

# 松科 1 井南孔白垩系姚家组沉积序列精细描述: 岩石地层、沉积相与旋回地层

程日辉<sup>1</sup>, 王国栋<sup>1</sup>, 王璞珺<sup>1</sup>, 高有峰<sup>1</sup>, 任延广<sup>2</sup>, 王成善<sup>3</sup>, 张世红<sup>3</sup>, 汪清源<sup>2</sup>

1. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061

2. 大庆油田有限责任公司 勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712

3. 中国地质大学(北京) 地球科学与资源学院, 北京 100083

Cheng Rihui<sup>1</sup>, Wang Guodong<sup>1</sup>, Wang Pujun<sup>1</sup>, Gao Youfeng<sup>1</sup>, Ren Yanguang<sup>2</sup>,  
Wang Chengshan<sup>3</sup>, Zhang Shihong<sup>3</sup>, Wang Qingyuan<sup>2</sup>

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China

2. Institute of Exploration and Development of Daqing Oilfield Company Ltd., Daqing 163712, China

3. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China

**Cheng Rihui, Wang Guodong, Wang Pujun et al Description of Cretaceous sedimentary sequence of the Yaojia Formation recovered by CCSD-SK-I s borehole in Songliao Basin: Lithostratigraphy, sedimentary facies and cyclic stratigraphy. *Earth Science Frontiers*, 2009, 16(2): 272-287**

**Abstract:** The Yaojia Formation recovered by CCSD-SK-I s borehole (China Cretaceous Continental Scientific Drilling SongkeI -the south borehole) is 157.67 m long and 99.96% of cores recovery. The age of the Formation corresponds to a range from the Santonian to the early Campanian. The sequences and processes of lithology-lithofacies and cyclic stratigraphy were revealed by a detailed core description. Eleven rock types and three kinds of sedimentary subspecies including shallow lake, deep lake and delta front were recognized from the drilling core. There are eleven sedimentary microfacieses including dolostone, argillaceous limestone, shallow lake turbidite, deep lake turbidite, subaqueous mouth bar, distal bar, sheet sandstone, subaqueous distributary bay, slump deposits, shallow lake mudstone and deep lake mudstone. The Yaojia Formation represents one hundred and fifty-one meter-scale cycles (sixth-order cycle), forty-five fifth-order cycles, nine fourth-order cycles and three third-order cycles. Meticulous depiction (centimeter level) of the whole Formation provides an approach to study its sedimentary process with high precision. The red beds with thickness of 43% in the Yaojia Formation, being one of fewer continental red beds depicted meticulously in the world, will become a standard potential formulation section for the studies of Cretaceous global oxygen-enriched events.

**Key words:** Yaojia Formation; sedimentary facies; sedimentary sequence; cyclic stratigraphy; CCSD-SK-I s; Cretaceous Santonian-Campanian; Songliao Basin

**摘要:** 中国白垩纪大陆科学钻探松科 1 井南孔连续取姚家组岩心长 157.67 m, 岩心收获率为 99.96%。上白垩统姚家组对应着三冬阶和坎潘阶下部。松科 1 井南孔姚家组岩心的精细描述, 揭示其岩性-岩相-旋回的沉积序列及其过程。姚家组中可识别基本岩石类型 11 种, 相类型为浅湖、半深湖和三角洲前缘 3 种亚相, 白

收稿日期: 2008-11-21; 修回日期: 2008-12-23

基金项目: 国家重点基础研究发展计划“973”项目(2006CB701403)

作者简介: 程日辉(1963—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事沉积学和石油地质研究。E-mail: chengrh@jlu.edu.cn

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

云岩沉积、泥质灰岩沉积、浅湖和深湖浊流沉积、河口坝、远砂坝、席状砂、分流间湾、水下滑塌沉积、浅湖和深湖静水泥沉积 11 种沉积微相。姚家组可识别的米级旋回(六级旋回)有 8 种类型, 可划分出 151 个米级旋回。这些米级旋回叠加成 45 个五级旋回、9 个四级旋回和 3 个三级旋回。完整组段厘米级刻画为高精度沉积过程研究提供了可能。姚家组红层厚度占姚家组总厚度的 43%, 作为该时期已被揭示的全球为数不多的陆相红层之一, 厘米级刻画的姚家组大套陆相红层为全球白垩纪富氧事件研究提供了可能的立典剖面。

**关键词:** 姚家组; 沉积相; 沉积序列; 旋回地层; 松科 1 井南孔; 白垩系三冬阶-坎潘阶; 松辽盆地

**中图分类号:** P534.53   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1005-2321(2009)02-0272-16

1958 年松辽石油普查大队在“松辽平原地层分层意见”中首次提出“姚家层”<sup>[1]</sup>, 属松花江系下部沉积的一部分, 建组剖面在第二松花江桥南端姚家车站路切处, 岩性是棕红色、灰绿色泥岩、灰白色砂岩夹黑色泥岩。1959 年, 松辽石油普查大队<sup>[1]</sup>和松辽石油勘探局<sup>[2]</sup>在关于松辽平原地层分层中将“松花江系”改成“松花江群”, 将“姚家层”改称“姚家组”<sup>[3]</sup>。

姚家组在盆地内分布较广泛, 但岩性及厚度变化大。以古龙—长岭地区为中心, 向北、东、南 3 个方向地层逐渐变薄, 向西快速变薄, 地层厚度多在 80~197 m, 西部江桥-白城区姚家组厚度多在 42 m 以内。松科 1 井所在的古龙凹陷姚家组保存完整, 钻井揭示厚度多在 150~190 m, 岩性以绿灰色、红棕色泥岩夹粉砂岩为主, 属浅湖和三角洲相沉积, 仅在凹陷深部发育深湖相深灰色泥岩<sup>[2]</sup>。姚家组与下伏青山口组和上覆嫩江组主要为整合接触, 局部平行不整合接触。通过对姚家组的古生物研究<sup>[3-7]</sup>、磁性地层研究<sup>[8]</sup>、同位素地层研究<sup>[9-11]</sup>, 目前普遍认为, 姚家组属松辽盆地晚白垩世的沉积。就目前获得的同位素年龄与 2004 年的国际地层表对比<sup>[4]</sup>, 姚家组对应三冬阶和坎潘阶下部。

