

水利水电工程地质勘察 经验选编

电力工业部水力发电建设总局 主编
水利部规划设计管理局

水利出版社

内 容 提 要

本书选编了水利水电工程地质勘察中几个主要工程地质问题的实践经验总结,包括区域地质构造稳定的探讨,坝基抗滑稳定分析,岩溶发育规律和渗漏,松散地基、地下建筑物、定向爆破筑坝的工程地质问题和物探在水利水电工程地质勘察中的应用等问题。

本书可供从事水利水电工程地质人员及大专院校有关专业的师生参考。

水利水电工程地质勘察 经验选编

电力工业部水力发电建设总局 主编
水利部规划设计管理局

水利出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 18印张 414千字

1980年2月第一版1980年2月北京第一次印刷

印数 0001—4580册 每册 2.05元

书号 15047·4002

限国内发行

前 言

建国以来，水利水电工程地质勘察工作取得了很大成绩，积累了丰富的实践经验。为了总结交流地质勘察的技术经验，提高地质勘察人员的技术水平，多快好省地进行地质勘察工作，水利电力部于1978年8月在山东牟平召开了全国水利水电工程地质勘察技术经验交流会议，本书就是这次会议资料的选编，希望通过它能达到更广泛交流的目的。

本书共汇集了24篇文章，主要是具有现实意义的工程地质问题的技术经验总结，其内容，有些是问题的全面总结，有些是问题的研究解决途径，有些是问题分析研究方法的探讨。勘探方面，选了两篇综合性物探文章。

本书在编写过程中，曾得到水利水电系统许多勘测设计单位的支持和协助，长江流域规划办公室、电力部成都勘测设计院、电力部东北勘测设计院、水利部天津勘测设计院和电力部昆明勘测设计院还参加了审、定稿的工作，在此一并致谢。

由于我们水平所限，书中不妥和错误之处，敬请读者批评指正。

电力工业部水力发电建设总局

水利部规划设计管理局

一九七九年八月

目 录

前 言

丹江口坝基断裂构造的规律及工程地质特性·····	1
潘家口水库坝区构造特征与坝址选择·····	12
坝基泥化夹层的工程地质研究·····	24
浙江省火山岩缓倾角软弱结构面的工程地质特征·····	34
乌江渡水电站右坝肩抗滑稳定分析·····	43
岩基上混凝土坝抗滑稳定几个问题的商榷·····	54
龙羊峡高坝岩基变形特性试验研究初步总结·····	64
佛子岭和梅山两水库坝基地质及运行期间的工程地质问题·····	74
西南地区水利水电建设中的岩溶研究现状·····	83
猫跳河梯级电站岩溶渗漏及防渗处理·····	91
滇东地区几个水电站的岩溶渗漏问题 ·····	107
川西深厚覆盖层上建坝的工程地质研究 ·····	119
黄河中、下游软基工程地质勘察初步总结 ·····	142
几个山区河谷淤泥类土的工程地质特性 ·····	153
现场管涌试验及有关管涌的几个问题的探讨 ·····	162
官厅水库坝基“表面砂层”液化问题的初步分析 ·····	173
潘家口水库混凝土骨料的碱活性问题 ·····	185
广东水电站地下洞室工程地质问题 ·····	195
广东省南水水电站定向爆破筑坝地质总结 ·····	210
平面投影法分析岩体稳定性 ·····	223
岩体结构面组合交线的几种求解方法 ·····	243
岩体中的应力测量(孔底法) ·····	252
物探在水利水电勘测中的应用 ·····	269
物探在葛洲坝工程上的应用 ·····	279

丹江口坝基断裂构造的规律及工程地质特性

长江流域规划办公室

丹江口河床及两岸的混凝土坝，建于强度很高的火成岩体上。断裂构造是坝基的主要工程地质问题。

一、区域地质概况

丹江口及其邻近地区，处于秦岭东西复杂构造带的东南部，经过了多期构造变动，有着漫长的发展历史。由于受到淮阳山字型构造的影响，构造线走向偏转为北西西。初步认为，它的雏型在雪峰期就已形成，至印支期基本奠定，后经燕山、喜山期更趋复杂。先后卷入的地层有元古界、古生界和中、新生界。震旦系与元古界副片岩以假整合接触，泥盆系与志留系为假整合或不整合接触。中、基性火成岩体侵入于元古界和下古生界地层中。坝基火成岩体为顺层侵入的岩墙，与围岩成混熔接触。上述岩层有着基本一致的构造形变，表现为一系列走向北西西的紧密线状褶皱和平行褶皱展布的断层，构成北西西构造带（图1）。

在此构造带中，分布有一系列红层盆地，沉积了数千米厚的以碎屑岩类为主的中、新生界地层。它们都有以断裂为主要形式的构造形变。切断白垩至下第三系、上第三系和第四系地层的断层，亦作北西西向展布（图1、图2）。断裂面挤压特征很明显（图3），显示了晚近期仍受到北北东-南南西方向的挤压。

由此可见，近南北向的挤压应力始终控制着本区的构造形变，北西西构造体系的应力场是本区的主要应力场，并具多期继承复合的特征。

二、坝基各组构造结构面的力学性质及复合情况

坝基破裂结构面按走向划分有：北西西、北西、近南北（包括北北西）、近北东（包括北北东）和北东东-近东西等五组（图4）。下面对各组结构面的力学性质和复合关系做一概论分析。

（一）北西西组结构面

北西西组结构面是一组压性面，在片岩中最为发育，除片理、褶皱面外，较大的断裂有 F_{688} 、 F_{217} 、 F_{209} 等。在火成岩中，除右部河床及右岸的辉长辉绿岩片理清楚外，断裂只有 F_{100} 和 F_{1270} 。片岩或火成岩中的断裂，其构造岩都以片状糜棱岩和角砾糜棱岩最发育。除 F_{1270} 断裂面，只见到上冲擦痕外，其他各条断裂面上，不仅有上冲擦痕，还有显示反时针方向扭动的水平擦痕。

