

· 煤田地质 ·

应用露头层序研究合山煤田合山组
煤层的成因^{*}

王根发 黄凤鸣 黄乃和 温显端 陶继文

(中国地质大学 武汉 430074)

摘要 合山煤田煤层的成因问题一直存有争议。通过露头层序地层分析将该区煤层分为两种类型,一种产在台地低水位楔状体内,另一种产在海进体系域中。前者厚度大,结构较简单,煤质较好,为近海湖泊淤浅成煤;后者厚度小,结构复杂,煤质差,为滨海潮上带成煤。其独特的碳酸盐岩型含煤是由于缺乏陆源碎屑供应等所致。

关键词 碳酸盐岩 煤层 成因 层序地层 合山组 合山煤田

中国图书资料分类法分类号 P618.1101

作者简介 王根发 男 37 岁 讲师 硕士 煤田地质

1 引言

合山煤田含煤地层为上二叠统合山组。由于其独特的碳酸盐岩含煤性,近年来许多能源地质工作者对其作了大量的研究^[1~4],但对煤层成因上的认识一直存有异议。归纳起来主要有以下 3 种认识:

a. 认为成煤环境为活动的、受海水影响的潮间泥炭坪,成煤物质为喜盐类红树植物。

b. 认为成煤过程分两个阶段,早期为藻坪沼泽—泥炭沼泽成煤,成煤物质为类红树植物,晚期发展为陆上淡水泥炭沼泽,成煤物质为陆生木本植物。

c. 认为成煤之前海水已从碳酸盐台地退出,成煤一开始就为陆上淡水泥炭沼泽环境,成煤物质为陆生木本植物。

笔者自 1989 年以来曾 4 次赴该区进行野外地质调查,实测了 26 条露头(包括井下揭露)剖面和钻井剖面,进行了大量分析、测试等室内工作,采用露头层序地层研究,煤层成因可分为两种类型。

2 区域地质概况

研究区位于华南陆块西南部被动大陆边缘带,由道孚—马山、冷水江—桂林、宜山—柳城等同沉积大断裂所挟持的三角形地体内^[5]。东吴运动后,在该地体上形成桂中台地,而沿 NW 向的道孚—马山、NE 向的冷水江—桂林深大断裂形成湘桂黔深水盆地。其北部、东南部和西南部隆升,形成江南古陆、云开古陆和大新古岛等三块古陆(图 1)。晚二叠世沉积时,江南古陆和大新古岛已处于稳定状态,且已夷为平原地形^[6],物理风化较弱,主要向盆地输送化学风化物质。云开古陆距离较远,物理风化产物难以输送到桂中台地。这就决定了桂中台地以碳酸盐岩沉积为主夹少量硅质岩、碎屑岩和煤层的岩石组合特征。研究区位于台地南部,离江南古陆较远,中间又有未完全停止活动的宜山—柳城同沉积断裂所形成的次级拗陷所隔,碎屑岩含量更为稀少,仅有少量泥质夹层。研究区东侧的深水盆地靠台地一侧主要为硅质岩沉积,其次有粉砂岩、砂质泥岩、碳质泥岩和灰岩等。台地与盆地之间发育窄而陡的斜坡相,斜坡带下部以硅质岩沉积为主,顺斜坡向上灰岩逐渐

* 国家自然科学基金资助项目(项目编号:4880114)的部分成果。

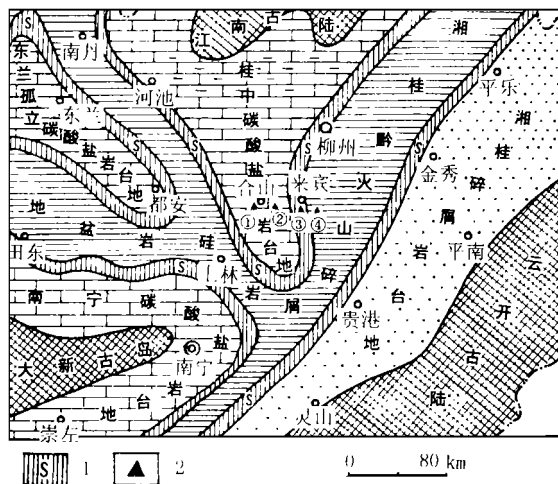


图 1 桂中地区晚二叠世早期岩相古地理图

1——斜坡相;2——剖面位置(①合山马滩,②合山那岭,
③来宾观音滩,④来宾篷莱滩)

