

松南15井微古组合及其地层意义

裘松余

(地矿部吉林石油普查指挥所)

最近,笔者在吉林省怀德县松南15井嫩一段和青山口组获得了丰富的孢粉、轮藻和介形类化石,对它们进行了详细研究。其中,又以孢粉化石尤为丰富,可划分为一个亚组合带和1个组合带,自下而上依序如下:

- 1.SchizaeoisPorites—TricolPollenites组合带。
- 2.Proteacidites—SchizaeoisPorites亚组合带。

嫩一段为Proteacidites—SchizaeoisPorites所代表的地层。SchizaeoisPorites—TricolPollenites组合带代表了青山口组沉积。这两个孢粉组合为划分对比地层和识别地震反射波组提供了可靠的生物地层学依据。据此,重新划分了地层并修正了地震反射波组(见表2)。

松南15井位于吉林省怀德县秦家屯乡四家子村西约500m处的公路南侧(图1)。至今,本井为梨树地区唯一的全取芯井,井深949.46m,揭示地层自下而上的泉一段(未穿)到嫩一段。在嫩一段和青山口组获较丰富的孢粉、介形类和轮藻化石,为我们划分对比浅部地层和地震波组识别提供了可靠的生物地层学依据。

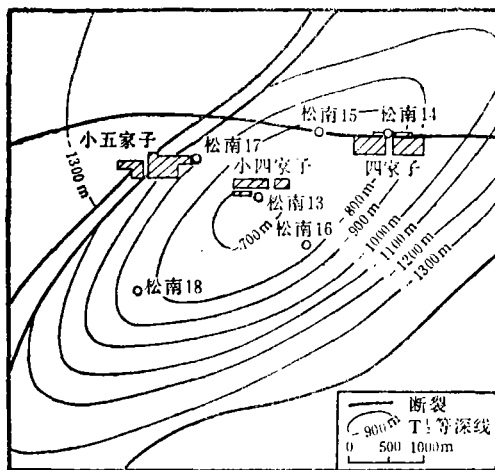


图1 钻孔位置图

一、地层概述

上覆地层 第四系(Q)：褐黄色沙、黄土及底部砾石层，视厚20.6m。

~~~~~不整合~~~~~

嫩江组一段(K<sub>2</sub>n<sup>1</sup>) 视厚132.9m

29.灰褐色块状泥岩与灰绿色、灰白色块状粉砂质泥岩不等厚互层，底部有1层厚约0.5m的灰白色砾岩，视厚13.5m。产轮藻：*Euaclistochara mundula* var. *elliptica*, *Aclistochara songliaoensis*, *Charites* sp.；介形类：*Ziziphocypris siamakovi*, *Candoniella candida*, *Candona prona*, *Rhinocypris echinata*, *Cypridea adumbrata*, C.sp., *Lycocypris* sp.；孢粉化石十分丰富，以裸子植物花粉占优势(60.3%)，次为被子植物花粉(25.2%)，蕨类孢子少量(14.5%)。蕨孢主要为*Schizaeosporites*，占5.5%；裸子植物花粉主要分子有*Inaperturopollenites*(17.5%)、*Classopollis*(18.9%)、*Cycadopites*(12.8%)；被子植物花粉以*Cupulifero-idaepollenites*为主(5.5%)，并有少量基柱山龙眼粉*Beaupreaidites*(2.1%)，鹰粉*Aquilapollenites*(1.3%)，圆球粉*Orbiculapollis*(0.9%)，等体粉*Integricorpus*(0.4%)伴生其中，属*Proteacidites-Schizaeosporites*亚组合带(表1)。

28.灰白色块状粉砂质泥岩与浅灰色块状泥岩互层，视厚13m。含少量孢粉化石。

27.灰白色块状细粒含岩屑长石砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩与灰绿色块状泥岩略等厚互层，视厚18.7m。含少量介形类：*Candona glaber*；产丰富的孢粉化石，属*Proteacidites-Schizaeosporites*亚组合带(表1)。

26.灰色厚层状泥岩、粉砂质泥岩与紫色、灰紫色厚层状泥岩、粉砂质泥岩等厚互层，夹灰白色块状泥质粉砂岩、细粒岩屑长石砂岩，视厚18m。上部含较多的黄铁矿。含介形虫碎片，产丰富的孢粉化石，以裸子植物花粉为主(57.6%)，蕨类孢子与被子植物花粉几等，分别为22.3%和20.1%，仍属*Proteacidites-Schizaeosporites*亚组合带(表1)。

25.灰绿色块状泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩与灰白色块状粉砂质泥岩、粉砂岩、细粒含岩屑长石砂岩不等厚互层，底部有厚约0.5m的灰绿色砂岩、砾岩各1层，具冲刷面，视厚34.2m。

24.灰白色、浅灰色块状粉砂质泥岩、泥质粉砂岩与灰白色厚层状细粒含岩屑长石砂岩略等厚互层，中夹1层厚约1m的灰绿色块状泥岩，视厚35.5m。产介形类：*Candona disjuncta*, *Ziziphocypris simakovi*, *Cypridea* sp., *Lycocypris* sp.等；轮藻：*Euaclistochara mundula* var. *elliptica*, *Aclistochara songliaoensis*等；孢粉化石十分丰富，裸子植物花粉占35.1-57.5%，蕨孢占24.8-39.3%，被子植物花粉占17.7-25.6%。属典型的*Proteacidites-Schizaeosporites*亚组合带(表1)。

~~~~~整合~~~~~

姚家组(K₂y) 视厚89.5m

23.浅灰色、灰绿色块状泥岩与灰白色块状泥质粉砂岩等厚互层，上部夹2层厚约

1m的灰白色厚层状细粒含岩屑长石砂岩和1层厚约0.8m的灰白色厚层状砂砾岩, 视厚39.5m。局部见较多的黄铁矿和钙质结核。产少量介形类化石: *Ziziphocypris simakovi*。

22. 灰白色块状砾岩、粗粒含岩屑长石砂岩、泥质粉砂岩与灰绿色、浅灰色块状泥岩不等厚互层, 组成2个正韵律, 视厚25m。常见较丰富的钙质结核。

21. 灰白色块状粗粒到细粒含岩屑长石砂岩、泥质粉砂与灰绿色、浅灰色块状泥岩不等厚互层, 组成2个正韵律, 视厚25m。常见钙质结核。

-----平行不整合-----

青山口组 (K_2qn) 视厚202m

20. 灰白色中厚层状粗粒到细粒含岩屑长石砂岩、灰白色薄层状泥质粉砂岩、浅灰色块状泥岩组成韵律层, 往上泥岩增多, 视厚33m。顶部钙质结核和黄铁矿丰富, 底部有1层厚约0.5m的灰白色厚层状砂砾岩, 具冲刷面。产丰富的孢粉化石, 裸子植物花粉占47.0%, 被子植物花粉占32.6%, 蕨类孢子占20.4%。属 *Schizaeoisporites-Tricolporopollenites* 组合带 (表1)。