（二）北西组结构面

这组结构面都是规模较大的断裂，破碎带的宽度6~12米。破碎物有构造粘土岩、片状糜棱岩、含角砾糜棱岩、角砾岩和块状构造岩。断裂面上见有水平和倾角 $35^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 的擦痕，为顺时针方向扭动。本组断裂早期为扭性，后期又以压扭性复合。代表性断裂有 F_{16} 、

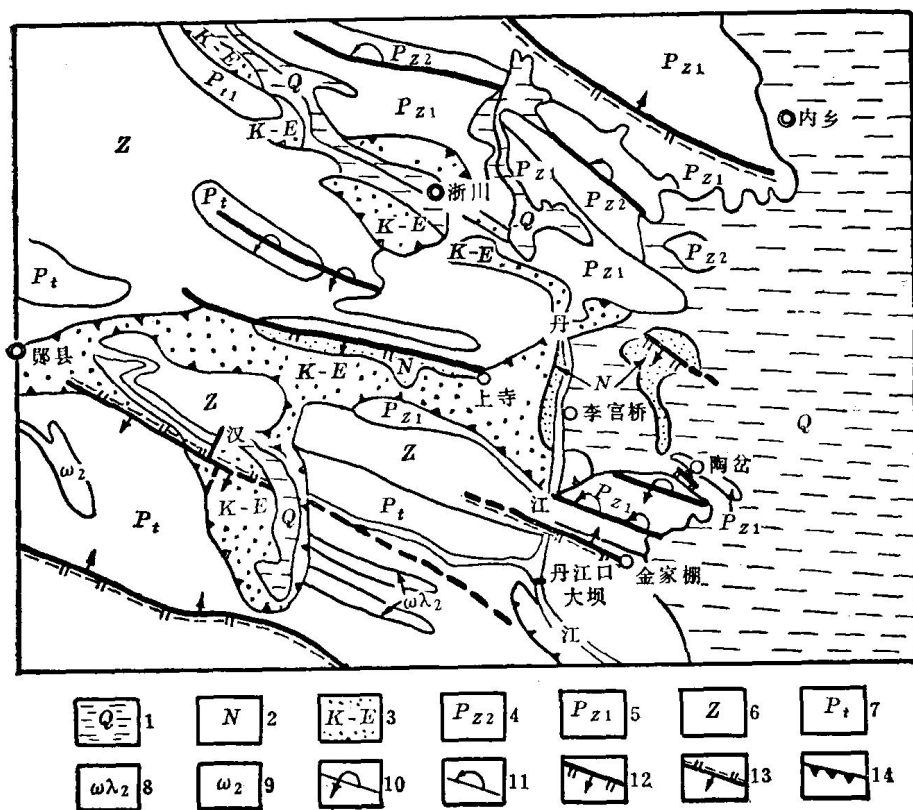


图 1 丹江口地区地质构造略图

1—第四系；2—上第三系；3—白垩下第三系；4—上古生界；5—下古生界；6—震旦系；7—元古界；8—吕梁期辉长辉绿岩(变质)；9—吕梁期辉长岩(变质)；10—倒转背斜；11—倒转向斜；12—正断层；13—多期活动逆断层；14—中新世红层盆地

