文章编号：1001—1749(2011)03—0318—05

基于 Voxler 辅助条件下的平谷电测深数据三维解译

郭高轩
(北京市水文地质工程地质大队，北京　100195)

摘　要：分别用传统电测深数据处理方法(如等视电阻率断面图法、视电阻率平面等值线法、电测深曲线类型法及剖面线法)，对平谷盆地的电测深数据进行了垂向和平面解译，探讨了砂卵砾石高阻体的分布形态，并对各种方法进行了对比。针对以往数据处理方法仅限于二维，利用数据较少的不足，简述了能够在构建三维空间场的 Voxler 软件，利用其对平谷盆地内的数据进行三维插值，构建了砂砾石/粗砂粗颗粒地质体的视电阻率三维等值面。三维等值面形象地刻画了地质体在三维空间上的电性差异，从而为研究平谷盆地古河道形成的深度、摆动其次、摆动规模提供了重要信息，节省了大量的时间，从而大大提高了地质研究的精度。

关键词：电测深；地质体；三维模型；Voxler
中图分类号：P 631.3^{+}22　　文献标识码：A

0　前言

电测深法以其快速、廉价、数据量大等优点，在水文、工程、环境、矿产地质领域得到了广泛的应用，现已成为地下水资源勘察[1~4]，不良地质条件探测[5,6]及矿产分布圈定[7,8]的重要手段。扫面电测深更是区域地质调查中极其重要的地质资料，在砂石矿普查、古河道、地下土洞、断裂破碎带、地裂缝探测等工作中发挥着极其重要的作用。但是，传统的电测深数据处理方法多以测线(断面)进行，成果输出也仅限于平面二维，难以形象地刻画地质异常的三维分布形态。于是，寻求一种方便、快捷、形象的三维数据处理方法，以充分利用其数据，提供丰富的地质异常信息，已成为物探人员追逐的热点。作者在本文拟利用 Voxler 软件，对视电阻率数据进行三维处理，以刻画地质体的空间分布，以辅助传统数据处理方法进行综合研究，以期抛砖引玉。

1　探测数据

平谷盆地位于北京平原区东北部，区内第四系主要由砂质粘土、粉细砂、中粗砂和卵砾石组成，沉积厚度变化较大，相变复杂。本次探测共布测点 256 个，测点平均间距为 1 km。每一测点分别进行了 AB/2 为 3 m、7 m、10 m、15 m、25 m、40 m、65 m、100 m、340 m、500 m 的探测(见下页图 1)。

2　传统数据处理方法对比

2.1　等视电阻率断面图法

该方法是将近似在一条直线上的测点作为一条测线，将数据整理成 X_i、Y_j、ρ_{ij} 的形式，其中 X_i 为距离测线起点的距离，Y_j 为探测的深度(在地形起伏较小的地区一般作 - AB/2 处理)，单位为 m，ρ_{ij} 为视电阻率值，单位为 Ω·m，(其中，i = 1、2、…、n，为测点个数；j = 1、2、…、m，为极距的变化次数)。沿测线整理的数据，不仅可以利用各种插

收稿日期：2010 - 10 - 15　　改回日期：2011 - 01 - 07

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

值方法(常用的为 Kriging 法[9])得到视电阻率断面等值线，而且还可以通过反演获得地下异常的分布特征。

图 2 是剖面 2 的数据处理结果。由图 2(a)可以看出，在 20 号与 21 号测点之间约 200 m 深处，视电阻率出现上凸正异常，在 25 号与 26 号测点之间，上凸异常更为明显。图 2(b)为该剖面在 GEO-ELECTRO 软件下的反演结果，显然，分别在 20 号、23 号点下部约 210 m 深度出现了高阻异常密集带，应当是平谷盆地古河道的反应。

