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1, 王国栋1, 王璞珺1, 高有峰1, 任延广2, 王成善3, 张世红3, 汪清源2

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 Rihui¹, Wang Guodong¹, Wang Pujun¹, Gao Youfeng¹, Ren Yanguang², Wang Chengshan³, Zhang Shihong³, Wang Qingyuan²

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 Resoures, 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 subfacies 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 fif ty-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 stand-ard 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157.67m,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(2006C B701403)

作者简介:程日辉(1963一),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

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"^[1],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^①和松辽 石油勘探局^②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"^③。

姚家组在盆地内分布较广泛.但岩性及厚度变 化大。以古龙一长岭地区为中心,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^[3]。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^[3-7]、磁 性地层研究^[8]、同位素地层研究^[9-11],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^④,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

上覆:嫩江组,整合接触

姚二、三段

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1128.17~128591m,总进尺157.74m, 总心长157.67m,岩心收获率为9996%,漏取岩心 总长7cm,相当于每1m岩心中漏取岩心0.4mm, 在时间尺度上相当于每28571ka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。

家组分层的探井,钻遇姚家组 174.5 m,但姚家组未

1 岩性序列精细描述

松科1 井南孔姚一段井段为125347~128591 m,姚二、三段井段为112817~125347m。 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:

| ///u | ^ | | |
|----------------|-------------------|-------|------------------------------------|
| 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 |
| | | | |

① 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

② 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

③ 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

International Commission on Stratigraphy. 2004 International Stratigraphic Chart. 2004.
P1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

| 27-6 | 1 131 62~1 131 74 | 0 12 | 绿灰色泥岩与浅灰色含钙粉砂岩薄互层,发育浪成沙纹层理,少量介形虫化石 |
|-------|---------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 27-7 | 1 131 74~1 131 99 | 0 25 | 绿灰色粉砂质泥岩,块状构造,少量介形虫化石 |
| 27-8 | 1 131 99~1 133 33 | 1 34 | 绿灰色泥质粉砂岩,块状构造,少量介形虫化石 |
| 27-9 | 1 133 33~1 133 79 | 0 46 | 绿灰色粉砂质泥岩,块状构造,见黄铁矿颗粒 |
| 27-10 | 1 133 79~1 135 94 | 2 15 | 绿灰色泥岩,块状构造,见黄铁矿颗粒及介形虫碎屑夹层 |
| 27-11 | 1 135 94~1 136 54 | 0 60 | 绿灰色泥质粉砂岩,块状构造,发育两组近正交垂向裂隙 |
| 27-12 | 1 136 54~1 137 83 | 1 29 | 深绿灰色泥质粉砂岩,块状构造 |
| 27-13 | 1 137. 83~1 138 35 | 0 52 | 灰棕色含钙粉砂质泥岩 块状构造 见不规则粉砂岩团块 |
| 27-14 | 1 138 35~1 138 49 | 0 14 | 浅绿灰色粉砂质泥岩,块状构造,上部见一薄层介形虫碎屑灰岩 |
| 27-15 | 1 138 49~1 138 94 | 0 45 | 深绿灰色粉砂质泥岩,块状构造 |
