

日本国 国際協力事業団 (J I C A)

紅石抽水蓄能電站可行性研究階段

工 程 地 質 勘 察

報 告 書

電力工業部 東北勘測設計研究院
水利部

1997 年 1 月

紅石抽水蓄能電站可行性研究階段工程地質勘察 成果目錄

1. 資料清單
2. 工程地質勘察報告
3. 彈性波探測報告
4. 鉆孔彈模試驗報告
5. 鉆孔壓水試驗成果一覽表
6. 岩石各項性能試驗報告
7. 岩石物理力學性質試驗成果匯總表(30-ED15-1-12)
8. 骨材~~成~~活性試驗成果表(30-ED15-1-13)
9. X線衍射報告
10. 水質分析試驗報告
11. 水質分析成果匯總表(30-ED15-1-14)
12. 付屬資料
 - 12.1 鉆孔柱狀圖
 - 12.2 壓水試驗記錄冊
 - 12.3 鉆孔彈模試驗報告原始資料
 - 12.4 岩石物理力學性質試驗記錄
 - 12.5 水質分析原始記錄·水樣送樣單
13. 別冊資料
 - 13.1 1/1000工程地質調查記錄力一下
 - 13.2 1/5000工程地質調查記錄力一下
 - 13.3 1/1000·1/5000工程地質調查岩石標本照片
 - 13.4 槽探展示圖
 - 13.5 節理裂隙調查圖
 - 13.6 探槽裂隙測量記錄表
14. 別冊寫真帳
 - 14.1 鉆探工程和物探照片
 - 14.2 1/1000·1/5000工程地質測繪照片

红石抽水蓄能电站可行性研究阶段

资 料 清 单

电力工业部
水力部 东北勘测设计研究院

一九九七年一月十五日

目 录

一、成果资料

- 1、红石抽水蓄能电站可行性研究阶段工程地质勘察报告 (5份)
- 2、红石抽水蓄能电站调查位置图 1/50000 (1张)
- 3、红石抽水蓄能电站地质图 1/5000 (1张2幅)
- 4、红石抽水蓄能电站工程地质图(之一、之二)1/1000 (2张)
- 5、红石抽水蓄能电站实际材料图(之一、之二)1/1000 (2张)
- 6、坝址A - A' 工程地质剖面图 (1张)
- 7、坝址B - B' 工程地质剖面图 (1张)
- 8、左岸鞍部C - C' 工程地质剖面图 (1张)
- 9、引水隧洞D1 - D1' 工程地质剖面图 (1张)
- 10、厂房一出口D2 - D2' (D3) - D3
工程地质剖面图 (1张)
- 11、石料场G1 - G1' 工程地质剖面图 (1张)
- 12、石料场G2 - G2' 工程地质剖面图 (1张)
- 13、压水试验成果一览表 (1册)
- 14、岩石物理力学性质试验成果汇总表 (1张)
- 15、骨料碱活性试验成果表 (1张)
- 16、水质分析成果汇总表 (1张)
- 17、钻孔弹模试验报告 (1册)
- 18、红石抽水蓄能电站1/1000 1/5000工程地质测绘照片 (1册)
- 19、红石抽水蓄能电站钻探工程和物探照片 (1册)
- 20、X光衍射报告 (1册)
- 21、红石抽水蓄能电站弹性波探测报告 (1份)
- 22、坝址A - A' 震探地质剖面图 (1张)

- | | |
|---------------------------------------|------|
| 23、坝址B - B' 震探地质剖面图 | (1张) |
| 24、左岸鞍部C - C' 震探地质剖面图 | (1张) |
| 25、坝址E - E' 震探地质剖面图 | (1张) |
| 26、坝址F - F' 震探地质剖面图 | (1张) |
| 27、引水洞线D1 - D1' 震探地质剖面图 | (1张) |
| 28、引水洞线D2 - D2' (D3) - D3'
震探地质剖面图 | (1张) |
| 29、石料场G1 - G1' 震探地质剖面图 | (1张) |
| 30、石料场G2 - G2' 震探地质剖面图 | (1张) |
| 31、红石抽水蓄能电站坝址物探平面图 | (1张) |
| 32、红石抽水蓄能电站厂洞区物探平面图 | (1张) |

业主代表: 梅长信 承包方代表: 王剑平

二、原始资料

1. 红石抽水蓄能电站1/5000工程地质校核调查卡
地质点35点、泉7点 (2册48页)
2. 红石抽水蓄能电站1/1000工程地质调查卡397点 (14册494页)
3. 节理裂隙调查图 (1册4张)
4. 槽探节理调查表 (1册10张)
5. 槽探展示图 (1册7张)
6. 钻孔柱状图 (2册12张)
7. 压水试验记录 (4册76页)
8. 红石抽水蓄能电站1/1000、1/5000工程地质测绘和
试验照片底片 (1册)
9. 红石抽水蓄能电站钻探工程和物探照片底片 (1册)
10. 岩石物理力学性质试验记录 (2册, 64页)
11. 水质分析报告 水质分析原始记录 水样送样单 (1册13页)
12. 岩石各项性能试验报告 (1册29页)
13. 红石抽水蓄能电站震探记录 (2册330页)
14. 钻孔弹模试验原始资料 (1册20页)
- ~~15. 红石抽水蓄能弹性探测成果图 (11张)~~
16. 红石抽水蓄能震探时距曲线剖面图 (9张)

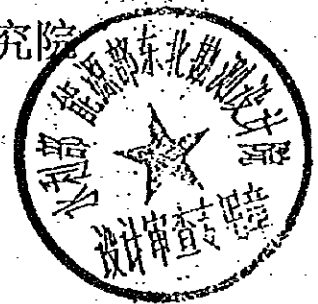
业主代表: 梅在信 辅

承包方代表: 王作平

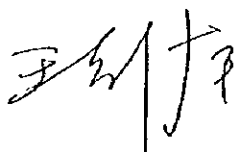
红石抽水蓄能电站可行性研究阶段 工程地质勘察报告

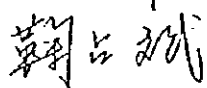
电力工业部 东北勘测设计研究院
水利部

一九九六年十二月

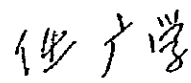


批准: 

核定: 

审查: 

校核: 

编写: 

目 录

前 言

1. 区域地质概况
 - 1.1 地形地貌
 - 1.2 地层岩性
 - 1.3 地质构造、区域稳定性和地震
 - 1.4 水文地质条件
2. 上池库、坝区工程地质条件
 - 2.1 水库工程地质条件
 - 2.2 坝址工程条件
3. 引水隧洞、调压井及厂房工程地质条件
 - 3.1 引水隧洞区工程地质条件
 - 3.2 调压井及厂房工程地质条件
4. 天然建筑材料
5. 工程地质结论及下步工作意见

附图目录

图 号	名 称
30—ED ₁₅ —1—1	红石抽水蓄能电站调查位置图
30—ED ₁₅ —1—2	红石抽水蓄能电站地质图
30—ED ₁₅ —1—3	红石抽水蓄能电站工程地质图
30—ED ₁₅ —1—4	红石抽水蓄能电站实际材料图
30—ED ₁₅ —1—5	左岸鞍部 C—C' 工程地质剖面图
30—ED ₁₅ —1—6	坝址 A—A' 工程地质剖面图
30—ED ₁₅ —1—7	坝址 B—B' 工程地质剖面图
30—ED ₁₅ —1—8	引水隧洞 D ₁ —D ₁ ' 工程地质剖面图
30—ED ₁₅ —1—9	厂房—出口 D ₂ —D ₂ '(D ₃)—D ₃ ' 工程地质剖面图
30—ED ₁₅ —1—10	石料场 G ₁ —G ₁ ' 工程地质剖面图
30—ED ₁₅ —1—11	石料场 G ₂ —G ₂ ' 工程地质剖面图
30—ED ₁₅ —1—12	岩石试验成果汇总表
30—ED ₁₅ —1—13	骨料碱活性试验成果汇总表
30—ED ₁₅ —1—14	水质分析成果汇总表

前 言

红石抽水蓄能电站位于吉林省桦甸市白山镇附近。1992年9月,水利部、电力工业部东北勘测设计研究院受东北电管局委托,在红石库区河段进行了站址的普查工作,1993年3月提交了普查报告,报告中推荐了兴隆屯等4个站址。

1996年6月,日本JICA调查团会同东北电管局、东北勘测设计研究院等单位进行现场调查,选定了炸药库站址,并委托东北勘测设计研究院工程勘察总公司承担工程可行性研究阶段的地质勘察工作。

红石抽水蓄能电站炸药库站址位于白山水电站下游的右岸,是以已建的红石水库为下池,下池进出口距白山坝约2km。上池位于炸药库沟上源,距白山镇约2km。水工建筑物由大坝、引水隧洞、地下厂房等组成。其主要技术指标见表0-1。

本次工作参考了吉林省地质局1972年出版的1:20万桦树林子幅区域地质报告和1991年出版的1:5万白山镇—会全栈幅区域地质报告以及白山水电站和红石水电站的有关资料。

1996年9月初,东北勘测设计研究院工程勘察总公司派地勘队进入工地,9月7日第一台机组开钻,10月23日全部结束可行性研究阶段的地勘外业工作,25日撤离工地,比合同书规定的时间提前1个月完成全部外业。本阶段完成的主要地勘工作量见表0-2。

1. 区域地质概况

1.1 地形地貌

工作区地处长白山脉及张广才岭交接地带。境内山峦重迭,高峰入云,河川发育,各地区高差一般为500—1000m,属中山中深切割地区。

区内多为森林区,植被完好,林木茂密,冲沟切割较深,在工作区附近较大的冲沟有大崴子沟、二昆士沟、炸药库沟等。

第二松花江自南向北蜿蜒曲折,流贯全区。河谷多呈不对称的“U”形谷,沿江两岸或支流不对称地分布有河漫滩、浅滩、冲积扇和两级阶地。两级侵蚀堆积阶地高出所在河面分别为 12—18m, 20—40m。

炸药库站址主要技术指标

表 0-1

部 位	项 目	单 位	指 标
上 池 坝	坝 型		混凝土面板堆石坝
	最大坝高	m	70
	坝顶高程	m	580
	坝 长	m	450
	坝体体积	m ³	2×10 ⁸
上 池 水 库	流域面积	km ²	1.3
	设计蓄水位	m	575
	死水位	m	540
	利用水深	m	35
	总库容	m ³	9×10 ⁶
	有效库容	m ³	8.3×10 ⁶
厂 房	落 差	m	260
	最大抽水流量	m ³ /s	463
	最大发电量	MW	1000
隧 洞	引水隧洞	m	7.0×1190×2(条)
	压力管道	m	7.0—2.3×630×2—4(条)
	尾水隧洞	m	5.0—7.0×780×2—4(条)
	调压井		2个(调压井和尾水调压井)
下 池	设计蓄水位	m	290
	死水位	m	289

主要工作量一览表

表 0-2

工作项目	单位	数量	备注
1:5000 工程地质图编制	km ²	28	校核地质测绘点 35 个
1:1000 工程地质测绘	km ²	1.15	岩石薄片鉴定 10 块、坑槽 509m ³
弹性波探测(折射法)1	m	2100	受震点间距 5m
弹性波探测(折射法)2	m	4415	受震点间距 10m
钻 探	m/孔数	753.8/12	
压水试验	段	68	试段长 5m、7 个压力阶段
孔内变形试验	点	3	BN ₀ 9 孔内
室内岩石试验	件	21	含石料场露头样 1 件
碱活性试验	件	9	含石料场露头样 1 件
x 线衍射分析	个	2	石料场、GN ₀ 1 孔各 1 个
水质分析	组	4	含河水样 1 组
地质点联测	点	430	
长期观测孔安装、观测	孔	7	
实测剖面	m	2000	

1.2 地层岩性

区内出露地层主要有太古界鞍山群杨家店组下段(Ary¹)、后期侵入的中基性岩脉及新生界地层。由老至新描述如下:

1.2.1 太古界鞍山群杨家店组下段(Ary¹)

根据 1:5 万区测资料,岩性为花岗质片麻岩,根据形成先后、分布状况、岩性的结构、构造、颜色以及所含包体、岩脉等特征,可分为二套五种类型花岗质片麻岩。第一套为会全栈片麻岩及白山镇片麻岩,主要分布在白山镇、兴隆屯、会全栈一带,形成时间 2800—2900Ma。第二套为富家沟片麻岩、古家沟片麻岩及东北岔片麻岩,主要分布在站址外围东西两侧,在白山镇向阳坡也有少量东北岔片麻岩,形成时间为 2570—2575Ma。

区内五种花岗质片麻岩按其形成先后顺序从老到新,其岩石特征见表

1-1。

花岗质片麻岩石特征

表 1-1

填图单元	原岩特征	矿物组合及含量(%)						矿物 粒度 (mm)	构造	暗色 指数
		钾长石	斜长石	石英	黑云母	角闪石	透辉石			
会全栈片麻岩	英云闪长岩	5-8	40-50	20-30	5-10	5-15	0-5	2-3	片麻一条带状	15-30
白山镇片麻岩	英云闪长岩 奥长花岗岩	5-10	40-50	25-35	15±			2-5	片麻一条带状	10-15
富家沟片麻岩	奥长花岗岩	5-10	50-60	25-35	<5			2-3	弱片麻一块状	<5
古家沟片麻岩	角闪花岗岩 花岗闪长岩 石英闪长岩	10-60	5-15	15-25		5-15		2-4	弱片麻一块状	5-10
东北岔片麻岩	斜长花岗岩	40-60	5-15	25-35	5-10			3±	弱片麻一块状	5-10

从上表可以看出五种花岗质片麻岩的矿物成分是有差别的,工作区内以白山镇片麻岩为主,仅见少量会全栈片麻岩和东北岔片麻岩,富家沟片麻岩、古家沟片麻岩在工作区内未出露。这三种片麻岩无明显界线,故站址附近的白山镇片麻岩、会全栈片麻岩及少量东北岔片麻岩统称为花岗质片麻岩。

1.2.2 新生界地层

新生界地层主要分布在第二松花江及支流的个别地段。

(一) 更新统

(1) 晚更新统(Q₃)

以玄武岩喷发为主,晚期伴同喷发作用在个别低洼地段见有粘土及硅藻土沉积。

本期玄武岩均沿第二松花江分布于白水滩、白山、红石砬子及桦树林子一带,故称为“松花江玄武岩”。在 1:5 万区测资料中为南坪玄武岩,呈大小不等的块体,玄武岩底部高程一般为 400~450m,控制厚度 113m,在地表露头可见玄武岩具有多次喷发特征,最多见到五层,每层的相带特征非

常明显,底部均为致密块状玄武岩,顶部均为气孔状玄武岩,主要岩石类型有致密块状玄武岩、气孔拉斑玄武岩及气孔状橄辉拉斑玄武岩。在玄武岩底部,局部可见厚度不等的砂砾石层。

(二) 全新统(Q₄)

主要分布在第二松花江两岸及其支流沟谷内,多为河漫滩、河床中的砂砾石及冲积、洪积物组成,部分地区可见有沼泽相砂、粘土、淤泥和泥炭,Ⅰ级阶地只发育在第二松花江及其支流局部地带,主要为厚度不等的砂及砾石组成。

1.2.3 岩脉

(一) 太古界岩脉

太古界岩脉由于受后期的多次变质作用,均发生程度不同的变质,其主要类形如下:

(1) 变质辉绿岩脉($\beta\mu_1^1$)

变余辉绿结构,部分见有片麻状构造,主要矿物为角闪石(由辉石蜕变角闪石)、石英、斜长石,岩石受构造影响,微裂隙发育,充填方解石、石英等矿物,岩石都很破碎,在上池左侧库岸鞍部和上池坝址右岸等处出露。

(2) 变质闪长岩脉(δ_1^1):

粒状变晶结构,块状构造。主要矿物为斜长石、角闪石,个别见少量辉石、黑云母,岩石微裂隙发育,常有方解石、绿帘石等充填,岩石受构造影响很破碎。在下池进出口和大崴子沟等处出露。

(二) 中生界岩脉

主要受断裂控制,方向各异,有花岗伟晶岩脉和闪长岩脉等,分布在站址外围,对工程无影响。

1.3 地质构造、区域稳定性和地震

1.3.1 地质构造

在地质构造上本区位于二级构造单元—辽东台隆的北端。或者说,处在三级单元铁岭—靖宇台拱的中段偏东,这是一条近东西向延伸,向北突出的带状弧形隆起。相当阴山东西向复杂构造带的东延部分,在漫长的地

质历史中,它长期隆起遭受剥蚀。回反后的屡次构造运动,又不断地促使着本区抬升。

(一) 深大断裂带

据 1:20 万的区域地质资料,区内有深大断裂带二条:富尔河断裂带和辉发河断裂带。详见图 1-1。

(1) 富尔河断裂带

隶属于中朝准地台北缘超岩石圈断裂的一部分:柳树河子——大蒲柴河段,由北向南包括富尔河断裂、清茶馆——白水滩断裂及夹皮沟——老牛沟断裂,三条断裂宽达 30 余公里,长达 90 余公里,其中以富尔河断裂为主。

富尔河断裂主体由两条平行的冲断层组成,整个断裂宽达 2~5km。断裂走向 $N40^{\circ}\sim 60^{\circ}W$,倾向 NE,倾角 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。断裂北东侧为晚古生界地层,南西侧为中元古界色洛河群。清茶馆——白水滩断裂,主体由 2~4 条相平行的逆断层组成,断裂走向 $N40^{\circ}\sim 50^{\circ}W$,倾向 NE,倾角 $30^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。中生代地层受该断裂后期活动影响形成褶皱、断裂,断裂北东侧色洛河群地层普遍具有片理化、糜棱岩化、混合岩化现象。第四系大椅子山玄武岩沿断裂喷溢。夹皮沟——老牛沟断裂,在板庙子一带转为东西向,被辉发河断裂所截,断裂带宽 2~15km。元古代花岗质片麻岩平行断裂带展布,并在岩体中有数十米宽的糜棱岩带。该组断层带距站址 20~50km。

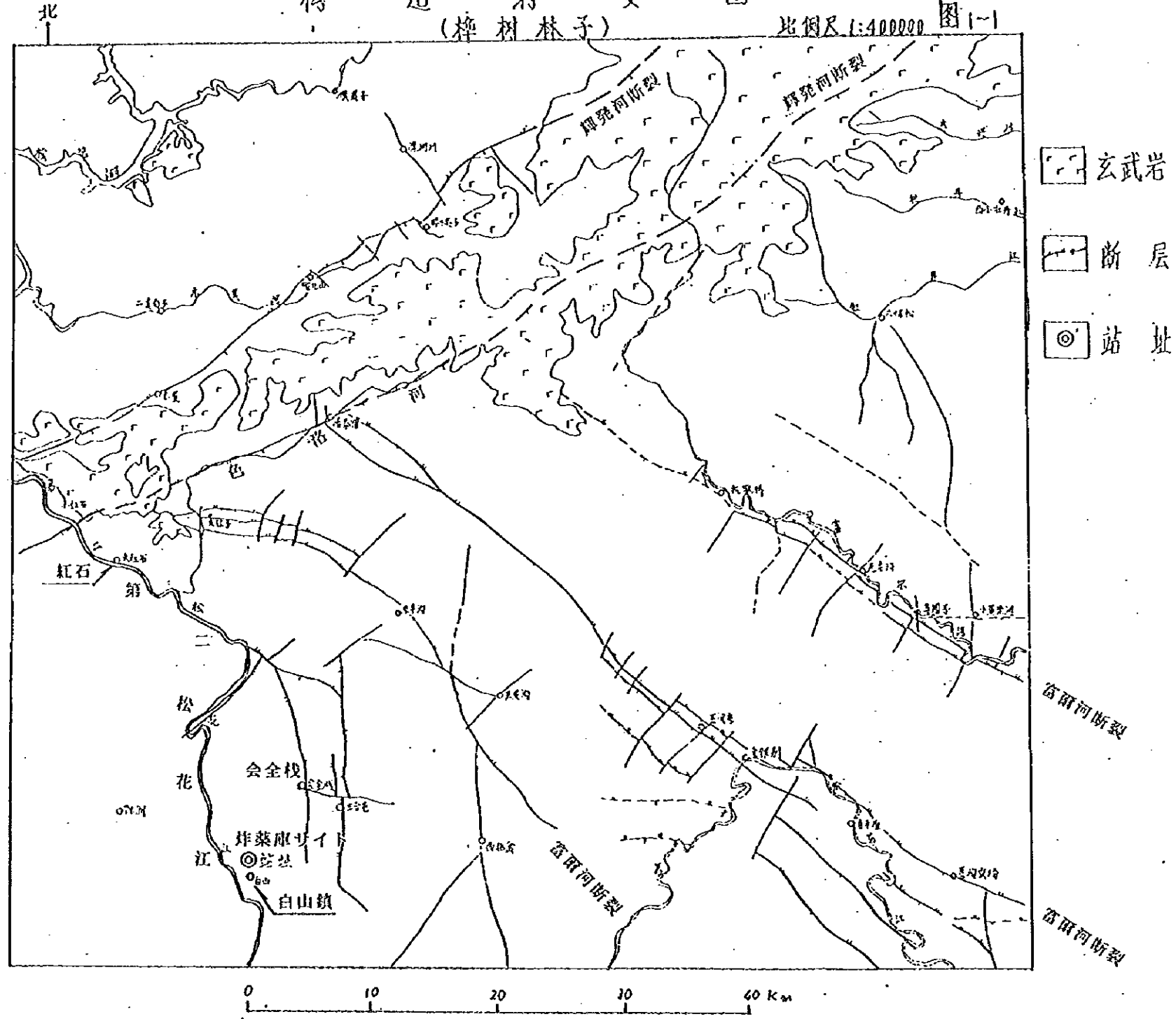
(2) 辉发河断裂 活断石

隶属于敦化—密山断裂,总体走向 $N50^{\circ}E$,全长 900km。2 条主要断裂,基本特征是:

- ① 由两条相互平行的逆断层帽儿山断裂及色洛河断裂构成,并相向对冲,倾角 $30^{\circ}\sim 80^{\circ}$;
- ② 延伸远,规模较大,切穿地壳深及上地幔,长期多次活动;
- ③ 沿断裂带两侧平行主断裂的次级相同性质的断层发育,并伴生线性的挤压片理、片麻理构造;
- ④ 中、新生代的沉积作用和岩浆侵入—喷发活动受该断裂控制;

构造纲要图
(桦树林子)

比例尺 1:400000 图 1-1



- ☐ 玄武岩
- ☐ 断层
- ◎ 站址

⑤ 断层两侧的牵引构造发育。

该断裂带南距站址约 40km。

(二) 断裂带

根据 1:5 万区域地质资料分析,可将区内的断裂的产生时间从老到新划分为东西向、北西向、南北向、北东向及北北东向五个构造带。站址附近(详见图 1-2)构造特征如下:

(1) 东西向构造带

东西向构造带为区内最早的构造带,由于受后期构造的破坏和改造,已变得支离破碎。

批洲——三合屯东西向构造带

该带位于靖宇县批洲,向东经兴隆屯、三合屯继续向东延伸,断裂带长约 36km,宽约 3km,总体产状北倾,倾角 $50^{\circ}\sim 90^{\circ}$,部分见有中基性岩脉、石英脉、伟晶岩侵入,并有明显的片理化现象,表明该带具有多期活动特征。

(2) 北西向构造带

小北沟——郎家店断裂带

该带长 29km 左右,南西端被北东向断裂所截。线性特征明显,同样具有多期活动特点。在那儿轰一带,北西向断裂构造控制了燕山晚期石英斑岩的侵入。说明在中生代以来仍有活动。

(3) 南北向构造带

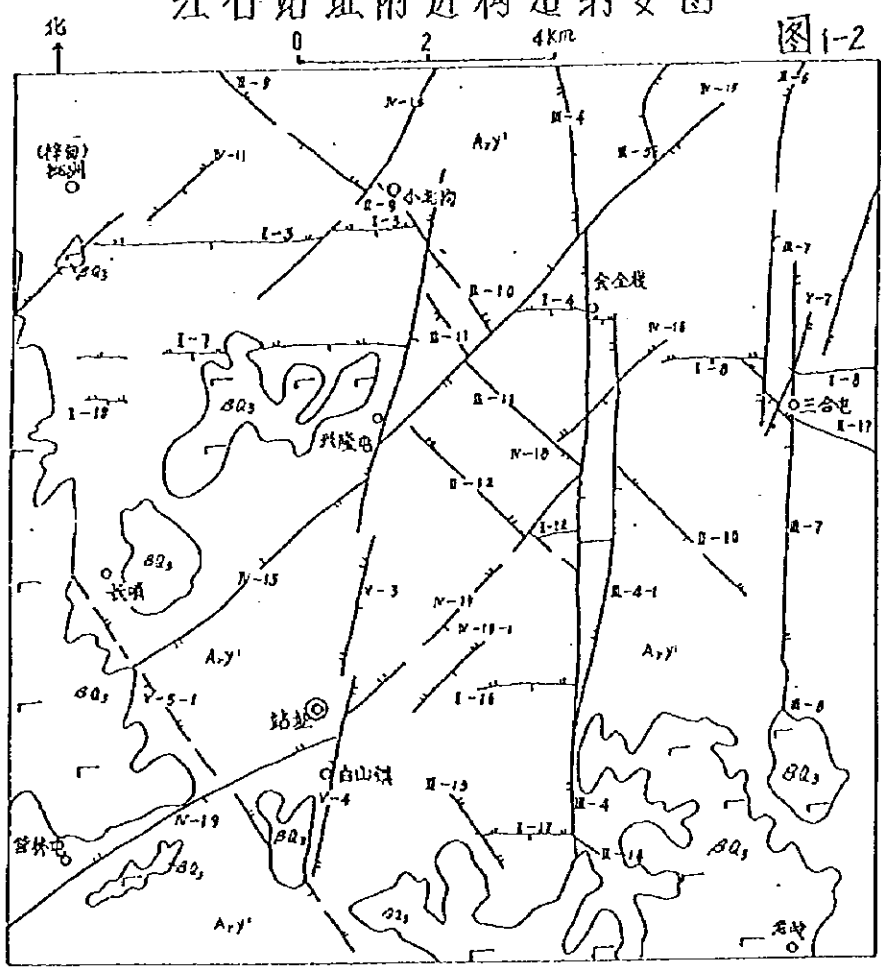
三合屯南北向断裂带

在三合屯一带由七条断裂组成,区内出露长度 12km,宽约 7km。其中在会全栈一带,Ⅲ—4、Ⅲ—5 断裂带构成一小型断裂带,南端被玄武岩覆盖。东距白山镇 2.5km。

(4) 北东向构造带

北东向构造带在区内表现最为强烈,遍布全区,可划分三条构造带,在站址附近为会全栈——那儿轰北东向断裂带,该断裂带长约 30km,宽约 10km。总体走向 $N50^{\circ}E$ 左右。

红石站址附近构造纲要图



- 南坪玄武岩
- Arj' 花岗质片状岩
- 逆断层
- ⊙ 站址

其中N—19、N—15在1:5000概查范围内。沿N—19(新编号F₂、F₃)断层带有泉水出露,断层宽约10m,岩石受挤压有片理化现象,局部有0.5m宽的煌斑岩脉。断层走向N58°E,倾向NW,倾角74°,被北北东向断层错开,全长3.2km。N—15(新编F₄)断层沿大崴子沟展布,沟谷呈直线状,两侧沟谷不对称,断层宽1.0m,由角砾岩和挤压片理组成,断层产状N58°E,倾向NW,倾角40°~60°,局部地段有变质辉绿岩脉沿断层带侵入,岩脉岩石破碎,长约4.0km。

北东向断裂是区内最强烈构造运动的产物。破坏了先前形成的各期断裂,沿断层侵入的中酸性—中基性脉岩多遭到了强烈的挤压破碎,具多期活动特点,并控制了那儿套中生代盆地及燕山期岩浆活动。

(5) 北北东向构造带

区内该组断裂不太发育,仅在小北沟—白山镇一带见有规模较大的断裂带,在其它地区均呈小规模断层产出。

小北沟—白山镇断层带

由三条北北东向斜列断层组成,北起小北沟南至白山镇。在航片上表现为北北东向直线状沟谷,并切割山脊,构成两山对峙地貌。在兴隆屯附近V—2断裂带呈波状,走向N10°E,倾角直立。断层面上见有镜铁矿化及垂直擦痕。在兴隆屯南见有水平擦痕,呈逆时针滑动,挤压片理发育。该断层切割了北东向断层。在其南部与其斜列的V—3断层见有花岗质伟晶岩贯入。脉岩走向N30°E,倾角直立,脉壁平直,伟晶岩脉强烈破碎。在其南部与其斜列的V—4(新编号F₁)断层斜穿上池库盆。全长4.2km。该断层在白山镇江边尖灭。

1.3.2 区域稳定性与地震

(一) 区域稳定性

本区在大地构造单元上位于中朝准地台辽东台隆的北部,铁岭—靖宇隆起区的中段偏东,是一条近东西向延伸,向北突出的带状弧形隆起。相当于阴山东西向复杂构造带的东延部分。

距本区最近的深大断裂有两条,辉发河断裂和富尔河断裂。辉发河断

裂,在区域构造上它属于尚在活动的密山——敦化断裂,它又是一条现今活动着的微震带。由于该断裂距本区较远约40km,对本区的影响不大。而且它的再活动,在本区也不会出现高烈度异常区。富尔河断裂第四纪以来相对稳定,历史上未见有地震活动的记录。

区内第四纪玄武岩残存在当地比高两百余米的山顶上,显示着本区的持续抬升特征。区内所见断裂规模小,仅存在于花岗质片麻岩中,玄武岩出现后,再没有显示它们重新活动的特征。

综上所述,本区座落在一条较稳定的隆起带上,属于基本稳定台块。

(二) 地震

从大范围的历史地震活动规律、分布状态来看,辉发河断裂在桦甸——红石区段,历史与现今的微震活动比较频繁。在桦甸地区从1882年到1947年共感受到八次较大地震,1882年地震曾有某种破坏。据当地群众回忆,1931年至1945年,每隔两三年,必感到一次地震。红石1954年发生地震,部分人从睡觉中惊醒。

另据地震台测定:

1973年5月4日	桦甸2.1级地震
1973年6月20日	桦甸东1.2级地震
1974年1月20日	桦甸白山镇1.8级地震
1974年2月25日	桦甸三道沟2.0级地震
1974年3月17日	桦甸得胜屯1.8级地震
1974年6月11日	桦甸暖木格南1.9级地震

富尔河断裂历史上没有发生地震的记载,其它五组断裂也没有类似的地震记录。

1974年,国家地震局沈阳地震大队对白山水电站进行地震基本烈度鉴定。报告认为:“白山水电站地区为一块非地震活动区,也就是说它位于现今地震活动带之外。地震基本烈度为Ⅵ度”。1976年辽宁海城地震发生后,又委托国家地震局沈阳地震大队对白山水电站地震烈度进行复查,复查结果还是Ⅵ度。

综上所述,本区的地震基本烈度为Ⅵ度。

1.4 水文地质条件

本区地下水按其埋藏条件可分为赋存于第四系松散堆积层中的孔隙潜水和基岩裂隙中的裂隙水。

孔隙潜水主要分布于第二松花江及其支流的一级阶地、漫滩的松散堆积层内。

2. 上池库、坝区工程地质条件

上池坝址初选为混凝土面板堆石坝,设计蓄水位 575m,死水位 540m,有效库容 $8.3 \times 10^6 \text{m}^3$,最大坝高 70m,坝长 450m。

2.1 水库工程地质条件

2.1.1 概况

上池库区位于白山镇北炸药库沟上源,为附近地区最高的冲沟洼地,冲沟及洼地大致呈北东向展布,沟底宽 70~115 m,沟底高程 517~550m,长约 700m,纵向坡降 4%~5%。库周岸坡较缓,右侧库岸一般 20°~25°,左侧库岸 15°~20°,库尾 5°左右。

库周分水岭多宽厚,库周分水岭高程一般为 620~736m。右侧库岸正常蓄水位 575m 时,最窄处为 375m。在左侧库岸有一处为单薄分水岭,长约 160m,最低点高程为 582m,设计蓄水位为 575m 时,最小宽度仅 70m。

库区覆盖层较薄,厚 0.5~1.0m 左右,个别低洼处覆盖层厚度较大。主要由坡残积含碎石壤土组成。基岩为致密、坚硬的太古代花岗质片麻岩,后期穿插有变质的辉绿岩、伟晶岩等脉体,分布在左侧库岸鞍部和右侧库岸局部地段。花岗质片麻岩风化情况,左侧库岸(背阴坡)风化较右岸略浅,全风化厚度多小于 1.0m,鞍部 2.0~6.5m,强风化带厚度 2~3m;右侧库岸(向阳坡)地段,全风化带厚度多大于 1m,一般为 2~3m,森警营房右侧库岸山坡全风化厚度达 9m。

库区断层目前发现在左侧库岸鞍部,BN₆号钻孔附近有一条较大的断层,断层编号 F₁,走向 N10°~23°E,倾向 NW,倾角 83°,由角砾岩和断层泥组成;据弹性波测试资料,断层宽 12~15m 左右,性质为逆断层。变质辉

绿岩脉沿断层上盘贯入,宽 5m 左右,由于受后期构造影响,辉石退变为角闪石、绿泥石,脉岩强烈破碎。沿断层带附近有三处泉水出露,流量 0.84—5.46L/min。

库区炸药库沟内长年有地表水流,9 月份在坝址处测得流量为 91.14L/min,沿炸药库沟底和两侧库岸山坡有基岩裂隙下降泉,泉水出露高程多在 543~585m 之间,详见表 2-1。

2.1.2 水库渗漏评价

鉴于水库周围分水岭多数比较宽厚,山体植被完好,地下水位高于设计蓄水位,水库不可能外渗。只有左侧库岸鞍部,山体比较单薄,地下水位高程 565m 左右,低于水库设计蓄水位约 10m,存在库水外渗的条件。据设计蓄水位至相对隔水层顶板间的 13 段压水试验资料统计,鞍部岩体中等透水的岩体占 23%,弱透水占 69%,微透水占 8%,其岩层渗透性大值平均值 $K_d=0.124\text{m/d}$,相对隔水层深度 41~45m,其顶板高程 536~542m。左岸鞍部基岩透水性分级见表 2-2。

库区泉水调查一览表

表 2-1

编号	位置	泉水类型	流量 (L/min)	出露高程 (m)
q1	炸药库沟口老杨家后院	下降泉	1.5	539.86
q2	右侧库岸坝轴线上游 30m	下降泉	3.0	584.38
q3	左侧库岸坝轴线上游 210m	下降泉	3.0	543.00
q5	左侧库岸鞍部 F1 附近	下降泉	2.34	557.00
q6	库尾东北角	下降泉	8.40	569.00
q501	右侧库岸 F1 断层带附近	下降泉	5.46	585.00
q503	右侧库岸 F1 断层附近	下降泉	0.84	596.00

鞍部压水试验资料统计

表 2--2

深度区间 (m)	透 水 率 区 间 (Lu)							
	< 1		1 ~100		10~100		总 计	
	段 数	%	段 数	%	段 数	%	段 数	%
0~10								
10~20			3	75	1	25	4	100
20~30			3	75	1	25	4	100
30~40	1	25	2	50	1	25	4	100
40~50	4	100					4	100
50~60	3	75	1	25			4	100
60~70								
合 计	8	40	9	45	3	15	20	100

采用下述公式初步估算左岸鞍部渗漏量

$$Q = \frac{KB(H+h)(H-h)}{2L}$$

式 中:

K——渗透系数(m/d), K=0.124m/d

B——可能渗漏带长度(m), B=160m

H——上游渗漏带厚度(m), H=35m

h——下游渗漏带厚度(m), h=0m

L——分水岭厚度(m), L=90m

由此得 $Q=135\text{m}^3/\text{d}$

上述渗漏量是假定库水位恒定不变得出的,实际上抽水蓄能电站上池水库的日变幅很大,维持在正常蓄水位的时间不长,因此实际渗漏量将小于计算渗漏量。

2.1.3 库岸稳定

库区库岸均较平缓,坡度多在 $15^\circ \sim 25^\circ$,覆盖层较薄,厚度 $0.5 \sim$

1.0m,沿库岸节理不甚发育;库周岩石较完整坚硬。未发现大的滑坡体和结构面不利组合,故库岸边坡稳定问题不大。

水库相应库外边坡坡度较缓,一般为 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$,且未见有与库岸近于平行倾向库外的缓倾角结构面或不利结构面组合体分布,其边坡稳定也较好。

上池库水位变幅较大,对于局部覆盖层、全风化层较厚的部位,如冲沟、森警营房右岸山坡等全风化砂层较深厚部位,由于库岸淘刷而导致设计蓄水位以上的覆盖层和全风化砂产生坍岸而进入库区,引起水库淤积的问题应引起注意,并进行相应的勘探工作。

2.2 坝址工程地质条件

2.2.1 概 况

上池坝址位于炸药库沟上游,距沟下的水电一局炸药库约600m,距沟上桦白公路约250m。沟谷在坝址处呈东西向展布,至公路渐变为北东向。坝址处沟底高程514m左右,谷底宽80~90m,当设计水位575m时,谷宽456m。两岸山体高程623~691m,比高109~177m。两岸地形较平缓,坡度 $19^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 。

坝址基岩为太古界花岗质片麻岩,在右岸坝肩附近有一条后期穿插的变质辉绿岩脉,岩脉宽7.7m左右,走向 $N40^{\circ}E$,倾向NW,倾角 50° 左右,脉体岩石破碎,与围岩呈裂隙接触。坝基岩石坚硬,抗风化能力较强,右岸风化带厚度大于左岸,坝基岩体风化带厚度见表2—3。其岩石的物理力学性质见表2—4。

坝址区覆盖层较薄,两岸坝头厚1.0m左右,由含碎石壤土组成,右岸山坡坡度 20° 左右,为崩积——坡积物,由含碎块石壤土组成,厚3m左右,面积 $2.8\times 10^4\text{m}^2$ 。左岸覆盖层厚度多小于1m,坝轴线偏下游为一崩积——坡积物堆积区,面积 $(1.2\sim 1.6)\times 10^4\text{m}^2$,地表见零散的滚石,探槽揭露深度2m左右,以含碎块石壤土为主,局部低洼地带厚度可能增大。沟底地形平坦,覆盖层厚4m左右,多为含碎块石的淤泥质壤土,下部碎块石含量增大。

坝址岩石物理力学性质试验成果汇总表

表 2-3

岩石名称及风化状态	试验组数	比重	干密度 (KN/m ³)	吸水率 (%)	干抗压强度 (MPa)	弹性模量 (GPa)
弱风化花岗岩片麻岩	2	2.73	27.1	0.19	138.1	58.0
微风化花岗岩片麻岩	2	2.75	27.2	0.13	189.6	59.4
新鲜花岗岩片麻岩	1	2.69	26.6	0.17	206.9	61.9

坝基岩体风化带厚度

表 2-4

工程部位	全风化带厚度 (m)		强风化带厚度 (m)		弱风化带厚度 (m)		风化带总厚度 (m)
	统计钻孔数	平均值	统计钻孔数	平均值	统计钻孔数	平均值	
右岸	2	2.45	2	4.60	2	11.23	18.28
河床	1		1	0.56	1	13.14	13.70
左岸	2	1.58	2	1.90	2	11.18	14.66

坝址区岩石露头不好,基本上为第四系堆积物所覆盖,由于缺少必要的槽探,地表地质测绘尚未发现有断层破碎带,据弹性波测试资料,有7条破碎带,宽6~10m,波速 $V_p=2.5\sim 3.7\text{km/s}$ 。根据地表岩石露头节理统计。左岸主要有:①走向 $N35^\circ\sim 65^\circ W$,倾向NE或SW,倾角 $50^\circ\sim 85^\circ$;②走向 $N55^\circ\sim 75^\circ E$,倾向NW或SE,倾角 $60^\circ\sim 85^\circ$;③走向 $N15^\circ\sim 25^\circ E$,倾向NW或SE,倾角 $60^\circ\sim 85^\circ$ 、以①、②组节理为主,节理不发育,多闭合或稍张。右岸主要有:①走向 $N15^\circ\sim 25^\circ E$,倾向SE或NW,倾角 $55^\circ\sim 85^\circ$,部分倾角 35° 左右;②走向 $N5^\circ\sim 25^\circ W$,倾向NE或SW,倾角 $60^\circ\sim 70^\circ$,部分倾角 $10^\circ\sim 35^\circ$;③走向 $N60^\circ\sim 70^\circ W$,倾向SW或NE,倾角 $60^\circ\sim 80^\circ$,节

理不发育。坝址片麻理产状:走向 $N30^{\circ}\sim 50^{\circ}W$, 倾向 SW , 倾角 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。

坝址区地下水主要为基岩裂隙水, 地下水埋藏较浅, 据钻孔资料, 左岸埋深 $6.65\sim 15.02m$, 右岸埋深 $7.92\sim 15.92m$, 沟底有溪水流淌, 在 BN_3 孔发现裂隙承压水, 承压水头 $21.53m$, 高出地面 $1.0m$, 承压水顶板高程 $494.02m$, 当承压水头 $20.57m$ 时, 管口涌水量 $2.345L/min$ 。根据钻孔压水试验资料统计, 坝基岩体中等透水段占总数的 15% , 弱透水段占总数的 35% , 微—极微透水段占总数的 50% , 详见表 2—5。相对隔水层埋深: 左岸 $25\sim 30m$, 右岸 $15\sim 18m$, 沟底 $20m$ 左右。炸药库沟河水为重碳酸钙镁型水, 坝址地下水类型为重碳酸—硫酸钙镁型水, 对混凝土均无腐蚀性。

坝址压水试验资料统计表

表 2—5

深度区间 (m)	透水率区间 (Lu)							
	<1		1—10		10—100			
	段数	%	段数	%	段数	%	段数	%
0—10					2	100	2	100
10—20	3	25	8	67	1	8	12	100
20—30	5	56	3	33	1	11	9	100
30—40	6	75			2	25	8	100
40—50	4	80	1	20			5	100
50—60	2	100					2	100
60—70			2	100			2	100
合计	20	50	14	35	6	15	40	100

2.2.2 工程地质评价

综上所述, 左岸坝肩地形坡度 20° 左右, 覆盖层小于 $1m$, 基岩为花岗岩片麻岩, 全、强风化岩厚度约 $4m$, 有近 $1m$ 厚砂土状的全风化层。下部弱风化岩体节理不发育, 裂隙密度 $1\sim 2$ 条/ m , 岩体透水率多为 $1.2\sim 8.9Lu$, 为弱透水岩体, 但地下水位 $564m$, 低于设计蓄水位 $11m$, 为防止坝基和绕坝渗漏, 应做好防渗处理, 建议趾板置于强风化岩的下部, 帷幕灌浆

深度,据岩体透水情况,宜在 30~40m,帷幕灌浆向左岸延伸长度,由库水边线起算,至设计蓄水位与地下水位相接处,计 33m。

沟底及两侧坝基通过地段,覆盖层厚多在 3~4m 之间,左岸山坡逐渐变薄为 1m 左右。基岩为花岗质片麻岩,沟底风化较轻,强风化岩厚度小于 1m,左、右岸山坡分别 3m 和 8m。岩体透水率,地表以下 15~17m,透水率为 3.2~31 Lu,属弱至中等透水岩体,以下多为弱至微透水岩体,沟底的裂隙承压水因埋深在岩面 17m 以下,且涌水量较小,对工程影响不大。建议趾板置于弱风化岩上部,帷幕灌浆深度宜达到相对隔水层顶板,即岩面下 20~30m。沟底含碎块石淤泥质壤土,沉陷变形可能较大;左右两岸崩积——坡积物颗粒组成,性状尚不清楚,建议清除,因此,坝壳堆石体可置于花岗质片麻岩上。

右岸坝肩地形坡度 30°左右,覆盖层多小于 1m,基岩为花岗质片麻岩,上部穿插有变质辉绿岩脉,脉体由于受后期构造影响,比较破碎,与围岩呈裂隙接触且倾向山里,对坝肩稳定影响不大。但由于该处岩石破碎、全、强风化岩厚 5~7m,地下水位高程 572m,低于设计蓄水位 3m,据钻孔压水资料,孔深 15m 以上为 2.8~56Lu,属弱——中等透水岩体,为防止坝基和绕坝渗漏,应做好防渗处理,建议趾板置于强风化岩的下部,帷幕灌浆深度宜在 20m 左右,帷幕灌浆向右岸延伸长度由库水边线算起,至设计蓄水位与地下水位相接处,计 23m。

趾板线通过的断层破碎带均应予以处理,并加强帷幕灌浆。

建议开挖边坡:含碎石壤土 1:1.25(39°),全风化岩 1:1(45°),强风化岩 1:0.75(53°),弱风化岩 1:0.5(64°)。

3. 引水隧洞及厂房工程地质条件

本阶段对引水发电系统初选为二洞四机方案,洞径 7m,引水洞长约 1190m,压力管道 640m,尾水洞 780m,调压井采用明挖敞口式。

3.1 引水隧洞区的工程地质条件

引水隧洞位于白山镇与大崴子沟之间的分水岭上,分水岭较宽厚,其高程为 591~655m,中部调压井附近地势高,向北东和南西两侧逐渐降低,

洞线区冲沟不发育,只在向阳坡附近有一条较大冲沟,深切 300 余 m,沟内常年有水,流量不大。

引水隧洞区两侧 500m 和 1500m 分别有区域断层 F_2 和 F_1 ,由于植被覆盖,基岩露头较少,只发现四条小规模断层,宽度小于 1m,多为逆断层。节理主要有三组:① 走向 $N5^\circ\sim 25^\circ E$,倾向 NW,倾角 $30^\circ\sim 80^\circ$;② 走向 $N25^\circ\sim 55^\circ W$,倾向 SW,倾角 $40^\circ\sim 70^\circ$;③ 走向 $N55^\circ\sim 65^\circ E$,倾向 SE 或 NW,倾角 $65^\circ\sim 85^\circ$ 。片麻理产状为走向 $N10^\circ\sim 30^\circ W$,倾向 SW,倾角 $45^\circ\sim 60^\circ$ 。其中以①、②组节理为主,根据钻孔资料,孔深 20~30m 以上节理较发育,平均密度 2~3 条/m,该深度以下节理不发育,节理最大间距 7~8m。微风化以下节理多闭合或方解石充填。

地下水主要为赋存于基岩中的裂隙潜水,局部低洼地带有裂隙承压水。地下水埋深,在低洼处仅 2m 左右,山坡地带 5~12m。根据 BN₀10 孔压水资料,隧洞周围岩体多属极微透水岩体。

上池进出口位于上池库区左岸,距坝轴线 180m,该处地形较平缓,坡度 $20^\circ\sim 25^\circ$,覆盖层厚 2.5m 左右,基岩为花岗质片麻岩,全风化带厚 2m 左右,强风化带厚 1m 左右,弱风化带厚 8m,根据 BN₀8 钻孔资料,RQD 值 85%,岩石较完整、坚硬,孔内见有倾角 55° 的断层 F_{10} ,宽 1.2~1.3m,推测其走向与洞线近平行。节理较发育,平均密度 2~3 条/m 多为陡倾角裂隙,片麻理倾向山里,倾角 $45^\circ\sim 55^\circ$ 。故上池进出口洞脸稳定问题不大。建议洞口选在弱风化岩石的中下部,洞口段按 III 类围岩考虑,进入微风化岩石按 II 类围岩考虑, F_{10} 断层破碎按 IV 类围岩考虑。

引水隧洞沿线地形起伏较大,山体宽厚。上池进出口至调压井之间引水隧洞段,洞线方向 $N38^\circ E$,上覆岩体厚度 75~150m,引水隧洞穿行于微—新鲜的花岗质片麻岩内,根据弹性波测试资料分析,该处有 6 处宽 4~8m 的破碎带,波速 $V_j=3.2\sim 4.0\text{km/s}$ 。根据 BN₀8、BN₀9 钻孔资料,岩体 RQD 值在 85~91%之间,节理平均密度 1~2 条/m,呈新鲜状态的花岗质片麻岩有长达 9.30m 的长柱状岩心。据孔内弹模试验资料分析,其变形模量 E_0 值在 0.73~3.2GPa。试验成果偏低,本阶段建议采用经验值:微

风化花岗质片麻岩 $E_0=6\text{GPa}$, 新鲜花岗质片麻岩 $E_0=8\sim 10\text{GPa}$ 。该段岩石完整、坚硬, 节理不发育, 属于 I 类和 II 类围岩。弹性波测试破碎带属于 IV 类围岩, 所占比例不超过 10%。

压力斜管段和尾水洞段, 洞线方向 $N61.5^\circ E$, 隧洞穿行于新鲜岩体中, 洞顶上覆岩体厚度 $100\sim 350\text{m}$, 其围岩 RQD 值为 $83\sim 91\%$, 节理平均密度 $1\sim 2$ 条/m, 呈新鲜状态的花岗质片麻岩, 岩体完整, 最长岩心达 $7.50\sim 8.70\text{m}$ 。由于地表基岩露头较少, 目前尚未发现有断层穿过该段洞线。根据弹性波测试资料, 该段有 5 条破碎带穿过洞线, 宽度 $3\sim 6\text{m}$, 波速 $V_p=3.0\sim 4.0\text{km/s}$ 。片麻理走向与洞线交角较大, 倾角 $50^\circ\sim 60^\circ$ 。总之, 该段为深埋洞室, 且均位于新鲜岩石之中, 节理不发育, 岩石完整、坚硬, 其围岩稳定条件好。90% 属于 I 类和 II 类围岩。弹性波测试破碎带属于 IV 类围岩, 所占比例不超过 10%。

下池引水隧洞进出口, 距第二松花江上游白山坝约 2km , 高程 304m 左右, 为人工堆碴平台(铁路路基), 其上部山坡较陡, 坡度 $50^\circ\sim 60^\circ$, 基岩裸露。据 BN₀₁₁ 孔资料, 人工堆碴厚约 16m , 多为 $20\sim 30\text{cm}$ 块石, 基岩为弱——微风化花岗质片麻岩。洞脸岩体主要为弱风化花岗质片麻岩。上部有一条变质闪长岩脉, 宽度 4m 左右, 走向 $N10^\circ E$, 倾向 SE, 倾角 65° , 与围岩裂隙接触, 脉体岩石强烈破碎。节理有两组: ①走向 $N15^\circ\sim 25^\circ E$, 倾向 NW 或 SE, 倾角 $45^\circ\sim 80^\circ$, 部分缓倾角节理倾向山里偏下游; ②走向近 EW 向, 倾向 S 或 SW, 倾角 $75^\circ\sim 85^\circ$ 。

综上所述, 引水隧洞下池进出口段岩石呈弱——微风化状态, 未见较大断层通过。其洞脸部位地形较陡, 基岩裸露, 有两组节理发育, 但未见不利结构面组合, 故洞脸稳定问题不大。三倍洞径范围内以 III 类围岩为主, 局部有 II 类围岩, 洞口为微风化岩石, 但由于该处上覆岩体厚度不够, 明挖工程量较大, 同时块石层透水性强, 需考虑工程处理。洞口明渠段为第二松花江干流右岸原河床位置, 上、下游不远处各有一突出山包, 均与后面山体相连, 山包岩面高于明渠岩面 $15\sim 20\text{m}$, 对明渠施工及明渠边坡稳定有利。

总之, 引水隧洞区沿线山体雄厚、洞周岩体新鲜、完整, 工程地质条件

良好,该阶段建议采用如下指标:

I 类围岩,弹性抗力系数 $K_0=10\text{KN}/\text{cm}^3$;

II 类围岩,弹性抗力系数 $K_0=8\text{KN}/\text{cm}^3$;

III 类围岩,弹性抗力系数 $K_0=2\text{KN}/\text{cm}^3$;

IV 类围岩,弹性抗力系数 $K_0=0.5\text{KN}/\text{cm}^3$ 。

建议开挖边坡:

含碎石壤土 1: 1.25(39°)

全风化岩 1: 1(45°)

强风化岩 1: 0.75(53°)

弱风化岩 1: 0.5(64°)

3.2 调压井及厂房的工程地质条件

3.2.1 调压井的工程地质条件

调压井位于上池引水隧洞与压力斜管段之间,地貌为分水岭的最高点西侧,该处分水岭宽厚,山坡地形平缓。调压井及其附近岩石为花岗质片麻岩,未发现断层,节理有三组:①走向 $N25^\circ\sim 55^\circ W$,倾向 NE 或 SW,倾角 $40^\circ\sim 80^\circ$;②走向 $N20^\circ\sim 30^\circ E$,倾向 NW,倾角 $43^\circ\sim 70^\circ$;③走向 $N55^\circ\sim 65^\circ E$,倾向 SE 或 NW,倾角 $65^\circ\sim 70^\circ$ 。片麻理产状为:走向 $N35^\circ W$,倾向 SW,倾角 50° 。据 BN₀₉ 号钻孔资料,该处覆盖层厚约 1.0m,全风化岩厚 1.5m,强风化岩厚 3.0m,弱风化~新鲜岩体,坚硬、完整,平均 RQD 值 91%,节理不发育,平均密度 1~2 条/m,岩石物理力学性质试验见表 3-1。

综上所述,调压井地段,节理不发育,岩石坚硬、完整,但是孔深 20m 以上,节理平均密度 2 条/m,有绿泥石充填的垂直节理与其它节理易形成不利组合,对调压井壁稳定不利,需考虑喷锚处理。

调压井附近岩石物理力学性质试验成果汇总表

表 3-1

岩石名称	风化状态	试验组数	比重	干密度 (KN/m ³)	吸水率 (%)	干抗压强度 (MPa)	弹性模量 (GPa)
花岗质片麻岩	弱风化	1	2.81	27.7	0.12	161.6	62.0
	微风化	1	2.62	27.5	0.14	135.2	55.1
	新鲜	1	2.67	26.4	0.10	170.6	57.2

3.2.2 地下厂房工程地质条件

地下厂房位于向阳坡北东侧山坡上部,地面高程 550~580m,距下池进出口约 800m,该处地形较平缓,坡度 10°~20°。沿洞线北东方向约 60m、200m,南东方向约 90m,有三处弹性波破碎带,宽度 5~7m, $V_p = 3.0 \sim 4.0$ km/s。厂房地段为花岗质片麻岩,厂房深埋地下 300m,高程 220—270m。由于厂房部位本期未做钻探工作,采用距厂房约 600m 的 BN₀10 钻孔评价其工程地质条件,据此分析,厂房均在新鲜状态的花岗质片麻岩中,平均 RQD 值大于 90%,平均节理密度 1 条/m,岩石新鲜完整,地下水位可能较高,约在顶拱以上 250m 左右,但厂房附近岩石透水率为 0.057~0.79Lu,均属极微透水岩层,预计开挖时渗水量不大,由于北东和北西两组节理比较发育,需注意节理对高边墙稳定性的影响。岩石物理力学性质试验成果见表 3-2。

4. 天然建筑材料

本阶段只对块石料场进行初查,设计需要量 200×10^4 m³,勘探储量 600×10^4 m³。

块石料场位于上池水库右侧山体,距上池坝址约 300m,有简易公路通坝址,交通比较方便。

料场地形较完整,地形坡度 10°~20°,地面高程 540~610m,岩石为花岗质片麻岩,覆盖层一般厚 1m 左右,全风化岩厚 4~5m,森警营房右侧全风化岩石较厚,最大厚度达 9m。强风化岩石厚 2~5m。根据弹性波测试资

料,上部山体强风化带厚度 6~8m,下部山体深达 10~12m,最大为 17m。区域性断层 F₁ 斜交炸药库沟,距料场较近。据弹性波测试资料,有二条破碎带穿过料场,宽度 5~10m, V_p=2.9~4.0km/s。据 GN₀₁ 钻孔资料统计,平均 RQD 值 87%,节理不发育,平均节理密度 1~2 条/m,岩石坚硬、完整。按垂直山体 400m 宽度估算块石料场储量:料场无用层平均厚度 5.8m,无用层体积 80×10⁴ m³,有用层平均厚度 50m,有用层储量约 700×10⁴ m³。

厂房附近岩石物理力学性质试验成果汇总表

表 3-2

岩石名称 与 风化状态	试验组数	比 重	干密度 (KN/m ³)	吸水率 (%)	干抗压 强 度 (MPa)	弹性模量 (GPa)
弱 风 化 花 岗 质 片 麻 岩	1	2.73	26.9	0.13	155.6	57.3
微 风 化 花 岗 质 片 麻 岩	2	2.74	27.0	0.14	166.1	58.4
新 鲜 花 岗 质 片 麻 岩	1	2.73	26.9	0.12	189.0	60.0

岩石物理力学性质试验、碱活性试验和 X 光衍射分析成果详见表 4-1、表 4-2、表 4-3。试验结果表明:骨料碱活性试验有一种为可疑骨料,其它均为非活性骨料。岩石矿物组合为石英、长石、黑云母、角闪石及辉石,其岩块强度和抗风化能力能够满足工程要求。

石料场岩石物理力学性质试验成果汇总表

表 4-1

岩石名称 与 风化状态	试验组数	比 重	干密度 (KN/m ³)	吸水率 (%)	干抗压 强 度 (MPa)	弹性模量 (GPa)
弱风化 花岗质 片麻岩	2	2.73	26.9	0.22	208.8	67.1
微风化 花岗质 片麻岩	2	2.73	27.1	0.17	132.7	48.0
新 鲜 花岗质 片麻岩	1	2.71	26.8	0.16	136.9	50.9

X 光衍射分析成果表

表 4-2

矿物成份	含 量 (%)	
	石料场露头样	石料场钻孔样
长 石	40	37
石 英	44	46
黑 云 母	16	2
角 闪 石		6
辉 石		9

骨料碱活性试验成果表

表 4-3

工 程 位 置	取 样 编 号	试 验 编 号	岩 石 名 称	风 化 状 态	用 水 量 (ml)	流 动 度 (mm)	碱 含 量 (%)	膨 胀 率	评 价
鞍 部	BN ₇₋₂	E	花岗质片麻岩	弱风化	200	110.5	0.58	0.077	非活性骨料
		F			205	109	0.90	0.079	
	BN ₆₋₂	A	变质辉绿岩	微风化	200	118	0.58	0.044	非活性骨料
		B			205	116	0.90	0.050	
上池坝址	BN ₅₋₁	K	花 岗 质 片 麻 岩	弱风化	208	115	0.58	0.070	非活性骨料
		L			208	115	0.90	0.075	
调压井	BN ₉₋₅	G		微风化	208	118	0.58	0.075	非活性骨料
		H			208	114	0.90	0.077	
	BN ₉₋₄	C		新鲜	200	112	0.58	0.064	可疑骨料
		D			205	113.5	0.90	0.081	
厂房附近	BN ₁₀₋₅	I		新鲜	208	116	0.58	0.072	非活性骨料
		J			208	119	0.90	0.082	
石料石	石-1	P		弱风化	213	119	0.58	0.084	非活性骨料
		R			213	119	0.90	0.061	
	GN ₁₋₅	M	微风化	203	117	0.58	0.077	非活性骨料	
		N		203	119	0.90	0.077		
	GN ₁₋₆	O	新鲜	202	117	0.58	0.085	非活性骨料	
		S		202	114	0.90	0.086		

5.1 工程地质结论及下步工作意见

5.1.1 本地区在大地构造上位于中朝准地台辽东台隆的北部——铁岭靖宇隆起区,属基本稳定的台块。辉发河断裂是一条地震活动带,历史与现在微震频繁,但距站址约40km。区内未发生超过Ⅵ度地震,据国家地震局沈阳地震大队,对白山水电站地震烈度的鉴定意见,站址区基本烈度为Ⅵ度。

5.1.2 上池库区周围分水岭宽厚,地下水位多高于设计蓄水位,仅在左侧库岸鞍部,水库蓄水后可能外渗,但渗漏量较小。库周为太古界花岗质片麻岩,天然边坡稳定条件较好,但考虑到上池水库运行特点,设计蓄水位以上库岸,可能存在覆盖层和风化层坍塌,应引起重视。

5.1.3 上池坝址修建混凝土面板堆石坝是适宜的,坝址尚未发现控制两岸坝头和坝基稳定的结构面。坝肩和坝基岩体透水率为弱——中等透水岩体,应做好防渗处理。

5.1.4 引水隧洞沿线山体均很宽厚,围岩多为微——新鲜完整的花岗质片麻岩,工程地质条件良好。上、下池进出口未见有控制性不利结构面影响洞脸边坡稳定。

5.1.5 调压井井深20m以上,有垂直节理发育,易与其它节理形成不利组合,对井壁稳定不利。地下厂房地段地质条件较好,但需注意边墙的稳定。

5.1.6 块石料场的勘探储量和各项试验指标均能满足要求,不足之处是无用层较厚。

5.2 下步工作意见

5.2.1 上池库应查明F₁断层和变质辉绿岩的产状、宽度及其水文地质特征;库周应查明设计蓄水位高程附近覆盖层和全风化岩的厚度。

5.2.2 坝址应查明弹性波测试破碎带的成因,进一步查明沟底含碎块石淤泥质壤土及两岸崩塌——坡积物的工程地质性质。

5.2.3 引水隧洞查明弹性波破碎带的成因。进行必要的试验测试工作,定量评价围岩稳定条件和上、下池进出口、洞脸的稳定性。

5.2.4 地下厂房跨度大,须查明其构造分布规律,宜布置勘探平洞和适量的钻探工作,对围岩进行地应力测试和其它物理力学性质试验,为选择地下厂房的最优布置方案提供建议并提供设计参数。

5.2.5 对工程所需的天然建筑材料进行相应精度的勘探和试验工作。

红石抽水蓄能电站可行性研究阶段
弹性波探测报告

电力工业部 东北勘测设计研究院
水力部

一九九六年十二月二十日

核定: 王红友 96.12.20

审查: 吴达元 96.12.15

校核: 张善元 96.12.13

编写: 刘性禅 96.12.11

目 录

1. 外业工作	1
1.1 工作量完成情况	1
1.2 观测系统	3
1.3 测线布置	3
1.4 外业工作质量评价	3
2. 资料整理和推断解释	3
2.1 定性分析	3
2.2 定量解释	4
2.2.1 解释方法及速度参数的选择	4
2.2.2 低速带的确定与推断解释	5
3. 结论与建议	6
3.1 结论	6
3.1.1 坝址区	6
3.1.2 厂洞区	7
3.1.3 石料场	8
3.2 建议	8

附 图 目 录

图 号	名 称
3 0 - W 6 - 3 - 1	坝址 A - A' 震探地质剖面图
3 0 - W 6 - 3 - 2	坝址 B - B' 震探地质剖面图
3 0 - W 6 - 3 - 3	左岸鞍部 C - C' 震探地质剖面图
3 0 - W 6 - 3 - 4	坝址 E - E' 震探地质剖面图
3 0 - W 6 - 3 - 5	坝址 F - F' 震探地质剖面图
3 0 - W 6 - 3 - 6	引水洞线 D 1 - D 1' 震探地质剖面图
3 0 - W 6 - 3 - 7	引水洞线 D 2 - D 2' (D 3) - D 3' 震探地质剖面图
3 0 - W 6 - 3 - 8	石料场 G 1 - G 1' 震探地质剖面图
3 0 - W 6 - 3 - 9	石料场 G 2 - G 2' 震探地质剖面图
3 0 - W 6 - 3 - 1 0	红石抽水蓄能电站坝址物探平面图
3 0 - W 6 - 3 - 1 1	红石抽水蓄能电站厂洞区物探平面图

红石抽水蓄能电站可行性研究阶段 弹性波探测报告

1. 外业工作

1.1 工作量完成情况

物探公司弹性波探测小组八人，于1996年9月6日至9月30日期间，使用R24型2.4道地震仪完成了野外数据采集工作。计划工作量为受振点距5m的测线有A、B、C等3条计1800m；受振点距10m的测线有D₁、D₂、D₃、G₁和G₂等5条计3650m。实际完成受振点距5m的测线有A、B、C、E等4条计2100m；受振点距10m的测线有D₁、D₂、D₃、F、G₁和G₂等6条计4415m，为计划工作量的117%。详见表一。

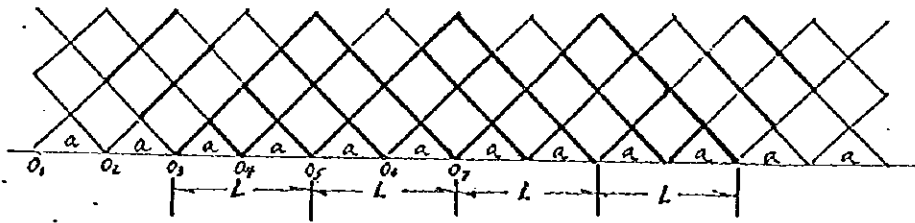


图1. 受振点距 $D_x=5\text{m}$ ，起振点 $a=55\text{m}$ 的观测系统平面图
(每个排列7个起振点，排列长度 $L=115\text{m}$ ，相邻排列间重复 5m)

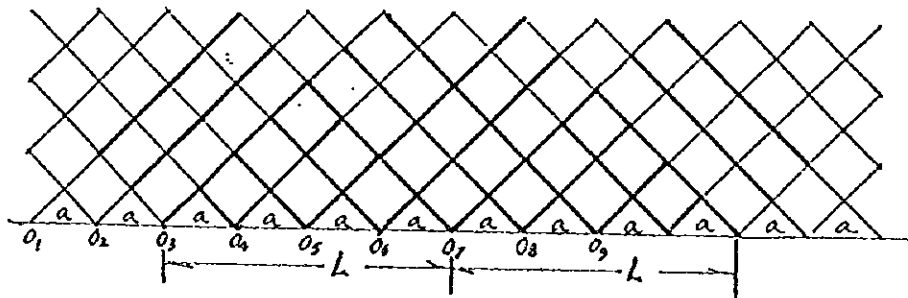


图2. 受振点距 $D_x=10\text{m}$ ，起振点距 $a=55\text{m}$ 的观测系统平面图
(每个排列9个起振点，排列长度 $L=230\text{m}$ ，相邻排列间重复 10m)

弹性波探测工作量统计表

表一

测线号	测线位置	受检点距 (m)	计划工作量	完成工作量	备注
			测线长度/排列 (m) (个)	测线长度/排列 (m) (个)	
A	坝轴线	5	650/6	720/7	
B	上游趾板线	5	650/6	730/7	
C	上池左岸鞍部	5	500/5	540/5	
D ₁	引水洞线(前段)	10	1300/6	1430/7	
D ₂	引水洞线(后段)	10	1300/6	1400/7	
D ₃	下池取水口	10	100/1	80/1	
E	坝址左岸	5		110/1	追踪坝址断层
F	坝址左岸	10		425/2	追踪F _{D1} 断层
G ₁	石料场(垂直分水岭)	10	350/2	425/2	
G ₂	石料场(沿分水岭)	10	600/3	655/3	

合计 受检点距5m的测线长度2100m, 排列数20个。

受检点距10m的测线长度4415m, 排列数22个。

1.2 观测系统

依据合同书规定的受振点距,本区采用了两种观测系统。一是受振点距为5 m的观测系统,如图1所示,排列长度 $L = 115\text{ m}$,每个排列7个起振点,起振点距 $a = 5.5\text{ m}$,两相邻排列之间重复5 m;二是受振点距为10 m的观测系统,如图2所示,排列长度 $L = 230\text{ m}$,每个排列9个起振点,起振点距 $a = 5.5\text{ m}$,两相邻排列之间重复10 m。

少数设计的起振点落在公路边、大树旁或电线杆附近时,适当移动起振点位5 m或10 m。另外 D_1 测线穿越油库的91.5#和97#起振点不允许进行爆破作业,该排列变为7个起振点。

1.3 测线布置

按实施计划书精神,测线通过实地的孔位投放。排列的两个端点和起振点使用经纬仪测距放点,受振点位用皮尺量距放点。联测结果表明,测线投放位置与通过钻孔的设计测线位置的最大偏差为10 - 12 m (D_2 测线36.5#~64.5#之间),符合实施计划书的精度要求。

1.4 外业工作质量评价

工作期间 R_{24} 型地震仪性能稳定,道一致性良好,由于注意了检波器的埋设质量和适当增大了起振的炸药量,获得了信噪比较高的记录,可全部采用初至读取地震波走时,读数比较可靠。绝大多数相遇时差和连接道时差 $< 3\text{ ms}$,符合规程要求,表明外业工作质量较好,可作定性和定量解释之用。

2、资料整理和推断解释

2.1 定性分析

本区实测地震时距曲线绝大多数均呈三层结构,第一层波速一般在0.35-0.45 km/s之间,第二层波速一般在0.80-2.0 km/s之间,第三层波速一般在2.5-6.5 km/s之间,多数为

5.0 - 5.5 km/s。本区基岩为花岗质片麻岩，根据同类测区波速的一般规律推测，第一层为直达波，系第四纪覆盖层和全风化层的综合反映。第二层为强风化层顶板折射波。第三层为弱风化或新鲜基岩顶板折射波。对比测区钻孔资料表明，本区符合上述规律，第四纪覆盖层与全风化层的波速差异较小，两者难于分开，所以定量解释时把第四纪覆盖层和全风化层视为一层。

2.2 定量解释

2.2.1 解释方法及速度参数的选择

折射资料的常用解释方法有 t_0 法和表层除去法，由于本区第四纪覆盖层和风化层的厚度较小，一般均小于 5 m，一个地质层位在时距曲线上仅反映为 2 - 3 点间或 3 - 4 个点间斜率的变化，而起振点距远大于全风化下限和强风化下限的初至区，所以无论是表层除去法还是 t_0 法，除可以求得各受振点的强风化下限的旅行时外，均难于可靠地划出各检波点的全风化下限的旅行时，而只能求出各起振点处的全风化下限的旅行时。考虑到 $\theta(x)$ 曲线的陡度比表层除去线大一倍，有利于求准低速带的位置和速度，所以本区求地层厚度时选用了 t_0 法，划分低速带时采用了 $\theta(x)$ 法。

在起振点处，按 $h_0 = V_0 t_{01} / 2$ 求第四纪覆盖层和全风化层的总厚度。式中 V_0 为第四纪覆盖层和全风化层的平均波速，由直达波斜率确定； V_0 多数在 0.35 - 0.45 km/s 之间，平均为 0.40 km/s 左右。 t_{01} 为强风化层顶板折射波的截距时， t_{01} 多数在 10 - 20 ms 之间，少数可达 25 - 30 ms，求得第四纪覆盖层和全风化层的总厚度，多数在 3 - 4 m 之间，少数可达 5 - 6 m。

各检波点处的强风化下限埋深 h 可按公式 $h = V t_0 / 2$ 求得，

式中 t_0 为强风化下限的旅行时，在 $t_0(x)$ 曲线上读取， t_0 多数在 20 - 30 ms 之间，少数可达 35 - 40 ms，个别测段可达 45 - 55 ms。V 为覆盖层、全风化层和强风化层的平均波速，在各起振点处用交点法求得，多数在 0.55 - 0.65 km/s 之间。由孔旁 $t_0(x)$ 曲线反推的平均速度多数在 0.50 - 0.60 km/s 之间，即交点法求的平均速度偏高 10% 左右。所以计算强风化下限埋深时，需将交点法求得的速度降低 10% 后使用，多数测段采用 0.50 - 0.55 km/s 平均值。求得的强风化下限埋深，多数在 5 - 7 m 之间，少数在 10 m 左右（如 C 测线 33# ~ 36#、50# ~ 53#、62# ~ 70# 点之间），个别点可达 15 m 左右（如 C 测线 66.5#），计算结果参见报告附图 30 - W6 - 3 - 1 ~ 30 - W6 - 3 - 9。

2.2.2 低速带的确定与推断解释

依据 $\theta(x)$ 曲线斜率，即按公式 $V_j = 2 \Delta x / \Delta \theta$ 计算折射波沿弱风化或新鲜花岗质片麻岩顶板滑行的界面速度 V_j ， V_j 的高低反映了岩体的完整性程度，本区 V_j 一般在 2.5 - 6.5 km/s 之间，多数为 5.0 - 5.5 km/s。一般规律， $V_j > 4.5$ km/s 时可视为岩体较完整，个别地段 V_j 高达 6.5 - 9.0 km/s，为非正常波速值，推测主要与穿透现象有关。高速段多出现在山脊附近，常伴随出现低速带，且追逐时距曲线的平行性变差，如 A - 8# ~ 12#、B - 10# ~ 15#。局部地段 V_j 在 2.5 - 4.0 km/s 之间，比完整基岩波速低 20 - 40%，可视为低速带，表明该测段岩体完整性较差。通常与断破碎带、节理裂隙密集带、深风化带或破碎岩脉等有关。（高速段旁的低速带除外）在坝址区共发现低速带 18 处，厂洞区为 12 处，参见报告附图 30 - W6 - 3 - 10、30 - W6 - 3 - 11。

根据经验，低速带宽度 $b = b^* - 2h \tan i_0 - Dx$ ，式中 b^* 为低速带的视宽度， h 为强风化下限深度。 i_0 为低速带上方折射

波的出射角, $i_0 = \arcsin V_1/V_j$ 、 V_1 为强风化层波速, Dx 为受振点距。本区低速带宽度多在3-5 m之间, 少数在6-10 m之间。低速带宽度在12-15 m之间的有三处, 它们的中心点在C-42.5 #、C-67.5 #和F-44 #点处。当测线间距较小时, 有可能将相邻测线间波速和宽度相近的低速带连接起来, 通过分析低速带的分布特征有助于低速带的推断解释。通常把波速较低, 成条带状分布的低速带, 视为断层破碎带; 把速度较高, 成条带状分布的低速带视为破碎岩脉; 而把速度较低但不成条带状分布的低速带视为裂隙密集带或深风化带。厂洞区因系线路调查, 坝址区由于测线间距较大, 增加了低速带间的对比连接难度。除坝址区连了F_{D1}一条断层破碎带外, 其余低速带的性质和走向均有待进一步补充工作后确定, 在平面图上和剖面图上, 暂以零星的破碎带F_D表示。

3、结论与建议

3.1 结论

通过本区弹性波探测, 对测区的第四纪覆盖层厚度和基岩的风化程度以及破碎带的发育程度有了基本的了解, 其中覆盖层厚度和强风化下限埋深与已知钻孔资料吻合较好。结论如下:

3.1.1 坝址区

1、沿A、B测线两岸山坡第四纪覆盖层和全风化层的总厚度, 多数在2-4 m之间、少数可达4-5 m (如B-22.5 #和B-63.5 #点)。波速 V_0 多在0.3-0.45 km/s之间。炸药库沟第四纪覆盖层在3-4 m之间, 波速 V_0 约为 0.60 km/s。

左岸鞍部C测线部分地段第四纪覆盖和全风化层的总厚度可达5-7 m (如C-63 #~70 #、C-38 #~44 #点间)。

2、沿A、B测线两岸山坡强风化层厚度多数在2-3 m之间。B测线左岸山坡部分地段 (B-9 #~11.5 #、B-18.5 #~

21.0#、B-25.5#~28.5#、B-31#~32#点间) 可达5-6m。

炸药库沟的强风化层厚度仅1-2m。左岸鞍部C测线部分地段 (C-33#~36.5#、C-50#~53#、C-62#~70#点间) 强风化层厚度在5-6m之间, 个别点C-66.5#点) 可达8-10m。

强风化层波速一般在0.80-2.0km/s之间, 由孔旁反推强风化层的平均波速约为1.2km/s左右。参见报告附图30-W6-3-1~30-W6-3-5。

3、坝址区断层破碎带比较发育, 低速带多达18处, 虽然大部分低速带的宽度在3-5m之间, 但F_{D1}断层破碎带的规模较大, 波速在2.9-3.6km/s之间, 推测宽度12-15m, 走向约N11°E。其余低速带的性质及走向待定。参见报告附图30-W6-3-10。

3.1.2 厂洞区

1、沿D₁测线第四纪覆盖厚度和风化程度与坝址区A、B测线情况相当, 第四纪覆盖层和全风化层的总厚度, 多数在2-4m之间, 少数可达5-6m。强风化层厚度多在2-3m之间, 少数地段 (D₁-26.5#~28.5#、D₁-45.5#~51.0#、D₁-78#~81#点间) 可达5~6m。

2、沿D₂测线第四纪覆盖层和全风化层的总厚度, 多在2-3m之间, 平均比D₁测线薄1m左右, 强风化层厚度多数在2-3m之间, 仅D₂-82#~84#点间可达5-6m。

3、下池取水口附近, 沿D₃测线人工堆积块石、碎石层厚度在5-16m之间, 多数在15m左右。参见报告附图30-W6-3-6、30-W6-3-7。

4、沿引水洞线构造不甚发育。3km洞线共发现12处低速带, 宽度大部分在4-5m之间, 宽度6-9m的低速带仅4处 (中心点为D₁-65#、D₁-77#、D₂-83#、D₂-95#), 低速带的性质及走向待查。参见报告附图30-W6-3-10。

3.1.3 石料场

1、 G_1 测线SE段的第四纪覆盖层和全风化层的总厚度以及强风化层厚度比NW段厚1-2m。NW段($G_1-25\# \sim 54\#$ 点间)第四纪覆盖层和全风化的总厚度多数在2-3m之间,强风化厚度多数也在2-3m之间,而SE段($G_1-10\# \sim 25\#$ 点间)第四纪覆盖层和全风化层的总厚度多数在4-5m之间,强风化层厚度多数在3-4m之间。个别地段($G_1-20\# \sim 25\#$ 点间)可达5-6m。参见报告附图30-W6-3-8。

2、沿 G_2 测线,第四纪覆盖层和全风化层的总厚度变化不大,多数在4-5m之间,但强风化层厚度变化较大,大致以 $G_2-55\#$ 点处的公路为界,公路以西($G_2-15\# \sim 54\#$ 点间)强风化厚度多数在2-3m之间,而公路以东($G_2-56\# \sim 80\#$ 点间)强风化层厚度多数在5-6m之间,局部地段($G_2-63\# \sim 65\#$ 点间)可达10m左右。参见报告附图30-W6-3-9。

3、石料场构造不甚发育。沿 G_1 测线未发现低速带,沿 G_2 测线虽有二处低速带(中心点在 $G_2-22\#$ 和 $G_2-67\#$)但规模较小($G_2-22\#$ 低速带宽度虽接近10m,但 $V_j = 4.0 \text{ km/s}$,速度偏高)。沿 G_1 、 G_2 测线大部分测段的界面速度在5.5 km/s左右,表明岩体比较完整。值得提出的是, G_2 测线的NE段, ($G_2-69\# \sim 81\#$ 点间)界面速度在4.4 km/s左右,推测岩体完整性稍差,但不可能是 F_{D1} 断层破碎带反映,因该处波速比C-4 2.5#点和F-44#点处的 F_{D1} 的速度(2.9-3.6 km/s)高得多。参见报告附图30-W6-3-10。

3.2 建议

坝址区发现的低速带较多,本次工作由于受工作量限制,大部分低速带皆未查明走向和倾向,建议补充适量的电探工作,以追踪其走向和倾向。

红石抽水蓄能电站

钻孔弹模试验报告

水利部松辽水利委员会水利基本建设工程质量检测中心



(96)量认(国)字(G1467)号

编号			
类别		密级	

检测 报 告

报告名称 钻孔弹模试验报告

工程名称 红石抽水蓄能电站

委托单位 东勘院勘测总公司通化一公司

报告发送日期 96 年 12 月 5 日

检 测 报 告

中心技术负责人 王 檠 96年 12月 2日
中心质量负责人 王 檠 96年 12月 2日
室技术负责人 杜国文 96年 11月 30日
室质量负责人 谭国平 96年 11月 27日
报告校核人 巩敬明 96年 11月 25日
报告编写人 谢振中 96年 11月 20日

红石抽水蓄能电站钻孔弹模试验报告

一、前言

为了正确选择基岩与建筑物本身共同工作的设计方案，就必须对岩体变形规律和特性进行了解。无论是局部或整体的变形都往往限制了工程的使用，因此，变形控制是工程设计的基本准则之一。显然获得岩体变形规律的特性对岩体工程的设计、施工及管理等方面都有重要的意义。

为获得红石抽水蓄能电站岩体的变形特性，在调压井附近BN09号孔内分别在孔深22.48~23m、64.48~65.00m、84.48~85.00m三段进行了孔内变形试验。具体位置见图1。

二、试验钻孔位置及地质概况

红石抽水蓄能电站位于白山电站和红石电站之间，BN09号钻孔位于调压井附近，钻孔的地面高程为617.93m，孔内水位高程为612.55米，岩性为花岗质片麻岩，岩质坚硬，岩石矿物成分主要为长石、石英、黑云母等。鳞片粒状变晶结构，片麻状构造，片麻理倾角 50° 。详细地质情况见图1，BN09钻孔柱状图。

三、试验目的和任务

钻孔岩体变形试验是在钻孔中通过钻孔膨胀计给孔施加径向压力，同时测得孔壁径向位移，以获得岩体变形特性参数的一种试验方法，应用该方法，对BN09号孔的岩体进行测试，测出该岩体的变形模量和弹性模量。

根据日本方面要求及仪器情况计量单位采用旧制。

该试验孔共测试三个测段，试验孔径为76mm，其最大压力为 $90\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

四、工作原理及试验方法

1、仪器性能

本次试验采用测量仪器是日本生产的OYO-200钻孔膨胀仪，

该仪器的基本参数如下：

额定压力： $200\text{kg}/\text{cm}^2$ ；

最大测量深度：100m；

胶囊直径：70mm；

最大测量变形：20mm；

测量精度：0.01mm

采用4135A型X—Y自动记录仪，记录仪具有4A版的记录范围，可将主机接收的压力，位移信号自动记录绘成曲线。

2、工作原理

OYO—200钻孔膨胀计的测试原理是通过水泵对探头上的胶囊施加静荷载，使胶囊膨胀紧贴孔壁，并将荷载传递到孔壁岩体上孔壁岩体受压产生径向变形。通过测试探头可检测出被测孔径的变形及荷载大小，同时用X—Y记录仪现场测试时自动绘制压力—变形曲线。

3、试验方法

(1)测试前的准备

在测试阶段之前及在主要的检修如更换胶囊之后，应对胶囊及整个仪器系统做全面检查并把探头放在标定管中标定。一切正常后再运往测试现场，在现场将电源接收仪、X—Y记录仪、电缆接头、高压输水管、水泵连接好，使整个系统处在正常工作状态

膨胀计入孔前将钻孔注满水，把探头和钻杆连接好一切准备好后用钻机绞车将探头送到测点位置。其孔内安装示意图如图3所示。

(2)测试

测试开始，读取初读数，用逐级一次循环法进行试验。其试验程序如图3所示。

①最大压力为 $90\text{kg}/\text{cm}^2$ ；

②加荷减荷速率 $5\text{kg}/\text{cm}^2/\text{min}$ ；

③每一循环的最高压力稳压5分钟、且分别在1、3、5分钟时读取3个读数；

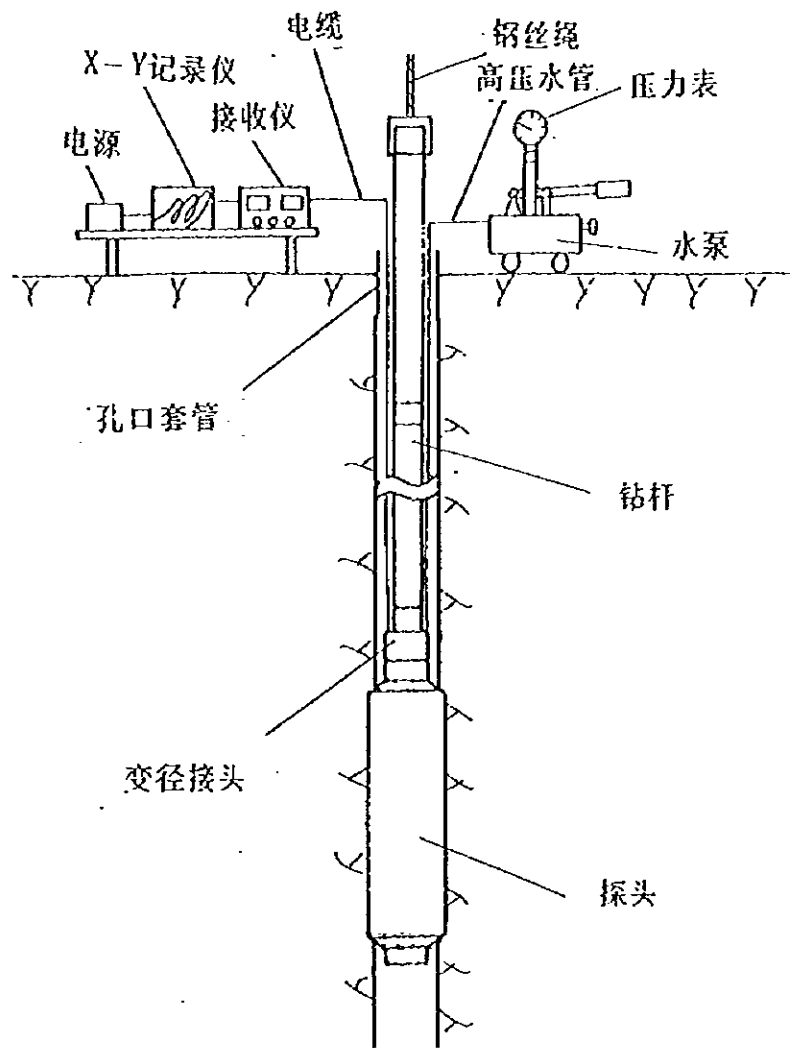


图2 孔内安装示意图：

- ④最高压力 $90\text{kg}/\text{cm}^2$ 至少循环两次；
- ⑤每一循环的最低压力应为接触压力，接触压力应为保证胶囊始终牢固地贴在孔壁上，接触压力要保持5分钟，且在1、3、5分钟时读取3个读数；
- ⑥最后一个循环结束后将压力降至最低，当胶囊完全和孔壁

脱开时，即可移动探头进行下一点测试。

五、资料整理及计算

1、资料整理

①孔壁岩体所受压力 P_c 的计算

$$P_c = P - P_0$$

式中 P ——为仪器测试压力；

P_0 ——为接触压力(胶囊从初始状态膨胀到和孔壁岩体牢固地接触所需的压力)。

孔壁岩体所受的压力应从测值中减去 P_0 。

②孔壁岩体径向变形值 Δr 的计算

$$\Delta r = \Delta R - \Delta R_0$$

式中 ΔR ——为仪器测试位移读数；

ΔR_0 ——为接触压力时仪器测试位移读数。

各测点每级压力时孔壁岩体所受压力 P_c 及径向位移 Δr 值见钻孔膨胀计测试资料整理表1—表3。

以径向变形 Δr 为横坐标，以孔壁岩体所受压力 P_c 为纵坐标绘出曲线，升压用实线表示，降压用虚线表示，钻孔变形试验压力~变形曲线见图4~图6。

2、岩体变形模量及弹性模量的计算

由于岩体中存在不连续面，岩体不是理想的完全弹性体。通过多次加荷卸荷试验，所得到的压力变形曲线是一条存在塑性变形的回滞曲线。

在钻孔变形试验测试中，当孔壁岩体所受的压力为 P_c 时，岩体的径向变形为 $\Delta \gamma_r$ ，其大小反映了岩体的抗变形特性，岩体所受压力由 P_c 下降到0时，岩体的回弹变形为 $\Delta \gamma_e$ ，它反映了岩体的弹性变形特性。

因此，可用下面公式求得岩体的变形模量和弹性模量。

$$E_s(E) = (1 + \gamma) \cdot \frac{D}{2\Delta \gamma} P_c$$

式中 γ ——岩体泊松比；

D ——测点钻孔的初始直径；

P_c ——孔壁岩体所受压力；

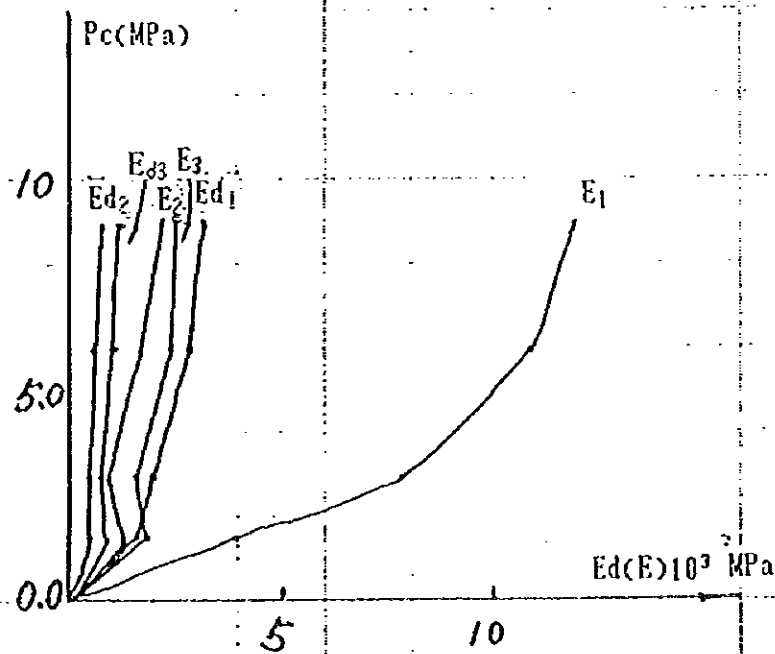
$\Delta \gamma$ ——孔壁岩体的径向变形。

如将全变形 $\Delta \gamma$ 代入上式，所求得的价值为岩体的变形模量 E_d 。
如将弹性变形 $\Delta \gamma_e$ 代入上式，所求得的价值为岩体的弹性模量 E 。

由于该仪器所测得的孔壁岩体的径向变形 $\Delta \gamma$ 是测点孔周6个方向的平均值，故所求得的 E_d 、 E 值均为该段垂直孔轴方向的平均值。

每个测点不同压力下的变形模量和弹性模量的计算成果见表4。其压力与 E_d 、 E 关系曲线见图7。

图7 各测点压力~变形(弹性)模量关系曲线



六、资料分析

1、压力~变形曲线的分析

从曲线中可看出，每级压力下岩体均不能完全回弹，说明岩体有残余变形存在。

从曲线形状看均属上凹型曲线即位移速率随压力的增大而变小的趋势，在每级压力下均有回弹值，说明该岩体弹性较好。

2、对压力~变形参数曲线的分析

从图7中可看出，随着压力的升高，岩体的变形模量及弹性模量均在增大，说明测试压力下岩体残余变形也较明显，这应是测试区内变形模量和弹性模量普遍不高的一个原因，从随岩层深浅的变化趋势看，与岩芯风化程度的描述和ROD指标是一致的。

3、该仪器是测试软岩用的，本地区测试结果偏低，可能与该仪器的应用范围有关。

七、成果

1、此次测得岩体的变形模量和弹性模量见表5。

变形模量及弹性模量值

表5

编 号	变形模量Ed (MPa)	弹性模量E (MPa)	压 力 (MPa)
BN09-1	3200	11000	0.62
BN09-2	730	2200	0.62
BN09-3	960	2340	0.62

2、本次试验只测试了三段，资料太少很难找出其规律性，由于仪器测量的精度为0.01mm，对较硬一类的岩体进行测量时，由于孔壁变形很小，因此误差很大。因而该成果仅供参考。

图1 BNo9 柱状图

工程名称	红石抽水蓄能电站		设计阶段	可行性研究	勘察单位	华北勘测设计研究院	
坐 标			地面高程	617.93m	钻孔位置	泥三井附近	
钻孔位置及方向	90°		钻头类型	合金金刚石	开孔日期	1996年9月26日	
孔口标高 (m)	616.98	0.95	孔口直径 (m)	100	孔口直径 (m)	100	孔口直径 (m)
孔口直径 (m)	0.95	0.95	孔口直径 (m)	100	孔口直径 (m)	100	孔口直径 (m)
孔口直径 (m)	0.95	0.95	孔口直径 (m)	100	孔口直径 (m)	100	孔口直径 (m)
孔口直径 (m)	0.95	0.95	孔口直径 (m)	100	孔口直径 (m)	100	孔口直径 (m)
孔口直径 (m)	0.95	0.95	孔口直径 (m)	100	孔口直径 (m)	100	孔口直径 (m)
孔口直径 (m)	0.95	0.95	孔口直径 (m)	100	孔口直径 (m)	100	孔口直径 (m)

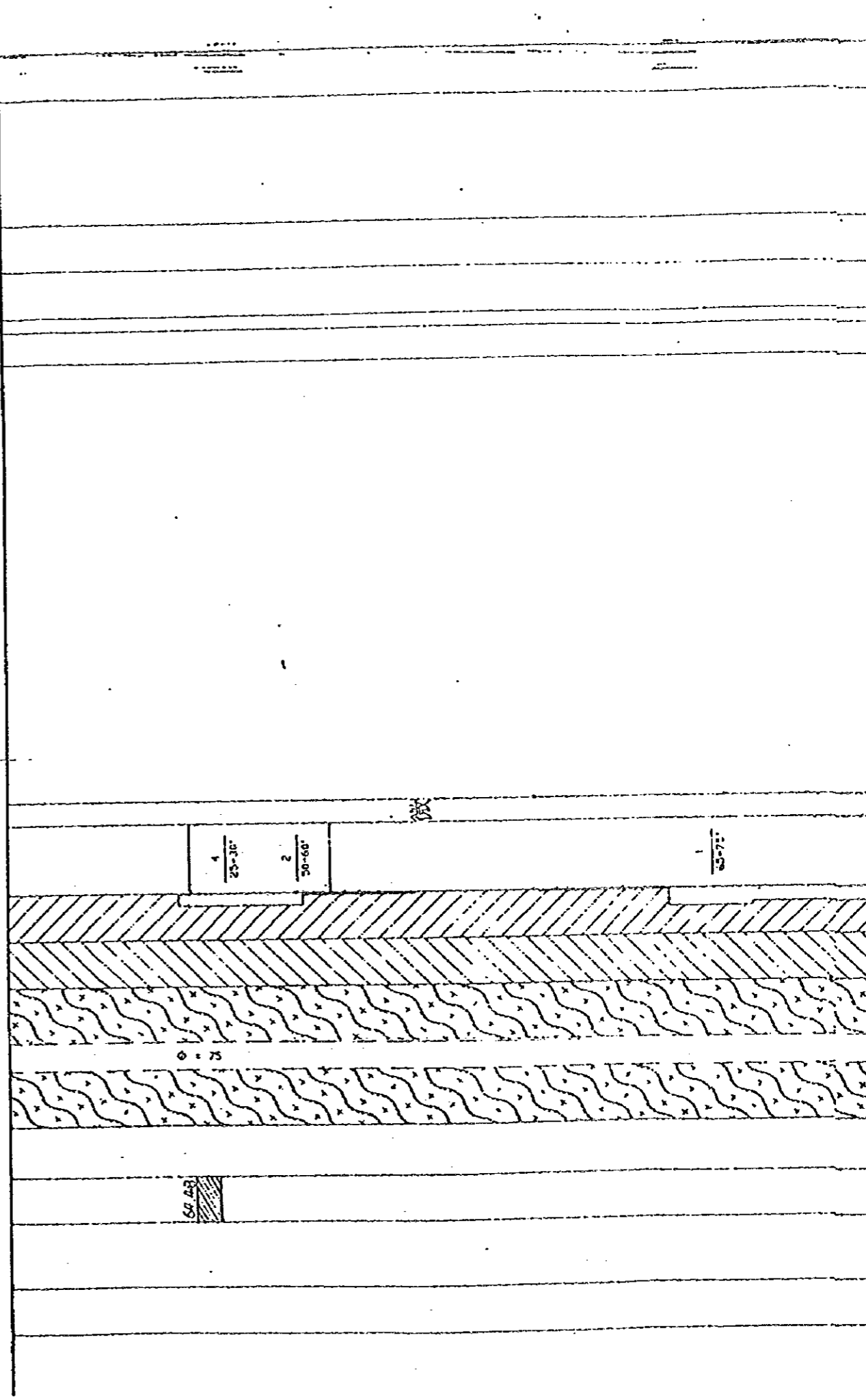
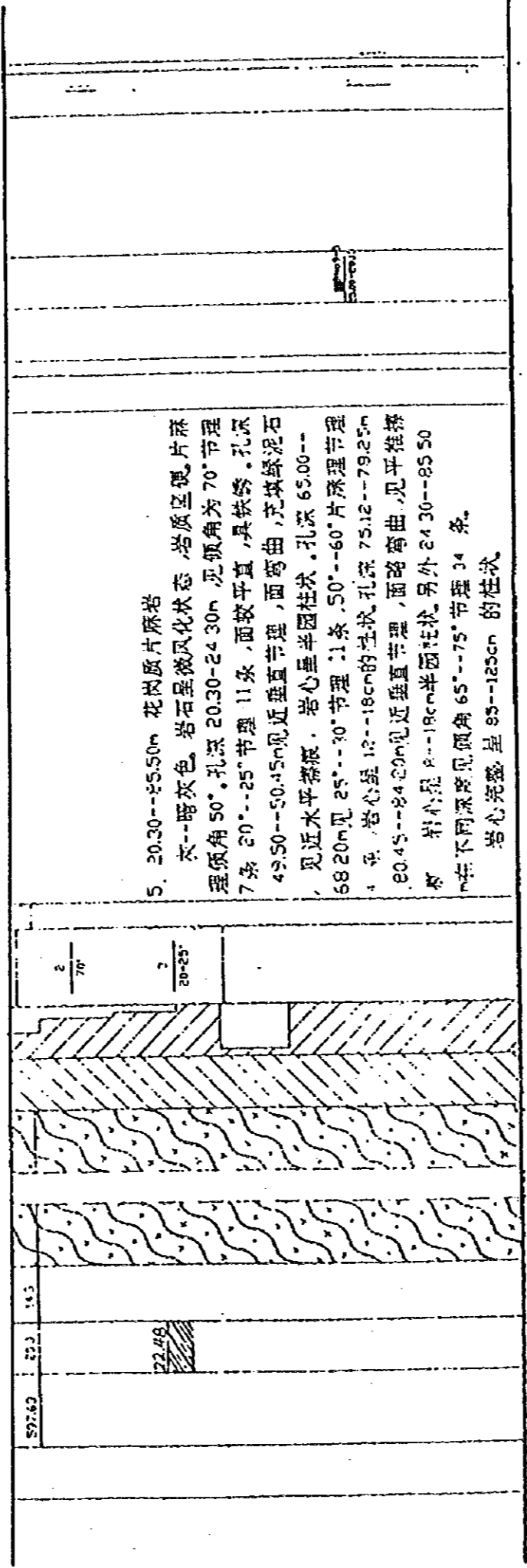
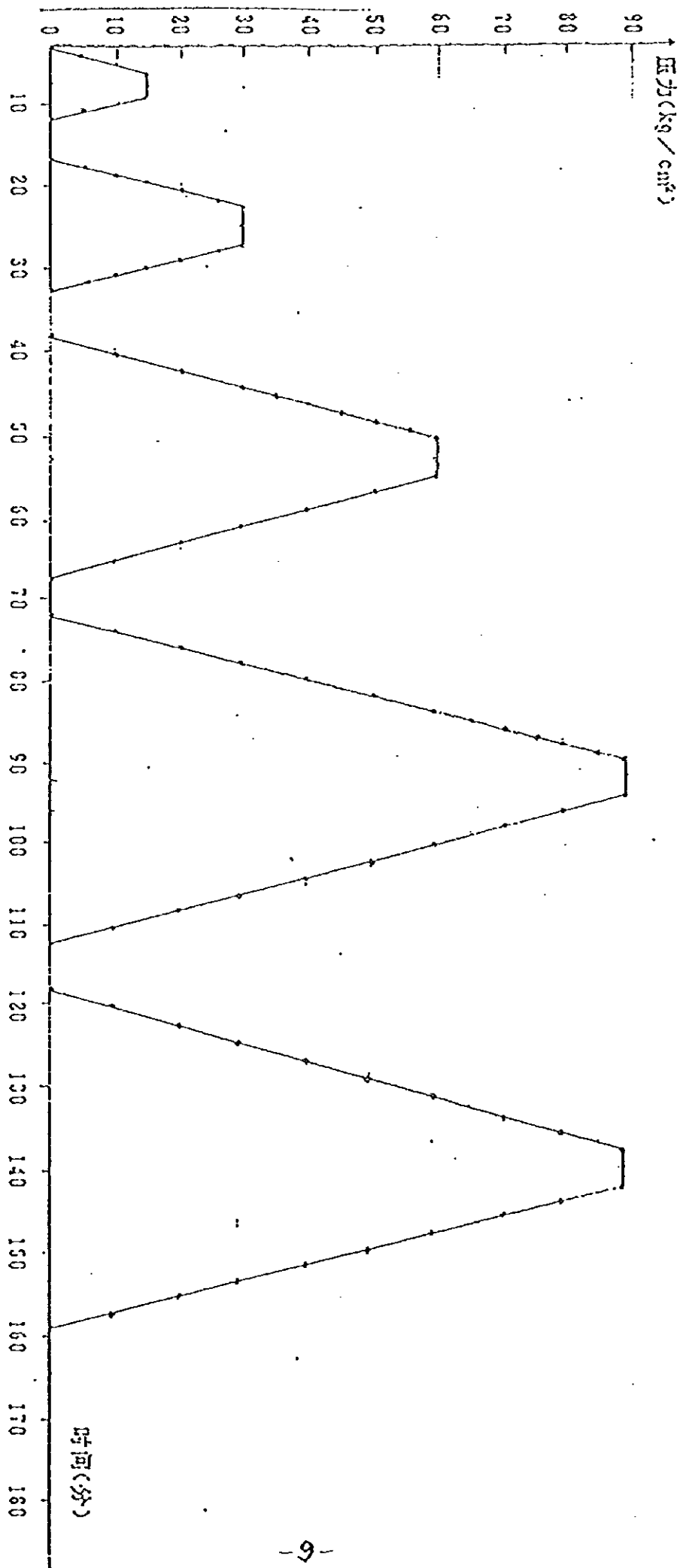


图3 孔内变形试验加压、减压程序



- 说明：1、加压、减压速率 $5\text{kg}/\text{cm}^2/\text{min}$ ；
 2、最大压力 $90\text{kg}/\text{cm}^2$ 至少循环两次；
 3、图中压力为孔壁岩体所受压力；
 4、每一循环的最高压力和接触压力稳压5分钟，且在1、3、5分钟时读取3个读数；
 5、最高压力 $90\text{kg}/\text{cm}^2$ 的稳压标准为相邻两次读数不大于0.01毫米。

钻孔膨胀计测试资料整理表

表 1

测点编号: BN09-1

胶囊编号: 1[#]

岩 性: 花岗质片麻岩

接触压力 P_0 : 14kg/cm²

测点孔径 ϕ : 22.04mm

测点位置: 64.48~65.00m

循环	实测压力 P (kg/cm ²)	孔壁岩体所受压力 P_0 (kg/cm ²)	实测变形 ΔR (mm)	孔壁岩体变形 $\Delta \gamma$ (mm)	备注
1	14.0	0.0	1.39	0.00	
	19.0	5.0	1.41	0.02	
	24.0	10.0	1.42	0.03	
	29.0	15.0	1.44	0.05	
	24.0	10.0	1.44	0.05	
	19.0	5.0	1.44	0.05	
2	14.0	0.0	1.42	0.03	
	19.0	5.0	1.42	0.03	
	24.0	10.0	1.43	0.04	
	29.0	15.0	1.44	0.05	
	34.0	20.0	1.45	0.06	
	39.0	25.0	1.46	0.07	
	44.0	30.0	1.47	0.08	
	34.0	20.0	1.47	0.08	
3	24.0	10.0	1.46	0.07	
	14.0	0.0	1.45	0.06	
	24.0	10.0	1.45	0.06	
	31.0	20.0	1.46	0.07	
	41.0	30.0	1.46	0.08	
	49.0	35.0	1.47	0.08	
	54.0	40.0	1.47	0.08	
	59.0	45.0	1.48	0.09	
64.0	50.0	1.48	0.09		

钻孔膨胀计测试资料整理表 (BN09-1)

续表1

循环	实测压力 P(kg/cm ²)	孔壁岩体所受压力 P _c (kg/cm ²)	实测变形 ΔR(mm)	孔壁岩体变形 Δγ(mm)	备注
	69.0	55.0	1.19	0.10	
	71.0	60.0	1.50	0.11	
	64.0	50.0	1.50	0.11	
	54.0	40.0	1.50	0.11	
	44.0	30.0	1.19	0.10	
	34.0	20.0	1.19	0.10	
	24.0	10.0	1.40	0.09	
1	14.0	0.0	1.47	0.08	
	24.0	10.0	1.17	0.08	
	34.0	20.0	1.18	0.09	
	44.0	30.0	1.18	0.09	
	54.0	40.0	1.19	0.10	
	64.0	50.0	1.50	0.11	
	71.0	60.0	1.51	0.12	
	79.0	65.0	1.51	0.12	
	84.0	70.0	1.52	0.13	
	89.0	75.0	1.52	0.13	
	94.0	80.0	1.53	0.14	
	99.0	85.0	1.54	0.15	
	104.0	92.0	1.54	0.15	
	94.0	80.0	1.54	0.15	
	84.0	70.0	1.54	0.15	
	71.0	60.0	1.54	0.15	
	64.0	50.0	1.53	0.14	
	54.0	40.0	1.53	0.14	

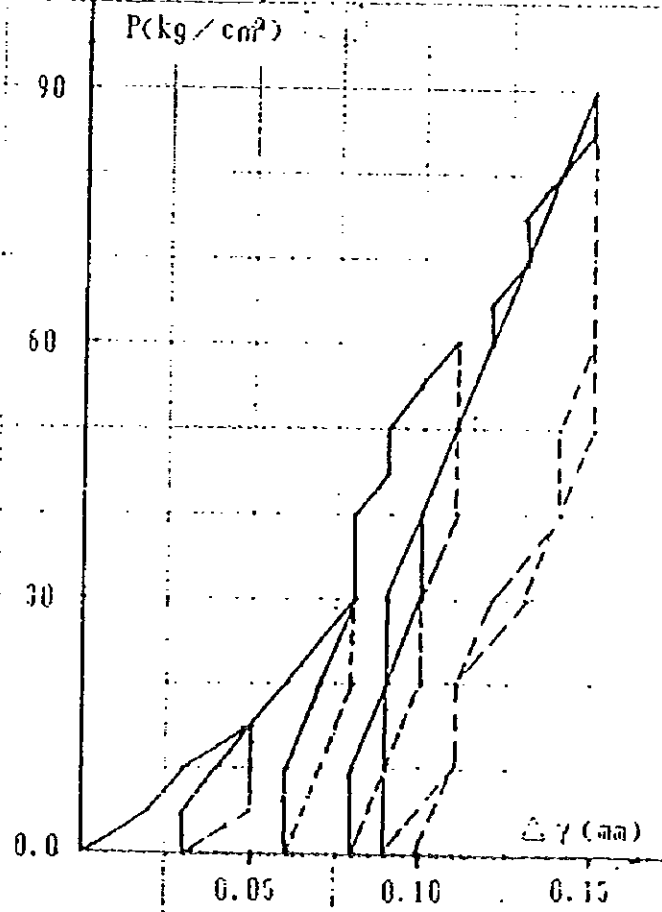
钻孔膨胀计测试资料整理表 (BN09-1)

续表1

循环	实测压力 P(kg/cm ²)	孔壁岩体所受压力 Pc(kg/cm ²)	实测变形 ΔR (mm)	孔壁岩体变形 $\Delta \gamma$ (mm)	备注
5	11.0	30.0	1.51	0.12	
	34.0	20.0	1.50	0.11	
	24.0	10.0	1.50	0.11	
	14.0	0.0	1.46	0.09	
	24.0	10.0	1.48	0.09	
	34.0	20.0	1.46	0.09	
	44.0	30.0	1.49	0.10	
	54.0	40.0	1.49	0.10	
	64.0	50.0	1.50	0.11	
	74.0	60.0	1.51	0.12	
	84.0	70.0	1.52	0.13	
	94.0	80.0	1.53	0.14	
	104.0	90.0	1.54	0.15	
	94.0	80.0	1.54	0.15	
	84.0	70.0	1.54	0.15	
	74.0	60.0	1.54	0.15	
	64.0	50.0	1.54	0.15	
	54.0	40.0	1.53	0.14	
	44.0	30.0	1.52	0.13	
	34.0	20.0	1.50	0.11	
24.0	10.0	1.50	0.11		
14.0	0.0	1.49	0.10		

图4 岩体压力——变形曲线

8N09-1



钻孔膨胀计测试资料整理表

表 2

测点编号: BN09-2

胶囊编号: 1¹

岩 性: 花岗质片麻岩

接触压力 P_0 : 13.00kg/cm²

测点孔径 ϕ_0 : 79.24mm

测点位置: 64.48~65.00m

循环	实测压力 $P(\text{kg/cm}^2)$	孔壁岩体所受压力 $P_c(\text{kg/cm}^2)$	实测变形 $\Delta R(\text{mm})$	孔壁岩体变形 $\Delta \gamma(\text{mm})$	备注
1	13.0	0.0	2.49	0.00	
	18.0	5.0	2.57	0.08	
	23.0	10.0	2.62	0.13	
	28.0	15.0	2.68	0.19	
	23.0	10.0	2.68	0.19	
	18.0	5.0	2.65	0.16	
2	13.0	0.0	2.62	0.13	
	18.0	5.0	2.63	0.14	
	23.0	10.0	2.64	0.15	
	28.0	15.0	2.70	0.21	
	33.0	20.0	2.76	0.27	
	38.0	25.0	2.80	0.31	
	43.0	30.0	2.88	0.39	
	33.0	20.0	2.86	0.37	
3	23.0	10.0	2.83	0.34	
	13.0	0.0	2.74	0.25	
	23.0	10.0	2.76	0.27	
	33.0	20.0	2.81	0.32	
	43.0	30.0	2.92	0.43	
	48.0	35.0	2.94	0.45	
	53.0	40.0	2.97	0.48	
58.0	45.0	2.98	0.49		

钻孔膨胀计测试资料整理表 (BN09-2) 续表2

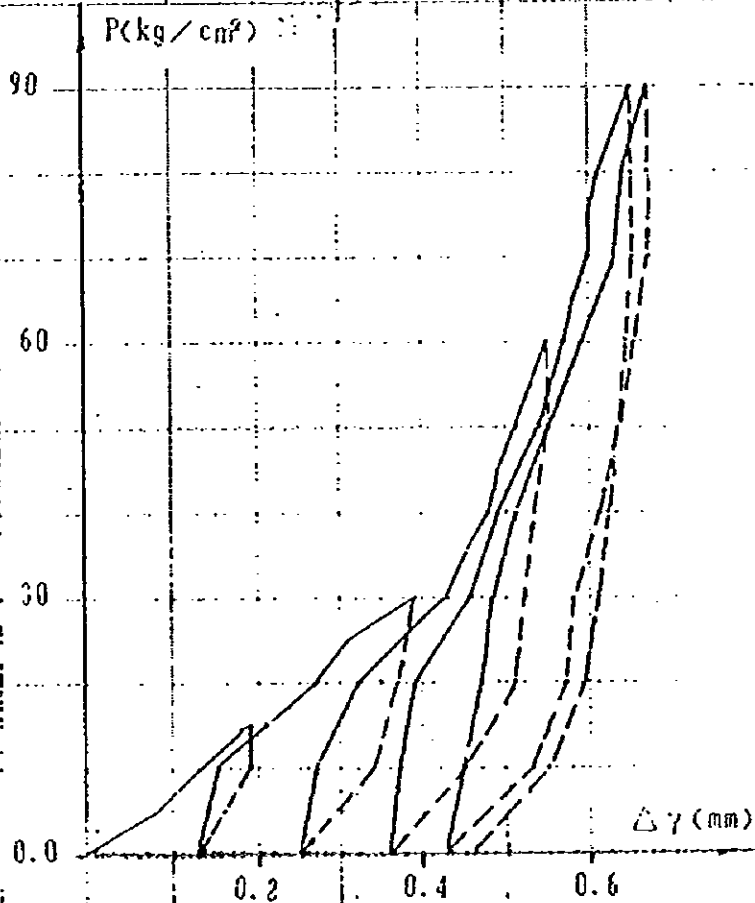
循环	实测压力 P(kg/cm ²)	孔壁岩体所受压力 Pc(kg/cm ²)	实测变形 ΔR (mm)	孔壁岩体变形 $\Delta \gamma$ (mm)	备注
	63.0	50.0	3.00	0.51	
	68.0	55.0	3.02	0.53	
	73.0	60.0	3.04	0.55	
	63.0	50.0	3.04	0.55	
	53.0	40.0	3.02	0.53	
	43.0	30.0	3.01	0.52	
	33.0	20.0	3.00	0.51	
	23.0	10.0	2.94	0.45	
4	13.0	0.0	2.85	0.36	
	23.0	10.0	2.86	0.37	
	33.0	20.0	2.88	0.39	
	43.0	30.0	2.95	0.46	
	53.0	40.0	2.98	0.49	
	63.0	50.0	3.03	0.54	
	73.0	60.0	3.06	0.57	
	83.0	70.0	3.09	0.60	
	88.0	75.0	3.09	0.60	
	93.0	80.0	3.10	0.61	
	98.0	85.0	3.12	0.63	
	103.0	90.0	3.14	0.65	
	93.0	80.0	3.14	0.65	
	83.0	70.0	3.14	0.65	
	73.0	60.0	3.13	0.64	
	63.0	50.0	3.12	0.63	
	53.0	40.0	3.10	0.61	

钻孔膨胀计测试资料整理表 (BN09-2) 续表2

循环	实测压力 P(kg/cm ²)	孔壁岩体所受压力 P _c (kg/cm ²)	实测变形 ΔR(mm)	孔壁岩体变形 Δγ(mm)	备注
5	43.0	30.0	3.07	0.56	
	33.0	20.0	3.06	0.57	
	23.0	10.0	3.02	0.53	
	13.0	0.0	2.92	0.43	
	23.0	10.0	2.94	0.45	
	33.0	20.0	2.96	0.47	
	43.0	30.0	2.95	0.46	
	53.0	40.0	3.00	0.51	
	63.0	50.0	3.04	0.55	
	73.0	60.0	3.06	0.59	
	83.0	70.0	3.12	0.63	
	93.0	80.0	3.13	0.64	
	103.0	90.0	3.16	0.67	
	93.0	80.0	3.16	0.67	
	83.0	70.0	3.16	0.67	
	73.0	60.0	3.14	0.65	
	63.0	50.0	3.12	0.63	
	53.0	40.0	3.11	0.62	
	43.0	30.0	3.10	0.61	
	33.0	20.0	3.06	0.59	
23.0	10.0	3.04	0.55		
13.0	0.0	2.94	0.45		

图5 岩体压力——变形曲线

8N09-2



钻孔膨胀计测试资料整理表

表3

测点编号: BND9-3

胶套编号: 1[#]

岩 性: 花岗质片麻岩

接触压力 P_0 : 8.00g/cm²

测点孔径 ϕ : 19.50mm

测点位置: 22.40~23.00m

循环	实测压力 $P(\text{kg/cm}^2)$	孔壁岩体所受压力 $P_c(\text{kg/cm}^2)$	实测变形 $\Delta R(\text{mm})$	孔壁岩体变形 $\Delta \gamma(\text{mm})$	备注
1	8.0	0.0	2.66	0.00	
	13.0	5.0	2.70	0.04	
	18.0	10.0	2.72	0.06	
	23.0	15.0	2.76	0.10	
	18.0	10.0	2.76	0.10	
	13.0	5.0	2.74	0.08	
2	8.0	0.0	2.71	0.05	
	13.0	5.0	2.72	0.06	
	18.0	10.0	2.75	0.09	
	23.0	15.0	2.77	0.11	
	28.0	20.0	2.80	0.14	
	33.0	25.0	2.83	0.17	
	38.0	30.0	2.87	0.21	
	28.0	20.0	2.87	0.21	
3	18.0	10.0	2.83	0.17	
	8.0	0.0	2.77	0.11	
	18.0	10.0	2.79	0.13	
	28.0	20.0	2.84	0.18	
	38.0	30.0	2.90	0.24	
	48.0	40.0	2.93	0.27	
	58.0	45.0	2.98	0.32	

钻孔膨胀计测试资料整理表 (BN09-3) 续表3

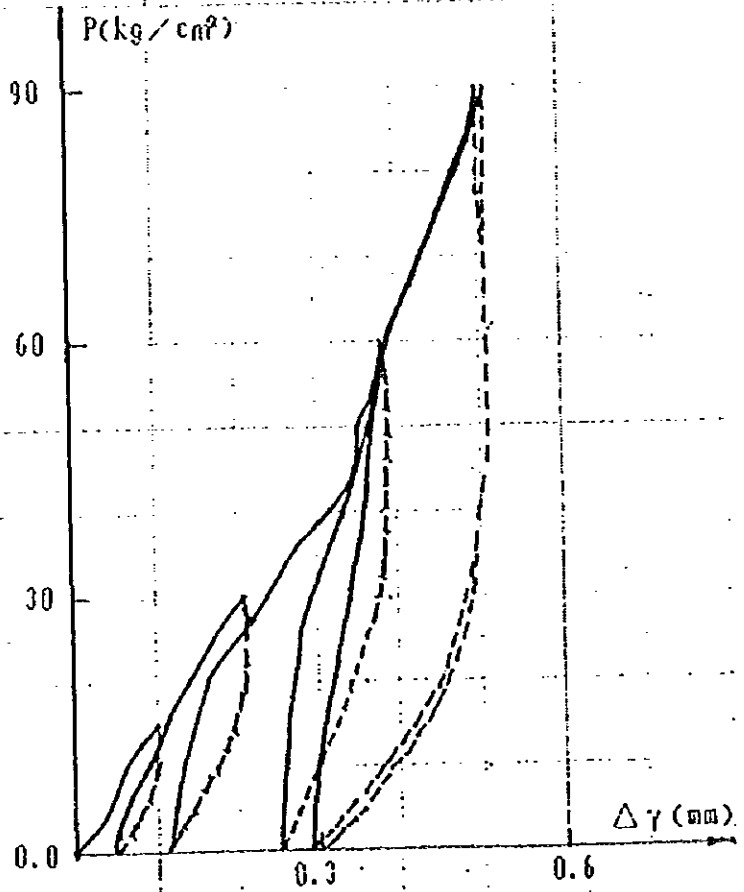
循环	实测压力 P(kg/cm ²)	孔壁岩体所受压力 Pc(kg/cm ²)	实测变形 ΔR (mm)	孔壁岩体变形 Δr (mm)	备注
	58.0	50.0	3.01	0.35	
	63.0	55.0	3.03	0.37	
	68.0	60.0	3.04	0.38	
	58.0	50.0	3.05	0.39	
	48.0	40.0	3.05	0.39	
	38.0	30.0	3.04	0.38	
	28.0	20.0	3.00	0.34	
	18.0	10.0	2.96	0.30	
4	8.0	0.0	2.91	0.25	
	18.0	10.0	2.92	0.26	
	28.0	20.0	2.93	0.27	
	38.0	30.0	2.95	0.29	
	48.0	40.0	2.99	0.33	
	58.0	50.0	3.02	0.36	
	68.0	60.0	3.05	0.39	
	73.0	65.0	3.07	0.41	
	76.0	70.0	3.09	0.43	
	83.0	75.0	3.11	0.45	
	88.0	80.0	3.13	0.47	
	93.0	85.0	3.15	0.49	
	98.0	90.0	3.16	0.50	
	88.0	80.0	3.17	0.50	
	78.0	70.0	3.17	0.51	
	68.0	60.0	3.17	0.51	

钻孔膨胀计测试资料整理表 (BN09-3) 续表3

循环	实测压力 P(kg/cm ²)	孔壁岩体所受压力 Pc(kg/cm ²)	实测变形 ΔR (mm)	孔壁岩体变形 $\Delta \gamma$ (mm)	备注
	50.0	50.0	3.17	0.51	
	48.0	40.0	3.16	0.50	
	36.0	30.0	3.14	0.46	
	28.0	20.0	3.11	0.45	
	16.0	10.0	2.96	0.30	
	28.0	20.0	2.96	0.32	
	36.0	30.0	3.00	0.34	
	40.0	40.0	3.02	0.36	
	50.0	50.0	3.03	0.37	
	60.0	60.0	3.05	0.39	
	70.0	70.0	3.09	0.43	
	80.0	80.0	3.14	0.46	
	90.0	90.0	3.17	0.51	
	88.0	80.0	3.17	0.51	
	70.0	70.0	3.17	0.51	
	66.0	60.0	3.17	0.51	
	58.0	50.0	3.17	0.51	
	48.0	40.0	3.16	0.50	
	36.0	30.0	3.15	0.49	
	26.0	20.0	3.12	0.46	
	16.0	10.0	3.05	0.39	
	6.0	0.0	2.96	0.30	

图6 岩体压力——变形曲线

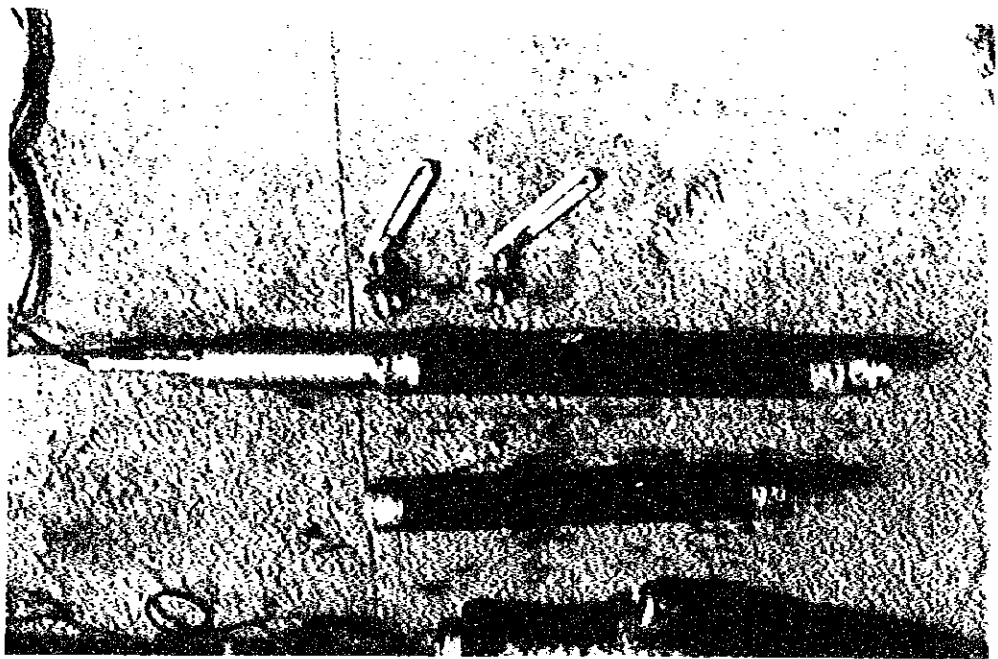
BN09-3



钻孔弹模试验成果表

表 4

测点编号 测点孔径 泊松比 γ	孔壁压力 P_c (MPa)	全变形 $\Delta \gamma_f$ (mm)	弹性变形 $\Delta \gamma_e$ (mm)	变形比 $\frac{\Delta \gamma_f}{\Delta \gamma_e}$	变形模量 E_d (Mpa)	弹性模量 E (MPa)	计算系数 $(1 + \gamma) D/2$
BN09-1 $\phi=77.04$ mm $\gamma=0.36$	1.47	0.05	0.02	2.5	1563	3907	53.16
	2.94	0.08	0.02	4.0	1953	7815	
	5.88	0.11	0.03	3.7	2842	10420	
	8.82	0.15	0.04	3.75	3126	11722	
	8.82(2)	0.15	0.05	3	3126	9377	
BN09-2 $\phi=79.24$ mm $\gamma=0.40$	1.47	0.19	0.06	3.2	429	1359	55.47
	2.94	0.39	0.14	2.8	418	967	
	5.88	0.55	0.19	2.9	593	1317	
	8.82	0.65	0.22	3.0	753	2224	
	8.82(2)	0.67	0.22	3.0	730	2224	
BN09-3 $\phi=79.56$ mm $\gamma=0.40$	1.47	0.10	0.05	2.0	616	1636	55.71
	2.94	0.21	0.10	2.1	760	1636	
	5.88	0.36	0.14	2.7	862	2340	
	8.82	0.50	0.21	2.4	962	2340	
	8.82 (2)	0.51	0.21	2.4	963	2340	



仪器探头及胶囊



接收仪，X - Y 记录仪直接流电源

松花江 流域 红石抽水蓄能电站 工程 可行性研究 阶段

钻孔压水试验成果一览表

电力工业部 水利部 东北勘测设计研究院

一九九六年十月

