1 引 言

介绍了本书支撑项目的来源及研究范围、研究目的和意义，总结和归纳了含煤岩系层序地层学的研究现状及存在的问题，结合研究区煤炭资源勘探开发的需要，提出了本书研究的目标、内容、技术路线和工作流程，并对本次研究的工作量、取得的主要成果与认识进行了总结。

1.1 项目来源及研究区范围

本项研究来源于国土资源部 2005 年度危机矿山接替资源勘查项目“四川省攀枝花市宝鼎煤矿区接替资源勘查（深部普查）”（项目编码：2005510251）中的专题研究“宝鼎盆地煤沉积环境与深部资源预测研究”。

宝鼎盆地位于四川省攀枝花市西郊，距攀枝花市中心约 23km，地处金沙江南岸，行政区划属攀枝花市西城区和仁和区所辖（图 1.1）。根据《攀枝花矿区总体发展规划》，

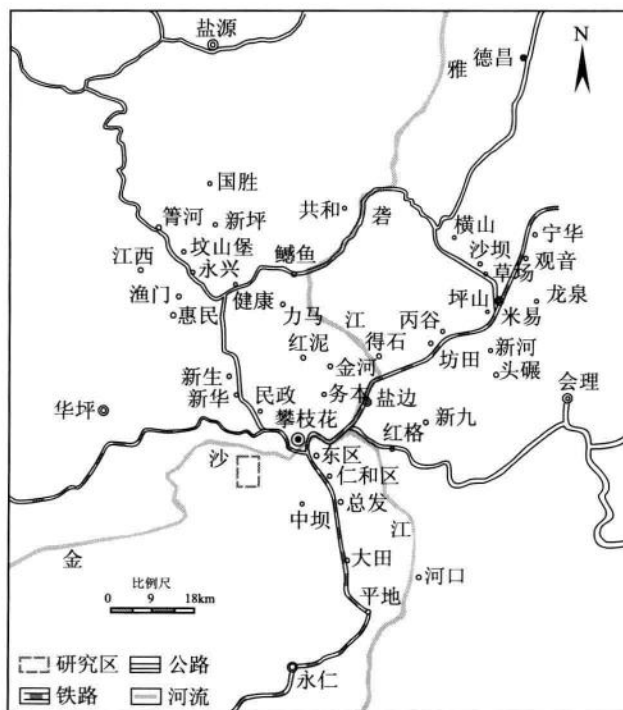


图 1.1 研究区地理位置

Fig. 1.1 Location of the research area

矿区深部范围：北起金沙江，南至野猪塘；东起攀枝花断裂带，西至金沙江。东西宽约 13km，南北长 14km，面积约 182km²。

宝鼎盆地地势南高北低，为沟谷侵蚀强烈切割的中、高山地貌。区内地形复杂、溪沟发育。海拔 1020 ~ 2518m，一般相对高差 400 ~ 600m。最高为南端野猪塘，海拔为 2518m；最低为北部金沙江，海拔为 1020m。

金沙江流经盆地北部，多年平均流量大于 1775.8m³/s。区内尚有摩梭河等 4 条河流，属常年性流水河流，水位、水量随季节变化，除供灌溉之外，均无舟楫之利。

研究区属季风高原型亚热带气候，四季不甚分明，日照时间较长，紫外线辐射强度较川西盆地强，年温差小，日温差较大。旱、雨季分明，从 6 月下旬到 10 月中旬为雨季，降雨时间相对集中，雨季降雨量占全年降雨量的 90% 以上，其余时间为旱季。年降雨量 750 ~ 1100mm。全年最热为 5 月，平均气温 24.5℃；极端最高气温 40.4℃，最低气温 -1.3℃；年平均气温 20.4℃。冬季无霜雪，夏季炎热。四季多东南风。

1.2 研究目的和意义

攀枝花煤业（集团）有限责任公司是四川省最大的煤炭生产企业，2006 年生产原煤 351 × 10⁴t，主要保障攀枝花钢铁集团公司炼焦用煤之需。随着攀钢二期工程的建成和西部大开发战略的顺利实施，加快了攀西地区稀有金属矿产资源的开发速度，因此必将导致攀西地区对煤炭需求量的进一步增长。而攀枝花煤矿区经过近 40 年的开采，小宝鼎矿面临闭坑的危险，太平、大宝鼎、花山等生产矿井的服务年限也不足 10 年；截至 2006 年末，矿井剩余可采资源量不足开采 11 年，要保证矿井稳产，进入生产接替区的时间必须在 2012 年之前。因此，矿区资源面临的接替危机将直接影响攀枝花市经济的可持续发展、数万人的就业及社会稳定。为延长矿区均衡生产时间，急需尽快探明深部与外围预测区资源赋存情况。