| 27-16 | 1 138 94~1 139 19 | 0 25 | 灰绿色泥质粉砂岩,块状构造 |
| 27-17 | 1 139 19~1 139 54 | 0 35 | 灰绿色粉砂质泥岩,块状构造,底部见介形虫碎屑灰岩薄夹层 |
| 28-1 | 1 139 54~1 139 92 | 0 38 | 绿灰色泥质粉砂岩,块状构造,局部见黄铁矿颗粒、介形虫碎屑灰岩和饱含油的细砂岩条带 |
| 28-2 | 1 139 92~1 140 82 | 0 90 | 深绿灰色泥质粉砂岩,块状构造,见黄铁矿颗粒,含油的细砂岩薄夹层 |
| 28-3 | 1 140 82~1 141 62 | 0 80 | 灰棕色泥质粉砂岩,块状构造,双壳类化石,近垂向裂缝 |
| 28-4 | 1 141 62~1 142 14 | 0 52 | 浅绿灰色含钙粉砂岩、深绿灰色泥岩或灰棕色粉砂质泥岩组成的 3 个向上变细的沉积旋回, 向上砂质含量减少, 粉砂岩发育粒序层理, 泥岩发育块状或水平层理 |
| 28-5 | 1 142 14~1 144 56 | 2 42 | 灰棕色粉砂质泥岩,块状构造,发育一条近垂向裂缝,裂缝表面见油膜 |
| 28-6 | 1 144 56~1 146 44 | 1 88 | 深黄棕色粉砂质泥岩,块状构造,发育收缩缝及垂向裂缝,局部见介形虫化石 |
| 28-7 | 1 146 44~1 148 01 | 1 57 | 灰棕色粉砂质泥岩,块状构造,发育一组近垂向裂缝,裂缝表面见油膜,偶见介形虫化石 |
| 28-8 | 1 148 01~1 148 30 | 0 29 | 灰棕色粉砂质泥岩与灰绿色泥岩薄互层,泥岩中见不明显的水平波纹层理,局部见含钙粉 砂岩团块 |
| 28-9 | 1 148 30~1 148 62 | 0 32 | 灰绿色泥岩, 块状构造 |
| 28-10 | 1 148 62~1 148 90 | 0 28 | 深绿灰色泥岩, 水平层理 见含钙粉砂岩条带及团块, 少量介形虫碎屑条带 |
| 28-11 | 1 148 90~1 149 49 | 0 59 | 橄榄灰色粉砂质泥岩夹浅橄榄灰色含介形虫碎屑粉砂岩条带、团块,底部见冲刷面,介形虫 碎屑粉砂岩饱含油 |
| 28-12 | 1 149 49~1 150 54 | 1 05 | 灰绿色粉砂质泥岩,块状构造,发育不规则裂缝 |
| 29-1 | 1 150 54~1 151 22 | 0 68 | 暗黄绿色泥质粉砂岩,块状构造,局部见泥砾,发育不规则裂缝 |
| 29-2 | 1 151 22~1 153 24 | 2 02 | 灰棕色粉砂质泥岩,块状构造,下部见含钙泥质粉砂岩 |
| 30-1 | 1 153 24~1 155 29 | 2 05 | 灰棕色粉砂质泥岩,块状构造。局部见不规则裂缝,泥质充填 |
| 30-2 | 1 155 29~1 155 39 | 0 10 | 深绿灰色含介形虫泥岩 发育水平波纹层理 底部见薄层介形虫碎屑灰岩 |
| 30-3 | 1 155 39~1 155 98 | 0 59 | 灰棕色粉砂质泥岩,块状构造 |
| 30-4 | 1 155 98~1 156 05 | 0 07 | 淡棕色介形虫碎屑灰岩与深绿灰色含介形虫泥岩薄互层,介形虫碎屑灰岩发育正粒序层 理,泥岩发育水平层理 |
| 30-5 | 1 156 05~1 157.36 | 1 31 | 灰棕色粉砂质泥岩,块状构造,偶见介形虫化石 |
| 30-6 | 1 157. 36~1 157. 52 | 0 16 | 灰棕色泥岩,块状构造,偶见介形虫化石 |
| 30-7 | 1 157. 52~1 157. 69 | 0 17 | 棕灰色粉砂质泥岩,块状构造,见不规则裂缝 |
| 30-8 | 1 157. 69~1 158 24 | 0 55 | 棕灰色粉砂质泥岩,块状构造,发育不规则裂缝,局部夹灰绿色含钙泥质粉砂岩条带、团块 |
| 30-9 | 1 158 24~1 158 40 | 0 16 | 绿灰色泥质粉砂岩夹灰棕色泥岩,发育波纹层理、变形层理、底部发育冲刷面 |
| 30-10 | 1 158 40~1 159 19 | 0 79 | 深绿灰色泥岩,块状构造。中、下部夹钙质粉砂岩,介形虫碎屑岩条带、透镜体 |
| 30-11 | 1 159 19~1 159 75 | 0 56 | 中深灰色泥岩与淡黄棕色饱含油介形虫碎屑岩薄互层、发育水平层理 |
| 30-12 | 1 159 75~1 160 33 | 0 58 | 灰绿色粉砂质泥岩,块状构造 |
| 30-13 | 1 160 33~1 160 55 | 0 22 | 绿灰色粉砂质泥岩,块状构造 |
| 30-14 | 1 160 55~1 160 99 | 0 44 | 深绿灰色粉砂质泥岩,块状构造 |
| 30-15 | 1 160 99~1 161 63 | 0 64 | 深绿灰色泥岩, 块状构造 偶见双壳类化石碎片 |
| 30-16 | 1 161 63~1 162 24 | 0 61 | 中深灰色泥岩,水平层理 |
| 30-17 | 1 162 24~1 162 71 | 0 47 | 中深灰色泥岩,水平层理、局部变形构造,见中深灰色钙质粉砂岩砂球、砂质团块、砂质条带、黄铁矿颗粒 |
| 30-18 | 1 162 71~1 163 74 | 1 03 | 中灰色泥岩与浅灰色含介形虫碎屑钙质粉砂岩薄互层,泥岩发育水平层理,粉砂岩发育正 粒序层理,偶见叶肢介化石 |
| 30-19 | 1 163 74~1 164 82 | 1 08 | 中深灰色泥岩, 不明显水平层理, 见介形虫化石 |
| 30-20 | 1 164 82~1 165 15 | 0 33 | 绿灰色泥岩, 块状构造 |
| 30-21 | 1 165 15~1 165 19 | 0 04 | 深灰色泥岩, 块状构造 |
| 31-1 | 1 165 25~1 165 88 | 0 63 | 深灰色泥岩,块状构造,底部见介形虫碎屑条带 |
| 31-2 | 1 165 88~1 166 99 | 1 11 | 深绿灰色泥岩,块状构造 见较多个体完整的介形虫化石,较多黄铁矿颗粒及介形虫碎屑 |
| 31-3 | 1 166 99~1 169 92 | 2 93 | 灰棕色泥岩,块状构造,偶见介形虫化石,个体完整,局部见深绿灰色斑点 |