19. 灰白色中厚层状泥质粉砂岩、粉砂岩与灰绿色、浅灰色块状泥岩等厚互层, 夹浅灰色、灰白色中厚层状泥砾岩、细粒含岩屑长石砂岩各8层, 视厚90.5m。下部钙质结核和黄铁矿较丰富。中、上部见有轮藻化石: *Songliaochara heilongjiangensis*, *Charites* sp., *Aclistochara songliaoensis*, *Euaclistochara mundula* var. *elliptica* 和丰富的孢粉化石, 裸子植物花粉占79.5%, 被子植物花粉占3.9%, 蕨类孢子占11.6%。蕨类孢子以希指蕨为主, 占7.4%; 裸子植物花粉主要分子为苏铁粉、克拉梭粉、无口器粉; 被子植物花粉除小个体的三沟粉外, 还有少量三孔沟粉和个别鹰粉, 属 *Schizaeoisporites-Tricolporopollenites* 组合带 (表1)。

18. 灰色、灰绿色、紫褐色块状泥岩夹浅灰色: 灰白色块状泥质粉砂岩和灰白色中层状细粒含岩屑长石砂岩, 视厚21.5m。上部的灰绿色泥岩中见较多的黄铁矿。在灰色泥岩中见有较丰富的轮藻化石: *Euaclistochara mundula* var. *elliptica*, *Maedlerisphaera subglobosa*, *Obtusochara niaoheensis* 和少量介形类化石: *Ziziphocypris costata*, *Candona glader*, *Cypridea* aff. *covernosa*。

17. 灰白色块状细粒含岩屑长石砂岩与黑褐色块状含油粉、细砂岩互层, 视厚12m。

16. 浅灰色、灰绿色、紫褐色、紫色块状泥岩夹灰白色中、厚层状泥质粉砂岩, 粉砂岩及细粒含岩屑长石砂岩, 视厚45m。泥岩颜色向下变紫。在上部泥质粉砂岩中见有丰富的轮藻化石: *Maedlerisphaera subglobosa*, *M. binxianensis*。在下部获少量孢粉化石: *Deltoidospora* sp., *Cicatricosisporites* sp., *Schizaeoisporites* sp., *Classopollis* sp., *Inaperturopollenites* sp., *Tricolpites* sp. 等。

-----整合-----

泉头组 (K_2q) 视厚 > 504.46m

泉四段 (K_2q^4) 视厚66.0m

15. 灰绿色、紫褐色厚层块状泥岩与褐色厚层状含油粉砂岩、细粒含岩屑长石砂岩

互层, 夹灰白色中、厚层状泥质粉砂岩, 组成4个正韵律, 视厚66.0m。泥岩中见有较多的钙质结核。顶部的灰绿色块状泥岩中见有少量轮藻化石: *Obtusochara niaoheensis*。

泉三段 (K_2q^3) 视厚263.5m

14. 紫色块状泥岩夹灰绿色厚层块状泥岩、泥质粉砂岩。底部有1层厚约0.5m的灰绿色泥砾岩, 具冲刷面, 视厚31.5m。

13. 紫褐色块状泥岩, 视厚28.5m。

12. 紫褐色块状泥岩夹灰绿色块状粉砂质泥岩, 泥质粉砂岩、含油粉砂岩及灰褐色块状含油粉砂岩、细粒含岩屑长石砂岩, 视厚42m, 顶部的灰绿色粉砂质泥岩中有钙质结核, 底部有1层厚约2m的灰色厚层状泥砾岩, 具冲刷面。

11. 紫褐色厚层状泥岩与灰绿色、灰褐色块状含油泥质粉砂岩及灰白色粉砂岩、细粒含岩屑长石砂岩互层, 视厚22.5m。中部见有钙质结核。底部有1层厚约2.5m的灰绿色厚层状泥砾岩。含少量孢粉化石: *Cyathidites* sp., *Deltoidospora* sp., *Aequitri-radites* sp., *Monosulcites* sp., *Inaperturopollenites* sp., *Piceapollenites* sp.。

10. 紫褐色、灰绿色、灰褐色厚层状泥岩夹灰色、灰褐色厚层状粉砂岩、细粒含岩屑长砂岩, 底部有1层厚约2.5的灰绿色厚层状泥砾岩, 视厚37.5m。

9. 灰绿色、灰白色厚层块状泥质粉砂岩夹灰褐色、褐色厚层块状含油中粒到细粒含岩屑长石砂岩, 少量紫褐色泥岩和3层灰绿色, 灰白色厚层状泥砾岩, 视厚59m。含少量孢粉化石: *Cycadopites* sp., *Inaperturopollenites* sp., *Pinuspollenites* sp., *Podocarpidites* sp., *Ephedripites* (E.) sp., *Pinaceae*和少量蕨孢: *Laevigatosporites* sp., *Undulatisporites* sp.。

8. 灰绿色、紫色厚层状泥岩与灰色厚层状泥质粉砂岩、灰褐色块状含油粉砂岩互层, 视厚28.m。下部有2层紫褐色厚层状砾岩和1层灰绿色厚层状砂砾岩。

7. 灰绿色、紫色厚层状泥岩与灰褐色、褐色、黑褐色厚层状含油粉砂岩不等厚互层, 底部有1层厚约4m的黑褐色块状含油砂砾岩, 视厚14.5m。

泉一、二段 (K_2q^{1-2}) 视厚>174.96m

6. 灰色块状泥质粉砂岩与灰色块状中粒到粗粒含岩屑长石砂岩不等厚互层, 中夹1层紫色厚层状泥岩, 底部为1层厚约1m的灰色厚层状砾岩, 视厚16.5m。

5. 紫色、灰色块状砾岩、砂砾岩与灰色块状中粒到粗粒含岩屑长石砂岩、灰色块状含油粉砂岩互层, 夹灰色中、厚层状泥岩、含砾泥岩, 视厚25m。

4. 灰色块状泥岩、粉砂质泥岩与灰色块状泥质粉砂岩、粉砂岩、黑褐色块状含油粉砂岩互层, 夹4层灰白色、灰色块状砾岩, 视厚33m。

3. 灰色、灰绿色块状泥岩、粉砂质泥岩、含砾泥岩夹黑褐色块状含油中粒到粗粒含岩屑长石砂岩、底部有1层灰绿色厚层状砾岩, 视厚25m。

2. 灰色、灰绿色块状泥岩, 粉砂质泥岩、含砾泥岩与同色块状泥质粉砂岩、中粒含岩屑长石砂岩互层, 中夹3层黑褐色块状含油砂砾岩、粗粒含岩屑长石砂岩、底部有1层厚约3m的灰绿色块状砾岩, 视厚44m。含少量孢粉化石: *Deltoidospora* sp., *Monosulcites* sp., *Classopollis* sp., *Inaperturopollenites* sp., *Psophosphaera* sp.。