本研究根据宝鼎煤矿区接替资源勘查的需要，应用新的沉积学、层序地层学等煤田地质理论，通过对宝鼎盆地晚三叠世层序格架内煤沉积环境变化规律的研究，以期为深部煤炭资源勘查和资源预测提供科学的理论依据及实际指导。

1.3 沉积学和层序地层学研究现状

1.3.1 层序地层学简介

层序地层学最早是地震地层学应用于油气勘探领域而被提出的。1977 年，Vail 等发表的地震地层学论文集标志着层序地层学的萌芽（Vail et al., 1977）。此后的 10 年，地震地层学迅速发展并日臻成熟，而且在油气勘探领域有了广泛的应用。1987 年，Vail 和 Wagoner 正式提出了“层序地层学”的概念，并发表了第二代 Vail 海平面变化曲线，Vail

还提出以海平面升降作为层序演化的主控因素,至此,层序地层学理论基本形成(纪友亮等,1997)。时至今日,层序地层学的应用已远非仅限于油气、煤等能源地质领域,它在区域地质、大陆边缘地质和地层学理论研究方面都取得了突出的成果,受到越来越多地质学家的重视(王鸿祯等,1998)。层序地层学研究主要包括两方面的内容:一是全球绝对海平面变化曲线的建立和对比(Vail et al., 1977; Haq et al., 1988);二是在等时性地层序列中的岩性特征预测。其中第一方面的应用已受到严厉批评,因为支持这些曲线的许多假设条件是错误的(Miall, 1986, 1991, 1992; Summerhayes, 1986; Burton et al., 1987)。尤其是用来确定这些曲线的古生物、古地磁及放射性测年技术的精度不足以界定所发表的三级海平面变化曲线的时限,结果是不同盆地的年代序列曲线被错误地叠加在一起形成毫无意义的全球海平面变化曲线(Aitken et al., 1994)。现在更为通用的是区域性的而非全球性的海平面变化曲线(Partington et al., 1995)。只有通过高分辨率生物地层学和年代地层学研究并对一些区域性旋回进行详细分析,才能把一些局部事件从全球性的等时性事件中区别开来,这样才能建立正确的全球海平面变化曲线。尽管如此,在那些年代资料很少或根本就没有年代资料的盆地中,全球海平面变化曲线还是有价值的(Posamentier and Weimer, 1993; Posamentier and James, 1993)。

尽管全球海平面变化曲线存在着不合理性,但并没有影响到层序地层学作为岩石特征预测和揭示盆地充填历史工具的合理性。层序地层学在这方面的应用比建立全球海平面变化曲线的应用更广且更有价值,因为它依赖于可容空间的概念(Jervey, 1988)。只要认识到以前提出的模型只是概念化的东西,并在使用层序地层学概念以前阐明局部影响因素(如沉积物供给、盆地形态),层序地层学是可以应用到许多构造和沉积环境中的(Posamentier and Weimer, 1993; Posamentier and James, 1993; Posamentier and Allen, 1993; Weimer and Posamentier, 1994)。自从它旋回地层学(Allostratigraphy)(NACSN, 1983)、成因层序地层学(Galloway, 1989)和Exxon模式层序地层学(Jervey, 1988; Posamentier et al., 1988)被提出后,人们就已经开始讨论它们的优缺点了(Posamentier and James, 1993; Walker, 1990, 1992)。这几个应用于事件地层的方法都以岩石记录中的旋回特征和相对时间地层格架的确定为基础,它们之间主要的差异在于对划分各旋回单元界面的定义。它旋回地层学是以假整合面为外源地层单元的分界,成因层序地层学以最大洪泛面为界,Exxon模式层序地层学则以不整合面为界。尽管如此,成因层序地层学和Exxon模式层序地层学可以看作是描述性特征的它旋回地层学的子集。因此,它旋回地层学与成因层序地层学和Exxon模式层序地层学之间是没有矛盾的(Aitken et al., 1994)。但是,在成因层序地层学和Exxon模式层序地层学之间却存在着许多争议。成因层序地层学首先从凝缩层和最大洪泛面的识别开始,因为通常这比识别不整合面要容易得多,尤其在测井数据中;然后再识别不整合面(Exxon模式层序地层学)。这两种方法相互并不排斥,都有各自的优缺点,且在同一个研究中,两种方法可以同时使用(Aitken et al., 1994)。只是成因层序地层学在预测砂层沉积的时间和地点方面与由不整合面限定的层序(Exxon模式层序地层学)相比,其预测功能稍差。

