

贵州修文某铝土矿开采方式探讨

韦鹏洲¹, 虞思德²

(1. 中化地质矿山总局贵州勘查院, 贵州 贵阳 550005; 2. 贵州创新矿冶工程开发有限公司, 贵州 贵阳 550005)

[摘要] 依据矿体(层)赋存实际, 从采取露天开采方式; 经济合理剥采比; 地下开采方式; 地表沉降分析、开采冒落带影响高度、导水裂缝带高度影响范围等几个方面对矿山拟采取的开采方式进行了分析论述, 认为该矿山适宜于采用露天开采方式进行生产。

[关键词] 铝土矿; 露天开采; 剥采比; 沉降; 冒落带; 裂缝带

[中图分类号] P618.45 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5943(2021)03-309-06

1 引言

矿山开采过程中, 应依据矿体(层)赋存实际, 开采技术条件, 确定其经济合理的开采方式, 以达到资源的最大化利用, 以达到“政策上可行、资源上可靠、技术上可行、环境上可控、经济上合理”的资源利用宗旨。

依据贵州省自然资源管理部门的要求, 需对矿山开采方式进行相关论证分析, 以合理利用矿产资源选择适宜的开采方式是很有意义的。

2 矿体赋存状况

贵州修文县某铝土矿核实备案的主矿体

(层)从浅部露头+1 337.22 m 延伸到地表以下约+1 217.49 m, 矿体厚度 2~3 m, 矿体总体倾向南东, 倾角平缓, 倾角 8°~13°, 呈透镜状产出, 产状与围岩一致, 整体较为连续(见图 1)。

根据地质勘查报告, 矿体赋存于含铝岩系九架炉组(C_{2j})的中上部, 呈透镜状~似层状产出, 产状基本表现为, 倾向基本 SE, 倾角 8°~13°。矿体厚度 1.99~3.00 m, 整体厚度较为稳定。该矿区域范围内共圈定 3 个矿体, 编号为 I、II、III 号矿体, 根据矿山提供的勘探报告所附勘探剖面图; I 号矿体在+1 300 m 标高以上覆盖层厚度较薄(平均 25 m)、在+1 300 m 标高以下覆盖层厚度较厚(平均 55 m), II 号矿体覆盖层厚度较厚(平均 80 m)、III 号矿体基本在+1 300 m 标高以上。

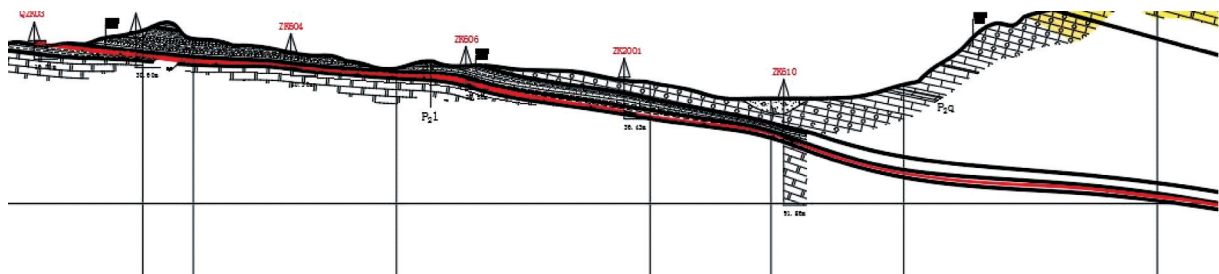


图 1 矿体赋存地质剖面图

Fig. 1 Geological section of orebody occurrence

[收稿日期] 2021-01-21 [修回日期] 2021-04-28

[作者简介] 韦鹏洲(1990—), 男, 贵州贵阳, 中化地质矿山总局贵州勘查院采矿助理工程师。

[通讯作者] 虞思德(1967—), 男, 贵州贵阳, 贵州创新矿冶工程开发有限公司采矿工程师, 注册二级质监工程师。

3 开采方式论证

针对贵州修文县某铝土矿的开采方式主要分为3类,分别为:地下开采、露天开采和露天+地下联合开采。

开采方式取决于许多因素,其中:矿体埋藏深度、规模、产状、矿岩体特性、地形、地貌以及施工技术水平和机械设备等因素极为重要。

根据《国务院关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》、《贵州省人民政府关于印发贵州省打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》和“省自然资源厅省生态环境厅关于印发《贵州省露天矿山综合整治两年攻坚行动实施方案》的通知”(黔自然资函【2019】981号)精神,尽量减少破坏或不破坏地表资源环境情况下,在开发资源时尽量采用井工开采,如井工开采同样会破坏地表资源环境,造成安全隐患情况下,优先采用露天开采。依据相关开采设计规范,要确定矿体(层)合理可行的开采方式可从露天开采方式和地下开采方式两个方面进行技术论证。经比对修文县洒坪乡土地利用规划图(2006—2020年),拟论证露采范围不占用基本农田和I类公益林地,不属于禁采禁建区。

