

# 松科1井南孔白垩系泉头组沉积序列精细描述: 岩石地层、沉积相与旋回地层

王国栋<sup>1</sup>, 程日辉<sup>1,\*</sup>, 王璞珺<sup>1</sup>, 高有峰<sup>1</sup>, 王成善<sup>2</sup>, 任延广<sup>3</sup>, 黄清华<sup>3</sup>

1. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061
2. 中国地质大学(北京) 地球科学与资源学院, 北京 100083
3. 大庆油田有限责任公司 勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712

Wang Guodong<sup>1</sup>, Cheng Rihui<sup>1,\*</sup>, Wang Pujun<sup>1</sup>, Gao Youfeng<sup>1</sup>, Wang Chengshan<sup>2</sup>, Ren Yanguang<sup>3</sup>, Huang Qinghua<sup>3</sup>

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China
2. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China
3. Institute of Exploration and Development of Daqing Oilfield Company Ltd., Daqing 163712, China

**Wang Guodong, Cheng Rihui, Wang Pujun, et al. Description of Cretaceous sedimentary sequence of the Quantou Formation recovered by CCSD-SK-1s borehole in Songliao Basin: Lithostratigraphy, sedimentary facies and cyclic stratigraphy. *Earth Science Frontiers*, 2009, 16(2):324-338**

**Abstract:** The Quantou Formation recovered by CCSD-SK-1s borehole (China Cretaceous Continental Scientific Drilling-Songke I-the south borehole) is 132.07 m long and 100% of cores recovery. The sequence and process of lithology-lithofacies and cyclic stratigraphy revealed by detailed core description. Nine rock types and three kinds of sedimentary facies including meandering river, shallow lake and delta front were recognized from the drilling core, there are ten sedimentary microfacies which are point bar, natural levee, crevasse splay, crevasse channel, floodplain, flood lake, subaqueous mouth bar, subaqueous inter distributary bay, mudstone of still water and turbidite. The Quantou Formation represents seventy-six meter-scale cycles (sixth-order cycle), twenty-five fifth-order cycles, eight forth-order cycles and two third-order cycles. Meticulously depicted (centimeter Level) continental red beds of the third and the fourth members of Quantou Formation will be a potential formulation profile for the studies on Cretaceous global oxygen-enriched events. The reservoir sandstones of the third and the fourth members were developed basinwide as an inevitable product before the Songliao Basin was depressed or sagged with a large scale. The period of the third and the fourth members of Quantou Formation was a stage between developments of the fault basin and the sag basin with a large scale.

**Key words:** Quantou Formation; sedimentary facies; sedimentary sequence; cyclic stratigraphy; CCSD-SK-1s; Songliao Basin

收稿日期: 2008-11-21; 修回日期: 2008-12-21

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

作者简介: 王国栋(1982—), 男, 博士研究生, 矿产普查与勘探专业, 主要从事沉积学研究。E-mail: wgd100@yahoo.com.cn

\* 通讯作者简介: 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

**摘要:**中国白垩纪大陆科学钻探松科1井南孔连续取泉四段至泉三段顶岩心,心长132.07 m,岩心收获率为100.00%。松科1井南孔泉头组岩心的精细描述,揭示其岩性-岩相-旋回地层的序列及其过程。松科1井南孔泉头组取心段识别出9种基本岩石类型,相类型主要有曲流河、浅湖和三角洲前缘3种亚相,以及点砂坝、天然堤、决口扇、决口水道、河漫滩、河漫湖、河口砂坝、水下分利河道间、湖相静水泥质沉积和浊流沉积等10种沉积微相。相应井段可识别出2类8种米级旋回(六级旋回),整个井段由76个米级旋回构成,叠加成25个五级旋回、8个四级旋回和2个三级旋回。泉三、四段厘米级刻画的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。泉头组三、四段发育的在盆地内广泛分布的储层砂岩是大规模拗陷形成前的必然沉积产物,这一时期是松辽盆地由断陷向拗陷转化的阶段,也是大规模拗陷的初始阶段。

**关键词:**泉头组; 沉积相; 沉积序列; 旋回地层; 松科1井南孔

**中图分类号:**P534.53 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2321(2009)02-0324-15

泉头组在辽宁省昌图县泉头车站附近纪家岭村出露,指一套红绿色砂砾岩夹泥岩沉积<sup>[1]</sup>,日本学者羽田重吉(1927)首次将其命名为“泉头统”,与森田义人(1943)命名的“长春赤色层”为同一地层<sup>[2]</sup>。1959年的松辽平原地层分层中开始使用“泉头组”<sup>①③</sup>。勘探早期利用“松基2井”将泉头组划分为4个段,依据是岩屑录井剖面。经多年的实践认识,目前所运用的泉头组亦划分为4段。关于泉头组年代已经得到了广泛研讨<sup>[3-10]</sup>。

泉头组在盆地内分布广泛,岩性、厚度变化大。西部白城小区缺失泉一、二段,农安小区局部缺失,泉头组在盆地内分布呈现东厚西薄,其厚度一般在280~1 379 m,江桥一白城小区由于缺失本组下部,地层厚度一般小于190 m。发育河流相、滨湖相和浅湖相。松科1井所在的古龙凹陷内泉头组发育较全,厚度一般在1 100 m左右,主要为浅湖相、滨湖相和河流相的紫红色、紫褐色、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩与灰绿色、紫灰色砂岩组成的交互沉积<sup>[11]</sup>。

早期泉头组年龄值主要有100~119 Ma<sup>[12]</sup>和120~98 Ma<sup>[13]</sup>,泉头组沉积主体与阿尔布阶((112.0±1.0)~(99.6±0.9) Ma)基本对应,其顶部可能进入赛诺曼阶。但是近年来对营城组火山岩年龄的测定显示营城组顶部年龄与阿普特阶顶部年龄相当<sup>[14]</sup>,同时也有孢粉资料研究表明,登娄库组

对应于阿尔布阶,而泉头组与赛诺曼阶对应<sup>[15]</sup>,目前总的趋势是地层年龄较以前普遍偏小,所以泉头组沉积期可能要晚于以前所认为的阿尔布期,属赛诺曼期沉积。

泉头组三、四段跨越地质年代约为3 Ma,平均地层厚度为500 m,因此未经压实校正的平均沉积速率约为16.7 cm/ka,所以对于泉头组岩心描述最小分层厚度只要不超过167 cm,那么在时间上就是以千年为尺度的。

## 1 岩性序列精细描述

松科1井南孔泉头组井段为1 782.93~1 915.00 m,总进尺132.07 m,总心长132.07 m,岩心收获率为100.00%;泉四段井段为1 782.93~1 878.03 m;泉三段井段为1 878.03~1 915.00 m,未钻穿。岩心精细描述体现在两个方面,一是千年尺度的刻画,一般岩性最小分层厚度为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,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)。

泉头组的精细描述如下:

上覆地层:青山口组一段,整合接触  
泉四段

取心回次- 分层顺序号	井段/m	厚度/m	岩心描述
92-1	1 782.93~1 783.03	0.10	中浅灰色薄层状钙质粉砂岩夹中深灰色微层状泥岩,波状层理,较多中深灰色泥岩条带与薄层
92-2	1 783.03~1 783.09	0.06	浅灰色薄层状钙质粉砂岩,槽状交错层理,少量泥质条带

① 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.

② 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.

③ 地质部第二普查勘探大队. 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.