表1 松南15井孢粉统计表

| 层位 样号 井深 (m) | 嫩江组一段 (K ₂ n') | | | | | | 青山口组 (K ₂ qn) | |
|---------------------------|---------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|--------------------------|-------|
| | B4 | B8 | B10 | B12 | B16 | B25 | B35 | B40 |
| | 32.5 | 50.5 | 64.4 | 79.2 | 119.4 | 144.2 | 274.0 | 316.8 |
| 孢粉名称 | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | |
| Cyathidites minor | | | | 3/1.1 | 2/1.3 | 4/1.7 | 4/1.7 | |
| Deltoidospora sp. | 6/2.6 | 3/2.3 | | 1/0.4 | 8/5.2 | 8/2.5 | 9/3.9 | 5/2.2 |
| Osmundacidites sp. | | | | 1/0.4 | 1/0.7 | | | |
| Cibotiumspora sp. | | | | | | 1/0.4 | | |
| Densoisporites sp. | | | | | | | | 1/0.4 |
| Hsuisporites sp. | 2/0.9 | | | 2/0.7 | | | 1/0.4 | 2/0.9 |
| Laevigatosporites haardi | 1/0.5 | | | 1/0.4 | | | | |
| Ceratosporites sp. | | | 1/0.5 | 1/0.4 | 4/2.6 | 1/0.4 | 5/2.2 | 1/0.4 |
| Lycopodiumsporites sp. | | | 1/0.5 | | | | | |
| Lycopodiacidites | 1/0.4 | | | 1/0.4 | | 1/0.4 | | |
| cerniidites | | | | | | 2/0.8 | | 1/0.5 |
| Lygodiumsporites sp. | | | | | | | | |
| Foveosporites sp. | | 1/0.7 | | | | | | |
| Concavissimisporites | | | | | | 2/0.8 | | |
| varierrucatus | | | | 1/0.4 | | | | |
| Aequitriradites sp. | | | | 1/0.4 | | | | |
| Klukisporites variegatus | 1/0.5 | | | | | | | |
| Toroisporites minor | 1/0.4 | | | | | | | |
| Trilobosporites sp. | | 1/0.8 | 1/0.5 | | | 5/2.1 | | |
| Cicatricosisporites sp. | 5/2.1 | | | | 4/2.6 | | 1/0.5 | 1/0.4 |
| Pilosisporites sp. | | | | | | 1/0.4 | | |
| Contignisporites sp. | | | | | | | | 1/0.4 |
| Schizaeoisporites sp. | 3/1.3 | 10/7.6 | 8/4.2 | 12/4.5 | 5/3.2 | 11/4.5 | 4/1.7 | 4/1.8 |
| S. laevigataeformis | 3/1.3 | 2/1.5 | 6/3.1 | 8/2.3 | | 13/5.4 | 5/2.2 | 7/3.1 |
| S. kulandynensis | 1/0.4 | 1/0.7 | 4/2.1 | 7/2.6 | 4/2.5 | 6/2.5 | 1/0.4 | 1/0.4 |
| S. disertus | 1/0.4 | | 1/0.5 | 1/0.4 | | 1/0.4 | | |
| S. microsphaericus | 1/0.4 | | | 4/1.5 | | 8/3.3 | 1/0.5 | 2/0.9 |
| S. evidens | 1/0.4 | 1/0.8 | 2/1.0 | 3/1.1 | | 1/0.4 | 1/0.4 | |
| S. certus | 3/1.3 | 1/0.8 | 2/1.0 | 5/1.9 | 2/1.3 | | 1/0.5 | 1/0.4 |
| S. perlatus | | | | | | | 3/1.3 | |
| S. longus | | | 3/1.5 | | | | | 1/0.4 |
| S. cretaciis | | 2/1.5 | 1/0.5 | 5/1.9 | | 4/1.7 | 1/0.4 | 1/0.4 |
| S. praeclarus | | | 2/1.0 | | | 2/0.8 | | |
| Pterisisporites sp. | | | 1/0.5 | | 1/0.7 | 1/0.4 | | |
| Leptolepidites sp. | | | 1/0.5 | | | 1/0.4 | | |
| Gabonisporites sp. | | | 2/1.0 | | | 15/6.2 | 2/0.9 | |
| Crybelosporites sp. | | 1/0.8 | | | | | | |
| Triporoletes sp. | 2/0.8 | 4/3.1 | 1/0.5 | 1/0.4 | 1/0.7 | | 1/0.4 | 1/0.4 |
| Polycingulatisporites sp. | 1/0.4 | | | 2/0.7 | 2/1.3 | 1/0.4 | 4/1.7 | 3/1.3 |
| Nevesisporites sp. | | | | 1/0.4 | | 2/0.9 | 1/0.4 | 2/0.9 |
| Interulobites sp. | | | | | | 1/0.4 | 2/0.9 | |
| Balmeisporites sp. | | | | | | 1/0.4 | | |
| Biretisporites sp. | | | | | 2/1.3 | | | |
| Undulatisporites sp. | | | | | 1/0.7 | | | 3/1.3 |

