

# 中国西南龙潭早期碱性火山灰蚀变的 TONSTEINS<sup>\*</sup>

周义平 (昆明煤炭科学研究所 650041)

**摘要** 系统地研究了中国西南地区晚二叠世龙潭早期 TONSTEINS 的时空分布。对该地区 8 层 TONSTEINS 的岩石学、矿物学以及地球化学特征的对比、分析,确认其全部为不同期次的同沉积碱性火山灰蚀变粘土岩。此一发现填补了全球含煤建造中缺失碱性火山灰沉积记录的空白,具有一定的实用价值与理论意义。

**关键词** 碱性岩 火山灰 TONSTEIN 含煤建造 晚二叠世 中国西南

**中国图书资料分类法分类号** P619.264

**作者简介** 周义平 男 61岁 高级工程师 煤田地质

## 1 引言

大量研究表明,不同地质年代的含煤沉积中广泛分布的 TONSTEIN,其原始物质绝大部分是同沉积的酸性、中酸性火山灰。国内外悉数如此。个别例外的情况是在英国石炭纪地层中曾鉴别出 7 层

TONSTEIN 是由基性火山灰形成,另外 14 层由酸性和中性火山灰形成;(Spears D A 等,1979) 加拿大的始新世 Hat Creek 山间盆地沉积的总厚 500 余米的 4 个煤带中,含 TONSTEIN 72 层,仅确定出一层的原始物质为基性火山灰;(Coodarzi F 等,1988) 在我国川东南龙潭组中上部有一层厚 1~8 cm 分布甚广的 TONSTEIN(V 标),也很可能是基性火山灰形成的。至于由同沉积碱性火山灰形成的 TON-

## THE COAL FACIES PROPERTIES OF MEGA COAL SEAM IN XIAOLONGTAN FORMATION IN XIANFENG BASIN

Xing Jun (China University of Geosciences)

Liu Guangxiang (Academy of Design & Research, CNSPC)

Xu Guangquan (Huainan Technology Institute)

**Abstract** Based on the observations and quantitative analyses of macerals in 29 coal samples, combining with the analysis of chloroform bitumen "A" group component and gas chromatographical analysis of saturated hydrocarbon, the coal facies properties of mega coal seam in Neogene Miocene Xiaolongtan Formation (N<sub>1</sub>x) in Xianfeng Basin are studied. It is indicated that the peat swamp underwent a larger variation of water depth from shallower to deeper and then from deeper to shallower during the formation period of this mega coal seam, totally, the swamp belonged to the low lying one. This mega coal seam had a mixing biological source in which the higher terrestrial plant was the dominant one and the higher aquatic plant was the subsidiary one. Due to the favorable meteorological and hydrological conditions, better accumulating situation and abundant coal-forming original material in the intermont basin, the mega coal seam was formed finally in the stably subsided peat swamp setting in early period of Miocene.

**Keywords** mega coal seam; coal facies properties; Xiaolongtan Formation; Xianfeng Basin

STEIN, 90 年代初由笔者概略地介绍过<sup>[1,2]</sup>, 但迄今尚未见有较系统的研究报导。西南晚二叠世龙潭早期沉积的地层中( $P_2l_1$ )赋存有 8 层岩石结构类型基本相同、侧向分布较稳定的 TONSTEIN。80 年代中期戴恒贵等对这一层段内的 TONSTEIN 在区域上追踪、对比, 系统地进行编录和采集标本, 获得了丰富的第一性资料。1989 年, 笔者等对滇东—黔西晚二叠世含煤建造中的 TONSTEIN 进行了岩石学、矿物学和地球化学研究, 得出  $P_2l_1$  TONSTEIN 的原始物质为碱性岩火山灰的结论<sup>[1,2]</sup>。张玉成等对川东南的 3 层 TONSTEIN 微量元素组成特点的分析, 也得出了相同的结论<sup>[3]</sup>。

## 2 $P_2l_1$ TONSTEIN 的时空分布

晚二叠世龙潭组底部的一层煤, 东起达县以北, 经华蓥山、天府、南桐、叙永, 南延至贵州遵义、安顺、织金、水城、盘县, 西迄贵州威宁—云南宣威羊场—富源庆云—曲靖恩洪一线(其中局部因古地形较高而有缺失), 总分布面积约  $15 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。(图 1) 煤层中含 TONSTEIN 1~5 层, 一般为 3 层。该煤层各地编号不一, 为叙述方便, 统称 C<sub>28</sub>; 所含 TONSTEIN 统称 X 标。其上的 C<sub>24</sub> 煤层, 含两层 TONSTEIN 统称 IX 标。再上即为区域上划分  $P_2l_1$  与  $P_2l_2$  界线的 C<sub>20</sub> 煤层, 含一层 TONSTEIN 统称 VIII 标。 $P_2l_1$  在研究区

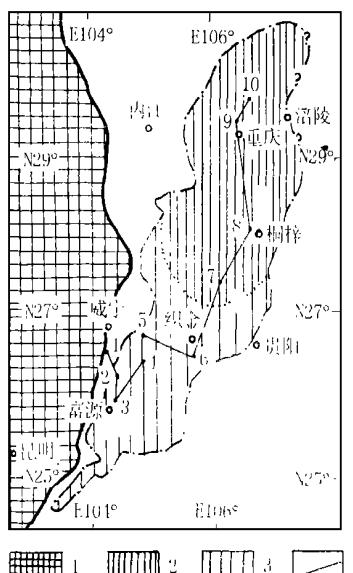


图 1 龙潭早期( $P_2l_1$ )碱性火山灰蚀变 TONSTEIN 的分布

1—古陆; 2—4~8 层 TON.; 3—1~3 层 TON.;  
4—剖面位置及编号

内厚 30~70 m, 所含的 3 层煤层中, 产出 4~8 层 TONSTEIN; 而在煤层间的岩层内, 部分地区还能鉴别出 1~2 层粘土岩薄层, 其岩性和产状与煤层中的 TONSTEIN 相同, 见图 2。

$P_2l_1$  中 TONSTEIN 的层数由北东部的 4~8 层向南西方向减少至 1~3 层, 其总厚度对应地由 0~6 m 降低至 0.1~0.2 m。

## 3 宏观标志及岩石结构类型

$P_2l_1$  3 层煤中 8 层 TONSTEIN 的宏观岩石特征很相似, 即为灰黑色—浅灰色粘土岩, 致密块状, 断面细腻, 部分具贝壳状—半贝壳状断口, 油脂光泽, 含碳质条纹、线理; 与上下煤分层接触界线清晰。岩石的显微结构类型单一, 全部为致密型。这与  $P_2l_1$  以上含煤地层中的 10 多层 TONSTEIN 的结构类型特点有明显的区别。(表 1, 图版 I)

表 1  $P_2$  各段中 TONSTEIN 的岩石结构类型比较

地层时段	$P_2l_2+P_2l_1$	$P_2l_1$
	本时段的 12 层	8 层 TONSTEIN 的
岩 石 结 构 类 型	TONSTEIN 中, 具有全 球已知的 4 种最主要的 TONSTEIN 的岩石结构 类型:致密型、球粒型、结 晶型和假象型。部分层位 还有各主要结构类型间 的过渡类型, 并存在两种 岩石结构类型, 见图版 1-6, 7, 8。	岩石结构类型均为致密 型。薄片中普遍见有植物 组织碎屑, (已炭化)植物 胞腔常被高岭石或多水 高岭石交代、充填, 形成 圆形或卵形的均一颗粒。 部分层位中还见到完整的 火山玻璃气泡, 见图版 1-5

## 4 副矿物

根据百余件岩石薄片观察和 30 件重砂分析资料,  $P_2l_1$  TONSTEIN 的副矿物特点是含量很少, 成分单一。碱性岩石中的造岩矿物和常见的副矿物在  $P_2l_1$  TONSTEIN 中很难见到。而在  $P_2l_1$  上部含煤地层的 12 层 TONSTEIN 中, 无论其为何种岩石结构类型, 所含的副矿物种类和数量均较  $P_2l_1$  TONSTEIN 丰富, 其中石英屑、 $\beta$  石英副象、锆石、黑云母假象和透长石等较普遍。

## 5 化学组成

区内各层 TONSTEIN 原始物质的绝大部分已水解蚀变为高岭石, 少部分转变成伊利石或伊利石/

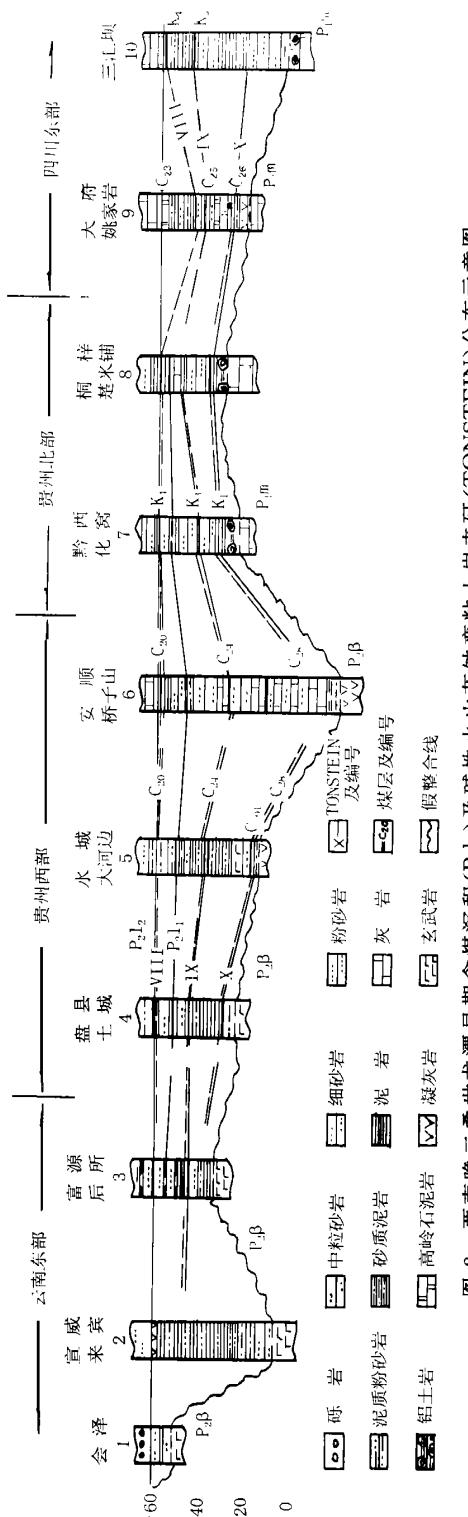


图2 西南晚二叠世龙潭早期含煤沉积( $P_{21}$ )及碱性火山灰蚀变粘土岩夹矸(TONSTEIN)分布示意图

动。为清除这些因素的影响,这里采用钛率( $Al_2O_3/TiO_2$ ,用 $K_{AT}$ 表示)来比较和恢复形成TONSTEIN原始物质的性质。大家知道,从基性→中性→酸性→碱性岩浆的分异演化过程中,Ti、Al含量不断变化,并有与各演化阶段相对应的特征值。而在泥炭沼泽环境内Ti、Al的稳定性好,两者同步富集。因此TONSTEIN的 $K_{AT}$ 值与同沉积的火山灰 $K_{AT}$ 值接近,可用于类比推测原始物质的性质。

从基性岩浆→酸性岩浆→碱性岩浆,所含的 $TiO_2$ 大幅度减少后又再次升高,对应的平均 $K_{AT}$ 值为7.2(基性)→46.7(酸性)→31.2(碱性)<sup>[4]</sup>。区内219件化验资料的统计表明, $P_{21}$ TONSTEIN的 $K_{AT}$ 值为14.2~51.7,平均30.3; $P_{212+3}$ 和 $P_{2c}$ TONSTEIN的 $K_{AT}$ 值为28.8~310.7,平均85.7,分别与碱性和酸性岩浆的特征值相对应。只是后者更贫钛,这使它们的区别更为明显。

将上述化验结果绘制成 $TiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 百分含量相关群点图。图上配置的一条 $K_{AT}$ 值为39的斜率直线,在整体上将 $P_{21}$ TONSTEIN和 $P_{212+3}$ 、 $P_{2c}$ TONSTEIN分成上、下两部分,清楚地反映出形成两者原始物质含钛特点的区别。(图3)