92-3	1 783.09~1 783.19	0.10	中浅灰色薄层状钙质粉砂岩夹中深灰色微层状泥岩,波状层理,较多中深灰色泥岩条带与薄层
92-4	1 783.19~1 783.36	0.17	浅灰色薄层状钙质粉砂岩,槽状交错层理,夹几层中深灰色泥岩层,下部夹一条极浅灰色细砂岩薄层
92-5	1 783.36~1 783.47	0.11	中灰色薄层状泥岩,水平层理,夹几层中浅灰色粉砂岩层
92-6	1 783.47~1 783.70	0.23	浅灰色、棕灰色中层状钙质粉砂岩,波状层理,含少量泥质条带,普遍含油,上部见极浅灰色细砂岩条带
92-7	1 783.70~1 784.03	0.33	中深灰色泥岩与绿灰色泥质粉砂岩薄互层,水平层理,下部夹几条含油钙质细砂岩条带
92-8	1 784.03~1 784.32	0.29	棕灰色钙质细砂岩,波状层理,槽状交错层理,含油
92-9	1 784.32~1 785.03	0.71	棕灰色细砂岩与中深灰色泥岩薄互层,波状层理,细砂岩中含油,偶见介形虫化石,下部见一条不含油浅灰色钙质细砂岩条带,底部见冲刷面
92-10	1 785.03~1 785.18	0.15	浅灰色中层状钙质细砂岩,槽状交错层理,局部见油斑,发育砂球、砂枕构造
92-11	1 785.18~1 785.36	0.18	棕灰色中层状钙质细砂岩,槽状交错层理,局部平行层理,底部有一层厚 2 cm 泥岩薄层,见冲刷面和砂球、砂枕构造,较多黄铁矿团块
92-12	1 785.36~1 785.62	0.26	棕灰色钙质细砂岩与中深灰色泥岩薄互层,波状层理,细砂岩普遍含油,见少量黄铁矿团块
92-13	1 785.62~1 785.95	0.33	浅棕灰色中层状粉砂岩,水平-波纹层理,含油,局部见黄铁矿团块和条带
92-14	1 785.95~1 786.06	0.11	橄榄灰色薄层状含灰质泥岩,块状构造,裂缝极发育且被方解石充填,裂缝中方解石部分溶蚀形成次生孔隙
92-15	1 786.06~1 786.16	0.10	中灰色薄层状粉砂质泥岩,块状构造,含较多黄铁矿团块
92-16	1 786.16~1 786.88	0.72	中深灰色中层状泥岩夹浅绿灰色粉砂质泥岩,水平-波纹层理、水平层理、透镜状层理,局部层面见生物化石碎片
92-17	1 786.88~1 787.19	0.31	中灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,较多黄铁矿团块
92-18	1 787.19~1 787.28	0.09	橄榄灰色薄层状含灰质泥岩,块状构造,裂缝中方解石部分溶蚀形成次生孔隙
92-19	1 787.28~1 787.73	0.45	橄榄灰色中层状泥岩,块状构造,见较多黄铁矿团块
92-20	1 787.73~1 790.03	2.30	绿灰色块状层粉砂质泥岩,块状构造,局部见变形层理,含有较多钙质团块,钙质团块最大直径可达 8 cm,局部见黄铁矿团块
92-21	1 790.03~1 791.08	1.05	绿灰色厚层状泥岩,块状构造,较多草莓状黄铁矿颗粒
92-22	1 791.08~1 791.53	0.45	绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,较多草莓状黄铁矿颗粒
92-23	1 791.53~1 793.91	2.38	绿灰色块状层泥质粉砂岩,块状构造,较多放射状、草莓状黄铁矿颗粒,顶部少量细砂岩混入
92-24	1 793.91~1 794.44	0.53	深绿灰色厚层状泥岩,块状构造,较多黄铁矿颗粒
93-1	1 794.44~1 795.53	1.09	绿灰色厚层状泥岩,块状构造,偶见介形虫,含钙质团块、黄铁矿团块、条带及分散颗粒
93-2	1 795.53~1 796.38	0.85	深绿灰色厚层状泥岩,块状构造,钙质团块,含非常细小的黄铁矿
93-3	1 796.38~1 797.52	1.14	绿灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,钙质团块,含非常细小的黄铁矿
93-4	1 797.52~1 797.71	0.19	绿灰色中层状泥岩,块状构造,棕灰色含油粉砂岩团块,偶见黄铁矿
93-5	1 797.71~1 797.94	0.23	绿灰色中层状粉砂质泥岩,水平-波纹层理,夹黄铁矿条带
93-6	1 797.94~1 798.04	0.10	棕灰色粉砂岩,交错层理,底部见冲刷面,夹粉砂质泥岩条带,见虫迹,含油
93-7	1 798.04~1 798.11	0.07	绿灰色薄层状粉砂质泥岩,块状构造
93-8	1 798.11~1 798.29	0.18	棕灰色中层状钙质粉砂岩,小型槽状交错层理,向上规模变小,底部见冲刷面、小型正断层,偶见泥砾
93-9	1 798.29~1 798.40	0.11	绿灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造
93-10	1 798.40~1 798.52	0.12	棕灰色中层状钙质粉砂岩,小型槽状交错层理,底部见冲刷面和泥砾
93-11	1 798.52~1 798.70	0.18	棕灰色钙质粉砂岩与绿灰色泥质粉砂岩薄互层,底部发育小型槽状交错层理,发育冲刷面,中上部发育变形构造,见泥砾,粉砂岩中含油
93-12	1 798.70~1 799.44	0.74	绿灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,钙质团块
93-13	1 799.44~1 799.88	0.44	绿灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造,不规则泥岩条纹,偶见钙质粉砂岩条纹
93-14	1 799.88~1 800.00	0.12	棕灰色中层状钙质粉砂岩,小型槽状交错层理,底部见冲刷面
93-15	1 800.00~1 800.14	0.14	绿灰色中层状粉砂质泥岩,水平波纹层理,底部见冲刷面,冲刷面之上发育一层厚 1 cm 含油钙质粉砂岩
93-16	1 800.14~1 800.26	0.12	绿灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造,底部见冲刷面,偶见絮状泥岩
93-17	1 800.26~1 800.94	0.68	绿灰色厚层状粉砂质泥岩,发育不连续波纹层理,水平层理,底部见深绿灰色泥质条带、含油钙质粉砂岩团块及冲刷-充填构造
93-18	1 800.94~1 801.40	0.46	棕灰色中层状钙质细砂岩,块状构造,底部见冲刷面,偶见黄铁矿