增多,到台地边缘带发育藻—海绵生物礁^[7]。

3 合山组层序地层特征

桂中地区合山组层序地层发育具有被动大陆边缘特征^[8]。合山煤田位于台地区内,相对海平面的旋回性变化对该区沉积作用的影响非常明显。在合山组沉积过程中发生过 6 次明显的海退事件,形成了 6 个不整合面,加上底部的全球海退不整合面,共 7 个不整合面。这些不整合面将合山组划分为 6 个层序,其中 S₁、S₂、S₃、S₄、S₆ 为 1 类层序, S₅ 为 2 类层序(图 2)。

层序 S₁: 为 I 类层序,由低位体系域、海进体系域和高位体系域组成。低位体系域(LST)台地区发育于合山组底部全球海退不整合面(I 层序界面)之上,为古风化残余物再沉积形成的楔状体。受古卡斯特地形的影响,该楔状体厚度变化较大,为铁铝质岩、高岭石、水铝石粘土岩和煤层(五煤)组成。海进体系域(TST)由两个副层序组成。下副层序为潮间—潮上带沉积的深灰色厚层状藻屑生物灰岩,上副层序为潮下带沉积的燧石团块灰岩和泥晶灰岩,含少量完整介形虫化石,中上部夹一层藻屑灰岩。高位体系域(HST)为潮下—潮间带沉积的厚层状微晶灰岩、中厚层状燧石团块灰岩及白云岩。顶部发育 *Skolithos* 垂直潜穴、类干裂构造、鸟眼构造、古溶洞群和重结晶的淡水岩层等。

层序 S₂: 由海进体系域和高位体系域组成。海

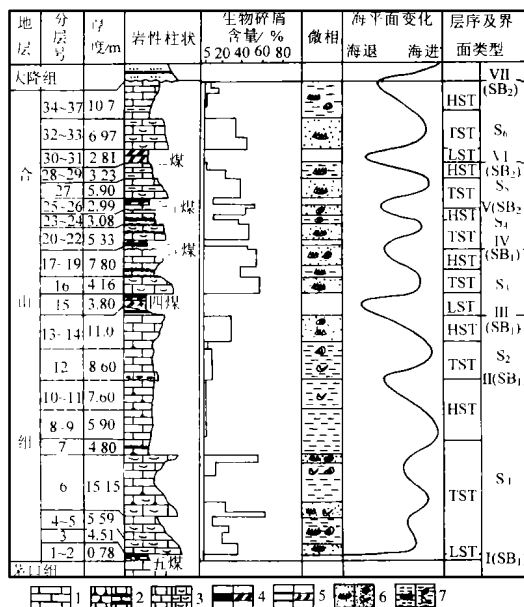


图 2 合山马滩合山组层序地层分析柱状图

1——灰岩;2——燧石结核灰岩、燧石条带灰岩;3——白云质灰岩、生物碎屑灰岩;4——煤、碳质泥岩;5——硅质岩、根土岩;6——藻泥灰岩、有孔虫—介形虫泥灰岩;
7——藻粒泥灰岩、有孔虫—介形虫粒泥灰岩

进体系域(TST)为潮下低能带沉积的厚层至块状含燧石团块微晶灰岩,含有孔虫、介形虫化石,底部发育一层厚 0.2~0.8 m 砾屑层。高位体系域(HST)为潮下—潮上带沉积的灰色厚层状灰岩,下部含少量完整有孔虫、介形虫化石,上部化石含量增多,保存差,有定向性。顶部发育侵蚀臃丘构造、干裂构造、假砾石构造、古溶洞群和淡水灰岩层等暴露侵蚀构造。在煤田的西北部地区,灰岩之上见有一层潮间—潮上带沉积的^[9]厚 0~5 m 的薄层状硅质岩,其顶部见有硅化古土壤层。