露头和钻井是盆地地层研究最直接、最可靠的资料。露头往往只出露地层的片段, 因此需通过钻一系列钻井来补充对地层的认识。大 4 井是建立姚

家组分层的探井, 钻遇姚家组 174.5 m, 但姚家组未取心, 钻井剖面来源于岩屑录井。多数钻井在姚家组取心层位主要是萨尔图油层和葡萄花油层, 在松科 1 井之前未对姚家组全组段取心钻井。松科 1 井南孔对姚家组进行了全组段取心, 姚家组所在取心井段为 1 128.17~1 285.91 m, 总进尺 157.74 m, 总心长 157.67 m, 岩心收获率为 99.96%, 漏取岩心总长 7 cm, 相当于每 1 m 岩心中漏取岩心 0.4 mm, 在时间尺度上相当于每 28 571 ka 中缺失 0.0114 ka(姚家组未去压实校正的平均沉积速率约为 3.50 cm/ka), 因此对于松科 1 井南孔姚家组的刻画在地层厚度上是基于厘米级的, 对应时间上是以千年为尺度的。

## 1 岩性序列精细描述

松科 1 井南孔姚一段井段为 1 253.47~1 285.91 m, 姚二、三段井段为 1 128.17~1 253.47 m。岩心精细描述体现在两个方面, 一是千年尺度刻画, 一般最小分层厚度为 5 cm, 小于 5 cm 作夹层, 但特殊岩性(如泥质灰岩、白云岩、介形虫碎屑灰岩)的最小分层厚度为 2 cm, 小于 2 cm 作夹层; 二是沉积微相内的细微环境变化刻画, 如微相内的沉积物特征和结构变化、含有物变化、颜色变化等(图 1)。

姚家组的精细描述如下:

上覆, 嫩江组, 整合接触

姚二、三段

取心回次-分层顺序号	井段/m	厚度/m	岩心描述
27-2	1 128.17~1 129.19	1.02	深绿灰色泥岩, 水平层理 发育介形虫碎屑灰岩夹层
27-3	1 129.19~1 129.69	0.50	深绿灰色泥岩, 水平层理 夹有发育波纹层理的浅绿灰色介形虫碎屑灰岩
27-4	1 129.69~1 130.98	1.29	深绿灰色泥岩, 水平层理 见介形虫化石
27-5	1 130.98~1 131.62	0.64	绿灰色粉砂质泥岩, 块状构造, 见少量介形虫化石

<sup>[1]</sup> 松辽石油普查大队. 一九五九年松辽平原地质总结报告. 长春: 吉林省地质资料馆, 1960.

<sup>[2]</sup> 松辽石油勘探局. 一九五九年地质年报. 长春: 吉林省地质资料馆, 1960.

<sup>[3]</sup> 地质部第二普查大队. 松辽盆地石油地质 1955—1963 年石油地质普查阶段总结报告. 长春: 吉林省地质资料馆, 1965.

<sup>[4]</sup> International Commission on Stratigraphy. 2004 International Stratigraphic Chart. 2004. ©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>









42-4	1 269 35~1 272 31	2 96	深灰色泥岩夹薄层介形虫碎屑岩, 介形虫碎屑岩发育正粒序层理, 泥岩中发育水平层理, 底部见冲刷面
42-5	1 272 31~1 273 48	1 17	深灰色泥岩, 水平层理, 下部夹介形虫碎屑薄层和浅灰色泥质粉砂岩条带, 见黄铁矿团块, 底部见冲刷面
42-6	1 273 51~1 273 59	0 08	中浅灰色泥岩, 块状构造 局部见油斑
42-7	1 273 59~1 274 34	0 75	淡黄棕色泥质粉砂岩夹深黄棕色钙质粉砂岩, 小型槽状交错层理
42-8	1 274 34~1 274 57	0 23	极浅灰色钙质粉砂岩夹淡黄棕色薄层泥质粉砂岩, 发育小型槽状交错层理, 泥质粉砂岩发育波纹层理。底部见轻微冲刷, 见油斑和油迹
42-9	1 274 57~1 275 00	0 43	淡黄棕色泥质粉砂岩夹深黄棕色薄层钙质粉砂岩, 泥质粉砂岩发育水平波纹层理, 钙质粉砂岩发育小型槽状交错层理, 底部见冲刷面
42-10	1 275 00~1 275 21	0 21	暗黄褐色钙质粉砂岩, 下部发育小型槽状交错层理, 上部发育水平波纹层理底部见冲刷面, 见黄铁矿
42-11	1 275 21~1 275 41	0 20	中浅灰色泥质粉砂岩, 油浸, 发育波纹层理、水平层理, 局部见冲刷-填充构造
42-12	1 275 41~1 276 12	0 71	中深灰色泥岩夹中浅灰色泥质粉砂岩薄层, 发育水平层理、波纹层理, 见大量植物碎片化石、黄铁矿团块
42-13	1 276 12~1 276 22	0 10	中深灰色泥岩夹中浅灰色泥质粉砂岩薄层, 发育滑塌构造, 见包卷层理 见黄铁矿, 中浅灰色泥质粉砂岩团块、条带
42-14	1 276 22~1 276 83	0 61	深灰色泥岩夹中浅灰色薄层粉砂质泥岩, 发育水平层理、水平波纹层理 见黄铁矿, 中浅灰色泥质粉砂岩团块、条带
42-15	1 276 83~1 276 95	0 12	浅灰绿色泥质粉砂岩, 发育滑塌变形构造、包卷层理、泄水构造, 底部见泥砾和冲刷面
42-16	1 276 95~1 277 30	0 35	浅灰色粉砂质泥岩, 块状构造
42-17	1 277 30~1 278 23	0 93	绿灰色泥质粉砂岩, 滑塌变形构造、发育包卷层理, 见浅绿灰色泥质粉砂岩砂球、砂枕, 且部分保留了内部层理构造 见逃逸迹
42-18	1 278 23~1 279 25	1 02	深灰色泥岩与中浅灰色泥质粉砂岩薄互层, 水平层理、水平波状层理, 局部油浸
42-19	1 279 25~1 279 54	0 29	绿灰色粉砂质泥岩, 块状构造
42-20	1 279 54~1 280 49	0 95	绿灰色泥质粉砂岩与极浅灰色钙质粉砂岩薄互层, 水平层理、浪成沙纹层理, 见黄铁矿颗粒, 见较多生物遗迹, 底部见冲刷面
42-21	1 280 49~1 280 85	0 36	绿灰色泥岩, 块状构造
43-1	1 280 85~1 280 87	0 02	绿灰色泥岩, 水平层理, 见饱含油钙质粉砂岩团块
43-2	1 280 87~1 281 11	0 24	棕灰色杂浅绿灰色钙质粉砂岩, 断续水平层理、浪成交错层理、爬升层理, 局部见泥质薄夹层、生物遗迹, 底部见轻微冲刷
43-3	1 281 11~1 281 35	0 24	深绿灰色泥岩, 发育水平层理, 局部夹一层含油钙质粉砂岩条带
43-4	1 281 35~1 281 64	0 29	棕灰色钙质粉砂岩夹浅绿灰色薄层泥岩
43-5	1 281 64~1 281 93	0 29	绿灰色中层状泥岩, 发育水平层理、水平波纹层理、局部变形层理, 夹含钙粉砂岩条带, 见生物遗迹
43-6	1 281 93~1 282 17	0 24	深绿灰色泥岩, 水平层理
43-7	1 282 17~1 282 27	0 10	深黄棕色钙质粉砂岩, 滑塌变形构造、局部见不连续水平层理、包卷层理, 见砂球、砂枕、渠模、黄铁矿颗粒, 底部见冲刷面
43-8	1 282 27~1 282 69	0 42	深绿灰色泥岩, 发育水平层理, 见双壳化石
43-9	1 282 69~1 282 92	0 23	深灰色泥岩与极浅灰色粉砂岩互层, 发育水平层理、波纹层理
43-10	1 282 92~1 283 05	0 13	浅灰色钙质粉砂岩夹深灰色泥岩, 滑塌变形构造、包卷层理, 底部冲刷-充填构造, 见钙质粉砂岩砂球、砂枕
43-11	1 283 05~1 284 07	1 02	深绿灰色泥岩, 块状构造 局部见灰棕色斑点
43-12	1 284 07~1 285 50	1 43	绿灰色泥质粉砂岩, 滑塌变形构造、变形层理、包卷层理, 底部发育泥砾岩和冲刷, 见钙质粉砂岩砂球、砂枕和黄铁矿团块
43-13	1 285 50~1 285 91	0 41	深绿灰色泥岩夹浅灰色粉砂岩薄层, 滑塌变形构造、包卷层理, 见浅灰色粉砂岩砂球、砂枕、黄铁矿团块