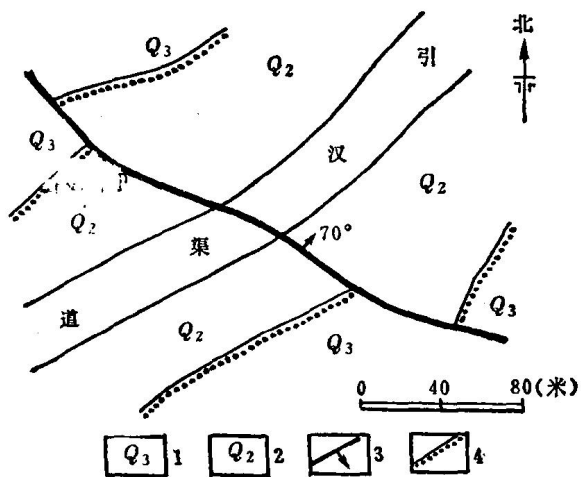


图 2 陶岔第四纪地质图

1—上更新统；2—中更新统；3—断层；4—地层分界线

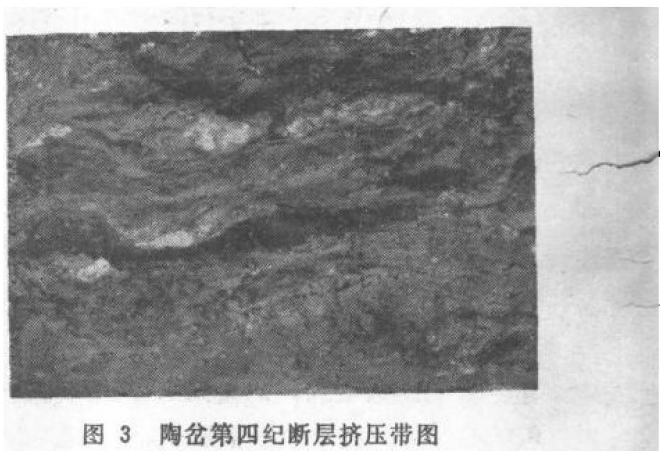


图 3 陶岔第四纪断层挤压带图

F_{241} 、 F_{412} 以及左岸片岩中的 F_{214} 等。

(三) 近南北(包括北北西)组结构面

这组结构面也是规模较大的断裂, 破碎物主要为角砾岩和块状构造岩。断裂面上见有

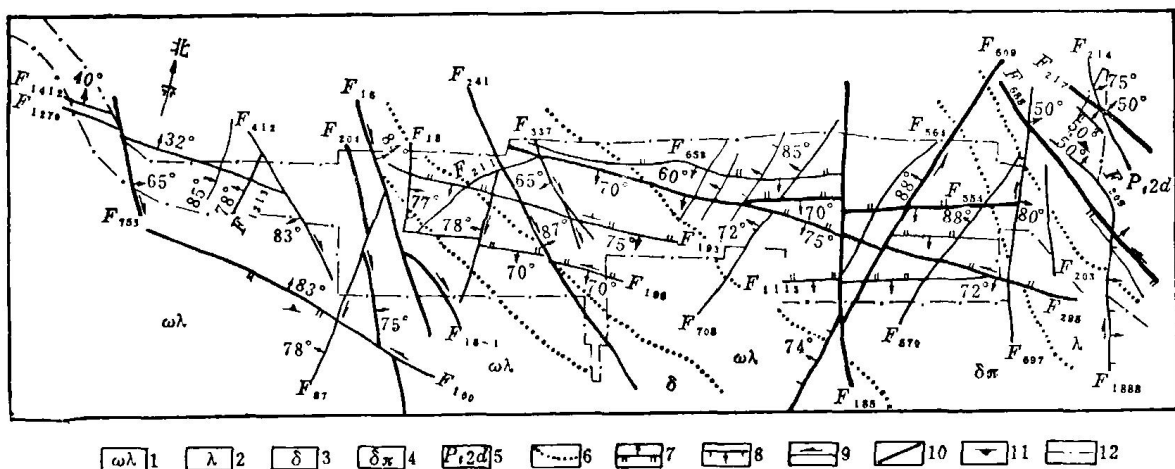


图 4 丹江口坝地质图

1—辉长辉绿岩；2—辉绿岩；3—闪长岩；4—闪长玢岩；5—片岩；6—岩层界线；7—压性断裂；8—张性断裂；9—扭性断裂；10—规模较大的断层；11—片理产状；12—建筑物范围线

水平和倾角 $40^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 的擦痕，早期为张性面，后期又以顺时针方向扭动的张扭性面复合（图 5）。代表性断裂有 F_{185} 、 F_{697} 、 F_{1888} 、 F_{753} 等。

（四）近北东（包括北北东）组结构面

这组结构面在闪长玢岩中最为发育，片岩中颇难见到。规模一般不大，但数量较多，以断裂面平直和延伸不远为其特点。规模较大的如 F_{609} 、 F_{708} 、 F_{570} 等，情况比较复杂，断裂面上见有垂直和水平擦痕，可见很多镜面。早期为反时针方向扭动的扭性面，后期复合为张性面。

（五）北东东～近东西组结构面

这组结构面主要见于河床的火成岩中，破碎带一般不宽，破碎物主要为片状糜棱岩及片块状构造岩，多有石英、方解石脉侵入。断裂面上水平擦痕明显，亦有斜擦痕，为反时针方向扭动，也有受挤压的特征。可能早期为压性面，后期为反时针方向扭动的扭性面复合。代表性断裂有 F_{295} 、 F_{653} 、 F_{554} 等。



图 5 F_{697} 断裂顺扭西盘石英脉的拖曲图

三、坝基断裂的组合关系

在分析了区域地质构造环境和坝基各组断裂的力学性质后，可以看出，坝基岩体的构造变形是受近南北向的挤压力控制，并有如下的组合关系：

印支期，压应力大致南北向作用，形成了走向近东西的 F_{295} 等压性破裂面和走向近南北的 F_{185} 等张性破裂面，以及走向北西的 F_{16} 等与走向近北东的 F_{609} 等一对扭性破裂面，组合成如图 6 所示的构造应变图象。

燕山期，由于淮阳山字型构造扭动应力场的影响，使南北向的压应力改变为顺时针扭动的应力场，形成北西西构造系统，产生了片岩中的 F_{688} 和火成岩中的 F_{100} 等走向北西西

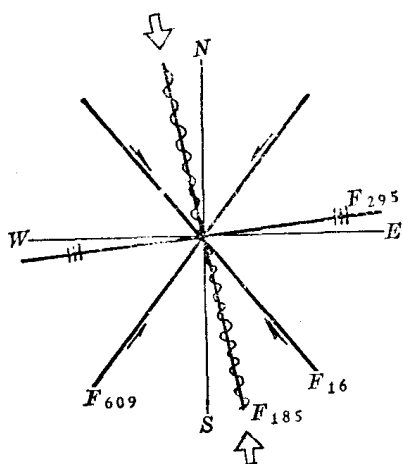


图 6 近东西向构造系统图

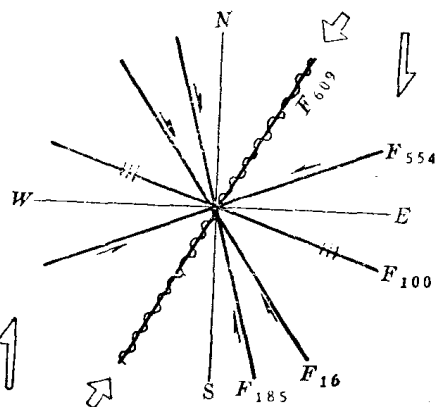


图 7 北西南向构造系统图

的压性破裂面，早期近北东向的扭性面如 F_{609} 等复合为张性面，早期近南北向的张性面如 F_{185} 等复合为张扭性面，北东东组裂面，则复合为压扭性面如 F_{554} 等。它们组合成如图 7 所示的构造应变图象。

四、断裂构造岩类型和特征

断裂破碎带中的构造岩类型，不仅与所受的应力状态有关，也和岩石的性质有关。因此，不同力学成因的断裂，其构造岩的类型是不一样的。有些构造岩虽然外观上近似，但其内部结构仍是有差别的。图 8 表明了坝基不同力学成因的断裂构造岩出现情况。从图 8 可以看出：压性断裂中片状构造岩、糜棱岩和构造粘土岩较多；扭和压扭断裂中，则常见角砾岩、片状构造岩、糜棱岩和构造粘土岩；张性和张扭性断裂中，则见不到片状构造岩和构造粘土岩。至于块状构造岩在各种断裂中都很发育，则反映了岩石脆性破裂的特点。