层序 S₃: 由低位体系域、海进体系域和高位体系域组成。低位体系域(LST)由风化残余物再沉积形成的楔状体组成。该楔状体形成于相对海平面开始缓慢上升期、快速上升之前。主要由一套加积沉积的高岭石粘土岩(含根座化石)、碳质泥岩和煤层(四煤)组成。海进体系域(TST)底部为一层厚约 5 cm 的碳质灰岩,向上为潮间带沉积的深灰色厚层状藻屑生物灰岩,生物屑含量高达 50%~70%,顶部为潮下带沉积的含泥质硅质条带灰岩。高位体系域(HST)为生物碎屑灰岩。下部化石较少,保存较完整,为潮下带沉积,向上生物碎屑含量增多,达 60%

~70%, 主要为藻类和有孔虫等, 化石保存差, 具有明显的定向性。至顶部出现白云质灰岩, 生物含量急剧减少, 并且岩石受大气水作用, 发生了强烈重结晶, 泥晶重结晶为粗晶方解石颗粒, 所保存的少量生物碎屑被重结晶作用破坏。此外, 还见有侵蚀臃丘构造和古溶洞群等。

层序 S_4 : 由海进体系和高位体系域组成。海进体系域(TST)由两个海退型副层序组成。下副层序下部为潮间带沉积的黑灰色含碳质生物碎屑灰岩, 生物含量 50%~60%, 主要有裸松藻、粗枝藻、介形虫等。上部为碳质泥岩夹煤层(三下煤层), 煤层结构非常复杂, 为厘米级的碳质泥岩、泥灰岩和煤线互层产出, 泥灰岩中产大量藻屑化石, 为潮上带沉积。上副层序下部为潮间带沉积的含碳质生物碎屑灰岩, 上部为潮下带沉积的泥质灰岩夹薄硅质层。高位体系域(HST)为潮间—潮上沉积的藻屑灰岩, 顶部含铁质和有机质较多, 灰岩发生了强烈的重结晶, 并发育古溶洞群。

层序 S_5 : 由陆架边缘体系域、海进体系域和高位体系域组成。陆架边缘体系域(SMST)见于台缘区的观音滩剖面, 为一厚达 60 m 的藻—海绵生物礁沉积。岩层中多处发育白云质条带及层状晶洞, 说明沉积期间该生物礁曾数次露出水面。该体系域向台地内逐渐变薄、尖灭。海进体系域(TST)由两个海退型副层序组成。下副层序下部为潮间带沉积的黑色含碳质生物碎屑灰岩, 上部为潮上带沉积的碳质泥岩和煤线(三上煤)夹生物灰岩透镜体。上副层序下部为潮下浅水沉积的海绵生物碎屑灰岩夹泥灰岩, 向上泥质增多, 为发育 *Planolites* 遗迹相的较深水泥灰岩沉积。高位体系域(HST)为角砾化作用形成的角砾状灰岩。角砾间为含有机质、铁质的细碎屑物, 顶部见铁质结核。顶面发育侵蚀臃丘构造和古溶洞群。

层序 S_6 : 由低位体系域、海进体系域和高位体系域组成。低位体系域(LST)为充填于台地低洼地带的低水位楔形沉积。下部为含大量根座化石的铁铝质岩、高岭石粘土岩, 上部为碳质泥岩(二煤)。粘土岩中含有 5% 的长石、石英等陆源碎屑。海进体系域(TST)下部为潮间带沉积的生物碎屑灰岩, 生物化石以有孔虫和藻类最多。上部为潮下较深水沉积的泥晶灰岩夹薄层泥灰岩, 仅含约 5% 的有孔虫、介形

虫等, 化石保存完整。高位体系域(HST)为潮间、潮上带沉积的生物碎屑灰岩和干裂作用形成的角砾状灰岩, 顶部部分灰岩发生重结晶。该层序之上为大隆组深水火山碎屑岩。

4 合山组煤层成因分析

合山组含煤 6 层, 煤层编号由下向上分别为五、四、三下、三中、三上、二煤层, 其中只有四煤层全区可采, 五煤层和三下煤层局部可采, 三上煤层不可采, 三中煤层和二煤层实为两层碳质泥岩。除三中煤层和三上煤层是两层此消彼长的煤层或碳质泥岩外, 其余 4 个煤层在合山煤田内层位稳定, (图 2), 其中, 五、四、二煤层产于低水位楔状体上部, 三下、三中、三上煤层产于海进体系域的中下部。这两种不同产出的煤层在成煤环境和煤质上有明显差异。