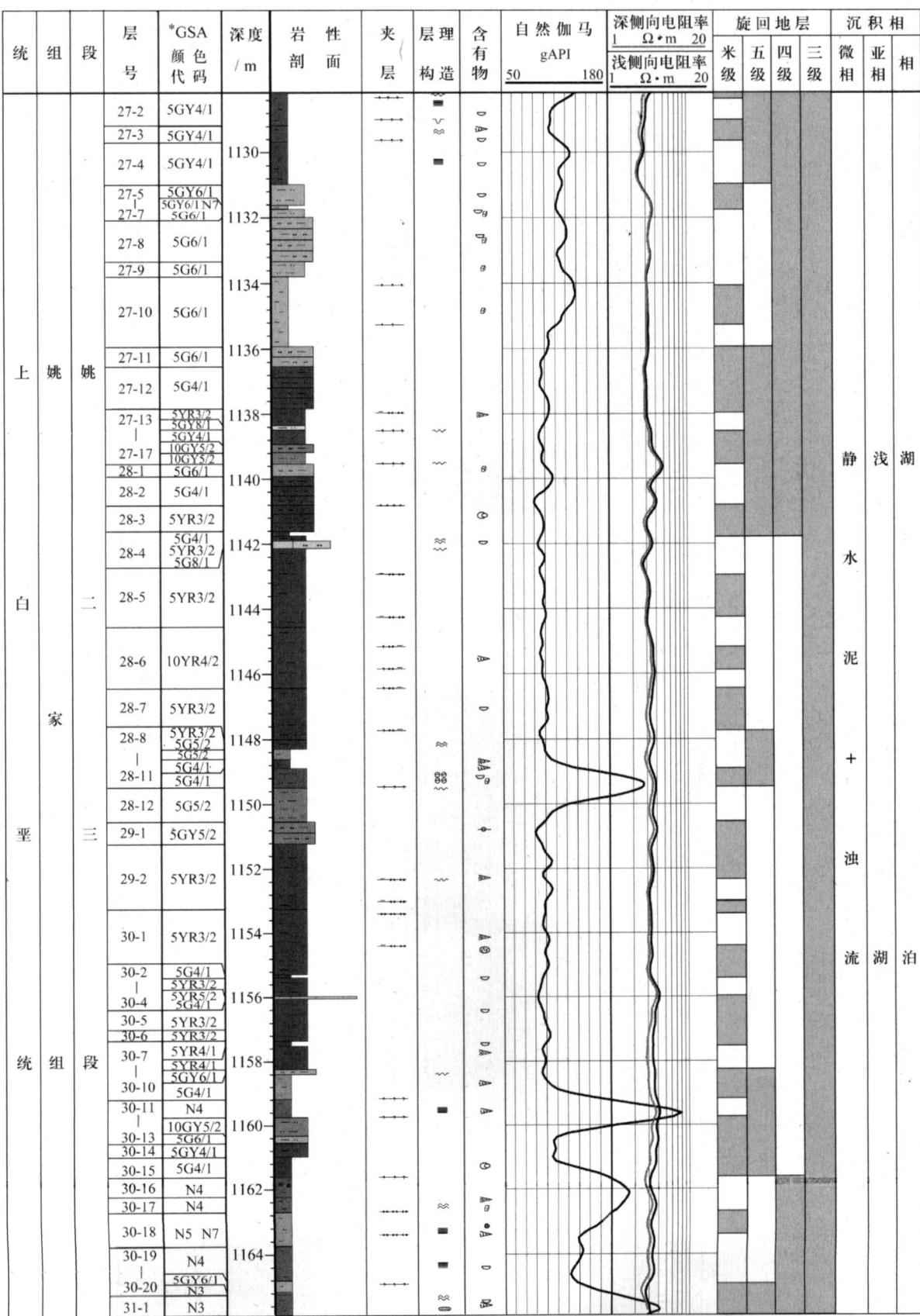
下伏地层: 青山口组, 平行不整合接触

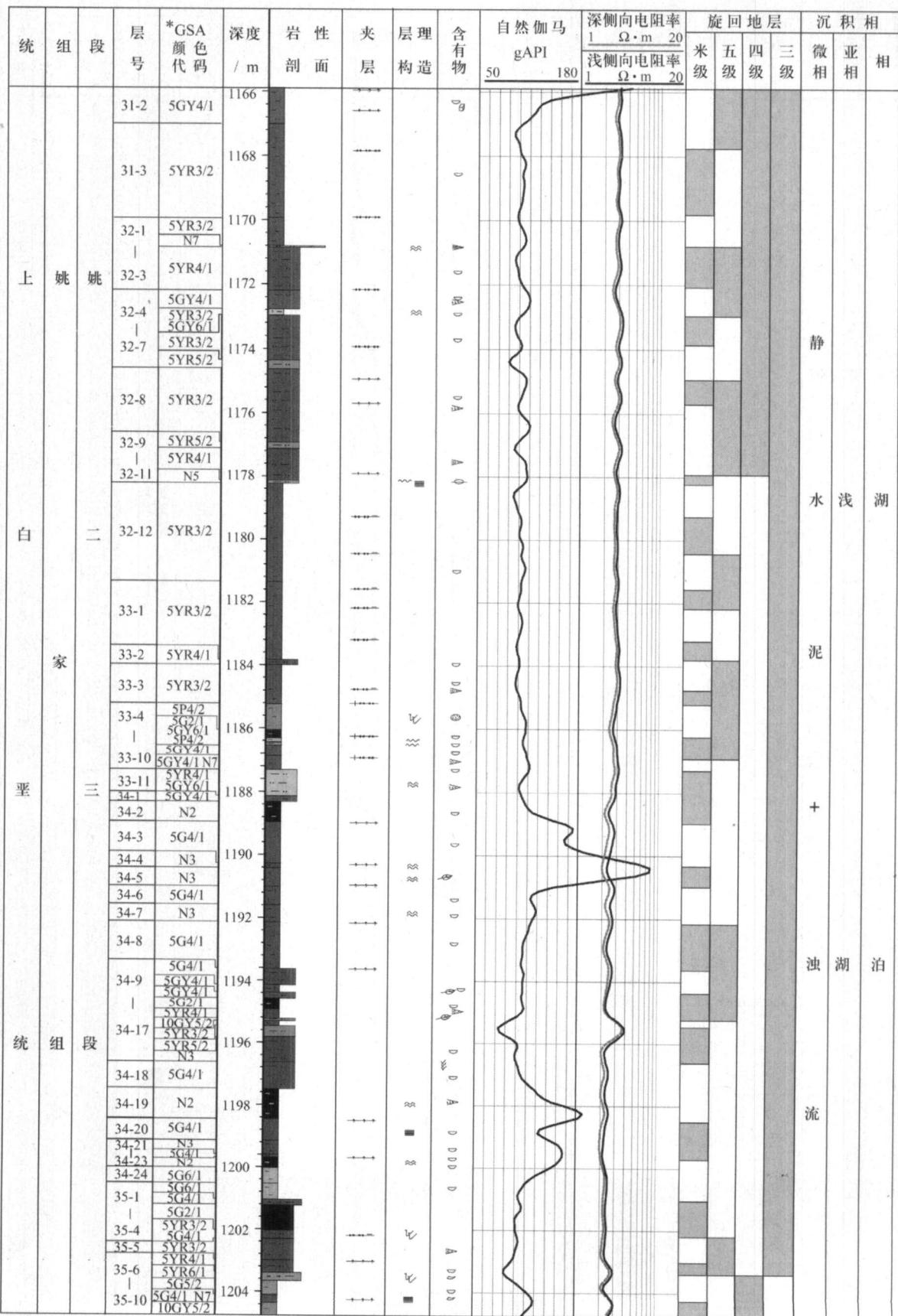
## 2 岩性、岩相与旋回

泥质灰岩、白云岩、介形虫碎屑灰岩、含介形虫泥岩、含钙质泥岩和含泥砾粉砂质泥岩。泥岩和粉砂质泥岩是姚家组的主要岩性(图 2), 出现的频次高, 而其他的类型则较少。

松科 1 井南孔姚家组岩石类型有 11 种, 即泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩、钙质粉砂岩、

