

山东石炭-二叠纪地层沉积环境分析

杨恩秀,张春池,宁振国,于得芹,王巧云,彭观峰,王世进

(山东省地质调查院,山东 济南 250013)

摘要:山东是华北地区较早接受晚古生代地层沉积的地区,分布于沂沭断裂带以西地区,自下而上划分为月门沟群和石盒子群,富含动植物化石和煤炭、铝土矿等矿产资源。该套地层不整合于奥陶系之上,顶部遭受风化剥蚀,被三叠系不整合覆盖,在不同地区地层厚度、岩性及含矿性特征差别较大。沉积环境由海相—海陆交互相向陆相演化,主要分为海洋环境、海陆过渡环境、湖泊环境、沼泽环境和河流环境。

关键词:晚古生代;石炭-二叠纪;沉积环境;地层格架;山东省

中图分类号:P534.45;P534.46

文献标识码:A

华北地区晚石炭-晚二叠世地层是重要的含煤岩系,近年来,随着地质调查工作尤其是覆盖区地质矿产勘查工作的开展,对石炭-二叠纪地层的沉积环境及含矿性特征等进行了深入的研究,取得了比较丰富的研究成果,这些成果对指导矿产勘查具有重要指导意义。

1 区域地质背景

山东地处华北板块东南部及扬子板块北部,以苏鲁造山带为界,可划分为华北板块、苏鲁造山带2个I级构造单元。华北板块以沂沭断裂带、聊城-兰考断裂、齐河-广饶断裂为界又可划分为鲁西地块、胶北地块、华北拗陷3个II级构造单元(图1),石炭-二叠纪地层仅残存于鲁西地块和华北拗陷的局部地区^[1]。

2 地层划分

根据岩性特征,山东境内的石炭-二叠纪岩石地层由下至上划分为本溪组、太原组、山西组、黑山组、万山组、奎山组、孝妇河组^①,根据地层时代和岩性特征归并为月门沟群和石盒子群^[1-4],见表1。

该区石炭系仅发育上石炭统,对应于山东所建立岩石地层的本溪组和太原组下部,依据生物带自

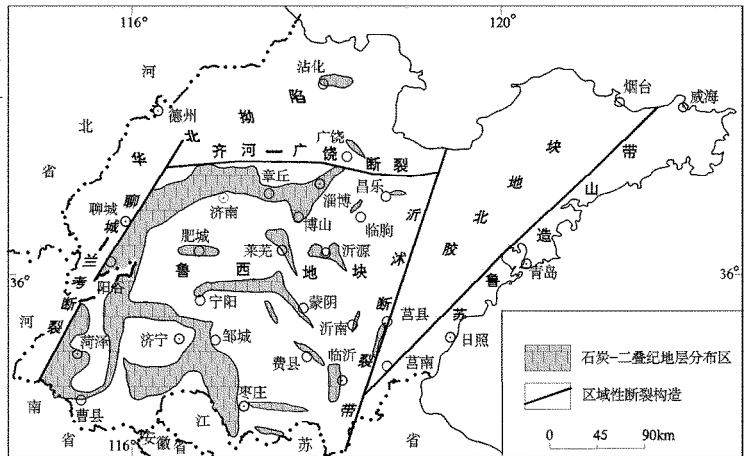


图1 山东构造单元划分及石炭-二叠纪地层分布略图

下而上分为羊虎沟阶、本溪阶和晋祠阶。二叠系发育下二叠统、中二叠统和上二叠统大部分地层,其中下二叠统下部为太原阶,对应于太原组中部;中二叠统近上部为下石盒子阶,对应于黑山组下部,其余与岩石地层相对应的年代地层为待建阶;上二叠统上部划分为孙家沟阶,与孝妇河组中上部部分地层相对应,与岩石地层对应的其他年代地层为待建阶^[5](表1)。由于古沉积环境或沉积后风化剥蚀作用影响,山东境内缺失上二叠统上部或顶部部分地层。月门沟群各组在鲁西地区次层型剖面位于章丘市长申地—西宝山(图2),自下而上分述如下:

收稿日期:2013-03-14;修订日期:2013-04-20;编辑:程光锁

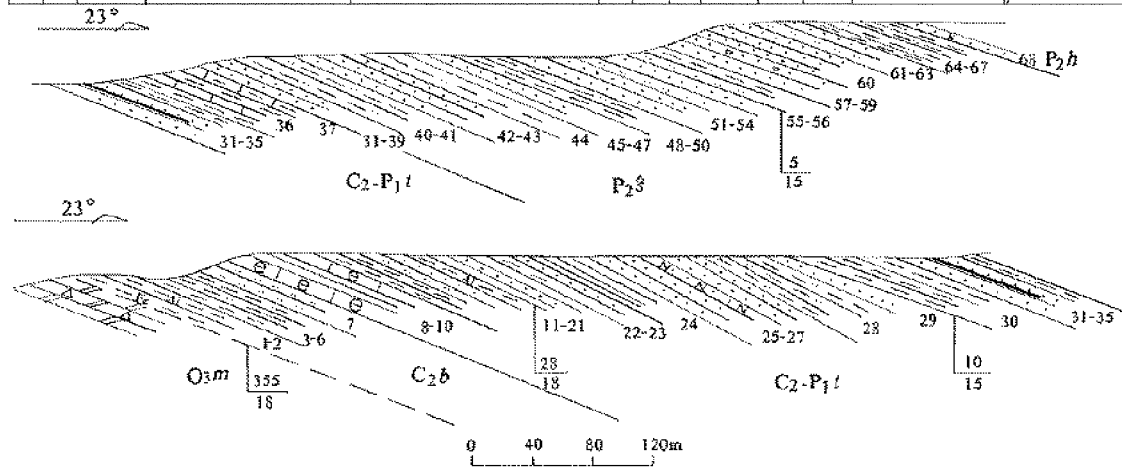
基金项目:中国地质调查局地质调查专项;山东省系列图件编制及综合研究(项目编号:1212011120122)

