

# 大别山构造带东段杨山组煤的变质演化

岳巍 (中国煤田地质总局第一勘探局 邯郸 056004)

**摘要** 采用地史分析与数值模拟相结合的研究方法,对下石炭统杨山组煤的变质演化历程进行了定性和定量研究。结果表明:杨山组煤的变质作用经历了海西旋回中期和燕山旋回中—晚期两个演化阶段,煤级在第一阶段异常低热古地热场中深成变质作用下达到焦煤,第二阶段却在异常高热古地热场导致的热变质作用下剧增至超无烟煤。在包括研究区在内的大别山构造带北麓,海西旋回中期可能具有冷盆的特征,而燕山旋回中—晚期却表现出热盆的性质。

**关键词** 构造带 煤变质 演化 大别山

**中国图书资料分类法分类号** P618.11.05

**作者简介** 岳巍 男 40岁 高级工程师 煤田地质

## 1 引言

杨山组含煤岩系形成于华北板块南缘外侧秦岭—大别山构造带东段类前陆盆地,分布于豫南商城—固始一带。其构造背景、沉积环境和聚煤特征明显不同于华北板块内部的晚古生代煤系,煤及煤系的成因历来受煤田地质界的关注。作者依据煤炭资源勘探资料,结合矿井开采实践,在前期对杨山煤系含煤性初步研究的基础上<sup>[1]</sup>,进一步就其煤的变质演化历程进行了探讨。

## 2 煤变质演化的地质背景

研究区位于河南省固始县城南的杨山矿区,属于北淮阳地层区。含煤地层为下石炭统杨山组,形成于活动性极强的大地构造背景。沉积环境以多变的近源河流相为主,主要由粗碎屑岩和煤层组成,含煤层数多,单层平均厚度小,侧向变化大,稳定性差<sup>[1]</sup>。

杨山组与中—上石炭统连续沉积。中石炭统道人冲组和胡油房组分别厚 800~1 500 m 和 344~1 731 m,上石炭统杨小庄组和双石头组分别厚 288~902 m 和 6 837~8 561 m;以上缺失二叠系—下侏罗统沉积<sup>[2]</sup>。中侏罗统朱集组角度不整合于上石炭统之上,厚 2 220 m 左右。上侏罗统段集组厚约 1 400 m,与朱集组呈角度不整合接触,下部夹安山岩和安山玢岩,上部由石英粗安岩、安山岩、凝灰岩等组成。下白垩统陈棚组角度不整合于段集组之上,

厚度大于 600 m,主要为安山岩,上覆为较薄的新生界沉积。

杨山煤现今变质程度极高。排除天然焦的影响,各局部可采煤层精煤的无水无灰基氢元素平均含量为 2.13%~2.16%,平均挥发分产率为 4.60%~6.99%,等效镜质组反射率介于 4.0%~6.0%之间,相当于 2 号无烟煤,煤级在超无烟煤阶段。挥发分产率具有随煤层层位降低而减小的趋势,由于研究区构造形态总体为一倾角 25°~30°的单斜,故这一趋势显示出煤级随埋藏深度增大而略有增高的基本规律。据煤岩鉴定结果,镜质组多色性和光学各向异性特征明显,可见镶嵌结构产出。

区内燕山中—晚期岩浆岩发育,主要有石英二长岩、英安玢岩、斜长花岗斑岩等,显示出 I 型花岗岩的岩类组合特征<sup>[3]</sup>。钻孔对比和井下观察揭示,岩浆岩主要发育在杨山矿区北部,侵入煤系和煤层,多呈小型岩体形式产出,局部顺煤层或碳质泥岩侵入,并造成煤层局部缺失或形成天然焦。

## 3 煤层的构造—埋藏历史

东秦岭—大别山是元古代以来经多次复杂碰撞,最终于中晚三叠世拼贴的陆内造山带<sup>[4]</sup>。在海西期,北淮阳弧后盆地关闭并褶皱,同时在褶皱带与华北板块南缘之间形成连通海域的前陆—克拉通复合型盆地<sup>[9]</sup>,堆积了包括杨山煤系在内的石炭系类磨拉石建造,早石炭世煤层埋深逐渐加大。在印支期,

华北板块与华南板块碰撞造山,地壳隆起遭受剥蚀,使早石炭世煤层埋深变浅。

进入燕山旋回,板块碰撞造山所伴随的强烈俯冲,使东秦岭—大别山造山带北麓接受侏罗纪和白垩纪巨厚沉积,早石炭世煤层再次显著深埋。在此期间,酸性岩浆侵入煤系和煤层,对煤的变质演化产生深刻影响。花岗岩类岩浆的形成与地壳岩石的部分熔融有关,在约 10 km 深处的上地壳可形成运移不远的花岗岩、花岗闪长岩和石英二长岩岩浆<sup>[4]</sup>。花岗斑岩属于花岗岩类的浅成相岩石,玢岩为浅成或超浅成的侵入岩。换言之,研究区煤层在燕山中—晚期岩浆侵入时的埋深约在 3 000~6 000 m 之间。进一步来看,由于中侏罗统一白垩统的沉积厚度约为 4 300 m,故在中侏罗统沉积之前的印支期—燕山初期,研究区杨山煤系顶面埋深可能小于 1 500 m,即上覆中—上石炭统大部分已被剥蚀。

进入喜山旋回,尽管由于应力松弛导致东秦岭—大别山造山带北麓曾发育过第三纪断陷盆地并接受沉积,但商固地区总体上处于隆起状态,下石炭统煤层埋深不断变浅甚至遭受剥蚀。

鉴于上述构造发展历史,结合区域上有关地层的现今残留厚度,可知研究区煤层的埋藏历史经历了两个深埋阶段。(图 1)第一阶段发生在海西旋回中期的中—晚石炭世,早石炭世煤层被快速埋藏,最大埋深曾接近于 11 000 m,煤变质作用经历了由浅入深的渐进过程。第二阶段发生于燕山期的侏罗纪—白垩纪,虽然煤层最大埋深明显小于第一深埋阶段,但高古地热场的发育,造成了煤变质作用得以进展的热力学条件。

#### 4 煤变质演化历程

煤的变质演化特征取决于其受热历史,煤层或

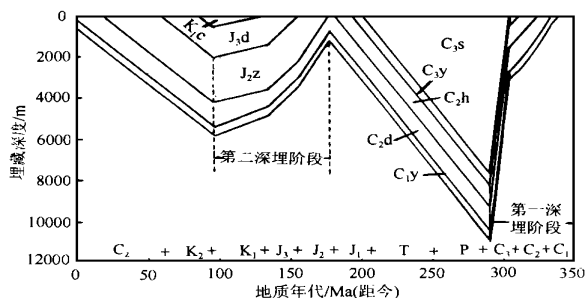


图 1 杨山矿区早石炭世煤层埋藏历史曲线

煤系在某一特定地质历史时期的受热温度是古地温梯度和煤层埋深的函数,古地热场性质则受控于大地构造发育特征。因此古地热场特征是煤变质演化的重要前提,煤的变质特征则是古地热场与煤层埋藏历史综合作用的结果。

##### 4.1 煤层受热历史

杨山煤系中存在燕山期岩浆接触变质作用所导致的天然焦,正常煤中镜质组的光学各向异性十分显著,并可见镶嵌结构产出,因此杨山煤的煤级在燕山期接触变质作用发生之前不超过瘦煤(镜质组最大反射率 $<1.90\%$ )。基于这一合理推论,结合杨山煤系的埋藏历史,采用目前国际上推崇的沉积有机质热演化历史数值模拟方法——EASY%R. 法<sup>[5]</sup>,对第一深埋阶段古地热场性质进行了拟合与反演。

反演结果表明:在古地温梯度为  $1.5\sim 1.6^{\circ}\text{C}/\text{hm}$  的假定条件下,第一埋藏阶段末期所达到的煤级(镜质组反射率为  $1.46\%\sim 1.68\%$ )与煤岩学特征最为吻合;若古地温梯度 $\geq 1.7^{\circ}\text{C}/\text{hm}$ ,则阶段末期的煤级均会超过瘦煤,在燕山期高热条件下不可能形成天然焦和镶嵌结构。(图 2)换言之,杨山煤的煤级在第一深埋阶段末期至多仅达焦煤阶段。然而杨山煤的现今煤级已达超无烟煤,暗示煤变质作用在第二深埋阶段仍有显著进展。

在第二深埋阶段,尽管燕山旋回中—晚期的岩浆侵入作用广泛发育,但岩浆释放热的作用范围是有限的,对于小型岩体更是如此,研究区挥发分产率随煤层层位降低或随埋深加大而减少的特征,也充分证明了这一事实。在华北中部的豫西北—晋东南一带,与杨山煤的煤级相似的石炭—二叠纪煤层的最高受热古温度在  $250\sim 300^{\circ}\text{C}$  之间<sup>[6,7]</sup>。参照这一受热温度范围平均值  $275^{\circ}\text{C}$ ,采用煤层在第二深埋阶段的最大埋藏深度,(图 1)取地表恒温带温度为  $15^{\circ}\text{C}$ ,得出该阶段古地温梯度为  $4.5^{\circ}\text{C}/\text{hm}$ ,这一梯度值与 Coode(1998)对活动板块构造环境下前陆盆地岩石热结构参数的研究成果一致<sup>[8]</sup>。采用此梯度值对所达煤级的数值模拟结果,也与杨山煤现今煤级高度吻合。

综上所述,包括研究区在内的大别山构造带北麓在海西旋回中期具有冷盆的特征,杨山煤系底面的最高受热温度约为  $180\sim 190^{\circ}\text{C}$ ;在燕山旋回中—晚期表现出热盆的性质,杨山煤系底面曾经受了