根据肉眼和镜下观察，不同应力状态成生的构造岩，特征也不一样。按同类型的构造岩比较：压性断裂的构造岩，颗粒一般都较细小，粗颗粒最少，并且大都呈次棱角状，而

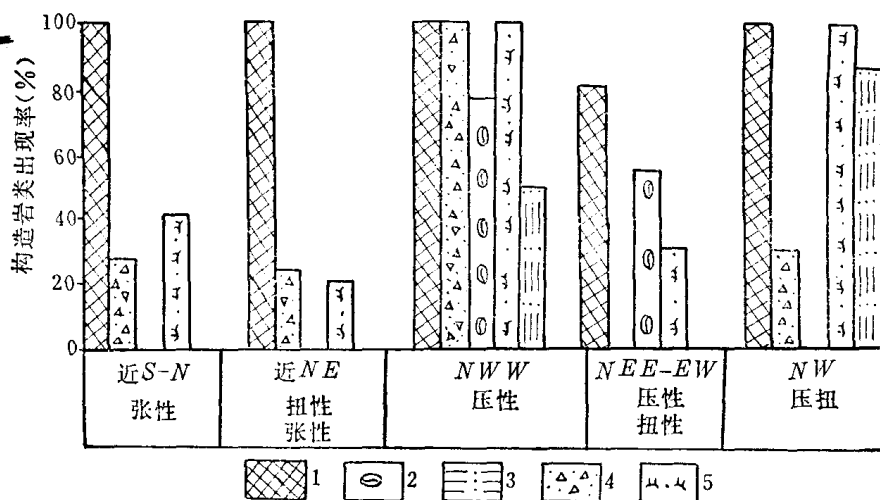


图 8 各种断裂中的构造岩出现率对比图

1—块状构造岩；2—片状构造岩；3—构造粘土岩；4—角砾岩；5—糜棱岩

残碎矿物最破碎。无论是碎裂的岩块或破碎的颗粒以及组成它们的残碎矿物和新生的动力变质矿物等，一般都与断裂走向呈平行的定向排列。扭性断裂的构造岩，岩块或粗颗粒一般相对增多，细颗粒相对减少，且其棱角不明显或呈浑圆状，残碎矿物也很破碎。岩块、颗粒及矿物亦作定向排列，但与主断面微有交角。张性断裂的构造岩，岩块或粗颗粒最多，棱角状，残碎矿物破碎程度相对较轻，破碎物一般都无定向排列。另外，在结构和构造上也是有差异的。例如，同样是糜棱岩，压应力成生的，为细糜棱结构，细眼球条带状构造；而扭应力成生的，则为糜棱状结构，条带状构造。

五、坝基断裂的工程地质特性

如前述，不同应力状态成生的构造岩在类型和特征方面是有区别的，因而其工程地质特性也不一样，弄清它们的各自特性，对于正确的工程处理是很必要的。

（一）构造岩的物理性质

不同力学成因的断裂构造岩的物理性质指标列于表1。从表中可以看出，原岩的结构破坏程度愈重，其物理性质与原岩的差异也愈突出。还可以看出，不同力学成因的断裂构造岩，其密实程度也不同。张性断裂的，比较疏松；压性断裂的，比较密实；而扭性断裂的，则介于其间。

（二）构造岩的水理性质

断裂破碎带内的软弱构造岩中的泥质物，一般都有亲水性的粘土矿物，在水的作用下易于崩解。

从表2可以看出，比较软弱的构造岩受水浸泡后，即引起结构的破坏，成为分散的碎屑颗粒，尤以软弱糜棱岩和构造粘土岩最易崩解。

（三）构造岩的变形特性

从试验获得的构造岩变形特性数值来看（表3），断裂破碎带岩体的变形强弱，主要取决于构造破碎带的性质和破碎程度。从室内和野外试验所得出的数据说明，断裂破碎带的变形是随着破碎程度的加剧而增大，但力学成因不同的同类型构造岩的变形并没有很明显的差异。不过，不同力学成因的断裂，它们的构造岩类型出现情况和总体含量不一样（图8），其总体变形仍是有差别的。因此，工程处理应当有所区别。

（四）构造岩的强度特性

1. 构造岩的抗压强度

构造岩的抗压强度，主要是从一些较大的断裂中取样，在室内进行小试件的试验而得。成果资料见图9。因为做的试验不多，代表性不一定充分。但从图中仍可看出一些问题：首先，构造岩的抗压强度是随着破坏程度的加剧而降低的，如块状构造岩的强度仅降低8~27%，角砾岩的强度则降低了46~89%，糜棱岩、软弱糜棱岩及构造粘土岩的强度一般都降低90%以上。第二，同类型的构造岩的抗压强度，随力学成因不同而异。如压扭性的强度降低得多，张性的强度降低得少，张扭性的则介于二者之间。第三，完整岩石的岩性差异对构造岩强度的影响，无论是从构造岩的破碎程度或不同力学成因的构造岩比较，块状构造岩和角砾岩都比较明显，差值较大；糜棱岩则不明显，差值很小。也就是说，随着构造岩破碎程度的加剧，完整岩石性质上的差异对构造岩强度的影响越来越不明显。

表 1

构造岩的物理性质对比表

构造岩名称	物理性质指标		断 裂 性 质 及 方 向		
			压 扭 性 (北西)	张 扭 性 (北北西)	张 性 (北北东)
块状构造岩	比 重		3.06	2.98	2.75
	容 重 (克/厘米 ³)	干	2.81	2.84	2.64
		天 然	2.87		
	孔 隙 率 (%)			3.40	
	吸 水 率 (%)		0.50	0.57	3.52
	天 然 含 水 量 (%)		0.57		
角 砾 岩	比 重			2.87	2.80
	容 重 (克/厘米 ³)	干		2.63	2.61
		天 然		2.78	
	孔 隙 率 (%)			7.20	8.30
	吸 水 率 (%)			2.14	2.23
	天 然 含 水 量 (%)			0.86	
糜 棱 岩	比 重		2.94	2.97	
	容 重 (克/厘米 ³)	干	2.66	2.90	
		天 然	2.79		
	孔 隙 率 (%)				
	吸 水 率 (%)		1.99	0.40	
	天 然 含 水 量 (%)		2.90		
软弱糜棱岩	比 重		2.85		
	容 重 (克/厘米 ³)	干	2.40		
		天 然			
	孔 隙 率 (%)				
	吸 水 率 (%)				
	天 然 含 水 量 (%)				
构造粘土岩	比 重		2.71		
	容 重 (克/厘米 ³)	干	1.19		
		天 然	2.17		
	孔 隙 率 (%)				
	吸 水 率 (%)		5.55		
	天 然 含 水 量 (%)				

