

# 昔格达组粘土的工程地质特性研究

彭盛恩 (四川省渡口市仁和区水利电力局)

## 一、概述

四川渡口地区广泛分布昔格达组地层。随着工农业建设的蓬勃发展,在昔格达组地层上兴建建筑物与日俱增。但昔格达组地层极易产生滑动,给建设带来危害,越来越引起人们的关注和重视。

渡口地区昔格达组地层分布在早一中更新世断陷盆地中,沿金沙江、雅砻江、安宁河一线呈南北向条带状分布。高程一般为1000—1500米,最厚地层达215米。昔格达组地层大面积近水平层状分布,粘土层与粉、细砂层呈韵律交互递变。粘土层层理清晰。昔格达组地层与邻区(元谋盆地)元谋组地层可以比较<sup>[1]</sup>。两套地层都位于同一构造体系(红格—元谋断裂带),有相似的岩性岩相特征和沉积环境、时代。据中国科学院地质研究所用热发光法测定其年龄为1,190,000±6200—330,000±17,000年<sup>[2]</sup>。

表1 粘土矿物成分分析表

编号	取样地点	取样深度 (米)	土名	X—射线衍射* (半定量估算)		差热分析	扫描电镜
				伊利石	高岭石+ 绿泥石		
1	平江龙洞	2.0—2.5	肉红色粘土	78%	22%	伊利石、高岭石、石英、氧化铁	伊利石、石英
2	仁和老街	0.5—1.0	肉红色粘土	75%	25%	伊利石、高岭石、石英、氧化铁	伊利石、石英
3	仁和老街	0.8—1.3	浅黄色粘土	82%	18%	伊利石、高岭石、石英、氧化铁	伊利石、石英
4	红格干沟	0.8—1.3	浅黄色粘土	68%	32%	伊利石、绿泥石、石英、氧化铁	伊利石、石英
5	平江大水井	0.5—1.0	灰黑色粘土	66%	34%	伊利石、绿泥石、石英、有机质、高岭石	伊利石、石英、方解石、微晶
6	红格干沟	0.5—1.0	灰黑色粘土	76%	24%	伊利石、绿泥石、石英、有机质	高岭石、伊利石、石英、方解石

\* 各组试样中均有石英。

化学成份分析结果(表2)与上述分析基本相符。粘土层中含大量的氧化物,其中铁的氧化物达5.72—12.16%。含铁氧化物有的为结晶矿物(如褐铁矿),有的为无定形的。SiO<sub>2</sub>含量较高。

为了研究粘土的结构特征,进行了粒度分析(加分散剂六偏磷酸钠)和微团粒成份分析(不加分散剂)。从试验结果(表3)可以看出粘土具有较好的团聚结构。用扫描电镜对粘土微观结构的研究表明(封二照片1、2),粘土主要是由片状粘粒以面-面、面-边、边-边连接方式形成的团聚体构成。

昔格达组地层主要是由浅黄色、肉红色、灰黑色粘土层与浅黄色细砂层互层组成。粘土层一般层厚5—50公分,最厚也可达1米以上。粘土层有较好的结构连结,呈半胶结半成岩状。细砂层层厚几公分至数米不等,呈较疏松的半胶结状结构。昔格达组底部不整合于第三系至前震旦系的各时代地层之上。顶部一般被剥蚀。

在对昔格达组地层进行大量的物理力学试验成果分析的基础上,取出6组粘土样对其工程地质特性进行较系统的专门研究。

## 二、粘土的物质成份及结构特征

采用了X—射线衍射(Mg—甘油饱和)、差热分析、扫描电镜等方法分析。结果表明(表1),粘土矿物以伊利石为主,高岭石、绿泥石次之,此外还含有石英、铁的氧化物等。

## 三、物理力学性质与化学性质

由表4看出:

1. 粘粒含量高,液限大。粘粒含量一般40—60%,部份高达80%以上,液限一般48—60左右。

2. 孔隙比大,密度小。孔隙比大于0.9,一般为1.0—1.25;天然容重一般为1.73—1.84g/cm<sup>3</sup>,而干容重仅1.22—1.42g/cm<sup>3</sup>。

3. 抗剪强度较高,压缩性低。由直剪试验得知, $\phi = 25^{\circ}30' - 30^{\circ}10'$ ,  $C = 0.43 - 0.75 \text{ kg/cm}^2$ 。压缩系

表 2 小于 2μ 粘粒化学全分析成果表

编号	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	有机质
1	54.20	21.19	5.72	0.463	1.275	2.233	4.385	0.569	0.073	0.095	0.24
2	49.10	19.96	12.16	0.800	2.012	2.441	3.608	0.599	0.100	0.101	0.24
3	48.44	18.32	10.73	0.725	2.494	2.078	3.453	1.123	0.070	0.156	0.41
4	54.96	21.41	7.87	0.794	1.351	2.233	4.012	0.653	0.194	0.157	0.06
5	49.98	21.19	7.51	0.631	3.256	2.753	4.633	1.580	0.104	0.104	0.71
6	54.54	19.20	6.44	0.700	1.453	2.804	3.981	1.423	0.056	0.097	1.29