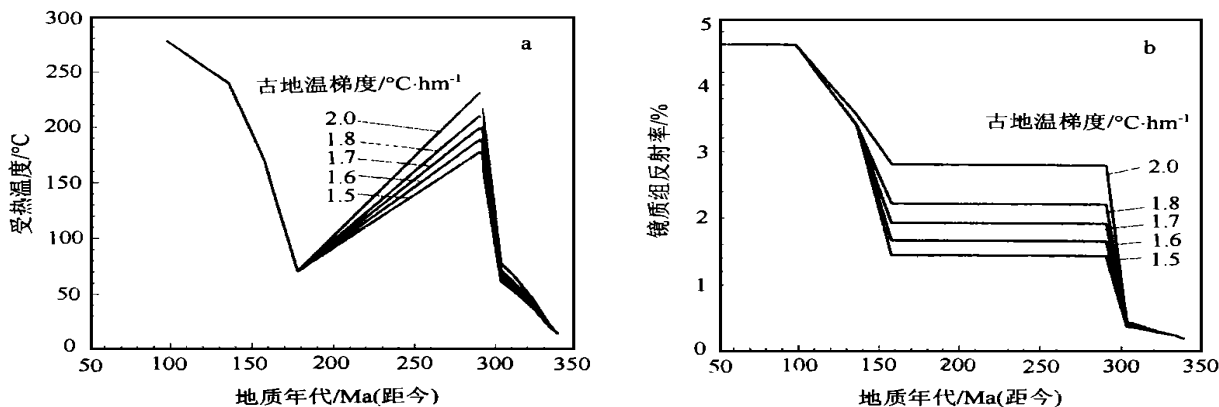


图 2 杨山矿区早石炭世煤变质演化历程数值模拟结果  
a——煤系底面受热温度历史曲线;b——煤系底面镜质组反射率演化曲线

270~280℃较高温度的作用。(图 2a)

4.2 煤的变质演化阶段

上述受热历史定性显示,杨山煤的变质作用经历了海西旋回中期的深成变质和燕山旋回中—晚期热变质两个演化阶段。采用 EASY %R<sub>o</sub> 数值模拟方法,进一步定量地揭示出杨山煤的变质演化历程。模拟所用的基本物理参数为:海西期古地温梯度 1.5~1.6℃/hm,燕山期古地温梯度 4.5℃/hm,恒温带温度均为 15℃;根据地温梯度×埋藏深度+恒温带温度,提出各地质时期煤层的受热温度。

模拟结果表明:海西期的煤变质作用主要发生在晚石炭世晚期的双石头组沉积期,镜质组反射率从 0.35%变为 1.70%,煤级从褐煤急剧增至焦煤;燕山期煤变质作用起始于晚侏罗世初期,结束于早白垩世末期,镜质组反射率从 1.70%剧增到 4.70%左右,煤级从焦煤升至超无烟煤;煤变质作用在海西晚期—燕山早期曾经暂时中止,在喜山期也无进展。

(图 2b)

参考文献

1 岳巍·大别山北麓杨山矿区下石炭统杨山煤系含煤性及控煤因素探讨·中国矿业大学学报,1998;27(增刊):121~122  
2 中国石油天然气总公司·中国石油地质志(卷八)·北京:石油工业出版社,1992  
3 刘肇昌·板块构造学·成都:四川科学技术出版社,1985  
4 贾承造,施央申·东秦岭板块构造·南京:南京大学出版社,1988  
5 宋党育,秦勇·镜质组反射率反演的 EASY %R<sub>o</sub> 数值模拟新方法·煤田地质与勘探,1998;26(3):15~17  
6 秦勇,李大华,侯世宁等·豫西北地区晚古生代煤的热演化特征及其古地热场背景·中国矿业大学学报,1992;21(3):76~82  
7 秦勇,宋党育,王超·山西南部晚古生代煤的煤化作用及其控气特征·煤炭学报,1997;22(3):230~235  
8 何建琨·东秦岭北缘煤的变质作用与板块构造的关系·地质论评,1996;42(1):7~13  
9 石油大学·合肥盆地生烃及保存条件研究(研究报告)·北京:石油大学,1996

(收稿日期 1998-12-30)

COALIFICATION HISTORY OF THE YANGSHAN COAL-BEARING FORMATION  
IN THE EASTERN DABIESHAN TECTONIC ZONE

Yue Wei (China National Administration of Coal Geology)

**Abstract** The metamorphism history of the coals in the Lower Carboniferous Yangshan coal-bearing formation is investigated comprehensively using the methods of the geological history analysis and EASY %R<sub>o</sub> numerical modeling. It is shown that the coalification of the Yangshan coals was completed during two geological history stages, i.e., the middle Hercynian tectonic cycle and the middle-late Yanshanian one. The rank of coking coal was achieved at the end of the first stage under the deep burial coalification derived from the lower palaeo-geothermal current, and the meta-anthracite was acquired at the end of the secondary stage through the thermal metamorphism led by the higher palaeo-geothermal current. In the northern Dabieshan tectonic zone, a cooling basin seemed to occur during the middle Hercynian cycle and a heating basin might be developed during the middle-late Yanshanian one.

**Keywords** tectonic zones; coal metamorphism; evolution; Dabieshan