姚一段自下而上可分为 2 个岩性段, 粉砂岩与









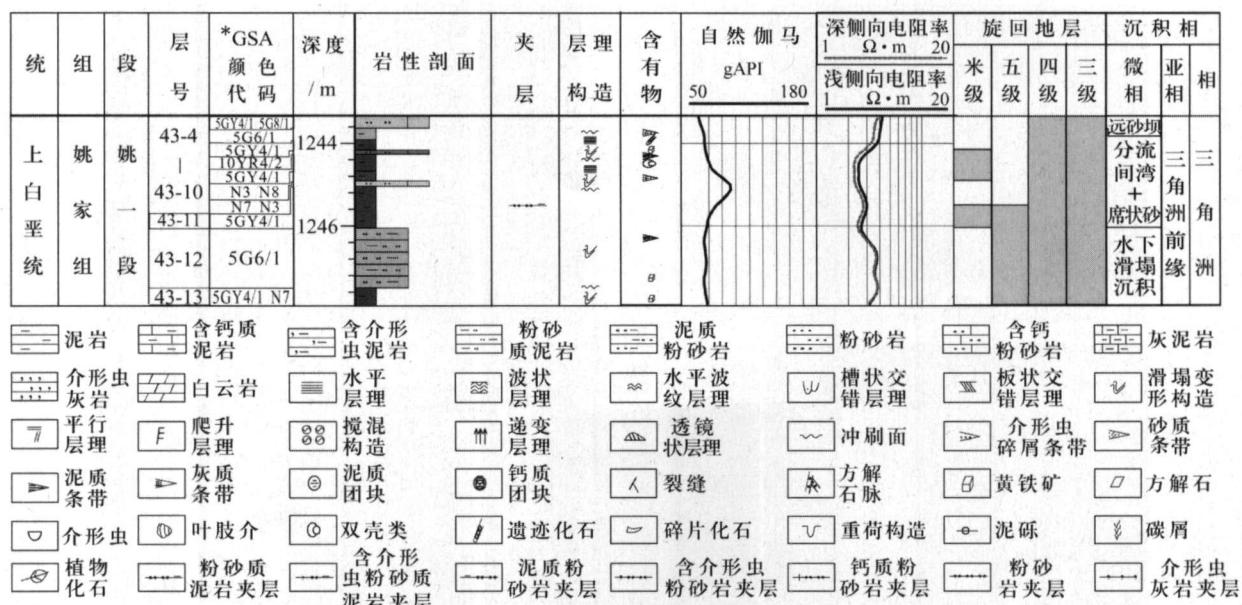


图 1 松科 1 井南孔姚家组精细岩性-旋回地层-沉积相综合柱状图

Fig 1 Columnar section of high resolution lithology-cyclic stratigraphy and sedimentary facies of Yaojia Formation (CCSD-SK-I s)