3.1 露天开采方式论证

3.1.1 经济合理剥采比的确定

采用盈利法计算本矿山经济剥采比

$$N_{jH} = [n_1(B_1 - a_1) - n_d(B_d - a_d)] / b$$

$$= [0.95(350 - 20) - 0.8(350 - 140)] / 14$$

$$= 10.39(t/t)$$

式中: N_{jH} —经济合理剥采比,t/t

n_1 —露天开采回采率, n_1 取0.95

n_d —地下开采回采率, n_d 取0.8

B_1 —露天矿石价格,元/t, $B_1=350$

B_d —地下矿石价格,元/t, $B_d=350$

a_1 —露天生产成本,元/t, $a_1=20$

a_d —地下开采生产成本,元/t, $a_d=140$

b —露天剥离成本,元/t, $b=14$ (含剥离物处理)

物处理)

3.1.2 矿块平均剥采比

平均剥采比是露天开采境界内总的岩石量与总的矿石量的比值。

各矿块平均剥采比 N 按下式计算:

$$N = \text{剥离围岩岩石量} \div \text{矿石量}$$

$$= (\gamma_1 \times H_1 \times S_1) \div (\gamma_2 \times H_2 \times S_2)$$

其中: γ_1 —泥岩体重 2.4 t/m³

H_1 —覆盖层厚度 m

S_1 —覆盖层面积 m²

γ_2 —矿体体重,2.98 t/m³

H_2 —矿体厚度 m

S_2 —矿体面积 m²

根据矿山具体实际,经计算本矿经济合理剥采比为:10.39(t/t)即 3.5 m³/t。I号矿体平均剥采比为:2.2(m³/t)、II号矿体平均剥采比为:3.1(m³/t)、III号矿体平均剥采比为:1.7(m³/t);I、II、III号矿体平均剥采比均小于经济合理剥采比:<3.5(m³/t),适宜露天开采。I号矿体+1300m标高以上采用露采,+1300m标高以下采用地下开采,III号矿体平均剥采比小于经济合理剥采比,III号矿体采用露天开采;II号矿体+1250m标高以上采用露采,+1250m标高以下采用地下开采,以满足安全生产条件要求。