93-19	1 801.40~1 801.78	0.38	绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,含钙质团块
93-20	1 801.78~1 802.25	0.47	绿灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造,含黄铁矿
93-21	1 802.25~1 802.44	0.19	浅灰色中层状钙质细砂岩,块状构造,底部见冲刷面及砾岩,发育近垂向裂缝
93-22	1 802.44~1 803.34	0.90	绿灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造,偶见黄铁矿及少量钙质团块
93-23	1 803.34~1 803.94	0.60	深绿灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造,偶见黄铁矿及少量钙质团块
93-24	1 803.94~1 804.19	0.25	深绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,含钙质团块
93-25	1 804.19~1 805.02	0.83	中深灰色厚层状泥岩,块状构造,含较多钙质团块,大小不一
93-26	1 805.02~1 805.31	0.29	中深灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,含钙质团块
93-27	1 805.31~1 806.09	0.78	绿灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,含较多钙质团块,局部见钙质粉砂岩团块
93-28	1 806.09~1 806.32	0.23	深绿灰色中层状泥岩,块状构造,含少量钙质团块
94-1	1 806.32~1 808.39	2.07	深绿灰色块状层泥岩,块状构造,含较多钙质团块,形状、大小不一
94-2	1 808.39~1 808.84	0.45	绿灰色中层状泥质粉砂岩。上部层理不明显,中、下部发育波纹层理、楔状交错层理,见钙质团块,中、下部见浅灰色钙质粉砂岩团块,底部见一近水平的生物遗迹
94-3	1 808.84~1 809.16	0.32	绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,含较多钙质团块
94-4	1 809.16~1 809.59	0.43	绿灰色中层状泥质粉砂岩,发育水平、波纹层理,见钙质团块
94-5	1 809.59~1 810.21	0.62	深绿灰色中层状泥岩,块状构造,含少量钙质团块
94-6	1 810.21~1 811.12	0.91	深绿灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造,含较多钙质团块
94-7	1 811.12~1 811.26	0.14	绿灰色中层状粉砂岩,块状构造,含钙质团块
94-8	1 811.26~1 811.35	0.09	绿灰色薄层状粉砂质泥岩,块状构造,底部见一层钙质团块,个体直径最大可达 5 cm
94-9	1 811.35~1 811.62	0.27	绿灰色中层状泥质粉砂岩,发育波纹层理,含极少量钙质团块,夹泥质条带
94-10	1 811.62~1 811.82	0.20	绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,含较大的钙质团块
94-11	1 811.82~1 812.42	0.60	绿灰色厚层状粉砂岩,波纹层理,含泥质条带及少量泥砾
94-12	1 812.42~1 812.61	0.19	绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,含钙质团块
94-13	1 812.61~1 813.20	0.59	绿灰色厚层状粉砂岩,发育水平-波纹层理,含较多泥质条带
95-1	1 813.20~1 813.40	0.20	绿灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造,含钙质团块
95-2	1 813.40~1 814.00	0.60	绿灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,含黄铁矿
95-3	1 814.00~1 814.50	0.50	绿灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造
95-4	1 814.50~1 815.55	1.05	绿灰色厚层状泥岩,块状构造,含钙质团块
95-5	1 815.55~1 816.30	0.75	深绿灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造
95-6	1 816.30~1 816.70	0.40	绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,含钙质团块
95-7	1 816.70~1 817.78	1.08	绿灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造,含黄铁矿
95-8	1 817.78~1 820.15	2.37	绿灰色厚层状泥岩,块状构造,含钙质团块和砂质条带
95-9	1 820.15~1 820.61	0.46	绿灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造
95-10	1 820.61~1 821.88	1.27	绿灰色厚层状泥岩,块状构造,含钙质团块和砂质条带
96-1	1 821.88~1 822.90	1.02	灰棕色厚层状泥岩,块状构造,含较多钙质团块
96-2	1 822.90~1 823.79	0.89	绿灰色泥质粉砂岩,块状构造,含较多浅灰色钙质粉砂岩条带、团块
96-3	1 823.79~1 824.43	0.64	灰棕色厚层状泥岩,块状构造,含较多钙质团块
96-4	1 824.43~1 824.73	0.30	棕灰色粉砂质泥岩夹杂深绿灰色粉砂质泥岩,变形层理,滑塌构造
96-5	1 824.73~1 825.59	0.86	棕灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,含钙质团块
96-6	1 825.59~1 825.80	0.21	深绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造
96-7	1 825.80~1 826.13	0.33	绿灰色泥质粉砂岩,块状构造,含较多钙质团块,少量浅灰色钙质粉砂岩条带、团块
96-8	1 826.13~1 827.58	1.45	深绿灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,局部混杂有灰棕色粉砂质泥岩
96-9	1 827.58~1 828.76	1.18	灰棕色粉砂质泥岩,块状构造,较多钙质团块
96-10	1 828.76~1 829.38	0.62	深绿灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,含较多钙质团块、局部杂棕灰色粉砂质泥岩
96-11	1 829.38~1 831.95	2.57	绿灰色块状层泥质粉砂岩,块状构造,局部粉砂岩中见波纹层理、变形层理,局部夹钙质粉砂岩条带、团块,含少量钙质团块
96-12	1 831.95~1 832.13	0.18	深绿灰色中层状泥岩,块状构造
96-13	1 832.13~1 834.12	1.99	灰棕色厚层状泥岩,块状构造,较多钙质团块
96-14	1 834.12~1 834.20	0.08	棕灰色薄层状泥质粉砂岩,块状构造,有少量深绿灰色泥质粉砂岩混入
97-1	1 834.20~1 834.32	0.12	绿灰夹杂灰棕色中层状泥质粉砂岩,块状构造,顶部见厚度小于 1 cm 的粉砂岩夹层,含少量钙质团块

97-2	1 834.32~1 834.73	0.41	灰棕色中层状粉砂质泥岩,块状构造,中、下部含较多绿灰色斑点,钙质团块
97-3	1 834.73~1 837.45	2.72	绿灰色块状泥质粉砂岩,发育楔状交错层理、波纹层理;顶部具块状构造,含较多泥质条带,见泥砾,钙质团块较少,局部见粉砂岩团块
97-4	1 837.45~1 837.52	0.07	绿灰色薄层状粉砂质泥岩,水平-波纹层理,偶见粉砂岩条带、团块
97-5	1 837.52~1 837.91	0.39	绿灰色中层状细砂岩,下部发育槽状交错层理,中部发育水平-波纹层理,上部发育小型槽状交错层理,底部见冲刷面,中部偶见泥质条带
97-6	1 837.91~1 838.03	0.12	绿灰色中层状粉砂质泥岩,波纹层理,见钙质团块
97-7	1 838.03~1 838.19	0.16	绿灰色中层状泥质粉砂岩,水平-波纹层理,底部见冲刷面,偶见泥质条带
97-8	1 838.19~1 838.28	0.09	浅灰色薄层状粉砂岩,水平-波纹层理,底部见冲刷面,冲刷面之下见厚 1 cm 的泥岩,冲刷面附近见泥质砾石和草莓状黄铁矿
97-9	1 838.28~1 838.50	0.22	绿灰色中层状粉砂质泥岩,波纹层理及小型槽状交错层理,偶见粉砂岩团块
97-10	1 838.50~1 838.57	0.07	浅灰色薄层状粉砂岩,发育小型槽状交错层理,底部发育冲刷面,偶见泥砾和泥质条带
97-11	1 838.57~1 838.71	0.14	绿灰色中层状粉砂质泥岩,波纹层理,粉砂岩团块
97-12	1 838.71~1 838.81	0.10	绿灰色中层状粉砂岩,槽状交错层理
97-13	1 838.81~1 839.08	0.27	绿灰色中层状细砂岩,底部发育槽状交错层理,中、上部发育中型板状交错层理,底部见冲刷面,偶见泥砾
97-14	1 839.08~1 839.20	0.12	绿灰色中层状粉砂质泥岩,发育波纹层理,见粉砂岩条带和黄铁矿
97-15	1 839.20~1 839.69	0.49	绿灰色中层状细砂岩,底部 2 cm 为块状构造,向上 6 cm 发育槽状交错层理,向上 5 cm 发育平行层理,再向上 23 cm 发育中型板状交错层理,其余为槽状交错层理,但较底部的层理规模小,泥砾、泥质条带分布其中
97-16	1 839.69~1 840.10	0.41	绿灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造,钙质团块,顶部见一厚 1.5 cm 的粉砂质泥岩,含黄铁矿
97-17	1 840.10~1 840.35	0.25	绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,较多钙质团块,局部钙质团块中见变形层理
97-18	1 840.35~1 840.81	0.46	绿灰色杂棕灰色粉砂质泥岩,块状构造,中、下部钙质团块中见变形构造
97-19	1 840.81~1 842.10	1.29	棕灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,顶部见绿灰色斑点,偶见炭化生物碎片
97-20	1 842.10~1 844.20	2.10	灰棕色厚层状泥岩,块状构造,钙质团块
97-21	1 844.20~1 845.40	1.20	灰棕色杂绿灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,少量钙质团块
97-22	1 845.40~1 845.70	0.30	绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造
97-23	1 845.70~1 846.11	0.41	灰棕色中层状泥岩,块状构造,偶见钙质团块
98-1	1 846.10~1 846.28	0.18	灰棕色中层状泥岩,块状构造,较多钙质团块
98-2	1 846.28~1 847.65	1.37	棕灰色粉砂质泥岩,块状构造,含较多钙质团块,局部夹杂有绿灰色泥质粉砂岩条带、团块
98-3	1 847.65~1 847.82	0.17	绿灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造,局部混入棕灰色粉砂质泥岩
98-4	1 847.82~1 848.75	0.93	灰棕色厚层状泥岩,块状构造,含较多钙质团块
98-5	1 848.75~1 850.15	1.40	棕灰色厚层状泥岩,块状构造,含较多钙质团块,局部发育少量绿灰色泥质粉砂岩团块
98-6	1 850.15~1 850.52	0.37	深绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,含少量钙质团块,上部夹杂少量棕灰色泥岩
98-7	1 850.52~1 851.72	1.20	绿灰色泥质粉砂岩,块状构造,含较多钙质团块,局部混入棕灰色泥岩斑点
98-8	1 851.72~1 852.00	0.28	绿灰色中层状细砂岩,下部为平行层理,上部为小型槽状交错层理,底部见冲刷面,偶见绿灰色泥砾
98-9	1 852.00~1 852.31	0.31	深绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造
98-10	1 852.31~1 852.85	0.54	棕灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,下部含较多钙质团块,围绕钙质团块边缘的一圈粉砂质泥岩的颜色为绿灰色
98-11	1 852.85~1 853.00	0.15	绿灰色中层状细砂岩,小型槽状交错层理,含少量泥质粉砂岩团块
98-12	1 853.00~1 853.10	0.10	深绿灰色薄层状泥质粉砂岩,下部发育爬升层理,含细砂岩条带与团块
98-13	1 853.10~1 853.35	0.25	棕灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,含较多钙质团块,最大直径 3 cm
98-14	1 853.35~1 853.45	0.10	深绿灰色薄层状泥质粉砂岩,块状构造,含少量钙质团块
98-15	1 853.45~1 853.80	0.35	棕灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,含较多钙质团块,团块周围粉砂岩颜色变为深绿灰色
98-16	1 853.80~1 855.75	1.95	绿灰色中层状细砂岩,小型槽状交错层理,底部发育冲刷面
98-17	1 855.75~1 856.10	0.35	棕灰色粉砂质泥岩,块状构造,含较多钙质团块
98-18	1 856.10~1 857.61	1.51	深绿灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造,局部发育水平波纹层理,较多钙质团块,局部夹杂绿灰色细砂岩条带与团块
99-1	1 857.61~1 858.09	0.48	深绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,含较多钙质团块
99-2	1 858.09~1 858.78	0.69	绿灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造,局部的钙质粉砂岩见变形层理,上部含较多钙质团块和钙质粉砂岩条带、团块