表 2

构造岩崩解状况表

构造岩类型	崩解状况	崩解后颗粒含量
坚硬糜棱岩	浸水后数小时开始崩解, 5~10天即全部崩解, 呈块状及粒状散开	
软弱糜棱岩	浸水后数十分钟开始崩解, 4~5天内全部崩解, 最快的半小时即全部崩解, 呈粒状散开	1~0.5毫米 9~12% <0.5毫米 11~15% 粉粒级 少量
构造粘土岩	浸水后数小时即全部崩解, 有些在数分钟内即崩解完毕, 呈片状散落	0.06~0.03毫米 10% 0.03~0.002毫米 14% <0.002毫米 35%

表 3

构造岩变形特性指标表

构造岩名称	试验项目	室内静力法		野外静力法	
		扭性断裂 (北西)	张扭性断裂 (北北西)	扭性断裂 (北西)	张扭性断裂 (北北西)
块状构造岩	弹性模量 E (10^4 公斤/厘米 2)	62.4	64.4	1.3~2.0	4.7
	泊桑比	0.31	0.29		
角砾岩	弹性模量 E (10^4 公斤/厘米 2)		40.0		2.7
	泊桑比				
糜棱岩	弹性模量 E (10^4 公斤/厘米 2)	9.4		0.29~0.48	
	泊桑比	0.38			

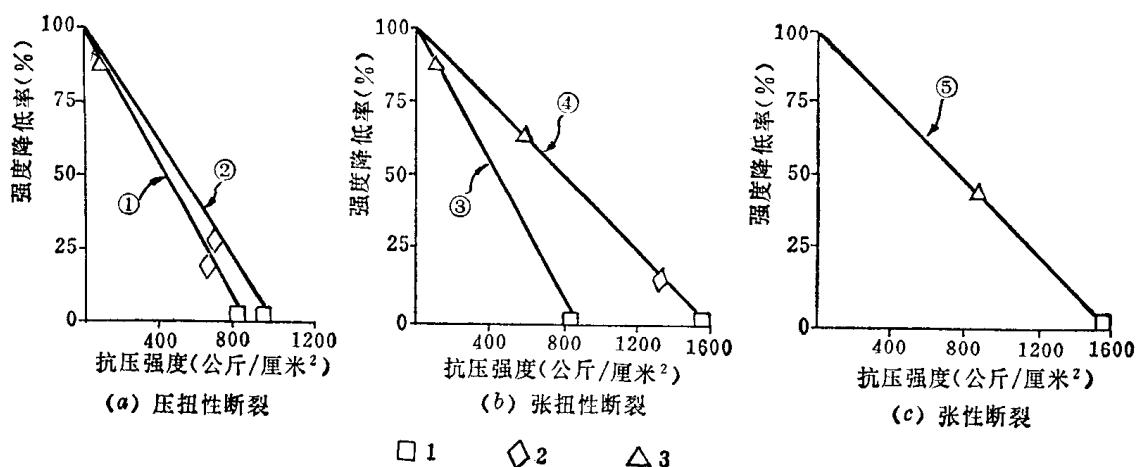


图 9 不同类型构造岩强度关系图

①灰绿色辉长辉绿岩; ②深绿色辉长辉绿岩; ③辉绿岩; ④、⑤中斑晶闪长玢岩
1—完整岩石; 2—块状构造岩; 3—角砾岩;

表 4 裂隙分带指标表

裂隙分带	统计组数 (组)	岩块直径 (米)	裂隙密度 (条/米 ²)
极强裂隙带	26	<0.1	10
强裂隙带	24	0.1~0.3	7
弱裂隙带	33	>0.3	5

2. 不同破碎程度的岩石抗剪强度

野外剪力试验表明, 抗剪断强度值和抗剪强度值主要决定于岩石的断裂构造和节理裂隙的发育状况, 即与岩石的破碎程度有密切的关系。依据岩石受裂隙切割的岩块直径大小和裂隙密度, 将坝基岩体裂隙发育强度划分为三个带: 极强裂隙带, 强裂隙带和弱裂隙带(表4)。

不同破碎程度的岩石, 其剪力试验成果列于表5。从表5可以看出, 无论岩石与岩石或混凝土与岩石的抗剪断强度值和抗剪强度值, 都大致是随着岩石破碎程度的加剧而降低的, 具有与抗压强度相类似的特点。

表 5 岩石剪力试验成果表

岩石破碎程度	混凝土—岩石				岩石—岩石			
	抗剪断强度		抗剪强度		抗剪断强度		抗剪强度	
	tg φ	c (公斤/厘米 ²)	tg φ	c (公斤/厘米 ²)	tg φ	c (公斤/厘米 ²)	tg φ	c (公斤/厘米 ²)
弱裂隙带	1.16	11.8	0.89	4.1	1.68	26.4		
强与极强裂隙带	1.08	14.6	0.80	6.5	1.63	22.5	0.73	7.5
构造岩	0.94	12.6	0.66	2.1	1.50	21.8	0.72	10.0