作者简介:杨恩秀(1962—),男,山东金乡人,研究员,主要从事基础地质调查工作;E-mail:yangenxiu2006@126.com。

①杨恩秀、张春池、李庆平等,中华人民共和国区域地质调查报告(1:25万淄博市幅),2004年。

表 1 石炭-二叠纪多重地层划分对比

年代地层		生物地层		岩石地层			沉积环境				
系	统	阶	蕨化石带	植物化石带	群	组		段	厚度 (m)	柱状图	
二叠系	三叠系	孙家沟阶		7. <i>Ulmia bronni</i> - <i>Yuania magnifolia</i> 组合带	石盒子群	孝妇河组		0-296		浅海 三角洲 河流 沼泽 河流	
		待建阶		6. <i>Lobatannularia heianensis</i> - <i>Gigantonoclea hallei</i> - <i>Psymnophyllum multipartitum</i> 组合带		奎山组		0-65			
						5. <i>Lobatannularia ensifolia</i> - <i>Gigantonoclea lagerlii</i> - <i>Fascipteris hallei</i> 组合带	方山组				50-220
		待建阶				4. <i>Emplectopteris triangularis</i> - <i>Ilingia carbonica</i> - <i>Cathaysiopteris whitei</i> 组合带	黑山组				10-105
						3. <i>Emplectopteris triangularis</i> - <i>Lobatannularia sinensis</i> - <i>Emplectopteridium alatum</i> 组合带					73-136
		待建阶				5. <i>Triticites boshanensis</i> 延限带	山西组				
						4. <i>Pseudoschwagerina</i> 延限带					
		待建阶				3. <i>Triticites simplex</i> 延限带	月门沟群				
						2. <i>Fusulina-Fusulinella</i> 组合带 1. <i>Profusulinella</i> 延限带					
		待建阶				2. <i>Neuroptens ovata</i> - <i>Lepidodendron posthumii</i> 组合带	太原组				
			1. <i>Neuropteris-Linopteris</i>								
石炭系	奥陶系	晋祠阶			湖田段			8-35	A层铝土岩 B层铝土岩 煤线 第2层煤 第3层煤(上) 第3层煤(下) 第4层煤 第1层灰岩 第2层灰岩 煤层 第3层灰岩 煤层 第4层灰岩 第5-10层灰岩及第12-15层煤 第11-13层灰岩及第16-18层煤 第14-15层灰岩 G层铝土岩 “山西式”铁砂层		
		本溪组									



O₃m - 奥陶纪马家沟群; C₂b - 石炭纪本溪组; C₂-P₁t - 石炭-二叠纪太原组; P₂s - 二叠纪山西组; P₂h - 二叠纪黑山组

图 2 石炭-二叠纪本溪组-山西组实测剖面图

上覆地层: 二叠纪黑山组浅灰色薄层细粒长石岩屑砂岩

整合

山西组

122.0 m

- 67. 深灰色含粉砂质泥岩 0.2 m
- 66. 灰色粉砂质泥岩, 富含植物化石 0.4 m
- 65. 浅灰色含铝土质粉砂质泥岩 0.4 m
- 64. 灰色粉砂质泥岩, 富含植物化石 1.1 m
- 63. 褐灰色薄层细砂岩夹中粒砂岩, 发育小型交错层理 4.6 m
- 62. 深灰色粉砂质泥岩夹粉砂岩薄层, 粉砂岩中富含植物化石 0.4 m
- 61. 褐灰色薄层粉砂岩 7.0 m
- 60. 褐灰色薄层细砂岩 9.0 m

59. 灰黄色细粒长石砂岩夹砾岩和含砾砂岩。砂岩中发育槽状、楔状交错层理	6.6 m
58-57. 灰黄色中厚层中粒长石石英砂岩,发育大型板状、楔状交错层理	7.0 m
56. 深灰色、灰色粉砂质泥岩	0.6 m
55. 黄褐色薄层粉砂岩	1.7 m
54. 黄褐色中粒砂岩,发育大型板状、楔状交错层理	4.9 m
53. 深灰色薄层粉砂岩,含植物化石	0.6 m
52. 褐灰色薄层细砂岩	0.7 m
51. 黄褐色厚层块状中粗粒砂岩,发育大型板状、楔状交错层理	11.3 m
50. 褐黄色薄层泥质粉砂岩,含钙质泥岩结核	2.0 m
49. 深灰色泥岩	1.6 m
48. 黄灰色粉砂质泥岩夹钙质泥岩结核,富含铁质泥岩结核	2.4 m
47. 褐黄色、褐灰色薄层细砂岩	4.0 m
46. 褐灰色厚层中细粒长石砂岩夹薄层细砂岩,发育大型楔状交错层理	2.0 m
45. 黑色炭质页岩夹煤线,发育水平层理	5.7 m
44. 灰黄色含粉砂质泥岩和灰白色铝土质泥岩互层,夹钙质泥岩结核和透镜体	5.4 m
43. 灰白色薄层中细粒岩屑砂岩;下部为灰黄色粉砂岩;上部为灰白色中粒岩屑砂岩。由下向上沉积颗粒逐渐变粗,发育斜层理	4.0 m
42. 黄灰色中厚层中—细粒砂岩,发育大型板状、楔状交错层理,局部含泥砾	21.6 m
41. 下部为灰黄色含粉砂质泥岩,上部浅灰色铝土质泥岩	4.8 m
40. 深灰色、灰色粉砂质泥岩,夹少量铝土质泥岩	0.8 m
39. 灰黄色薄层细砂岩夹钙质泥岩结核和透镜体,底部为厚约 20 cm 的浅灰色铝土质泥岩	8.0 m
38. 褐黄色中—薄层细砂岩,发育大型板状、楔状交错层理	3.2 m