| 程日辉,王国栋,王 | E璞珺,等/ 地学前缘 | (Earth Science | Frontiers)2009, | 16 (2) |
|-----------|-------------|----------------|-----------------|--------|
|-----------|-------------|----------------|-----------------|--------|

| 32-1 | 1 169 92~1 170 80 | 0 88 | 灰棕色泥岩,块状构造,顶部含浅灰色泥砾及泥质条带,见介形虫化石,个体完整 |
|-------|-----------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------|
| 32-2 | $1\ 170\ 80 \sim 1\ 170\ 84$ | 0 04 | 浅灰色含钙粉砂岩,水平波纹层理,偶见介形虫化石,见一层深绿灰色泥岩夹层 |
| 32-3 | $1 \ 170 \ 84 \sim 1 \ 172 \ 20$ | 1 36 | 棕灰色粉砂质泥岩,块状构造,偶见介形虫化石,中部见薄层含介形虫粉砂岩 |
| 32-4 | 1 172 20~1 172 77 | 0 57 | 深绿灰色含钙粉砂质泥岩,块状构造,见浅灰色介形虫碎屑岩条带和团块 |
| 32-5 | 1 172 77~1 172 96 | 0 19 | 灰棕色含介形虫泥岩与绿灰色介形虫碎屑岩互层,水平波纹层理,见大量介形虫生物碎屑 |
| 32-6 | 1 172 96~1 174 34 | 1 38 | 灰棕色粉砂质泥岩 块状构造 绿灰色含介形虫碎屑钙质粉砂岩条带,个别介形虫化石完整 |
| 32-7 | 1 174 34~1 174 62 | 0 28 | 淡棕色粉砂质泥岩,块状构造,见一组垂向不规则裂缝,被微带灰棕色粉砂质泥岩充填 |
| 32-8 | 1 174 62~1 176 92 | 2 30 | 棕灰色粉砂质泥岩,块状构造。 见 3 层绿灰色介形虫碎屑条带 |
| 32-9 | 1 176 92~1 177 12 | 0 20 | 淡棕色粉砂质泥岩, 块状构造 |
| 32-10 | 1 177. 12~1 178 13 | 1 01 | 棕灰色粉砂质泥岩,块状构造。 下部见绿灰色含介形虫碎屑粉砂岩条带、团块 |
| 32-11 | 1 178 13~1 178 23 | 0 10 | 中灰色粉砂质泥岩,水平层理,底部见冲刷构造 |
| 32-12 | 1 178 23~1 181 35 | 3 12 | 灰棕色泥岩,块状构造,中、上部和底部见不规则裂缝被灰棕色泥岩充填,偶见介形虫化石 |
| 33-1 | 1 181 35~1 183 83 | 2 48 | 灰棕色泥岩, 块状构造 |
| 33-2 | 1 183 83~1 183 99 | 0 16 | 标次色粉砂质泥岩,块状构造,偶见介形虫化石 |
| 33-3 | 1 183 99~1 185 22 | 1 23 | 灰标巴泥石, 现状构造, 见介形虫化石, 向部兴浅绿灰巴含钙泥质材砂石余带、团块 |
| 33-4 | 1 185 22~1 186 05 | 0 83 | 从紫色泥若杂绿灰色含钙粉砂岩,块状构造、滑塌变形构造、包卷构造,含较多绿灰色含钙 粉砂岩团块 |
| 33-5 | 1 186 05~1 186 32 | 0 27 | 绿黑色泥岩,块状构造,底部见冲刷面,冲刷面之上见一层厚约4mm的介形虫碎屑层 |
| 33-6 | 1 186 32~1 186 45 | 0 13 | 绿灰色泥岩,块状构造,上部泥岩收缩缝中充填含钙粉砂岩 |
| 33-7 | 1 186 45~1 186 55 | 0 10 | 灰紫色泥岩,块状构造。偶见介形虫化石 |
| 33-8 | 1 186 55~1 186 86 | 0 31 | 深绿灰色泥岩, 块状构造 见介形虫化石 |
| 33-9 | 1 186 86~1 187. 20 | 0 34 | 深绿灰色泥岩,块状构造 见浅灰色钙质粉砂岩条带和团块 |
| 33-10 | 1 187. 20~1 187. 30 | 0 10 | 深绿灰色泥岩,块状构造 见介形虫化石 |
| 33-11 | 1 187 30~1 188 13 | 0 83 | 棕灰色粉砂质泥岩夹绿灰色钙质粉砂岩,泥岩中发育块状构造,粉砂岩中发育水平波纹层理,下部见一介形虫碎屑薄夹层 |
| 34-1 | 1 188 13~1 188 32 | 0 19 | 深绿灰色粉砂质泥岩,块状构造,偶见介形虫化石 |
| 34-2 | 1 188 32~1 188 95 | 0 63 | 灰黑色泥岩,水平层理。底部见介形虫碎屑薄层,其下发育冲刷面 |
| 34-3 | 1 188 95~1 190 27 | 1 32 | 深绿灰色泥岩, 块状构造 见介形虫化石 |
| 34-4 | 1 190 27~1 190 41 | 0 14 | 深灰色泥岩,水平波纹层理,见收缩缝 |
| 34-5 | 1 190 41~1 191 00 | 0 59 | 深灰色泥岩与介形虫灰岩的 3 个互层,水平波纹层理,底部见泥砾和冲刷面 |
| 34-6 | 1 191 00~1 191 58 | 0 58 | 深灰色含钙泥岩,块状构造,见介形虫化石 |
| 34-7 | 1 191 58~1 192 13 | 0 55 | 深灰色泥岩与介形虫灰岩的 3 个互层,水平波纹层理,底部见泥砾和冲刷面 |
| 34-8 | 1 192 13~1 193 62 | 1 49 | 深绿灰色泥岩, 块状构造 见介形虫化石 |
| 34-9 | 1 193 62~1 194 13 | 0 51 | 棕灰色粉砂质泥岩,块状构造。 偶见介形虫化石, 中部见深绿灰色泥岩夹层 |
| 34-10 | 1 194 13~1 194 38 | 0 25 | 深绿灰色含钙泥岩,块状构造,局部见介形虫化石聚集,见植物碎片 |
| 34-11 | 1 194 38~1 194 58 | 0 20 | 棕灰色粉砂质泥岩,块状构造,偶见介形虫化石 |
| 34-12 | 1 194 58~1 194 93 | 0 35 | 绿黑色泥岩,块状构造,偶见介形虫化石 |
| 34-13 | 1 194 93~1 195 23 | 0 30 | 棕灰色泥岩,块状构造,局部见泥质粉砂岩和介形虫碎屑条带,底部见泥砾岩和冲刷面 |
| 34-14 | 1 195 23~1 195 30 | 0 07 | 灰绿色粉砂质泥岩, 块状构造, 底部发育重荷构造 |
| 34-15 | 1 195 30~1 195 46 | 0 16 | 灰棕色泥岩, 块状构造 |
| 34-16 | 1 195 46~1 195 82 | 0.36 | 淡棕色粉砂质泥岩, 块状构造 |
| 34-17 | $1 195 82 \sim 1 196 63$ | 0.81 | 深远色粉砂质泥岩。块状构造、风介形中化石、局部较宣集。 |
| 34-18 | 1 193 02 1 193 03 $1 196 63 \sim 1 197 49$ | 0.86 | 深绿灰色粉砂质泥岩 快状构造 局部风介形中磁圈宣集 顶部风岩属 |
| 34 10 | 1 100 00 1 100 40 | 0.06 | 太黑角泥岩本众形由碎屑灰岩 法统合理 局部变形形式作得首果,及即光波得 |
| 34 19 | 1 197. 49 1 198 45 | 0.50 | |
| 34-20 | 1 198 45~1 199 14 | 0.69 | 深球灰巴泥石,水平层埋,局部尖介形出碎屑 |
| 34-21 | 1 199 14~1 199 59 | 0 45 | |
| 34-22 | 1 199 59~1 199 69 | 0 10 | 深绿灰色泥岩,发育水平层埋,底部见 3 cm 厚的介形虫碎屑灰岩,底部见泥砾及冲刷面 |
| 34-23 | 1 199 69~1 200 02 | 0 33 | 灰黑色泥岩与深灰色介形虫碎屑灰岩薄互层,发育水平波纹层理,底部见冲刷面 |
| 34-24 | 1 200 02~1 200 53 | 0 51 | 绿灰色泥岩,块状构造,局部见介形虫碎屑 |
| 35-1 | 1 200 53~1 201 04 | 0 51 | 绿灰色泥岩,块状构造,局部见介形虫碎屑 |
| 35-2 | 1 201 04~1 201 22 | 0 18 | 深绿灰色含钙泥质粉砂岩,块状构造 |
| 35-3 | 1 201 22~1 202 03 | 0 81 | 绿灰色含钙粉砂质泥岩 块状构造 |
| 35-4 | 1 202 03~1 202 30 | 0 27 | 灰棕色粉砂质泥岩夹深绿灰色含钙泥质粉砂岩,滑塌构造 |
| | | | |