注 表中tg φ系摩擦系数, c系凝聚力。

(五) 断裂的透水性

坝基火成岩体的透水性与断裂的性质关系密切。从几条较大的断裂的压水试验资料来看, 北西向的扭性断裂透水性很小, 如 F_{241} 、 F_{16} 、 F_{16} 与 F_{204} 的交汇带的单位吸水量 ω 值一般都小于0.001升/分·米·米, 只在断裂上盘局部有 ω 值大于0.01升/分·米·米的; 北北东向的 F_{609} 张性断裂的透水性相对的要大一些, ω 值一般为0.01~0.1升/分·米·米, 局部(如与其他方向断裂交接部位或影响带)还有 ω 值大于0.1升/分·米·米的透水带; 近南北向的 F_{188} 张扭性断裂的透水性也要大些, ω 值一般为0.01~0.1升/分·米·米。上述情况已被坝基帷幕灌浆压水试验资料所进一步证实(图10)。从图10来看, 张性和张扭性断裂的透水性大, 一般都是透水的; 压性和压扭性断裂的透水性小, 一般可视为实际不透水的。但是, 压性断裂 F_{1270} 与 F_{1412} 的透水性有些偏大(ω 值大于0.01升/分·米·米的试段各为21.5%与11.1%), 这可能与断裂上盘破碎影响带的裂隙多无充填物有关。总之, 图10表明, 不同力学成因的断裂, 其透水性是不相同的, 而同一断裂的破碎程度不同的部位, 其透水性也不一样, 断裂上盘的透水性往往比下盘要大些。

六、断裂的工程处理

丹江口混凝土坝的坝基处理, 一般地段多采取开挖清除、灌浆固结、防渗排水等措施。例如: 坝基范围内的高倾角裂隙和小的断裂破碎带, 在一般情况下, 对坝基岩体的稳定没有什么影响, 就按要求开挖到新鲜岩面和有利于抗滑稳定的基坑地形即可; 对于较小

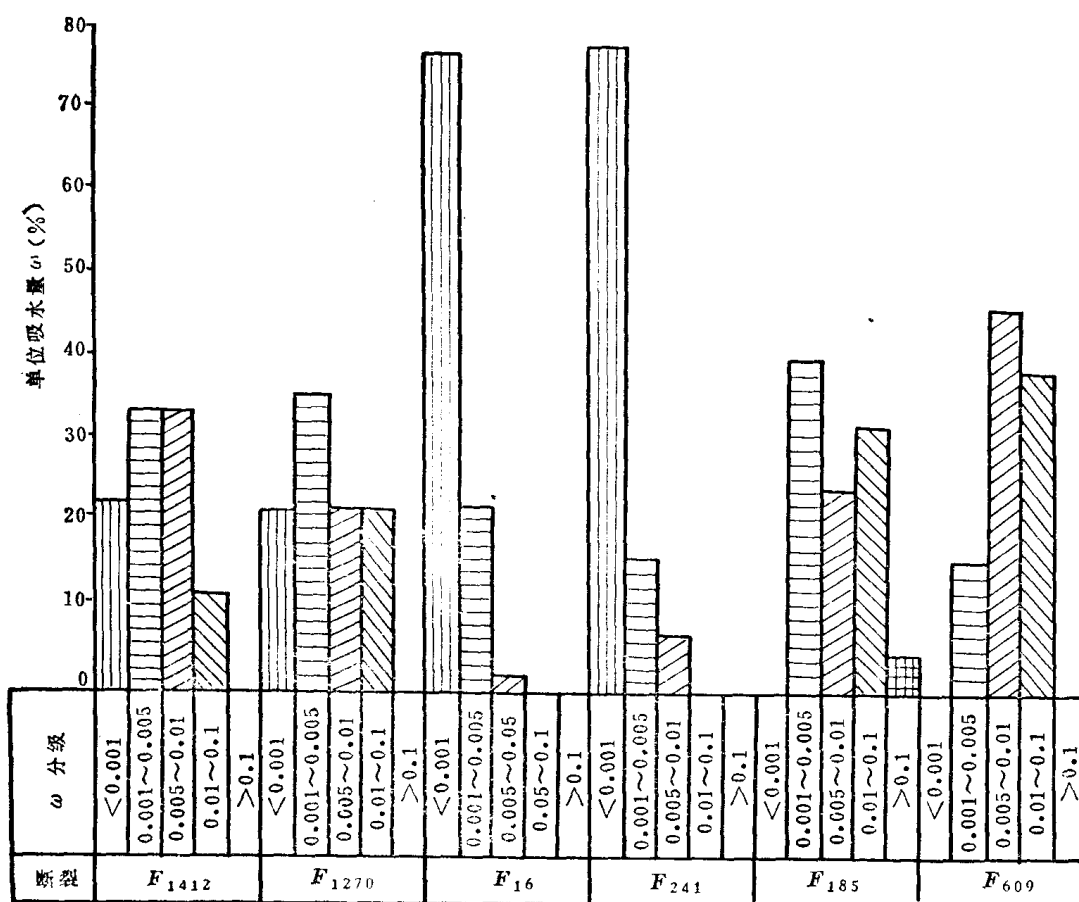


图 10 坝基较大断裂压水试验 ω 值对比图

的断裂破碎带和裂隙密集带，则按宽深比为1:1开挖回填混凝土，形成塞子；在坝基上、下游应力较大的部位，用灌浆固结，以提高岩体的整体性；采取防渗帷幕加排水的措施，降低坝基渗透压力；根据基岩的完整性及其物理力学性质，选取合理的设计参数等等。一般来讲，也就满足坝基岩体的稳定条件了。至于那些规模比较大，问题比较复杂的断裂，则针对问题的性质和严重程度，分别采取相应的处理措施。

(一) F_{16} 与 F_{204} 交汇破碎带的处理

F_{16} 是一条规模比较大的断裂，由于与其右边的 F_{204} 相距较近，在它们之间形成了贯通坝基上下游的宽达20~30余米的断裂交汇破碎带，影响到三个坝段，成为坝基处理的重点。在断裂影响带及交汇带中，岩石极为破碎，构造粘土岩、软弱糜棱岩、角砾岩和块状构造岩都较发育。显然，断裂带中的各种构造岩之间以及外围新鲜完整岩石之间的工程地质特性差异很大，从而导致地基产生不均匀沉陷和渗透变形问题。为了确保大坝的安全，采取了如下的工程处理措施：①浇筑两端搁置在较为完整的新鲜基岩上的混凝土楔形梁，以改善地基的受力条件。开挖清基以满足梁塞的要求为准，并在梁的两端斜坡和断裂影响带进行接触灌浆和固结灌浆。②设浅混凝土防渗齿墙加防渗帷幕，防渗降压，防止因渗水对构造粘土岩和软弱糜棱岩的破坏而发生的地基变形。因水泥灌浆效果不佳，后改用丙凝灌浆，才较好地解决了防渗降压问题（图11）。大坝挡水以来的观测资料表明，未出现异

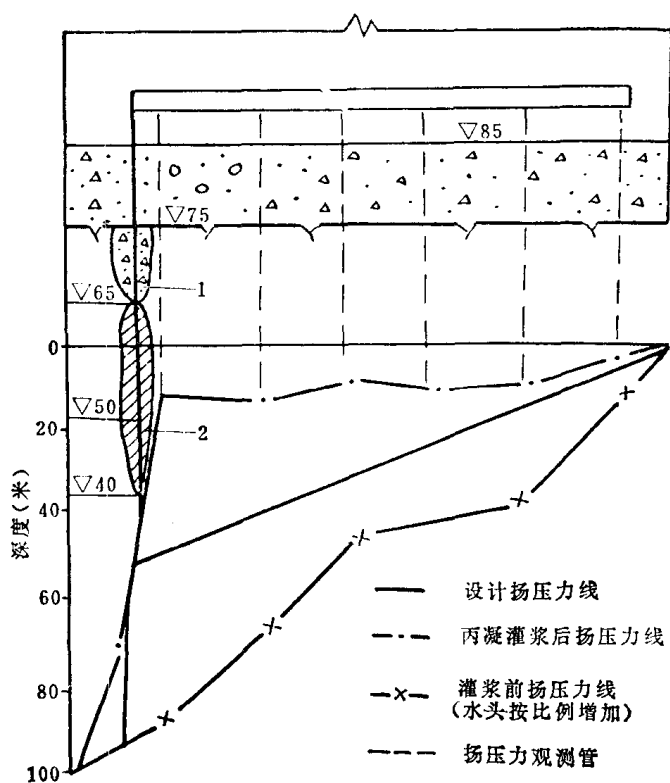


图 11 灌浆前后扬压力分布图
1—混凝土防渗齿墙；2—丙凝帷幕

同方向倾斜的缓倾角裂隙也较发育，其间距一般为 0.3 米左右。断裂带上盘透水性较大。从这条断裂的具体情况判断，它给建筑物带来的主要问题是不均匀沉陷。考虑到断裂倾角缓的特点，处理措施以开挖清除为主，将断裂带中的强风化夹泥层全部挖除。开挖深度一般为 5~8 米，个别坝段因埋深较大而未挖除的部分，则采取加强固结灌浆和防渗降压的措施（图 12）。

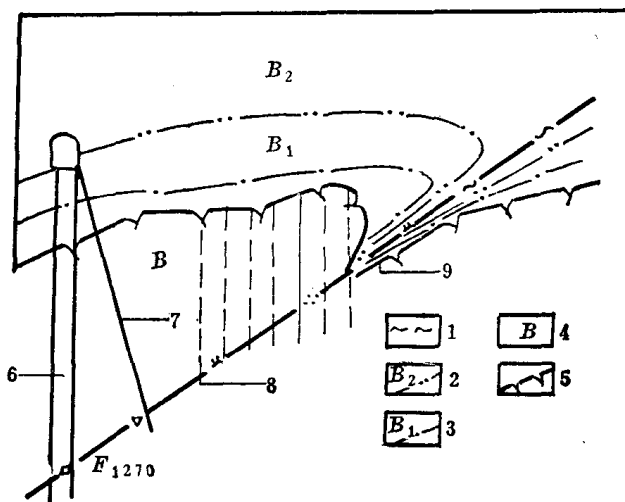


图 12 F_{1270} 处理示意图

1—夹泥；2—强、弱风化带界线；3—弱风化与新鲜岩石界线；4—新鲜岩石；5—开挖竣工地形线；6—帷幕线；7—排水孔；8—固结灌浆孔；9—抽槽深挖

常现象，证明通过上述各种措施处理之后，地基稳定条件有了很大的改善。

(二) F_{1270} 缓倾角断裂的处理

F_{1270} 是一条倾角 $30^\circ \sim 40^\circ$ 的压性断裂。沿走向北西斜跨右联 3~7 坝段分布，倾向上游偏河床。断裂破碎带岩石风化较重，一般都达到强风化程度，沿断裂面有厚度 1~2 厘米局部达到 10 厘米的黄色泥层。风化构造岩石沿断裂面向深部延伸较远，一般都达到新鲜岩面以下 8~12 米，形成深风化夹泥层。断裂构造岩的强度很低，其厚度变化也较大。在断裂上、下盘附近，

(三) F_{185} 和 F_{609} 断裂的处理

F_{185} 断裂走向近南北，早期为张性面，后期复合为张扭性面。 F_{609} 断裂走向北北东，早期为扭性面，后期复合为张性面。它们都发育于左部河床的中斑晶闪长玢岩中，规模大，贯穿坝基上下游，透水性强。透水带的深度很大，并具有不均匀性（图13）。对这类断裂的处理主要是防渗降压，采用加强防渗帷幕并设置排水孔的措施降低坝基扬压力。先用水泥浆灌注，在一定程度上降低了基岩的透水性。但因细微裂隙较多，水泥浆灌注的效果不佳，虽经采取提高水泥细度，高速搅拌，掺塑化剂等措施，部分地段的最终吸浆率仍然较大，检查孔的 ω 值也大于防渗设计要求。所以在透水性最大的部位又增设一排丙凝帷幕（图14），才达到了防渗降压的要求。