————— 整 合 —————

太原组	125.5 m
37. 褐黄色粉砂岩夹泥质灰岩结核和透镜体,含植物化石碎片	4.1 m
36. 灰色、深灰色泥岩夹泥灰岩结核和透镜体,发育水平层理	17.0 m
35. 下部为粉砂质泥岩夹薄层细砂岩及钙质泥岩;上部褐黄色粉砂岩夹泥质灰岩结核,黄色粉砂岩夹中细粒砂岩	5.7 m
34. 深灰色泥岩夹钙质泥岩结核及透镜体	1.5 m
33. 下部为厚约 30cm 黑色页岩及煤层,上部为厚度 30 cm 浅灰色铝土质泥岩	0.6 m
32. 浅灰色中厚层细粒石英砂岩	0.5 m
31. 褐黄色薄层粉砂质泥岩夹细砂岩,粉砂质泥岩中发育水平层理,含植物化石;上部有灰白色铝土质粉砂岩,含星点状赤铁矿	3.2 m
30. 深灰色泥岩夹钙质泥岩结核	11.8 m
29. 土黄色薄层细砂岩,上部夹中厚层中粒砂岩,发育水平层理,富含植物化石	3.3 m
28. 土黄色粉砂质泥岩,含植物化石,水平层理发育;底部深灰色粉砂质泥岩,含较多的海百合茎碎片;顶部粉砂质泥岩夹细砂岩	10.3 m
27. 灰黄色中细粒砂岩,发育大型楔状交错层理	15.0 m
26. 浅灰色厚层细粒长石砂岩	2.2 m
25. 灰黄色中细粒砂岩夹砂屑灰岩透镜体,砂岩中发育大型楔状交错层理,含腕足化石,保存完好	13.1 m
24. 深灰色、灰黑色页岩,含植物化石	12.3 m
23. 灰黄色中细粒砂岩夹砂屑灰岩透镜体,发育大型楔状交错层理	6.1 m
22. 底部深灰色、灰黑色泥岩;中下部深灰色、灰黑色粉砂质泥岩;上部为粉砂岩,水平层理发育	8.9 m
21-20. 深灰色厚层生物碎屑灰岩,富含小型单体珊瑚、鲕、腕足类、海百合茎及其碎片。含珊瑚化石: <i>Cyathaxonia</i> sp., <i>Lophocarinoephyllum</i> sp., <i>Meniscophytoides</i> sp.; 含鲕化石: <i>Schwagerina</i> sp.; 含有孔虫化石: <i>Tetrataxis</i> sp	1.4 m

- 19. 灰白色铝土岩夹少量深灰色泥岩,水平层理发育,铝土岩中富含植物化石 9.3 m
- 18. 浅灰色中厚层细粒岩屑砂岩 0.2 m
- 17. 底部有厚约 40cm 的黑色页岩,向上为灰白色铝土质泥岩,含丰富植物化石 2.0 m
- 16. 青灰色铝土岩 1.7 m
- 15. 紫红色砾岩夹浅灰色铝土质泥岩,砾石成分为下伏地层铁鲕铝土质泥岩。砾岩底部具明显起伏不平冲刷面,为一层序界面 0.9 m
- 14. 浅紫色含铁鲕细粒长石砂岩 0.2 m
- 13. 银灰色细粒岩屑砂岩,下部夹细砂岩 1.3 m
- 12. 褐黄色薄层粉砂岩夹泥质灰岩条带,粉砂岩中水平层理发育 5.4 m
- 11. 深灰色、灰绿色泥岩夹含铁质泥岩透镜体和较多钙质泥岩结核,泥岩水平层理发育;顶部粉砂质增多,发育小型交错层理 6.4 m
- 10. 灰色厚层生物碎屑灰岩,富含鲕、腕足及其碎片,有浪成波痕和浪成交错层理,顶部泥质有所增加,偶见硅质团块。含珊瑚化石:*Barrandeophyllum* sp. *Meniscophyllum* sp. 含鲕化石:*Ozawainella angulata*, *O. kumpani*, *O. vozhgatica*, *Pseudostaffella* sp., *Pseudostaffella sphaeideavar. cubeides*, *Fusulina bocki*; 含有孔虫化石:*Eotuberitina reitlingerae*, *E.* sp., *Palaeotextularia* sp., *Textularia* sp 5.2 m
- 9. 深灰色、灰绿色页岩,水平层理发育,下部夹一层厚约 20 m 的灰绿色泥岩 3.3 m
- 8. 浅灰色、灰色厚层含硅质条带泥晶生物碎屑灰岩,富含鲕、腕足、珊瑚、海百合茎等化石,由下向上泥质增加,变为泥质岩。含珊瑚化石:*Cyathaxonia* sp.; 含鲕化石:*Neostaffellakemsi*, *Pseudostaffellakremsi*, *Triticites boliviensis*, *T. cf. powwowensis*, *Schwagerina cf. guembeli*; 含有孔虫化石:*Tetrataxis* sp., *Eotuberitina reitlingerae* 10.0 m