3.2 地下开采方式论证

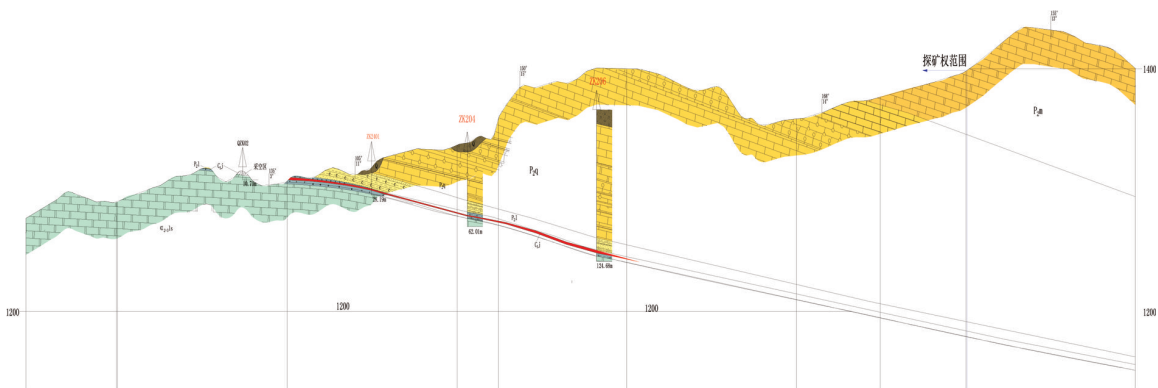


图2 2'~2'号勘探线剖面

Fig. 2 Profile of No. 2-2' prospecting line

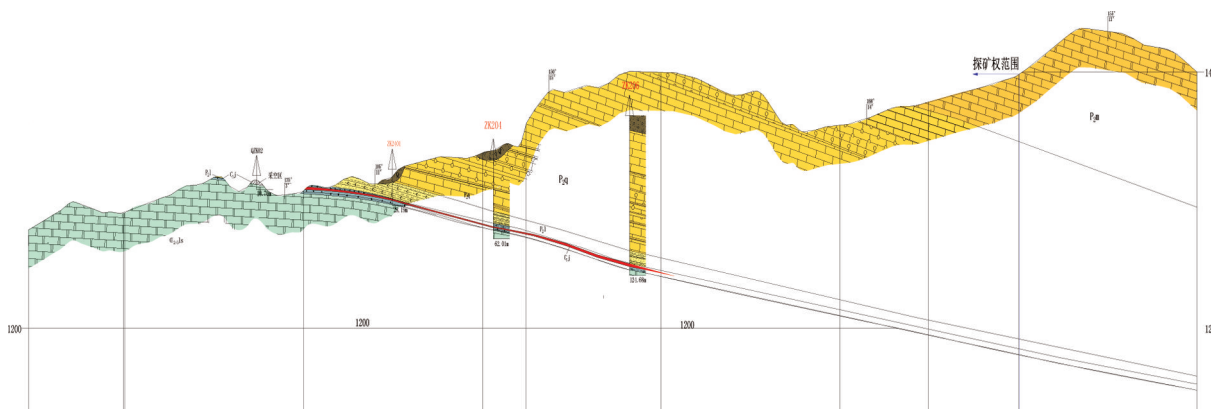


图 3 6'~6'号勘探线剖面

Fig. 3 Profile of No. 6-6' prospecting line

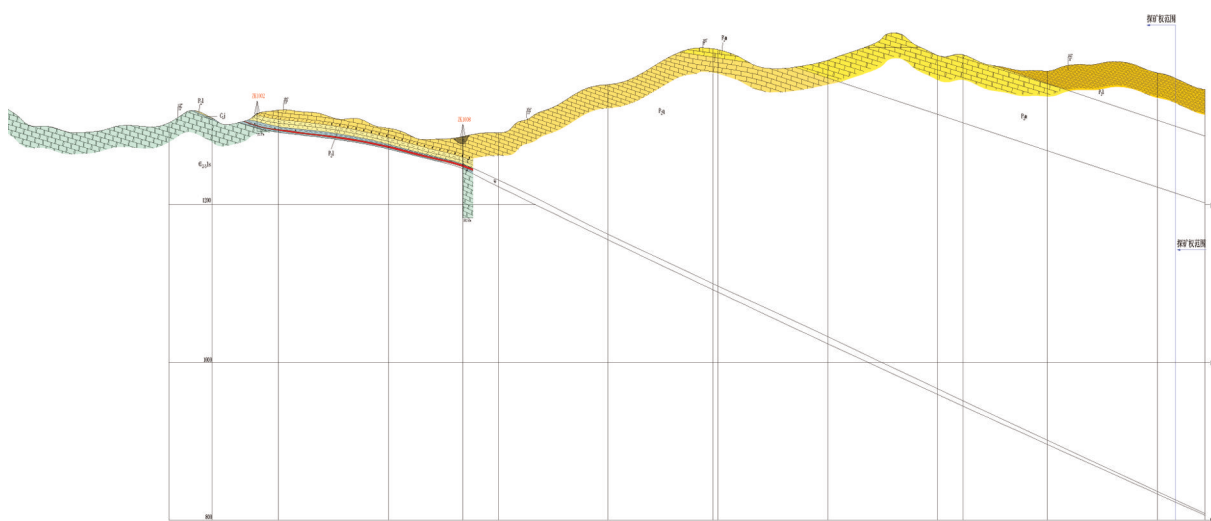


图 4 10'~10'号勘探线剖面

Fig. 4 Profile of No. 10-10' prospecting line

3. 2. 1 开采垮落带影响高度

I 号矿山为中硬岩层(最大采厚 3.17 m)

$$Hk = \frac{100 \sum M}{4.7 \sum M + 19} \pm 2.2$$

$$= (100 \times 3.17) / [(4.7 \times 3.17) + 19] \pm 2.2$$

$$= 11.55 \text{ m}$$

II 号矿山为为中硬岩层(最大采厚 3.43 m) :