续表 1

| 层位 样号 粒数/百分含量(%) 孢粉名称 | 嫩江组一段 (K2n') | | | | | | | 青山口组 (K2qn) | |
|-------------------------------------|--------------|---------|----------------|---------|---------|---------|---------|-------------|--|
| | B4 | B8 | B10 | B12 | B16 | B25 | B35 | B40 | |
| | 32.5 | 50.5 | 64.4 | 79.2 | 119.4 | 144.2 | 274.0 | 316.8 | |
| A | | | | | | | | | |
| Verrucosisporites sp. | | 1/0.8 | | | 1/0.7 | | | 3/1.3 | |
| Radiorugosiporites yichangensis | 1/0.4 | | 1/0.5 3/1.6 | | | | | | |
| Dictyotriletes sp. | | | | | | 3/1.3 | | | |
| Microreticulatisporites sp. | | | | | | 1/0.4 | | | |
| B | | | | | | | | | |
| Cycadopites sp. | 30/12.8 | 25/19.1 | 22/11.3 | 49/18.4 | 14/9.2 | 30/12.4 | 42/18.3 | 34/14.8 | |
| Monosulcites sp. | 2/0.8 | | 2/1.0 | 2/0.8 | | 2/0.8 | 8/3.5 | 6/2.6 | |
| Araucariacites sp. | 2/0.8 | | | 1/0.4 | | | 1/0.4 | | |
| Classopollis sp. | 8/3.4 | 3/2.3 | 2/1.0 | 3/1.1 | 4/2.6 | 3/1.2 | | | |
| C. classoides | 21/9.6 | 20/15.2 | 4/2.1 | 38/14.4 | 33/21.6 | | 12/5.2 | 63/27.6 | |
| C. triangulus | 5/2.1 | | | | | 1/0.4 | 1/0.4 | 16/7.0 | |
| C. minimus | 9/3.8 | | 2/1.0 | 8/3.0 | | 1/0.4 | 1/0.4 | 1/0.4 | |
| Pinuspollenites sp. | | 1/0.8 | | 4/1.5 | | 1/0.4 | 1/0.4 | 1/0.4 | |
| Piceapollenites sp. | 1/0.4 | | | 1/0.4 | | 2/0.8 | 2/0.9 | 2/0.9 | |
| Cedripites sp. | 1/0.4 | | | | | | | | |
| Podocarpidites sp. | | | 1/0.5 | | | | 1/0.5 | 2/0.9 | |
| Pinaceae | 2/0.8 | 1/0.8 | 2/1.0 | 2/0.8 | | | 5/2.2 | | |
| Palaeoconiferus sp. | | | | | | | | 1/0.4 | |
| Phyllocladidites sp. | 1/0.4 | | 1/0.5 | | | | | 2/0.9 | |
| Ephedripites (E.) sp. | 6/2.5 | 1/0.8 | 14/7.2 | 6/2.3 | 1/0.7 | 28/11.6 | 9/4.0 | 5/2.2 | |
| F. (Distachyapites) ps eudotriletes | 2/0.8 | | 6/3.1 | 1/0.4 | | 4/1.7 | 1/0.4 | 6/2.6 | |
| Schizosporis sp. | 2/0.8 | | | | | | | | |
| Inaperturopollenites sp. | 41/17.5 | 16/12.1 | 26/13.3 | 24/9.1 | 30/19.5 | 9/3.7 | 18/7.8 | 34/14.8 | |
| Taxodiapiceapollenites sp. | 3/1.3 | 1/0.8 | 1/0.5 | 8/3.0 | 5/3.2 | 4/1.7 | 3/1.3 | 7/3.1 | |
| Siqiapollenites sp. | 1/0.4 | | | | | | | | |
| Exesipollenites sp. | | | | 1/0.4 | | | 1/0.4 | 2/0.9 | |
| Psophosphaera sp. | 1/0.4 | | | 1/0.4 | | | 1/0.4 | | |
| Sphaeripollenites sp. | 3/1.3 | | | 2/0.8 | 1/0.7 | | | | |
| Welitchispitus sp. | | | 3/1.6 | | | | | | |
| Jugella sp. | | | 1/0.5 | 1/0.4 | | | 1/0.5 | | |
| C | | | | | | | | | |
| Salixpollenites sp. | 2/0.9 | 2/1.5 | 2/1.0 | 4/1.5 | 2/1.3 | 2/0.8 | 5/2.2 | | |
| Betulaceoipollenites sp. | | | | | | 1/0.4 | | | |
| Momiipites coryloides | | | 1/0.5 | | | | | | |
| Alnipollenites sp. | | | | 1/0.4 | | | | | |
| Castaneoipollenites sp. | 4/1.7 | 1/0.8 | 1/0.5 | | 1/0.7 | 4/1.7 | | | |
| Cupuliferoidaeipollenites sp. | 13/5.5 | 6/4.6 | 6/3.1 | 6/2.3 | 2/1.3 | 9/3.7 | 11/4.7 | 2/0.9 | |
| Ulmipollenites sp. | | | 1/0.5 | | | | | | |
| Proteacidites sp. | | 1/0.8 | | | | 2/0.8 | | | |
| Beaupreaidites sp. | 5/2.1 | | 3/1.5 | 2/0.8 | 1/0.7 | 8/3.3 | | | |
| Magnoliipollis sp. | 2/0.9 | | | | | | | | |
| Repicisporites sp. | | | | | | 1/0.4 | | | |
| Sapindaceae sp. | | | | | | 1/0.4 | | | |

续表 2

| 层位 样号 井深(m) | 嫩江组一段 (K _{2n}) | | | | | | 青山口组 (K _{2qn}) | |
|----------------------------|--------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|--------------------------|----------|
| | B4 | B8 | B10 | B12 | B16 | B25 | B35 | B40 |
| 孢粉名称 | 32.5 | 50.5 | 64.4 | 79.2 | 119.4 | 144.2 | 274.0 | 316.8 |
| Tricolporopollenites sp. | 1/0.4 | 1/0.8 | 7/3.6 | 4/1.5 | | 4/1.7 | 4/1.7 | |
| T. rhombohedraia | | | | | | | | 2/0.9 |
| C Tricolporopollenites sp. | 4/1.7 | 4/3.0 | 6/3.1 | 2/0.7 | 1/0.6 | 1/0.4 | 4/1.7 | |
| Triporopollenites sp. | 1/0.4 | 2/1.5 | 5/2.6 | 1/0.4 | 2/1.3 | 1/0.4 | 4/1.7 | |
| Nyssa-pollenites sp. | | | | 2/0.7 | 1/0.7 | | | |
| Araliaceae | | | | 1/0.4 | | | | |
| Fraxinoidipollenites sp. | 2/0.9 | 1/0.7 | 1/0.5 | 1/0.4 | 3/1.9 | 2/0.8 | 10/4.4 | |
| Liliacidites sp. | 1/0.4 | | 2/1.0 | | | | 1/0.5 | |
| Lytharites sp. | | | 4/2.1 | | | 3/1.3 | | |
| Cranwellia sp. | | | 3/1.6 | | | | | |
| C. striata | | | | 3/1.1 | | 4/1.7 | | |
| C. conspicuus | | | 2/1.0 | | 1/0.7 | | | |
| Striatellipollis sp. | | | 1/0.5 | | | | | |
| Sporopollis sp. | 2/0.9 | | | 1/0.4 | | 1/0.4 | | |
| Clavati-pollenites sp. | 2/0.9 | 2/1.5 | | 4/1.5 | 5/3.2 | 3/1.3 | | |
| Tricolpites sp. | 7/3.0 | 6/4.6 | 2/1.0 | 4/1.5 | 6/3.9 | 1/0.4 | 17/7.4 | 2/0.9 |
| Ilex-pollenites sp. | | | | | | | 1/0.4 | |
| Asteropollis sp. | 1/0.4 | | | | | | | |
| Gothanipollis sp. | | | | 1/0.4 | 1/0.7 | | 1/0.4 | |
| Interpollis tenuiplicus | 1/0.4 | | | | | 1/0.4 | 1/0.5 | |
| Orbiculapollis sp. | 2/0.9 | 1/0.8 | 3/1.5 | | | 3/1.2 | | |
| Symplacoidipollenites sp. | | 1/0.7 | | | | | | |
| Tetraporopollenites sp. | 1/0.4 | | 2/1.0 | 1/0.4 | 1/0.7 | | | |
| Aquila-pollenites sp. | 3/1.3 | | 3/1.6 | | | 1/0.4 | | 2/0.8 |
| Integricorpus sp. | 1/0.4 | | 4/2.1 | | | 2/0.8 | | |
| Mancicorpus sp. | | | 1/0.5 | | | | | |
| Quantonen-pollenites sp. | 4/1.7 | 7/5.4 | 7/3.6 | 15/5.7 | | 7/2.9 | 16/7.0 | 1/0.4 |
| 总计 (粒) | 234 | 131 | 195 | 264 | 153 | 242 | 230 | 229 |
| A 蕨类孢子 | 34/14.5 | 28/21.4 | 41/21.0 | 59/22.3 | 38/24.8 | 95/39.3 | 47/20.4 | 38/16.6 |
| B 裸子植物花粉 | 141/60.3 | 68/51.9 | 87/44.6 | 152/57.6 | 88/57.5 | 85/35.1 | 108/47.0 | 182/79.5 |
| C 被子植物花粉 | 59/25.2 | 35/26.7 | 67/34.4 | 53/20.1 | 27/17.7 | 62/25.6 | 75/32.6 | 9/3.9 |