99-3	1 858.78~1 859.07	0.29	深绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,含较多钙质团块
99-4	1 859.07~1 862.01	2.94	灰棕色块状层泥岩,块状构造,大量钙质团块,在与上层和下层的边界附近混入少量深绿灰色粉砂质泥岩
99-5	1 862.01~1 863.11	1.10	绿灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造,含较多钙质团块,局部有呈不规则状钙质粉砂岩和细砂岩条带
99-6	1 863.11~1 864.44	1.33	深绿灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,含较多钙质团块
99-7	1 864.44~1 864.54	0.10	深绿灰色薄层状泥岩,块状构造,含较多钙质团块
100-1	1 864.54~1 864.77	0.23	深绿灰色中层状泥岩,块状构造,含钙质团块
100-2	1 864.77~1 865.04	0.27	深绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,偶见钙质团块
100-3	1 865.04~1 865.97	0.93	深绿灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造,钙质团块
100-4	1 865.97~1 866.47	0.50	绿灰色厚层状粉砂岩,块状构造,偶见泥砾,较多钙质团块
100-5	1 866.47~1 866.64	0.17	棕灰色中层状细粒砂岩,发育槽状交错层理,滑塌构造较发育,底部发育冲刷面,绿灰色粉砂岩团块,细砂岩具油味,不污手
100-6	1 866.64~1 866.77	0.13	绿灰色中层状粉砂岩,块状构造,少量云母
100-7	1 866.77~1 867.00	0.23	棕灰色细砂岩夹绿灰色粉砂岩,上部发育滑塌变形构造,中部发育粉砂岩团块,下部细砂岩中发育槽状交错层理,底部发育冲刷面,细砂岩含油
100-8	1 867.00~1 867.10	0.10	绿灰色薄层状粉砂岩,块状构造,细砂岩团块
100-9	1 867.10~1 867.33	0.23	棕灰色中层状细砂岩,滑塌变形构造,下部细粒砂岩具块状构造,底部发育冲刷面。绿灰色粉砂质泥岩砾石,大小、形状不一,不具定向性,细粒砂岩有含油痕迹
100-10	1 867.33~1 867.57	0.24	绿灰色中层状泥质粉砂岩,发育水平波纹层理,下部发育细砂质条带与团块,发育变形层理,底部发育重荷构造
100-11	1 867.57~1 867.70	0.13	棕灰色中层状细砂岩,下部发育爬升层理,底部见冲刷面,含泥质粉砂岩团块、条带
100-12	1 867.70~1 867.92	0.22	绿灰色中层状泥质粉砂岩,发育水平波纹层理,底部见冲刷面,冲刷面之下见一厚1 cm的泥岩薄夹层
100-13	1 867.92~1 868.83	0.91	绿灰色厚层状粉砂岩,发育滑塌变形构造及断续波纹层理,发育不规则含油细砂岩团块、条带、泥质条带和云母片
100-14	1 868.83~1 869.50	0.67	棕灰色厚层状细砂岩,上部发育平行层理,中、下部发育小型槽状交错层理,底部发育冲刷面及砾石。细砂岩中发育少量泥砾、云母片,细砂岩具较淡油味
100-15	1 869.50~1 869.56	0.06	绿灰色薄层状泥质粉砂岩,块状构造,发育云母片和含油细砂岩条带
100-16	1 869.56~1 871.04	1.48	棕灰色厚层状细砂岩,由底部到顶部依次发育槽状交错层理、平行层理、板状交错层理、爬升层理和水平层理,底部见冲刷面
100-17	1 871.04~1 871.19	0.15	棕灰色中层状细砂岩,平行层理,细砂岩具油味
100-18	1 871.19~1 871.33	0.14	浅灰色中层状钙质细砂岩,平行层理,底部发育冲刷面和少量泥砾
100-19	1 871.33~1 871.91	0.58	绿灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,少量炭屑及钙质团块
100-20	1 871.91~1 872.44	0.53	绿灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造,含少量炭屑
100-21	1 872.44~1 873.18	0.74	浅灰色厚层状粉砂岩,块状构造,局部发育绿灰色粉砂质泥岩团块
100-22	1 873.18~1 873.64	0.46	绿灰色泥质粉砂岩,块状构造,偶见泥砾
100-23	1 873.64~1 874.89	1.25	浅灰色厚层状细砂岩,中、上部发育板状交错层理,下部发育槽状交错层理,底部发育冲刷面。下部细砂岩中见泥砾,泥砾形状不一,中部局部见泥砾
100-24	1 874.89~1 875.59	0.70	深绿灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造
100-25	1 875.59~1 876.34	0.75	棕灰色粉砂质泥岩,块状构造,较多钙质团块,团块周围粉砂质泥岩颜色变为绿灰色
100-26	1 876.34~1 877.01	0.67	深绿灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造,偶见钙质团块,局部见棕灰色泥质粉砂岩呈斑状分布
100-27	1 877.01~1 877.08	0.07	绿灰色薄层状粉砂岩,槽状交错层理
101-1	1 877.08~1 877.90	0.82	绿灰色厚层状细砂岩,上部发育平行层理,下部发育槽状交错层理、爬升层理,底部发育冲刷面,下部含泥砾和钙质团块
101-2	1 877.90~1 877.96	0.06	深绿灰色薄层状泥质粉砂岩,水平波纹层理,泥质条带和泥质团块
101-3	1 877.96~1 878.03	0.07	绿灰色薄层状细砂岩,小型槽状交错层理,底部发育冲刷面,下部含泥砾和钙质团块
下伏地层	泉三段	平行不整合接触	
上覆地层	泉四段	平行不整合接触	
泉三段			
101-4	1 878.03~1 878.16	0.13	深绿灰色中层状泥岩,块状构造
101-5	1 878.16~1 878.98	0.82	棕灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,含较多钙质团块