$$Hk = \frac{100 \sum M}{4.7 \sum M + 19} \pm 2.2$$

$$= (100 \times 3.43) / [(4.7 \times 3.43) + 19] \pm 2.2$$

$$= 11.97 \text{ m}$$

III 号矿山为为中硬岩层(最大采厚 6.20 m) :

$$Hk = \frac{100 \sum M}{4.7 \sum M + 19} \pm 2.2$$

$$= (100 \times 6.20) / [(4.7 \times 6.20) + 19] \pm 2.2$$

$$= 15.08 \text{ m}$$

表 1 开采垮落带影响高度计算结果表

Table 1 Calculated results of caving zone effect the height

矿体编号	矿体埋深(m)	平均倾角(°)	矿体最大开采厚度(m)	垮落带最大高度(m)
I 号	0-58	8°~13°	3.17	11.55
II 号	0-80	8°~13°	3.43	11.97
III 号	0-32	8°~13°	6.2	15.08

论证表明：I号矿体层(最大采厚 3.17 m)；地下开采将影响自矿层以上 11.55 m 地表塌陷垮落；I号矿体层矿段区域处地表 11.55 m 以浅，不能采用井工开采，宜采用露天开采方式。

II号矿体层(最大采厚 3.43 m)：地下开采将影响自矿层以上 11.974 m 地表塌陷垮落；II号矿体层矿段区域处地表 11.97 m 以浅，不能采用井工开采，宜采用露天开采方式。

III号矿体层(最大采厚 6.20 m)：地下开采将影响自矿层以上 15.08 m 地表塌陷垮落；III号矿

体层矿段区域处地表 15.08 m 以浅，不能采用井工开采，宜采用露天开采方式。

3.2.2 导水裂缝带高度影响范围

I号矿山为中硬岩层(最大采厚 3.17 m)

$$Hh_i = 20 \times \sqrt{\Sigma M} \sqrt{3.17 + 10} = 45.6 \text{ m};$$

II号矿山为中硬岩层(最大采厚 3.43 m)

$$Hh_i = 20 \times \sqrt{\Sigma M} \sqrt{3.43 + 10} = 47.04;$$

III号矿山为中硬岩层(最大采厚 6.20 m)

$$Hh_i = 20 \times \sqrt{\Sigma M} \sqrt{6.20 + 10} = 59.80 \text{ m};$$

表 2 导水裂缝带高度影响范围计算结果表

Table 2 Calculated results of water fracture zone height effecting area

矿体名称及编号	矿体埋深(m)	平均倾角(°)	矿体最大开采厚度(m)	导水裂隙带最大高度(m)
I号	0-58	8°~13°	3.17	45.6
II号	0-80	8°~13°	3.43	47.04
III号	0-32	8°~13°	6.2	59.80

论证表明：I号矿体层(最大采厚 3.17 m)；地下开采将影响自矿层以上 45.6 m 地表塌陷导通；I号矿体层矿段区域处地表 45.6 m 以浅，不能采用井工开采，宜采用露天开采方式；本矿山 I号矿体层埋藏深度最深仅为 58 m，宜+1 300 m 以上采用露天开采。

II号矿体层(最大采厚 3.43 m)：地下开采将影响自矿层以上 47.04 m 地表塌陷导通；II号矿体层矿段区域处地表 47.04 m 以浅，不能采用井工开采，宜采用露天开采方式；本矿山 II号矿体层埋藏深度最深为 80 m，矿层标高+1 250 m 宜采用露天开采。

III号矿体层(最大采厚 6.20 m)：地下开采将影响自矿层以上 59.80 m 地表塌陷导通；III号矿体层矿段区域处地表 59.80 m 以浅，不能采用井工开采，宜采用露天开采方式；本矿山 III号矿体层埋藏深度最深为 31 m，宜全部采用露天开采。

3.2.3 地表沉降分析

1) 地表最大下沉值 W_{max} (mm)

$$W_{max} = Mq \cos \alpha = 590 \text{ mm}$$

式中： m —矿层厚度(m)，矿区内I号矿体、II号矿体、III号矿体矿体厚度在 1.99 ~ 3.0 m 之间，矿层平均厚度 1.66 m；计算取矿层最大值 3.00 m。

q —下沉系数，根据《采空区公路设计与施工技术细则》附表 D.0.1-4，中硬顶板、冒落条带开采 $q=0.15 \sim 0.30$ ，取 0.20；

α —矿层倾角(°)，取矿层平均倾角 10°。

2) 地表倾斜最大值 i_{max} (mm/m)

$$i_{max} = \frac{W_{max}}{\gamma} \tag{2-1}$$

3) 地表曲率最大值 k_{max} (mm/m²)

$$\pm K_{max} = \pm 1.52 \frac{W_{max}}{\gamma^2} \tag{2-2}$$

4) 地表水平变形最大值 ϵ_{max} (mm/m)

$$\pm \epsilon_{max} = 1.52b \frac{W_{max}}{\gamma} \tag{2-3}$$

式中： r —采空区边界地表主要影响范围半径

$$(m), r = \frac{H}{\tan \beta}.$$

H —采空区底板深度(m)；

β —主要开采影响角(°)，由《采空区公路设计与施工技术细则》表 D.0.1-1 取 $\beta=65^\circ$ ；

b —水平位移系数，由《采空区公路设计与施工技术细则》表 D.0.1-1 取 $b=0.25$ 。

根据开拓工程通过铝土矿勘查区的地质勘探剖面 2'~2'、6'~6'、10'~10'，开采铝土矿层底板深度(采深) H 相应为 26 ~ 127 m、17 ~ 92 m、15 ~ 128 m，相应采空区边界地表主要影响范围半径 r 分别为 26.6 m、25.6 m、33.6 m。由式(2-1)、(2-2)和(2-3)计算出采空区地表倾斜最大值、地表曲率最大值及地表水平变形最大值(表 3)。

表3 勘查区采空区地表位移、变形最大值

Table 3 Maximum value of surface displacement and deformation in exploration area and working out area

序号	地质勘探剖面	开采矿层	采空区边界地表	采空区地表位移变形			
		底板深度 H(m)	主要影响范围 半径 r(m)	W _{max} (mm)	i _{max} (mm/m)	k _{max} (mm/m ²)	ε _{max} (mm/m)
1	2'~2'	26~127	26.6	590	22.2	1.3	8.4
	6'~6'	17~92	25.6		23.04	1.4	8.8
3	10'~10'	15~128	33.6		17.6	0.8	6.7
平均			28.6		20.9	1.2	8.0

根据矿山具体实际,通过开拓工程通过铝土矿勘查区的地质勘探剖面 2'~2'、6'~6'、10'~10' 计算铝土矿层开采后地表最大下沉值: $W_{max} = Mq\cos\alpha = 590 \text{ mm}$

相应的地表最大移动、变形和倾斜值计算结果与《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》(2017年5月)中规定的地表变形对地面建筑物破坏等级进行对比,如下表4。

表4 铝土矿层采空后地表不同部位砖混建筑物破坏等级表

Table 4 Bricky construction damage classification in different position after working out of bauxite

编号	铝土矿埋深	I _{max} (mm/m)		K _{max} (mm/m)		ε _{max} (mm/m)		备注
		数值	破坏等级	数值	破坏等级	数值	破坏等级	
1	26~127	22.2	IV	1.3	I	8.4	IV	矿体区域
2	17~92	23.04	IV	1.4	I	8.8	IV	矿体区域
3	15~128	17.6	IV	0.8	I	6.7	IV	矿体区域

经以上计算可以看出当矿层采空后,地表最大下沉值>400 mm;地表倾斜最大值>10 mm;地表曲率最大值>0.6 mm/m²;地表水平变形最大值>6.0 mm/m;

过标准要求,地表变形会很强烈,地面塌陷、地裂缝的数量及规模将增多加大,其对地面建筑物破坏等级最大为IV级。

矿区范围内地表不同部位地面倾斜变形值、水平变形均较大,其相应的水平变形和倾斜均超

开采引起的沉降和塌陷将对农业生产及造成较大危害,故矿山宜采用露天方式进行开采,以满足安全生产条件要求。

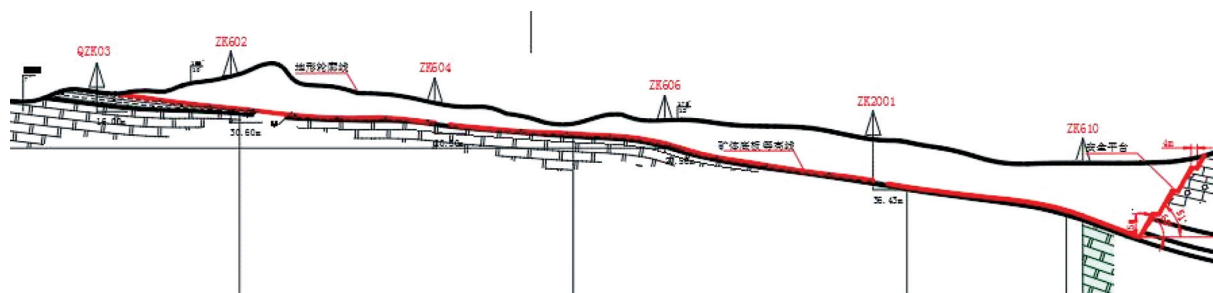


图5 最终开采境界剖面图

Fig. 5 Profile of final mining boundary

4 结论和建议

(1) 论证内容总体符合贵州省自然资源厅相关露天论证编制大纲和有关标准规范要求,体现了“政策上可行、资源上可靠、技术上可行、环境上可控、经济上合理”的资源利用宗旨,经论证确定 I 号矿体+1 300 m 标高以上采用露采、+1 300 m

标高以下采用地下开采, II 号矿体+1 250 m 标高以上采用露采,+1 250 m 标高以下采用地下开采, III 号矿体采用露天开采的开采方式是合理可行的。

(2) 露天开采方式在实际生产中应充分考虑地表破坏后相应的环境综合治理和矿山闭坑后土地复垦的相关费用。

(3) 如果矿体区域上方是基本农田或国家 I

类公益林地,在没有调整相应的规划前,是不能进行开采生产的。

[参考文献]

贵州盛丰土地资源开发有限公司. 贵州省修文县五老山(北翼)铝土矿露天开采方式论证报告[R]. 2020, 10.

国家安全监管总局国家煤矿安监局国家能源局国家铁路局《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》(2017年5月)[M].

中华人民共和国交通运输部发布《采空区公路设计与施工技术细则》(JTG/TD 31-03-2011)[M].

胡烦南张兴华申宝宏主编《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采指南》煤炭工业出版社[M]. 2017, 9.

西南能矿建设工程有限公司2019年7月编制的《贵州省清镇市新街-五老山铝土矿详查报告》.

贵州省国土资源规划研究院2020年12月评审通过的《贵州省修文县五老山(北翼)铝土矿露天开采方式论证报告咨询意见书》.

Discussion of the Mining Method of a Bauxite in Xiuwen County, Guizhou

WEI Peng-zhou¹, YU Si-de²

- (1. Guizhou Exploration Institute, China Chemical Geology and Mine Bureau, Guiyang 550005, Guizhou, China;
- 2. Guizhou Innovation Mining and Metallurgy Engineering Development Co., Ltd Guiyang 550005, Guizhou, China)

[Abstract] Based on the actual occurrence of ore body(layer), in this paper, it analyzes and discusses the mining method to be adopted in the mine from the following aspects: open pit mining method – economic and reasonable stripping ratio; underground mining method – surface subsidence analysis, influence height of the mining caving zone, impact range of the water flowing fracture zone height, and concludes that the mine is suitable for open pit mining.

[Key Words] Bauxite; Open pit mining; Stripping ratio; Subsidence; Caving zone; Fracture zone

(上接第 255 页)

The Palynological Sporopollen Fossils and Its Indicated Palaeovegetation and Palaeoclimate Characteristics of Xueshan Formation in Tuonamu Area, North Qiangtang Basin

BAI Pei-Rong, XIONG Xing-Guo, MA De-Sheng, CHEN Qi-fei, JIANG Kai-yuan, ZHANG Hou-song, ZENG Yu-ren, WU Tao, LI Yue-sen
 (Guizhou Geological Survey, Guiyang 550018, Guizhou, China)

[Abstract] By study the abundant pollen of *Clasopollis* and *Dicheiaropollis* in Xueshan formation in Tuonamu area, North Qiangtang Basin, the sporopollen of this formation can be established as CD assemblage, dating from the Early Early Cretaceous. The analysis suggests that the Early Cretaceous palaeo-vegetation communities in Tuonamu area were dominated by the pyridae plants of *Clasopollis* and *Dicheiaropollis*, which were related to each other (or their parent plants) and tolerant to dry heat. A small number of other plants, such as *Alsophila* and *Lepidopsis*, grew in the forest or under the forest. The climate characteristic reflected by this palynological flora is the arid tropical – subtropical climate. By this study, it enriched the understanding of Early Cretaceous palynology, palaeo-vegetation and palaeo-climate in the Qiangtang basin.

[Key Words] Xueshan Formation; Sporo-pollen; Palaeovegetation and Palaeoclimate; North Qiangtang basin