1. 灰色、灰绿色块状泥岩、含砾泥岩夹灰色块状中粒到粗粒含岩屑长石砂岩, 灰色厚层状砾岩及2层黑褐色厚层状含油砾岩和粗粒含岩屑长石砂岩, 视厚>31.46m。

二. 微古组合特征及时代讨论

本井青山口组以上地层微古化石较为丰富, 青山口组和嫩江组一段的孢粉化石尤丰。根据被子植物花粉可分为Proteacidites-Schizaeoisporites亚组合带和Schizaeoisporites-Tricolporopollenites组合带, 前者为嫩一段, 后者为青山口组, 自下而上依

序叙述于后:

1. 青山口组微古组合特征

青山口组孢粉谱

蕨类孢子16.6—20.0(%)

| | | |
|---------|-----------------------|---------|
| 桫欏孢属 | Cyathidites | 0—1.7 |
| 三角孢属 | Deltoidospora | 2.2—3.9 |
| 拟套环孢属 | Densoisporites | 0—0.4 |
| 徐氏孢属 | Hsuisporites | 0.4—0.9 |
| 角刺孢属 | Ceratosporites | 0.4—2.2 |
| 光面海金砂孢属 | Lygodiumsporites | 0—0.5 |
| 无突助纹孢属 | Cicatricosisporites | 0.4—0.5 |
| 具环助纹孢属 | Contignisporites | 0—0.4 |
| 希指蕨孢属 | Schizaeoisporites | 7.4 |
| 加蓬孢属 | Gabonispuris | 0—0.9 |
| 三孔孢属 | Triporoletes | 0.4 |
| 多环孢属 | Polycingulatisporites | 1.3—1.7 |
| 三花孢属 | Nevesisporites | 0.4—0.9 |
| 内瓣孢属 | Interulobites | 0—0.9 |
| 圆形块瘤孢属 | Verrucosisporites | 0—1.3 |

裸子植物花粉 47.0—79.5(%)

| | | |
|--------|----------------------|-----------|
| 苏铁粉属 | Cycadopites | 14.8—18.3 |
| 单远极沟粉属 | Monosulcites | 2.6—3.5 |
| 南美杉粉属 | Araucariacites | 0—0.4 |
| 克拉梭粉属 | Classopllis | 6.0—35.0 |
| 松科 | Pinaceae | 0—2.2 |
| 双束松粉属 | Pinuspollenites | 0.4 |
| 云杉粉属 | Piceaeoollenites | 0.4 |
| 罗汉松粉属 | Podocarpidites | 0.5—0.9 |
| 古松柏粉属 | Palaeoconiferus | 0—0.4 |
| 叶枝杉粉属 | Phyllocladidites | 0—0.9 |
| 麻黄粉亚属 | Ephedripites (E.) | 2.2—4.0 |
| | E. (Distachyapites) | 0.4—2.6 |
| 无口器粉属 | Inaperturopollenites | 7.8—14.8 |
| 杉粉属 | Taxodiaceapollenites | 1.3—3.1 |
| 隐孔粉属 | Exesipollenites | 0.4—0.9 |
| 皱球粉属 | Fsophosphaera | 0—0.4 |
| | Jugella | 0—0.5 |

| 被子植物花粉 3.9—32.6● (%) | | |
|----------------------|---------------------------------|---------|
| 柳粉属 | <i>Salixpollenites</i> | 0—2.2 |
| 壳斗粉属 | <i>Cupuliferoidaepollenites</i> | 0.9—4.7 |
| 三沟粉属 | <i>Tricolpopollenites</i> | 0—1.7 |
| 三孔沟粉属 | <i>Tricolporopollenites</i> | 0.9—1.7 |
| 三孔粉属 | <i>Tripoporopollenites</i> | 0—1.7 |
| 栲粉属 | <i>Fraxinoipollenites</i> | 0—4.4 |
| 百合粉属 | <i>Liliacidites</i> | 0—0.5 |
| 拟三沟粉属 | <i>Tricolpites</i> | 0.9—7.4 |
| 冬青粉属 | <i>Ilexpollenites</i> | 0—0.4 |
| 高腾粉属 | <i>Gothanipollis</i> | 0—0.4 |
| | <i>Interpollis</i> | 0—0.5 |
| 鹰粉属 | <i>Aquilapollenites</i> | 0—0.8 |
| 泉头粉属 | <i>Quantonenpollenites</i> | 0.3—7.0 |

这个孢粉组合以裸子植物花粉为主,其中以苏铁粉最多,占14.8—18.3%,次为无口器粉,占7.8—14.8%,克拉梭粉含量个别样很高。蕨孢以希指蕨孢为主,占7.4%,出现了少量三花粉、加蓬孢。被子植物花粉类型和含量较多,除个体小的三沟粉外,还有三孔沟粉、三孔粉和个别高腾粉、鹰粉,相当于高瑞祺^[3]的晚期三沟粉阶段(Later Tricolpate suite),时代为森诺曼期。从蕨孢和被子植物花粉来看显然属Schizaeoispores-Tricolporopollenites组合带。再结合少量三花粉、加蓬孢和个别高腾粉、鹰粉出现,时代为晚森诺曼期,产于青山口组上部。与之共生的轮藻化石主要为Euaclistochara mundula var. elliptica,并偶见Aclistochara songliaoensis, Songliaochara sp.等。其下孢粉化石十分贫乏,恰见有较丰富的轮藻化石和少量介形类化石。轮藻以Euaclistochara mundula var. elliptica, Maedlerisphaera Subglobosa, M. binxianensis为主,还有少量Obtusochara niaoheensis,为典型的青山口组的滨县梅球轮藻亚组合带(Maedlerisphaera binxianensis assemblage subzone)。在井深373m处还见到少量介形类化石: Ziziphocypris costata, Candona glaber, Cypridea aff. covernosa, 具嫩江组色彩,因数量太少,暂作先驱处理。总之,微体化石组合表明不可能是泉头组,而以归于青山口组为宜。

2. 嫩江组一段微古组合特征

嫩江组一段孢粉谱

| 蕨类孢子 21.0—39.3 (%) | | |
|--------------------|-----------------------|-------|
| 桫欏孢属 | <i>Cyathidites</i> | 0—1.7 |
| 三角孢属 | <i>Deltoidospora</i> | 0—5.2 |
| 紫箕孢属 | <i>Osmundacidites</i> | 0—0.7 |
| 金毛狗孢属 | <i>Cibotiumspora</i> | 0—0.4 |
| 徐氏孢属 | <i>Hsuisporites</i> | 0—0.9 |