| 35-5 | 1 202 30~1 202 99 | 0 69 | 灰棕色粉砂质泥岩,块状构造 局部夹深绿灰色含钙泥质粉砂岩条带,底部见厚15 cm 含泥 介形虫碎屑岩 |
|-------|----------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------|
| 35-6 | 1 202 99~1 203 39 | 0 40 | 棕色中层状粉砂质泥岩 块状构造 局部见介形虫富集 |
| 35-7 | 1 203 39~1 203 66 | 0 27 | 棕灰色泥质粉砂岩, 滑塌变形构造, 偶见介形虫化石 |
| 35-8 | 1 203 66~1 204 09 | 0 43 | 灰绿色泥岩, 块状构造, 偶见介形虫化石 |
| 35-9 | 1 204 09~1 204 34 | 0 25 | 深绿灰色泥岩与浅灰色介形虫碎屑灰岩薄互层,泥岩发育水平层理 |
| 35-10 | 1 204 34~1 204 75 | 0 41 | 灰绿色泥岩, 块状构造, 偶见生物化石 |
| 36-1 | 1 204 76~1 205 76 | 1 00 | 灰棕色泥岩, 块状构造, 偶见个体完整的介形虫 |
| 36-2 | 1 205 76~1 206 91 | 1 15 | 绿黑色泥岩,块状构造,见两层介形虫碎屑夹层,底部见冲刷面 |
| 36-3 | 1 206 91~1 208 87 | 1 96 | 灰棕色泥岩,块状构造。 见较多介形虫碎屑条带和泥质粉砂岩薄夹层 |
| 36-4 | 1 208 87~1 209 06 | 0 19 | 绿灰色含介形虫碎屑泥质粉砂岩杂灰棕色泥岩,滑塌变形构造 |
| 36-5 | 1 209 06~1 209 36 | 0 30 | 暗棕色泥岩. 块状构造. 滑塌构造. 顶部见深绿灰色含介形虫碎屑泥质粉砂岩条带和团块 |
| 36-6 | 1 209 36~1 210 56 | 1 20 | 深绿灰色泥岩, 块状构造 见介形虫化石, 个体完整, 局部见夹绿黑色泥质条带和团块 |
| 36-7 | 1 210 56~1 210 84 | 0 28 | 深绿灰色含介形虫泥岩, 水平层理, 夹介形虫碎屑薄夹层, 见植物化石 |
| 36-8 | 1 210 84~1 211 47 | 0 63 | 绿黑色泥岩杂深绿灰色泥岩,块状构造,顶部见介形虫碎屑岩条带,底部见冲刷面 |
| 36-9 | 1 211 47~1 211 61 | 0 14 | 深绿灰色泥岩,发育水平层理,见多层介形虫碎屑薄夹层,见生物遗迹 |
| 36-10 | 1 211 61~1 211 76 | 0 15 | 棕黑色粉砂质泥岩,块状构造,偶见介形虫化石 |
| 36-11 | 1 211 76~1 212 36 | 0 60 | 棕灰色粉砂质泥岩,块状构造,见不规则裂缝被泥质充填,偶见介形虫和生物遗迹化石 |
| 36-12 | 1 212 36~1 213 06 | 0 70 | 灰棕色泥岩, 块状构造, 偶见介形虫化石 |
| 36-13 | 1 213 06~1 214 00 | 0 94 | 暗棕色泥岩, 块状构造, 偶见介形虫化石 |
| 36-14 | 1 214 00~1 214 38 | 0 38 | 灰棕色泥岩,块状构造,偶见介形虫化石 |
| 36-15 | 1 214 38~1 214 63 | 0 25 | 浅棕灰色泥质灰岩,块状构造,见不规则的垂向裂缝被灰棕色泥岩充填 |
| 36-16 | 1 214 63~1 214 73 | 0 10 | 深绿灰色泥岩, 水平层理, 见绿灰色粉砂岩条带及不规则裂缝 |
| 36-17 | 1 214 73~1 215 51 | 0 78 | 暗棕色泥岩,块状构造,底部见3层绿灰色钙质粉砂岩薄夹层,底部发育冲刷面 |
| 37-1 | 1 215 51~1 215 63 | 0 12 | |
| 37-2 | $1215 63 \sim 1215 77$ | 0 14 | 综灰色泥质灰岩. 块状构造. 偶见植物残片. 偶见个体完整的介形中化石和粉砂岩条带 |
| 37-3 | 1 215 77~1 216 06 | 0.29 | |
| 37-4 | 1210, 0, 0 = 1210, 00 | 1 00 | 灰棕色粉砂质泥岩,块状构造,偶见个体完整的介形虫化石 |
| 37-5 | 1 217. 06~1 217. 46 | 0 40 | 灰棕色泥岩,块状构造,见较多垂向不规则裂缝,偶见个体完整的介形虫化石及灰绿色泥质 粉砂岩薄夹层 |
| 37-6 | 1 217 46~1 217 67 | 0 21 | 棕灰色粉砂质泥岩. 块状构造 |
| 37-7 | 1 217. 67~1 218 29 | 0 62 | 灰棕色泥岩, 块状构造, 偶见个体完整介形虫化石 |
| 37-8 | 1 218 29~1 219 03 | 0 74 | 棕灰色粉砂质泥岩, 块状构造, 偶见个体完整介形虫化石 |
| 37-9 | 1 219 03~1 220 11 | 1 08 | 灰棕色泥岩,块状构造,偶见个体完整的介形虫化石,见夹较多灰绿色泥质粉砂岩条带和团块 |
| 37-10 | 1 220 11~1 220 15 | 0 04 | 灰绿色泥质介形虫碎屑岩,滑塌构造 |
| 37-11 | 1 220 15~1 221 79 | 1 64 | 棕灰色粉砂质泥岩,块状构造,偶见个体完整的介形虫化石及见两薄层灰绿色钙质介形虫碎屑粉砂岩 |
| 37-12 | 1 221 79~1 223 51 | 1 72 | 灰棕色泥岩, 块状构造, 偶见个体完整的介形虫化石 |
| 37-13 | $122351 \sim 122381$ | 0.30 | 棕灰色粉砂质泥岩. 块状构造. 偶见个体完整的介形虫化石 |
| 37-14 | $1223 81 \sim 1224 01$ | 0.20 | 经灰色杂棕灰色含介形电粉砂质泥岩、块状构造、贝较多个体完整的介形电化石 |
| 37-15 | $1224 01 \sim 1224 01$ | 0.20 | 经黑色粉砂质泥岩, 快扰构造, 少量完整的介形中化石 |
| 37-16 | 1224 01 1224 21 $1224 21 \sim 1224 38$ | 0 17 | 浅橄榄灰色介形电磁屑灰岩。发育正粒序层理、底部见泥砾和冲刷面 |
| 37-17 | $1\ 221\ 21\ 1\ 221\ 50$ $1\ 224\ 38 \sim 1\ 225\ 07$ | 0.69 | 龙桧龟杂深绿灰色粉砂质泥岩, 滑塌构造, 贝介形中碎屑, 底部发育冲刷面 |
| 37-18 | 1 224 30 1 223 07 $1 225 07 \sim 1 225 37$ | 0.30 | 灰棕色粉砂质泥岩, 快火构造, 见个休完整的 <u>众形中化石</u> |
| 37-19 | $1\ 225\ 07\ 1\ 225\ 96$ | 0 59 | 法综友色泥质灰岩, 块状构造 |
| 37-20 | 1 225 96~1 226 86 | 0.90 | 龙棕色粉砂质泥岩,块状构造,贝不规则裂缝及个体完整的介形中化石 |
| 37-21 | 1223 90 1220 00 1226 86 ~ 1227 04 | 0.18 | 灰棕色粉砂质泥岩, 块状构造, 见个休完整的 <u>众形中化无</u> 以及浅绿灰色斑点 |
| 38-1 | 1 220 00 1 227 04 | 0 50 | 山溪龙色含金形中泥质粉砂岩, 变形构造, 风观喜类化石和金形中化石 |
| 38-7 | $1 227, 54 \sim 1 229, 54$ | 2 37 | |
| 38-3 | 122.07 122.91 $1220.01 \sim 1230.11$ | 0 20 | |
| 38-1 | 1223 91 1230 11 | 1 52 | 水率水已加出,水水将是11%30元11%30年月日不平 苏红色泥岩 快状构造 |
| 38-5 | $1231 63 \sim 1231 80$ | 0 17 | 太子之前,大学学生 |
| 38-6 | $123180 \sim 123180$ | 0.54 | 太空之后,太水行之,鸣命无法之后不平 |
| 20 7 | 1 222 24 - 1 222 54 | 0.20 | |
| 38-1 | 1 232 34~1 232 54 | 0 20 | 灰绿巴尼石大成灰巴的灰材砂石,小牛成纹层理,中部见汀形出碎筒石宗市、团块,钙质材 砂岩条带、团块 |

38-8 1 232 54~1 232 73 0 19 灰绿色泥岩, 块状构造, 偶见介形虫化石 ?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

| 程日辉, | 王国栋, | 王璞 | 珺, 等 | 衫 地 | 学前绰 | 家(Earth Science Frontiers)2009, 16 (2) 277 |
|-------|--------|------|------|-----|------|-------------------------------------------------|
| | | | | | | |
| 38-9 | 1 232 | 73~1 | 232 | 94 | 0 21 | 灰棕色粉砂质泥岩,块状构造,偶见介形虫化石 |
| 38-10 | 1 232 | 94~1 | 233 | 11 | 0 17 | 深绿灰色泥岩,水平层理,底部见薄层介形虫碎屑,具粒序层理,见冲刷面 |
| 38-11 | 1 233 | 11~1 | 233 | 26 | 0 15 | 浅橄榄灰色泥灰岩,块状构造 |
| 38-12 | 1 233 | 26~1 | 233 | 39 | 0 13 | 深灰色泥岩夹浅灰色介形虫碎屑灰岩,断续水平波纹层理,底部见冲刷面 |
| 38-13 | 1 233 | 39~1 | 233 | 66 | 0 27 | 灰棕色杂深灰色粉砂质泥岩,块状构造,见一层淡棕色含钙粉砂质泥岩 |
| 38-14 | 1 233 | 66~1 | 234 | 94 | 1 28 | 灰棕色泥岩,块状构造,见一层淡棕色含钙粉砂质泥岩 |
| 38-15 | 1 234 | 94~1 | 236 | 48 | 1 54 | 深灰色粉砂质泥岩,块状构造,偶见介形虫化石,局部见微带灰棕色斑点 |
| 38-16 | 1 236 | 48~1 | 237. | 01 | 0 53 | 灰棕色粉砂质泥岩夹灰绿色粉砂质泥岩,水平层理,见介形虫化石 |
| 38-17 | 1 237. | 01~1 | 237. | 87 | 0 86 | 深灰色粉砂质泥岩与浅灰色介形虫碎屑岩薄互层,水平波纹层理、断续波纹层理,见介形虫 化石 |
| 38-18 | 1 237. | 87~1 | 237. | 94 | 0 07 | 棕灰色粉砂质泥岩,块状构造,偶见介形虫化石 |
| 38-19 | 1 237. | 94~1 | 238 | 09 | 0 15 | 浅橄榄灰色泥灰岩, 块状构造 |
| 38-20 | 1 238 | 09~1 | 238 | 49 | 0 40 | 深灰色泥岩夹浅灰色介形虫碎屑岩薄层,水平层理,波纹层理,见介形虫碎屑夹层,底部见 冲刷面 |
| 38-21 | 1 238 | 49~1 | 238 | 72 | 0 23 | 灰绿色粉砂质泥岩,块状构造,见黄铁矿颗粒,介形虫化石 |
| 38-22 | 1 238 | 72~1 | 238 | 84 | 0 12 | 灰红色泥岩,块状构造,偶见介形虫化石 |
| 39-1 | 1 238 | 84~1 | 238 | 95 | 0 11 | 灰红色泥岩,块状构造,偶见介形虫化石 |
| 39-2 | 1 238 | 95~1 | 239 | 40 | 0 45 | 灰红色含介形虫泥岩,块状构造,中、下部夹深绿灰色介形虫碎屑岩条带、团块 |
| 39-3 | 1 239 | 40~1 | 239 | 56 | 0 16 | 深绿灰色杂灰红色粉砂质泥岩,块状构造,局部见介形虫富集,底部见泥砾及冲刷面 |
| 39-4 | 1 239 | 56~1 | 240 | 10 | 0 54 | 深绿灰色泥岩,发育水平层理、水平波纹层理,底部见钙质粉砂岩条带及冲刷面 |
| 39-5 | 1 240 | 10~1 | 240 | 51 | 0 41 | 深灰色泥岩与介形虫灰岩薄互层,发育水平层理、水平波纹层理,底部见泥砾及冲刷面 |
| 39-6 | 1 240 | 51~1 | 241 | 74 | 1 23 | 深绿灰色粉砂质泥岩,块状构造,见介形虫化石 |
| 39-7 | 1 241 | 74~1 | 241 | 94 | 0 20 | 灰绿色泥岩,块状构造,见泥岩收缩缝,偶见介形虫化石 |
| 39-8 | 1 241 | 94~1 | 242 | 54 | 0 60 | 深绿灰色粉砂质泥岩,块状构造,见介形虫化石 |
| 39-9 | 1 242 | 54~1 | 242 | 90 | 0 36 | 深灰色泥岩与浅橄榄灰色介形虫碎屑灰岩薄互层,发育水平层理、水平波纹层理,底部见冲 刷面 |
| 39-10 | 1 242 | 90~1 | 244 | 34 | 1 44 | 深绿灰色粉砂质泥岩,块状构造,见介形虫化石,局部见介形虫碎屑条带 |
| 39-11 | 1 244 | 34~1 | 244 | 57 | 0 23 | 浅橄榄灰色白云岩,块状构造 |
| 39-12 | 1 244 | 57~1 | 245 | 14 | 0 57 | 深绿灰色粉砂质泥岩,块状构造,见介形虫碎屑 |
| 39-13 | 1 245 | 14~1 | 245 | 62 | 0 48 | 深灰色泥岩与浅灰色介形虫碎屑灰岩薄互层,正粒序层理和水平波纹层理,底部见方解石脉、泥砾和冲刷面 |
| 39-14 | 1 245 | 62~1 | 247. | 34 | 1 72 | 深绿灰色粉砂质泥岩,块状构造,顶部见黄铁矿,局部见介形虫化石 |
| 39-15 | 1 247. | 34~1 | 247. | 68 | 0 34 | 深绿灰色含泥砾粉砂质泥岩,块状构造,偶见个体完整的介形虫化石,见较多生物碎片 |
| 39-16 | 1 247. | 68~1 | 248 | 42 | 0 74 | 深绿灰色泥岩, 块状构造 见介形虫碎屑 |
| 39-17 | 1 248 | 42~1 | 248 | 79 | 0 37 | 深灰色泥岩与介形虫碎屑灰岩薄互层,水平波纹层理,底部见冲刷面 |
| 39-18 | 1 248 | 79~1 | 249 | 22 | 0 43 | 深绿灰色泥岩与介形虫碎屑灰岩薄互层,水平波纹层理,底部见冲刷面和挤压变形层理 |
| 39-19 | 1 249 | 22~1 | 249 | 95 | 0 73 | 绿灰色泥岩,水平波纹层理,见较多介形虫碎屑岩条带 |
| 40-1 | 1 249 | 95~1 | 250 | 77 | 0 82 | 绿灰色泥岩,水平层理,见较多介形虫碎屑岩条带 |
| 40-2 | 1 250 | 77~1 | 252 | 05 | 1 28 | 深绿灰色泥岩夹薄层介形虫碎屑灰岩,水平波纹层理,介形虫碎屑灰岩底部普遍见冲刷面 |
| 40-3 | 1 252 | 05~1 | 252 | 50 | 0 45 | 灰黑色泥岩,水平层理,见泥岩收缩缝,被完整的介形虫和介形虫碎屑充填 |
| 40-4 | 1 252 | 50~1 | 253 | 47 | 097 | 灰黑色泥岩夹薄层状介形虫碎屑灰岩,水平波纹层理,偶见个体完整的介形虫,见大量介形 虫碎屑 |

| 下伏地层 | 姚一段 | 整合接触 | |
|------|--------------------|------|-------------------------------------------------|
| 上覆地层 | 姚二、三段 | 整合接触 | |
| 姚一段 | | | |
| 40-5 | 1 253 47~1 256 53 | 3 06 | 深绿灰色泥岩, 块状构造 见较多个体完整的生物碎屑 |
| 41-1 | 1 256 53~1 256 66 | 0 13 | 深绿灰色含介形虫泥岩 块状构造 见较多介形虫化石 |
| 41-2 | 1 256 66~1 257.96 | 1 30 | 深绿灰色泥岩, 块状构造 见少量介形虫化石 |
| 41-3 | 1 257. 96~1 261 09 | 3 13 | 中深灰色泥岩夹中浅灰色薄层状介形虫碎屑岩,水平层理、水平波纹层理,底部正粒序层理,见多个冲刷面 |
| 41-4 | 1 261 09~1 263 79 | 2 70 | 深绿灰色粉砂质泥岩,块状构造,见介形虫碎屑条带,偶见较完整介形虫化石 |
| 41-5 | 1 263 79~1 266 52 | 2 73 | 中深灰色泥岩夹薄层介形虫碎屑岩,发育水平层理、波纹层理和正粒序层理,底部见冲刷面 |
| 41-6 | 1 266 52~1 268 51 | 1 99 | 深灰绿色粉砂质泥岩,块状构造,偶见个别完整介形虫化石 |
| 42-1 | 1 268 51~1 268 91 | 0 40 | 中深灰色泥岩, 水平波纹层理, 夹几条粉砂岩条带 |
| 42-2 | 1 268 91~1 269 23 | 0 32 | 深灰色泥岩, 水平层理, 夹几条粉砂岩条带 |
| 42-3 | 1 269 23~1 269 35 | 0 12 | 浅灰色薄层状粉砂岩,水平波纹层理,上部见泥砾,底部见冲刷面 |

| 程日辉,王国栋,王璞珺,等/ | 地学前缘 | (Earth Science | Frontiers)2009, | 16 (2) |
|----------------|------|----------------|-----------------|--------|
|----------------|------|----------------|-----------------|--------|

| 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,水平层埋,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 | 标次巴特质粉砂石夹浅绿灰巴薄层泥石 |
| 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 | |
| 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 | 深秋巴泥石与极浅秋巴粉砂石乌层,友肖水半层埋、波纹层埋 3.1. 大方体成地址上海东方海边、海绵大型长线、海绵、波纹层埋 |
| 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

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、

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。

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

278

| Γ | | | | 层 | *GSA | 深度 | 岩 | 性 | 夹 | 层理 | 含 | 自然伽马 | 深侧向电阻率 | ħ | 6回 | 地月 | 灵 | 沉 | 积 | 相 |
|------------------|---|-------|------|-------|-----------------------------|--------|----------------------------------------|---|-----------------|-------|-----|-----------|---------------------------------------|-----------------|------|-------|----------------|-----|------|----|
| | 统 | 组 | 段 | н | 颜色 | / m | 剖 | 面 | | *** | 有物 | gAPI | <u>1</u> <u>22</u> 加 <u>20</u> 浅侧向电阻率 | * | 五 | 四 | 三 | 微加 | 亚 | 相 |
| $\left \right $ | | _ | | 5 | 代码 | | 5 | | 云 +++ | 构道 | 120 | 50 180 | $1 \Omega \cdot m 20$ | 级 | 级 | 级 | 级 | 相 | 相 | |
| | | | | 27-2 | 5GY4/1 | | | | | ~ ~ | DA | | 1 | | | | | | | |
| | | | х. | 27-4 | 5GY4/1 | 1130- | | | | - | D | | | | | | | . × | | |
| | | , * I | | 27-5 | 5GY6/1 | | | | | | D | <u> </u> | | | | | | | | |
| | | | | 27-7 | 5GY6/1N7 5G6/1 | 1132- | | | - - | | ⊖g | | | | 1 | | | | | |
| | | | | 27-8 | 5G6/1 | | ······································ | | 3. ⁴ | | 4 | 1 | | | | | | | | |
| | | | | 27-9 | 5G6/1 | 1134- | - | | | | 8 | | | | | | | | | |
| | | | | 27-10 | 5G6/1 | | T | | | 8 - 3 | θ | | | | | | | | | |
| | | | | 27.11 | 506/1 | 1136- | | | | | | 5 | | - | 1010 | | | | | |
| | Ŀ | 姚 | 姚 | 27-11 | 5G4/1 | | | | 8 | | | 8 | | | | | | | | |
| | | | | 27-12 | 5YR3/2 | 1138- | | | | | - |) | | | | | | | | |
| | | | | 27-15 | 5GY8/1 5GY4/1 10GY5/2 | - | | | \rightarrow | ~~ | 2 | | | | | | | | | |
| | | | | 27-17 | 10GY5/2 5G6/1 | 1140- | u u | | | ~~ | ß | S | | | | | | 静 | 浅 | 湖 |
| | | | | 28-2 | 5G4/1 | | | | | 1 | | \langle | | | | | | | | |
| | | | | 28-3 | 5YR3/2 5G4/1 | 1142 | | - | | * | 0 | | 5 | | | | | | | 31 |
| | | | | 28-4 | 5YR3/2 5G8/1 | 1142 | | | | | | 2 | (| | | | | 水 | | |
| | 白 | | -: | 28-5 | 5YR3/2 | 1144 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 1144- | | | | | | | | | | - | | | | |
| | | | | 28-6 | 10YR4/2 | | | | | | A | | | | | | | 泥 | | |
| | | | | | | 1146- | | | | 1 | | 1 | | 1.9.5 | | | | | | |
| | | 家 | | 28-7 | 5YR3/2 | | | | | 1.1 | D | 1 | | | | | | | | |
| | | | | 28-8 | - 5G5/2 - 5G5/2 | 11148- | | | | ~ | A | | 1 | | | | | + | , X. | |
| | | | | 28-11 | 5G4/1 5G4/1 | 1 : | | | | 88 | 00 | | \supset) | | | | | 1 | | |
| | | | 1 | 28-12 | 5G5/2 | 1150- | | | | | | | | 10000 | | | | | | |
| | 垩 | | 1000 | 29-1 | 5GY5/2 | | | | | | | | | | | | TANK OF | 油 | | |
| | | | | 29-2 | 5YR3/2 | 1152- | | | | ~~ | A | 5 | | | | | | 124 | N. | |
| | | | | | | | | | | 10.2 | | | | (and the second | | | | | | |
| | | | | 30-1 | 5YR3/2 | 1154- | | | | 1.1.1 | A® | \ | | | | | | | 340 | |
| | | | | 30-2 | 5G4/1 | | | | | 1.26 | D |) | | | | | | 流 | 湖 | 汨 |
| | | | | 30-4 | 5YR5/2 5G4/1 | 1156- | | | | | D | | | | | | | | | |
| | | | | 30-5 | 5YR3/2 5YR3/2 | | | | | | D | | | 2.04 | | | | | | |
| | 统 | 组 | 段 | 30-7 | 5YR4/1 5YR4/1 5GY6/1 | 1158- | | | | | A | } | | TO STATE | No. | | | | | |
| | | | | 30-10 | 5G4/1 N4 | 1 | | | +++ | | A | | | | | | | | | |
| | | | | 30-13 | 10GY5/2 | 1160- | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 30-14 | 5GY4/1 5G4/1 | | | | | | 0 | | | | | | | | | |
| | | | | 30-16 | N4 | 1162- | 1 | | | | 3 | | \sum | Γ | | CX 44 | a thanks | | | |
| | | | | 30-17 | N5 N7 | 1 | - | | | | • | | 1 (| | | | 1 | | | |
| | | | | 30-19 | N4 | 1164- | | | | - | | } | | | | | | | | |
| | | | | 30-20 | 5GY6/1 N3 | | | | | 88 | | | | | | | and the second | | | |
| | | | | 31-1 | N3 | | - | | | - | B | | D | 0 | 1707 | | E | | | |

| | | | 层 | *GSA | 深度 | 岩 | 性 | 夹 | 层理 | 含 | É | 目然仇 | 加马 | 深侧 | 向电 | 阻率 | ħ | 庭回 | 地 | 层 | 沉 | 积 | 相 |
|---|---|-----|---------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------|-------|---|-----------------------------------------|--------|--------|----|--------------|--------|-----|----------|----|------|----|-----|-----|-----|-----|---|
| 统 | 组 | 段 | 号 | 颜色代码 | / m | 剖 | 面 | 层 | 构造 | 有物 | 50 | gAP | PI 180 | 浅侧 | 向电 | 阻率 | 米级 | 五级 | 四级 | 三级 | 微相 | 亚相 | 相 |
| | | | 31-2 | 5GY4/1 | 1166 - | 1.1.1 | | | | 9 | | | | | 1 | 20 | -12 | | -12 | -12 | 114 | 114 | |
| | | | 31-3 | 5YR3/2 | 1168 - | | | | | D | | 5 | | | | | | | | | | | |
| | | | 32-1 | 5YR3/2 | 1170 - | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ŀ | 姚 | 姚 | 32-3 | 5YR4/1 | 1172 - | | | | ~ | A D | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 32-4 [°] 1 32-7 | 5GY4/1 5YR3/2 5GY6/1 5YR3/2 | 1174 - | | | | ~ | NA D D | | 5 | | | 2 | | | | | | 静 | | |
| | | | 32-8 | 5YR3/2 | 1176 - | | | | | DA | | 2 | | | \$ | | | | | | | | |
| | | | 32-9 32-11 | 5YR5/2 5YR4/1 N5 | 1178 - | | | | ~ | A Q | | 3 | | | | | | | | | | | |
| 白 | | = | 32-12 | 5YR3/2 | 1180 - | | | | | | | <pre>{</pre> | | | | | | | | | 水 | 浅 | 湖 |
| | | | 33-1 | 5YR3/2 | 1182 - | | | | | D | | { | | | | | | | | | | | |
| | 家 | | 33-2 | 5YR4/1 | : 1184 - | - | | | | DD | | | | | | | | | | | 泥 | | |
| | | | 33-4 | 5P4/2 5G2/1 5GY6/1 5P4/2 | 1186 - | | | +++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ | ¥ ≈ | A @ DD | | > | | | <u> </u> | | | | | | | | |
| 聖 | | 111 | 33-10 33-11 34-1 34-2 | 5GY4/1 N7 5YR4/1 5GY6/1 5GY4/1 5GY4/1 N2 | 1188 - | | | -+ | * | DADAD | | 2 | | |) | | | | | | + | | |
| | | | 34-3 34-4 34-5 | 5G4/1 N3 N3 | 1190 - | | | | * | D | | | 2 | A | | | | | | | | | |
| | | | 34-6 34-7 34-8 | 5G4/1 N3 5G4/1 | 1192 - | | | | ** | DDD | | 5 | | 8 | | | N.A. | | | | | | |
| | | | 34-9 I | 5G4/1 5GY4/1 5GY4/1 5G2/1 5YR4/1 | 1194 - | | | | | A DA | | } | | 2 | | | | | | | 浊 | 湖 | 泊 |
| 充 | 组 | 段 | 34-17 | 10GY5/20 5YR3/2 5YR5/2 N3 5G4/1 | 1196 - | | | | | D | < | 5 | | 6 | > | | | | | | | | |
| | | | 34-19 34-20 | N2 5G4/1 | 1198 - | | | | 22 | A D | | | \geq | > { | | | | - | | | 流 | | |
| | | | 34-21 34-23 34-24 35-1 | N3 5G4/1 N2 5G6/1 5G6/1 5G4/1 | 1200 | | | | ** | 000 0 | | 0 | 2 | | | | | | | 1 | | | |
| | | | 35-4 35-5 35-6 | 5G2/1 5YR3/21 5G4/1 5YR3/2 5YR3/2 5YR4/1 | 1202 - | | | | ¥ | A | | 5 | | l | | | | | | | | | |
| | | | 35-0 | 5YR6/1 5G5/2 G4/1 N7 ¹ 10GY5/2 | 1204 - | | | - - | * | 08 08 | | 5 | | 3 | | | | | | | | | |

| | | | E | *GSA | 深度 | | 夹 | 层理 | 含 | É | 然伽 | 马 | 深侧 | 间向 | 电阻 | 率 20 | 旇 | E III | 地) | 昮 | 沉 | 积 | 相 |
|---|---|---|----------------------|----------------------------------|-------|------|-------------|-------|-------|----|-------------|-----|----|-----------|----|------|-----|-------|-----|----------|-----|-----|--------|
| 统 | 组 | 段 | 云号 | 颜色代码 | / m | 岩性剖面 | 层 | 构造 | 有物 | 50 | gAPI | 180 | 浅侧 | 则向 | 电阻 | 率 | * | 五 | 四级 | 三 415 | 微相 | 亚相 | 相 |
| | - | | 36-1 | 5YR3/2 | | - | | | D | | 5 | | 1 | 1 | In | 20 | =JX | =JX | =DX | FIX. | 111 | 114 | - |
| | | | 36-2 | 5G2/1 | 1206- | | | | D | | 8 | | | | | | | | | | | | |
| | | | 36-3 | 5YR3/2 | 1208- | | | ~~ | DA | | $\langle $ | | | \rangle | | 1 | | | | | | | |
| | | | 36-4 | 5G6/1 5YR3/2 | - | | | ¥ | DÅ | | 2 | | | > | | | | | | | | | |
| | | | 1 | 5GY4/1 5GY4/1 | 1210- | | · | ~~ | D | | | | | > | | | | | | | | | |
| | | | 36-11 | 3G2/1 5G4/1 5YR2/1 | 1212 | | | ~ | A ADE | | 1 | | | 5 | | | | | | | *45 | | |
| | | | 36-12 | 5YR4/1 5YR3/2 5VR2/2 | 1212 | | | | 0 | | 5 | | | | | | | | | | 11 | | |
| F | 姚 | 姚 | 36-14 | 5YR3/2 5YR6/1 | 1214- | | | ~ | DDA | | 2 | | | 5 | | | | | | | | | |
| | | | 36-15 | 5YR2/2 5YR6/1 5YR3/2 | 1216 | | +++ | | D | | 2 | | | 5 | | | | | | | | | |
| | | | 37-4 | 5YR3/2 5YR3/2 | 1210- | | | | DA D | | 3 | | | 5 | | | | | | | 水 | 浅 | 湖 |
| | | | 37-6 | 5YR4/1 5YR3/2 | 1218- | | + | | D | | 2 | | | | | | | | | | | | |
| | | | 37-8 | 5YR4/1 5YR3/2 | | | | | D DA | | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 白 | | - | 37-11 | 5YR4/1 | 12207 | | | ~ | D D | | 5 | | | | | | | | | | 泥 | | |
| | | | 37-12 | 5YR3/2 | 1222- | | | | | | (| | | \$ | | | | | | | | | |
| | | | 37-14 | 5YR4/1 5YR4/1 | | | | | 0 0 | | 3 | | | | | | | | | | | | 1.0.00 |
| | 家 | | 37-15 | 5G2/1 5Y6/15G4/1 5YR4/1 | 1224- | 9 | | ** | 00 0 | | (| - | | 1 | | | | | | | + | | |
| | | | 37-21 | 5GY4/1 5YR3/2 5YR6/1 | 1226- | | | 1.000 | 0 | - | \langle | | | 5 | | | | | | | | | |
| 垩 | | Ξ | 38-1 | 5YR3/2 5YR3/2 N4 | | | | | ba ba | | 2 | | | | | | | | | | | 9 | |
| | | | 38-2 | 10R4/2 | 1228- | | | | D | | 5 | | | > | | | | | | | | | |
| | | | 38-3 | 5GY4/1 | 1230- | 1 | | | AA A | - | 5 | | | | | | | | | - | 浊 | 湖 | 泊 |
| | | | 38-4 | 10R4/2 | | | | | D | | 5 | | | | | | | | | | | 11 | 2 |
| | | | 38-5 | 10GY 5/2 5YR3/2 | 1232- | | | 25 | DADD | | 5 | | | 1 | | | | | | | | | |
| 统 | 组 | 段 | 38-14 | 5G4/1 5Y6/1 N3 5VR3/2 N | 1234- | | | - | D | | 3 | | | L | | | - | | | | 流 | | |
| | | | 38-15 | 5YR3/2 N3 | - | | | | | | 5 | | | 2 | | | | | | | | | |
| | | | 38-16 | 5YR3/2 5G5/2 N3 N7 | 1236- | | | | 0 0 | | 2 | | | 5 | | | | | | | | | |
| | | | 38-18 | 3 5YR4/1 5Y6/1 N3 N7 | 1238- | | | _ | D A | | 2 | | | | | | | | | | | | |
| | | | <u>38-22</u> 39-1 | 2 10R4/2 10R4/2 10R4/2 | | | | 111 | DB AD | | L | 4 | | 2 | | | | | | | | | |
| | | | 39-6 | 5GY4/1 N3 | 1240- | | | = | 8 | | | - | 1 | | | | | | | | | | |
| | | | 39-7 | 5G5/2 | 1242- | | | | D D | | (| > | | | | | | | | | | | |
| | | | 39-8 | 5GY4/1 N3 | - | | 1 | - | DA | | 1 | | | | | | | | | ľ. | | | |

| 1 积 | 积 | 相 |
|--------|-------|-----------------------|
| J # | 亚 | * |
| 11 | 相 | + |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| 44 | | |
| + | Ŧ | 10 |
| | 82 | |
| | | |
| | | |
| | | |
| 14 | 深 | |
| 1 | in | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| 湖 | 湖 | 淮 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| 1 | | |
| | | 1 |
| | | |
| | | |
| | | |
| ε | | + |
| Ξ | Ξ | |
| - | | |
| 角 | 用 | = |
| 344 | W | 自 |
| - | D.II. | 1 |
| 前 | 前 | 洲 |
| 計 | | |
| 缘 | 缘 | |
| | | 三 角 洲 前 缘 |



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-Is)

*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^①。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;5GY/1-浅绿灰色;5GY/1-绿灰色;5GY/1-深绿灰色;5GY/1-深绿灰色;5GY/1-深绿灰色;5GY/1-深绿灰色;5G/2-灰绿色;5G/2-灰绿色;5G/1-浅绿灰色;5G/1-绿灰色;5G/2-灰绿色;5Y6/1-浅橄榄灰色;5Y4/1-橄榄灰色;5YR2/1-橄榄黑色;5YR4/1-棕灰色;5YR2/2-暗棕色;5YR3/2-灰棕色;5YR5/2-淡棕色;10YR6/2-淡黄棕色;10YR4/2-深黄棕色;10YR2/2-暗黄棕色;10R6/2-淡红色;10R4/2-灰红色;5P4/2-灰紫色

泥岩互层岩段(127359~128591m),泥岩夹粉 砂岩岩段(127359~125347m)。姚二、三段自 下而上分为7个岩性段,深色泥岩岩段(125347~ 123956m)、棕灰色泥岩岩段(123956~120203 m)、深绿灰色泥岩岩段(120203~118522m)、棕 灰色泥岩岩段(118522~116699m)、深绿灰色 泥岩岩段(116699~115824m)、棕灰-绿灰色粉 砂质泥岩岩段(115824~113783m)、绿灰色泥 岩、粉砂岩互层岩段(113783~112817m)。

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[12],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 $37 \, \Lambda$), 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 M apping in British Columbia 1996



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-I s 1一灰棕色(grayish brown, 5YR3/2)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,1207 76 m. 2一浅橄榄灰色(light olive gray, 5Y6/1)中层状白云岩,块状构造,浅湖白云岩沉积。姚二、三段,井深;1244 52 m。3一棕 灰色(brownish gray, 5YR6/1)厚层状灰泥岩,块状构造,浅湖灰泥岩沉积。姚二、三段,井深;1225 46 m。4一深绿灰色 (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,1211 59 m。5一深灰色(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;1272 31 m。6一灰黑色(grayish 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;1252 30 m。7—淡黄棕色(ple 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;1274 31 m。8—浅灰色粉砂岩(light gray,N7)夹深绿灰色(dark greenish gray, 5G Y4/1)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;1285 85 m



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

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,而一个米级旋 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^[13]、 罗马尼亚^[14]、阿根廷^[15]、地中海^[16]、奥地利^[17]、意 大利中部^[18]、中国藏南^[19]、日本^[20]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^[21]。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^[22]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:

 National Stratigraphy Council. Compilation of National Stratigraphy Conference Academic Report: Locale Meeting of Oil Field Stratigraphy, Songliao Plain [M]. Beijing: Science

http://www.cnki.net

Press, 1962: 2-9(in Chinese). House. All rights reserved. 285

- Compile Team of Table of Regional Strata of Heilongjiang [2] 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 Daging, 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).
- Gao R Q, Qiao X Y, He C Q. Cretaceous microphytoplank-[6] ton from the Songliao Basin and its depositional environment [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1992, 9(2): 111-126 (in Chinese).
- Gao R Q, Zhao C B, Qiao X Y, et al. Palynology of Creta-[7] ceous 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).
- Huang Q H, Tan W, Yang H C. Stratigraphic succession [11] and chronostratigraphy of Cretaceous in Songliao Basin[J] . Petroleum Geology & Oilfield Development in Daging, 1999, 18(6): 15-18(in Chinese).
- Cheng R H, Wang G D, Wang P J. Sedimentary cycles of [12] 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 eggs of Angostuma Coloroda Formation in the Western Sector Angel Angel Academic Journal Electronic Publishing

of the North patagonian Massif, Argentina [J]. Journal of South American Earth Sciences, 1997, 10(1): 81-90.

- Neuhuber S, Wagreich I, Wendler C, et al. Turonian oceanic [16] 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.
- Kodama K, Takeda T. Paleomagnetism of mid-Cretaceous [20] 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:

- 全国地层委员会. 全国地层会议学术报告汇编——松辽平原 [1] 油田地层现场会议[M].北京:科学出版社, 1962; 2-9.
- 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 [2] 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.
- 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 [4] [J]. 大庆石油地质与开发, 1991, 10(4): 1-12.
- 高瑞祺. 松辽盆地白垩纪被子植物花粉的演化[]]. 古生物学 [5] 报, 1982, 21(2): 217-224.
- 高瑞祺, 乔秀云, 何承全. 松辽盆地白垩纪微体浮游植物群 [6] 及其环境讨论[]]. 微体古生物学报, 1992, 9(2): 111-126.
- 高瑞祺,赵传本,乔秀云,等.松辽盆地白垩纪石油地层孢 [7] 粉学[M].北京:地质出版社,1994:55-64.
- 方大钧, 王兆樑, 金国海, 等. 中国松辽盆地白垩系磁性地 [8]

层 J]. 中国科学: B辑, 1989, 10: 1084-1091. House, All rights reserved. http://www.cnki.net

286

- [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[]]. 地质学报, 1995, 69(4): 372-381.
- 黄清华,谭伟,杨会臣,松辽盆地白垩纪地层序列和年代地 [22] 万晓樵,李国彪,司家亮,西藏南部晚白垩世一古新世大洋 [11] 层[]]. 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[]]. 地 质学报, 2008, 82(1): 124-132.
 - 红层的分布与时代[]]. 地学前缘, 2005, 12(2); 31-37.

《地学前缘》中文版、英文版网上杳询和浏览方法

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/Science web/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 A crobat 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

邮编:100083 电话:010-82322973