101-6	1 878. 98~1 880. 47	1. 49	深绿灰色杂棕灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造,下部含较多钙质团块
101-7	1 880. 47~1 881. 38	0. 91	灰棕色厚层状泥岩,块状构造
101-8	1 881. 38~1 881. 56	0. 18	绿灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造,底部发育冲刷面
101-9	1 881. 56~1 881. 86	0. 30	棕灰色中层状粉砂质泥岩,波纹层理,顶部见砂球、砂枕构造和绿灰色砂球
101-10	1 881. 86~1 882. 43	0. 57	绿灰色中层状粉砂岩,小型槽状交错层理,底部发育冲刷面和泥砾,冲刷面下面为一层 2. 5 cm 的粉砂质泥岩薄层
101-11	1 882. 43~1 883. 78	1. 35	灰棕色厚层状泥岩,块状构造,较多形状不规则的钙质团块,中、下部局部见深绿色斑点
101-12	1 883. 78~1 885. 68	1. 90	棕灰色杂深绿灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,较多不规则状钙质团块
101-13	1 883. 68~1 886. 48	2. 80	灰棕色杂深绿灰色厚层状泥岩,块状构造,较多不规则状钙质团块
101-14	1 886. 48~1 887. 23	0. 75	绿灰色厚层状泥岩,块状构造,少量钙质团块
101-15	1 887. 23~1 889. 49	2. 26	灰棕色块状粉砂质泥岩,块状构造,偶见钙质团块,局部混入不规则状的绿灰色粉砂岩团块,底部发育具变形层理的浅灰色细砂岩条带、团块
101-16	1 889. 49~1 889. 59	0. 10	浅灰色薄层状细砂岩,小型槽状交错层理
102-1	1 889. 59~1 889. 74	0. 15	浅灰色中层状含钙细砂岩,发育小型槽状交错层理,底部发育冲刷面,偶见泥砾、虫迹
102-2	1 889. 74~1 890. 44	0. 70	绿灰色厚层状细砂质粉砂岩,上部发育滑塌变形构造,下部发育爬升层理,含大量棕灰色泥砾,形状、大小不一,层面上见云母,偶见钙质细砂岩薄夹层
102-3	1 890. 44~1 890. 74	0. 30	浅灰色中层状细砂岩,发育槽状交错层理,中部夹层发育变形层理,见绿灰色、棕灰色泥岩及绿灰色粉砂岩薄夹层
102-4	1 890. 74~1 890. 97	0. 23	灰棕色杂绿灰色中层状粉砂质泥岩,顶部发育滑塌变形构造、包卷层理,见泥质粉砂岩团块,中、下部发育块状构造
102-5	1 890. 97~1 891. 46	0. 49	灰棕色中层状泥岩,块状构造
102-6	1 891. 46~1 891. 99	0. 53	绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,绿灰色斑点
102-7	1 891. 99~1 892. 28	0. 29	绿灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造
102-8	1 892. 28~1 892. 62	0. 34	棕灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,绿灰色斑点
102-9	1 892. 62~1 892. 79	0. 17	灰棕色中层状泥岩,块状构造,钙质团块
102-10	1 892. 79~1893. 08	0. 29	绿灰色中层状粉砂岩,发育槽状交错层理,底部发育冲刷面,夹杂棕灰色粉砂质泥岩团块、钙质粉砂岩团块
102-11	1 893. 08~1 893. 25	0. 17	棕灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,底部发育水平波纹层理,夹杂绿灰色泥质粉砂岩团块
102-12	1 893. 25~1 893. 35	0. 10	绿灰色薄层状粉砂岩,发育槽状交错层理,底部发育冲刷面,局部夹泥质条带
102-13	1 893. 35~1 893. 97	0. 62	灰棕色厚层状粉砂质泥岩,滑塌构造,发育大量绿灰色泥质粉砂岩、粉砂岩团块及泥质条带和钙质团块
102-14	1 893. 97~1 894. 09	0. 12	绿灰色中层状钙质细砂岩,发育槽状交错层理,深绿灰色泥质条带
102-15	1 894. 09~1 894. 32	0. 23	灰棕色中层状粉砂质泥岩,块状构造,偶见粉砂岩团块
102-16	1 894. 32~1 894. 74	0. 42	绿灰色中层状泥质粉砂岩,发育波纹层理,夹钙质粉砂岩条带
102-17	1 894. 74~1 895. 09	0. 35	绿灰色中层状泥岩,块状构造,夹杂灰棕色斑点
102-18	1 895. 09~1 895. 59	0. 50	绿灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造
102-19	1 895. 59~1 896. 12	0. 53	灰棕色厚层状泥岩,块状构造,偶见钙质团块与绿灰色斑点
102-20	1 896. 12~1 897. 04	0. 92	灰棕色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,下部发育较多钙质团块与绿灰色泥质粉砂岩团块
102-21	1 897. 04~1 897. 22	0. 18	中浅灰色中层状粉砂岩,波状层理,发育灰棕色斑点,底部发育冲刷面
102-22	1 897. 22~1 897. 46	0. 24	绿灰色杂灰棕色中层状泥质粉砂岩,块状构造,偶见钙质团块
102-23	1 897. 46~1 898. 38	0. 92	中浅灰色厚层状粉砂岩,块状构造,偶见钙质团块
102-24	1 898. 38~1 899. 30	0. 92	棕灰色厚层状泥岩,块状构造,下部发育绿灰色粉砂质泥岩斑块
102-25	1 899. 30~1 899. 69	0. 39	绿灰色中层状粉砂岩,块状构造,见少量植物碎片,下部发育棕灰色斑点
102-26	1 899. 69~1 900. 64	0. 95	棕灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造,较多绿灰色粉砂岩团块,少量钙质团块
102-27	1 900. 64~1 900. 99	0. 35	绿灰色中层状细砂岩,发育少量棕灰色斑点,小型槽状交错层理,底部发育冲刷面
102-28	1 900. 99~1 901. 39	0. 40	灰棕色中层状粉砂质泥岩,块状构造,发育绿灰色泥质粉砂岩斑块
102-29	1 901. 39~1 901. 69	0. 30	绿灰色中层状粉砂岩,水平波纹层理,见灰棕色粉砂质泥岩斑块、条带、钙质团块,底部发育冲刷面
102-30	1 901. 69~1 901. 75	0. 06	灰棕色薄层状泥岩,块状构造
102-31	1 901. 75~1 902. 10	0. 35	绿灰色中层状粉砂岩,水平波纹层理,见少量钙质团块
103-1	1 902. 10~1 902. 60	0. 50	棕灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,偶见钙质团块,局部见深绿色斑点
103-2	1 902. 60~1 903. 70	1. 10	深绿灰色杂棕灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,上部见绿灰色细砂岩条带,局部含钙质

103-3	1 903.70~1 904.10	0.40	灰棕色杂深绿灰色中层状泥岩,块状构造
103-4	1 904.10~1 904.95	0.85	灰棕色厚层状泥岩,块状构造,下部含少量绿灰色泥质粉砂岩团块
103-5	1 904.95~1 905.50	0.55	绿灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造,局部混有少量灰棕色泥岩,偶见变形层理
103-6	1 905.50~1 906.00	0.50	灰棕色杂深绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造
103-7	1 906.00~1 906.85	0.85	灰棕色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,局部偶见绿灰色粉砂质泥岩团块
103-8	1 906.85~1 907.55	0.70	棕灰色厚层状泥质粉砂岩,块状构造,局部有少量灰棕色泥岩团块、条带,下部发育绿灰色泥质粉砂岩团块
103-9	1 907.55~1 908.35	0.80	灰棕色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,局部发育水平层理
103-10	1 908.35~1 908.70	0.35	绿灰色中层状粉砂质泥岩,块状构造,偶见钙质团块
103-11	1 908.70~1 909.18	0.48	棕灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造,局部见灰棕色泥岩团块
103-12	1 909.18~1 909.55	0.37	灰棕色中层状泥岩,块状构造,偶见深绿灰色斑点和钙质团块
103-13	1 909.55~1 910.05	0.50	棕灰色中层状泥质粉砂岩,发育小型槽状交错层理,局部发育变形层理,有灰棕色泥岩和绿灰色粉砂质泥岩混入,呈不规则状
103-14	1 910.05~1 911.70	1.65	灰棕色厚层状泥岩,块状构造,少量钙质团块,偶见深绿灰色泥质粉砂岩团块和绿灰色粉砂岩条带,局部含钙质
104-1	1 911.70~1 912.52	0.82	灰棕色厚层状泥岩,块状构造,含较多钙质团块
104-2	1 912.52~1 913.15	0.63	棕灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,含较多钙质团块和深绿灰色斑点
104-3	1 913.15~1 913.40	0.25	深绿灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造,混入较多棕灰色粉砂质泥岩团块
104-4	1 913.40~1 915.00	1.60	灰棕色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,较多钙质团块,上部少量深绿灰色粉砂质泥岩团块