●含量偏高是由于鉴定统计时侧重之故

| | | |
|----------------------|-------------------------------------|----------|
| 光面单缝孢属 | <i>Laevigatosporites</i> | 0—0.5 |
| 角刺孢属 | <i>Ceratosporites</i> | 0—2.6 |
| 石松孢属 | <i>Lycopodiumsporites</i> | 0—0.5 |
| 拟石松孢属 | <i>Lycopodiacidites</i> | 0—0.4 |
| 光面海金砂孢属 | <i>Lygodiumsporites</i> | 0—0.8 |
| 疏穴孢属 | <i>Foveosporites</i> | 0—0.7 |
| 凹边瘤面孢属 | <i>Concavissimisporites</i> | 0—0.8 |
| 弱缝膜环孢属 | <i>Aequitriradites</i> | 0—0.4 |
| 克鲁克孢属 | <i>Klukisporites</i> | 0—0.5 |
| 具唇孢属 | <i>Toroisporites</i> | 0—0.4 |
| 三瓣孢属 | <i>Trilobosporites</i> | 0—2.1 |
| 无突肋纹孢属 | <i>Cicatricosisporites</i> | 0—2.6 |
| 刺毛孢属 | <i>Pilosisporites</i> | 0—0.4 |
| 希指蕨孢属 | <i>Schizaeosporites</i> | 5.5—19.0 |
| 凤尾蕨孢属 | <i>Pterisisporites</i> | 0—0.7 |
| 多环孢属 | <i>Polycingulatisporites</i> | 0—1.3 |
| 三花孢属 | <i>Nevesisporites</i> | 0—0.9 |
| 内瓣孢属 | <i>Interulobites</i> | 0—0.4 |
| 巴尔姆孢属 | <i>Balmeisporites</i> | 0—0.4 |
| 脊缝孢属 | <i>Biretisporites</i> | 0—1.3 |
| 波缝孢属 | <i>Undulatisporites</i> | 0—0.7 |
| 圆形块瘤孢属 | <i>Verrucosisporites</i> | 0—0.8 |
| 辐射皱纹孢属 | <i>Radiorugosisporites</i> | 0—0.5 |
| 网面三缝孢属 | <i>Dietyotriletes</i> | 0—1.6 |
| 细网纹孢属 | <i>Microreticulatisporites</i> | 0—0.4 |
| 裸子植物花粉 35.1—60.3 (%) | | |
| 苏铁粉属 | <i>Cycadopites</i> | 9.2—19.1 |
| 单远极沟粉属 | <i>Monosulcites</i> | 0—3.5 |
| 南美杉粉属 | <i>Araucariacites</i> | 0—0.8 |
| 克拉梭粉属 | <i>Classopollis</i> | 2.0—23.2 |
| 双束松粉属 | <i>Pinuspollenites</i> | 0—1.5 |
| 云杉粉属 | <i>Piceapollenites</i> | 0—0.9 |
| 雪松粉属 | <i>Cedripites</i> | 0—0.4 |
| 罗汉松粉属 | <i>Podocarpidites</i> | 0—0.5 |
| 松科 | <i>Pinaceae</i> | 0—1.0 |
| 叶枝杉粉属 | <i>Phyllocladidites</i> | 0—0.5 |
| 麻黄粉亚属 | <i>Ephedripites</i> (E.) | 0.7—11.6 |
| | <i>E.</i> (<i>Distachyapites</i>) | 0—3.1 |

| | | |
|---------|---------------------------|---------------|
| 对裂粉属 | Schizosporis | 0—0.8 |
| 无口器粉属 | Inaperturopollenites | 3.7—19.5 |
| 杉粉属 | Taxodiaceapollenites | 0.5—3.2 |
| | Siqiapollenites | 0—0.4 |
| 隐孔粉属 | Exesipollenites | 0—0.4 |
| 皱球粉属 | Psophosphaera | 0—0.4 |
| 球粉属 | Sphaeripollenites | 0—1.3 |
| | Welitchispitus | 0—1.6 |
| | Jugella | 0—0.5 |
| | 被子植物花粉 | 17.7—34.4 (%) |
| 柳粉属 | Salixpollenites | 0.8—1.5 |
| | Momipites | 0—0.5 |
| 桤木粉属 | Alnipollenites | 0—0.5 |
| 栗粉属 | Castaneoipollenites | 0—1.7 |
| 壳斗粉属 | Cupuliferoidaeipollenites | 1.3—5.5 |
| 脊榆粉属 | Ulmipollenites | 0—0.5 |
| 山龙眼粉属 | Proteacidites | 0—0.8 |
| 基柱山龙眼粉属 | Beaupreaidites | 0—3.3 |
| 木兰粉属 | Magnolipollis | 0—0.9 |
| | Repicisporites | 0—0.4 |
| 紫树粉属 | Nyssapollenites | 0—0.7 |
| 栲粉属 | Fraxinoipollenites | 0.4—1.9 |
| 百合粉属 | Liliacidites | 0—1.0 |
| 棒纹粉属 | Clavatipollenites | 0—3.2 |
| 拟千屈菜粉属 | Lytharites | 0—2.1 |
| 克氏粉属 | Cranwellia | 0—1.7 |
| 高腾粉属 | Gothanipollis | 0—0.7 |
| | Interpollis | 0—0.4 |
| 鹰粉属 | Aquilapollenites | 0—1.6 |
| 圆球粉属 | Orbiculapollis | 0—1.5 |
| 一面体粉属 | Mancicorpus | 0—0.5 |
| 等体粉属 | Integricorpus | 0—2.1 |
| 三沟粉属 | Tricolpopollenites | 0.4—3.1 |
| 拟三沟粉属 | Tricolpites | 0.4—4.6 |
| 三孔沟粉属 | Tricolporopollenites | 0—3.6 |
| 三孔粉属 | Tripoporopollenites | 0.4—2.6 |
| 四孔粉属 | Tetrapoporopollenites | 0—1.0 |

这个孢粉组合以被子植物花粉含量较高(17.7—34.4%), 含有较多的基柱山龙眼

粉、山龙眼粉，并有少量鹰粉型花粉如：鹰粉、一面体粉、等体粉、圆球粉相伴其中为特征，相当于高瑞祺（1982）〔3〕的山龙眼粉亚阶段，时代为晚土伦期。蕨孢以希指蕨孢为主，次为杪椌孢、三角孢、无突肋纹孢等。显然属典型的Proteacidites—Schizaeoisporites亚组合带；可与同28孔、依1孔嫩江组的孢粉组合〔1〕相比。与其共生的还有