\*注: GSA 颜色代码系指美国地质学会颜色代码, 是国际大洋钻探岩心颜色描述通用标准<sup>①</sup>。N8—极浅灰色; N7—浅灰色; N6—中浅灰色; N5—中灰色; N4—中深灰色; N3—深灰色; N2—灰黑色; 5G Y8/1—浅绿灰色; 5G Y6/1—绿灰色; 5G Y4/1—深绿灰色; 5G Y5/2—暗黄绿色; 10G Y5/2—灰绿色; 5G 8/1—浅绿灰色; 5G 6/1—绿灰色; 5G 4/1—深绿灰色; 5G 2/1—绿黑色; 5G 5/2—灰绿色; 5Y 6/1—浅橄榄灰色; 5Y 4/1—橄榄灰色; 5Y R2/1—橄榄黑色; 5Y R4/1—棕灰色; 5Y R2/2—暗棕色; 5Y R3/2—灰棕色; 5Y R5/2—淡棕色; 10Y R6/2—淡黄棕色; 10Y R4/2—深黄棕色; 10Y R2/2—暗黄棕色; 10R 6/2—淡红色; 10R 4/2—灰红色; 5P 4/2—灰紫色

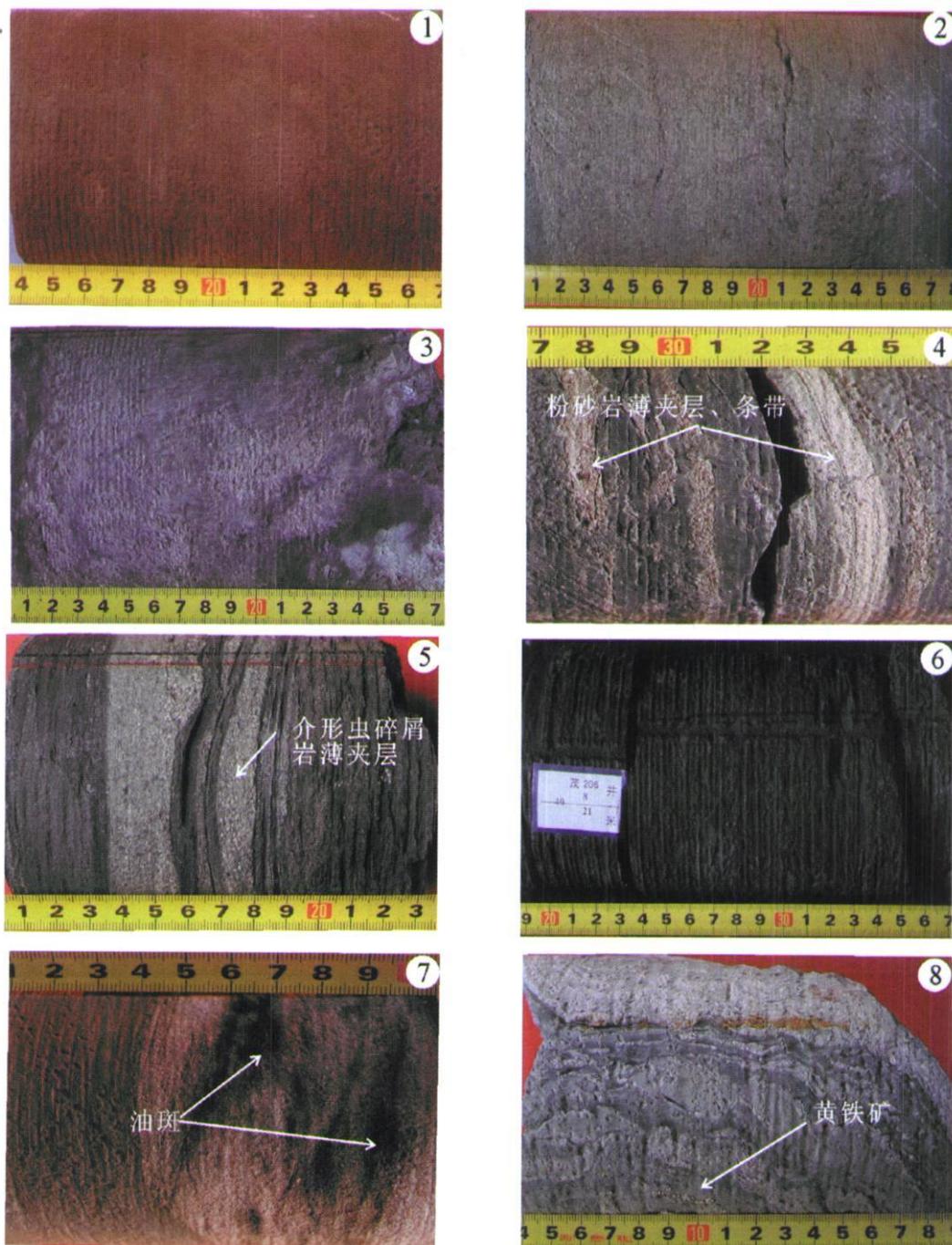
泥岩互层岩段(1 273. 59~1 285. 91 m), 泥岩夹粉砂岩岩段(1 273. 59~1 253. 47 m)。姚二、三段自下而上分为 7 个岩性段, 深色泥岩岩段(1 253. 47~1 239. 56 m)、棕灰色泥岩岩段(1 239. 56~1 202. 03 m)、深绿灰色泥岩岩段(1 202. 03~1 185. 22 m)、棕灰色泥岩岩段(1 185. 22~1 166. 99 m)、深绿灰色泥岩岩段(1 166. 99~1 158. 24 m)、棕灰-绿灰色粉砂质泥岩岩段(1 158. 24~1 137. 83 m)、绿灰色泥岩、粉砂岩互层岩段(1 137. 83~1 128. 17 m)。

松科 1 井南孔姚家组中可识别沉积亚相 3 种, 即浅湖亚相、半深湖亚相和三角洲前缘亚相, 以及沉积微相共 11 种。浅湖亚相包括静水泥质沉积(图版 I-1)、白云岩沉积(图版 I-2)、泥灰岩沉积(图版 I-3)、浊流沉积(砂质浊流(图版 I-4)和介形虫碎屑质浊流(图版 I-5))。深湖亚相包括静水泥质沉积(图版 I-6)和浊流沉积。三角洲前缘亚相包括分流河口坝(图版 I-7)、远砂坝、席状砂、分流间湾和水下滑塌沉积(图版 I-8)。浅湖和深湖的静水泥质沉积是湖泊环境的背景沉积, 代表姚家组发育时期的沉积环境特征。三角洲沉积是河流注入的结果, 代表湖泊与河流的过渡环境, 其他类型的沉积则属于湖泊中的

事件沉积, 如浊流沉积。姚家组沉积环境的基本特点是以浅湖为主, 伴有河流注入。

松科 1 井南孔姚家组沉积序列展现出不同级别的岩性-岩相旋回。可识别出 8 种类型的米级旋回, 它们分别是湖相静水泥质沉积-砂质浊流沉积、湖相静水泥质沉积-介形虫碎屑质浊流、泥灰岩-泥岩型、白云岩-泥岩型、分流间湾-分流河口砂坝、分流间湾-远砂坝、分流间湾-席状砂、分流间湾-滑塌沉积。姚家组划分了 151 个米级旋回<sup>[12]</sup>, 并由米级旋回叠加形成了 45 个五级旋回(包括姚一段 8 个和姚二、三段 37 个), 四级旋回共 9 个(姚一段 2 个和姚二、三段 7 个)。平均 3~4 个米级旋回叠加成 1 个五级旋回, 4~5 个五级旋回叠加成 1 个四级旋回。每一个五级旋回经历一个可容纳空间由小到大再减小的过程, 四级旋回及其四级旋回的叠加也具有相似的过程。从四级旋回的演化看, 第 1 个四级旋回与第 2 个四级旋回之间为一个三级旋回的界面, 第 2 个四级旋回到第 6 个四级旋回形成一个完整的三级旋

① Resources Inventory Committee. Guidelines and Standards to Terrain Mapping in British Columbia 1996  
1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



图版 I 松科 1 井南部姚家组岩性、沉积相特征图版

Plate I Plate showing main lithology and sedimentary facies of Yaojia Formation in CCSD-SK-1 s

- 1—灰棕色(grayish brown, 5YR 3/2)厚层状泥质粉砂岩, 块状构造, 浅湖相静水泥质沉积。姚二、三段, 井深 1 207.76 m。  
 2—浅橄榄灰色(light olive gray, 5Y 6/1)中层状白云岩, 块状构造, 浅湖白云岩沉积。姚二、三段, 井深; 1 244.52 m。3—棕灰色(brownish gray, 5YR 6/1)厚层状灰泥岩, 块状构造, 浅湖灰泥岩沉积。姚二、三段, 井深; 1 225.46 m。4—深绿灰色(dark greenish gray, 5G 4/1)中层状泥岩夹浅灰色(light gray, N7)粉砂岩薄夹层, 泥岩发育水平层理, 粉砂岩发育波纹层理, 半深湖砂质浊流沉积。姚二、三段, 井深 1 211.59 m。5—深灰色(dark gray, N3)厚层状泥岩夹浅灰色(light gray, N7)薄层介形虫碎屑灰岩, 泥岩发育水平层理, 介形虫碎屑灰岩下部发育不明显的正粒序层理, 上部发育平行层理, 底部冲刷泥岩。半深湖介形虫碎屑质浊流沉积。姚一段, 井深; 1 272.31 m. 6—灰黑色(greyish black, N2)中层状泥岩, 水平层理, 半深湖静水泥质沉积。姚二、三段, 井深; 1 252.30 m。7—淡黄棕色(pale yellowish brown, 10YR 6/2)厚层状泥质粉砂岩夹深黄棕色(dark yellowish brown, 10YR 4/2)钙质粉砂岩, 粉砂岩发育槽状交错层理, 局部油浸。三角洲前缘分流河口坝沉积。井深; 1 274.31 m. 8—浅灰色粉砂岩(light gray, N7)夹深绿灰色(dark greenish gray, 5GY4/1)泥岩薄层, 滑塌变形构造, 发育黄铁矿, 三角洲前缘滑塌沉积。姚一段, 井深; 1 285.85 m

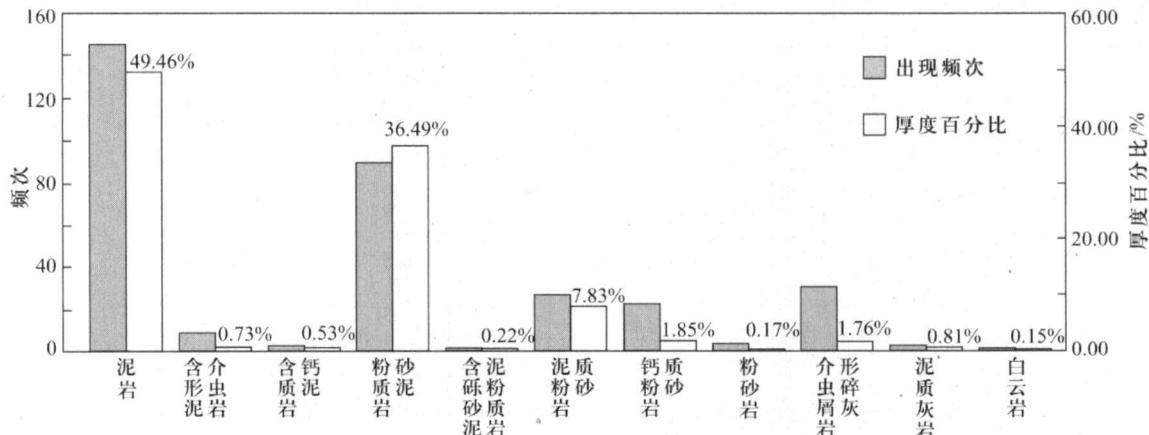


图 2 姚家组岩石类型频次和厚度百分比图

Fig 2 Appearance frequency and thickness percentage of main lithology of Yaojia Formation (CCSD-SK-1s)

回, 剩下的第 7 个四级旋回到第 10 个四级旋回构成 1 个三级旋回。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 姚家组精细序列总体特征

松科 1 井姚家组是灰绿和棕灰色交替的以泥岩和粉砂质泥岩为主的湖相沉积, 含 11 种岩石类型; 发育浅湖、半深湖和三角洲前缘 3 种亚相和 11 种微相; 姚家组沉积序列具有旋回性, 151 个米级旋回(六级旋回), 45 个五级旋回, 9 个四级旋回, 3 个三级旋回。

#### 3.2 姚家组完整组段厘米级刻画为高精度沉积过程研究提供了可能

岩心精细描述是对岩心厘米级尺度(千年尺度)的刻画, 也是对沉积微相中细微环境的刻画, 微相内部沉积物特征和结构变化、含有物的变化、颜色的变化, 如从块状泥岩到发育水平层理的泥岩、泥岩中介形虫化石多少的变化、泥岩颜色由灰色到绿灰色或者由绿灰色到灰棕色的变化等, 体现了千年尺度中古湖泊沉积过程的变化。

#### 3.3 沉积微相的识别为划分米级旋回奠定基础

米级旋回是在野外以常规方法可识别的由若干个具有成因意义的沉积微相组成的, 它反映了水体由浅到深或者由深到浅的沉积物堆积过程。一个米级旋回可以由单一沉积微相构成, 这种类型的米级旋回发育在水上沉积中, 且顶部常伴随有冲刷面, 如底部发育河漫沉积、顶部发育河道冲刷沉积的决口扇微相就可以单独构成一个米级旋回。一个米级旋

回也可以由两个或者更多的沉积微相构成, 大多数米级旋回属于这种类型, 如分流间湾-分流河口砂坝、静水泥沉积-浊流沉积、分流间湾-远砂坝-分流河口砂坝-水下分流河道沉积。

#### 3.4 姚家组厘米级刻画的大套陆相红层为全球白垩纪富氧事件研究提供了可能的立典剖面

目前白垩纪红色沉积得到普遍的关注, 对广泛分布的红层沉积进行了深入研究, 如北大西洋<sup>[13]</sup>、罗马尼亚<sup>[14]</sup>、阿根廷<sup>[15]</sup>、地中海<sup>[16]</sup>、奥地利<sup>[17]</sup>、意大利中部<sup>[18]</sup>、中国藏南<sup>[19]</sup>、日本<sup>[20]</sup>等, 均属大洋红层, 时代从早白垩世晚期到晚白垩世。与大洋红层相比, 陆相红层的立典研究不是很多, 典型的如摩洛哥三叠系到下侏罗统发育的陆相红层<sup>[21]</sup>。松科 1 井南孔姚家组二、三段中发育了 3 套陆相浅水红层沉积, 其总厚度约占姚二、三段沉积的 43% 左右, 时代上与藏南床得组 (Santonian-Campanian) 大洋红层<sup>[22]</sup> 相近。作为该时期已被揭示的全球为数不多的陆相红层之一, 厘米级刻画的姚家组大套陆相红层为全球白垩纪富氧事件研究提供了可能的立典剖面。

感谢参与中国白垩纪大陆科学钻探工程松科 1 井的全体工作和科研人员。

### References:

- [1] National Stratigraphy Council. Compilation of National Stratigraphy Conference Academic Report: Locale Meeting of Oil Field Stratigraphy, Songliao Plain [M]. Beijing: Science Press, 1962, 2-9 (in Chinese).

- [ 2 ] Compile Team of Table of Regional Strata of Heilongjiang Province Volume. *Table of Regional Strata Northeast of China, Heilongjiang Province Volume* [ M ]. Beijing: Geological Publishing House, 1979; 103-148 (in Chinese).
- [ 3 ] Ye D Q, Zhong X C. *Cretaceous of Petroliferous Region, North China* [ M ]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1990; 80-81 (in Chinese).
- [ 4 ] Ye D Q. The significance of the Cretaceous ostracoda biostratigraphy and magnetostratigraphy in Songliao Basin [ J ]. *Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing*, 1991, 10(4): 1-12 (in Chinese).
- [ 5 ] Gao R Q. Evolutionary trends of Cretaceous angiospermous pollen from the Songliao Basin, NE China [ J ]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 1982, 21(2): 217-224 (in Chinese).
- [ 6 ] Gao R Q, Qiao X Y, He C Q. Cretaceous microphytoplankton from the Songliao Basin and its depositional environment [ J ]. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 1992, 9(2): 111-126 (in Chinese).
- [ 7 ] Gao R Q, Zhao C B, Qiao X Y, et al. Palyontology of Cretaceous Oil Stratigraphy, Songliao Basin [ M ]. Beijing: Geological Publishing House, 1994; 55-64 (in Chinese).
- [ 8 ] Fang D J, Wang Z L, Jin G H, et al. Cretaceous magnetic stratigraphy of Songliao Basin, China [ J ]. *Science in China: Series B*, 1989, 10: 1084-1091 (in Chinese).
- [ 9 ] Wang P J, Zhou Y, Wang D P. Direct determination of isotopic age of Cretaceous non-marine sedimentary sequence and isotopic geochronology in basin analysis [ J ]. *Global Geology*, 1994, 13(3): 124-130 (in Chinese).
- [ 10 ] Wang P J, Du X D, Wang J, et al. The chronostratigraphy and stratigraphic classification of the Cretaceous of the Songliao Basin [ J ]. *Acta Geologica Sinica*, 1995, 69(4): 372-381 (in Chinese).
- [ 11 ] Huang Q H, Tan W, Yang H C. Stratigraphic succession and chronostratigraphy of Cretaceous in Songliao Basin [ J ]. *Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing*, 1999, 18(6): 15-18 (in Chinese).
- [ 12 ] Cheng R H, Wang G D, Wang P J. Sedimentary cycles of Quantou-Nenjiang, Cretaceous and Milankovitch cycles from the south hole of CCSD-SK in Songliao Basin [ J ]. *Acta Geologica Sinica*, 2008, 82(1): 55-64 (in Chinese).
- [ 13 ] Han Z Y, Hu X M, Ji J F, et al. Origin of the Aptian Albian high cyclic oceanic red beds in the ODP hole 1049C, North Atlantic mineralogical evidence [ J ]. *Acta Geologica Sinica*, 2008, 82(1): 124-132 (in Chinese).
- [ 14 ] Mihaela C M, Dan J P. Campanian-Maastrichtian marine red beds in Romania: Biostratigraphic and genetic significance [ J ]. *Cretaceous Research*, 2005, 26: 49-56.
- [ 15 ] Marcelo L M. Sedimentology of the Upper Cretaceous red beds of Angostura Colorada Formation in the Western Sector of the Northpatagonian Massif, Argentina [ J ]. *Journal of South American Earth Sciences*, 1997, 10(1): 81-90.
- [ 16 ] Neuhuber S, Wagreich I, Wendler C, et al. Turonian oceanic red beds in the Eastern Alps: Concepts for palaeoceanographic changes in the Mediterranean Tethys [ J ]. *Palaeo*, 2007, 251: 222-238.
- [ 17 ] Wagreich M, Krenmayr H G. Upper Cretaceous oceanic red beds (CORB) in the Northern Calcareous Alps (Nierental Formation, Austria): Slope topography and clastic input as primary controlling factors [ J ]. *Cretaceous Research*, 2005, 26: 57-64.
- [ 18 ] Hu X M, Jansa L, Sarti M. Mid-Cretaceous oceanic red beds in the Umbria-Marche Basin, Central Italy: Constraints on paleoceanography and paleoclimate [ J ]. *Palaeo*, 2005, 233: 163-186.
- [ 19 ] Wang C S, Hu X M, Sarti M, et al. Upper Cretaceous oceanic red beds in Southern Tibet: A major change from anoxic to oxic deep-sea environments [ J ]. *Cretaceous Research*, 2005, 26: 21-32.
- [ 20 ] Kodama K, Takeda T. Paleomagnetism of mid-Cretaceous red beds in west-central Kyushu Island, Southwest Japan: Paleoposition of Cretaceous sedimentary basins along the eastern margin of Asia [ J ]. *EPSL*, 2002, 201: 233-246.
- [ 21 ] Hofmann A, Tourani A, Gaupp R. Cyclicity of Triassic to Lower Jurassic continental red beds of the Argana Valley, Morocco: Implications for palaeoclimate and basin evolution [ J ]. *Palaeo*, 2000, 161: 229-266.
- [ 22 ] Wan X Q, Li G B, Si J L. The distribution and ages of Late Cretaceous-Paleocene oceanic red beds in Southern Tibet [ J ]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12 (2): 31-37 (in Chinese).