————— 整 合 —————

- 本溪组** 34.5 m
- 7. 褐黄色含铁鲕泥质粉砂岩夹少量灰白色铝土质泥岩 5.9 m
 - 6. 浅灰色泥岩,中上部夹灰白色铝土质泥岩,底部夹紫红色泥岩 5.0 m
 - 5. 紫红色泥岩与浅灰白色铝土质泥岩构成杂色泥岩 3.6 m
 - 4. 土黄色含铝土质泥岩夹紫红色泥岩 4.9 m
 - 3. 浅灰色厚层泥岩,含植物化石和铁质结核,向上变为粉砂质泥岩 6.7 m
 - 2. 灰黄色泥岩和浅蓝色铝土质泥岩互层,灰黄色泥岩中发育水平层理 1.4 m
 - 1. 紫红色铁铝质泥岩与紫红色含细泥砾铁质砂岩互层,底部厚约 40 cm 灰白色铝土质泥岩,发育于奥陶系顶部风化壳的凹处;含砾泥岩中砾石成分为铁质泥岩,分选磨圆不好,砾径 2~3 cm,该层为湖田段 7.0 m

----- 平行不整合 -----

下伏地层:奥陶纪马家沟群八陡组浅灰色白云质灰岩

石盒子群黑山组一万山组剖面位于章丘市西宝山(图 3),地层由下而上描述如下:

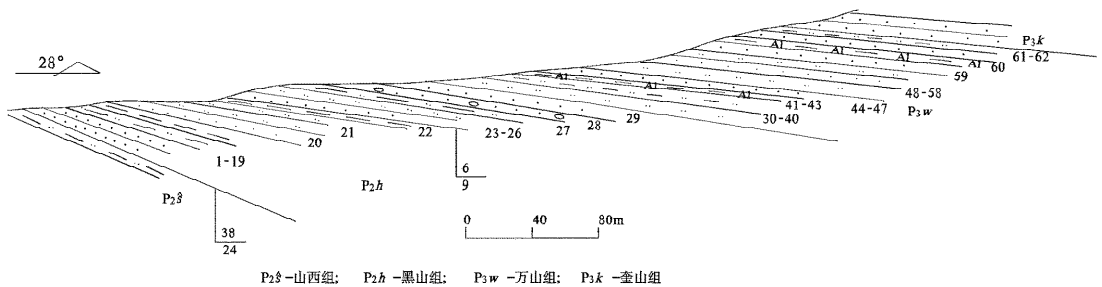


图 3 二叠纪黑山组一万山组实测剖面图

上覆地层:石盒子群奎山组黄白、灰白色中厚层粗粒长石石英砂岩

整合

万山组	40.32 m
62. 红色厚层粉砂质铝土质泥岩	6.18 m
61. 灰黄色中厚层中粗粒石英砂岩	0.36 m
60. 杂色厚层块状铝土岩	4.81 m
59. 褐黄色中厚层细粒长石砂岩	1.42 m
58. 下部黄色薄层粉砂质泥岩;上部紫红色薄层粉砂质泥岩	2.60 m
57. 黄绿色—褐黄色薄层粉砂质泥岩和泥质粉砂岩	6.51 m
56. 褐黄色中厚层中细粒岩屑石英砂岩	3.09 m
55. 灰色薄层细砂岩	0.5 m
54. 黄灰色厚层细粒长石砂岩,发育大型板状、槽状交错层理及低角度交错层理	0.3 m
53. 中下部为灰色泥质粉砂岩夹薄层细砂岩,细砂岩中发育小型交错层理;上部为灰色泥质粉砂岩	3.0 m
52. 黄灰色薄层细粒岩屑长石砂岩,发育小型交错层理	1.5 m
51. 灰黄色粉砂质泥岩夹粉砂岩	3.6 m
50. 灰色、灰白色、紫红色细砂岩,向上粒度变细为粉砂岩	2.4 m
49. 紫红色粉砂质泥岩夹灰黄色粉砂岩透镜体	2.1 m
48. 灰黄色薄层粉砂岩	1.8 m
47. 浅灰色薄层细砂岩,含植物化石,局部有砾石	5.0 m
46. 褐灰色中厚层细粒岩屑砂岩夹中粗粒砂岩,发育低角度交错层理和大型板状、楔状交错层理	1.2 m
45. 灰色薄层粉砂岩夹中层粉砂岩,下部夹中层细粒岩屑杂砂岩透镜体	5.7 m
44. 灰黄色页岩	0.9 m
43. 蓝灰色铝土质泥岩	0.4 m
42. 黄褐色铝土岩	0.5 m
41. 杂色铝土岩	0.7 m
40. 紫红色粉砂质泥岩	0.9 m
39. 浅灰色细粒长石砂岩	0.3 m
38. 深灰色粉砂质泥岩,顶部夹页岩	0.2 m
37. 紫红色粉砂质泥岩	1.2 m
36. 黄灰色薄层细粒长石砂岩,发育小型交错层理	0.7 m
35. 浅褐灰色细粒含铝土质砂岩夹浅灰色铝土质粉砂岩条带	0.3 m
34. 灰黄色薄层细粒长石岩屑砂岩,发育大型楔状交错层理,局部含砾石	3.2 m
33. 灰白色厚层细粒长石岩屑杂砂岩,底部发育起伏不平的冲刷面	0.2 m
32. 浅灰色铝土质泥岩与紫红色泥岩构成杂色铝土质泥岩,呈透镜状产出	0.1 m
31. 紫红色薄层泥质粉砂岩,距顶部 50 cm 处夹 10 cm 浅蓝色铝土质泥岩	3.0 m
30. 灰色薄层泥质粉砂岩	1.5 m

整合

黑山组	62.40 m
29. 浅灰色薄层细粒长石岩屑砂岩,发育大型楔状交错层理	6.4 m
28. 暗灰色中厚层透镜状含砾长石岩屑砂岩、砾岩	0.2 m
27. 浅灰色泥质粉砂岩,顶部有一层约 0.5 m 厚的灰色粉砂质泥岩	3.1 m
26. 黄灰色薄层细砂岩	1.7 m
25. 黄色含砾粗砂岩,底部有一层厚约 15 cm 的细砾岩,顶部古砾中粒岩屑砂岩,发育交错层理	1.0 m
24. 浅灰色泥质粉砂岩	1.2 m
23. 黄褐色中厚层中细粒长石砂岩,发育大型板状、楔状交错层理,底部为起伏不平的冲刷面,并有含砾砂岩	0.5 m
22. 黑色泥岩	0.1 m

21. 灰色粉砂岩	6.9 m
20. 浅灰色薄层细粒砂岩	2.6 m
19. 灰色厚层中细粒砂岩,发育大型板状和楔状交错层理	3.1 m
18. 灰色厚层细粒长石石英砂岩,发育大型板状和楔状交错层理	8.5 m
17. 黄褐色薄层粉砂岩夹细砂岩,细砂岩中有小型交错层理	1.8 m
16. 深灰色、黑灰色泥岩	0.4 m
15. 黄灰色含粉砂质泥岩	5.3 m
14. 黄褐色厚层中粗粒砂岩,发育大型楔状、板状交错层理	2.5 m
13. 灰白色薄层铝土质泥岩	0.1 m
12. 灰色薄层粉砂岩	4.0 m
11. 厚层中粒长石石英砂岩,局部含泥砾,底部有起伏不平的冲刷面	0.1 m
10. 灰色粉砂质泥岩	2.4 m
9. 褐灰色薄层粉砂岩夹少量细砂岩	0.9 m
8. 深灰色粉砂质泥岩	2.8 m
7. 黄灰色中厚层细粒长石砂岩夹薄层粉砂岩,细砂岩中发育大型交错层理	1.4 m
6. 灰色粉砂质泥岩	2.3 m
5. 褐灰色中厚层细粒长石砂岩,发育大型板状、槽状和楔状交错层理	6.0 m
4. 深灰色粉砂质泥岩,富含生物化石	1.4 m
3. 褐黄色薄层粉砂岩	2.8 m
2. 褐黄色薄层细砂岩	2.3 m
1. 黄褐色中厚层中细粒长石砂岩夹薄层细砂岩及砾岩,发育大型楔状交错层理,含砾砂岩中砾石为粉砂质泥岩,磨圆度较好,分选性较差,直径 3~20 mm 不等	5.8 m

整 合

下伏地层:山西组灰—黑灰色泥岩,顶、底夹煤线

根据章丘普集地区的钻孔资料整理^{①②},由下而上分层描述如下:

上覆地层:石盒子群孝妇河组土黄色粘土岩

整 合

奎山组

65.0 m

15. 灰白色厚层粗粒石英砂岩	16.5 m
14. 黄白杂色细砂岩	4.5 m
13. 灰白色厚层细粒石英砂岩	44.0 m

整 合

下伏地层:万山组杂色页岩

孝妇河组剖面位于章丘市于家河,剖面由下而上描述如下:

上覆地层:三叠纪孙家沟组浅紫灰色中厚层砂砾岩

~~~~~ 微角度不整合 ~~~~~

**孝妇河组**

厚度 66.0 m

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| 25. 灰绿色、紫红色粉砂质页岩,顶部泥质成分增加,局部夹紫红色泥岩,中部夹薄层中粒砂岩 | 4.8 m |
| 24. 中粒长石砂岩夹紫红色中粒长石砂岩                         | 1.0 m |
| 23. 紫红色泥岩                                    | 5.1 m |
| 22. 底部为黄绿色、上部为紫红色细粒长石砂岩,夹紫红色粉砂岩              | 7.0 m |
| 21. 黄绿色中粒长石砂岩,下部黄褐色,局部具交错层理,砂岩中夹少量的灰绿色粘土岩及泥砾 | 2.1 m |
| 20. 黄绿色泥岩,上部为土黄色、顶部为灰色                       | 2.3 m |

① 杨恩秀、张春池、李庆平等,中华人民共和国共和国区域地质调查报告(1:25 万淄博市幅),2004 年。

② 陈建强、王训练、杜子图等,中华人民共和国共和国区域地质调查报告(1:5 万文祖、淄川幅),2000 年。

|                        |        |
|------------------------|--------|
| 19. 浅灰绿色、土黄色粉砂质页岩      | 0.8 m  |
| 18. 黄绿色泥岩,底部为薄层中细粒长石砂岩 | 1.6 m  |
| 17. 紫红色—土黄色泥岩          | 9.8 m  |
| 16. 灰绿色长石石英砂岩          | 0.8 m  |
| 15. 含粉砂质粘土岩,中部夹薄层粉砂岩   | 7.6 m  |
| 14. 棕色、褐紫色中粒石英长石砂岩     | 0.3 m  |
| 13. 土黄色—杂色粘土岩          | 1.6 m  |
| 12. 灰白色粘土岩             | 0.3 m  |
| 11. 紫色粉砂质泥岩            | 0.6 m  |
| 10. 黄绿色、灰绿色、斑杂色粘土岩     | 0.9 m  |
| 9. 黄白色粉砂岩              | 1.0 m  |
| 8. 土黄色粘土岩              | 1.95 m |
| 7. 土黄色泥岩               | 2.0 m  |
| 6. 土黄色粉砂岩              | 0.6 m  |
| 5. 灰黑色、深灰色砂质页岩         | 11.8 m |
| 4. 第四系,推测为砂质、炭质页岩      |        |
| 3. 灰黑色、灰紫色炭质页岩         | 2.0 m  |
| 2. 黄绿色、褐黄色粘土岩          | 1.2 m  |
| 1. 辉长玢岩                |        |
| (孝妇组未见底)               |        |

### 3 沉积环境分析

#### 3.1 主要沉积环境类型

根据岩石组合类型和沉积构造<sup>[6,7]</sup>,山东境内石炭—二叠纪地层沉积环境可大致划分为海洋环境、海陆过渡环境、湖泊环境、沼泽环境和河流环境。

##### 3.1.1 海洋环境

海洋环境沉积地层主要见于石炭纪本溪组和太原组,根据岩性特征可细分为海岸(滨岸)环境、过渡带环境和浅海环境,沉积层序见图 4。其中海岸(滨岸)环境沉积物主要见于本溪组顶部、太原组下部及中部,以生物碎屑灰岩、铝土质泥岩、碎屑岩、含铁鲕泥岩为代表,灰岩中富含筳、珊瑚及海百合茎化石;过渡带环境地层主要见于本溪组中、上部和太原组的中、下部,主要以泥岩、铝土质泥岩及粉砂质泥岩为代表,常夹泥质灰岩透镜体,发育水平层理,富产植物化石;浅海环境主要见于本溪组中部和太原组,为中厚层泥岩、铝土质泥岩和铝土岩,偶夹泥质灰岩透镜体,发育水平层理,泥岩和铝土岩中含植物化石,泥质灰岩透镜体中含腕足类化石。

##### 3.1.2 海陆过渡环境

海陆过渡环境主要为三角洲沉积环境,主要见于太原组上部和山西组下段,可进一步分为前三角

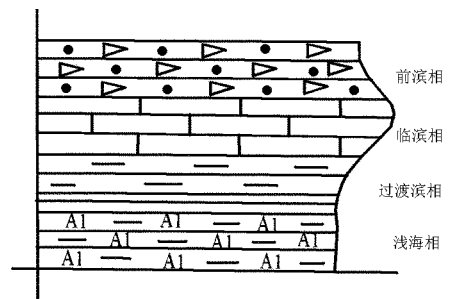


图 4 滨浅海沉积层序

洲、三角洲前缘、分支河口砂坝和远砂坝、三角洲平原分支河道充填等,沉积层序见图 5。前三三角洲沉积主要为深灰色泥岩、粉砂质泥岩和粉砂岩,夹泥质灰岩透镜体,发育水平层理,含植物化石碎片,泥质灰岩透镜体中含腕足类和海百合茎化石;三角洲前缘远砂坝沉积主要为粉砂质泥岩、砂岩和钙质泥岩透镜体及铝土质泥岩,含植物化石;三角洲前缘分支河口砂坝沉积为灰黄色中细粒砂岩,偶夹砂质灰岩透镜体,砂岩中含植物化石碎片,灰岩中含腕足类化石,砂岩分选和磨圆都比较好,钙质胶结;三角洲平原分支河道沉积主要为中厚层细粒钙质长石砂岩;三角洲平原分支间湾沉积不太发育,主要为铝土质泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩和黑色页岩及煤线。

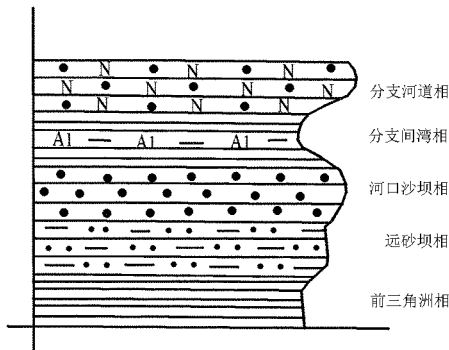


图 5 三角洲沉积层序

### 3.1.3 湖泊环境

湖泊环境沉积物主要见于二叠纪山西组上部以及万山组和孝妇河组,可进一步划分为深湖、浅湖、滨湖,见图 6。深湖沉积主要为深灰色—灰黑色泥岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、铝土岩及铝土质泥岩,水平层理发育,常含植物化石碎片;浅湖沉积主要为粉砂质泥岩、铝土质泥岩夹钙质泥岩透镜体、粉砂岩和泥质粉砂岩,偶见细砂岩,发育水平层理及小型交错层理,富含植物碎片;滨湖沉积主要为粉砂岩和中细粒岩屑砂岩,偶见中粗粒石英砂岩,局部见砾岩,发育大型楔状和板状交错层理和小型鱼骨状交错层理。

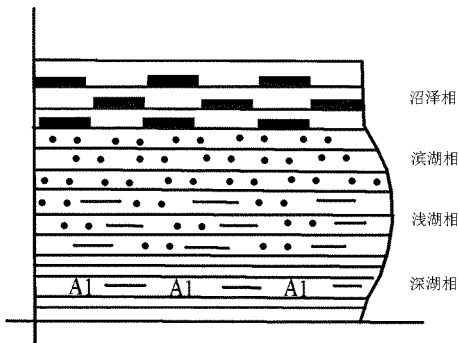


图 6 湖泊沼泽沉积层序

### 3.1.4 沼泽环境

沼泽环境沉积物主要见于山西组上部,主要为黑色炭质页岩夹煤层,发育水平层理,见图 6。

### 3.1.5 河流环境

河流环境以曲流河沉积为主,沉积物主要见于二叠纪山西组上部和黑山组、万山组、奎山组,沉积特征表现为沉积颗粒由下向上逐渐变细,下部河道沉积发育板状、楔状、槽状交错层理,上部河漫滩沉积发育水平层理,具有二元结构,沉积层序见图 7。

曲流河道底部滞留沉积,主要为砾岩、砂质砾岩和含砾粗砂岩,其下均发育起伏不平的冲刷面,一般呈透镜状产出,分选性好,磨圆度高。天然堤沉积在地层中不太发育,主要为粉砂岩;决口扇沉积主要为粉砂岩夹细砂岩,细砂岩中常有小型交错层理。决口扇沉积在地层中不十分发育,沉积厚度一般较小;河漫滩沉积主要为薄层粉砂岩、粉砂质泥岩和泥质粉砂岩,含植物化石,化石保存完好,水平层理发育;牛轭湖沉积主要为粉砂质泥岩、铝土质泥岩及黑色泥岩,富含植物化石,化石保存完好。

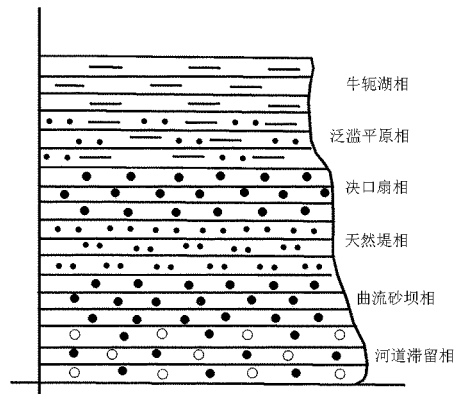


图 7 河流沉积层序

## 3.2 沉积环境演化

### 3.2.1 石炭纪沉积环境演化

石炭纪以海相沉积环境为主,末期顶部有海陆过渡环境的三角洲相沉积。

本溪组为海相沉积,底部可见底砾岩,下部岩性为含细砾铁质砂岩、泥岩和铝土质泥岩。自下而上沉积颗粒逐渐变细,水体不断加深,沉积环境由滨海经过渡带至浅海,浅海沉积的铝土岩和铝土质泥岩可能代表最大海进期沉积。本溪组上部为铝土质泥岩和含铁鲕粒粉砂岩,顶部为中细粒砂岩。沉积颗粒逐渐变粗,沉积水体逐渐变浅,反映沉积环境由过渡带演化为临滨带。

太原组底部临滨带沉积的厚层生物碎屑灰岩之上沉积了深灰色至灰绿色页岩夹泥岩,发育水平层理,代表浅海至过渡带沉积环境。太原组上部由多个三角洲沉积旋回组成,每个三角洲旋回由下而上依次为前三角洲沉积、三角洲前缘河口砂坝沉积和远砂坝沉积、三角洲平原分流河道沉积和分支间湾沉积。前三角洲沉积主要为深灰色、灰黑色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩和粉砂岩夹灰岩透镜体组成,

发育水平层理,含植物化石碎片,泥质灰岩透镜体中含腕足类和海百合茎化石;三角洲前缘远砂坝沉积主要为粉砂质泥岩、砂岩和钙质泥岩透镜体及铝土质泥岩,发育水平层理和小型交错层理,含植物化石,化石一般保存较好;三角洲前缘分支河口砂坝沉积为灰黄色中细粒砂岩,偶夹砂质灰岩透镜体,砂岩中含植物化石碎片,灰岩中产腕足类化石,砂岩分选和磨圆都比较好,钙质胶结,发育大型楔状交错层理,灰岩透镜体中也见交错层理;三角洲平原分支河道沉积主要为中厚层细粒钙质长石砂岩,发育大型楔状交错层理和槽状交错层理。三角洲平原分支间湾沉积不太发育,主要为铝土质泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩和黑色页岩及煤线等。

### 3.2.2 二叠纪沉积环境分析

二叠纪主要为河湖相沉积,早期继承了石炭纪三角洲沉积环境,包括三角洲平原分支河道充填的黄褐色中一薄层细砂岩,三角洲前缘远砂坝沉积的薄层细砂岩夹泥质灰岩透镜体及铝土质泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩。

太原组上部及山西组下部以过渡带至临滨带沉积组成,过渡带沉积主要为泥质粉砂岩与粉砂质泥岩,发育水平层理,临滨带沉积主要为生物碎屑泥质灰岩,产珊瑚、筴和海百合茎等化石。山西组上部地层由 3 个河流沉积和湖泊沉积组成沉积旋回叠置而成,沉积旋回底界面为冲刷面,之上依次出现曲流河道滞留沉积的中厚层含砾中粗粒砂岩和曲流砂坝沉积的中粗粒砂岩、滨湖环境沉积的灰白色薄层中细粒岩屑砂岩和粉砂岩与浅湖沉积的灰黄色含粉砂泥岩、铝土质泥岩及钙质泥岩组成,富含植物化石碎片,代表了 3 次水体加深的沉积过程。

黑山组总体为河流沉积环境,由一系列曲流河沉积旋回叠置而成,包括河道滞留沉积、曲流砂坝沉积和天然堤沉积等。河道滞留沉积主要为砾岩、砂质砾岩和含砾粗砂岩及岩屑砂岩,一般呈透镜状产出。曲流砂坝沉积以中、细粒长石石英砂岩和粗砂岩为主,槽状、楔状和板状交错层理十分发育。河漫滩沉积主要为深灰色、灰色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩和粉砂岩。决口扇沉积以粉砂岩为主,夹细砂岩。牛轭湖沉积则为深灰色和灰黑色泥岩和泥质粉砂岩及灰白色铝土质泥岩,富产植物化石。

万山组下部为曲流砂坝沉积、滨湖沉积和浅湖沉积的浅灰色薄层细粒长石岩屑砂岩、泥质粉砂岩

夹铝土质泥岩。万山组上部由滨浅湖沉积的中厚层细粒长石砂岩和深湖沉积的厚层块状铝土岩等,反映水体不断加深的过程。万山组顶部为由滨湖沉积的灰黄色中厚层中粗粒石英砂岩和浅湖沉积的含粉砂铝土质泥岩等。

奎山组为曲流河道沉积。曲流河道砂坝沉积的中粗粒石英砂岩,分选好,磨圆度高,大型板状、楔状和槽状交错层理发育。

孝妇河组为湖泊沉积,由浅湖沉积的紫红色泥岩和粉砂岩及深湖沉积的灰色及深灰色泥岩组成,深湖沉积的灰色及深灰色泥岩代表最大湖泛期的沉积,顶部被冲刷剥蚀。

### 3.3 地层格架

由于石炭-二叠纪地层中赋存有丰富的煤炭、铝土矿等矿产资源,对其研究比较详细。根据实测剖面 and 钻孔资料,其岩石地层格架见图 8。