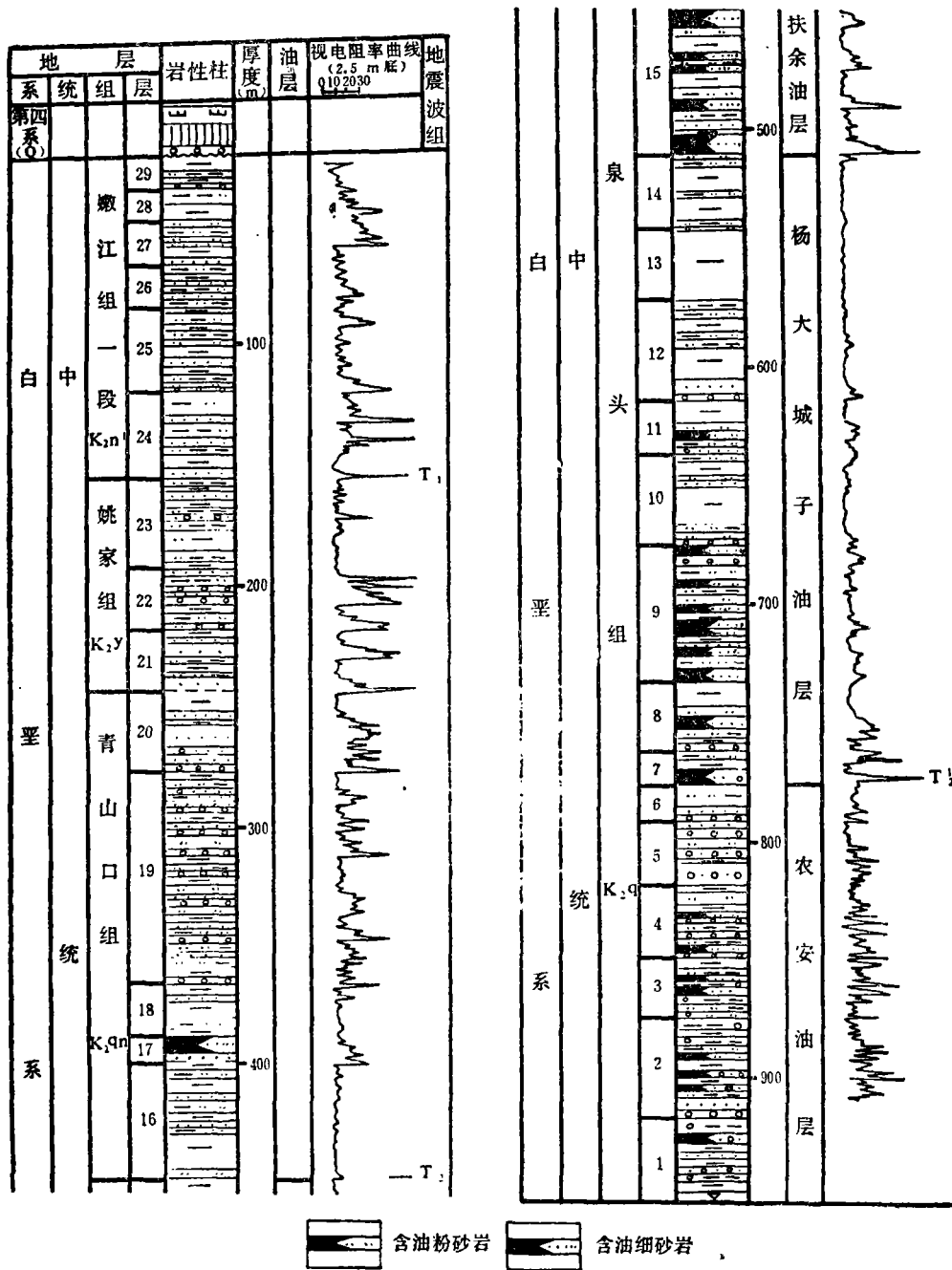


图2 松南15井综合柱状图

少量轮藻化石：*Aclistochara songliaoensis*, *Charites* sp., *Euaclistochara mundula* Var. *elliptica*等；介形类：*Ziziphocypris simakovi*, *Candoniella candida*, *Candona prona*, *C. glaber*, *Rhinocypris echinata*, *Cypridea adumbrata*, *C. unicastata*, *Lycopteroocypris* sp.等，与孢粉组合的时代结论相吻合。并应指出的是上述鹰粉型花粉是国内外晚白垩世的标准分子，如等体粉、圆球粉等从嫩江组开始出现，因此，产这个孢粉组合的地层当属嫩江组而非青山口组。至于为什么将其归于嫩一段，是由于未见嫩二段至嫩五段常见的桑寄生粉、鞘花粉等。

三、姚家组和泉头组的划分依据

至于姚家组因产化石甚少，只见个别介形类*Ziziphocypris simakovi*，其时限较长，不能作为划分地层的依据。因此，只能根据地层层序律和间隔带来推断。从图2可见，其上为嫩一段，其下为青山口组，岩性及电性曲线差异明显，青山口组为紧密梳齿状，偶夹尖刀状；姚家组下部为高齿分叉状，上部为低齿状，为一下粗上细的正旋回；嫩江组一段下部为低齿状与尖刀状交互。再结合这套地层位于青山口组*Schizaeoisporites*—*Tricolporopollenites*组合带和嫩江组一段*Proteacidites*—*Schizaeoisporites*亚组合带之间，故而推断为姚家组。

泉头组的划分则根据岩性组合特征和电阻曲线等。从图2可见泉四段（即扶余油层）为高齿、低齿交互组成4个正韵律，为块状砂岩集中段。泉三段（即杨大城子油层）下部为中低齿状，上部为微齿状，为一明显的下粗上细的正旋回。泉一、二段（即农安油层）为紧密尖刀状，粗碎屑砂砾岩夹泥岩，低渗高阻，反映为泉头组沉积时期早期填平补齐，近物源快速堆积的特点。至于为什么不将这套地层归于“登娄库组”，主要是根据地层层序律。因为在邻近的松南17井、松南18井其下的孢粉组合以克拉梭粉高含量为特征，属典型的*Classopollis*—*Cyathidites*—*Schizaeoisporites*—*Tricolporopollenites*

表2 松南15井地层划分对比表

| 本 文 | | | | | 终 孔 报 告 1988 ^① | | | | | 梨 树 组 的 波 组 1988 | | | | | | |
|-----|-------|-----|---------|-----------|---------------------------|----------------|-----|-------|-------|------------------|-----------|------------------|------------------|---|------------------|------------------|
| 系 | 统 | 组 段 | 井 深 (m) | 视 厚 度 (m) | 地 震 波 组 | 油 层 | 系 | 统 | 组 段 | 井 深 (m) | 视 厚 度 (m) | 地 震 波 组 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 系 | 统 | 组 段 |
| 第四系 | 白 垩 系 | 中 统 | | 20.6 | 20.6 | T ₁ | 第四系 | 白 垩 系 | | 20.6 | 20.6 | T ₁ ' | T ₁ " | | | |
| | | | 嫩江组一段 | 153.5 | 132.9 | | | | 青山口组 | 143.5 | 122.9 | | | | | |
| | | | 姚家组 | 243.0 | 89.5 | | | | 泉四段 | 243.0 | 99.5 | | | | | |
| | | | 青山口组 | 445.0 | 202.0 | | | | 泉三段 | | 268.0 | | | | | |
| | | | 泉四段 | 511.0 | 66.0 | | | | 泉二段 | 511.0 | | | | | | |
| | | | 泉三段 | 774.5 | 263.5 | | | | 泉一段 | 752.5 | 241.5 | | | | | |
| | | | 泉二段 | 949.46 | > 174.96 | | | | 营城组一段 | 949.46 | > | | | | | |
| | | | 泉一段 | | | | | | 登娄库组 | ▽ | 196.96 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | T ₄ ' | T ₄ " |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 478.0m |

① 据唐黎明，1988。

组合带,与长4井“登四段”的可比,于是,按正常沉积层序,在“登四段”和泉三段之间的地层只能推断为泉一、二段。

综上所述,本井微古化石组合为我们重新划分地层提供了可靠的生物地层学依据。根据孢粉、介形类等微古化石将终孔报告的青山口组和泉四段顶部归于嫩江组一段。根据孢粉和轮藻等微古化石,将泉三段中、上部归于青山口组(表2)。根据电阻曲线和岩性组合特征将终孔报告的泉三段下部归于泉四段、将泉二段和下统顶部2个正韵律归于泉三段,余下的下统归于泉一、二段(图2)。地震波组相应调整一个波组,我指挥所梨树组的“ T_2 ”相当于 T_1 ,“ T_2 ”相当于 T_2 ,“ T_3 ”相当于 T_2^1 (表2)。并对油层名称也作相应的调整,原来的杨大城子油层为扶余油层、农安油层为杨大城子油层,从而开阔了小五家子构造及其以北的浅部油层勘探前景。由此可见微古生物地层学在石油地层工作中占据着很重要的位置。舍弃它就不能进行正确的区域地层对比、不能建立正确的构造运动幕序和构造发展史、不能正确地命名和对比油层、不能正确评价油气前景。

(收稿日期:1990年3月19日)

参 考 文 献

- [1]大庆油田开发研究院,1976,松辽盆地晚白垩世孢粉组合,科学出版社。
- [2]大庆油田开发研究院,1976,松辽盆地白垩纪介形类化石,科学出版社。
- [3]高瑞祺,1982,松辽盆地白垩纪被子植物花粉的演化,古生物学报,第21卷第2期。
- [4]王振、卢辉楠、赵传本,1985,松辽盆地及其邻区白垩纪轮藻类,黑龙江科学技术出版社。

MICROPALAEONTOLOGICAL ASSEMBLAGES IN SONGNAN WELL NO.15 AND STRATIGRAPHICAL SIGNIFICANCE

Qiu Songyu

(Jilin Headquarters of Petroleum Prospecting and Exploration, Ministry
of Geology and Mineral Resources)

Abstract

In recent year, the author has obtained a lot of sporopollen, Charophyta, and Ostracoda from the first member of Nenjiang Formation and the Qingshankou Formation in Songnan Well No.15 located in the Huaide County, Jilin Province, and carried out a detailed study on them. Among the fossils, the spore-pollens are especially rich, which may be divided into an assemblage subzone and an assemblage zone, in ascending order as follows:

1. Schizaeoisporites-Tricolporopollenites assemblage zone
2. Proteacidites-Schizaeoisporites assemblage subzone

The first member of Nenjiang Formation is the representative strata of Proteacidites-Schizaeoisporites assemblage subzone. The Schizaeoisporites-Tricolporopollenites assemblage zone represents the strata of the Qingshankou Formation. The two spore-pollen assemblages provided the reliable biostratigraphical basis for dividing and correlation of strata and distinguishing the suite of seismic reflection wave, on which the strata in Songnan Well No.15 were redivided and the suite of seismic reflection waves was revised (see table 2).

表1 下扬子盆地地地球物理参数表

| 层 | 序 | | 主要地质界面 | 岩石密度(kg/m^3) | | 磁化率($10^{-5}SI$) | | 岩石电性 | | 层速度反射系数及波组 | | 物性层主要特征 | |
|--------|--------------|---------------|--------------------|------------------|----------------|--------------------|----------|-------------------------|-----------------------------|------------|---|--|-----------------|
| | 界系 | 岩性 | | 最大厚度 m | 平均值 | 变化值 | 平均值 | 直流电阻 率(Ωm) | 大地电磁测深 电阻率(Ωm) | 层速度 | 反射系数 | | 波组 |
| 上地壳 | O 陆相中新近生界 | 堆积层 | 350 | 2040 | 151—2425 | 465—691 | 4—6 | | 300—500 | | | 低速、低阻 | |
| | | 疏松碎屑岩 | 1600 | 2150 | 0—1596 | 314 | 1.8—3.0 | | 1700—2000 | | | 低速、低密度 | |
| | | 碎屑岩 | 5000 | 2360 | 0—4197 | 653 | | 50 | 2200—2500 | | $0.2-T^0_2$ | | |
| | | 碎屑岩 凝灰岩安山岩 | 3000 | 2380 | 0—2136 | 1093 | | | 2500—3500 | | $>0.1-T^0_4$ | | |
| | | 碎屑岩 | 6600 | 2560 | 38—9814 | 503 | 2.5—3.8 | | 3800 | | 0.1 | | |
| | | 上部碎屑岩 | 2000 | | 75—3519 | 284 | | | 4000—4250 | | $> 0.1 $ | | |
| | | 下部碳酸盐层 | 1750 | | | | 150—1000 | | 3200—5000 | | 0.6— T^0_3 | | |
| | | 上部煤系地层为主 | 350 | 2640 | | 151 | 70—100 | | 5600 | | $> 0.1 $ | | |
| | | 下部碳酸盐岩为主 | 750 | 2880 | | 75—364 | 50—1000 | | 2500—4100 | | >0.2 | (地壳地震测深波组) | |
| | | 碳酸岩为主 | 250 | 2650 | | | | | 6200 | | | (全地壳地震反射波组) | |
| 中地壳 | D 中生界 | 碎屑岩 | 200 | 2550 | 176—553 | 251 | | 150—250 | | $> 0.1 $ | | 中、高速互层 | |
| | | 碎屑岩 | 3500 | 2410 2500 | | | | | 3700—5000 | | $> 0.1 $ | 中、高密度互层 | |
| | | 碳酸盐岩 | 1050 | 2700 | | | | | 4000—4200 | | >0.2 | 中、高阻互层 | |
| | | 碳酸盐岩为主 碎屑岩 | 2000 | 2780 | | | | | 5400—6200 | | >0.1 | 低磁 | |
| | | 碳酸盐岩 | 850 | 2320 | 63—251 | 188 | | | 5600—6900 | | >0.1 | | |
| | | 碎屑岩 | 3000 | 2430 | | | | | 6300—6800 | | $> 0.1 $ | | |
| | | 浅变质岩系 | 3000 — 10000 | | | | | | 5.7—5.8 km/s | | | | 低速、低阻 |
| | | 深成变质岩系 | | 2000 2840 | 4147— 62832 | 1885 | | | 6.3 | | 0.2 | R^0, T^1 | 低速、低密度 |
| | | 下地壳 | | 2700 2900 | | | | | 5.9—6.0 | | 0.1 | R^0, T^1 R^0, T^1 R^0, T^1 | 高速、高阻 高磁、高密度 |
| | | 上地幔的岩石圈部 | | 3300 | | | | | 6.8 | | >0.1 | R^0, T^1 R^0, T^1 R^0, T^1 | 低速、高密度(壳内高导层) |
| 下地幔高导层 | | 3300 3600 | | | | | 8.1—8.2 | | 0.2 | RMTM | 高速、高密度, 高密度柔性形变结构 高导, 高导, 高导, 高导 高导, 高导, 高导, 高导 | | |