底部未穿

## 2 岩性、岩相、旋回地层

在松科 1 井泉头组岩心中共识别出 9 种岩性(图 2)以及 12 种岩石颜色,其中以粉砂质泥岩出现的频次最高,其次为泥质粉砂岩和泥岩,颜色以绿灰色(5G6/1)出现频次最高,其次为棕灰色(5YR4/1)、灰棕色(5YR3/2)和绿灰色(5GY6/1),而以上述岩性、颜色表述的岩石如绿灰色泥质粉砂岩、绿灰色粉砂质泥岩、灰棕色泥岩、灰棕色粉砂质泥岩、棕灰色粉砂质泥岩的出现频次很高,它们的互层沉积构成了钻遇井段泉头组的背景沉积,其余低频次出现的岩性主要是一些快速沉积或者事件沉积。

泉头组岩心中共可识别出曲流河、三角洲和浅湖沉积 3 种沉积相。曲流河包括河床、堤岸、河漫 3 种沉积亚相以及点砂坝(图版 I-1,2,3)、天然堤(图版 I-4)、决口扇(图版 I-5,6)、决口水道(图版 I-7)、河漫滩(图版 I-8)、河漫湖(图版 I-9,10)6 种沉积微相;三角洲前缘亚相包括河口砂坝(图版 I-11)、水下分流河道间 2 种沉积微相;浅湖亚相包括静水泥质沉积(图版 I-12)和浊流沉积(图版 I-12)2 种微相。曲流河沉积代表了从泉三段顶部到泉四段中上部本区的背景沉积,其中又以河漫沉积占优势,反映出该时期本区是一种长期河流泛滥占主导的沉积环境特点。泉四段顶部短暂的浅湖泥质沉积是湖盆水进的标志,表明泉四段沉积末期松辽湖盆水体开始扩张。

泉四段最上部的三角洲沉积是河流砂体注入的结果,其形成可能与松辽盆地泉头组末期短暂的普遍抬升<sup>[3,16]</sup>有关。

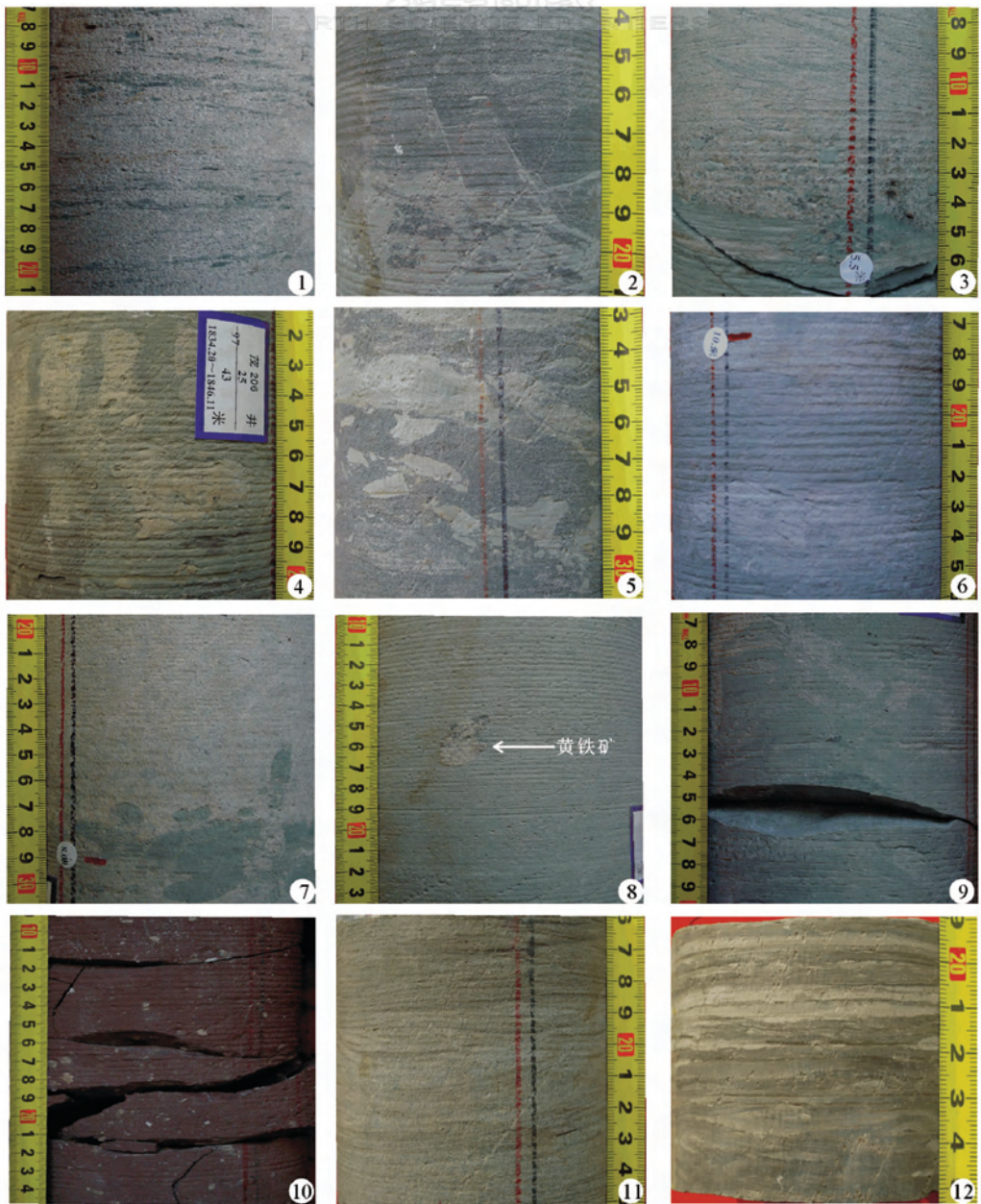
在背景沉积上出现的短暂沉积或者事件沉积与背景沉积组成了一系列的米级旋回,可以用沉积微相或者沉积微相组合来表述这种米级旋回。泉头组中识别出 2 类即正粒序型和反粒序型共 8 种米级旋回,正粒序型包括点砂坝-天然堤、点砂坝-天然堤-河漫滩-河漫湖、决口扇-河漫滩、决口扇-河漫湖、决口水道-河漫滩-河漫湖、决口扇沉积共 6 种;反粒序型包括分流间湾-分流河口砂坝、湖相静水泥质沉积-砂质浊流沉积共 2 种,其成因机制在相关文献中已有论述<sup>[17]</sup>。在松科 1 井钻遇的泉头组中共识别出 76 个米级旋回,3~4 个米级旋回叠加成五级旋回,揭示泉三段共 8 个五级旋回,泉四段 17 个五级旋回,2~3 个五级旋回叠加成四级旋回,泉三段 3 个四级旋回,泉四段 6 个四级旋回。四级旋回在泉三段叠加成 1 个三级旋回,在泉三段叠加成 1 个三级旋回。