## 6 稀土元素

$P_{21}$ TONSTEIN的 $\sum REE$ 变化在 $140 \times 10^{-6}$ ~ $2500 \times 10^{-6}$ ,平均 $700 \times 10^{-6}$ , $\delta_{Eu}$ 为0.05~0.65; $\delta_{Ce}$ 略显正负异常; $\sum Ce/\sum La$ 在3~18之间,并随 $\sum REE$ 增加而增大,也即右倾斜率更高,更富轻稀土。

$P_{2c}$ 和 $P_{212+3}$ TONSTEIN的 $\sum REE$ 在 $55 \times 10^{-6}$ ~ $540 \times 10^{-6}$ ,平均为 $200 \times 10^{-6}$ ; $\delta_{Eu}$ 0.11

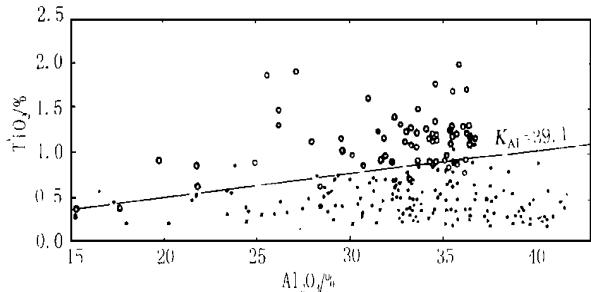


图3 西南晚二叠世含煤沉积中TONSTEIN的 $TiO_2/Al_2O_3$ 含量相关群点图

—  $P_{212+3}$ 及 $P_{2c}$ 中TONSTEIN的 $TiO_2/Al_2O_3$ 含量相关群点图

—  $P_{21}$ 中TONSTEIN的 $TiO_2/Al_2O_3$ 含量相关群点图

蒙脱石。TONSTEIN的化学组成大致可与其主要粘土矿物对应。但是由于TONSTEIN所含有有机质、游离 $SiO_2$ 以及其它副矿物数量的差别,相同粘土矿物组成的TONSTEIN的化学成分也有较大的波

~ 0.62;  $\Sigma Ce$  0.73 ~ 1.31;  $\Sigma Ce/\Sigma La$  在 4 ~ 18.4 之间。

两者的配分型式相似, 但前者的稀土总量高, 且更富轻稀土。

## 7 其它微量元素

一般而言, 岩浆从基性向酸性、碱性演化时, 铁族元素的 Ti、V、Co、Ni、Cr 等的含量不断下降, 大部分在碱性岩浆中降至最低点。(仅 Ti 在碱性岩浆中含量较酸性岩浆增加) 对于亲石元素的 Li、Be、Nb、Ta、Zr、Hf、TR(稀土元素的总称, 下同)、U、Th、W 等, 则与铁族元素的行为相反, 普遍在碱性岩浆中大量富集, 尤其是具有高价位、大离子半径的亲石元素如 Nb、Ta、Zr、Hf、TR、Th、U 等, 在碱性岩中含量高出基性岩 10 至数 10 倍, 也高于酸性岩。在碱性岩浆中, 由于 Si、Al 含量相对不足, Nb、Ta、Zr、Hf、TR 等两性亲石元素能形成络阴离子而与碱性阳离子结合, 以维持系统的平衡, 这是它们在碱性岩浆中富集的重要原因之一。亲石元素 Sc 的离子半径( $Sc^{3+}$ ) 为 0.732, 与  $Mg^{2+}$  (0.66)、 $Fe^{2+}$  (0.74) 接近, 因此在岩浆的早期阶段, Sc 即作为痕量元素进入到辉石、角闪石、黑云母等铁镁矿物中, 从而导致岩浆向酸性、碱性演化时钪含量递减。在岩浆体系中钪的含量与  $SiO_2$  含量表现为反消长关系<sup>[5]</sup>。

鉴于西南  $P_{2l}$  和  $P_{2c}$  时期沉积的陆源物质主要是盆地西侧大陆南喷溢的玄武岩( $P_2$  风化产物), 而玄武岩相对于酸性岩和碱性岩, 铁族元素和亲石元素含量均有明显的如上述的规律性变化。因此以玄武岩中上列元素平均含量<sup>[4]</sup>作为 1 对本区样品的 INAA 结果进行比较, 见图 4。图 4 表明,  $P_{2l}$  TONSTEIN

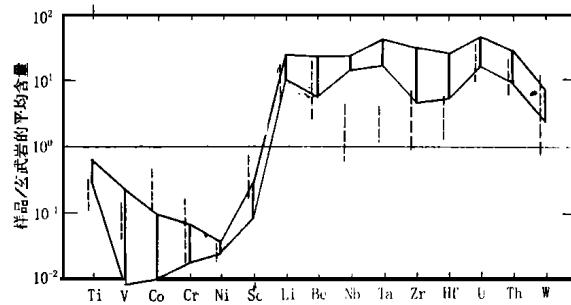


图 4  $P_{2c}$  和  $P_{2l}$  的 TONSTEIN 中某些微量元素含量相对于玄武岩平均含量的比值分布

—  $P_{2l}$  TONSTEIN; - - -  $P_{2c}$  和  $P_{2l+3}$  TONSTEIN

TONSTEIN 中所列微量元素的分布完全符合碱性岩浆的标志; 而  $P_{2l+3}$  和  $P_{2c}$  TONSTEIN 则与酸性岩浆特点基本一致。

## 8 讨论

### 8.1 $P_{2l}$ TONSTEIN 原始物质物源区位置推测

$P_{2l}$  TONSTEIN 的空间分布特点为北东部层数多, 累计厚度大, 向南西方向层数减少, 累计厚度减小。由于沉积下来的火山灰粒度细, 且以玻屑占绝对优势, 沉积区距物源区必定较远。据此推测, 古火山口相对位置有可能在现今的陕南至鄂西北一带。李石(1991)对鄂西北地区碱性岩的时代做过研究, 庙垭岩体中微斜长石钾氩法数据为 251 Ma<sup>[6]</sup>, 与  $P_{2l}$  开始沉积的年代相近。抑或在此时期该地区不仅有碱性岩侵入, 也有碱性火山喷发?

### 8.2 $P_{2l}$ 时期碱性火山喷发的规模

$P_{2l}$  时期, 在  $1.5 \times 10^5 \text{ km}^2$  的区域内累计有 40 cm 的远源火山灰沉积被记录下来, 其总体积约相当于  $60 \text{ km}^3$  的岩浆。在我国南部地区 P/Tr 界线处的火山灰沉积, 据周磊等人(1988)的计算相当于  $120 \text{ km}^3$  的岩浆, 其对应的喷发岩浆总体积大于  $1000 \text{ km}^3$ <sup>[7]</sup>。由于区内  $P_{2l}$  火山灰沉积远离火山源, 能够推测当时的火山灰沉降分布区域远比被记录下来的范围大。因此  $P_{2l}$  时期碱性火山活动的总规模相当巨大, 与 P/Tr 界线时期酸性火山活动相比较, 两者应在同一数量级上。

### 8.3 $P_{2l}$ 同沉积火山灰的物态特征

$P_{2l}$  层段中各层 TONSTEIN 的岩石结构类型均为致密型, 其中很少见到火山碎屑的变余结构, 稳定副矿物也很少。虽说 Zr、Hf、Ta、Tr 等元素含量甚高, 但不见或极少见与其相对应的单矿物存在。在  $P_{2l}$  TONSTEIN 中 Zr 的含量为  $605 \times 10^{-6} \sim 3576 \times 10^{-6}$ , 平均  $1230 \times 10^{-6}$ , 而  $P_{2l+3}$  和  $P_{2c}$  TONSTEIN 的 Zr 含量为  $80 \times 10^{-6} \sim 840 \times 10^{-6}$ , 平均  $280 \times 10^{-6}$ , 仅为前者的  $1/4.4$ 。但是重砂分析和薄片研究表明, 其中锆石含量后者却是前者的数十、上百倍<sup>[8]</sup>。显然,  $P_{2l}$  TONSTEIN 的 Zr 基本上不是以锆石的形态存在的。这就使我们有理由推测  $P_{2l}$  时期沉积下来的火山灰其物态形式大都是粒度很细的、富含上述稀有元素的玻璃质。这种情况很类似于太平洋的某些现代火山产物及喷出岩, 其中

的TR、Nb、Zr和Ga的含量很高,但它们的绝大部分并不是以独立的矿物形式存在,而是分散赋存于深色的玻璃基质之中,表明原始岩浆就富含这些元素<sup>[4]</sup>。

远源的粒度组成很细的火山灰沉降相对缓慢,要使其沉积到一定的厚度必定需要较长的时间。这一过程有利于火山玻璃在泥炭沼泽中彻底水解为均一的高岭石等粘土矿物。分散赋存于玻屑中的亲石元素随即以阳离子的形式析出,并被那些新生的粘土矿物吸附而原地保存下来。由此看来,在P<sub>2</sub>l<sub>1</sub>TONSTEIN中,不仅是TR,很可能其它一些稀有元素,如Zr、Hf、Ta、Th等都是以阳离子吸附的形式存在。

火山玻屑缓慢的沉积和水解,为泥炭沼泽中植物残体被新生的高岭石或多水高岭石胶体交代提供了条件。P<sub>2</sub>l<sub>1</sub>TONSTEIN中普遍见到植物胞腔被粘土矿物交代、充填,见图版I-1、2、3、4,而这一现象是P<sub>2</sub>l<sub>2+3</sub>和P<sub>2</sub>cTONSTEIN中很少见到的。(图版I-6、7、8)

#### 8.4 研究意义

a. 煤系中发现由碱性火山灰形成的TONSTEIN很少,其岩石-地化标志独特而富有规律。因此用作等时标志层具有很重要的价值。就本区而言,它出现于P<sub>2</sub>l沉积的初始时期,在以后的长时期内,在沉积盆地的巨大空间上都有分布,这就为恢复沉积初期的古地貌、含煤沉积范围以及沉积演化规律提供了翔实的资料。同时对8层TONSTEIN的进一步研究并确定出各自的特征,建立标志层体系提供了可靠依据。

b. 这些层位中普遍富集了多种稀有元素。在部分层位的某些区段上,TR、Nb、Zr等元素含量已达到工业利用品位<sup>[5]</sup>。它们的赋存状态很可能是以离子吸附形式存在,果然如此,则易于解吸分离回收。同时达到工业利用品位的TONSTEIN可以在煤的开采时顺便采出,降低了开采成本。鉴于此,应当重视P<sub>2</sub>l<sub>1</sub>TONSTEIN中稀有元素回收利用的研究。

c. 根据TONSTEIN的层数、厚度的空间分布规律,有可能寻找到对应的古火山口位置。这对于与碱性火山岩建造有关的稀有元素找矿无疑有重要的实用意义。

#### 参考文献

- 周义平.用TONSTEIN的锆石形态和微量元素标志厘定层位·煤田地质与勘探,1992;(4):18~23
- 周义平,任友谅.滇东黔西晚二叠世煤系中火山灰蚀变粘土岩的元素地球化学特征·沉积学报,1994;(2):28~38
- 张玉成等.四川南部晚二叠世含煤地层沉积环境及聚煤规律·贵阳:贵州科技出版社,1994;204
- 刘英俊等.元素地球化学·北京:科学出版社,1984;548
- 陈德潜.稀有元素地质概论·北京:地质出版社,1982;236
- 李石.鄂北地区碱性岩的时代与成因·岩石学报,1991;(3):27~36
- Zhou Lei, Kyte F T. The Permian-Triassic boundary events: A geochemical study of three Chinese sections Earth Planet. Sci. Lett., 1988;90(4):411~421
- 周义平等.滇东晚二叠世煤田中火山灰蚀变粘土岩夹矸(TONSTEIN)的锆石特征·沉积学报,1992;(2):28~38

(收稿日期 1998-08-11)

## THE SYNSEDIMENTARY ALKALINITY-VOLCANIC ASH DERIVED TONSTEINS OF EARLY LONGTAN AGE IN SOUTH-WESTERN CHINA

Zhou Yiping (Kunming Institute of Coal Science)

**Abstract** The stratigraphic and geographic distribution of early tonsteins in later Permian of south-western China has been systematically studied in this report. By means of contrast and research the eight seams' tonsteins characteristics of the petrography, mineralogy and geochemistry, it can be confirmed that all the tonsteins are the alkalinity-volcanic ash derived tonsteins from different age. This finding has filled the recording gap of alkalinity-volcanic ash sediment in the coal formation of the world. Besides, it has a important application value and theoretical significance.

**Keywords** alkali rocks; volcanic ash; tonsteins; coal formation; Later Permian epoch; south-western China