注：各组编号的取样地点和土层名称同表 1。以下各表亦同。

表 3 粒度成份分析成果表

编号	粒度成份 (%)				微团粒成份 (%)			
	0.1	0.05	0.01	<	0.1	0.05	0.01	<
	0.05 mm	0.01 mm	0.005 mm	0.005 mm	0.05 mm	0.01 mm	0.005 mm	0.005 mm
1	0.5	11.8	3.7	84.0	57.0	21.6	4.9	16.5
2	1.8	30.1	12.2	56.0	50.0	29.5	8.3	12.2
3	0.8	14.0	24.4	60.8	59.85	18.0	10.8	11.4
4	4.1	19.1	20.8	56.0	50.6	17.6	10.8	21.0
5	3.0	9.7	20.7	66.5	67.7	9.8	8.1	14.4
6	0.2	7.0	10.5	82.3	60.7	18.7	7.8	12.8

数  $a_{1-2} = 0.005 - 0.01 \text{ cm}^2/\text{kg}$ 。从粘土层的粒度成份和微团粒成份分析可看出，天然粘土粒处于团聚结构

状态。扫描电镜照片显示（封二照片 3、4、5），团聚体具有一定程度的沿层理方向的定向排列。团聚体间的不同形状，大小各异的孔隙，使粘土有较大的孔隙比。微团聚体和团聚体之间由于有铁质氧化物等胶结连结作用，使粘土具有较高的结构连结强度和较低的压缩性。

粘土的物理化学性质列于表 5。

粘土的比表面积为  $95.92 - 185.79 \text{ m}^2/\text{g}$ 。交换盐基总量较高，达  $30.33 - 37.40$  毫克当量/100 克土。表明粘土层未经淋滤风化作用。比表面积和交换盐基总量的测定值与粘土矿物成份基本相符。交换性阳离子成份以  $\text{Ca}^{++}$ 、 $\text{Mg}^{++}$  为主，其中尤以  $\text{Ca}^{++}$  含量高，占交换盐基总量的  $64.9 - 75.5\%$ 。游离氧化铁含量为  $0.93 - 3.52\%$ 。大量的交换性  $\text{Ca}^{++}$  离子和游离氧化铁

表 4 物理力学性质试验成果表

编号	天然含水量 w	天然容重 γ	干容重 ρ <sub>d</sub>	饱和度 Sr	比重 G <sub>s</sub>	天然孔隙比 e	天然孔隙度 n	液限 W <sub>l</sub>	塑限 W <sub>p</sub>	塑性指数 I <sub>p</sub>	液性指数 I <sub>l</sub>	直剪试验		压缩系数 a <sub>1-2</sub>
												φ 度	C kg/cm <sup>2</sup>	
1	42.3	1.73	1.22	92.7	2.74	1.25	55.6	61.5	31.8	30.3	0.35	25°30'	0.60	0.01
2	33.5	1.84	1.37	91.2	2.75	1.01	50.2	52.4	29.4	23.0	0.18	30°10'	0.43	0.008
3	28.1	1.82	1.42	82.8	2.74	0.93	48.2	58.3	31.2	27.1	-0.11	27°20'	0.65	0.01
4	32.9	1.77	1.33	84.7	2.73	1.06	51.5	4.9	25.4	22.5	0.33	29°10'	0.51	0.005
5	39.2	1.80	1.29	95.6	2.73	1.12	52.8	56.2	34.1	22.1	0.23	29°40'	0.65	0.007
6	32.9	1.74	1.31	81.1	2.76	1.11	52.6	59.7	31.2	28.5	0.14	26°20'	0.75	0.01

表 5 物理化学性质试验成果表

编号	PH 值	比表面积 (平方米/克)	交换阳离子成份 (毫克当量/100 克土)				交换盐基总量 (毫克当量/100 克土)	Ca <sup>++</sup> 离子占交换盐基总量 (%)	游离氧化铁 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			
1	8.45	185.79	26.14	5.86	2.42	0.36	34.78	75.5	1.42
2	8.70	168.91	22.81	7.96	2.04	0.40	33.21	68.7	1.40
3	8.80	127.10	22.11	7.19	2.23	0.34	31.87	69.4	1.35
4	8.70	95.92	19.67	7.95	2.49	0.22	30.33	64.9	3.52
5	8.75	100.36	23.59	6.72	4.32	0.36	34.99	67.4	1.60
6	8.65	111.10	27.05	5.37	4.61	0.37	37.40	72.3	0.93

表6 滑坡体的粘土强度比较表

工程名称	残余强度 (室内重复剪)		按极限状态反算		峰值强度 (完整粘土块直剪)	
	$\phi^\circ$	C	$\phi^\circ$	C	$\phi^\circ$	C
103站滑坡	4°52'—6°7'	0.04—0.08	8°—9°	0.02—0.04	22°—40°	1.30—1.80
氧气站滑坡	1°12'—4°54'	0.18—0.28	10°45'	0	23°45'	0.53
炳三中滑坡	8°	0.1	10°13'	0.1		
蚕家湾滑坡			8°30'	0.1	22°	0.15
变电站滑坡	8°30'	0.1	10°—14°30'	0.1		
1196滑坡	3°12'	0.34			20°	0.20

的存在是粘土具有较强的结构连结的重要原因。

四、粘土地层破坏机制探讨

昔格达组滑坡整治工程实例(表6)表明,采用滑体稳定极限状态反算出的粘土抗剪强度比残余抗剪强度高,但远小于其极限抗剪强度值。因此昔格达组粘土层破坏属于蠕变变形破坏。

在粘土层的蠕变—破坏过程中,土体结构也将发生一系列的变化。在一定的应力作用下,沿应力集中带会形成无数的微裂隙,微裂隙进一步发展就形成连续的滑动面。片状粘土矿物沿应力作用方向在滑动面连成光滑平直的面,呈条带状定向排列(封二照片6、7、8)。此时土体破裂的强度即是残余强度。

自然营力对粘土层强度的影响,在渡口地区主要表现为风化作用,雨、旱季交替的水对土体结构连结的破坏作用等方面(此处未考虑人类活动影响等诸因素)。自然营力的作用将促使土体上屈服值(陈宗基教授称之为第三屈服值)降低,使粘土层在较小的应力作用下,应变速率就可超过蠕变临界应变速率而产生加速蠕变,导致粘土层破坏。

文中引用了渡口地区部份工程的试验资料;电镜照片、差热分析、X射线衍射分析,化学分析、物理学性质试验等分别委托地矿部成都地矿研究所、成

都地质学院、中国科学院成都分院、成都地理研究所等单位的有关实验室协助完成;张平、赵长久二位同志参加了部份研究工作;本文撰写中曾得到成都地质学院张惠英老师的热情帮助。作者在此一并表示衷心的感谢。

参考文献

[1] 中国地质科学院地质力学研究所, 1977, 中国第四纪冰川地质文集, 地质出版社。  
 [2] 李兴唐、黄鼎成、许学汉、古迅, 1984, 二滩坝址及邻区地壳稳定性研究, 水文地质工程地质 第二期  
 [3] 张倬元、王士天、王兰生, 1981, 工程地质分析原理, 地质出版社。  
 [4] 中国科学院贵阳地球化学研究所编, 1978, 矿物X射线粉晶鉴定手册, 科学出版社。  
 [5] 辽宁省地质局中心实验室, 1975, 矿物差热分析, 地质出版社。  
 [6] 张天乐、王宗良, 1978, 中国粘土矿物的电子显微镜研究, 地质出版社。  
 [7] 黄文熙主编, 土的工程性质, 水利电力出版社。  
 [8] 水电部, 1980, 土工试验规程(SDS01-79) 上、下册, 水利出版社。  
 [11] C. E. 威维尔 L. D. 普拉德, 1983, 粘土矿物化学, 地质出版社。

· 简 讯 ·

重庆巴岳山矿泉水通过评审鉴定

1985年11月13日至14日, 由市科委主持, 在铜梁召开了巴岳山矿泉水水质评议会。地矿部、四川地矿局、重庆市的医疗、卫生、食品饮料等24个单位的45名专家、教授和科技工作者参加了会议。与会代表对《巴岳山矿泉水水文地质调查研究报告》进行了认真评审, 并到双碛和芭蕉湾两个矿泉点进行了实地考察。会议认为, 报告内容充实、重点突出、立论有据、分析测试数据准确可靠, 查明了矿泉水的形成条件及水质、水量, 并提出了开发利用的意见和建议, 为合理

开发利用矿泉水提供了科学依据。矿泉水水质符合医疗和饮用矿泉水标准, 具有医疗保健作用, 属硅质重碳酸钙型水, 水中含有锂、溴、硼、碘、铁、硒、锌、氟等多种对人体健康有益的微量元素。据现行的国际和国内饮用矿泉水水质要求, 未发现超标有害元素。巴岳山矿泉水是一种经济价值较高的低硬度、低矿化的优质天然硅酸矿泉水, 可作为饮用矿泉水、饮料的水基和医疗矿泉水予以开发。

(谭开鹑)

# 昔格达组 粘土 电镜照片



1、2 昔格达组粘土中，粘土矿物的面-面、面-边、边-边接触 (1  $\times 11000$ ; 2  $\times 13000$ )。

3、4、5 粘土中的团聚体，具一定程度的沿层理的定向排列 (均为垂直层面; 3  $\times 500$ ; 4  $\times 1000$ ; 5  $\times 4000$ )。

6、7 滑面上颗粒的定向排列 (6  $\times 230$ ; 8  $\times 1100$ )。

8 滑槽及颗粒的定向排列( $\times 11000$ )。