

3、场址区稳定性评价

3.1 工程概况

红石抽水蓄能电站位于吉林省桦甸市白山镇北,白山水库下游大崴子沟内,整个工程包括拦水坝、上水池、下水池、引水隧道等,场址中心的地理坐标是东经 $127^{\circ} 14' 25''$,北纬 $42^{\circ} 44' 50''$ 。场址区是指场址周围5km的范围,其地理坐标是:东经 $127^{\circ} 10' 9'' \sim 127^{\circ} 18' 18''$,北纬 $42^{\circ} 42' 30'' \sim 42^{\circ} 48' 52''$ 。

3.2 场址区地形、地貌

场址区位于龙岗山系,地貌上属侵蚀、剥蚀中、低山区,海拔高度310~650m,个别山峰高度接近800m,这里山势陡峻,河流深切,到处是悬崖陡壁,相对高差大于300m,地势北高南低。场址区内水系发育,一级水系为松花江,其余水系均为松花江支流,场址区内不同级别的水系相互交汇呈网格状。由于较强的下切作用,沟谷横切面多呈V字型。大崴子沟全长约4km,可分东、西两段,西段走向NE,沟口下切深度约200m,谷底宽度仅100m左右,两侧山体边坡坡度可达 $20^{\circ} - 30^{\circ}$;东段走向NWW,沟口下切深度约150m,谷底宽约200m,两侧山坡坡度为 $20^{\circ} - 25^{\circ}$ 。

场址区内沿松花江有2级基座阶地发育,一级阶地高出河面5~10m,阶地面较平坦;二级阶地高出河面15~30m,阶地面平坦。区内阶地不连续,只在少数地段分布。阶地基座均为花岗片麻岩,上覆的冲、洪积层厚度一般2~4m。

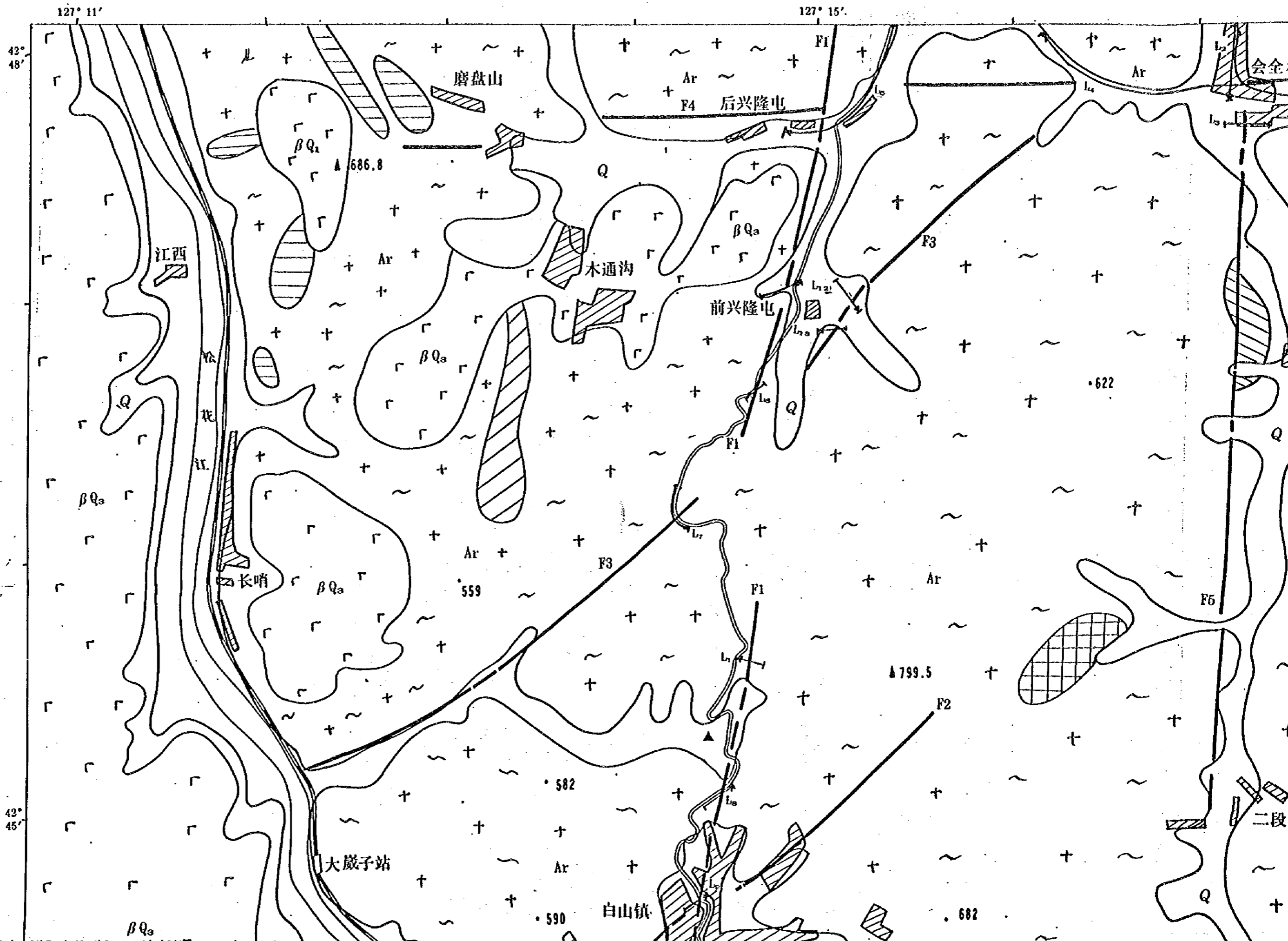
普遍发育的玄武岩台地是场址区内另一种特有的地貌景观,台地主要分布于白山水库周围及松花江沿岸,在木通沟和长哨一带也可以见到,台面平坦。台地由玄武岩组成,最大厚度100多米。

3.3 地层和岩石

场址区出露的地层主要有太古宇和第四系等(图3-1,附图7)。太

附图 7

吉林红石抽水蓄能电站场址区(5km范围内)地质构造图



石抽水蓄能电站场址区(5km范围内)地质构造图

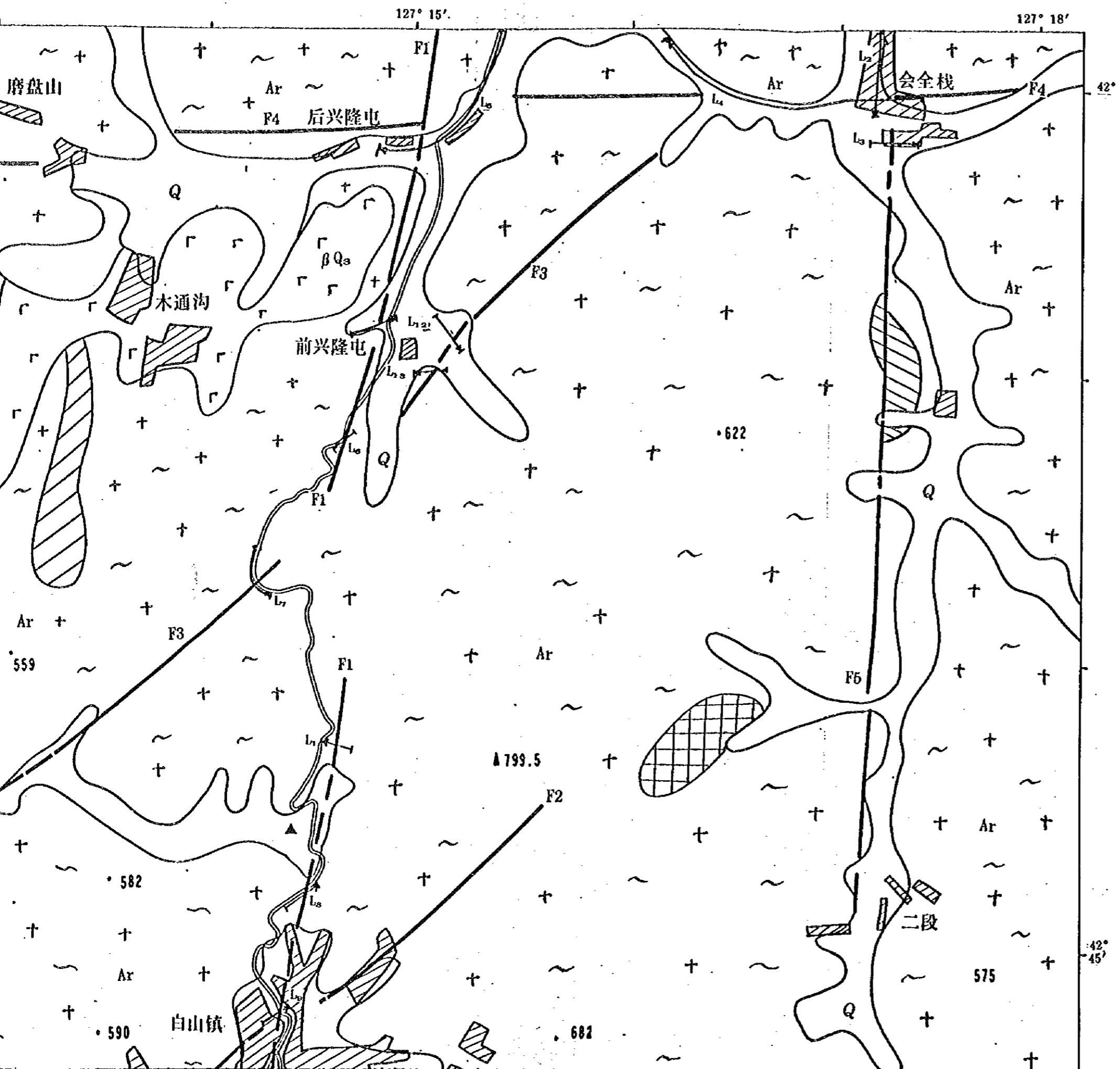
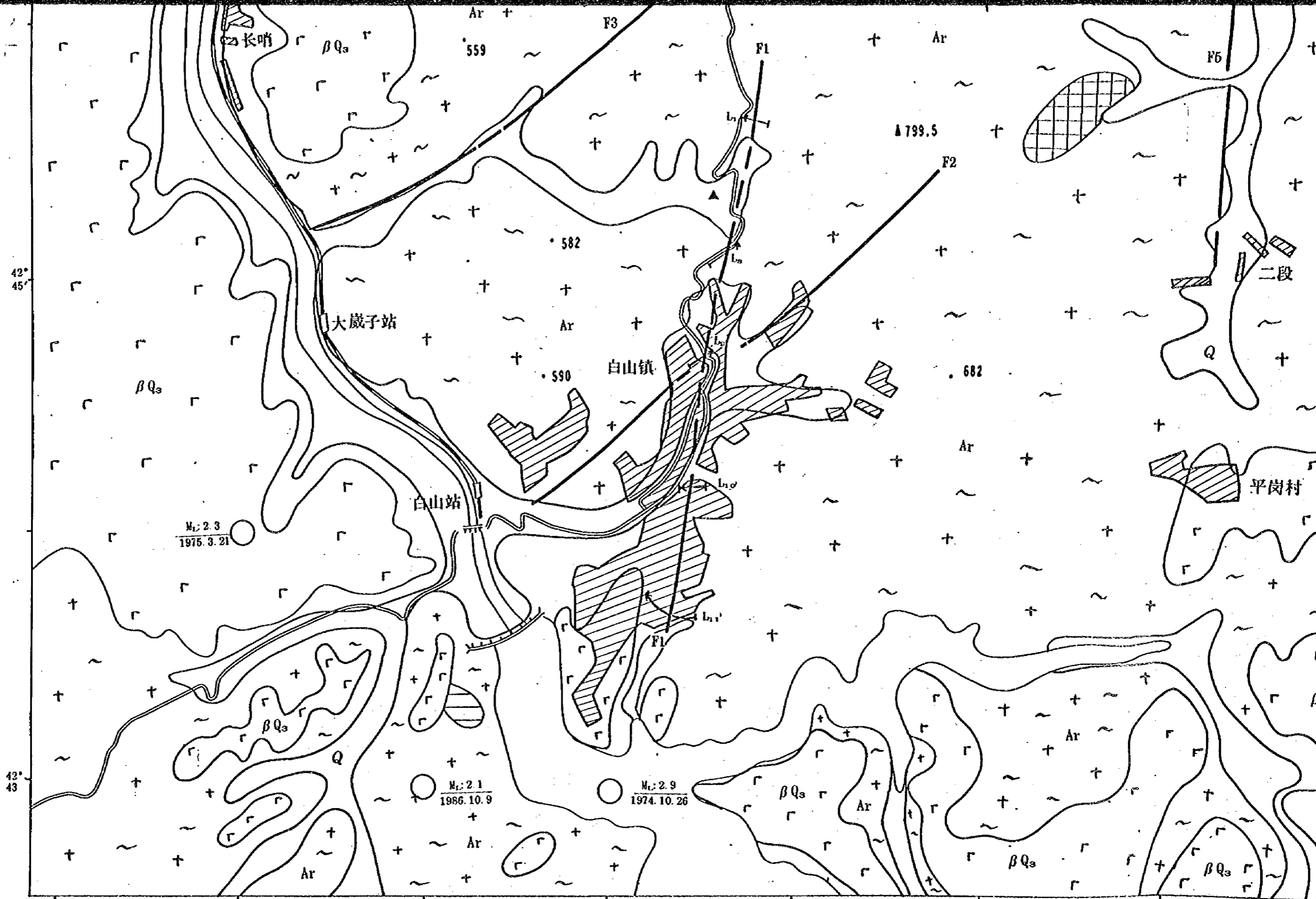


图 例

-  第四系砂砾石及砂砾石夹粘土层
-  太古宙花岗质片麻岩斜长角闪片麻岩
-  晚更新世气孔状玄武岩气孔状椽模拉斑玄武岩致密块状玄武岩
-  早更新世气孔状玄武岩
-  太古宙变质花岗岩伟晶岩脉
-  太古宙变质辉长岩脉
-  太古宙变质闪长岩脉
-  太古宙变质辉绿岩脉
-  断裂及编号
-  隐伏断裂
-  地质雷达测线方向及编号
-  场址中心位置
-  $K_1: 2.1$
1986.10.9 展中位置, 及展级, 发展时间



42° 45'

42° 43'

127° 11'

127° 15'

104.1

No. 2.3
1975.3.21

No. 2.1
1986.10.9

No. 2.9
1974.10.26

长哨

大崴子站

白山站

白山镇

二段

平岗村

Ar

Ar

Ar

Ar

Ar

βQ₃

βQ₃

βQ₃

βQ₃

βQ₃

βQ₃

559

582

590

682

799.5

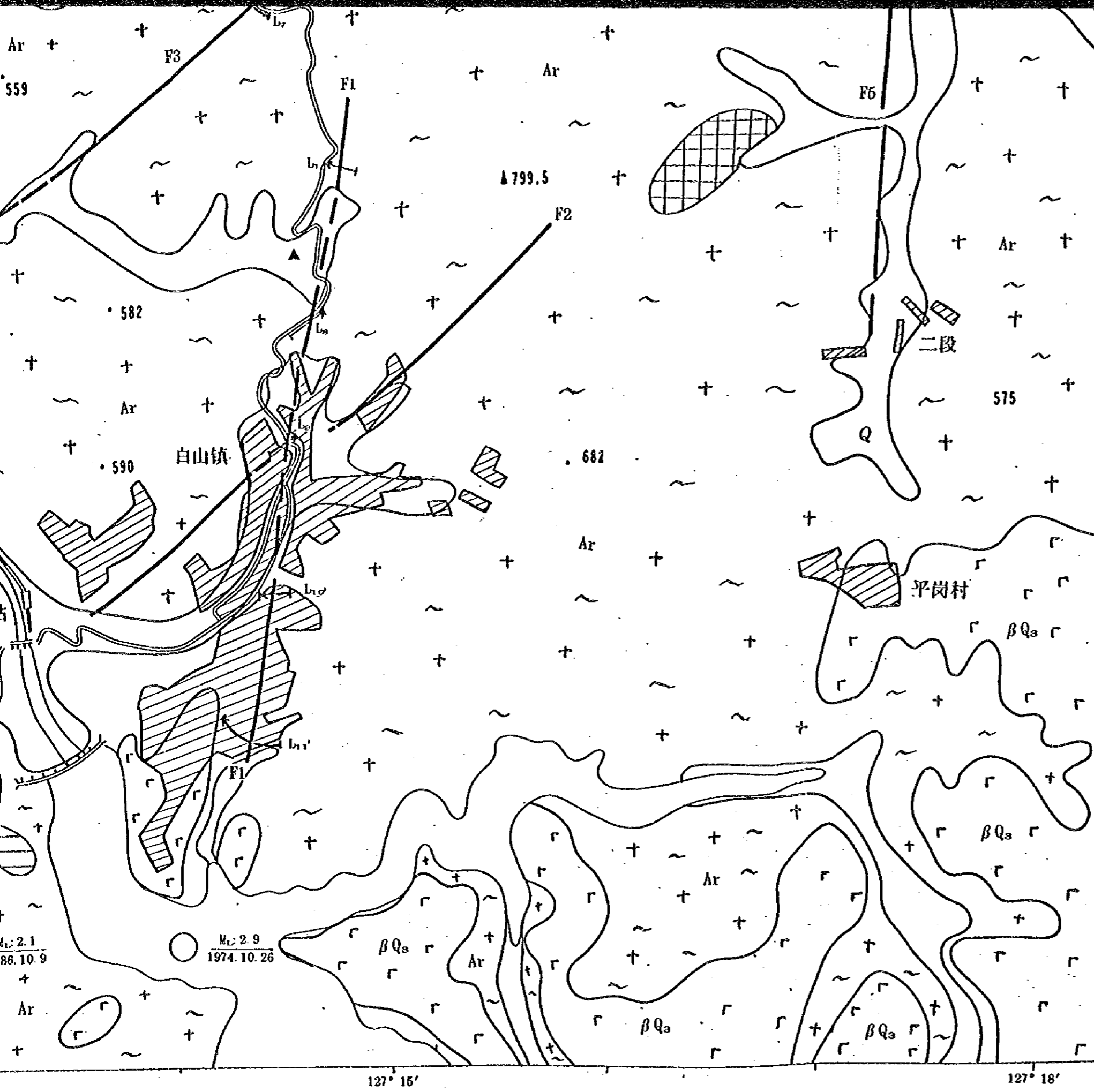
F3

F1

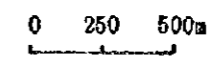
F2

F5

F1



- 晚更新世(孔状)致密块状玄武岩
- 早更新世气孔状玄武岩
- 太古宙变质花岗岩伟晶岩脉
- 太古宙变质辉长岩脉
- 太古宙变质闪长岩脉
- 太古宙变质辉绿岩脉
- 断裂及编号
- 隐伏断裂
- 地质雷达测线方向及编号
- 场址中心位置
- $M_L: 2.1$ 震中位置, 及震级, 发展时间
1986.10.9



项目名称	中国吉林红石蓄能电站区域稳定性评价		
图名	吉林红石抽水蓄能电站场址区(5km范围内)地质构造图		
项目负责人	高常波	钟以章	
编图	万波 国艳	审校	高常波
清绘	张海英		
承担单位	辽宁省地震研究所		
日期	1997年8月		

$M_L: 2.1$
86.10.9

$M_L: 2.9$
1974.10.26

127° 15'

127° 18'

42°
43'

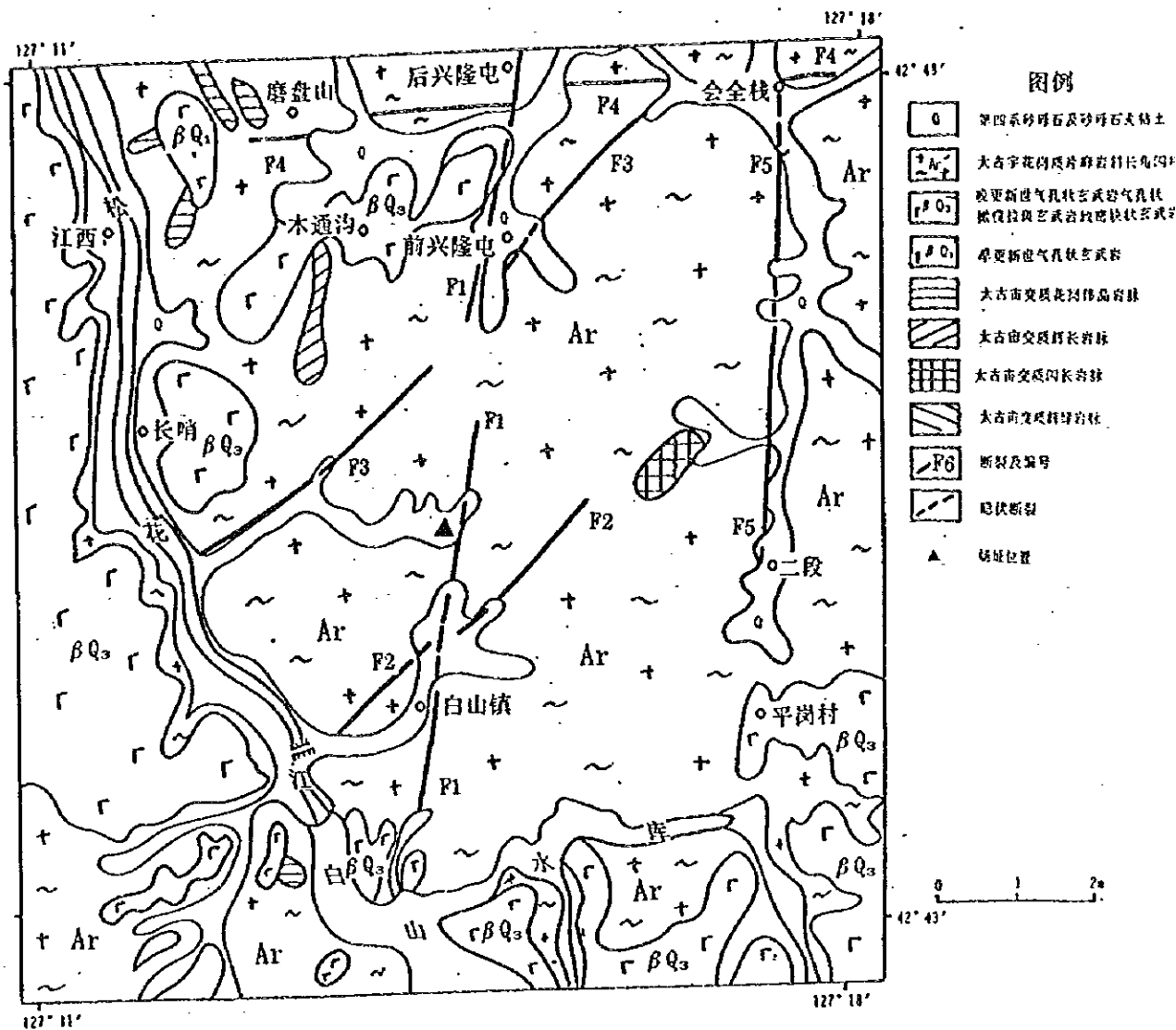


图3-1 吉林红石抽水蓄能电站场址区(5km范围内)地质构造图

古宇变质岩系由花岗片麻岩、斜长角闪片麻岩、黑云母角闪辉石变粒岩等组成，出露面积约占场址区总面积的60%，根据原岩成份和年龄的不同，该地区的片麻岩可分为白山镇片麻岩、会全栈片麻岩、东北岔片麻岩和古家沟片麻岩等4类。场址区绝大部分为白山镇片麻岩，同位素年龄为2970百万年，原岩为奥长-石英闪长岩。太古宙、元古宙侵入体主要是一些脉岩，其中变质闪长岩脉形成于元古宙，分布于二段村附近，岩脉走向为NE向；变质花岗伟晶岩脉形成于太古宙，分布于磨盘山村以西，走向为NW向和近S-N向；变质辉长岩脉形成于太古宙，分布于木通沟西南，走向近S-N。

新生代玄武岩在场址区有广泛的分布。根据1:5万区域地质调查的结果，场址区的玄武岩可分两期，早期为军舰山玄武岩，属早更新世，岩性为灰黑色

橄榄拉斑玄武岩，具有斑状结构，致密块状构造，斑晶由橄榄石、辉石、斜长石等组成，柱状节理发育，分布在磨盘山村以西；晚期的玄武岩称南坪玄武岩，属晚更新世，岩性为灰黑色气孔状拉斑玄武岩和致密块状玄武岩，分布于松花江以西，白山水库周围及长哨一带。

第四系主要分布在松花江两岸及各支流沟谷中，成因类型有冲、洪积，坡、洪积，残、坡积及和人工堆积等。冲、洪积主要分布在较大河流两岸的阶地上，由砂、砾石组成，具水平或斜层理，厚度变化较大，最大厚度可达7m；坡、洪积广泛分布于各沟谷中，由砂、砾石、粘土等组成，厚度变化大，最薄的只有几十厘米，最厚可达10m以上；残、坡积主要分布在山坡，由碎石、粘土组成，碎石无分选，无磨圆，厚度不大，一般只有0.5m左右；人工堆积主要分布在白山镇附近及白山水库下游部分地段，成份为砖块、碎石、残土和生活垃圾等，最大厚度可达10m以上。

3.4 地质构造

地质构造上，场址区处在三道溜河复背斜西翼的倒转向斜附近，这里的断裂构造较为发育，经实地调查，在场址区共发现5条断裂。为了查明每一条断裂的展布、地质特征和活动性，我们在覆盖层较厚的地方用地质雷达对断裂进行了追索，下面分述雷达探测情况和断裂的地质特征。

3.4.1. 地质雷达探测

3.4.1.1. 工作原理

地质雷达探测是一种用于确定地下介质分布的广谱电磁技术。它有两组天线，发射天线发出高频宽频带电磁波，接收天线则接收来自地下介质界面的反射波。电磁波在介质中传播时，其路经，电磁场强度及波形将随所通过介质的电性及几何形态而发生变化，因此，根据接收波的传播时间，波的幅值及波形等信息，可以推断介质的结构。雷达记录上的噪声和干扰可以来自不同的波，通过有效的滤波，增益，叠加等处理手段来突出目标体的信号，可以得到容易识别的图象。雷达图象的解释包括三个方面：

(1) 识别反射：识别雷达记录上的有效异常类似模式识别的处理过程，即在记录上识别具有已知特征的现象，雷达记录上可识别的现象主要有三类：即来自水平层的连续反射；来自二维或三维物体的反射和来自横向不连续产生的反射。

(2) 识别噪声和干扰：一般应通过反复试验确定干扰的特征及其影响。

(3) 确定速度和时距变换：要计算反射面的深度，需要知道电磁波在介质中的速度及反射时间，这样才能得到由深度和水平位置组成的纪录图。

3.4.1.2. 识别断裂的标志

在红石蓄能电站场址开展地质雷达探测的目的是为了在覆盖层较厚的地方追索断裂的形迹，而不同的断裂在雷达记录上所显示的特点是不同的，归纳起来，有以下识别标志：

(1) 同相轴错断；

(2) 断裂带十分破碎形成混乱的强反射；

(3) 反射波形成特有的双曲线形，此标志显示断裂破碎带较宽而且连续性好；

(4) 反射强度有明显的差别，多在岩性不同的断裂带出现。

根据以上标志，对场址区的构造进行了全面探测。

3.4.1.3. 探测结果

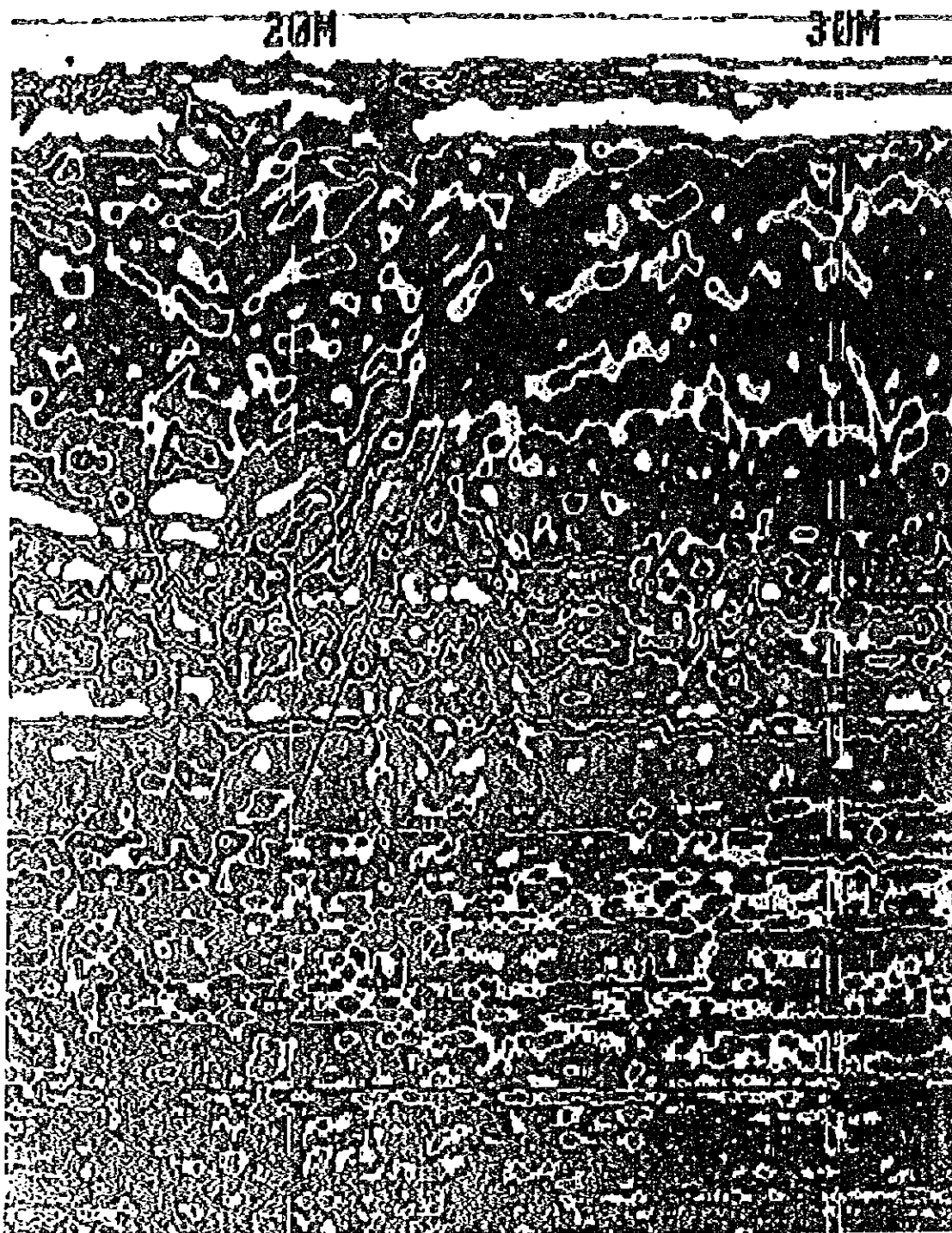
为了查明场址区，断裂在隐伏地段的展布情况，经过试验，这次探测用100MHz和500MHz天线布设了14条地质雷达测线，共3480m，下面叙述各测线的探测结果。

L1测线：测线长230m，标记点距为5m，方向东南向西北，此测线目的为追踪F1断裂。在测线150m处发现断裂，但由于覆盖层较厚，而且土层中含水量高，因此反应效果不很明显。

L2测线：测线长500m，标记点距为10m，方向由北向南，此测线目的为追踪F4断裂。在测线的320m处发现断裂，由于场地条件所限，反应不明显。

L3测线：测线长260m，标记点距为10m，方向由西向东。此测线目的为追踪F5断裂。由于场地所限，反应不明显，仅在测线的170m处发现微弱的异常反应。

L4测线：该测线长330m，标记点距为10m，方向由东南向西北。此测线所追踪的目标是F4和F5断裂。在测线300m处有断裂形迹，但图象反应不明显，表现为同相轴的错断，断裂面北倾，破碎带宽度约2-3米，根据断裂走向，可以确定此处为F4断裂。在测线的20米处发现F5断裂，图3-2显示断裂面西倾，破碎

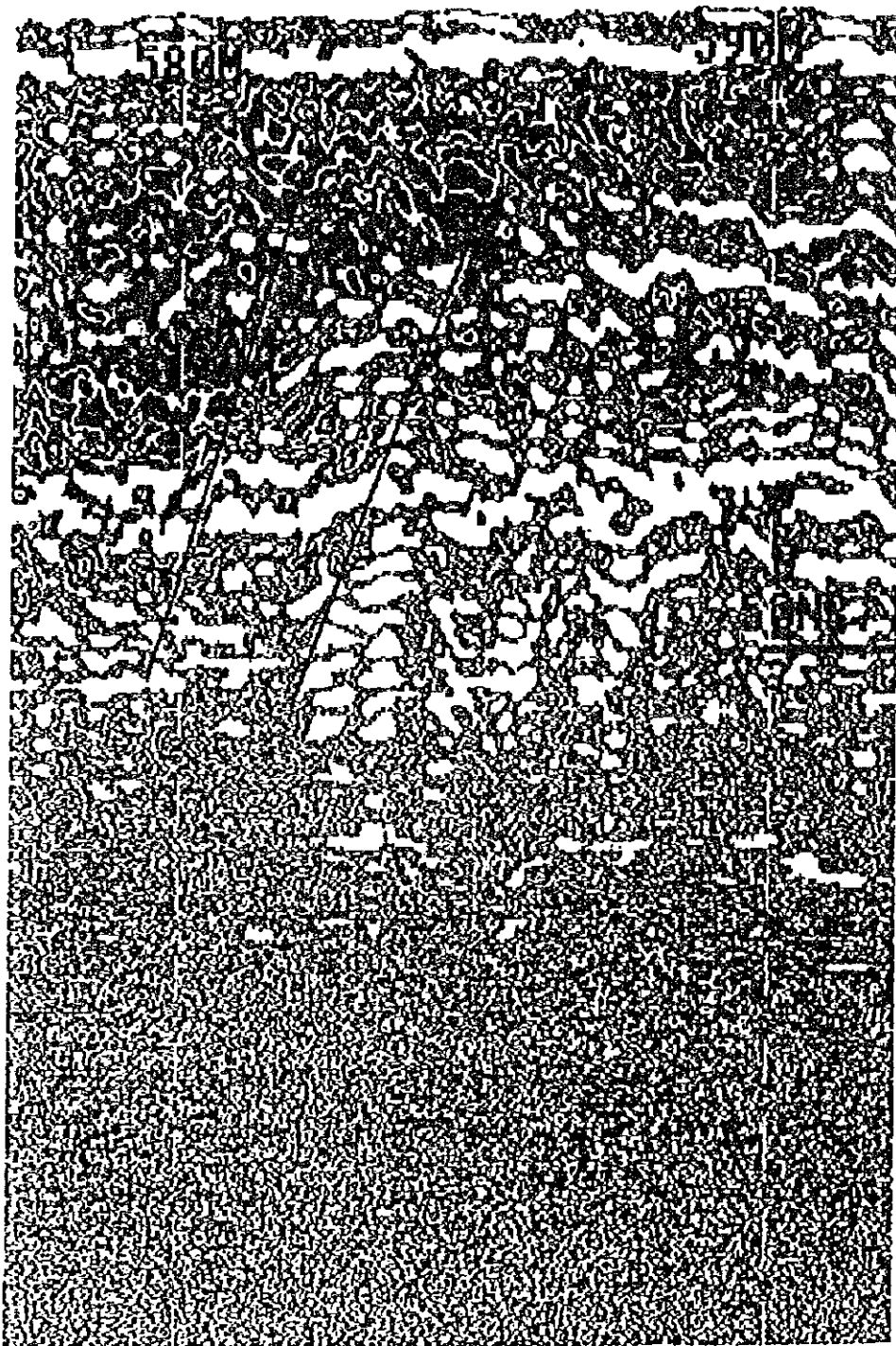


采样率 512 扫描率32 量程 60ns 垂直低通滤波 N=1 F=60
垂直高通滤波 N=2 F=1.8 水平低通滤波 TC=4 30ns

图3-2 L4测线地质雷达扫描图象

带宽度2-3m。

L5测线：该测线长780m，标记点距为10m，方向由北向南。 布设此测线的目的是追踪F1断裂。由图3-3上可以看出，在测线580m处发现断裂形迹，表现



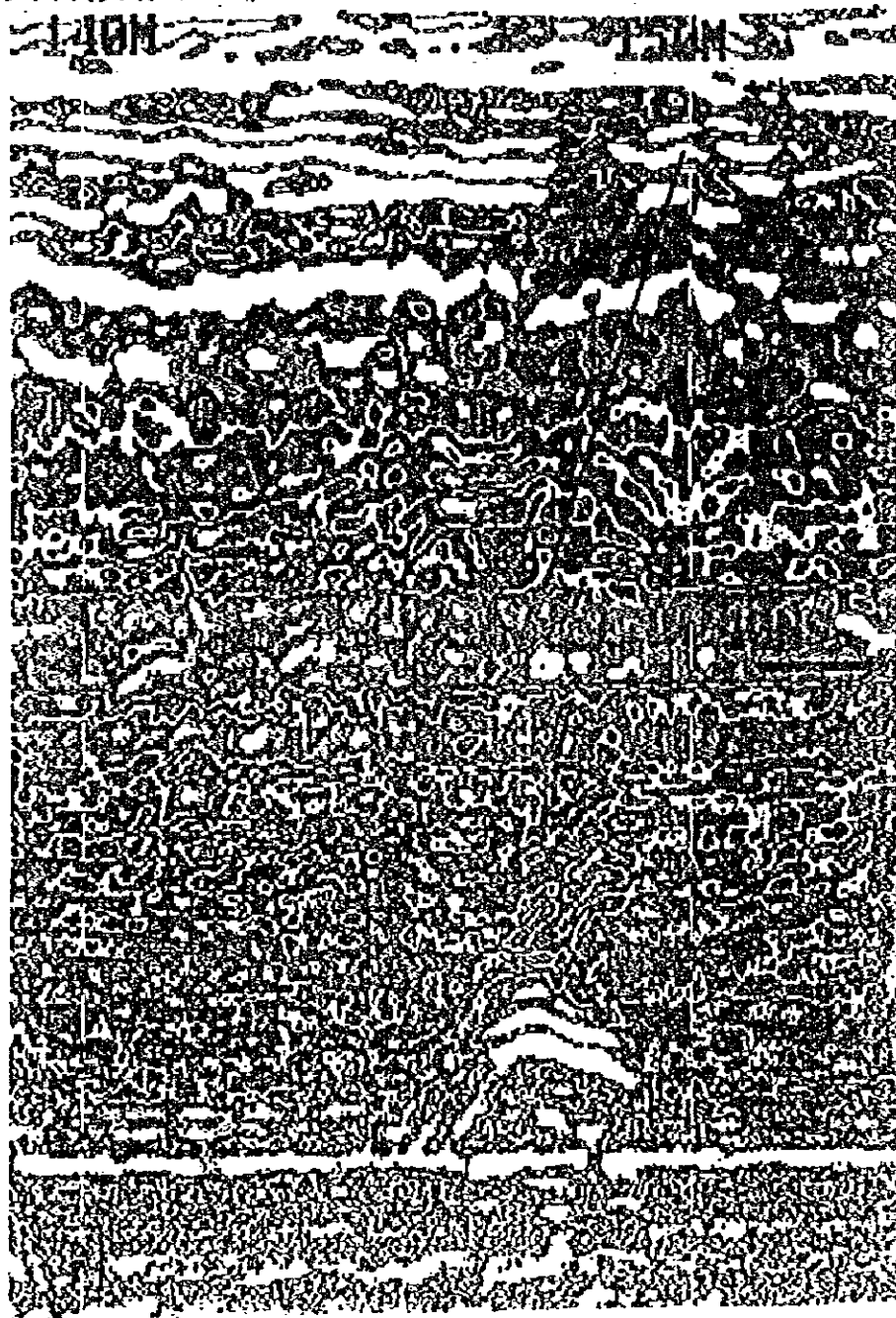
采样率 512 扫描率32 量程 100ns 垂直低通滤波 N=1 F=100
垂直高通滤波 N=2 F=3 水平低通滤波 TC=4 50ns

图3-3 L5测线地质雷达扫描图象

为同相轴的错断和杂乱的强反射，断裂面东倾，破碎带很明显，约2-3m宽。

L6测线：长130m，标记点距为10m，方向由北向南，此测线主要追踪F1断层。在测线40m处发现断裂，表现为同相轴错断，但图象不很明显，断裂面东倾，断裂规模不清。

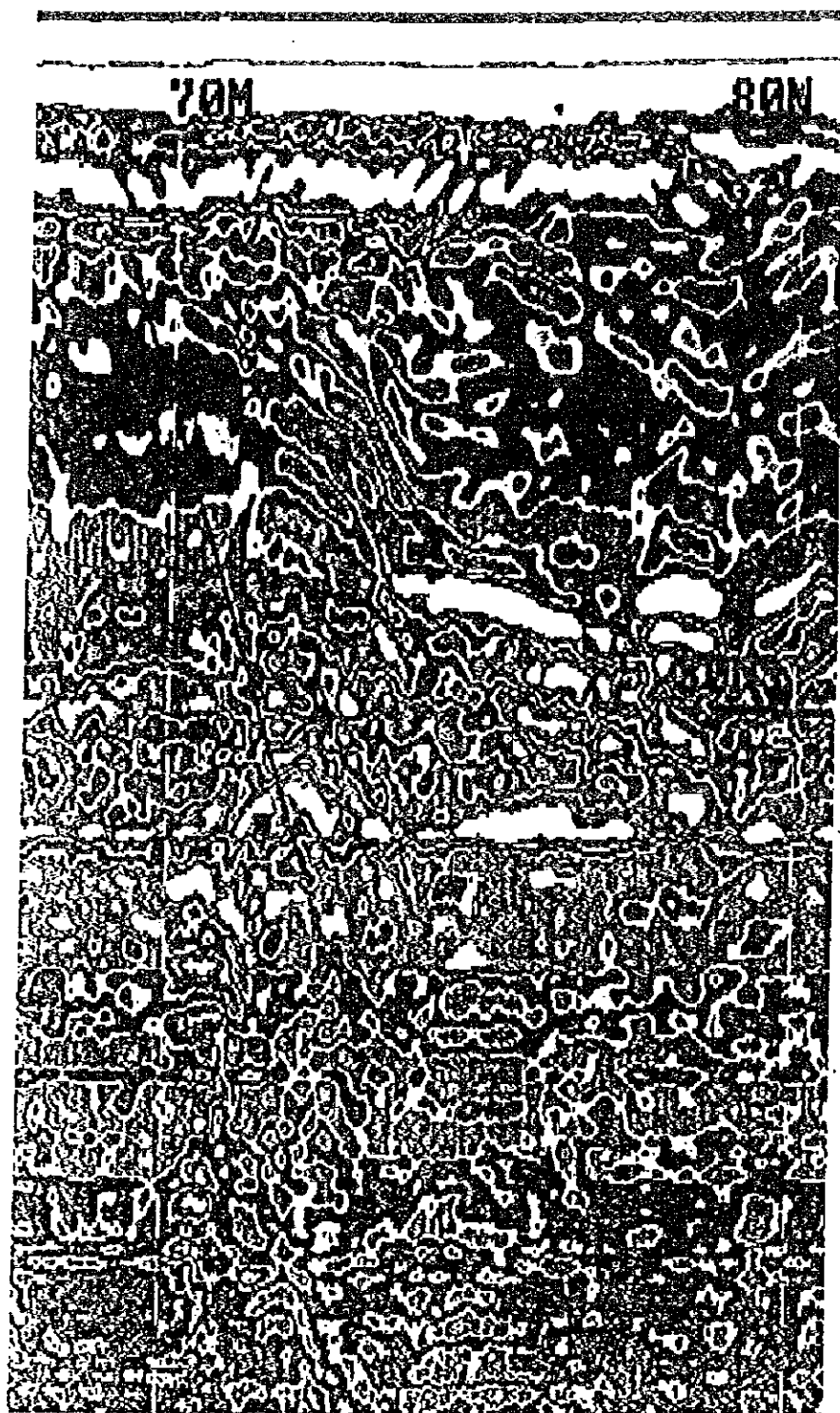
L7测线：此测线长150m，标记点距为10m，方向由北向南。此测线目的是追踪F3断裂。在测线150m处发现断裂，表现为明显的同相轴错断，在深处还有明显的双曲线反射(图3-4)，断裂面西北倾，规模不清。



采样率 512 扫描率32 量程 80ns 垂直低通滤波 N=1 F=80
垂直高通滤波 N=2 F=2.4 水平低通滤波 TC=4 40ns

图3-4 L7测线地质雷达扫描图象

L8测线：长130m，标记点距10m，方向由西南向东北，此测线以追踪F1断裂为目的。在测线70m处发现断裂(图3-5)，有明显的同相轴错断，在深部有不



采样率 512 扫描率32 量程 60ns 垂直低通滤波 N=1 F=60
垂直高通滤波 N=2 F=1.8 水平低通滤波 TC=4 30ns

图3-5 L8测线地质雷达扫描图象

很明显的双曲线反射，破碎带宽度为3-4m。

L9测线：长90m，标记点距10m，方向由东向西，此测线用于追踪F2断裂。
在测线的10m处发现断裂(图3-6)，断裂面北西倾，破碎带及断裂的图象都很清

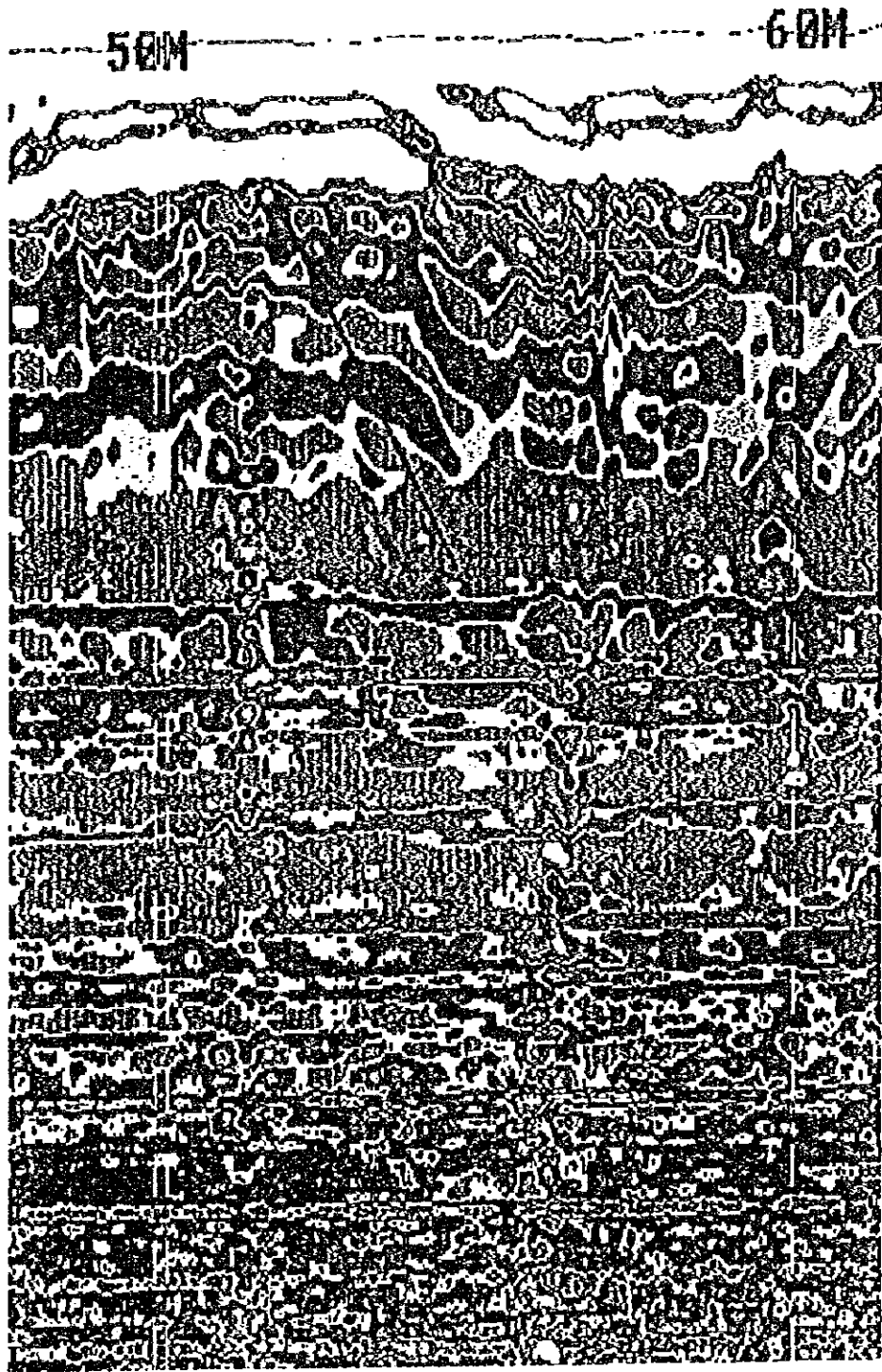


采样率 512 扫描率32 量程 60ns 垂直低通滤波 N=1 F=60
垂直高通滤波 N=2 F=1.8 水平低通滤波 TC=4 30ns

图3-6 L9测线地质雷达扫描图象

楚。

L10测线：此测线长100m，标记点距为10m，方向由南向北，此测线追踪F1断裂。在测线50m处发现断裂(图3-7)，有明显的同相轴错断，破碎带很明显，



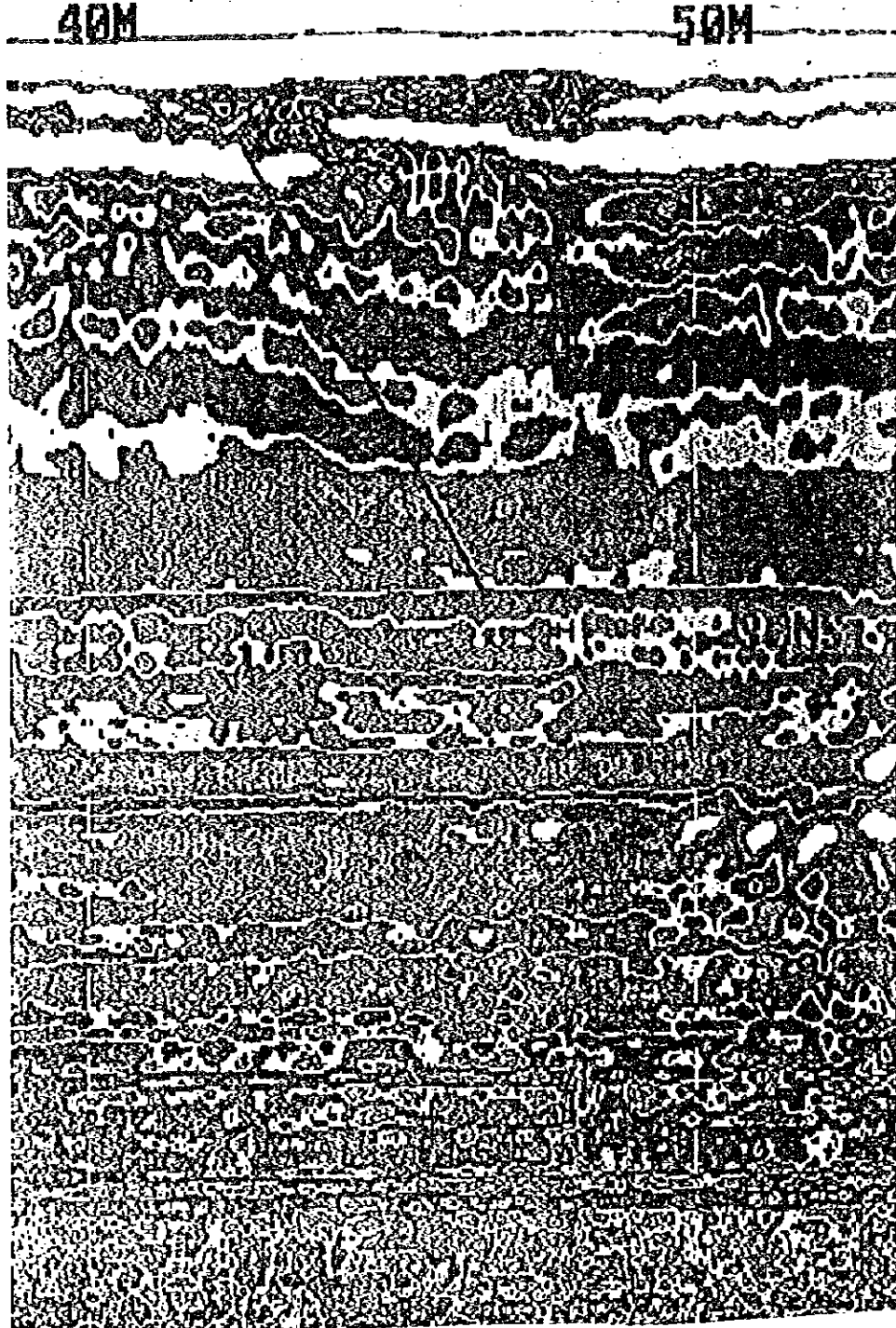
采样率 512. 扫描率32 量程 60ns 垂直低通滤波 N=1 F=60
垂直高通滤波 N=2 F=1.8 水平低通滤波 TC=4 30ns

图3-7 L10测线地质雷达扫描图象

深部有微弱的双曲线反射, 断裂面北西倾, 破碎带宽度在2m左右, 破碎很明显。

L11测线: 长270m, 标记点距为10m, 方向由南向北, 此测线用于追踪F1断裂。在130m处发现断裂, 表现为同相轴错断, 深部信息较弱, 但浅部特征较明显。

L12测线: 长230m, 标记点距为10m, 方向由西向东, 此测线以追踪F1断裂为目的。在测线的40m处发现断裂, 主要为反射面的同相轴错断(图3-8), 断



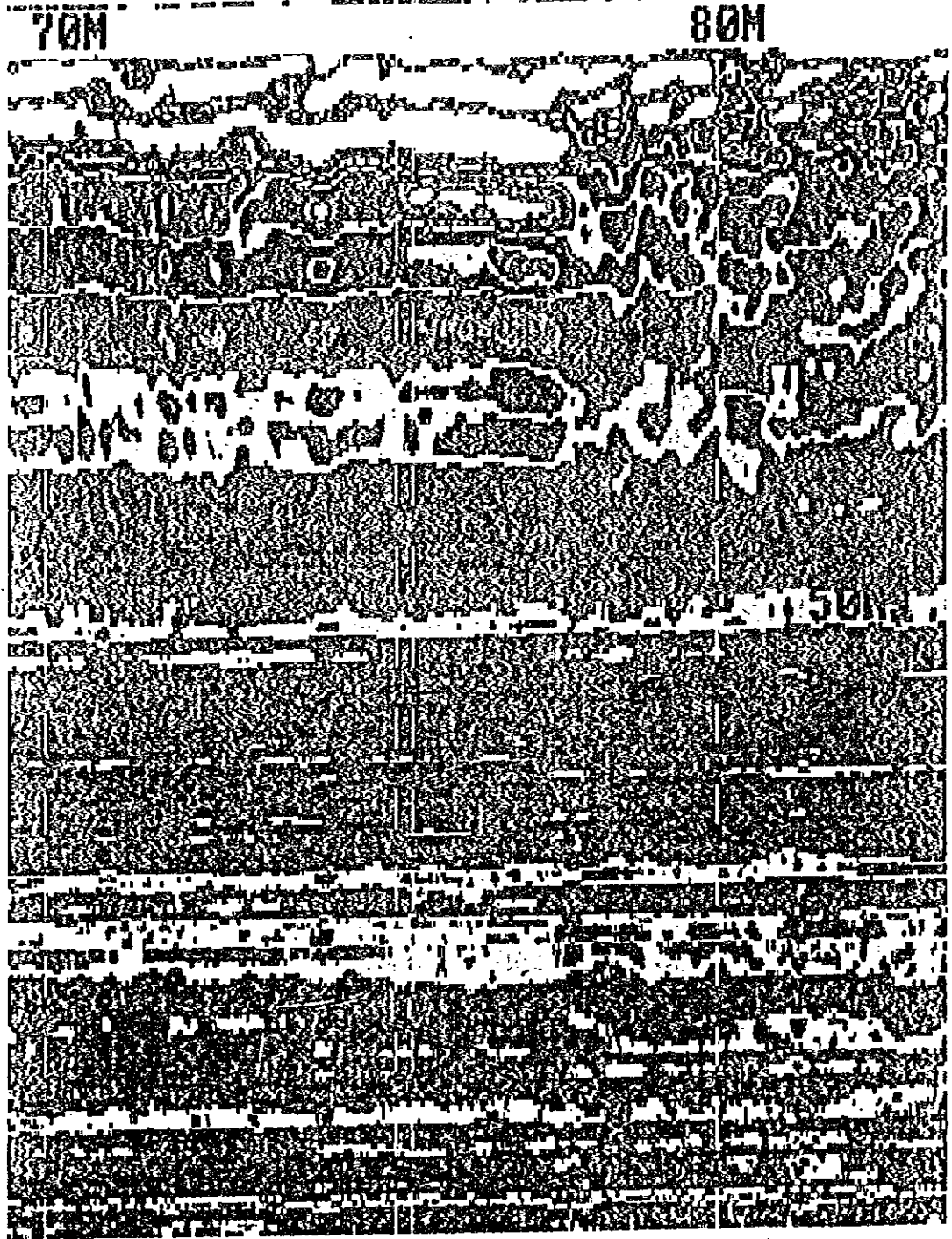
采样率 512 扫描率32 量程 60ns 垂直低通滤波 N=1 F=60
垂直高通滤波 N=2 F=1.8 水平低通滤波 TC=4 30ns

图3-8 L12测线地质雷达扫描图象

裂面向北西倾斜，破碎带宽度约3-4m。

L13测线：此测线长150m，标记点距为10m，方向由西北向东南，该测线追踪F3断裂。在测线80m处发现断裂，表现为明显的同相轴错断和不很明显的深部双曲线反射，破碎带较宽，倾向不很明显。

L14测线：测线长度为130m，标记点距10m，方向由东南向西北，布设此测线的目的是追踪F3断裂。由图3-9上可知，在测线75m处发现断裂，表现为同



采样率 512 扫描率32 量程 80ns 垂直低通滤波 N=1 F=81.92
垂直高通滤波 N=2 F=5.12 水平低通滤波 TC=3 50ns

图3-9 L14测线地质雷达扫描图象

相轴的错断和破碎带杂乱无章的乱反射，有明显的破碎带，深部信息较弱，倾向不明。

3.4.2. 断裂地质特征及活动性

3.4.2.1 F_1 断裂(图3-10、11、12、13、14、15、16、17、18、19)：该断

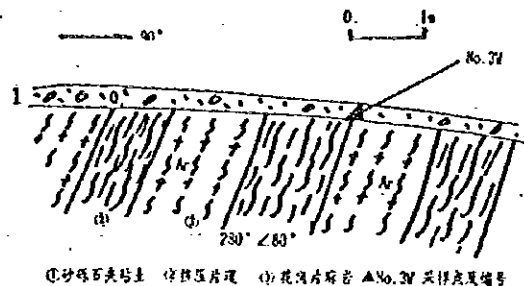


图3-10 F_1 断裂码头北约1km公路边剖面

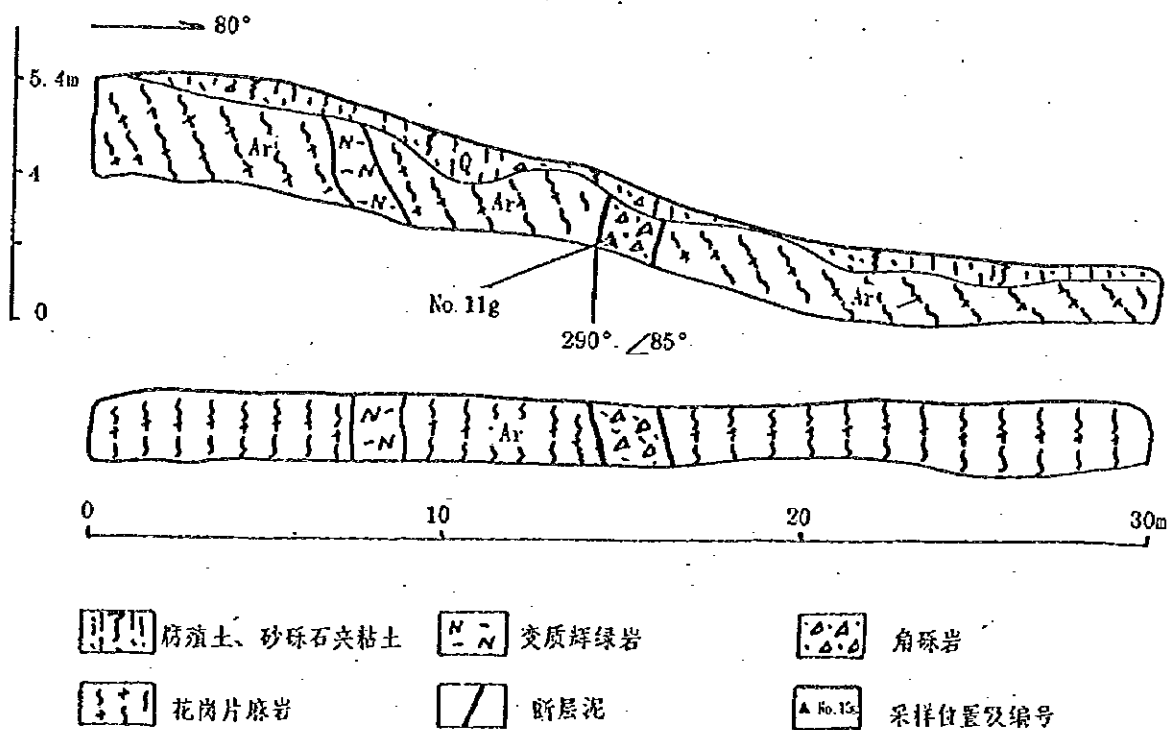


图3-11 F_1 断裂垃圾场西T3探槽素描图

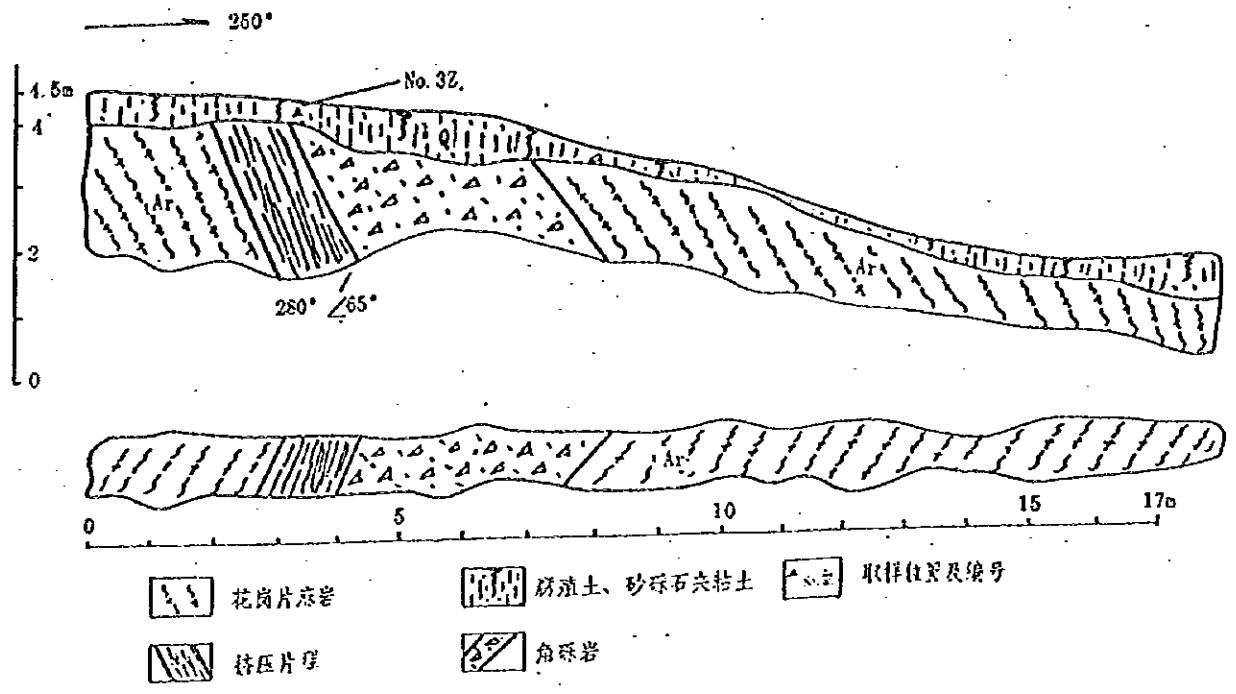


图3-12 F1断裂 白山镇黄土场T12探相素描图

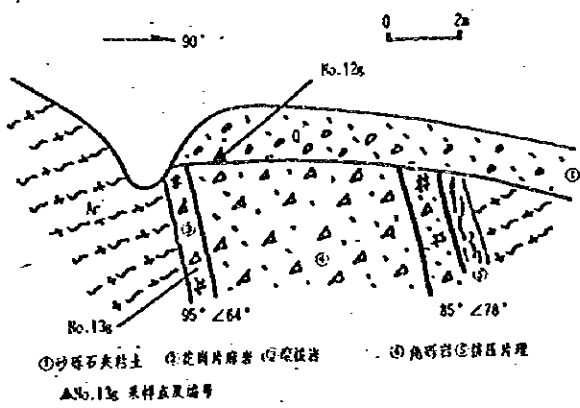


图3-13 F1断裂前兴隆屯北100m公路西侧剖面

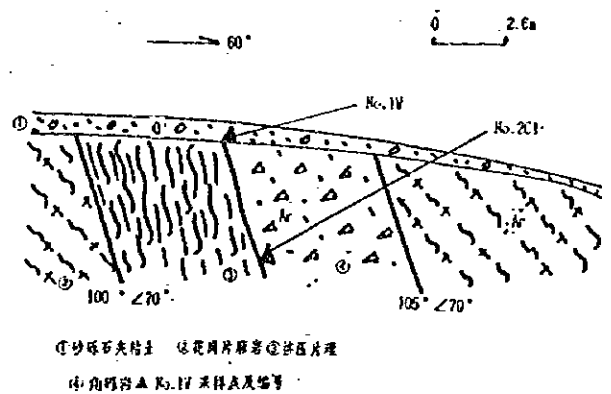


图3-14 F1断裂前兴隆屯南约500m剖面

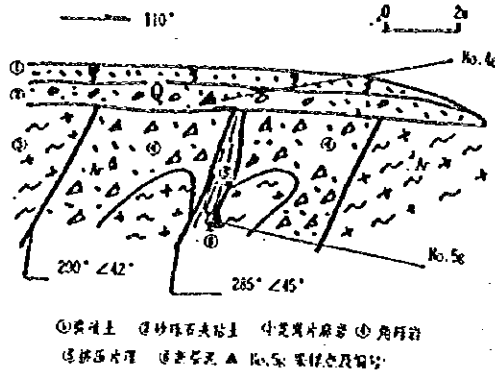


图3-15 F1断裂红石林场武警营房西断层实测剖面

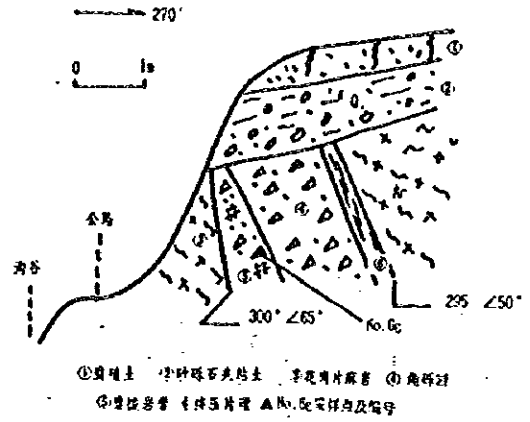


图3-16 F1断裂兴隆屯南西1300m公路西剖面

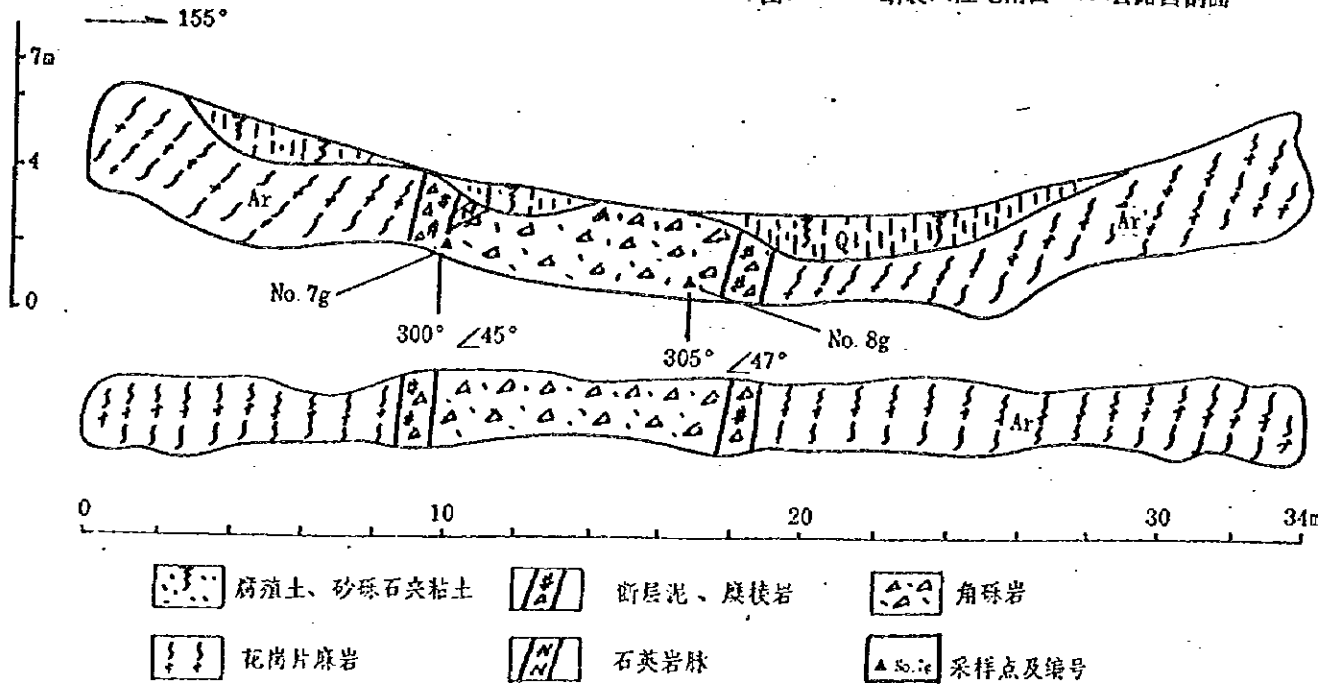


图3-17 F1断裂兴-白公路24km处T2探槽素描图

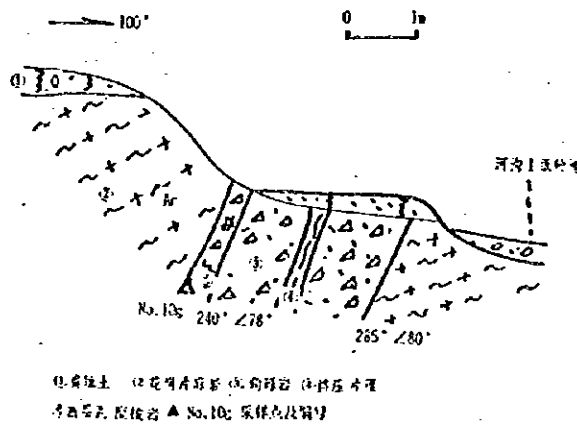


图3-18 F1断裂武警军营南西400m公路西断层剖面

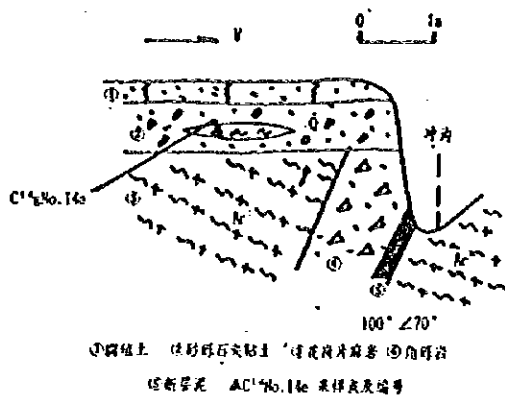


图3-19 F₁断裂后兴隆屯北剖面

裂南始于白山镇码头北，往北经兴隆屯延出场址区以外，F₁断裂走向NNE。倾向不定，倾角40°-80°，场址区内的延伸长度约8km，断裂一般顺沟谷及山体鞍部穿过。F₁断裂穿过上水池，距拦水坝300m左右。为了研究断裂的地质特征和活动性，在白山镇码头北，垃圾场、兴隆屯等地共开挖了10个观察剖面，下面将各观察剖面的特征列于表3-1。

表3-1 F₁断裂各观测点地质特征一览表

剖面地点	产状		破碎带特征	围岩岩性	覆盖层特征	测年测值
	倾向	倾角				
码头北约1km公路边	280°	80°	破碎带宽约5m，挤压片理发育。	花岗片麻岩	砂砾石夹粘土，厚约30cm，未被错动。	覆盖层7.7万年
垃圾场西	290°	85°	带约2m，由角砾岩组成。	花岗片麻岩	腐殖土层及杂填土层，厚约30-50cm，未被错动	破碎带15.6万年
黄土场	280°	65°	宽6-7m，由挤压片理、角砾岩组成。	花岗片麻岩	砂砾石夹粘土层，厚0.5-1m，未被错动	覆盖层2.3万年
前兴隆屯北100m	95°	64°	宽约8m，由挤压片理、角砾岩、糜棱岩组成，夹有断层泥。	花岗片麻岩	砂砾石夹粘土层，厚约1.5m。	覆盖层13.8万年，破碎带14.6万年
前兴隆屯南约500m	100° - 105°	70°	宽约9m，由挤压片理、角砾岩组成。	花岗片麻岩	砂砾石夹粘土层，约1m，未被错动。	覆盖层6.9万年，破碎带16.3万年
武警营房西	285°	45°	宽约8m，由挤压片理、角砾岩组成，夹有断层泥。	花岗片麻岩	腐殖土层及砂砾石夹粘土层，厚1.5-2m，未被错动。	破碎带11.0万年
兴隆屯南西1300m公路西	300°	65°	带宽约2.5m，由挤压片理、角砾岩、糜棱岩组成	花岗片麻岩	腐殖土层及砂砾石夹粘土层，厚1.5-2m，未被错动。	破碎带15.4万年
兴白公路24km路标北	305°	47°	宽约9m，由角砾岩、糜棱岩组成，有石英岩脉被错动。	花岗片麻岩	腐殖土层及砂砾石夹粘土层，厚约0.5-1m，未被错动。	破碎带14.6万年

续表3-1

剖面地点	产 状		破碎带特征	围岩性	覆盖层特征	测年测值
	倾 向	倾角				
武警营房南西400m公路西	290°	78°	带宽约3m, 由挤压片理、角砾岩、糜棱岩组成, 含有断层泥。	花岗片麻岩	腐殖土层, 厚约0.5m, 未被错动。	
后兴隆屯北	100°	70°	宽约1.5m, 由角砾岩、断层泥组成。	花岗片麻岩	腐殖土层及砂夹粘土层混杂, 厚约1m, 未被错动。	

通过地质雷达探测, 在白山镇北、垃圾场、兴隆屯等地发现有断裂的形迹, 说明断裂较为连续。总的看来, F_1 断裂在场址区内的延续性好, 走向变化不大, 破碎带由挤压片理、糜棱岩和角砾岩等构成, 个别剖面中有断层泥发育。破碎带宽度变化较大, 由1-3m到8-10m不等, 断裂上有0.3-1.5m厚的覆盖层。实地观测表明, F_1 断裂未穿切上覆盖层, 从断层泥、角砾岩及上覆盖层中共采取了热释光样品12个, 经测定断层泥和角砾岩的年龄值为11.0-16.3万年, 属中更新世, 覆盖层的年龄为2.3~7.7万年, 属晚更新世, 因此, F_1 断裂是一条中更新世断裂, 晚更新世以来没有活动。

3.4.2 F_2 断裂 (图3-20、21、22、23、24、25): 该断裂南始于白山水库大

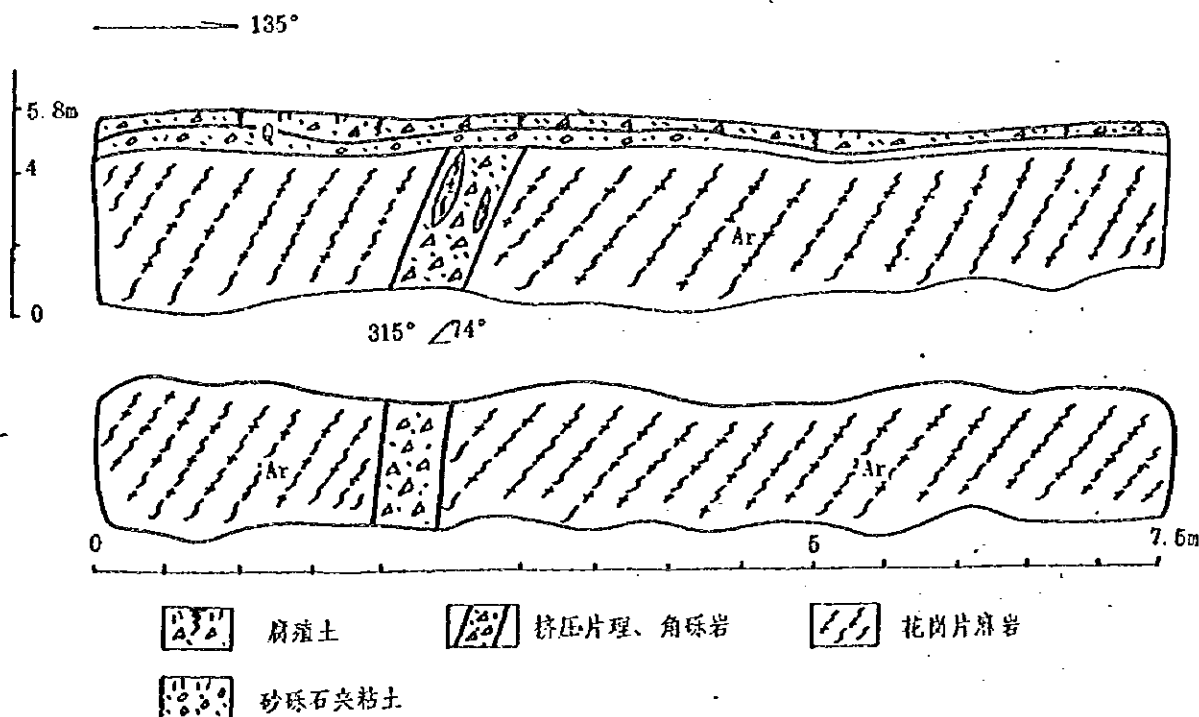


图3-20 F_2 断裂 大坝桥头T17探槽素描图

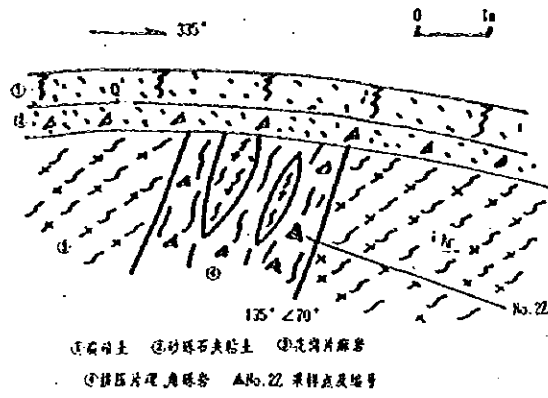


图3-21 F2断层白山镇制药厂北剖面

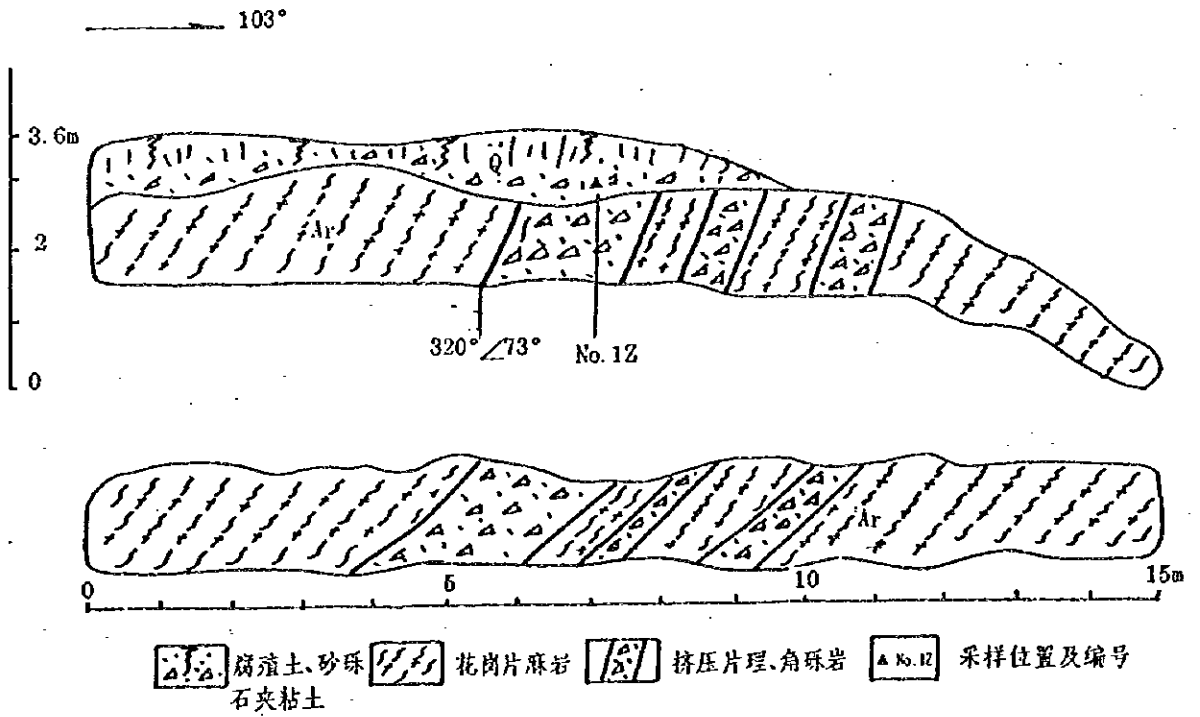


图3-22 F2 断裂白山镇水厂西T16探槽素描图

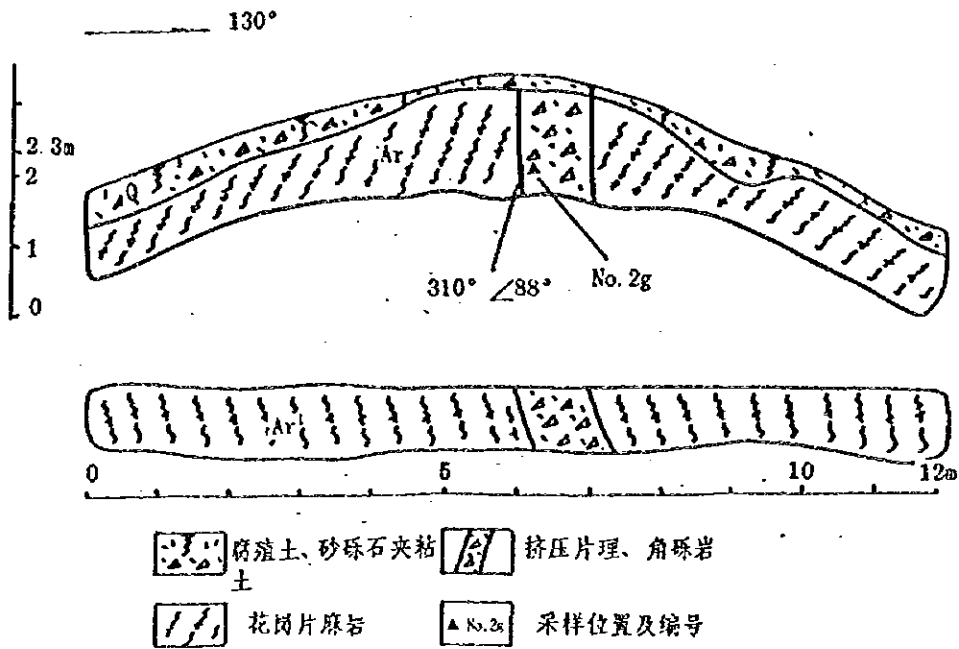


图3-23 F2断裂 白山镇北T19探槽素描图

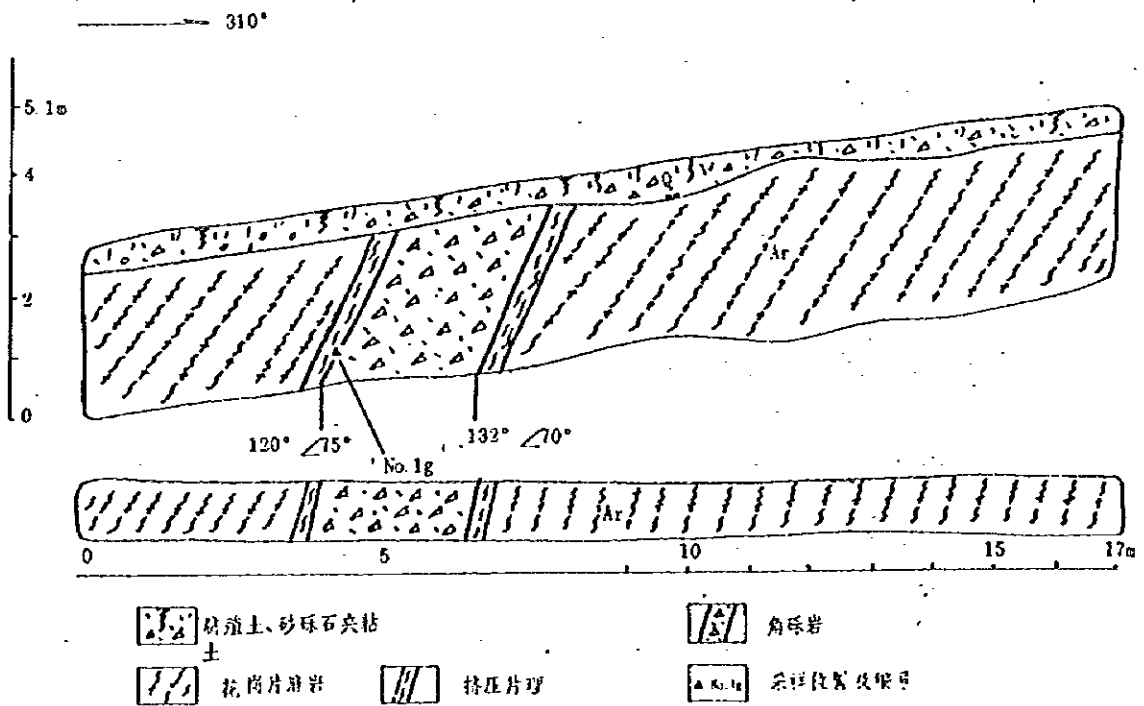


图3-24 F2断裂 车库沟T16探槽素描图

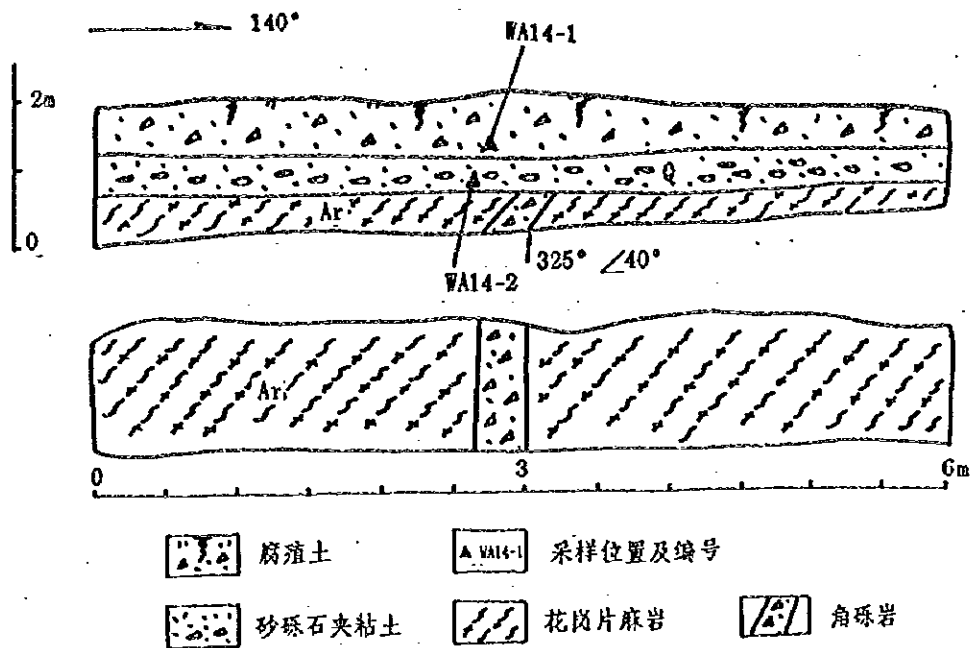


图3-25 F2断裂车库沟顶垭口T40探槽素描图

坝北，沿NE方向经白山镇至二段村以北，长约4.5km，走向45°，倾向不定，倾角40°-70°。F2断裂在白山镇北与F₁断裂相交，在交汇点以东，断裂沿沟谷展布，断裂距拦水坝约1.5km。在制药厂以北、水厂以西、车库沟等地开挖了6个观察剖面 and 探槽，各观察点的特征见表3-2。

表3-2 F₂断裂各观测点地质特征一览表

剖面地点	产状		破碎带特征	围岩岩性	覆盖层特征	测年数值
	倾向	倾角				
大坝桥头 北东约 200m	315°	74°	带宽2-2.5m，挤压片理、角砾岩发育含有透镜体。	花岗片麻岩	腐殖土层与砂砾石夹粘土层，厚约0.5m，未被错动。	
制药厂北	135°	70°	带宽约2.5m，挤压片理、角砾岩发育，含有透镜体。	花岗片麻岩	腐殖土层与砂砾石夹粘土层，厚约1.5m，未被错动。	破碎带 10.9万年
水厂西	320°	73°	由多条挤压破碎带构成，带宽约7m，带内挤压片理，角砾岩等发育。	花岗片麻岩	腐殖土层与砂砾石夹粘土层，厚约1.5m，未被错动。	覆盖层 6.3万年
白山镇北	310°	88°	带宽1m，挤压片理、角砾岩等发育。	花岗片麻岩	腐殖土层与砂砾石夹粘土层，厚10-20cm，未被错动。	
车库沟	120°	75°	带宽约3m，由挤压片理、角砾岩带组成。	花岗片麻岩	腐殖土层与砂砾石夹粘土层，厚约0.5m，未被错动。	破碎带 10.3万年
车库沟顶 垭口	325°	40°	带宽约50cm，角砾岩发育。	花岗片麻岩	砾石夹粘土，厚约2m未被错动。	覆盖层 2.2万年

归纳以上观察点所见到的现象可以看到, F_2 断裂的规模不大, 破碎带的宽度只有1-3m, 主要由挤压片理和角砾岩组成, 断层泥不太发育, 断裂断面上的擦痕比较明显, 从擦痕所显示的特征判断, 断裂为右旋扭动。断裂带上有0.5-1m的残、坡积覆盖层, 未被断裂错切, 从以上剖面中的破碎带及覆盖层中取了4个热释光样品, 测试结果为断层破碎带10.3-10.9万年, 覆盖层2.2-6.3万年, 表明 F_2 断裂为中更新世断裂, 晚更新世以来没有活动。

3.4.3 F_3 断裂(图3-26、27、28、29、30、31): 该断裂南始于大崴子沟口,

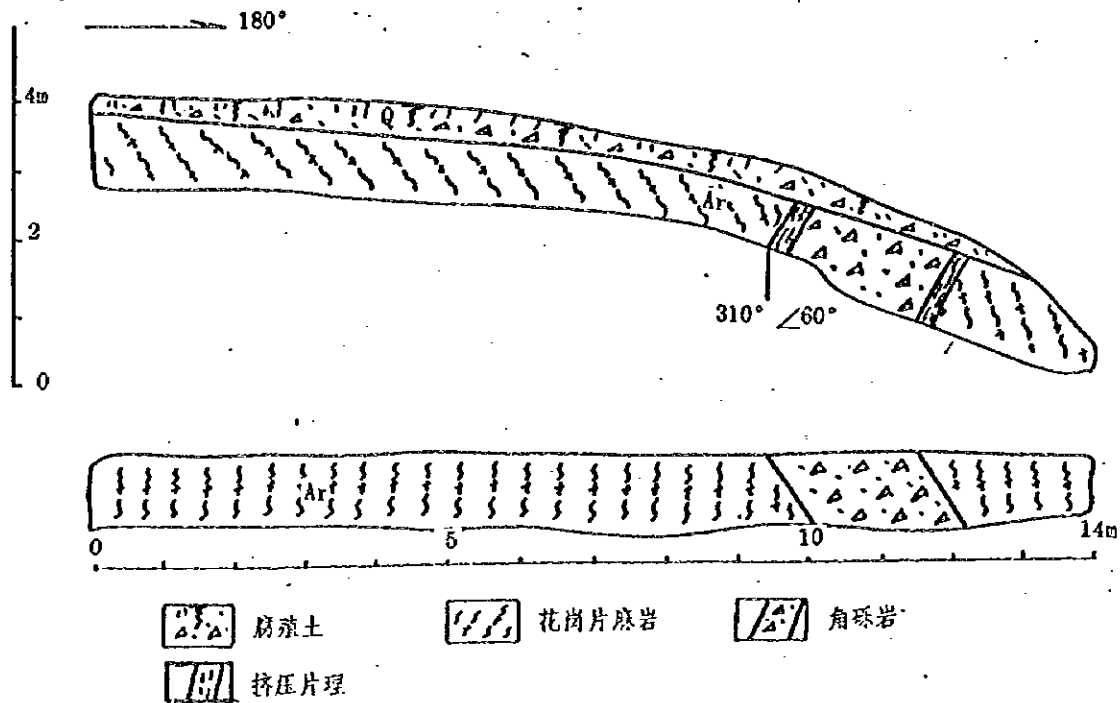


图3-26 F_3 断裂 兴隆屯东T43探槽素描图

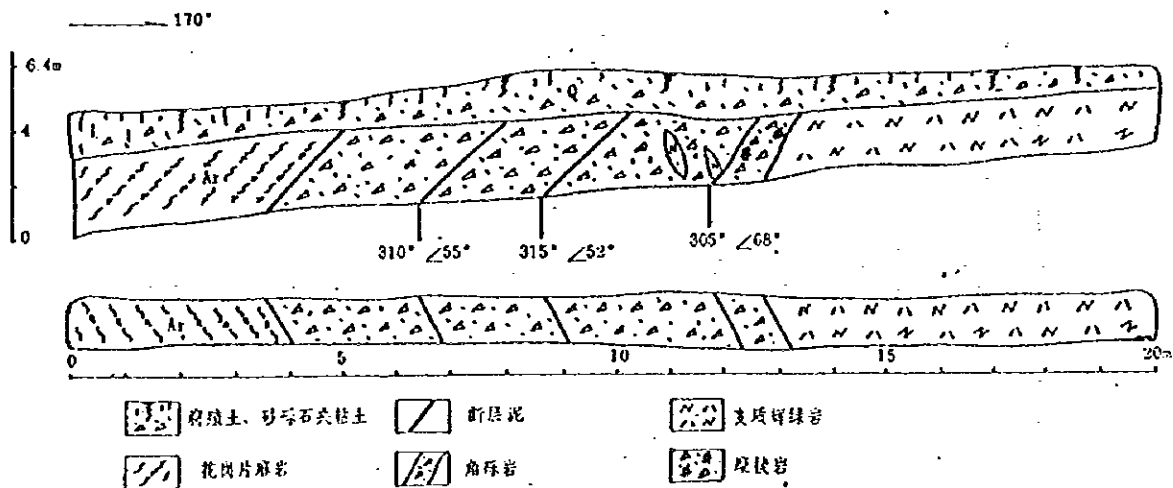


图3-27 F_3 断裂 兴隆屯南东T39探槽素描图

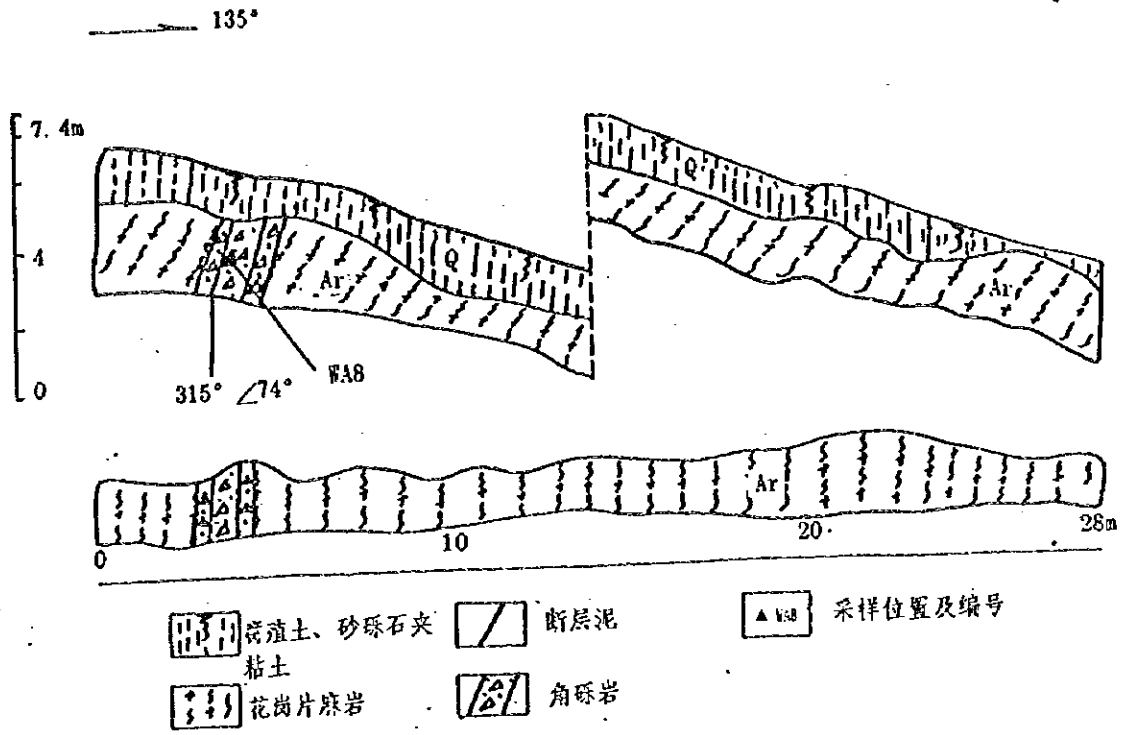


图3-28 F3断裂会全栈-兴隆屯间沟谷内 T13 探槽素描图

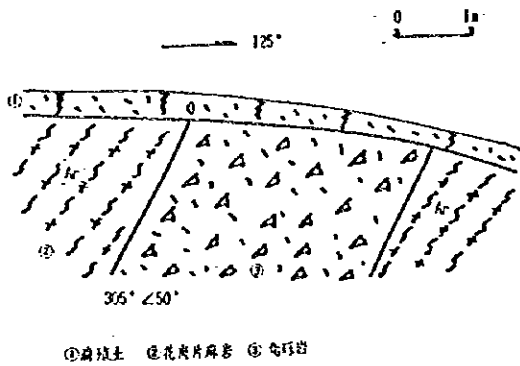


图2-29 F3断层大砵子沟口铁路东剖面

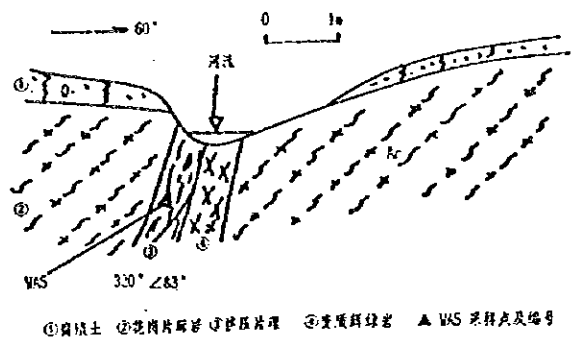


图3-30 F3断层大砵子沟内剖面

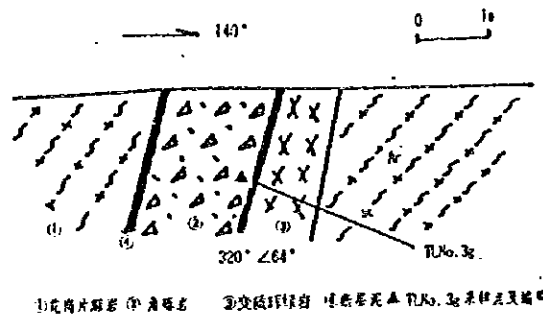


图3-31 F3断层大砵子沟顶剖面

沿NE方向经前兴隆屯向北延伸至会全栈养老院一带,全长6km,走向 40° - 50° ,倾向NW,倾角 50° - 80° ,该断裂在前兴隆屯附近与 F_1 交汇,断裂通过之处,地貌上显示为负地形。在大崴子沟、兴隆屯及会全栈等地开挖了6条剖面 and 布设了4条地质雷达测线,各观察点的情况归纳于表3-3。

表3-3 F_3 断裂各观测点地质特征一览表

剖面地点	产状		破碎带特征	围岩岩性	覆盖层特征	测年数值
	倾向	倾角				
兴隆屯东	310°	60°	宽约3m,有挤压片理、角砾岩发育	花岗片麻岩	腐殖土层,厚约0.5m,未被错动。	
兴隆屯南东	310°	55°	宽约10m,由糜棱岩、角砾岩组成,含有透镜体。	花岗片麻岩,	腐殖土层及砂砾石夹粘土层,厚约1.5-2m,未被错动。	
会全栈-兴隆屯沟谷	315°	74°	宽约1.5m,为角砾岩带,夹有断层泥。	花岗片麻岩	腐殖土层及砂砾石夹粘土层,厚约1m,未被错动。	破碎带16.4万年
大崴子沟口	305°	50°	宽约3m,为角砾岩带。	花岗片麻岩	腐殖土层,厚约30cm,未被错动。	
大崴子沟内	320°	83°	宽约1m,为挤压片理带,含有扁豆体,有变质辉绿岩脉顺断裂侵入。	花岗片麻岩	薄层腐殖土层覆盖,未被错动。	破碎带13.2万年
大崴子沟顶垭口	320°	64°	宽约2m,为角砾岩带,两侧夹有断层泥,有变质辉绿岩脉顺断裂侵入。	花岗片麻岩	无覆盖层	

从以上6个剖面的现象可归纳为, F_3 断裂从太古宇的斜长角闪片麻岩和花岗片麻岩中穿过,破碎带的宽度变化较大,一般宽1-3m,最宽可以达到10m左右,破碎带内有挤压片理、角砾岩和构造透镜体等,断层泥厚度不大,只有2-3cm,有的剖面上可以见到变质辉绿岩沿断裂贯入。断裂上有0.1-1.5m厚的覆盖层,未被错动,从断裂带破碎物质年龄测定结果来看,其热释光年龄为13.2-16.4万年, F_3 断裂属中更新世活动断裂。

3.4.4 F_4 断裂(图3-32、33、34、35、36、37、38):该断裂位于场址区北部,西起磨盘山村以西,经后兴隆屯、会全栈一直延伸到场址区以外,是近E-W向批州-三合屯断裂的组成部分。 F_4 断裂走向近E-W向,倾向不定,倾角 50° - 80° ,断裂在平面上断续分布,呈雁行式排列,断裂的每一个段落延伸都不长,只有1-2km,从地质雷达的探测结果看,各段的首尾之间不直接相连,一

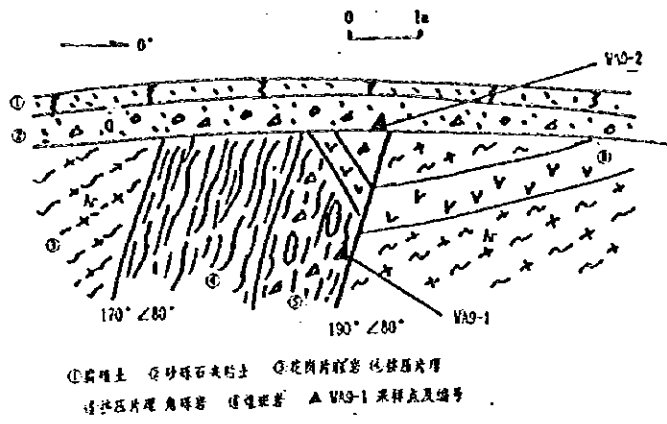


图3-32 F4 断裂磨盘山村西南剖面

般错开约200m。断裂距拦水坝约4.5km，在磨盘山村，后兴隆屯和会全栈等地开挖了7个剖面，布设了3条地质雷达测线，各观察剖面的地质现象见表3-4。

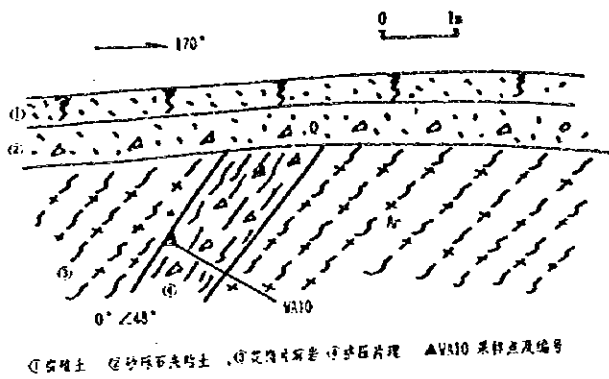


图3-33 F4断裂林场交叉路口剖面

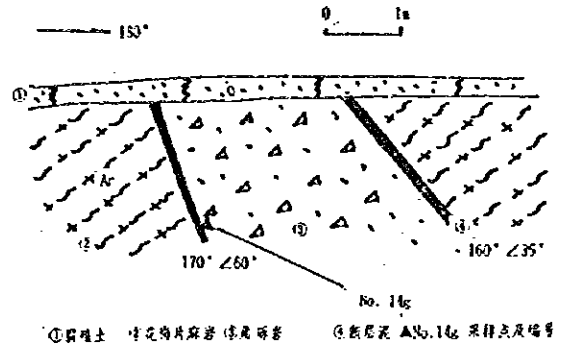


图3-34 F4断裂兴隆屯村委会北剖面

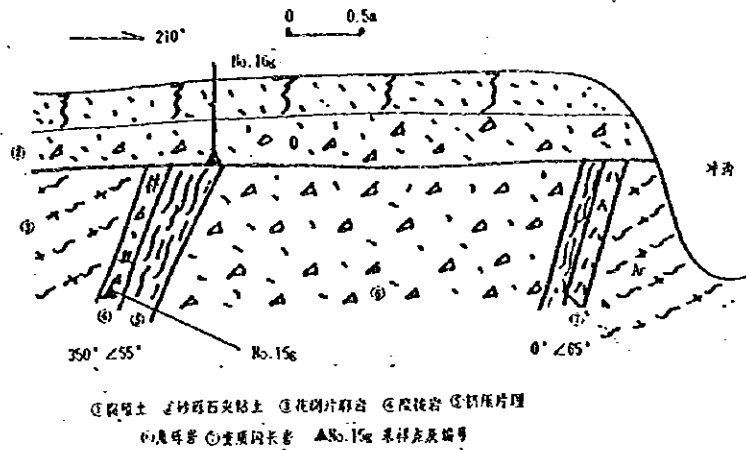


图3-35 F4断裂后兴隆屯北剖面

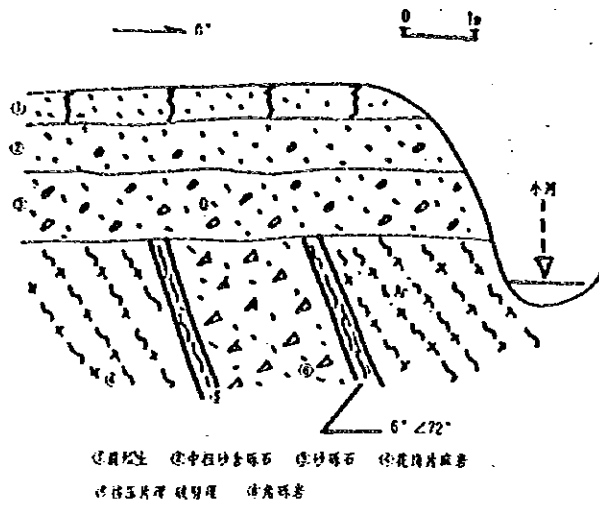


图3-36 F4断裂会全栈敬老院西剖面

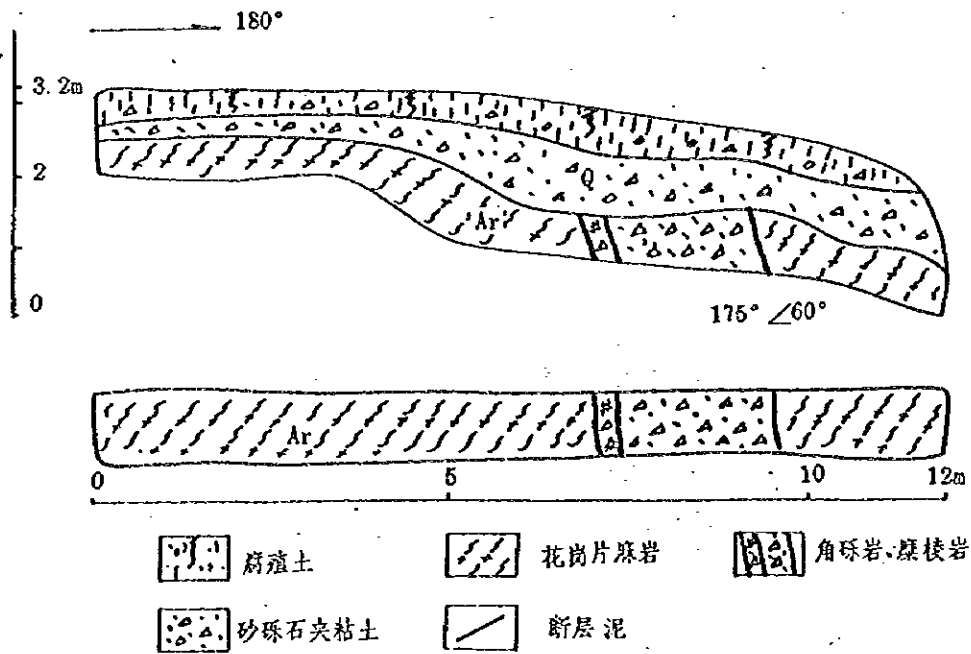


图3-37 F4断裂会全栈东T41探槽素描图

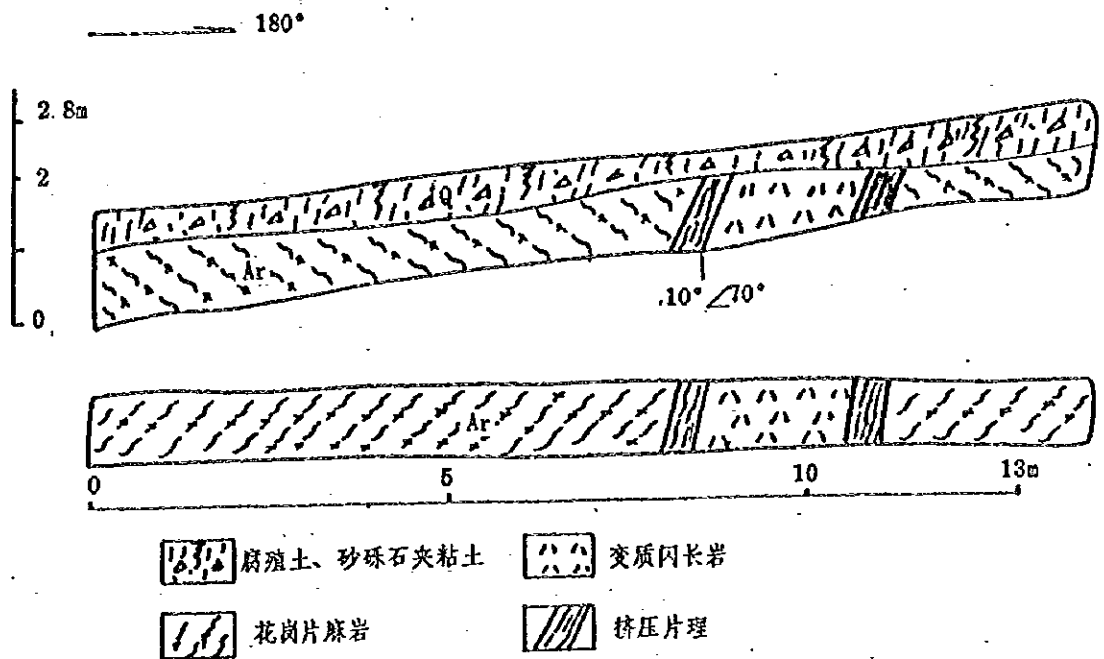


图3-38 F4断裂后兴隆屯东400mT42探槽素描图

表3-4 F₄断裂各观测点地质特征一览表

剖面地点	产 状		破碎带特征	围岩岩性	覆盖层特征	测年数值
	倾向	倾角				
磨盘山村西南	170° - 190°	80°	宽3-4m, 挤压片理、牵引褶皱发育, 煌斑岩脉被错断。	花岗片麻岩	腐殖土层及砂砾石夹粘土层, 厚约1m.	覆盖层 6.6万年
林场交叉路口	0°	48°	宽0.6-1m, 挤压片理、扁豆体发育。	花岗片麻岩	腐殖土层及砂砾石夹粘土层, 厚约1.5m.	破碎带 10.1万年
兴隆屯村委会北	170°	60°	宽2.5-3m, 为角砾岩带, 夹有断层泥。	花岗片麻岩	腐殖土层, 厚约0.5m.	破碎带 15.9万年
后兴隆屯北	0°	65°	宽3-4m, 糜棱岩带, 挤压片理发育, 夹有断层泥。	花岗片麻岩	腐殖土层及砂砾石夹粘土层, 厚约1m.	覆盖层 7万年 破碎带 30.3万年
会全栈敬老院西	6°	72°	宽约2m, 为挤压片理、角砾岩带。	花岗片麻岩	腐殖土层及砂砾石层, 厚约2-3m.	
会全栈东	175°	63°	宽约2-3m, 为糜棱岩、角砾岩带。	花岗片麻岩	腐殖土层及砂砾石夹粘土层, 厚约1.5-2m, 未被错动。	
后兴隆屯东	10°	70°	宽约3m, 为挤压片理带, 有变质闪长岩脉顺断裂充填。	花岗片麻岩	腐殖土层与砂砾石夹粘土层, 厚约0.5m, 未被错动。	

总的看来, F_4 断裂的规模不大, 破碎带一般宽1-3m, 个别剖面可以达到7m, 断裂带由挤压片理、角砾岩、糜棱岩和少量断层泥组成, 有的观察点可见到闪长岩脉顺断裂侵入或者煌斑岩脉被断裂切断的现象。断裂上有1-2m厚的残、坡覆盖积层, 但没有被错动的迹象。在断裂破碎带和盖层中分别取3个和2个热释光样品, 其中断裂破碎带的年龄为10.1-30.3万年, 盖层的年龄为6.6-7万年, 表明 F_4 断裂在中更新世有活动, 晚更新世以来没有活动。

3.4.5 F_5 断裂 (图3-39、40、41、42、43、44、45): 该断裂位于场址区的

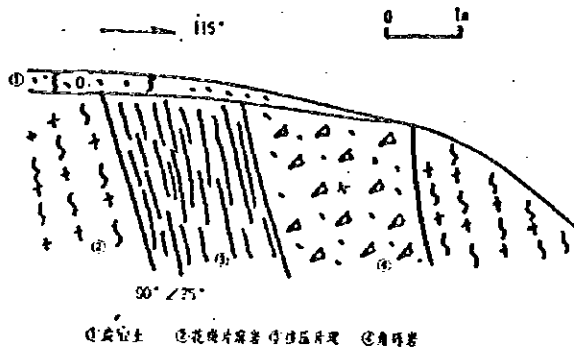


图3-39 F_5 断裂二段村西南剖面

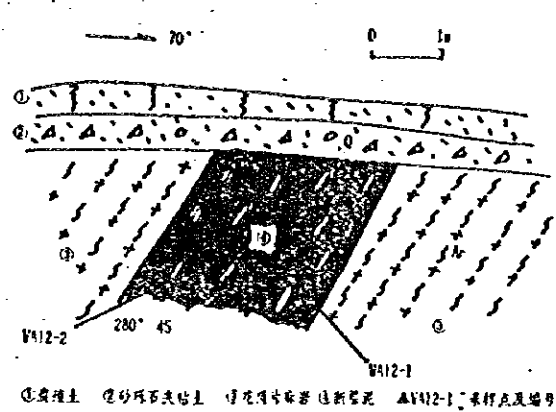


图3-40 F_5 断裂二段村西剖面

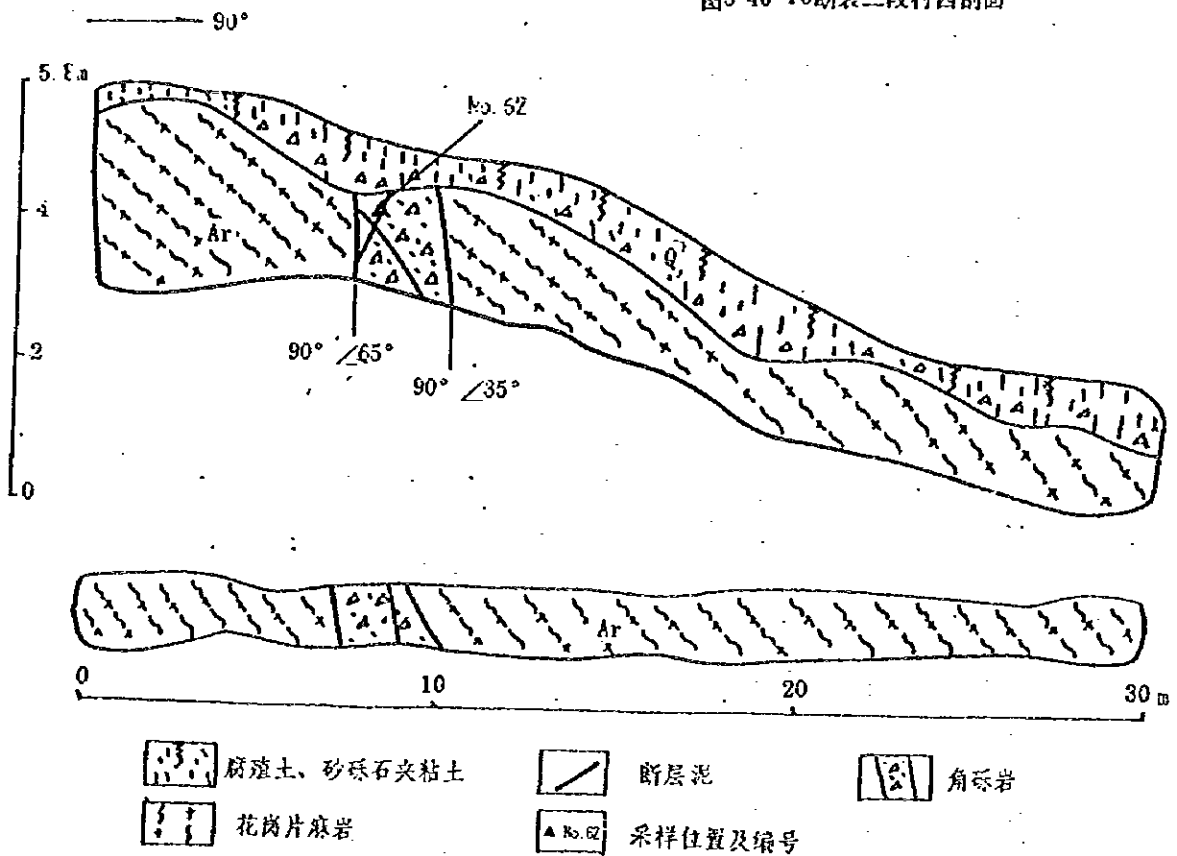


图3-41 F_5 断裂一段二段之间T11探槽素描图

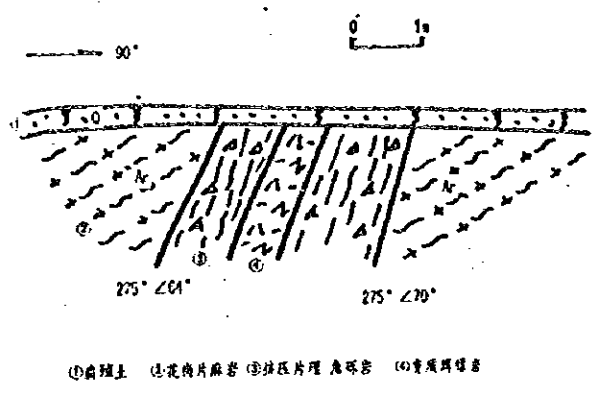


图3-42 F5 断裂一段村西剖面

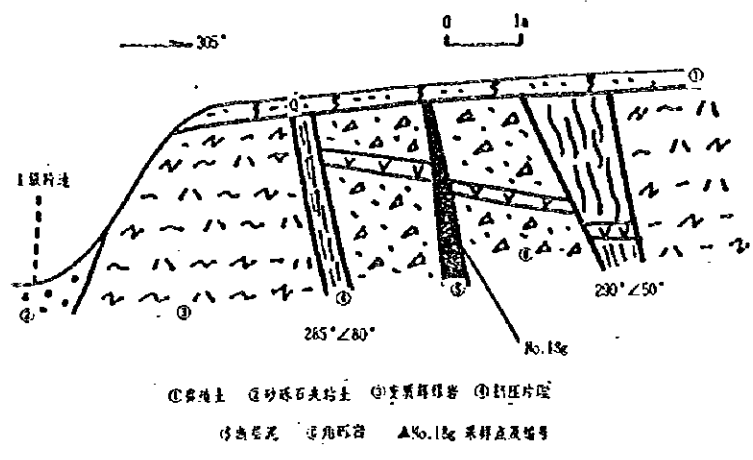


图3-43 F5断裂会全中学南西500m处剖面

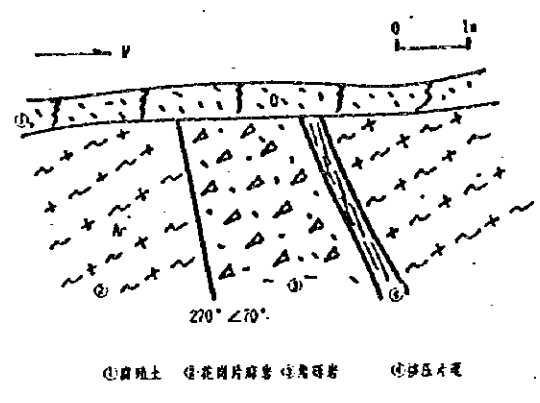


图3-44 F5断裂会全中学北剖面

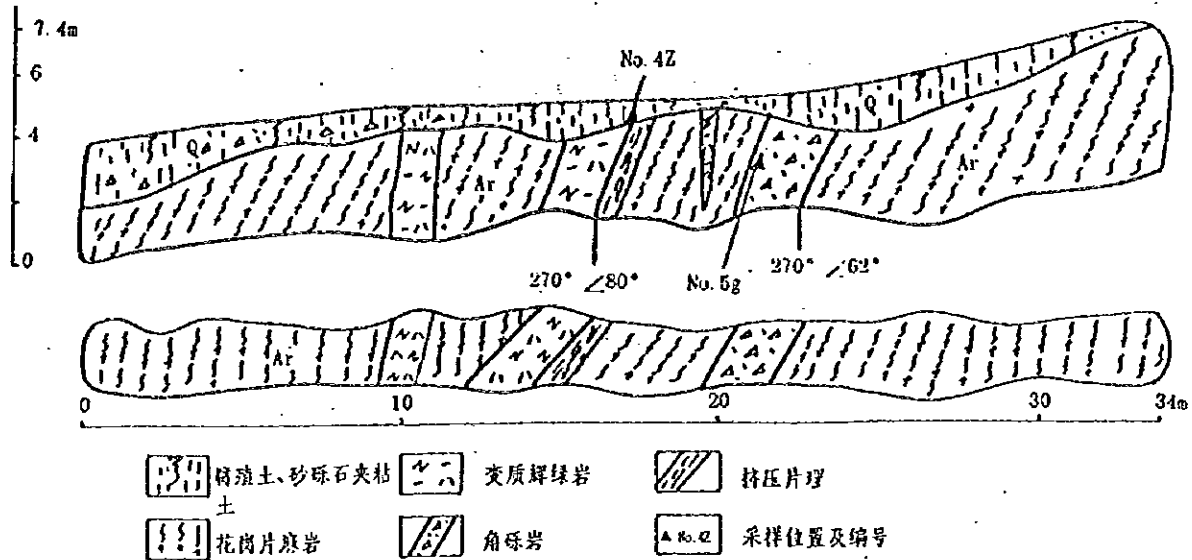


图3-45 F5断裂 会全沟六阴沟口T14探槽素描图

东部，沿会全栈、一段村、二段村通过，是会全栈-杨家店断裂的一部分。F5断裂在场址区内延伸长度约6km，走向近S-N，倾向不定，倾角45°-75°。断裂距拦水大坝约4km，延续性较好，基本上沿会全河河谷发育，在会全栈、一段村、二段村等地开挖了7个剖面 and 布置了2条地质雷达测线，各剖面现象的描述见表3-5。

表3-5 F₅断裂特征一览表

剖面地点	产状		破碎带特征	围岩岩性	覆盖层特征	测年数值
	倾向	倾角				
二段村西南	90°	75°	带宽约4m，为挤压片理、角砾岩带。	花岗片麻岩	覆盖层很薄，仅数厘米，为腐殖土层未被错动。	
二段村西	280°	45°	带宽约2-3m，为断层泥带，含有挤压扁豆体。	花岗片麻岩	腐殖土层及砂砾石夹粘土层，厚约1m，未被错动。	破碎带 93.3万年 98.6万年
二段村 - 一段村间	90°	65°	带宽约3m，为角砾岩，夹有断层泥条带。	花岗片麻岩	腐殖土层与砂砾石夹粘土层，厚约1m，未被错动。	覆盖层 7.8万年
一段村西	275°	64°	宽约2.5-3m，为挤压片理，角砾岩带，有变质辉绿岩脉顺断裂充填。	花岗片麻岩	腐殖土层，厚约30cm，未被错动。	

续表3-5

剖面地点	产 状		破碎带特征	围岩性	覆盖层特征	测年数值
	倾向	倾角				
会全中学 南西约 500m	285°	80°	带宽约4m, 为挤压片理、角砾岩带, 夹有断层泥。	花岗片麻岩	腐殖土层, 厚约30cm, 未被错动。	破碎带 154.3 万年
会全中学 北	270°	70°	宽约2-3m, 为挤压片理、角砾岩带。	花岗片麻岩	腐殖土层, 厚约0.5m, 未被错动。	
会全沟六 阴沟口	270°	62° 80°	带宽3-6m, 为挤压片理、角砾岩带, 有变质辉绿岩脉顺断裂切入。	花岗片麻岩	腐殖土层及砂砾夹粘土层, 厚约1-1.5m, 未被错动。	破碎带 15.4万 年

F_2 断裂的破碎带较宽, 可达3-5m, 由挤压片理、角砾岩和断层泥组成, 断层泥最厚可达2m以上, 破碎带内往往有辉绿岩脉充填。断裂擦痕清楚, 据断层面上擦痕分析, F_2 断裂具有右旋扭动性质, 断裂覆盖层较薄, 一般厚度0.5-1.0m, 未见有被断裂错切的现象。取样测定结果说明, 断裂破碎带的年龄为15.4-154.3万年, 覆盖层的年龄为7.8万年, 说明该断裂的最新活动发生在中更新世, 晚更新世以来没有活动。

场址区有5条不同方向, 不同性质的断裂发育, 但因运动的强度不大, 所以, 场址区断裂规模普遍较小。断裂生成时间较早, 虽然经历过多次活动, 但各条断裂最新活动时间均在中更新世, 晚更新世和全新世时期没有活动, 这些断裂对工程场址的安全没有影响。

3.5 场址区的地震活动

查阅历史资料, 场址区内未发生过破坏性地震, 从吉林省地震台网的观测结果来看, 自1972年至今, 场址区内共有 $M_L > 2.0$ 级的地震3次, 最大地震2.9级(表3-6), 这3个小震的震中很分散, 没有沿某个方向断裂呈带状分布的现象, 场址区不存在与地震有关的构造, 所以, 场址不存在发生破坏性地震的地质构造条件。

3.6 白山水库的地震活动对场址影响分析

表3-6 场址区地震目录

序号	发震时间	震级位置		震级	参考地点
	年月日	纬度	经度	M_L	
1	1974 10 26	42° 43'	127° 14'	2.9	白山镇
2	1975 3 29	42° 44'	127° 12'	2.3	白山镇
3	1986 10 9	42° 43'	127° 13'	2.1	白山镇

工程场址离白山水库只有3km,白山水库是一个特大型水库,库区内的地震活动是否是诱发地震?它对工程场址的安全是否有影响?这是在研究场址区稳定性时需要考虑的问题。

3.6.1 水库诱发地震危险性的评价原则和方法

水库诱发地震是指人类兴建水利、水电工程后由蓄水而产生的地震现象。它的发生不仅对库、坝区的安全构成威胁,而且对水库附近的工程也会产生影响。水库地震研究是近几十年来随水利、水电工程的兴建而发展起来的,目前,对于其危险性的预测尚无成熟的方法。以前有些学者提出过不少预测方法,如条件判别法、统计分析法等。但是,由于这些方法都不成熟,而未能在工程中得到实际应用。目前比较普遍的作法是,通过详细研究诱发地震震例,对其发震的相关条件、影响因素和发震机理等进行系统总结,提出一些带有规律性指标,对产生诱发地震的可能性作预测。尽管这个方法还只是定性的判别,但确实大大促进了诱发地震预测工作。

对水库诱发地震产生机理的研究表明,水库诱发地震是在一定的介质及环境条件下,主要由库水渗透产生的作用,使岩体中已有的不连续结构面(如断层、节理、裂隙等)的强度不断减弱,导致岩体中原有动力平衡条件破坏,造成突发性失稳而产生的。诱发地震的发生与诸多因素有关,如水库的规模、岩性及其组合方式、构造条件及其与水库的水力联系,甚至几何关系、库区渗透条件、地应力状况和区域地震活动背景等等。

从统计结果来看,水库诱发地震的发生概率与水库规模有着明显的正相关关系,尤其是较强的诱发地震均发生在高坝(坝高超过100m)和大库容(20亿 m^3 以上)的水库中,再从岩性条件来看,在我国已有的16个水库地震震例中,有12

个发生在碳酸盐岩发育区,说明可溶性的碳酸盐岩是诱发地震的有利岩性。不连续结构面如断层面、节理面、裂隙面等是分割岩层或岩体的软弱面,也是渗水和水力传递的连通条件,所以,需要详细查明,并了解它们的力学性质,它们与河谷的关系,与河流发育的关系等。活断裂与诱发地震的发生无必然联系,但与诱发地震的强度似乎有一定的关系。它们比由裂隙、节理等原因引起的诱发地震的强度要大。诱发地震的初始应力有多种,构造应力、岩体自重以及河谷岸坡局部应力等力源都可以作为发震的初始应力。一般来说,由构造应力诱发的地震强度往往较大。另外,正断层和走滑断层的应力状态有利于强诱发地震的发生。区域地震活动与诱发地震之间没有明显的联系,但是结合具体情况,可以为评价诱发地震的危险性提供参考依据。库区的地形、地貌与诱发地震活动有一定的联系,在库区形状复杂和峡谷地段容易产生诱发地震。

3.6.2. 库区地震地质条件

库区位于中朝地台的靖宇台拱上,为长期隆起区,该水库处在松花江上游,受NNE、近E-W向和NNW三个方向断裂的控制,库区在靖宇县三道沟至石龙崴子段受NE向头道松花江断裂的控制,在贾家楼一带,由于受E-W向断裂影响,河流变为近E-W向,向河流沿NNE向批洲-乔麦楞子断裂展布,在白山镇西则由NNE向转为NNW向,库区的折线状形态与区域断裂的变化是一致的。从航、卫片上的线性构造图象分析,NNE向断裂为张性,E-W向为压性,而NNW向断裂为扭性。库区出露的岩层较为简单,除了太古宇的古老变质岩系以外,还有侏罗系砂、页岩及煤系,第四纪玄武岩的分布也比较广泛。坝址区出露有斜长角闪片麻岩、花岗片麻岩、变粒岩,上覆有玄武岩。古老岩系中的节理和裂隙均不发育,玄武岩的垂直节理比较发育。白山水库区属中低山峡谷区,库区两侧山岭的海拔高度为500-600m,库区地下水以裂隙水为主,主要靠大气降水渗入补给。库区无明显的渗漏现象。

自吉林省地震台网建立以来,在白山水库及附近区共记录到 $M_L=2.1-3.0$ 级地震7次,其中,有2次发生在建坝以前,5次发生在建坝以后。由于水库区附近没有地震台,震中测定精度较差,即使是震中的测定精度达到I类,其误差也在5km左右,按现有台网给出的地震目录,真正发生在水库中的地震只有7次,

即1974年2月25日2.9级地震, 1975年3月29日2.3级地震, 1986年7月24日3.0级地震, 1986年8月10日2.9级、2.2级和2.7级地震以及1986年10月9日2.1级地震。

3.6.3. 水库诱发地震可能性讨论

白山水库大坝位于桦甸市白山镇西, 1982年11月16日蓄水, 水电机组开始正式运行。坝高149.5m, 库容68.12亿立方米, 水位高程413m, 属高坝、大库容的水库。该水库位于松花江上游, 地形复杂, 多处为峡谷段, 其中, 北东向断裂属于正断层性质。这些条件有利于诱发地震的产生。但是, 从没有可溶性岩层, 岩石节理、裂隙不发育, 渗透性差, 以及地震活动与水库蓄水关系不明显等几方面分析, 似乎白山水库又不具备发生水库地震的条件。位于库区附近的几个地震不象典型的水库地震。理由是: (1)白山水库附近的地震有2次发生在建库以前, 最大震级2.9级, 与建库后发生的最大地震相当, 蓄水前后地震活动水平没有明显变化, 在有诱发地震发生的水库区, 这种情况是不多见的。(2)一般有诱发地震的水库区在蓄水前没有地震或地震活动很微弱。蓄水后, 地震活动明显加剧, 并有较强地震发生或者有震群活动。(3)地震活动与蓄水有明显的相关关系, 一般在水库满库后滞后一段时间发震, 而白山水库区的地震活动与蓄水的关系并不密切。(4)库区不存在产生诱发地震的岩性条件。根据以上几点我们认为, 白山水库的地震不是水库诱发地震。退一步讲, 我们假定, 蓄水后的地震是诱发地震, 最大震级只有3.0级, 这样小的地震不会对库坝区的安全有影响。今后再发生地震, 能否超过3.0级呢, 我们认为, 这种可能性不大, 水库蓄水后, 使库区岩层发生了变形, 甚至产生岩石损伤和微破裂。在主破裂发生以后, 即主震发生之后, 尔后库水位升降的变化可以认为是一种循环加载, 按照凯塞尔(kaiser)原理, 要是后期加载不超过以前最大的荷载, 新的破裂是不可能产生的。今后即使有地震活动, 也不会超过第一次加载时产生的最大地震。所以, 今后库区是安全的, 另外, 由于库区没有晚更新世以来的活动断裂存在, 也不可能诱发强度较大的地震。

总之, 白山水库蓄水后, 没有明显的诱发地震活动, 已发生的地震对坝址未构成威胁。因此, 也不可能对工程场址产生影响。

3.7 其它潜在地质灾害危险性评估

3.7.1 泥石流灾害评估

场址所在地区属温带大陆性季风气候, 极端气温相差悬殊, 寒暑极端气温变化可达正负 30°C 以上, 悬殊的温差有利于岩石的物理风化。场址区雨量丰富, 年降水量 $800\sim 1100\text{mm}$, 降水主要集中在夏季7-8月份, 平均降水量达到 $350\sim 400\text{mm}$, 最大日降水量可达 100mm 以上, 丰富的降雨有利于岩石的水解和化学风化, 集中降水为泥石流的产生创造了条件。

场址位于侵蚀、剥蚀中、低山区, 山势陡峭, 山体坡度大, 一般在 25° 以上, 陡的山坡有利于碎屑物质的迁移、搬运。

场址区内深变质的花岗片麻岩、斜长角闪片麻岩以及变质辉绿岩、变质闪长岩等脉岩分布较广, 这些岩石在强烈物理、化学风化作用下容易风化破碎形成碎屑物质。另外, 在陡坡上有 $2\sim 4\text{m}$ 厚的坡、洪积层和人工耕作土层, 也会为泥石流的形成提供大量碎屑物质, 所以, 从地形、气候、碎屑物质来源等条件分析, 场地区有产生泥石流的前提条件。

在场址区上水池、拦水大坝附近沟谷未发生过泥石流灾害, 1995年夏季, 由于连续大雨, 在会全河沟谷一带有过轻微的稀性泥石流发生, 使部分公路路段冲坏, 河道淤塞, 坡面上少量的耕地被冲坏, 但未造成人员伤亡和财产损失。值得指出的是, 尽管场址区未发生过严重的泥石流, 但随着经济的发展, 人类生产活动的增加, 如果过度伐木和耕种, 不注重环境保护, 则容易诱发泥石流灾害。

3.7.2 崩塌灾害评估

场址区部分地段有玄武岩盖层, 从横切面上看, 坡度上陡下缓, 这样的地区是否有发生崩塌的可能呢? 为此, 我们针对一些典型地段作了实地调查(表3-7), 根据《岩石工程勘察规范》GB50021-94)中有关章节的规定, 崩塌的发生应具备以下条件:

- (1) 坡高大于 30m , 坡度大于 45° 坡的形状上陡下缓。
- (2) 为坚硬而且具有较大的抗剪强度和抗风化能力的岩石。
- (3) 岩石节理、裂隙发育。

(4) 其它条件, 如降水等。

表3-7 场址区崩塌情况调查

编号	调查地点	坡向	坡角	坡高 (m)	岩性及特点	能否崩塌
1	炸药库东300m	SSW	20°-27°	60	斜长角闪片麻岩、花岗片麻岩, 垂直节理不发育	不能
2	大崴子沟口	SSE	37°	100	同上	不能
3	大崴子沟口	NNW	32°	85	垂直节理不发育	不能
4	白山镇码头西	E	60°	上部30m	上部玄武岩, 垂直节理发育	轻微崩塌
5	白山镇码头东	W	60°	下部40m	下部片麻岩玄武岩, 垂直节理发育	

通过实地调查可以看出, 场址区具备崩塌发生条件的地方很少, 崩塌的危险只存在于松花江边玄武岩盖层发育区, 其中, 白山镇码头等地有发生轻微崩塌的可能。

3.7.3 滑坡灾害评估

场址区位于侵蚀、剥蚀中、低山区, 地形坡度较大, 据实地调查, 场址区内植被较好, 没有与坡向一致的断层面、节理面和破劈理面等易产生滑动的结构面, 所以产生滑坡的可能性较小。为了研究滑坡的危险性, 我们在拟建大坝的北部实测了一条边坡剖面(图3-46), 并按照《岩土工程勘察规范》(GB50021-94)

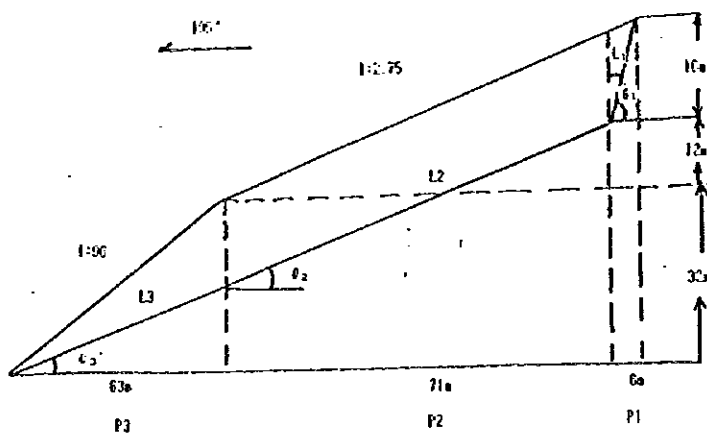


图3-46 炸药库东实测边坡纵剖面

的要求进行边坡稳定性计算。该边坡为表3-7中的1号边坡, 坡高为60m, 可以划为上、下两个坡段, 坡度分别为1:2.75和1:1.96, 坡高分别为28m和32m, 边坡岩性成份为斜长角闪片麻岩, 有两组节理发育,

沿坡向剖面上的产状如图3-46所示。根据边坡形态可以将实测边坡划分为三个岩体条块，分别定为P1、P2和P3，其中，P1、P2条块的表面坡度为1:2.75，P3条块的表面坡度为1:1.96。

计算公式采用《岩土工程勘察规范》(GB50021-94)中第4.2.5条规定的滑动面为折线时的计算公式：

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i \prod_{j=1}^{n-1} \psi_j) + R_n}{\sum_{i=1}^n (T_i \prod_{j=1}^{n-1} \psi_j) + T_n}$$

式中，

$$\psi_j = \cos(\theta_i - \theta_{i+1}) - \sin(\theta_i - \theta_{i+1}) \operatorname{tg} \varphi_{i+1}$$

$$R_i = N_i \operatorname{tg} \varphi_i + c_i L_i$$

F_s - 稳定系数；

Q_i - 第*i*块段滑体所受的重力(kN/m)；

R_i - 作用于第*i*块段的抗滑力(kN/m)；

N_i - 第*i*块段滑动面的法向分力(kN/m)；

φ_i - 第*i*块岩体的内摩擦角(°)；

c_i - 第*i*块段岩体的粘聚力(kpa)；

L_i - 第*i*块段滑动面长度(m)；

T_i - 作用于第*i*块滑动面上的滑动分力(kN/m)；

ψ_j - 第*i*块段的剩余下滑动力传递至*i+1*块段时的传递系数($j=i$)。

岩体条块滑动面的内摩擦角和粘聚力值依据岩性成分及其节理、裂隙发育状况的现场直剪试验值确定，对于场址区的斜长角闪片麻岩，取 $\varphi = 45^\circ$ ； $c = 220\text{Kpa}$ ，密度 $\rho = 2.6$ 。

经过上述公式运算，该实测边坡的稳定系数 $F_s = 3.28$ 。判别边坡是否稳定，稳定系数应符合下式要求：

$$F_s > F_{st}$$

式中， F_{st} 为滑坡稳定安全系数，根据研究程度及对工程的影响确定。

一般说来， F_{st} 宜取值1.05-1.25，这里我们取 $F_{st} = 1.25$ ，由于 $F_s (3.28) > F_{st} (1.25)$ ，所以，位于上水池、拦水大坝附近的该处边坡是稳定的，不会发生滑坡。

总的看来，场址位于古老地台的长期隆起区，断裂不十分发育，已发现的5条断裂均为中更新世断裂，晚更新世以来不活动；地震活动很微弱，只记录到3次2.0级左右的小震；与场址邻近的白山水库虽然有几次小地震，但不是水

库诱发地震，场址不可能受到水库诱发地震的影响，场址区的玄武岩均为死火山喷发的产物；场址区虽然降水较多，而且集中，地形高差大，具备发生泥石流的某些条件，但由于植被较好，实际上未发生泥石流灾害。今后，只要注意防范就不可能发生泥石流；抗滑计算表明，场址区的边坡稳定，不会发生滑坡，只是在临近水库和松花江的玄武岩出露区有可能发生轻微崩塌。综合上述，可以认为工程场地是稳定的，适宜建蓄能电站。

4 地震危险性分析

地震危险性分析包括潜在震源区划分，地震活动性参数的确定，地震动衰减关系确定和地震危险性概率分析等步骤。

4.1 潜在震源区划分

4.1.1. 潜在震源区划分原则

潜在震源区是指未来具有发生破坏性地震潜在可能的区域，划分潜在震源区所遵循的原则是“历史地震重演”和“构造类比”，地震重演是指，根据文献或仪器记录，认为过去曾发生过破坏性地震的地方今后有可能重复发生震级相近的地震；构造类比是指地质构造条件相似的地区，今后有可能发生震级相近的地震。潜在震源区一般采用二级划分方法，即先划分地震带，然后再从地震带内划分不同震级上限的潜在震源区。根据地震活动，地质构造条件，地球物理场特征，划出地震区和地震带对确定潜在震源有重要意义，它可以将地震活动特点明显不同的地区划分开来，例如，中朝地台与天山-兴安地槽的地震活动特点有明显的区别，于是，可以分出华北地震区和东北地震区，华北地震区的地震活动强烈，可分出若干个地震带，穿过本区的郯庐地震带是其中的一个；所以，本项研究以东北地震区和郯庐地震带北段为基础进行潜在震源区的划分，在划分不同震级档次的潜在震源区时，先要进行地震构造条件的研究，以便确定划分潜在震源区的标志。

4.1.2. 地震构造条件研究

总结地震构造条件的目的是为正确进行构造类比提供依据，由于东北地震区的地震活动水平很低，区域内只有5级左右的破坏性地震，通过分析，认为这些地震与下述构造条件有关。

4.1.2.1 隆起与拗陷的交界地带。区域上最明显的是张广才岭隆起与松辽盆地的交界带，该带以东为张广才岭隆起，西部为松辽拗陷盆地，地貌上表现为丘陵与平原的分界线，NE向的长春-四平断裂沿分界线展布，在该断裂上发生过5.2级地震。

4.1.2.2 断块内部的裂谷带：在吉林东部断块隆起区内有两个大的裂谷，即依兰-伊通裂谷和敦化-密山裂谷，新生代时期两个裂谷发生沉降，并伴随有强烈的火山活动，在两个裂谷带分别发生过5.0级地震和 $4\frac{3}{4}$ 级地震。

4.1.2.3 区域性断裂上的晚更新世活动段

鸭绿江断裂以中更新世活动为主，但在集安附近有晚更新活动的段落，断层的最新活动年代为7-10万年，历史上在集安附近发生过1次5.0级地震和10多次4级左右的地震。

华北地震构造区只有6.0级以上地震的构造标志才比较明显，地震构造一般与深部地球物理场变异带，活动性断裂交汇部位，隆起与拗陷的交接地带，大型地震网络的结点部位等条件有关。

4.1.3 潜在震源区划分

工程场址地震危险性的大小不仅与近场的潜在震源区有联系，而且还与远场高震级的潜在震源区有关。因此，下面侧重描述几个对场址地震危险性贡献较大的潜在震源区。(图4-1)

4.1.3.1 桦甸6.0级潜在震源区

这是离场址最近的潜在震源区，确定其存在的主要依据是：

(1) 该区构造复杂，北东向的敦化-密山断裂与北西向的第二松花江断裂以及其它的次级北西向断裂在此形成断裂交汇区。

(2) 在总体抬升的隆起带内形成了相对下陷的裂谷或拗陷，第四纪时期有明显活动，该区东北部有第四纪玄武岩喷溢，西南部有较厚的第四系沉积层分布。

(3) 处在东西向与北东向航磁异常带的交汇区，同时也是北东向与北西向重

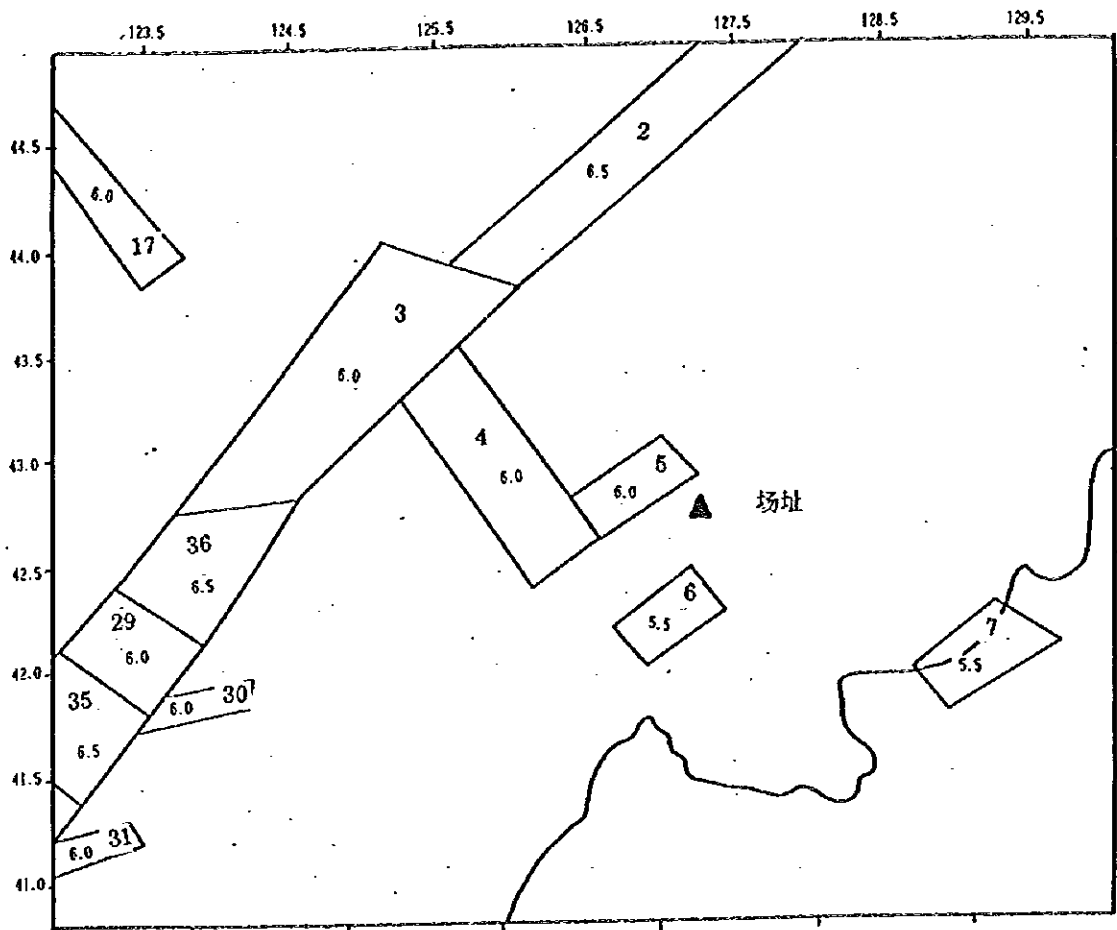


图4-1 潜在震源区划分图

力梯级带的交汇区。

(4) 沿敦化-密山断裂的桦甸-二道甸子段近期有小震活动, 1882年在桦甸附近发生过 $4\frac{3}{4}$ 级地震。综合考虑该区的地震构造条件, 震级上限确定为6.0级。

由于该潜在震源区离工程场址较近, 因此, 做了专门性的工作, 原方案将该潜在震源区的面积勾画得较大, 尤其在北东方向上延伸长度较远, 经详细调查后发现, 小震活动在桦甸-二道甸子一带较为集中活动段长度60km左右, 因此, 将原来潜在震源区的长度由183km减为104km, 正好与小震活动的长度相当。

4.1.3.2 烟筒山-磐石6.0级潜在震源区

确定该潜在震源区存在的重要依据是: 北西向长春-辉南微震活动带在该区通过, 近期在双阳附近发生过3.5级地震, 1990年在磐石又发生过3.7级地震,

该带上的最大地震达到3.9级。这个微震带可能表明深部有一条隐伏的北西向活动构造带存在。在双阳附近见到的北西向磐石-烟筒山断裂可能是这个构造带的组成部分，该区的地震活动频繁，因此，确定震级上限为6.0级。考虑到辉南地区有小震活动，认为当将原来的烟筒山-磐石潜在震源区向东南方向延伸约35km。

4.1.3.3 前郭7.0级潜在震源区

该区离工程场址较远，但因前郭的地震是离场址最近的6级以上地震，对场址有较大的影响，所以专门作讨论。

(1) 该区位于松辽拗陷盆地中部，是盆地中部北东向断裂和北西向第二松花江断裂的交汇区。

(2) 有北西向新的隆起在盆地内出现。表明北西向断裂可能有新的活动。

(3) 该区为正、负布格重力异常带的交替部位，也是重力、磁场、地热场等异常梯级带的变化部位。

(4) 1119年在前郭发生过 $6\frac{3}{4}$ 级地震，因此，将该区的震级上限确定为7.0级。

对其它未论及的潜在震源区，无论是属于东北地震区，还是在华北地震区，对场址的地震危险性贡献都不如上述几个潜在震源区大，所以，直接引用全国新的地震区划图的划分结果，这里不再赘述。

4.2 地震活动性参数的确定

4.2.1 原则和方法

地震活动性参数包括：起算震级 M_0 ，震级上限 M_{uz} ，震级-频度关系中的 b 值，地震活动的年平均发生率 ν ，空间分布函数 $f_{i,m}$ 等，为合理地确定地震活动性参数考虑了以下几个原则。

4.2.1.1 以扩大后的研究区为基本统计单元

区域内地震较少， $4\frac{3}{4}$ 级以上的地震仅有6次，有限的地震资料很难得到合理的地震活动性参数，于是将地震的研究范围向外围扩大到整个东北地区，

扩大后的统计区跨越了两个大的地震构造区，即华北地震构造区和东北地震构造区。由于扩大的统计区南部华北地震区的地震主要集中在郯庐地震带北段上，所以，本报告以东北地震构造区和郯庐带北段这两个单元来进行统计，由于统计区只是东北地震构造区的一部分，实际上，下面讨论的是郯庐带北段和统计区的地震活动性参数。

4.2.1.2. 其它原则

本报告在确定地震活动性参数时除重新划分了统计单元以外，同时也考虑了其它的原则，例如，为保持地震事件的独立性和随机性，消除了大地震的余震和震群活动的影响；以地震活动趋势来评价未来地震的活动水平；按震级区间来分配年平均发生率并用综合评定法确定空间分布函数。

4.2.2 地震活动性参数的确定及依据

4.2.2.1 震级上限 (M_{uz}): 是指震级-频度关系式中累积频度趋于零的震级极限值。对于位于东北地震区的统计区来说，历史上记录到的最大浅源地震为公元1119年的前郭 $6\frac{3}{4}$ 级地震，今后发生的最大地震可能只有7.0级，所以，统计区的震级上限确定为7.0级，郯庐地震带北段上发生的最大地震为1975年海城7.3级地震，据此推算，郯庐地震带北段的震级上限可以确定为7.5级。

4.2.2.2 起算震级 (M_0): 是指对工程场址有影响的最小震级，无论对那一个统计区，其起算震级均取4.0级。

4.2.2.3 b值: 在震级-频度关系中，b值代表某一地区某一时段内大小地震之间的比例关系。由于统计区地震资料不全，不可能得到可信的b值，为此，参照国家地震局地球物理研究所曾经使用过的方法^[11]，即用历史地震和近期仪器记录小震联合求b值的方法，据研究，东北地区的地震记录直到1920年以后5级以上地震才基本上未被遗漏，所以，选用统计区内1920-1991年5.0-6.5级地震，1970-1991年2.5-4.9级地震，按0.5级震级档归算成年发生频度，再用累积频度法求b值，其表达式为 $\lg v_i = a' - b' M_i$ ， v_i 为 M_i 震级以上的年平均发生率，这样求得的b值与常规方法所得b值是等价的，计算得到统计区的结果： $b = 0.74 \pm 0.02$ ， $a = 3.31 \pm 0.09$ 。考虑到场址处在区域处于统计区内，且构造及地震活动具有其相似性，故本报告b值采用0.74。郯庐地震带北段是

一条活动性很强的地震带，历史上发生的最大地震震级为1975年海城7.3级地震，该带是整个郟庐带的一部分。扩大后的研究区内其南部大部分潜在震源区均分布在郟庐带北段内，通过对该段的地震活动性研究，并利用该段1400年至1992年的地震资料经回归分析后得该段的震级频度关系式： $\text{Log}N=4.21-0.58M$ ，因此，本报告郟庐带北段的b值取0.58。

4.2.2.4 地震年平均发生率(ν)，是指统计区范围内每年等于或大于 M_0 的地震数，是地震危险性分析的重要参数之一，影响年平均发生率的主要因素是b值大小和所取资料的统计时段。根据参考文献[11]应用前面所确定的b值及统计时段，参照其结果确定4级以上地震年平均发生率为 $\nu=1.54$ 。郟庐地震带北段的 ν 值采用已有的研究成果，即 ν 值等于0.382，本底地震的 ν 值为0.000004。

4.2.2.5 空间分布函数(f_{imj})

本项研究采用按震级分档(m_j)的空间分布函数 f_{imj} 来分配地震年发生率，对于地震带或统计区内第i个潜在震源区， m_j 档震级的地震年平均发生率(ν_{imj})可以表示为：

$$\nu_{imj} = \begin{cases} \frac{2\nu_0^{-\beta(m_j - m_0) \text{sh}(\beta \Delta M/2)}}{1 - e^{-\beta(M_{uz} - M_0)}} \cdot f_{imj} & (M_0 < m_j < M_u) \\ 0 & \text{(其它情况)} \end{cases}$$

式中， ν 为地震带(区)的地震年平均发生率， M_{uz} 为地震带(区)的震级上限， M_u 为潜在震源区的震级上限； ΔM 为震级分档间隔， m_j 为分档间隔中心对应的震级值； $\beta = b \cdot \text{Ln}10$ ，b为地震带(区)累积频度关系式中的b值， $\text{sh}(\beta \Delta M/2)$ 为双曲正弦函数； f_{imj} 为空间分布函数。

在确定空间分布函数 f_{imj} 时，同样参照国家地震局地球物理研究所已有的研究成果，采用震级分档形式，本报告共分5.5级以下、5.6-5.9、6.0-6.4、6.5-6.9，大于7.0以上等5个档，对于6.0级以下档采用面积等权分配原则，对于6.0级以上的各震级档，在确定 f_{imj} 值时考虑了地震发生的随机性，潜在震源区的面积，地震与构造关系等多种因素，最后作综合评定。郟庐地震带上潜在震源区的空间分布函数采用我们已有的结果，主要潜在震源区的 f_{imj} 值见表4-1。

表4-1 主要潜在震源区空间分布函数

潜在震源区编号	M ₀	<5.5	5.6-6.0	6.1-6.5	6.6-7.0	7.1-7.5	名称
2	6.5	0.0330	0.0350	0.1250	-	-	舒兰-乌拉街
3	6.0	0.0100	0.1050	-	-	-	长春-岔路河
4	6.0	0.0510	0.0530	-	-	-	烟筒山-磐石
5	6.0	0.0140	0.0150	-	-	-	桦甸
6	5.5	0.0160	-	-	-	-	靖宇
7	5.5	0.0170	-	-	-	-	崇善
13	7.0	0.0260	0.0280	0.1110	1.0000	-	前郭
17	6.0	0.0260	0.0270	-	-	-	科佐中旗
21	7.5	0.0287	0.0287	0.0570	0.2260	1.0000	海城
30	6.0	0.0215	0.0215	-	-	-	抚顺
29	6.0	0.0558	0.0558	-	-	-	铁岭
35	6.5	0.1072	0.1072	0.1820	-	-	沈阳
36	6.5	0.0550	0.0570	0.0280	-	-	开原

4.3 地震动衰减关系

为了分析各潜在震源区对场址地震动的影响，必须建立适合于本地区的地震动衰减关系，由于研究区内地震较少，既缺少地震烈度资料，又没有强震观测记录，无法建立本地区的地震动衰减关系，于是本报告直接使用已有的研究成果。

4.3.1 烈度衰减关系

烈度衰减关系一般可以写成以下形式：

$$I = A + BM - C \ln(R+R_0) + \sigma$$

式中，I：地震烈度；M：地震震级；R：距离； σ ：方差；A、B、C为回归系数； R_0 ：设定常数。

工程场址位于中国东部地区，所以，地震烈度衰减关系直接使用全国地震区划编图所采用的中国东部地震烈度衰减公式：

$$\text{长轴：} I_a = 6.406 + 1.480M - 2.08 \ln(R+25) \quad \sigma = 0.49$$

$$I_b = 2.613 + 1.435M - 1.44 \ln(R+7) \quad \sigma = 0.56$$

上式适用的震级范围是4.0-8.0级，离震中的距离范围为5-368km，由于所选用的地震全部在中国东部地区，因此，上述关系式也完全适合于本区。

4.3.2 加速度衰减关系

基岩加速度峰值衰减关系是先借用美国西部的地震烈度和基岩峰值加速度衰减关系，通过华北地区的烈度衰减关系在一定假设条件下转换而得到的，在缺乏强震观测记录的地区，这是确定地震动衰减规律的有效方法，本报告选取了霍俊荣的地震动加速度峰值和反应谱衰减关系的研究结果(表4-2)，即华北地区的地震动峰值和反应谱的衰减关系，它考虑了地震动高频分量的近场饱和特性。其表达式为：

$$\ln(Y) = a_1 + a_2M + a_3 \log[R + a_4 \exp(a_5M)] + \sigma$$

式中，Y代表加速度峰值或反应谱值； a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 、 a_5 为回归系数，M为震级，R为距离， σ 为方差。

基岩峰值加速度及反应谱衰减关系系数见表4-2。

表4-2 基岩峰值加速度及反应谱衰减关系系数表

周期 (S)	长轴方向					短轴方向					σ
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	
0.00	2.494	1.964	-2.445	0.626	0.612	0.292	1.877	-2.036	0.183	0.703	0.626
0.04	2.685	1.950	-2.442	0.626	0.612	0.486	1.863	-2.024	0.185	0.703	0.604
0.05	3.286	1.890	-2.470	0.636	0.611	1.057	1.801	-2.046	0.186	0.702	0.600
0.10	3.709	1.854	-2.416	0.636	0.612	1.529	1.766	-2.001	0.186	0.703	0.667
0.16	3.970	1.803	-2.349	0.636	0.612	1.849	1.718	-1.945	0.186	0.703	0.669
0.20	3.247	1.890	-2.284	0.620	0.613	1.193	1.808	-1.893	0.181	0.704	0.686
0.26	3.104	1.987	-2.415	0.620	0.613	0.930	1.900	-2.002	0.181	0.704	0.667
0.30	2.491	2.047	-2.375	0.610	0.613	0.359	1.962	-1.970	0.178	0.704	0.720
0.34	1.591	2.146	-2.319	0.594	0.615	-0.484	2.063	-1.925	0.173	0.706	0.792
0.40	0.797	2.284	-2.367	0.584	0.615	-1.345	2.201	-1.966	0.170	0.706	0.831
0.50	0.272	2.326	-2.371	0.580	0.616	-0.844	2.243	-1.970	0.169	0.707	0.840
0.70	-0.751	2.402	-2.309	0.564	0.616	-2.802	2.321	-1.920	0.164	0.708	0.896
1.00	-2.116	2.703	-2.512	0.557	0.616	-4.345	2.616	-2.090	0.162	0.708	0.961
1.50	-3.009	2.719	-2.437	0.547	0.617	-5.167	2.034	-2.029	0.159	0.709	0.999
2.00	-3.115	2.508	-2.221	0.544	0.617	-5.080	2.432	-1.849	0.158	0.709	0.922
3.00	-3.099	2.176	-1.874	0.538	0.618	-4.755	2.111	-1.561	0.156	0.710	0.855
4.00	-3.716	2.164	-1.809	0.531	0.619	-5.312	2.102	-1.507	0.154	0.711	0.874
5.00	-4.506	2.619	-1.714	0.514	0.620	-2.012	2.111	-1.430	0.149	0.712	0.920

4.4 地震危险性概率分析及地震动参数确定

4.4.1 分析方法简介

设有N个统计区对场址的地震危险性有贡献，相应于第n个统计区的场点地震动年超越概率为 P_n ，则场址总的地震动年超越概率为

$$P = 1 - \prod_n (1 - P_n) \dots \dots (1)$$

地震的时间过程符合分段的泊松过程，t年内地震年平均发生率为 ν_t ，则

$$P_{kt} = \frac{(\nu_t \cdot t)^k}{k!} \exp\{-\nu_t \cdot t\} \dots \dots (2)$$

式中 P_{kt} 为统计区内未来t年内发生k次地震的概率，统计区内大、小地震的比例服从震级-频度关系，相应的震级概率密度分布函数为：

$$F_m(m) = \frac{\beta \exp(-\beta(m - m_0))}{1 - \exp(-\beta(m_u - m_0))} \dots \dots (3)$$

式中 β 为统计区b值2.3倍， M_u 为震级上限。

在每个潜在震源区内，地震活动水平和强度的分布是相对均匀的，潜在震源区内的地震分布函数是一个与震级有关的常数，记作 f_{imj} ，它作为震级的条件概率可以反映统计区内地震强度空间分布的非均匀性，对指定震级档的 f_{imj} 在整个统计区内是归一化的，即：

$$\sum_{i=1}^n f_{imj} = 1 \dots \dots (4)$$

n为统计区内能够发生 $m_j \pm \Delta M/2$ 级地震的潜在震源区总数，根据分段的泊松分布模型和全概率定理，统计区内所发生的地震在场址所产生的地震动值(A)超过给定值(a)的概率为：

$$P(A > a) = 1 - \exp\left\{-\nu \sum_{L=1}^n \prod_{j=1}^m \frac{1}{S_j} P(m_j) f_{imj}\right. \\ \left. P(A > a) \mid E) f_L(\theta) dx dy d\theta \right\} \dots \dots (5)$$

式中， $P(m_j)$ 为统计区内地震落在震级档 $m_j \pm \Delta M/2$ 内的概率：

$$P(m_j) = \frac{2}{\beta} fM(m_j) \operatorname{sh}\left(\frac{1}{2} \beta \Delta M\right) \dots \dots (6)$$

由以上两式可得：

$$P(A > a) = 1 - \exp\left\{-\frac{2\nu}{\beta} \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^m \frac{1}{S_i} fM(m_j) \operatorname{sh}\left(\frac{1}{2} \beta \Delta M\right)\right. \\ \left. \cdot f_{imj} f_i(\theta) P(A > a \mid E) dx dy d\theta \right\} \dots \dots (7)$$

上式为计算整个统计区内发生的地震在场址产生地震动的年超越概率公式。

式中 $P(A>a | E)$ 为第 i 个潜在震源区内所发生的某一特定事件(震级为 $m \pm 1/2 \cdot dm$, 及椭圆长轴走向均确定)时场址地震动超越 a 的概率。 $f_i(\theta)$ 为第 i 个潜在震源区椭圆长轴走向的取向概率。

关于危险性分析中的不确定性校正, 通常考虑衰减关系的不确定性, 其校正方法可用下式表示:

$$P'_i(A>a) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-3\sigma}^{3\sigma} P_i(A>a) e^{-z^2/2} f(z) dz$$

其中 P' 为校正后的概率值, σ 为衰减公式中的方差, Z 是均值为0的对数正态分布随机变量。

4.4.2. 地震危险性分析结果

根据工程场址所在的地震环境和衰减关系, 由地震危险性分析概率方法所得的地震基本烈度、基岩峰值加速度和基岩加速度反应谱曲线分别见图4-2、图4-3、图4-4和表4-3。

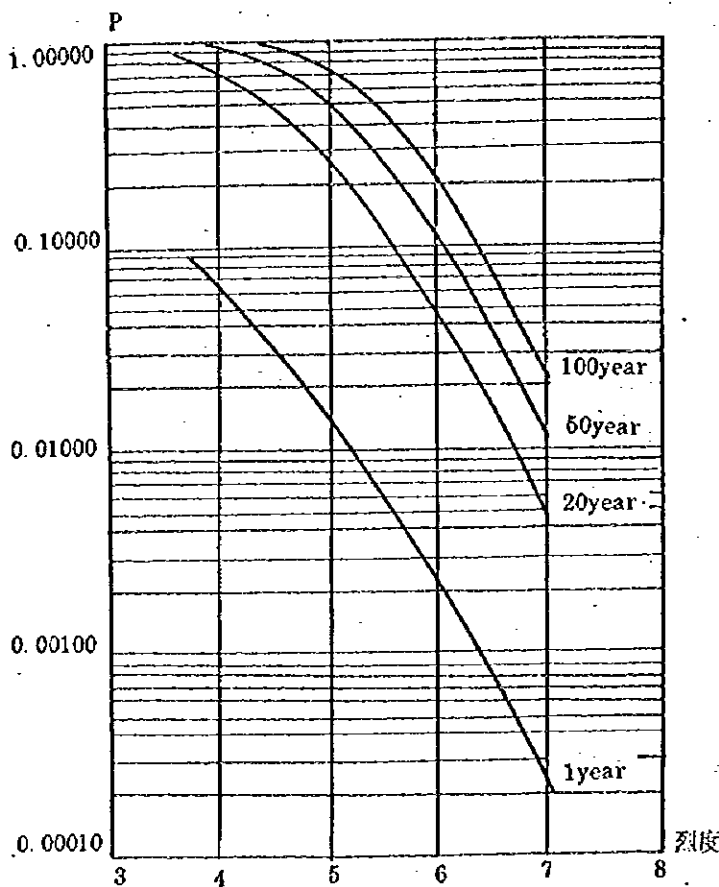


图4-2 场址不同年限烈度超越概率曲线

取本次计算得到的三种超越概率水平的烈度整值分别是V度、VI度和VII。50年超越概率为10%风险水平所对应的地震烈度称地震基本烈度。所以, 场址

在确认场址地震基本烈度之前, 先对该地区地震危险性评定的历史作简要回顾, 由于红石蓄能电站场址离白山水电站不远。所以, 将对白山水电站的评定意见认为是红石蓄能电站场址地区的地震烈度。

(1)1974年7月国家地震局沈阳地震大队在对白山水电站进行地震基本烈度复核时, 确定白山水电站地区的地震基本烈度不足VI度。

(2) 1976年在辽宁地震局编绘的1/200万东北地区地震烈度区划图上, 标示白山地区的地震基本烈度为小于VI度, 1977年全国地震烈度区划图(1/400万)所标示的烈度与上图相同。

(3)1990年全国地震烈度区划图(1/400万)上所标示的白山地区的地震基本烈度在VI与V度之间。

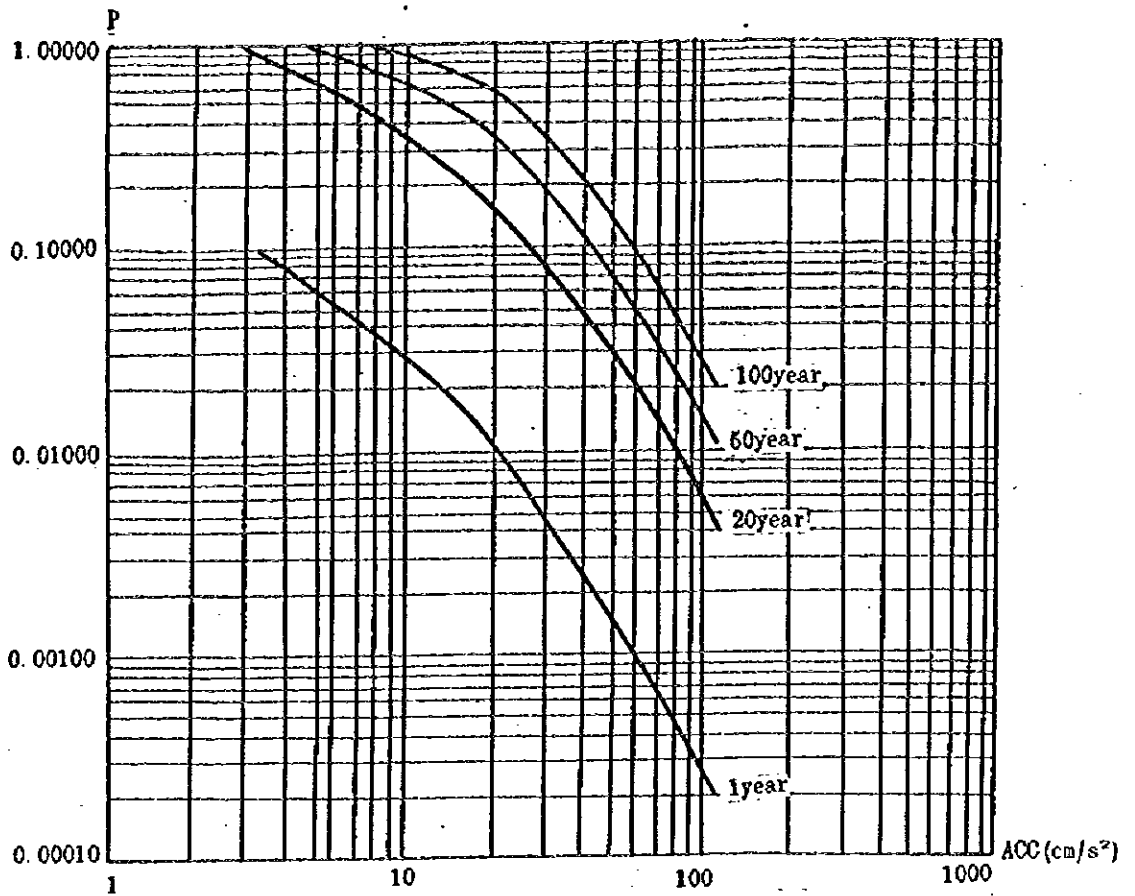


图4-3 场址不同年限加速度超越概率曲线

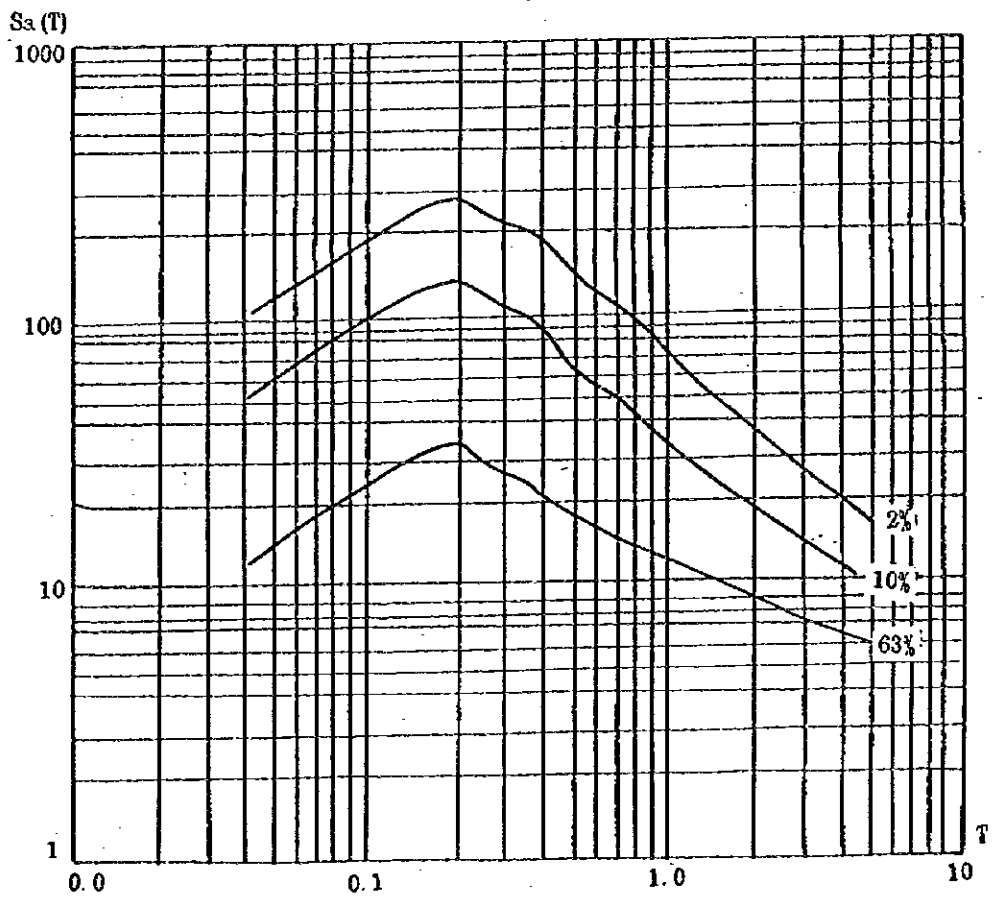


图4-4 场址不同超越概率曲线基岩反应谱

表4-3 地震危险性分析结果

周期 (S)	50年超越概率		
	63%	10%	2%
0.04	15.31	50.67	101.18
0.05	17.85	58.61	116.74
0.10	29.72	98.24	196.62
0.20	41.93	132.71	267.63
0.26	33.40	112.09	229.70
0.34	30.30	98.10	206.56
0.40	24.95	82.75	183.48
0.50	18.21	59.85	130.96
0.70	14.58	47.87	104.32
1.00	11.38	29.18	70.00
1.5	10.03	19.73	46.24
2.0	8.85	15.10	25.84
3.0	7.67	10.97	16.34
4.0	6.91	10.34	16.98
5.0	6.41	11.61	14.24

的地震基本烈度为VI度。50年超越概率为10%的风险水平是当前国际普遍采用的一般建筑物的抗震设计标准。下面，就如何给出合理的基岩加速度值作如下说明，为了实现“大震不倒，中震可修，小震不坏”的目标，目前采用一个时期3个不同的超越概率，如50年超越概率为63%、10%和(2-3)%的地震动值作为3个水准的地震动参数，这样的规定适用于一般情况。对于特定地区，则需要专门作考虑，如果第一水准值过低，小震设计则难以保证中震可修，而第三水准值过高，就会超出人们所能接受的范围。因此，文献13谈到：“在某些情况下，不是固定风险水平(63%、10%和3%)来取得3个水准值，而是第二水准值的基础上通过一定的关系转换得到第一和第三水准值，也许会得到较为合理的结果，胡聿贤院士(1993)曾指出，为了通过小震设计保证中震可修的目的，似应考虑取50年63%的超越概率所对应的加速度和中震加速度的C倍(C为结构系数)，两值之中取较大者作为小震的设计加速度，也就是当50年63%的超越概率所对应的加速度值过低时，取中震加速度的C倍为小震

的设计加速度。在红石蓄能电站地震危险性分析计算中，50年63%超越概率水平的加速度值与中震加速度C倍值接近，为此，我们仍取实际计算结果。所以，工程场址50年三个不同概率下的基岩加速度峰值分别为 13.87cm/s²、42.76cm/s²和84.47cm/s²。以上结果可作为红石蓄能电站场址人造地震波合成时的输入参数。

4.4.3. 场地设计地震动参数

红石蓄能电站场址为基岩场地，其地震动设计反应谱取为：

$$S_a(T) = A_{max} \beta(T)$$

其中，设计地震动加速度放大系数反应谱选用以下形式：

$$\beta(T) = \begin{cases} 1 & T < 0.04 \text{秒} \\ 1 + (\beta_m - 1) \frac{(T - 0.04)}{(T_1 - 0.04)} & 0.04 \text{秒} < T < T_1 \\ \beta_m & T_1 < T < T_2 \\ \beta_m (T_g/T)^\alpha & T_g < T < 5 \text{秒} \end{cases}$$

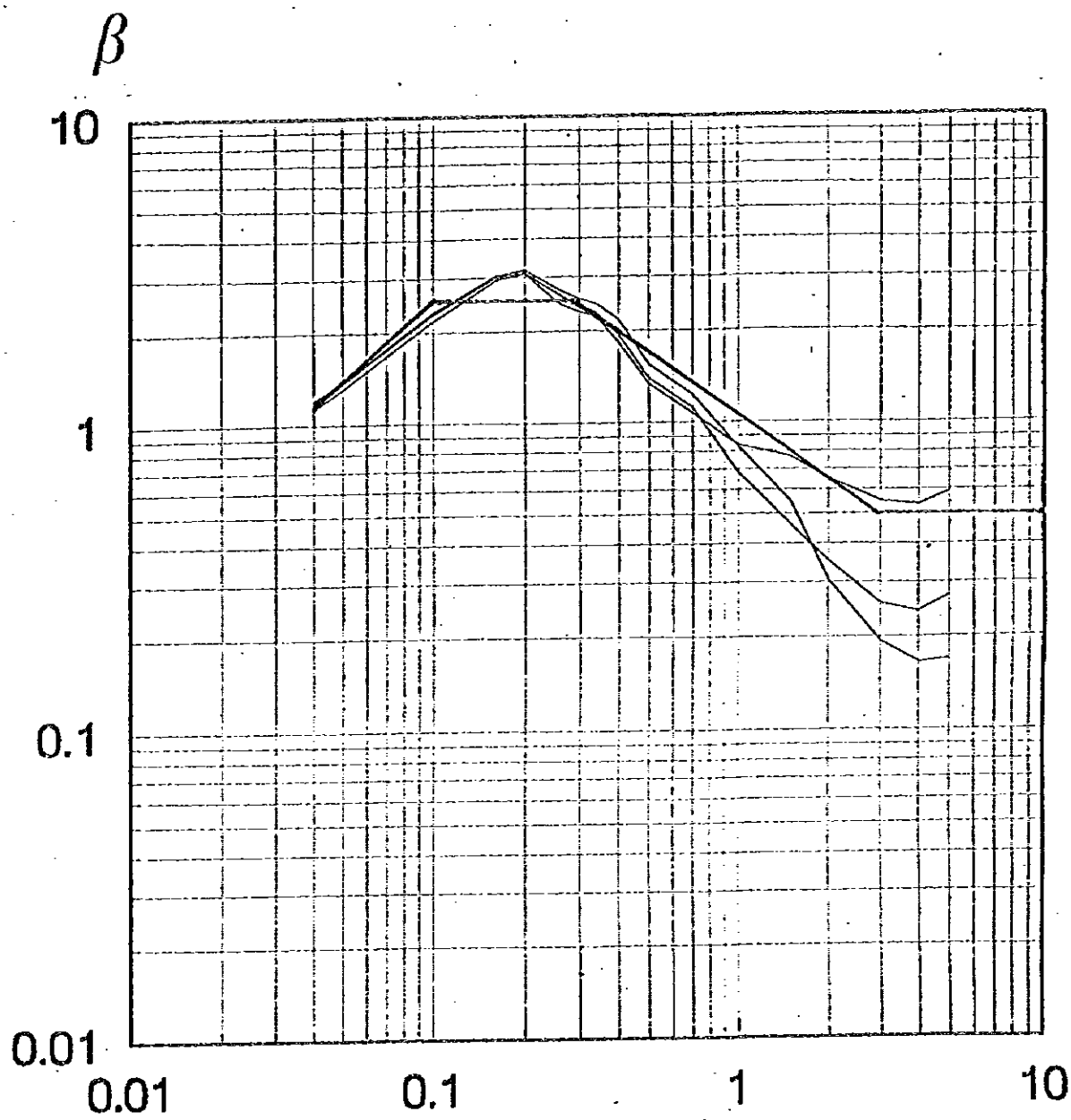


图4-5 场址基岩计算谱与拟合标准谱

采用以上公式，按50年超越概率63%、10%及2 %三种水平分别计算基岩地表加速度放大系数反应谱，利用平均拟合技术进行拟合，得到相应的拟合值，即基岩场地表面地震动加速度放大系数反应谱(5%阻尼比)值，如图4-5的粗实线所示，所得加速度峰值及反应谱特征值见表4-4。

表4-4 设计加速度峰值及反应谱参数值

超越概率		T_1 (秒)	T_2 (秒)	β_m	α	A_{max} (cm/s^2)
50年	63%	0.10	0.30	2.5	1.0	13.87
	10%	0.10	0.30	2.5	1.0	42.76
	2%	0.10	0.30	2.5	1.0	84.47

为了便于工程设计应用，本次工作不仅给出了场地相关计算谱，而且给出了归一化后的场地相关谱形及其相应的场地设计地震动参数。在报告中分别给出了50年超越概率为63%、10%及2%水平下的设计地震动参数值，这些参数是基于与场址相关的特定地震环境及场地条件所得到的结果，可直接服务于工程设计。

结 论

根据合同书和标书所规定的内容，我们针对吉林红石蓄能电站区域稳定性评价开展了野外调查和室内综合研究，得到了以下几点结论：

(1)地质构造上，区域处在中朝地台和天山-兴安地槽的交接部位，中生代以后，两个大的地质构造单元共同进入了陆缘活动期，新构造运动以大面积间歇性升降运动为主，差异升降幅度不大。从地球物理场和深部构造资料看，重、磁场变化平稳。区域的大部分在张广才岭上地幔凹陷内，地壳处于平稳状态。区域有18条规模较大，延伸长度大于50km的断裂，地质调查及年代测定结果表明，这些断裂形成时期较早，第四纪时期有的断裂复活，但活动时间主要在晚更新世以前。区域内虽然火山活动很普遍，但以晚更新世以前的喷发为主。区域内地震活动微弱，有记载以来，未发生6.0级以上的浅源地震， $4\frac{3}{4}$ 级以上的破坏性地震只有6次，最大震级5.2级。总之，从地质构造，地球物理场及深部构造，新构造、火山和地震等资料来看，尤其是从地震资料分析，可以认为

区域的稳定性较好。

(2)近区域位于中朝地台所属的4级构造单元-龙岗断块内， 这里的地壳结构比较均一， 基底已固结， 为长期隆起区。新构造运动表现为整体性的上升， 无明显的差异运动。近区域在地球物理场和深部构造上所反映的特点是：布格重力图和航磁图上显示出变化平缓的异常区， 深部构造表现为坡度平缓的土地慢斜坡带。近区域有多组断裂发育， 长度一般在10km左右， 第四纪的断裂活动都是由老断裂的复活产生， 从地层学及年代测定资料来看， 在27条断裂中有25条中更新世断裂， 早更新世断裂和前第四纪断裂各一条。近区域内的火山活动主要发生在第三纪或者晚更新世早期以前， 所产生的玄武岩流及其它火山堆积均属死火山产物， 对场址不可能构成灾害。近区域内无4 $\frac{3}{4}$ 级以上的破坏性地震， 仪器记录到的地震只有18次， 最大震级3.0级。总之， 从近区域的地质、地貌、新构造、地球物理场及深部构造、火山和地震等方面的资料来看， 近区域为稳定区。

(3)场址位于长期隆起区， 古老的变质岩基底广泛出露， 新构造运动以间歇性上升为主， 差异性升降运动不明显。在场址区发现5条规模不大的断裂， 经用地层学和年代学方法鉴定， 均为中更新世断裂， 晚更新世以来没有活动。场址区地震活动微弱， 仅有3次2.0级地震， 与场址毗邻的白山水库是一座高坝、大库容水库， 在库区附近发生的几次地震均不是水库诱发地震， 场址不可能受到诱发地震的影响。场址区的玄武岩不是全新世时期喷发的， 而是死火山喷发的产物， 场址区的地形复杂， 坡度较大， 有一定的碎屑物质来源和集中降水， 具备发生轻微泥石流的条件， 但由于植被较好， 历史上未发生过泥石流灾害。场址区边坡坡向与断层面、节理面、岩层面的倾向相反， 因而， 不具备发生滑坡的危险， 在松花江边， 玄武岩垂直节理发育的个别地段， 例如， 白山镇码头， 有发生轻微崩塌的可能。总的看来， 场址区也是稳定的。

(4)地震危险性概率分析结果表明， 工程场址50年10%超越概率水平的地震烈度（即地震基本烈度）为VI度。地表基岩峰值加速度值及场地地震相关反应谱值见下表。

设计水平		T ₁ (秒)	T ₂ (秒)	β_m	α	A_{max} (cm/s ²)
50年	63%	0.10	0.30	2.5	1.0	13.87
	10%	0.10	0.30	2.5	1.0	42.76
	2%	0.10	0.30	2.5	1.0	84.47

总之， 吉林红石蓄能电站所在的区域， 近区域和场址区都是稳定的， 适宜建电站。