## 3 讨论与结论

### 3.1 泉四段—泉三段顶部精细序列总体特征

松科 1 井泉头组是一套以河流相泛滥盆地沉积为主的岩石地层,共 9 种岩石类型;发育曲流河、浅湖和三角洲前缘 3 种亚相共 10 种沉积微相;在岩相



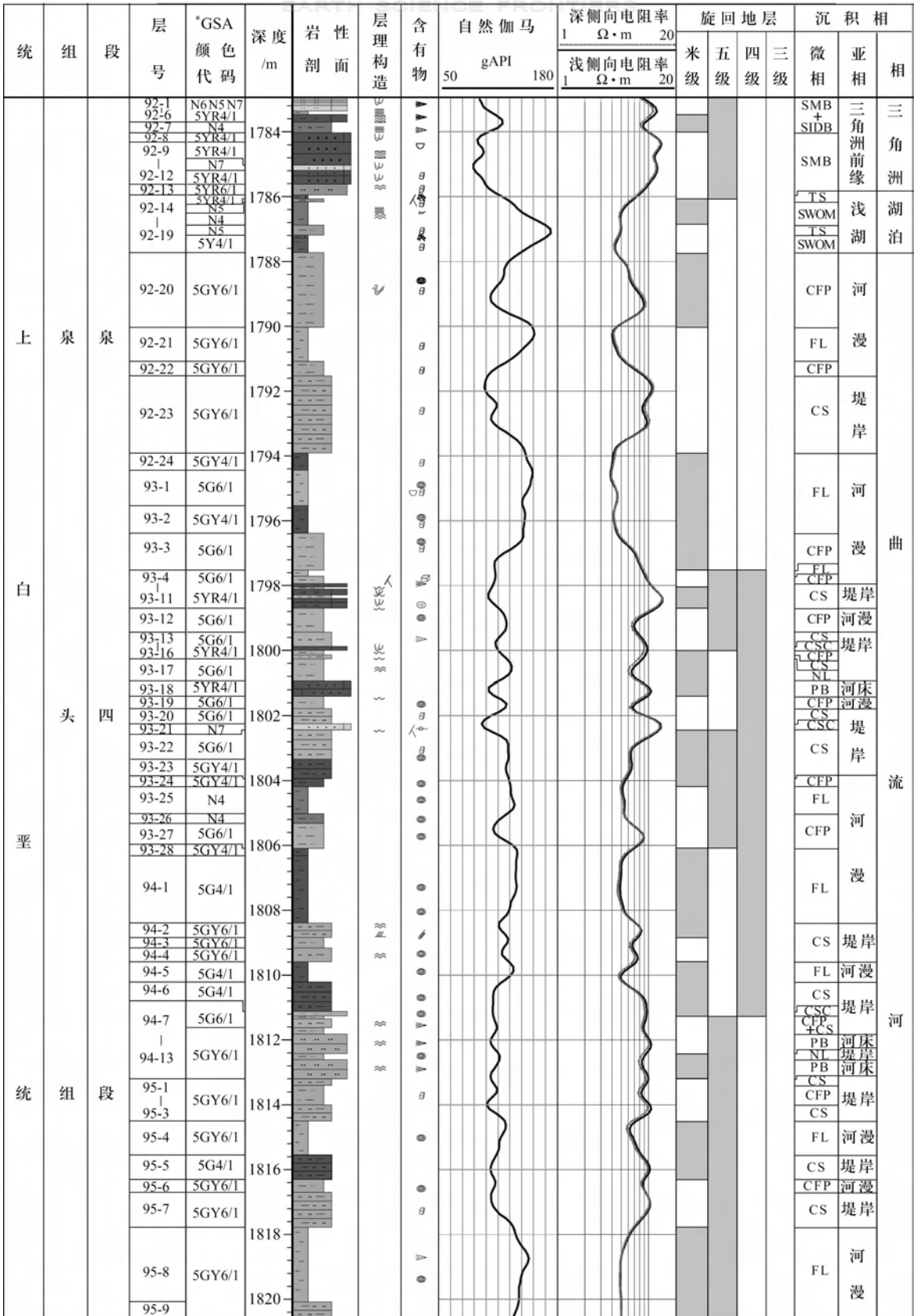


图版 I 松科 1 井南孔泉头组岩性、沉积相特征图版

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

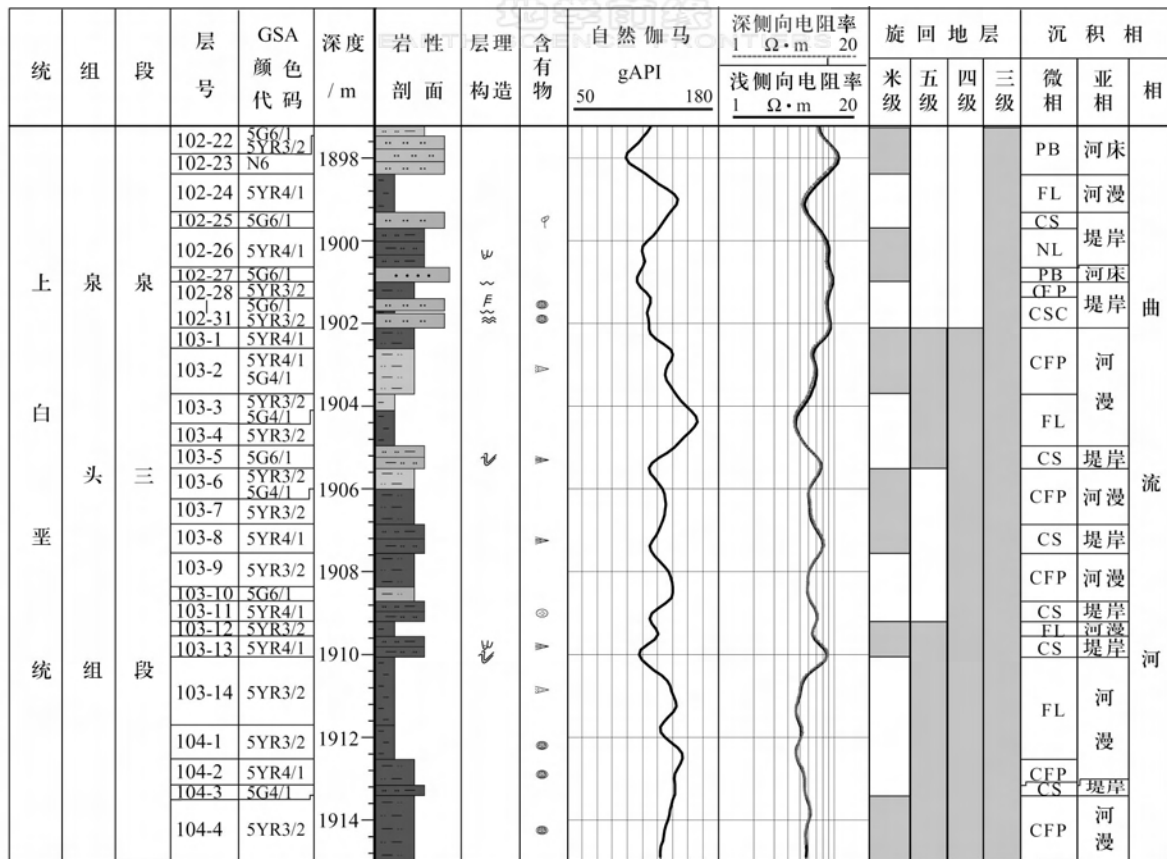
1—浅灰色厚层状细粒砂岩,小型交错层理,发育泥砾和泥岩条带,点砂坝沉积。泉四段,井深:1 874.74 m。2—中上部棕灰色中层状钙质粉砂岩,下部绿灰色中层状泥质粉砂岩,钙质粉砂岩发育小型交错层理和阶梯状小正断层,点砂坝沉积。泉四段,井深:1 798.29 m。3—绿灰色中层状细粒砂岩,发育槽状交错层理,见泥质粉砂岩砾石及其条带,底部发育冲刷面,点砂坝沉积。泉四段,井深:1 839.63 m。4—绿灰色中层状粉砂质泥岩,发育波纹层理,钙质团块,生物遗迹,天然堤沉积。泉四段,井深:1 840.32 m。5—棕灰色中层状细粒砂岩,滑塌变形构造,发育撕裂状绿灰色粉砂质泥岩条带、团块,形状、大小不一,决口扇沉积。泉四段,井深:1 867.19 m。6—深绿灰色厚层状泥质粉砂岩,发育小型交错层理,不规则细砂岩团块,决口扇沉积。泉四段,井深:1 856.61 m。7—浅灰色中层状钙质细粒砂岩,发育平行层理,底部包裹不规则粉砂质泥岩,发育冲刷面,决口水道沉积。泉四段,井深:1 802.43 m。8—绿灰色中层状泥质粉砂岩,块状构造,见黄铁矿与河漫滩沉积。泉四段,井深:1 867.19 m。9—绿灰色厚层状粉砂质泥岩,块状构造,发育不规则钙质粉砂岩条带,河漫滩沉积。泉四段,井深:1 805.84 m。10—棕灰色粉砂质泥岩,块状构造,发育较多小钙质团块,河漫滩沉积。泉四段,井深:1 855.95 m。11—浅灰色薄层状钙质粉砂岩,中下部发育槽状交错层理,上部发育波状层理,且夹少量泥岩条带,三角洲前缘河口砂坝沉积。泉四段,井深:1 783.21 m。12—中深灰色中层状泥岩夹浅绿灰色薄层状粉砂质泥岩,泥岩发育水平层理,局部轻微变形,浅湖静水泥质沉积和浊流沉积。泉四段,井深:1 786.33 m