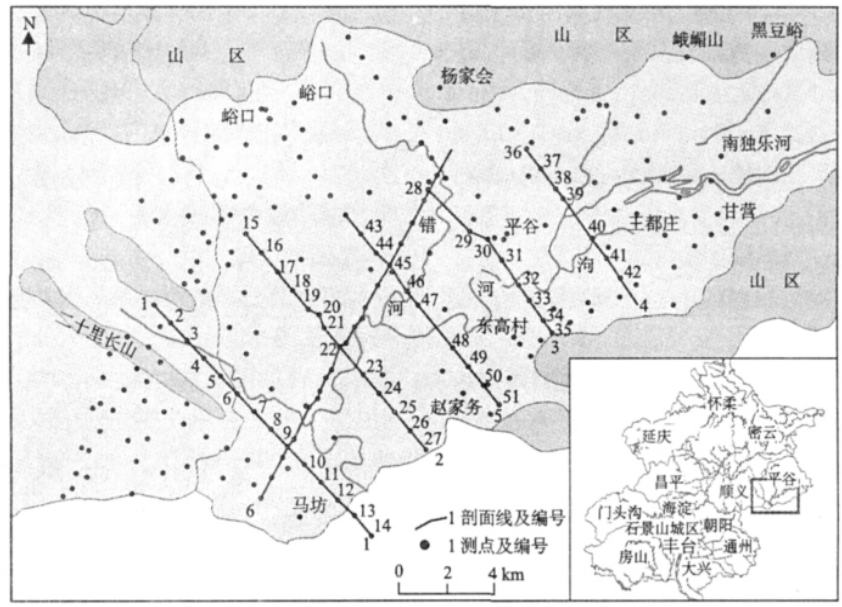


图 1　平谷盆地电测深点及剖面布置

Fig. 1　Distribution map of the detection sites and sections in Pinggu basin

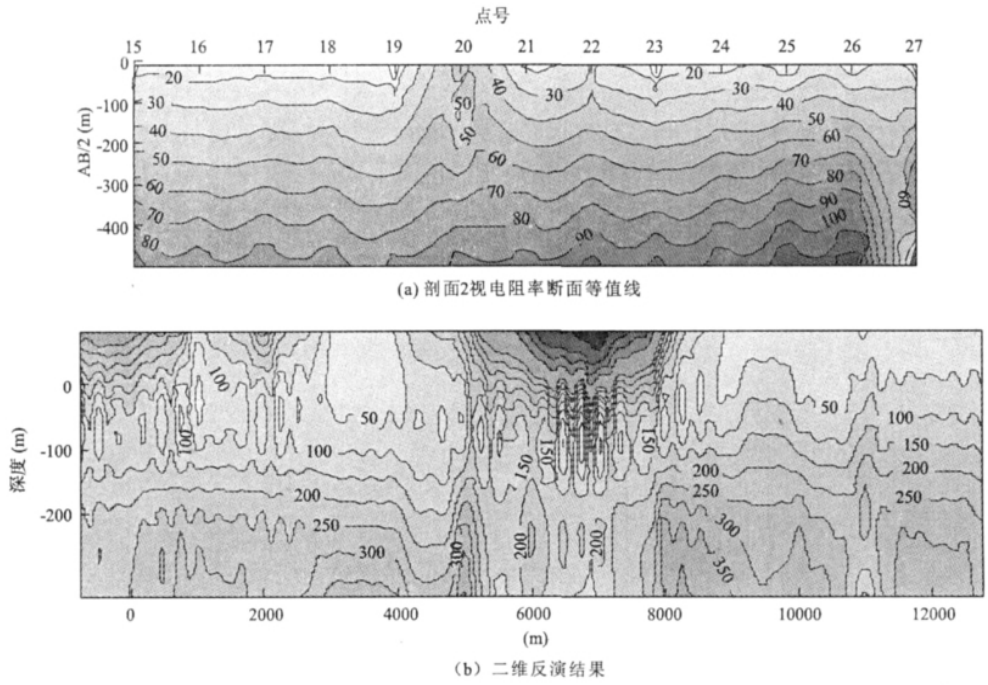


图 2　剖面 2 视电阻率断面等值线及二维反演结果图

Fig. 2　Contour (a) of cross section and diversion result (b) of apparent resistivity of line 2

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

在实际中，常用多条断面等值线法来捕获线状异常体的位置，以确定如阻水岩脉、断裂带等的走向和倾向及古河道的深度和位置。

2.2 视电阻率平面等值线法

在忽略地形起伏的情况下，将平面上某一极距下的电阻率探测值，整理成 X_i、Y_i、ρ_i 的形式（其中 X_i、Y_i 为测点的平面坐标，ρ_i 为视电阻率值，$i=1、2、\cdots、n$，为测点个数），然后以“面包切片”那样插值，以刻画不同深度上异常的分布形态。

图 3 为平谷盆地 AB/2 = 15 m 和 AB/2 = 25 m 的视电阻率平面等值线图。由图 3 可以看出，在约 15 m 和 25 m 深度上，分别在北杨家桥、白各庄、英城及东高村出现高阻异常圈闭异常。经研究表明，当高阻异常区在冲洪积扇区上呈串珠状分布时，应当是古河床的反应[10]。

平面等值线法以深度为批次处理数据，其优势在于体现异常在平面上的分布，常用来探测近似球状的不良地质体，如地下土洞、岩溶塌陷、砂石矿的分布等。尽管通过 Surfer 软件功能提供的“3D surface”功能，能够绘制起伏的面状体，但仍属于一种“假三维”立体模式。

2.3 电测深曲线类型图法

将一条测线上所有测点的视电阻率，绘制在双对数坐标系内，通过曲线类型的变化来表征沿测线上地质电性参数的变化。

图 4 为平谷盆地剖面 2 的电测深曲线类型图。从图 4 中可以看出，大部份曲线类型属于 H 型。从 20 号测点开始往东南，测深曲线类型转为 K 型曲线，24 号测点以后又恢复为 H 型，在图 4 中异常明显，虚线为推测古河床分布范围。

2.4 剖面线法

将定极距下的测量数据重新整理，可以得到绘制成类似联合剖面曲线的结果。

图 5（见下页）为五条剖面 AB/2 = 40 m 时的视电阻率横向变化曲线，高值凸起点很好地反应了高阻体的平面形态。

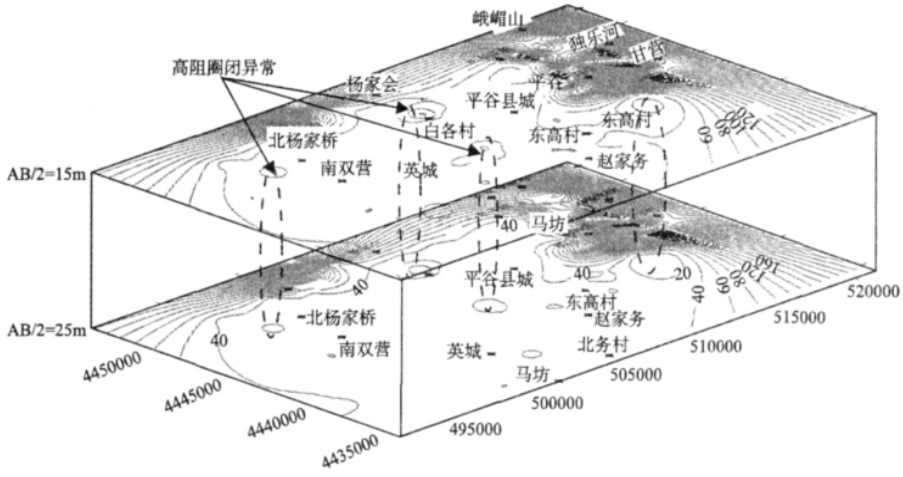


图 3 平谷盆地 AB/2 = 15 m 和 AB/2 = 25 m 平面视电阻率等值线

Fig. 3 15 m (up one) and 25 m(down one) high level cross-section maps of apparent resistivity in Pinggu basin

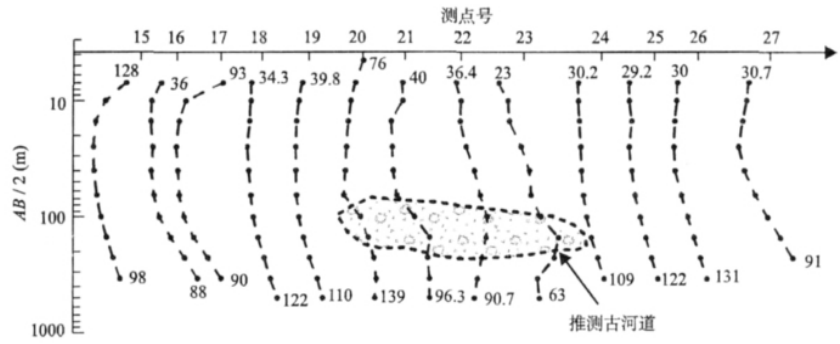


图 4 剖面 2 电测深曲线类型图

Fig. 4 Type map of electric sounding of line 2

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

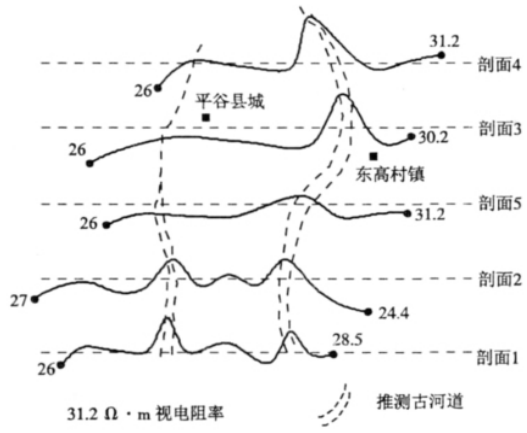


图 5　对称四级剖面法曲线组合图(AB/2 = 40 m)

Fig. 5　Combining maps of transverse profiling results (AB/2 = 40 m)

作者分别用以上四种方法,对平谷盆地的五条剖面电测深数据进行了数据处理。研究后发现:

(1) 每一种方法要刻画某一剖面(切面) 的异常,需要专门整理数据,工作量大,其结果均限于二维。

(2) 断面图和测深曲线类型图,虽然能够刻画垂向上的异常,但和平面等值线图的结合存在一些困难。

(3) 任何一种方法都不能一次利用所有数据,所以输出结果不够形象。

3　Voxler 软件建模

Voxler 软件是美国 Golden software 公司出品的一款真正意义上的三维数据处理软件。该软件在三维物探、地下水浓度场、气象风速风向等方面得到了广泛的应用,目前已经推出最新 1. 1. 1716 版本。我国这方面的软件还很少,有关其应用的文献还鲜有报道。Voxler 主要由四个部份组成,分别为“module library 模块、network 模块、properties 模块和 Viewer 模块”,详细的软件介绍见 Voxler 的用户手册或其官方网站[11]。

3.1　数据整理

将图 1 中 256 个测点的数据,整理成 X_i、Y_i、Z_i、ρ_{ij} 的形式,其中 X_i、Y_i 为测点的平面坐标(i = 1、2、3、…、256) ,Z_j 为矫正后的测点深度(当忽略地形起伏时,$Z_j = -AB/2$; 当地形起伏较大时,$Z_j = -AB/2 + H$,H 为测点处的高程(m) ,i = 1、2、3、…、10) ,ρ_{ij} 为某测点上一定极距下的视电阻率值,单位 Ω·m。

3.2　三维建模

数据整理完毕之后,利用 load data 功能导入三维数据,首先进行重复数据的过滤和检查,然后利用 module library 模块中的 grider 子块进行空间插值。研究表明,北京平原区粗砂砾石的电阻率值在 80 Ω·m 左右[12],故指定 80 作为等值面的数值,得到的平谷盆地相对高阻体的三维空间上相对高阻体的空间分布形态如图 6 所示。

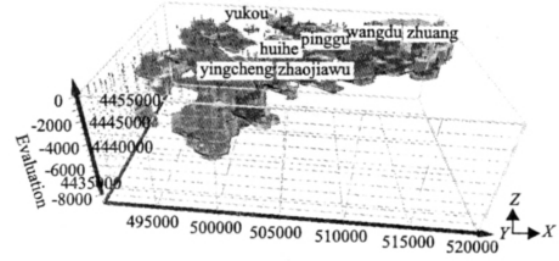


图 6　平谷盆地电测深视电阻率 ρ_s = 80 Ω·m 三维等值面图

Fig. 6　3D contour surface of apparent resistivity (ρ_s = 80 Ω·m) within Pinggu basin

将以上输出结果与平谷盆地现今水系河网进行对比研究后发现,错河、洵河在历史上曾多次摆动,形成了多期古河道。与现今河道相比,错河古河床在其今偏西北的位置,河道宽度在 2 km 左右,推测受北山抬升影响。洵河故道则在其现今位置的东侧,形状由出山口到下游形似一个喇叭状,明显受到了南山抬升的影响,但其切割深度略小于错河故道[13](见下页图 7) 。

此外,Voxler 提供了非常强大的三维漫游和空间切割功能,而且可以输出任意平面上的视电阻率等值线,以供地质人员分析。

4　结语

通过多种数据成图方法对平谷盆地的电测深数据的解译结果表明: 平谷盆地的主要建造者洵河与错河的古河道,在历史上存在多期摆动,分别在 100 m 和 210 m 左右有砂卵砾石高阻体异常,推测为古河道。断面等值线图法能够很好地确定电测深数据在垂向上的异常分布,而平面等值线法能够很好地确定平谷盆地串珠状的高阻异常分布,如北杨家桥、白各庄、英城及东高村。电阻率曲线类型法和剖面线法的联合运用,也分别在垂向剖面上和平面上确定了电性异常的分布。Voxler 软件克服

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

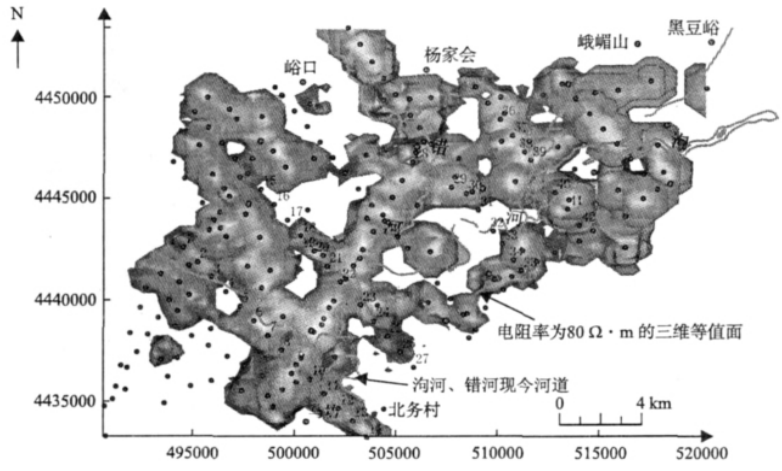


图 7 Voxler 软件构建的三维古河道与现今河道对比图

Fig. 7 Comparison of the old courses constructed by Voxler and its present status in Pinggu basin

了以往数据处理以断面(测线)进行而利用数据量少的不足,大大减少了工作量。

对平谷盆地电测深数据的三维建模表明,Voxler 能够很好地刻画电阻率在三维空间上的异常分布,能提供更为丰富的地质信息,大大提高地质研究的精度。

随着地质工作精度的要求愈来愈高,地质体的三维刻画与描述必将成为趋势。作者在本文将 Voxler 的三维处理优势与传统电测深数据进行的对比,是一次尝试性研究,以期和同行们一起交流。作者相信,Voxler 在我国的应用必将推动三维地质工作的发展和我国相关软件的研发。

致谢:感谢吉林大学地球探测科学与技术学院的翁爱华教授对本文剖面数据的二维反演及极富建设性的建议。

参考文献:

[1] 刘泽制. 1∶50 000 电测深区域调查在北京平原区普查建筑砂石矿中的应用[J]. 物探与化探,1988,12(1):63.

[2] 刘得福,吕旭红,任多魁. 综合电法在祁连山山前缺水区寻找地下水的应用[J]. 物探与化探,2006,30(1):41.

[3] 曹福祥,尹秉喜,朱庆俊. 电导率成像系统在西部地下水勘查中的应用[J]. 物探与化探,2005,29(4):323.

[4] 刘多朝,赵聚林. 利用电测深资料研究疏勒河流域中下游盆地的第四系[J]. 物探与化探,2005,29(5):431.

[5] 陈灿华,陈绍求. 电测深法在岩溶探测中的应用[J]. 中南工业大学学报:自然科学版,2000,31(1):9.

[6] 肖骑彬,蔡新平,徐兴旺,等. 应用大地电磁测深勘查北京平谷盆地隐伏含水岩溶系统的结构[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2004,34:60.

[7] 陈腊春,陶德益,高宝龙,等. 激电测深法在广西融安县泗顶铅锌矿接替资源勘查中的应用[J]. 地质与勘探,2009,45(3):280.

[8] 祁晓雨,张胜业,石砚斌. 大功率激电测深在内蒙古某铅锌矿的应用[J]. 工程地球物理学报,2008,5(6):719.

[9] Surfer 8.0 等值线绘制中的十二种插值方法[J]. 工程地球物理学报,2007,4(1):52.

[10] 陈仲侯,王兴泰,杜世汉. 工程环境物探教程[M]. 北京:地质出版社,1999,128.

[11] http://www.goldensoftware.com/forum/viewforum.php[EB/OL].

[12] 刘则制. 利用电测深资料进行岩性(地层)划分[J]. 物探与化探,1990,14(1):78.

作者简介:郭高轩(1979 -),男,陕西乾县人,硕士,现主要从事水文地质与环境地质方面的工作。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

OF IP METHOD

ZHANG Wei, LIU Jian-xin, LIU Hai-fei (School of Info-Physics and Geometrics Engineering, Central South University, Changsha 410083, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(3): 309

In practice of mineral exploration and engineering detection, it is typically carried out with no or incomplete prior information. For central gradient array of IP method, it is commonly the case that it is difficult to guarantee anomalous body in the middle of electrodes and that the observation data are affected and deteriorated. Therefore, it is necessary to study the electrode effect on observation data for IP method. This paper studies anomaly curve for IP method with different position between the model and supply electrodes, using experimental research method. The results provide some guidance for practical application and improve the efficiency in implementation of central gradient array of IP method.

Key words: IP method; central gradient array; physical simulation

PROCESSING AND INTERPRETATION OF HIGH DENSITY RESISTIVITY DATA FOR LONG-RANGE SECTION

XI Jing-chang[1], LIU Hai-fei[2], ZHANG Sai-min[3] (1. Shanxi Province Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Yuncheng 044000, China; 2. School of Info-Physics and Geometrics Engineering, Central South University, Changsha 410083, China; 3. Key Laboratory of Geological Engineering Centre of Guangxi Province, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(3): 314

In order to enhance the processing and interpretation efficiency with high density data of many adjacent sections on the same measuring line, this paper processes the multi-adjacent data sections through the data merging, 2D interpolation and inversion processing, at last the resistivity 2D inversion data of global section is output to file, and the map is drawn by Surfer software, which make data analysis and interpretation be convenient and prompt. The working efficiency is greatly improved. Through processing the practical data, it is verified that the processing software can be widely used to the practice.

Key words: high density resistivity data; data merging; 2D interpolation; 2D inversion

VOXLER-AIDED 3D-INTERPRETATION OF ELECTRIC SOUNDING DATA IN PINGGU BASIN

GUO Gao-xuan (Hydrogeology and Engineering Geology Team of Beijing, Beijing 100195, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(3): 318

As an important geophysical detection method, electric sounding have been used widely in hydrogeological, engineering geological, environmental and mineral resources work. However, the traditional data processing method, such as cross-section method, transaction method and section lining method belong to two-dimension manner. In this paper, the main three method and their merits and drawbacks are presented by using the electric sounding data within Pinggu basin. Secondly, the introduction of software Voxler, which is used in this paper, is presented simply, In the end, a sample of 3D model based on all the data of Pinggu region is given. The application results show this interpretation method can characterize the underground geologic body very well. The outcome of the Voxler, which are excellent complement to traditional 2D-data processing methods , can help geologists enhance the studying resolution of subsurface within the working area greatly.

Key words: electric sounding; geologic body; 3D model; voxler

STUDIES ON THE CHARACTERISTICS OF CHANGXING FORMATION ORGANIC REEF-SHOAL COMPLEX IN TONGJIANG TIECHANGHE, SICHUAN BASIN

LIN Jie, WU Xi-chun, LIU Shu-gen, et al. (State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(3): 323

The Tiechanghe organic reefs developed in the upper permian Changxing formation are another important representative of platform edge reefs in northeast Sichuan basin. By studying the measurement of 4 outcrops and their detailed indoor examining, this paper finds that the reefs here are not just some isolated reefs like Linchang, and Jiaoshutang, but a united Changxing reef-shoal complex. The Changxing formation is mainly made up by platform edge reefs and platform edge shallow shoal facies, and three upwards vertical cycles reef-shoal complex. The main reef-building organism of the organic reefs is sponge, taking a percentage of about 20% ~ 50%, and fringing reef organism are algae, foraminifer, fusulinida and other categories. Reservoir lithology is mainly made of reef limestones and bioclastic grainstones, with low level dolomitization. Holes are rich, but many were filled with calcite crystals .

Key words: Tongjiang county; Tiechanghe; Changxing formation; sedimentary facies; organic reef - shoal; Puguang gas field

APPLICATION OF RESERVOIR MODELING TO COMPLICATED FAULT BLOCK RESERVOIRS——TAKING LIUXI OILFIELD FOR AN EXAMPLE

GAN Lin[1,2], DONG Wei[1,2], XIONG Jun[1,2], et al. (1. College of energy resources, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan, 610059, China; 2. State key laboratory of oil and gas reservoir geology

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net