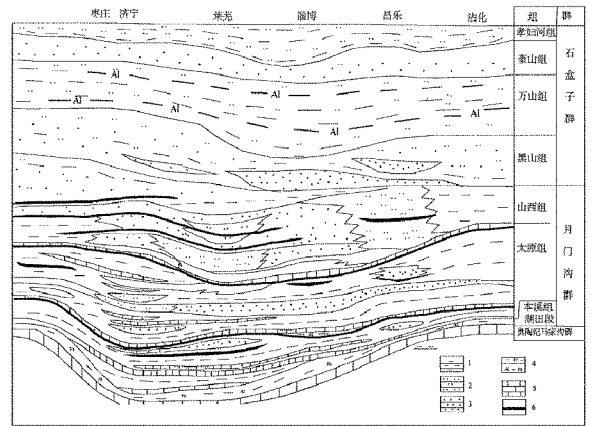


图 8 石炭纪-二叠纪岩石地层格架

1—泥岩、粉砂质泥岩;2—粉砂岩;3—细粗砂岩;4—铁铝质泥岩;5—灰岩;6—煤层

本溪组铁、铝土质泥岩成层性较好,G 层铝土岩侧向变化不大,分布广泛,可以作为对比标志层;太原组以泥岩、灰岩、煤层和砂岩为主,其中砂岩所占比例较少,灰岩及部分煤层较为稳定,可以进行区域对比。山西组的煤层较太原组少,往往相变为泥岩或粉砂质泥岩,砂岩所占比例较太原组要多,尽管不同地区的砂岩的沉积厚度不同,但是具有一定的连续性和成层性,基本上可以进行广泛对比。黑山组以河流沉积的砂岩为主体,泥质岩发育较少,并且呈透镜体状,河流沉积旋回的可比性较差;万山组下部的铝土岩、铝土质泥岩与上部的 A 层铝土岩和铝土

质泥岩层位稳定,分布广泛,可以在全区进行对比,万山组内部的砂岩则呈透镜体产出,相变明显,在区域上不易对比。由于后期风化剥蚀,奎山组和孝妇河组主要分布于章丘—淄博等地,区域对比比较困难。

## 4 结论

山东省晚石炭世至晚二叠世地层,根据沉积构造、岩性组合及古生物特征,认为是海陆交互—陆相沉积环境。本溪组及太原组是海相沉积环境,山西组为陆相沉积环境。晚古生代完成了从海相、海陆交互相到陆相的演化过程。由于受古地理环境和风化剥蚀影响,山东大部分地区缺失二叠纪晚期长兴期地层。

## 参考文献:

- [1] 宋明春. 山东省区域地质[M]. 济南:山东省地图出版社,2003: 618-928.
- [2] 张增奇,刘明渭. 山东省岩石地质[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1996:169-197.
- [3] 孔庆友,张天祯,于学峰,等. 山东矿床[M]. 济南:山东科学技术出版社,2006:26-27.
- [4] 张增奇,刘书才,杜圣贤,等. 山东地层划分对比厘定意见[J]. 山东国土资源,2011,27(9):1-15.
- [5] 全国地层委员会. 中国区域年代地层(地质年代)说明书[M]. 北京:地质出版社,2002.
- [6] 李渭,白嵩,牛亚卓,等. 内蒙古乌拉特后旗乌兰敖包地区石炭系—二叠纪阿木山组沉积环境[J]. 地质通报,2012,10(31): 1703-1714.
- [7] 田树刚,李子舜,王峻涛,等. 内蒙古东部及邻区石炭纪—二叠纪地层格架与沉积环境[J]. 地质通报,2012,10(31):1554-1564.

# Analysis on Sedimentary Environment of Permian – Carboniferous Strata in Shandong Province

YANG Enxiu, ZHANG Chunchi, NING Zhenguo, YU Deqin, WANG Qiaoyun, PENG Guanfeng, WANG Shijin

(Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** Late Paleozoic strata originally generated and sedimented in Shandong province in north China, and Carboniferous and Permian strata developed completely. Carboniferous and Permian strata, which precisely formed in late Carboniferous and late Permian distributed in Mesozoic and Cenozoic basins in west part of Yishu fracture zone, and divided into Yuemengou group and Shihezi group from bottom to top, enriched in animal and plant fossils, coal, bauxite and other mineral resources. The stratigraphic unconformity occurred between this strata and upper part of Ordovician. Subsequently, this strata suffered from weathering and erosion at the top, and was overlapped by Triassic unconformity. The formation thickness, lithology and ore – bearing characteristics are different in different areas. The sedimentary environment was evolved from marine and marine – land transition to land, and mainly divided into marine environment, transitional environment, lake, swamp and river environment.

**Key words:** Late Paleozoic; Carboniferous and Permian; sedimentary environment; stratigraphic framework