1.3.2 层序地层学研究现状

到目前为止,高分辨率层序地层学还没有被特别定义过。从广义上讲,高分辨率层序地层学是基于露头、测井和包括三维地震的现代高分辨率地震数据体,它是具有较高地层分辨率的层序地层研究方法,与传统地震地层学方法或其他常用地层学方法相比,具有更高的地层分辨率(Nystuen, 1998)。这种以高分辨率地震数据体研究为主的层序地层学概念正在被成功地应用于地下资料分析,并极大地改进了人们对相几何形态及储层构架的理解,从而使得层序地层学成为油气工业中一个预测功能强大的相分析工具。虽然高分辨率层序地层学已被应用到各种层序地层模式和方法中,但其方法仍然来源于 Exxon 模式。Exxon 模式假设包括高频海平面变化在内的海平面变化具有全球等时性,而且这种等时性应当在层序的垂向记录中得到反映。因此,在 Haq 的海平面变化曲线上实际已反映出了三级和四级海平面变化。Van Wagoner 和 Mitchum 等(1990)进一步发展了高分辨率层序地层的概念。他强调高分辨率层序地层没有时间和空间尺度的含义,全球海平面变化中高频旋回是四级或更高级别层序或准层序形成的主要原因。尽管如此,他们还是建议应该根据岩相、界面结构特征以及岩石特征的变化来划分准层序和体系域,而不是根据理论上的海平面变化位置来确定(Van Wagoner et al., 1990)。Cross(1988)则认为这些高级别的层序是复合成因的。准层序在 Exxon 高分辨率层序地层模式中具有重要的地位,它与体系域一起构成了层序的基石。

在高分辨率层序地层学中,准层序不仅以海泛面为界,而且分布在层序的特定位置。准层序的顶或底可以是层序界面或随后的海泛面。Van Wagoner(1995a)认为准层序海泛面的陆上对比面是无侵蚀或侵蚀微弱的假整合面。Mitchum 和 Van Wagoner(1991)根据他们的经验认为,高频层序最有可能发育在沉积速率高而构造沉降速率低的环境中,三级、四级和五级层序与全球海平面变化的旋回性有关,且对应于 Milankovitch 的轨道偏心率、黄赤交角和岁差旋回;并认为四级层序的时限为 0.1~0.2Ma,五级准层序和高频层序的时限为 0.01~0.02Ma,五级层序单元叠置成四级层序,而四级层序又叠置成由主要层序边界限定的三级复合层序。

最近,国外出现了一些有关高频海平面变化或者说高频海平面变化与构造运动和沉积物供给之间相互作用形成四级或更高级别层序的研究(Brown et al., 1995; Van Wagoner, 1995b; Surlyk et al., 1995; Henriksen et al., 1996; Church et al., 1997)。高分辨率层序地层学原理也已被应用于现代三角洲研究(Bellotti et al., 1994)及利用三维模拟技术的三维储层描述(Tinker, 1996)。

在中国,层序地层学的应用首先也是开始于石油工业,由于中国油气田储层绝大部分为陆相沉积,因此引入层序地层学后,中国的地质学家们就开始探索陆相沉积的层序地层研究方法及层序发育模式,在详细分析海陆相层序地层研究的差异性和陆相沉积层序控制因素的基础上,探索出了陆相拗陷和断陷湖盆的层序地层研究方法及层序地层发育模式(顾家裕, 1995; 冯有良等, 2004, 朱筱敏等, 2003),并提出了诸如“构造坡折带”(林畅松等, 2000; 胡受权等, 2000)等一系列具有陆相特征的层序地层术语。随着我国油气勘探精度要求的提高,高精度(高分辨率)层序地层学也被大量地应用。目前国内开

展的高分辨率层序地层研究大致可分为以 Exxon 经典模式为基础的高分辨率层序地层研究（林畅松等，1999，2002）和以 Cross 提出的基准面变化原理为基础的高分辨率层序地层学研究（邓宏文等，2000），同时国内也开展了陆相湖盆沉积层序的计算机模拟研究（林畅松等，1998，1999；胡受权等，1998）。

针对陆相盆地层序地层学，许多研究者对陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义、基准面旋回的识别方法、高分辨率层序地层学原理在实践中的应用等问题进行了广泛的研究和探讨（张明禄等，2004；何玉平等，2003；赵俊青等，2004；郑荣才等，2001；胡受权等，2001；倪新锋等，2002；游俊等，1999；李志明等，2004；刘鹏举等，2001）；邓宏文等（2004）以河流相沉积学为基础，运用以基准面旋回为参照面的高分辨率层序地层学理论和方法，分析了河流相层序单元的构成；王嗣敏等（2004）在对陆相高分辨率层序地层学中基准面运动的参照系、自旋回与异旋回的区分等问题讨论的基础上，提出基准面升降是相对于沉积物表面的一种相对运动。

1.3.3 含煤岩系层序地层学研究现状

20 世纪 90 年代以来，在层序地层学思想的影响下，越来越多的煤田地质学家注意到河道决口、三角洲迁移等自旋回机制只能解释那些与理想旋回层序不一致的局部变化，而不能解释那些在整个盆地范围甚至全球性分布的沉积特征或旋回层序的成因（Holz et al.，2002；邵龙义等，1997）。层序地层学与旋回地层学相结合，建立的层序地层格架、旋回序列及其所反映的海平面变化规律等，可为含煤岩系年代地层、旋回性及盆地演化等研究提供可靠依据，进而推动聚煤作用理论的发展。因此也可以说，层序地层学的出现将开辟含煤岩系研究的新篇章（Holz et al.，2002）。

目前，许多煤田地质学家都已认识到大面积稳定分布的厚煤层作为含煤岩系中的一个等时面，形成于海平面（基准面）抬升过程，即海（湖）侵过程成煤，而煤层底板的根土岩则是基底暴露期间形成的古土壤层，代表一定的沉积间断（Arditto，1991；Diessel，1992；Flint et al.，1995；邵龙义等，1998）。同时也认识到，在近海背景下，大多数大面积分布的厚煤层常常出现在最大海泛面或其附近（Flint et al.，1995；Hamilton et al.，1994；Aitken et al.，1995；Ryer，1988；邵龙义等，1998），这主要是因为厚泥炭层的堆积需要有持续存在的可容空间以容纳快速堆积的泥炭（Diessel et al.，2000），而适合成煤的最大可容空间的持续保持需要有潜水面或基准面的不断抬升，这种基准面的抬升又离不开海平面的抬升。因此，一般认为大区域性分布的厚煤层一般都形成于最大海泛期（Hamilton et al.，1994；Aitken et al.，1995；吴因业，1996）。

一些研究表明，大面积展布的煤层可能形成于海平面上升过程，即海侵过程成煤。Petersen 等（1998）在研究丹麦中央地堑中侏罗统层序地层格架后，识别出其中的“海退型煤”（regressive coal）和“海侵型煤”（transgressive coal），其中海退型煤并非是在海平面下降期形成，而是在低位晚期或高位期海平面缓慢上升期间形成的，海侵型煤则是在海平面迅速上升期间形成。海平面迅速上升时期的煤与海平面缓慢上升期形成的煤在显微组分特征和地球化学特征方面都有显著的不同（Diessel，1992）。McCabe 和 Parrish（1992）认为泥炭主要形成于高位或漂浮沼泽，河流三角洲中的煤一般堆积在与海侵密切相关的高

位沼泽中。进一步的研究表明,大面积分布的以海相石灰岩或含海相化石的泥岩为顶板的煤层多形成于海侵过程(Diessel, 1992; 林畅松等, 2002; 邵龙义等, 1998), 一般为海侵体系域的组成部分, 并和上覆的陆源碎屑沉积物一起构成了典型的海陆过渡相含煤旋回层。区域上分布广泛的煤层是在长期的、遍及盆地范围的碎屑物质供给不足以及潜水面抬升期间形成的, 因为只有在这种情况下, 才能为泥炭的持续堆积提供有效的可容空间(Hampson, 1995; Hampson et al., 1996)。

邵龙义等在我国南方石炭-二叠纪及西北侏罗纪岩相古地理及聚煤规律研究中注意到海陆交互相含煤岩系中的一些厚煤层横跨不同相区大面积分布(数百到数千平方千米), 同时也注意到有些大面积连续展布煤层的形成环境与煤层之下的沉积物的沉积环境并没有必然的联系, 提出了“幕式聚煤作用”概念, 以表示这种横跨不同相区的大面积的聚煤作用(Shao et al., 2003; 邵龙义等, 2003)。许多研究者开始利用可容空间变化速率与泥炭堆积速率的关系来讨论煤层形成的层序地层学条件, 并认为在一个基准面旋回中, 大面积分布的厚煤层形成于可容空间增加速率与泥炭堆积速率保持平衡或略高于泥炭堆积速率时(Bohacs and Suter, 1997)。

刘天绩等通过对柴达木盆地北缘侏罗纪含煤岩系层序地层学的研究, 提出了柴北缘侏罗纪主要煤层形成于湖侵体系域的观点, 而湖侵成煤不同于全球海平面变化引起的海侵成煤模式, 它受控于局部构造运动引起的内陆湖平面变化, 并建立了湖侵过程中废弃的辫状河冲积平原、古隆起和断陷台地聚煤模式(刘天绩, 2006; 鲁静等, 2006, 2007; 文怀军等, 2006)。

由于在海平面变化旋回中可容空间变化速率呈有规律变化, 且在理想状态下, 低位期和高位期可容空间变化速率具有对称性, 为此 Bohacs 和 Suter (1997) 提出了煤层厚度和连续性与层序地层格架的关系模式, 认为最厚的、分布孤立的煤层易形成于低位体系域晚期和海侵体系域早期; 连续性最好的煤层易形成于低位体系域中期和高位体系域中期; 海侵体系域中期、高位体系域晚期及低位体系域早期煤层的厚度最薄且分布孤立。

从所开展的这些研究工作来看, 含煤岩系层序地层学的研究已经取得了较为实质性的进展, 但在层序发育或者说海平面/基准面变化的哪个阶段最有利于厚度大、横向分布连续煤层的形成, 以及煤层是否能够作为层序边界特征等问题, 仍然存在争议。这些问题对于含煤岩系, 尤其是海陆过渡环境中沉积的含煤岩系的层序地层学研究是十分重要的, 因为它直接决定了在层序地层划分时, 煤层是最大海泛面的标志, 还是一般海泛面的标志。同时在这种环境中由于地形平缓, 大部分地区不发育下切谷, 在河道间常常形成暴露面, 在这种情况下, 底板具有暴露特征的煤层也有可能兼具有海侵面和层序界面的特征。因此, 含煤岩系层序地层研究的这些问题还有待进一步探讨。

1.3.4 存在的问题

如前所述, 尽管层序地层学在近海盆地含煤岩系中得到了广泛应用并取得了许多成果, 如许多研究都从不同角度揭示了煤层在层序格架中的发育和分布特征, 并认识到广泛分布的厚煤层形成于可容空间增加速率与泥炭堆积速率保持平衡或略高于泥炭堆积速率时。滨海平原含煤岩系中, 靠陆一侧的三角洲平原, 厚煤层主要出现在最大海泛面位置,

在靠海一侧，厚煤层主要出现在初始海泛面的位置等。然而，这些根据近海盆地含煤岩系得出的规律是否适合内陆盆地含煤岩系还有待于进一步研究。

本书即是对扬子准地台西缘宝鼎断陷盆地晚三叠世含煤岩系进行沉积学和层序地层研究，并探讨内陆断陷盆地层序格架内主要可采煤层的分布规律、煤岩煤质的变化特征以及盆地演化与可容空间、沉积环境和聚煤作用间的关系。

1.4 研究目标、研究内容、技术路线及工作流程

1.4.1 研究目标

通过对宝鼎盆地晚三叠世含煤岩系岩石学、沉积学、层序地层学及聚煤作用的研究，分析内陆断陷盆地含煤岩系煤炭资源形成条件；建立深部煤系高分辨率层序地层格架以及精细聚煤作用模式；提出煤炭资源赋存规律，揭示不同沉积体系和层序格架内主要可采煤层的分布规律以及煤岩、煤质变化特征；为深部煤炭资源预测提供科学理论依据。

1.4.2 研究内容

针对上述研究目标，选择扬子准地台西缘宝鼎盆地晚三叠世含煤岩系有代表性的露头、钻孔剖面，进行精细沉积相、测井相分析，建立高分辨率层序地层格架，并分析该格架下的岩相分布模式。在此基础上，分析盆地基底沉降、沉积环境和可容空间变化与聚煤作用的关系，探讨高分辨率层序地层格架下主要可采煤层分布规律、煤岩煤质的变化特征等，为深部煤炭资源预测提供科学依据。

具体包括以下几个方面：

- 1) 陆相盆地成煤理论——分析含煤岩系精细沉积模式及煤炭资源聚集模式；
- 2) 矿区深部及外围隐伏区煤炭资源预测方法——建立有预测功能的深部等时层序地层格架及该格架下的岩相分布模式；
- 3) 煤层煤岩煤质的形成条件——研究高分辨率层序地层格架下深部主要可采煤层分布规律，主要可采煤层煤岩、煤质的变化特征。

1.4.3 技术路线及工作流程

针对煤炭资源的特性，采取岩石学、煤岩学、沉积学、层序地层学、构造地质学、盆地分析等多学科相结合的研究思路，遵循“广泛收集利用现有资料－野外地质调查－采集代表性样品－有选择性地测试分析－多源信息复合－建立地质模型－有利勘探区预测”的工作流程（图 1.2）。从典型露头剖面、钻孔剖面精细研究入手，通过层序格架下沉积环境的精细对比分析，全面揭示煤炭资源形成的地质条件和控制因素。具体包括以下内容：

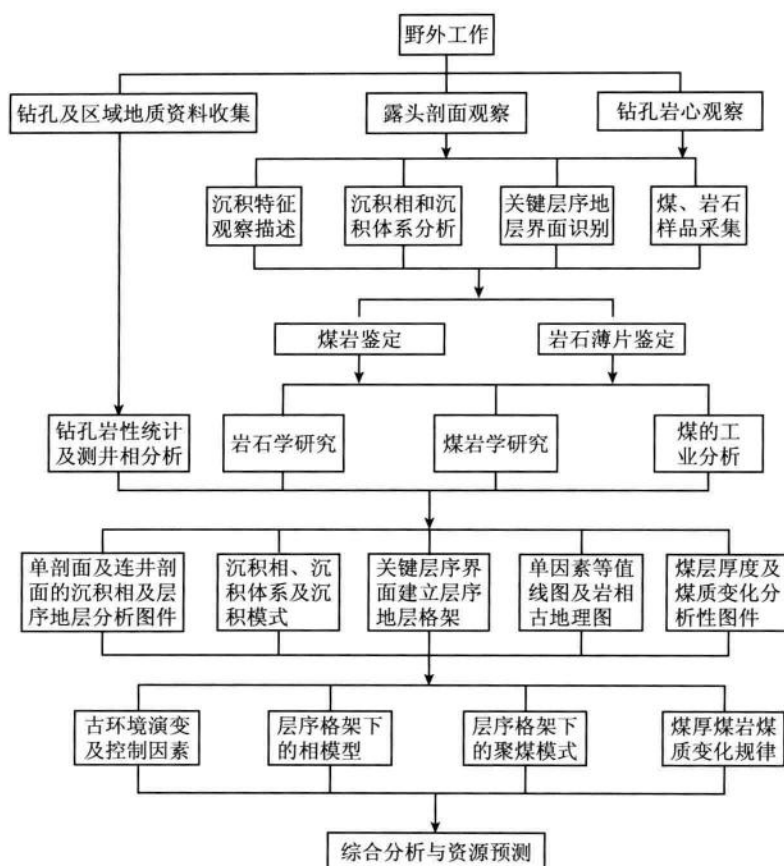


图 1.2 研究技术路线

Fig. 1.2 Diagram of the working flow

(1) 资料收集与分析

广泛收集煤炭、地矿、石油、院校等系统对攀枝花地区的研究成果，以及区域构造、沉积、地球物理和地球化学资料。从煤炭资源特性的角度进行整理分析，以便充分利用已有研究成果。

(2) 野外地质工作

在认真分析现有资料的基础上，有针对性地开展野外地质调查工作。选择大箐向斜两翼典型的露头剖面及向斜深部钻孔岩心剖面进行详细的沉积特征描述及沉积相分析，包括岩矿、结构、构造、古生物及痕迹化石、砂体和古水流、煤岩煤质等沉积特征的描述，重点描述煤层、下切谷砂体的测井曲线表现特征。在野外进行必要的沉积体系的沉积相分析，鉴别层序地层关键界面（层序界面、湖侵面、最大湖泛面）以及沉积序列和沉积旋回等，建立单柱状层序地层格架，划分不同级别的层序，并对准层序和体系域作初步划分。

(3) 室内资料整理、编图

室内工作包括室内测试及图件编制。室内测试包括砂岩薄片鉴定、煤岩鉴定及反射率测定、煤工业分析（灰分、硫分及灰成分测定）等；并用镜惰比、 GI （凝胶化指数）、