地学前缘









SIDB: 水下分流河道间 TS: 浊流沉积 SWOM: 静水泥水沉积 PB: 点砂坝 NL: 天然堤 CS: 决口扇 CSC: 决口水道 CFP: 河漫滩 FL: 河漫湖

图1 松科1井南孔泉头组精细岩性-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 Quantou Formation (CCSD-SK 1s)

\*注:GSA颜色代码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>。N7—浅灰色;N6—中浅灰色;N5—中灰色;N4—中深灰色;5GY6/1—绿灰色;5GY4/1—深绿灰色;5G6/1—绿灰色;5G4/1—深绿灰色;5Y4/1—橄榄灰色;5YR6/1—浅棕灰色;5YR4/1—棕灰色;5YR3/2—灰棕色

序列上共识别出8种共76个米级旋回(六级旋回),25个五级旋回,8个四级旋回,2个三级旋回。

### 3.2 泉三、四段厘米级刻画的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

从目前钻遇地层来看,泉头组的红层沉积主要分布在泉四段中部及其以下层位,也就是松辽盆地赛诺曼期的红层沉积,同期红层沉积在土耳其<sup>[18]</sup>以及波兰<sup>[19-20]</sup>的海相沉积中发育。全球白垩系陆相红层的研究不多,因此松科1井南孔泉三、四段厘

米级刻画的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。

### 3.3 泉头组盆地规模砂岩储层的形成与盆地类型转化

松辽盆地扶余油层和杨大城子油层发育在泉头组四段和泉头组三段,是盆地内广泛分布的砂岩油层。泉头组四段和泉头组三段的砂岩储层主要以曲流河相和三角洲相这两种砂体为主,在横向上,盆地不同的构造位置(如西部斜坡和中央拗陷)两种砂体

① Resources Inventory Committee. Guidelines and Standards to Terrain Mapping in British Columbia, 1996.

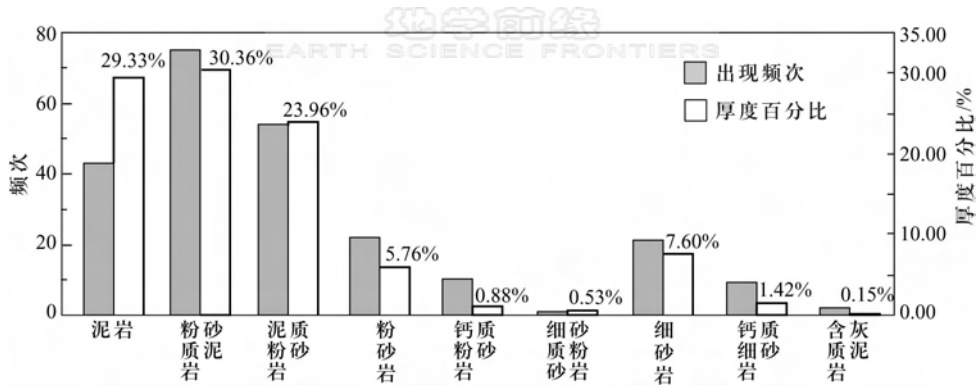


图2 松科1井南孔泉头组岩心岩性出现频次、厚度百分比图

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

出现的比率有所不同,但几乎展布了全盆地,侧向延伸远;在纵向上,有效储层砂体的总厚度占地层总厚度的比率小,这两种砂体往往是河流泛滥沉积和浅水湖泥质沉积的夹层,这与盆地填平补齐式沉积或准平原化密切相关。该时期曲流河沉积与三角洲沉积的广泛发育或准平原化,可以看作松辽盆地大规模深拗陷形成的开始。松科1井揭示的泉四段顶部三角洲储层砂岩是由于泉头组末期短暂的构造抬升、沉积相带向盆地迁移导致盆地砂体进积形成的。泉头组三、四段大规模砂岩储层的形成与该时期准平原化以及短暂的构造抬升有关<sup>[3]</sup>。松辽盆地由断陷盆地(营城期末结束)转化为大型拗陷盆地(登娄库期开始,青山口期达到最大),登娄库期和泉头期处于一个过渡阶段。登娄库组具有断拗沉积的特征而分布局限,但泉头组具有准平原化沉积特征而分布广泛,因此该阶段既是断拗转化阶段,也是大规模拗陷的初始阶段。泉头组四段和泉头组三段的砂岩是大规模拗陷盆地形成前的必然沉积产物。

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[M]. Beijing: Science Press, 1962; 52-59(in Chinese).  
 [2] 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).  
 [3] Zhou Z N. The unconformity between Cretaceous Qingshank-

ou Formation and Quantou Formation of Songliao Basin and its significance in petroleum geology[J]. Experimental Petroleum Geology, 1986, 8(4): 344-350(in Chinese).  
 [4] Ye D Q, Zhong X C. Cretaceous of Petroliferous Region, North China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1990; 42-44(in Chinese).  
 [5] 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).  
 [6] Ye D Q, Zhang Y. Distributional characteristics of ostracoda from members 3-4 of the Quantou Formation in the Songliao Basin, and subdivisions of the Fuyu and Yangdachengzi oil-bearing sand[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1991, 8(4): 351-363(in Chinese).  
 [7] 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).  
 [8] 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).  
 [9] Gao R Q, Zhao C B, Qiao X Y, et al. Palynology of Cretaceous Oil Stratigraphy, Songliao Basin[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994; 55-64(in Chinese).  
 [10] Li W B. Palynoflora from the Quantou Formation of Songliao Basin, NE China and its bearing on the upper-lower Cretaceous boundary[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2001, 40(2): 153-176(in Chinese).  
 [11] 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).  
 [12] 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).
- [13] 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).
- [14] Shu P, Ding R X, Ji X Y, et al. SHRIMP zircon geochronology of reservoir volcanic rocks in the Qingshen gas field, Songliao Basin[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2007, 26(3): 239-246(in Chinese).
- [15] Li W B, Li J G. Albian palynological assemblage from the borehole YU-302 in Yushu—With focus on the age of the Dengloulou Formation in Songliao Basin[J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 2005, 44(2): 209-228(in Chinese).
- [16] Wang G D, Cheng R H, Yu M F, et al. Basin tectonic setting and paleoclimate revealed from minerals and geochemistry of the sediments[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2006, 36(2): 202-206(in Chinese).
- [17] 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).
- [18] Görür, Tüysüz, Aykol A, et al. Cretaceous red pelagic carbonates of Northern Turkey: Their place in the opening history of the Black Sea[J]. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 1993, 86 (3): 819-838.
- [19] Bak K. Cretaceous oceanic red beds in southern Poland[C]// Hu X, Sarti M. Cretaceous Oceanic Red Beds (CORB) in an Apennines-Alps-Carpathians Transect. Field Guidebook for Inaugural Workshop of IGCP 463, Ancona Italy, 2002: 73-115.
- [20] Wang C S, Hu X M. Cretaceous world and oceanic red beds [J]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12(2): 11-21(in Chinese).
- [2] 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.
- [3] 周振南. 松辽盆地白垩系青山口组与泉头组不整合接触关系及其石油地质意义[J]. *石油实验地质*, 1986, 8(4): 344-350.
- [4] 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: 42-44.
- [5] 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.
- [6] 叶得泉, 张莹. 松辽盆地泉头组三、四段介形类化石的分布特征与扶、杨油层细分[J]. *微体古生物学报*, 1991, 8(4): 351-363.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 黎文本. 从孢粉组合论证松辽盆地泉头组的地质时代及上、下白垩统界线[J]. *古生物学报*, 2001, 40(2): 153-176.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 舒萍, 丁日新, 纪学雁, 等. 松辽盆地庆深气田储层火山岩锆石地质年代学研究[J]. *岩石矿物学杂志*, 2007, 26(3): 239-246.
- [15] 黎文本, 李建国. 吉林榆树榆-302孔阿尔布期孢粉组合——兼论松辽盆地登娄库组的地质时代[J]. *古生物学报*, 2005, 44(2): 209-228.
- [16] 王国栋, 程日辉, 于民凤, 等. 沉积物的矿物和地球化学特征与盆地构造和古气候背景[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2006, 36(2): 202-206.
- [17] 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.
- [20] 王成善, 胡修棉. 白垩纪世界与大洋红层[J]. *地学前缘*, 2005, 12(2): 11-21.

## 参考文献: