

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

七 普查勘探技术与方法 第 9 号

四川盆地晚三叠世煤炭资源  
地球物理远景调查

郑建屏 秦毓蓉 冯建川 著

地质出版社

中华人民共和国地质矿产部

地 质 专 报

七 普查勘探技术与方法 第9号

# 四川盆地晚三叠世煤炭资源 地球物理远景调查

郑建屏 秦镜蓉 冯建川 著

地 质 出 版 社

(京)新登字085号

## 内 容 简 介

本书介绍的是运用地球物理勘探方法进行煤炭资源远景预测所取得的成果。全书共分五章,着重介绍了四川盆地几十年来的地球物理勘探概况;阐述了与成煤有关的区域地质-地球物理场特征和划分煤盆范围以及煤系地层的依据;研究了盆地内上三叠统煤系地层的分布、含煤性及聚煤规律;简要地阐明了煤系地层的重要伴生矿藏——煤成气资源的普查勘探现状及浅层气与深层气的生成关系。最后,进行了煤资源远景预测和物探储量计算,并指出今后找煤的有利地区。

本书可供从事煤田地质地球物理勘探的工作人员和有关科研部门以及地质院校师生阅读参考,也可供从事沉积层状固体矿床工作人员借鉴。

中华人民共和国地质矿产部 地质专报

七 普查勘探技术与方法 第9号

四川盆地晚三叠世煤炭资源

地球物理远景调查

郑建屏 秦镜蓉 冯建川 著

\*

责任编辑:方松耕 徐才

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

\*

开本: 787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张: 8 插页: 10 页 字数: 176000

1992年11月北京第一版·1992年11月北京第一次印刷

印数: 1—470 册 定价: 8.40 元

ISBN 7-116-01149-8/P·970

# 序 言

我是 1988 年秋在四川地矿局 207 地质队第一次接触他们承担的“四川盆地晚三叠世煤炭资源远景调查”项目的初步成果的。给我印象很深的是他们在对已有物探资料进行二次开发利用方面作出了很有成效的工作。现在，这个项目已经完成，并由作者撰写了这本专著。

四川盆地是我国重要的油气区、成煤区。从 50 年代初起，地质部、石油部等部门围绕不同地质任务开展了大量物探工作，对盆地内油气、煤炭及其它矿产的发现与扩大曾发挥了重要作用。207 地质队遵照部、局下达的任务承担了“四川盆地晚三叠世煤炭资源远景调查”项目。主要是：对成煤远景区搜集、整理、分析研究已有的物探资料，将各种不同任务的物探资料按煤田物探工作任务要求，进行综合研究，搞清成煤远景区内地质-地球物理特征，编制 8 种基本图件，为进一步的煤田普查工作提供依据。

这是一项对已有物探资料进行第二次开发利用的工作。现在已经取得了很好的成果。特别是在应用物探资料参予煤炭资源远景调查方面作了十分有益的尝试。

作者领导 207 地质队物探组全体同志，历时 3 年多，查阅并搜集了有关成果报告 90 多份、图件 276 张、80 个构造与地区的 150 口钻井的深井测井资料、19 个矿区（煤田）40 口钻井的测井资料、区域地震剖面 6 条。他们将上述地震勘探、测井、航磁、重力等物探资料，按煤炭资源远景调查的任务要求，进行重新整理与综合研究，编制了四川盆地晚三叠世煤远景区物探工作程度图（包括磁法、重力、电法、地震勘探、测井等）、航磁与重力成果图、典型地震剖面图、物性参数柱状图、煤系地层对比图、含煤岩系底板等深图、煤层等厚线图以及煤炭资源预测图等 8 种基础图件。显然，这些图件对今后部署煤田普查工作具有重要的指导意义与广泛的实用价值。这其中物性参数柱状图与煤炭资源预测图更有其特色。

物性研究是一项重要的基础工作，他们根据盆地内部分钻井的测井资料、石油地震勘探资料以及已有的物性测定成果，建立了四川盆地第四系至震旦系地层物性参数柱状图，直观地反映了厚达 20000 多米沉积地层的地质-地球物理特征及其变化规律，从中分析了盆地内的主要密度分界面、磁性界面、地震波组与地震层序。不仅跨越时代多，而且涉及视电阻率、自然电位、自然伽玛、密度、波速度、磁化率与井径等多种物性参数。应该说，这是一项创新的工作。

物探工作配合地质进行煤炭资源远景预测，在国内尚不多见。他们将地震勘探与测井成果纵横有机结合，采用地震地层学方法并结合测井标志层，对四川盆地晚三叠世煤系地层作了组、段的划分与对比。推断了盆地内煤系地层的分布范围、厚度变化与含煤性。阐明了四川盆地晚三叠世小塘子期、须家河早期、须家河晚期三个主要成煤期中，以陆相须家河组成煤较好、海陆交互相的小塘子组次之。同时，主要依据深部隐伏区的石油地震勘探成果与广布盆地的石油钻井见煤测井资料，紧密结合已知矿区的地质勘探成果，按最低侵蚀基准面以下 -600m 以上、-600m—-1000m 与 -1500m 3 种不同深度，预测了盆地

内晚三叠世煤炭资源远景储量。这不仅为今后优选找煤靶区指出了方向，而且在预测图编制、预测区划分以及物探预测可能级储量的计算方法等方面也提供了方法技术经验，将给人以启示。

在专著中还简明扼要地叙述了四川盆地煤成气的普查勘探现状与资源概况。并对生油气的机理、天然气的储存、运移、类型等进行了分析，为今后找煤工作中开展煤成气综合评价提供了参考资料。

多年来，部、局领导都高度重视对已有资料的二次开发利用。本专著就是这方面的突出一例。他们的工作表明：对我国许多重要成矿区（包括油气区、成煤区以及固体矿产成矿区）所积累的大量地质、物探、化探资料，按新的地质任务要求，应用新理论、新思路、新方法重新整理与综合研究，确实可以获得重要的新成果与新进展。

207地质队物探组是在资金不足与人员多变的困难条件下完成此项目的。我很钦佩他们的革命精神、科学态度与工作作风。我写这篇序言就是要表达我的这些感受与感谢。我希望广大读者能从这本专著中得到裨益。

邹光华

1991.4.16

# 前 言

煤炭资源远景调查的性质是煤田地质概略性调查，目的是从数量和质量上了解煤炭资源远景，从资源整体上研究煤田分布和聚煤条件，以便为煤炭工业长远发展和合理布局提供资源基础资料，为今后合理部署煤田普查勘探工作指明方向。

建国 40 多年来，四川省相继开展了地面电法、磁法、地震、重力、航空磁测等物探工作，特别是为寻找石油、天然气、岩盐、盐卤而在盆地内打了数以千计的深井，这些井大多穿过了上三叠统煤系地层，并进行了综合测井。

地球物理勘探从空中、地面、井下形成了立体勘探体系，取得了大量的物探资料和丰富的地质成果，为此次煤炭资源远景调查奠定了坚实基础，在对四川省晚三叠世煤炭资源远景调查中，自始至终注意了对已有物探资料的二次开发综合利用，将各种不同任务的物探资料按煤田物探工作要求进行搜集、整理、综合分析研究，基本搞清了成煤远景区内地质-地球物理特征，对四川盆地区域地质背景进行了比较全面的地质解释，在取得系统和规律性认识的基础上，编制了 8 种基础图件，完成了煤炭资源物探调查任务。与此同时，对四川盆地晚三叠世煤系地层中伴生的另一种重要能源——煤成气资料概况也进行了研究，为今后在找煤工作中同时进行煤成气普查勘探，提供了有价值的参考资料。

参与本课题研究工作的有郑建屏、秦镜蓉、王勇、陈玉坤、贺军、彭俊、曹仲轩、杨永德等，除郑建屏、秦镜蓉参加全过程外，曹仲轩、彭俊参加了前期工作，王勇、陈玉坤、贺军参加了中、后期工作，杨永德参加了后期工作。

本书在写作过程中得到了高级工程师邹光华、曾繁超、方松耕的帮助；刘云女副教授、方松耕完成了中译英工作，在此一并致谢。

郑建屏、秦镜蓉、冯建川

1991. 8

# 目 录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 第一章 四川盆地地球物理勘探工作概况及岩石物性参数特征 ..... | 1  |
| 第一节 地面地球物理勘探工作 .....              | 1  |
| 一、航磁测量 .....                      | 1  |
| 二、重力勘探 .....                      | 2  |
| 三、电法勘探 .....                      | 3  |
| 四、地震勘探 .....                      | 3  |
| 第二节 地球物理测井工作 .....                | 7  |
| 一、石油测井 .....                      | 7  |
| 二、钾盐、岩盐测井 .....                   | 7  |
| 三、煤田测井 .....                      | 7  |
| 第三节 四川盆地第四系至震旦系地层物性参数标准柱状图 .....  | 8  |
| 第二章 区域地质-地球物理特征及解释成果 .....        | 14 |
| 第一节 划分四川盆地地层层序的地震波组及各层序沉积特征 ..... | 14 |
| 一、划分四川盆地地层层序的地震波组 .....           | 14 |
| 二、盆地中部各地震层序沉积特征 .....             | 16 |
| 第二节 控制四川盆地范围的深部断裂 .....           | 24 |
| 第三节 四川盆地深部构造单元的划分 .....           | 25 |
| 一、西部地幔拗陷区 .....                   | 25 |
| 二、东部地幔台坪区 .....                   | 32 |
| 第四节 四川盆地中部沉积盖层区域构造特征及盆地形成概述 ..... | 34 |
| 一、四川盆地中部沉积盖层区域构造特征 .....          | 34 |
| 二、四川盆地形成及发展过程概述 .....             | 39 |
| 第三章 四川盆地上三叠统煤系地层分布及含煤性 .....      | 42 |
| 第一节 四川盆地上三叠统煤系地层分布 .....          | 42 |
| 一、地层对比方案的选取 .....                 | 42 |
| 二、划分上三叠统地层层序的地震波组 .....           | 42 |
| 三、划分上三叠统地层的测井标志层 .....            | 43 |
| 四、煤系地层分布 .....                    | 47 |
| 第二节 四川盆地含煤区的含煤性 .....             | 49 |
| 一、四川盆地含煤区内煤田(区)的分布状况 .....        | 49 |
| 二、典型煤田含煤性 .....                   | 50 |
| 三、其它煤田含煤性 .....                   | 58 |
| 四、深井见煤情况 .....                    | 58 |
| 五、四川盆地含煤区的含煤性 .....               | 59 |
| 六、四川盆地含煤区的聚煤规律 .....              | 62 |
| 第三节 区域地温场与煤化作用 .....              | 72 |

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| 一、区域地温场特征 .....                            | 72         |
| 二、区域地温场与煤化作用 .....                         | 74         |
| <b>第四章 四川盆地上三叠统煤系地层的重要伴生矿产——煤成气 .....</b>  | <b>78</b>  |
| 第一节 上三叠统煤成气普查勘探概况 .....                    | 78         |
| 第二节 上三叠统油气储层的分布及特征 .....                   | 80         |
| 一、川西、川西北区 .....                            | 80         |
| 二、川中区 .....                                | 80         |
| 三、其它地区 .....                               | 82         |
| 第三节 上三叠统已知的气藏类型 .....                      | 82         |
| 一、构造控制的构造圈闭类型 .....                        | 82         |
| 二、与岩性、地层有关的非背斜圈闭气藏 .....                   | 83         |
| 三、浅层次生气藏 .....                             | 83         |
| <b>第五章 煤资源远景预测及储量计算 .....</b>              | <b>85</b>  |
| 第一节 预测区的划分和预测方法 .....                      | 85         |
| 一、预测区的划分原则 .....                           | 85         |
| 二、预测方法 .....                               | 85         |
| 第二节 物探预测图的编制和储量计算 .....                    | 85         |
| 一、预测图的编制 .....                             | 85         |
| 二、有关技术指标的确定 .....                          | 87         |
| 三、储量计算方法 .....                             | 89         |
| 第三节 物探预测四川盆地晚三叠世煤炭资源总量的成果 .....            | 90         |
| 一、探明储量及保有储量 .....                          | 91         |
| 二、预测储量 .....                               | 91         |
| 第四节 今后找煤方向 .....                           | 96         |
| 一、乐威煤田 .....                               | 96         |
| 二、永荣煤田 .....                               | 97         |
| 三、达宣煤田 .....                               | 97         |
| 四、广旺煤田 .....                               | 97         |
| 五、万涪煤区 .....                               | 97         |
| <b>结语 .....</b>                            | <b>98</b>  |
| <b>附录 四川盆地第四系至震旦系地层物性参数标准柱状图详细说明 .....</b> | <b>100</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                          | <b>106</b> |
| <b>英文摘要 .....</b>                          | <b>107</b> |



# Contents

|                                                                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Chapter 1 The general remark of geophysical exprolation and characteristics of petro-physical parameters of Sichuanbasin .....</b>                    | <b>1</b>  |
| Section 1 Ground geophysical operations.....                                                                                                             | 1         |
| (1) Aeromagnetic survey and ground magnetic survey.....                                                                                                  | 1         |
| (2) Gravity prospecting .....                                                                                                                            | 2         |
| (3) Electric prospecting .....                                                                                                                           | 3         |
| (4) Seismic prospecting .....                                                                                                                            | 3         |
| Section 2 Geophysical well logging operations.....                                                                                                       | 7         |
| (1) Petroleum logging.....                                                                                                                               | 7         |
| (2) Potash and rock salt logging.....                                                                                                                    | 7         |
| (3) Coal logging .....                                                                                                                                   | 7         |
| Section 3 The standard coloum of stratigraphic physical property parameters of Sichuan basin from the Quaternary System to the Sinian System.....        | 8         |
| <b>Chapter 2 Regional geology-geophysical characteristics and interpretative achievements.....</b>                                                       | <b>14</b> |
| Section 1 The seismic wave groups and sedimentary features of controlled Sichuan basin's stratal orders.....                                             | 14        |
| (1) The seismic wave groups of controlled Sichuan basin's strata orders.....                                                                             | 14        |
| (2) Depositional features of seismic stratigraphic orders in tne middle part of Sichuan basin.....                                                       | 16        |
| Section 2 The deep fractures of controlled range of Sichuan basin.....                                                                                   | 24        |
| Section 3 Division of deep tectonic units of Sichuan basin.....                                                                                          | 25        |
| (1) Western mantle depressed area.....                                                                                                                   | 25        |
| (2) Eastern mantle uplifted area .....                                                                                                                   | 32        |
| Section 4 The regional structural features of sedimentary cover in the middle part of Sichuan basin and the general remark of the basin's fomation ..... | 34        |
| (1) The regional structural features of sedimentary cover in tne middle part of Sichuan basin.....                                                       | 34        |
| (2) The remark of the basin's formation aud developing.....                                                                                              | 39        |
| <b>Chapter 3 Distribution and coal-bearing property of the Upper Triassic Series coal measure strata in Sichuan basin.....</b>                           | <b>42</b> |
| Section 1 Distribution of the Upper Triassic Series coal measure                                                                                         |           |

|                                                                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| strata in the Basin.....                                                                                                                | 42        |
| (1) Selecting of the stratigraphic correlation plan.....                                                                                | 42        |
| (2) The seismic wave groups of the Upper Triassic Series stratal orders<br>division .....                                               | 42        |
| (3) The logging marked beds of the Upper Triassic Series stratal orders<br>division .....                                               | 43        |
| (4) Distribution of coal measure strata.....                                                                                            | 47        |
| Section 2 Coal-bearing property of Sichuan basin's coal-bearing<br>regions .....                                                        | 49        |
| (1) Distributional state of coal fields (lands) in the coal-bearing regions<br>of the basin.....                                        | 49        |
| (2) Coal-bearing property of typical coal fields.....                                                                                   | 50        |
| (3) Coal-bearing property of other coal fields.....                                                                                     | 58        |
| (4) The state of deep wells intersecting coal seams.....                                                                                | 58        |
| (5) Coal-bearing property of Sichuan basin's coal-bearing regions.....                                                                  | 59        |
| (6) Coal-accumulating regularities of Sichuan basin's coal-bearing regions.....                                                         | 62        |
| Section 3 Regional thermal field and coalification.....                                                                                 | 72        |
| (1) The features of regional thermal field.....                                                                                         | 72        |
| (2) Regional thermal field and coalification.....                                                                                       | 74        |
| <b>Chapter 4 Main accompanying mine—coal related gas in the<br/>    Upper Triassic Series coal measure strata in Sichuan basin.....</b> | <b>78</b> |
| Section 1 The remark of coal related gas searching and prosep-<br>cting of the Upper Triassic Series.....                               | 78        |
| Section 2 Distribution and features of the Upper Triassic Series<br>oil-gas reservoirs.....                                             | 80        |
| (1) Western part of Sichuan, northwestern part of Sichuan.....                                                                          | 80        |
| (2) Middle part of Sichuan.....                                                                                                         | 80        |
| (3) Other parts of Sichuan.....                                                                                                         | 82        |
| Section 3 The known gas reservoir types of the Upper Triassic<br>Series .....                                                           | 82        |
| (1) The type of structural controlled structural trap.....                                                                              | 82        |
| (2) The type of non-anticlinal trap gas reservoirs with relation to litho-<br>logy and strata.....                                      | 83        |
| (3) Shallow secondary gas reservoirs.....                                                                                               | 83        |
| <b>Chapter 5 Prospective prediction and reserves calculation of<br/>    coal resources .....</b>                                        | <b>85</b> |
| Section 1 Division of predicted regions and predicted methods.....                                                                      | 85        |
| (1) The principles of predicted regions' division.....                                                                                  | 85        |
| (2) Predicted methods.....                                                                                                              | 85        |
| Section 2 Compilation of geophysical predicted map and reser-<br>ves calculation .....                                                  | 85        |

|                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| (1) Compilation of predicted map.....                                                                                                                          | 85  |
| (2) Definiteness of concerned technical indexes.....                                                                                                           | 87  |
| (3) The methods of reserves calculation.....                                                                                                                   | 89  |
| Section 3 The geophysical predicted total amount of coal resources of the Upper Triassic Series in Sichuan basin.....                                          | 90  |
| (1) Known reserves and residual reserves.....                                                                                                                  | 91  |
| (2) Predicted reserves.....                                                                                                                                    | 91  |
| Section 4 The direction of coal searching in future.....                                                                                                       | 96  |
| (1) Lewei coal field.....                                                                                                                                      | 96  |
| (2) Longrong coal field.....                                                                                                                                   | 97  |
| (3) Daxuan coal field.....                                                                                                                                     | 97  |
| (4) Guangwang coal field.....                                                                                                                                  | 97  |
| (5) Wanfu coal field.....                                                                                                                                      | 97  |
| <b>Conclusion</b> .....                                                                                                                                        | 98  |
| <b>Appendix: The detail of the standard coloum of stratigraphic physical parameters of Sichuan basin from the Quaternary System to the Sinian System</b> ..... | 100 |
| <b>Reference</b> .....                                                                                                                                         | 106 |
| <b>Abstract in English</b> .....                                                                                                                               | 107 |

# 第一章 四川盆地地球物理勘探工作

## 概况及岩石物性参数特征

四川省位于东经  $97^{\circ}21' - 110^{\circ}12'$  与北纬  $26^{\circ}00' - 34^{\circ}19'$  之间, 面积 57 万  $\text{km}^2$ 。省内地形大致以龙门山为界, 可分为东西两大部分: 西部为高原山区, 属松潘甘孜地槽; 东部为四川盆地及边缘山区, 属扬子准地台。物探工作多集中在四川盆地, 西部高原因地势险峻、交通不便, 除已进行的 1:50 万航磁和 1:100 万重力测量外, 其它方法工作程度较低。且目前在西部地槽区上三叠统地层中, 尚未发现较稳定、具有一定规模、符合工业开发要求的含煤区段, 故此次研究重点放在东部四川盆地范围内。

四川盆地面积约 20 万  $\text{km}^2$ , 50 年代初, 为寻找石油, 地矿部、石油部先后开展了地面物探及测井工作。据不完全统计, 完成工作量为: 磁法面积 220673  $\text{km}^2$  (航磁面积 164000  $\text{km}^2$ ); 电法测深面积 53500  $\text{km}^2$ , 剖面长 1000 km, 大地电流面积 31800  $\text{km}^2$ ; 地震测线总长超过 11 万 km, 面积约 13 万  $\text{km}^2$ ; 测井方法有视电阻率法、自然电位法、自然伽玛法、中子伽玛法、伽玛-伽玛法及井径、井温测量。测井数约 3000 余口。

在进行大面积地球物理普查勘探的同时, 对地面、井下进行了物性测定工作。各地层、岩石的多种物性差异为地球物理勘探创造了良好的物性前提。

### 第一节 地面地球物理勘探工作

#### 一、航磁测量

1953—1981 年期间, 航空磁法和地面磁法测量是分几个阶段完成的。全省磁法工作以航空磁法测量为主, 地面磁法为辅。1958 年地矿部航空物探总队开始在盆地内进行航空磁法测量, 使用苏制 AOM-49 型磁饱和式航空磁力仪进行  $\Delta T_a$  相对测量, 多在低山平原区作 1:100 万小比例尺的油气构造普查, 精度较低。随着我国国民经济不断发展, 国产高精度的 302 型核子旋进式磁力仪的出现, 大大提高了磁测精度, 并且进行了地磁总强度模量测量, 为在沉积盖层较厚的四川盆地内进行中大比例尺的航空磁测创造了条件。区内大部分地区完成了 1:20 万, 少数地区完成 1:50—1:100 万的航磁测量。磁测总面积达 220673  $\text{km}^2$ , 基本将整个四川盆地全部覆盖。

区内有 4 个磁性层<sup>①</sup>即: 磁性较高的前震旦系结晶杂岩基底和元古界变质火山碎屑岩系, 磁化率为  $250 - 1000 \times 10^{-5} \text{SI}$ ; 二叠系上统底部峨眉山玄武岩, 磁化率为  $1727 - 2003 \times 10^{-5} \text{SI}$ , 平均为  $1835 \times 10^{-5} \text{SI}$ ; 三叠系下统飞仙关组, 磁化率  $142 - 452 \times 10^{-5} \text{SI}$ , 平均  $224 \times 10^{-5} \text{SI}$ ; 侏罗系上统沙溪庙组, 磁化率为  $25 - 754 \times 10^{-5} \text{SI}$ , 平均  $121 \times 10^{-5} \text{SI}$ 。其余地层磁化率小于  $62 \times 10^{-5} \text{SI}$ 。各时代地层的磁化率数值如下表 1。测量地质单元地层以统为单位, 岩体以期为单位, 以区域路线方式进行调查, 测量不涉及矿区问题, 所以这

① 四川盆地岩石物性专题研究队总结报告, 石油部四川勘探局地质调查处, 1956 年。

表 1 四川盆地各时代地层磁化率值

Tab 1 The stratal susceptibility of each geologic age of Sichuan basin

| 时 代      | 代 号              | 测量标本数<br>(个) | 磁 化 率 ( $\times 10^{-5}\text{SI}$ ) |     |     |
|----------|------------------|--------------|-------------------------------------|-----|-----|
|          |                  |              | 最 大                                 | 最 小 | 平 均 |
| 白 垩 系    | K                | 238          | 95                                  | 0   | 19  |
| 侏 罗 系    | J                | 295          | 200                                 | 0   | 22  |
| 三叠系上中统   | T <sub>2-3</sub> | 150          | 30                                  | 0   | 6   |
| 三叠系下统    | T <sub>1</sub>   | 415          | 1400                                | 0   | 228 |
| 二叠系上统    | P <sub>2</sub>   | 64           | 70                                  | 0   | 15  |
| 二叠系下统    | P <sub>1</sub>   | 120          | 8000                                | 0   | 209 |
| 石 炭 系    | C                | 50           | 10                                  | 0   | 2   |
| 泥 盆 系    | D                | 340          | 300                                 | 0   | 13  |
| 志 留 系    | S                | 215          | 40                                  | 0   | 17  |
| 奥 陶 系    | O                | 75           | 90                                  | 10  | 44  |
| 寒 武 系    | Є                | 130          | 60                                  | 0   | 15  |
| 震 旦 系    | Z                | 45           | 35                                  | 0   | 20  |
| 前震旦系     | P <sub>t</sub>   | 200          | 100                                 | 0   | 32  |
| 元古代酸性花岗岩 | $\gamma_a$       | 290          | 4500                                | 0   | 479 |
| 元古代中性闪长岩 | $\sigma_2$       | 145          | 8000                                | 0   | 440 |

些数据对于大区域的岩石磁性具有一定代表性。

磁测资料用于综合解释、区分基底性质、研究区域地质构造效果较好。特别是四川省航空磁力异常图的编制，完整地展示了四川省的磁场面貌，是一份宝贵的基础图件，为研究深部地质构造提供了科学依据。

## 二、重力勘探

四川省区域重力工作开展较早，自1953年至1985年底止，共有 11 个单位在该区作过重力测量。提交总结报告 24 份。1953年为寻找油气资源，石油部四川勘探局西南石油地质调查处（以下简称“地调处”）首先在四川盆地开展了 1:50 万及 1:10 万比例尺的重力测量。1956年原地质部地球物理探矿局西南大队为寻找石油在川中大足一带开展了 1:20 万重力普查。其后又有一些单位零星补作了一些工作，盆地内共完成 1:50 万重力普查面积 185473 km<sup>2</sup>，1:20 万—1:5 万的详查和细测面积约 124000 km<sup>2</sup>。

盆地内主要密度分界面有 4 个即：侏罗系与上覆层系的密度差为  $0.12-0.36 \times 10^3 \text{kg/m}^3$  的界面；三叠系雷口坡组与上覆层系的密度差为  $0.1-0.26 \times 10^3 \text{kg/m}^3$  的界面；二叠系上统底部峨眉山玄武岩与上、下层系的密度差大于  $0.15 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ；下元古界下部结晶基底与上覆沉积岩系的密度差为  $0.11-0.23 \times 10^3 \text{kg/m}^3$  的界面。盆地边缘及深井岩心密度测定和密度测井测定的各时代地层密度数据<sup>①</sup>如表 2。

1956 年及 1958 年“地调处”分别对 1:50 万普查和 1:20 万详查和重力资料进行了统一改算。1985—1987 年四川省地矿局物探大队按“1:20 万和 1:100 万区域重力图编制技术规定”要求，对重力资料进行了统一改算，编制了 1:100 万布格重力异常图。重力测量成果对划分构造单元、指导工作部署起过重要作用，而局部重力异常还往往反映了地下构造。研究表明：区域构造和结晶基底形态对区域地温场分布有直接的影响。

① 四川盆地岩石物性专题研究队总结报告，石油部四川勘探局地质调查处，1956年。

表 2 四川盆地各时代地层密度值

Tab 2 The stratal density of each geologic age of Sichuan basin

| 时 代       |                        | 密 度 值 ( $\times 10^3 \text{kg/m}^3$ ) |      |      | 地层密度值变化规律      |
|-----------|------------------------|---------------------------------------|------|------|----------------|
|           |                        | 最 大                                   | 最 小  | 平 均  |                |
| 第四系 (表土)  |                        | 2.23                                  | 1.90 | 2.05 |                |
| 第三系 + 第四系 | N + Q                  | 2.63                                  | 2.33 | 2.48 |                |
| 白垩系       | K                      | 2.61                                  | 2.13 | 2.41 | 由西南向西北方向增大     |
| 侏罗系上中统    | J <sub>2+3</sub>       | 2.62                                  | 2.42 | 2.52 | 川西川北最大         |
| 侏罗系下统     | J <sub>1</sub>         | 2.65                                  | 2.42 | 2.55 | 向盆地周围增大        |
| 三叠系上统     | T <sub>3</sub>         | 2.72                                  | 2.38 | 2.55 |                |
| 三叠系中统     | T <sub>2</sub>         | 2.85                                  | 2.65 | 2.68 | 由西往东变小         |
| 三叠系嘉陵江组   | T <sub>1j</sub>        | 2.85                                  | 2.65 | 2.65 | 江油安县一带最大       |
| 三叠系飞仙关组   | T <sub>1f</sub>        | 2.73                                  | 2.62 | 2.68 | 由西往东增大         |
| 二叠系上统     | P <sub>2</sub>         | 2.80                                  | 2.55 | 2.68 |                |
| 二叠系上统煤系地层 |                        | 2.65                                  | 2.13 | 2.39 | 由川南向川中、川东增大    |
| 二叠系峨眉山玄武岩 | P <sub>2</sub> $\beta$ | 2.89                                  | 2.86 | 2.87 |                |
| 二叠系下统     | P <sub>1</sub>         | 2.70                                  | 2.65 | 2.68 | 隆昌钻孔岩心为 2.70   |
| 石炭系       | C                      |                                       |      | 2.68 | 仅川东有保存         |
| 泥盆系       | D                      | 2.69                                  | 2.61 | 2.65 | 盆地内缺失, 仅龙门山有沉积 |
| 志留系       | S                      | 2.75                                  | 2.45 | 2.64 | 向盆地边缘增大        |
| 奥陶系       | O                      | 2.77                                  | 2.47 | 2.64 | 峨眉山、天全最大       |
| 寒武系       | $\epsilon$             | 2.75                                  | 2.68 | 2.71 | 华莹山最大          |
| 震旦系上统     | Z                      | 2.77                                  | 2.60 | 2.68 |                |
| 前震旦系      | AnZ                    | 2.86                                  | 2.80 | 2.82 | 出露于盆地周围        |

### 三、电法勘探

1954 年开展了电法勘探工作。在盆地内进行了 1:50—1:10 万 比例尺的电测深普查、详查, 面积为 53500 km<sup>2</sup>, 区域性剖面测量长度约 1000 km; 进行了 1:50—1:10 万 比例尺的大地电流法普查、详查, 面积为 31800 km<sup>2</sup>。

中三叠统海相石灰岩、白云岩是良好的高阻标志层。电法异常较清楚地显示了这个高阻层的起伏形态。因此, 在区域构造研究方面曾发挥过一些作用, 只因高阻电法标志层的地质属性各区不一, 以及地电、地质、地貌条件的差别, 寻找局部构造的效果也因地而异。

### 四、地震勘探

地震勘探工作在盆地内部复盖面相当大, 面积约 13 万 km<sup>2</sup>, 几乎占四川盆地面积的 2/3。地震勘探测线总长超过 11 万 km, 其中模拟磁带记录剖面约占 60%, 光点和数字记录剖面各占 20% 左右, 见图 1。

四川盆地具有区域构造稳定、沉积旋回清楚的特点, 致使盆地地下古生界到中生界分布

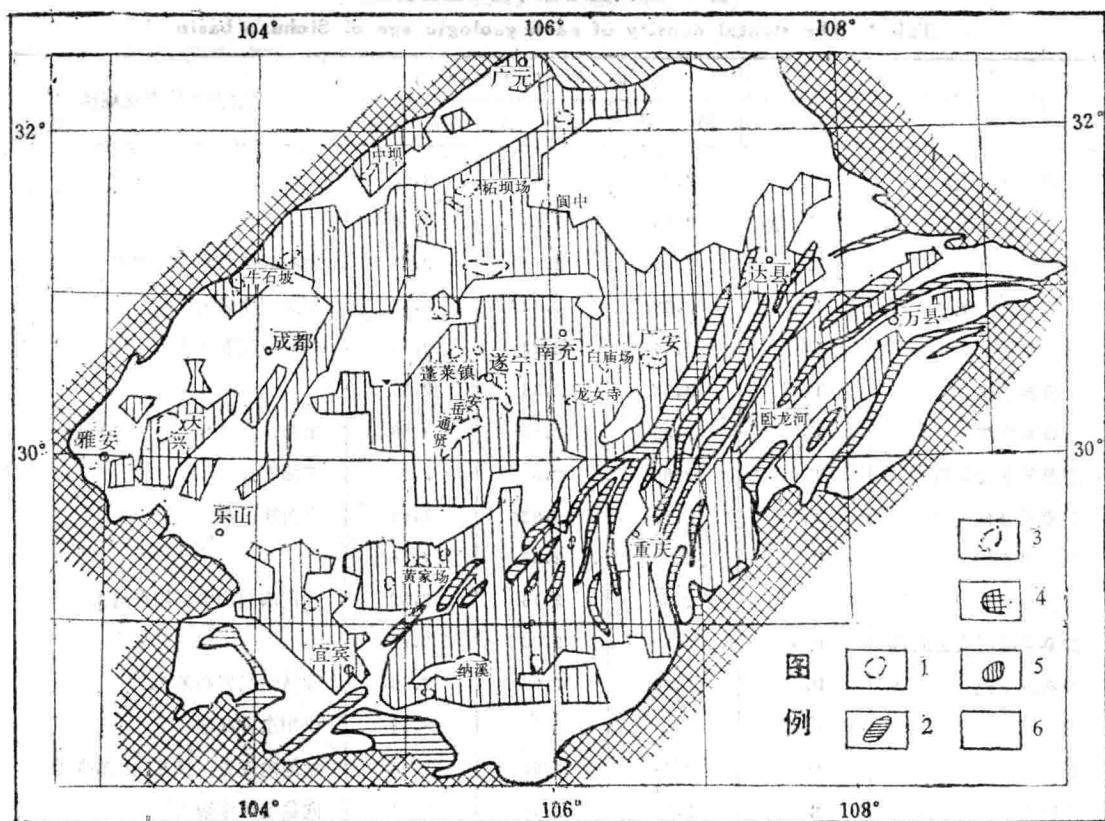


图 1 四川盆地地震工作研究程度图

Fig. 1 Map showing the studied degree of seismic exploration of Shichuan basin

1—气田; 2—剥蚀区; 3—含油气构造; 4—盆地边框; 5—地震详查范围; 6—地震工作空白区

1—Gas fields; 2—Denudation areas; 3—Oil gas-bearing structures; 4—Marginal frame of basin; 5—Range of seismic detailed exploration; 6—Empty areas of seismic exploration work

着众多良好的波阻抗分界面，形成相当丰富的反射层次，足以反映不同构造层乃至不同时代地层的形态，见图 2。

盆地内地震波的平均速度在横向上变化很大，任何一个地区的平均速度都不能在大范围内推广使用。为满足编制构造连片图的需要，“地调处”在 1980 年根据已测的几百口地震、声波测井资料，编制了四川盆地各层组的层速度图共 11 个层组，其中与晚三叠世煤系地层关系密切的层速度图有 8 个层组：侏罗系上中统、侏罗系下统、三叠系上统、三叠系中统、三叠系下统嘉陵江组、三叠系下统飞仙关组、二叠系上统、二叠系下统，见图 3。这些层速度图反映了上三叠统煤系地层上下界面的层速度变化情况。

根据地震测井资料统计，晚三叠世煤系上下地层波阻抗值如表 3。

由于地震勘探精度高，测线密，物性研究工作细，使得地震勘探工作在不少地区获得显著效果。它揭示了盆地腹地的地质特征，探明了区域构造，发现了数以百计的潜伏构造。为研究四川盆地构造体系的生成发展提供了当前最为可靠、最有价值的资料。特别是近年来，由于采用数字地震仪和各种先进的数字处理技术，开展了地震地层学的研究，使地震勘探效果更为显著。地震资料为此次煤炭资源远景预测奠定了基础。







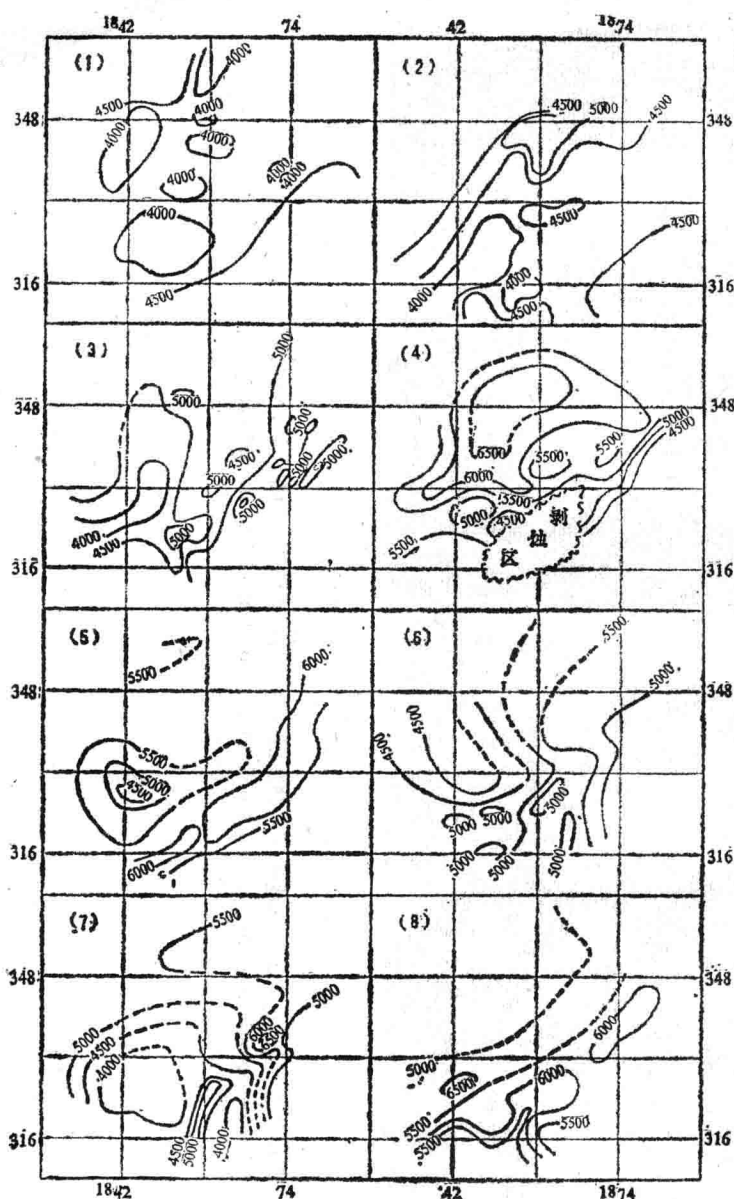


图 3 四川盆地地震层速度图 (据四川石油管理局)  
Fig. 3 The seismic stratal velocity map of Sichuan basin

1—侏罗系上、中统；2—侏罗系下统；3—三叠系上统；4—三叠系雷口坡组；5—三叠系嘉陵江组；6—三叠系飞仙关组；7—二叠系上统；8—二叠系下统  
1—Upper, Middle Series of the Jurassic System; 2—Lower Series of the Jurassic System; 3—Upper Series of the Triassic System; 4—Leikikoupo formation of the Triassic System; 5—Jialingjiang formation of the Triassic System; 6—Feixianguan formation of the Triassic System; 7—Upper Series of the Permian System; 8—Lower Series of the Permian System

表 3 地层波阻抗值  
Tab.3 Values of wave impedance

| 地 层       | 波 阻 抗<br>( $\times 10^3 \text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ ) | 地 层       | 波 阻 抗<br>( $\times 10^3 \text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ ) |
|-----------|---------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------|
| 侏罗系上中统    | 8.93—9.12                                               | 三叠系下统飞仙关组 | 15.05—16.25                                             |
| 侏罗系下统     | 9.79—10.31                                              | 二叠系上统长兴组  | 16.37                                                   |
| 三叠系上统     | 11.05—13.17                                             | 二叠系上统龙潭组  | 13.16                                                   |
| 三叠系中统雷口坡组 | 11.06                                                   | 二叠系下统     | 16.05                                                   |
| 三叠系下统嘉陵江组 | 15.70                                                   |           |                                                         |