## 参考文献:

- [ 1 ] 全国地层委员会. 全国地层会议学术报告汇编——松辽平原油田地层现场会议 [ M ]. 北京: 科学出版社, 1962; 2-9.
- [ 2 ] 黑龙江省区域地层表编写组. 东北地区区域地层表黑龙江省分册 [ M ]. 北京: 地质出版社, 1979; 103-148.
- [ 3 ] 叶得泉, 钟筱春. 中国北方含油气区白垩系 [ M ]. 北京: 石油工业出版社, 1990; 80-81.
- [ 4 ] 叶得泉. 松辽盆地白垩系介形类生物地层和磁性地层学意义 [ J ]. 大庆石油地质与开发, 1991, 10(4): 1-12.
- [ 5 ] 高瑞祺. 松辽盆地白垩纪被子植物花粉的演化 [ J ]. 古生物学报, 1982, 21(2): 217-224.
- [ 6 ] 高瑞祺, 乔秀云, 何承全. 松辽盆地白垩纪微体浮游植物群及其环境讨论 [ J ]. 微体古生物学报, 1992, 9(2): 111-126.
- [ 7 ] 高瑞祺, 赵传本, 乔秀云, 等. 松辽盆地白垩纪石油地层孢粉学 [ M ]. 北京: 地质出版社, 1994; 55-64.
- [ 8 ] 方大钧, 王兆樑, 金国海, 等. 中国松辽盆地白垩系磁性地层 [ J ]. 中国科学, B辑, 1989, 10: 1084-1091.

- [ 9] 王璞珺, 周燕, 王东坡. 白垩纪非海相沉积层序同位素年龄的直接测定研究及盆地分析中的同位素年代方法[J]. 世界地质, 1994, 13(3): 124-130.
- [ 10] 王璞珺, 杜小弟, 王俊, 等. 松辽盆地白垩纪年代地层研究及地层时代划分[J]. 地质学报, 1995, 69(4): 372-381.
- [ 11] 黄清华, 谭伟, 杨会臣. 松辽盆地白垩纪地层序列和年代地层[J]. 大庆石油地质与开发, 1999, 18(6): 15-18.
- [ 12] 程日辉, 王国栋, 王璞珺. 松辽盆地白垩系泉三段—嫩江组沉积旋回与米兰科维奇周期[J]. 地质学报, 2008, 82(1): 55-64.
- [ 13] 韩志艳, 胡修棉, 季峻峰, 等. 北大西洋 ODP1049C 孔 Aptian-Albian 期高频旋回大洋红层的成因: 矿物学证据[J]. 地质学报, 2008, 82(1): 124-132.
- [ 22] 万晓樵, 李国彪, 司家亮. 西藏南部晚白垩世—古新世大洋红层的分布与时代[J]. 地学前缘, 2005, 12(2): 31-37.

## 《地学前缘》中文版、英文版网上查询和浏览方法

### 中文版

#### 方法一:

- (1) 登录中国地质大学(北京)网站, 网址为: <http://www.cugb.edu.cn>
- (2) 点击首页右侧“特色网站”栏目下方的“地大(北京)期刊中心”选项
- (3) 在【刊物】选项选择《地学前缘》, 通过篇名、作者、作者单位、关键词、中文摘要、全文、期号 7 个字段输入检索词, 最后指定查询年限后点击【检索】按钮

#### 方法二:

- (1) 登录中国地质大学(北京)网站, 网址为: <http://www.cugb.edu.cn>
- (2) 点击首页上部【机构设置】按钮
- (3) 在“机构设置”中的“辅助单位”中点击“期刊中心”进入期刊中心简介页面
- (4) 点击【期刊查询】按钮, 即可查阅摘要和全文
- (5) 检索同方法一的(3)步骤

#### 方法三:

- (1) 登录中国地质大学(北京)网站, 网址为: <http://www.cugb.edu.cn>
- (2) 点击首页上侧的【数字图书】按钮
- (3) 在“数字资源”栏目下方的友情链接中点击“地大(北京)期刊中心”进入地大(北京)期刊中心页面
- (4) 检索同方法一的(3)步骤

#### 方法四:

- (1) 登录中国地质图书馆网站, 网址为: <http://www.cgl.org.cn>
- (2) 点击首页右侧“资源导航”中的《地学前缘》
- (3) 在期刊浏览页面, 当鼠标放在各期次上时出现该期主题名称, 点击各期次可浏览 2006—1999 年各期目录, 在目录中选择文章的 PDF 全文浏览文章全文
- (4) 需要检索服务, 向下滚动期刊浏览页面点击 <http://dept.cugb.edu.cn/ScienceWeb/qkzhx/display.asp> 超链接查看详细信息

#### 方法五:

- (1) 登录世界数据中心中国地质科学数据中心网站, 网址为: <http://www.wdcgeo.net/>
- (2) 点击首页右侧“常用链接”中的《地学前缘》期刊
- 以下两步骤同方法四的(3)、(4)步骤

#### 方法六:

- (1) 登录中国地质科学数据网的“国土资源科学数据共享地质科学数据节点”网站, 网址为: <http://www.geoscience.cn/>
- (2) 点击首页下部“友情链接”中的《地学前缘》期刊
- 以下两步骤同方法四的(3)、(4)步骤

阅读全文需要安装 Acrobat Reader(PDF)软件

### 英文版

《地学前缘》国际版已由爱思唯尔(Elsevier)公司出版, 可在其在线平台上(<http://www.sciencedirect.com/science/journal/18725791>)浏览、查阅、下载。

通信地址: 北京学院路 29 号中国地质大学(北京)《地学前缘》编辑部  
E-mail: [frontier@cugb.edu.cn](mailto:frontier@cugb.edu.cn)

邮编: 100083  
电话: 010-82322973