4.1 五、四、二煤层的成煤条件分析

这 3 个煤层分别产在 S_1 、 S_3 、 S_6 层序的同一体系单元内, 即低位楔状体内。低水位后期是最重要的成煤期之一, 分布最广、厚度最大的煤炭沉积通常发生在海退和海进最大期的垂向叠加沉积事件中^[10,11]。对于低水位期聚煤作用而言, 海退达到最大期后, 相对海平面开始缓慢回升, 海岸平原地区的陆架可容纳空间开始出现正增长, 地下水位线缓慢上升, 此时的泥炭堆积速度与地下水位上升速度基本保持一致, 因而能形成厚煤层。露头层序地层研究表明, 合山煤田 S_1 、 S_3 、 S_6 3 个层序底部的低水位楔状体正是低水位后期的产物。早期相对海平面快速下降, 台地暴露在大气环境下, 碳酸盐岩台地遭受风化侵蚀, 在低水位楔状体之下形成古溶洞、古风化壳、古土壤层、古侵蚀地形、干缩构造和淡水岩层等(图 3, 时间 1—2)。晚期相对海平面保持稳定或缓慢上升, 台地区可容纳空间开始出现正增长, 在低洼地带形成浅湖, 铁铝质风化残余物开始沉积。随着可容纳空间的逐渐增加, 浅湖范围进一步扩大, 沉积物亦由高岭石粘土逐渐取代铁铝质粘土, 并在湖岸及凸地上发育泥炭沼泽(图 3, 时间 2—3)。最终浅湖被淤塞, 并由高地向低地逐渐泥炭沼泽化形成大范围泥炭沉积(图 3, 时间 3—4)。由煤层下部产出的大量陆生植物根座化石^[4]和对根土岩、粘土岩夹矸分析得出, 粘土岩成分为高岭石, 其 Sr/Ba 最大 0.75, 最小 0.28, Ni/Cr 最大 0.34, 最小 0.08; 以及对煤中光

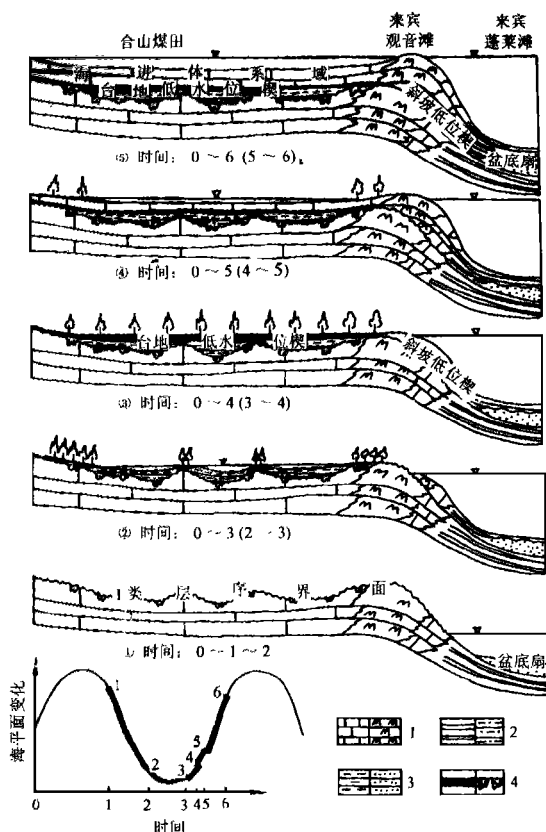


图 3 合山煤田层序地层及成煤模式图

(时间 1—4 为低位体系域沉积期, 4—6 为海进体系域沉积期)

1—灰岩、礁灰岩; 2—硅质岩、铁铝质粘土岩;

3—高岭石粘土岩、粉砂岩; 4—煤、古溶洞群

亮煤分析, 其 B 含量仅 9.5×10^{-6} 。这些均表明, 粘土岩和煤层均是淡水条件下的产物, 浅湖为近海淡水湖, 煤层为湖泊淤浅泥炭沼泽化成煤, 成煤植物为陆生植物。所以, 这一成因类型的煤层不但厚度大、层位稳定, 而且结构也较简单、煤质较好。

在四煤层形成期间, 合山煤田东北部低洼地区曾出现过两次短暂的海泛事件。第一次影响范围很小, 仅在煤田东北部边缘地区, 第二次影响范围较大, 波及到占煤田 1/3 的东北地区。海泛事件使这些地区的泥炭堆积终止, 形成了两层藻屑灰岩和硅质岩夹矸, 两层夹矸顶部均发育明显的风化侵蚀构造。说明灰岩和硅质岩遭受了较长时间的暴露侵蚀后才逐渐恢复泥炭堆积。成煤环境始终为淡水泥炭沼泽环境。

当海平面上升速度加快, 泥炭堆积速度跟不上时, 台地区发生广泛的海侵, 在煤层顶部形成海进面, 海进面之上为非常平整的海侵灰岩顶板。

4.2 三下、三中、三上煤层的成煤条件分析

这 3 个煤层产在 S_4 、 S_5 层序海进体系域下部的海退型副层序顶部。成煤之前, 台地区发生广泛海侵, 沉积作用以侧向加积为主, 不具备形成厚煤层的沉积条件^[10]。大量的露头 and 钻井资料表明, 聚煤作用被频繁的海侵事件终止, 在煤层间形成多层厚几厘米到十几厘米的藻屑灰岩和碳质泥岩夹矸。成煤环境与五、四、二煤明显不同, 为潮上带沼泽、泥炭沼泽环境(图 3, 时间 4—5)。从煤层中发现有鳞木化石^[12]看, 成煤植物主要还是陆生淡水植物。该类型煤层不但厚度薄、层位不稳定, 而且结构复杂、煤质差。

5 结束语

综上所述, 合山煤田的煤层按其在层序中的产出位置划分为两种类型, 一种产在台地低水位楔状体上部, 另一种产在海进体系域中下部。前者泥炭堆积与缓慢上升的海平面基本保持同步, 故其厚度大, 且分布稳定。主采四煤层和煤质最好的五煤层均属这一类型。后者因泥炭堆积速度跟不上海平面上升速度, 泥炭堆积作用经常性地被海侵事件终止, 故其厚度小, 稳定性差, 结构复杂, 煤质劣。五、四、二煤层为近海浅湖淤浅后形成的泥炭沼泽中形成, 而三下、三中、三上煤层则形成于滨海潮上带泥炭沼泽之中, 成煤植物主要为陆生植物。

合山煤田的煤层成因并不特殊, 但由于其顶、底板及其中的部分夹矸为碳酸盐岩, 故一直被认为是一种与陆相成煤作用截然不同的过程所致。实际情况也许并非如此, 有时不同的结果并不意味着由不同的过程产生, 同样的过程在不同的背景条件下也可以产生不同的结果。本文的研究结果正说明这一点。合山组独特的沉积面貌是其所处的大地构造位置所致, 盐岩沉积提供了先决条件, 而热带气候条件更加剧碳酸盐沉积的发育和成煤泥炭沼泽快速盛衰, 从而形成了世界上独一无二的碳酸盐岩型的合山组含煤岩系。

谨向合山矿务局工程师王起宽、地测处、里兰矿、上塘矿、溯河矿、柳花岭矿和东矿等领导和技术员、来宾县城厢乡政府、二沟村村委会及吴冲龙、陈钟惠、夏文臣教授和罗映娟同志深表谢意。

参考文献

1 卓越·桂中晚二叠世合山组沉积特征和成煤环境·煤田地质与勘探, 1980; (3): 1~7

2 张鹏飞, 邵龙义·广西合山地区合山组沉积相带和沉积模式·沉积学报, 1990; 8(4): 13~19

3 谌建国, 李有亮·广西上二叠统含煤建造和藻坪沼泽成煤模式·沉积学报, 1983; 1(1): 86~93

4 黄乃和, 温显端等·广西合山煤田的古土壤层与成煤模式·沉积学报, 1994; 12(1): 40~45

5 王立亭, 陆彦邦等·中国南方二叠纪岩相古地理与成矿作用·北京: 地质出版社, 1994; 58~59

6 周怀玲, 张振贤·广西二叠纪岩相古地理格局·广西地质, 1994; 7(4): 7~8

7 沙庆安等主编·黔桂地区二叠系综合研究—兼论含油气性·北京: 科学出版社, 1990; 109~110

8 王根发, 黄凤鸣等·桂中合山, 来宾地区晚二叠世合山组层序地层分析·石油实验地质, 1997(待刊)

9 黄凤鸣, 黄乃和等·广西合山煤田中的滨岸带海绵骨针岩及其地质意义·地质科技情报, 1995; 14(2): 69~74

10 威尔格斯 C K 等编·徐怀大等译·层序地层学原理·北京: 石油工业出版社, 1993; 429~440

11 Arditto Peter·Potential hydrocarbon plays in the Late Permian succession of the southern Sydney basin based on well log and seismic sequence analysis·Exploration Geophysics, 18(4): 355~366

12 董家国·合山煤田首次发现植物化石·煤田地质与勘探; 1984(1): 封二

(收稿日期 1997-04-29)

THE ORIGIN OF COAL IN HESHAN FORMATION STUDIED BY OUTCROP SEQUENCE METHOD IN HESHAN COALFIELD

Wang Genfa Huang Fengming Huang Naihe Wen Xianduan Tao Jiwen
(China University of Geosciences)

Abstract The origin of coal beds in the Upper Permian Heshan Formation in the Heshan coalfield has been disputed for long time. The authors divide the coals in the Heshan coalfield into two types based on the outcrop sequences study in the study area. One type is developed in low-water wedges formed in a carbonate platform. This type of coal has a larger thickness, simpler structure and higher quality, and was formed in the swamps resulted from the filling-up of paralic lakes. Another type of coal is developed in transgressive depositional system tracts. This type of coal is small in thickness, complex in structure and poor in quality, and was accumulated in littoral supertidal environment. The unique carbonate rock type coal measures in the Heshan coalfield was caused by the specific paleo-geological setting in which the terrigenous supply is lack.

Keywords carbonate rock; origin of coal bed; sequence stratigraphy, Heshan Formation, Heshan coalfield.

航勘院秦四清获国际“沃尔特斯奖”

中国航空工业勘察设计研究院新技术研究所所长秦四清获得号称国际工程地质界的“诺贝尔奖”——“沃尔特斯奖”，这是 1997 年 6 月 21 日在希腊雅典会议上，由国际工程地质协会的首脑们集体讨论确定的。

“沃尔特斯奖”是国际工程地质协会为了纪念 1981 年 3 月 7 日突然去世的原国际工程地质协会秘书长理查德·沃尔特斯博士而设立的，旨在奖励那些在工程地质界做出过特殊贡献的青年科学家。该奖每两年评选一次，每次只评选一人。秦四清是本届唯一一位获奖者，也是获此殊荣的第一位中国人。

秦四清出生于河北农村，早年就读于华北水利水电学院，毕业后考入东北大学攻读硕士及博士学位，后入成都理工大学博士后流动站从事研究工作。1994 年 4 月来到中航勘察设计研究院，成为到航勘院的第一个博士后。他已出版专著两部，其中《非线性工程地质学导引》一书在国内引起强烈反响，也被同行视为“非线性工程地质学”的创立者。自 1993

年以来，他公开发表论文 60 余篇，1995 年入选《中国名人大辞典》，并获得地质界“金锤奖”第一名，1996 年晋升教授级高级工程师，并成为博士生导师，享受政府特殊津贴，还被评为 1996 年度“北京市优秀青年工程师”。他曾先后主持过国家自然科学基金 1 项，参加过国家自然科学基金 1 项，主持过大型水电工程项目 4 项，岩土工程勘察设计项目 20 余项，还主持过博士后基金 1 项，国家重点实验室基金项目 2 项。他开发的“深基坑支护之星”软件和由他牵头开发的“金通——95 会计核算软件”以及“土钉墙深基坑支护技术”已累计为航勘院创产值 1000 余万元。

现年 33 岁的秦四清看上去文质彬彬，他那清瘦的面庞、深陷的眼睛似乎告诉人们：冰冻三尺，非一日之寒。他正满怀信心，向新的高峰迈进。

1998 年 9 月 20 日，他将出席在加拿大温哥华市举行的颁奖仪式。

(中国航空工业勘察设计研究院 周春光)