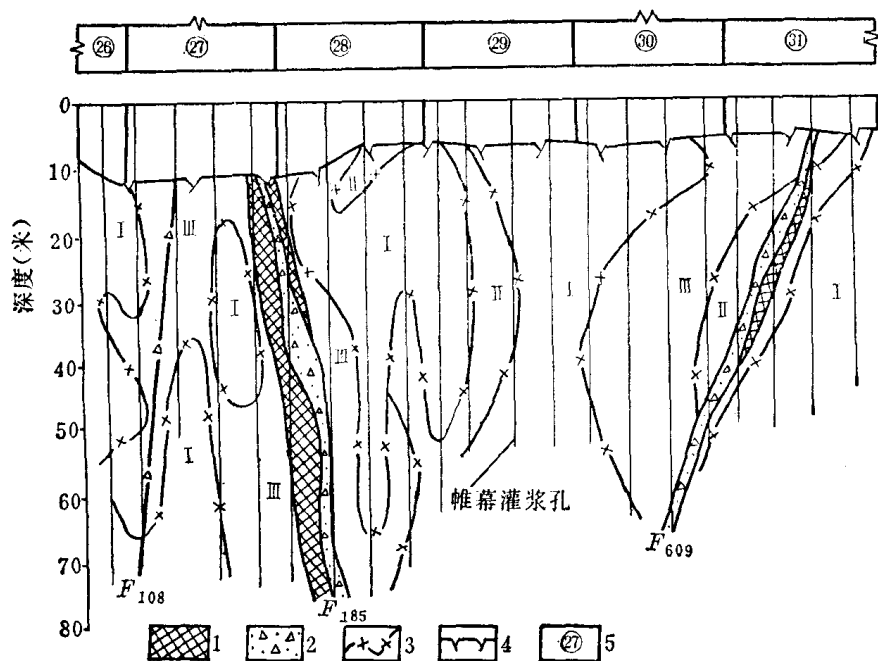


图 13 F_{185} 及 F_{609} 断裂渗透剖面（帷幕轴线）图

I— $\omega < 0.005$ 升/分·米·米；II— $\omega = 0.005 \sim 0.01$ 升/分·米·米；III— $\omega = 0.01 \sim 0.1$ 升/分·米·米
1—块状构造岩；2—角砾岩；3—不同透水带界线；4—竣工地形线；5—坝段编号

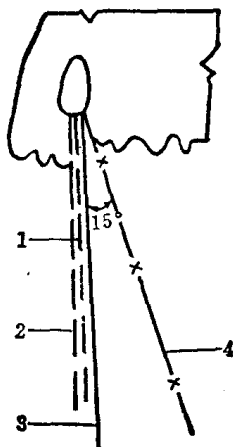


图 14 防渗排水布置示意图

1—加强排帷幕（丙凝）；2—浅排帷幕；3—主排帷幕；4—排水孔

潘家口水库坝区构造特征与坝址选择

水利部天津勘测设计院

前言

滦河潘家口水库是一座库容27亿米³，坝高105.5米，装机45万千瓦的大型水利工程。初设阶段先后进行了上、下两个坝址的勘察比较。上坝址叫走马哨坝址，在潘家口村南约半公里的石英岩地层上；下坝址叫杨查子坝址，在下游约4公里的片麻岩上。为了查明坝区的工程地质条件，更好地选择坝址，几年来我们试用地质力学的方法，对库、坝区地质构造进行了调查研究。通过实践体会到，应用地质力学的方法，研究断裂结构面力学性质和转化过程，分析它们所属的构造体系及其复合关系，是一项重要的基础工作，对评价坝区工程水文地质条件经常起着重要的作用。现将已有资料和肤浅体会做一简单介绍。

一、区域地质构造概况

本区处于燕山东西构造带(南缘)与北东及北北东构造带的联合、复合部位。出露地层有太古界、震旦系、中侏罗系、第四系，此外，尚有不同时期的侵入岩体。太古界分布在下坝址广大地区，系由片麻岩所组成。震旦系在上坝址及其以北地区广泛出露，主要岩性为石英砾岩、石英砂岩、石英岩、页岩、硅质灰岩等。中侏罗系主要为中性熔岩及火山碎屑岩。第四系有红土卵石、黄土状粘性土和砂卵石等。上述岩层中存在两个明显的角度不整合面，一个在震旦系与太古界之间，另一个在中侏罗与下伏地层之间。反映本区至少经历两次强烈的构造运动，其中前者由于后期构造变动的影 响，不整合面多为断层。岩浆岩种类较多，有前震旦纪片麻状花岗岩、伟晶岩和燕山期花岗岩、闪长岩、闪长玢岩等。

(一) 构造形迹

本区有东西、北东、及北北东等三个构造带(图1)。

1. 东西构造带

东西构造带具有延伸长，展布广、断裂规模大和多期活动的特点，是本区控制性的构造。本带内太古界和震旦系地层、走向大多近于东西向，主要断裂结构面有 F_7 、 F_8 、 F_{18} 、 YF_2 等，多为高角度上冲断层。其中 F_7 、 F_8 是本区的两条主干断裂，亦称兴隆-喜峰口断裂，长达百余公里，在测区西部龙井关附近，因被北东向断裂错开，局部呈北东东向，测区中部 F_7 与 F_8 断裂逐渐靠拢，最近距离只有10~20米，向东，两者又逐渐撒开，延至喜峰口附近又与北东向构造联合成为弧形构造(图2)。

据实地观察， F_7 断裂上盘为震旦系长城石英岩，下盘为串岭沟泥质页岩，断距达1000米以上。断层带内断层泥、糜棱岩、角砾岩及挤压状态的碎裂岩屡见不鲜，宽度十多米至几十米不等(图3)。

据探槽揭露，长城石英岩与串岭沟页岩接触相当紧密，构造岩中常有一组高角度的

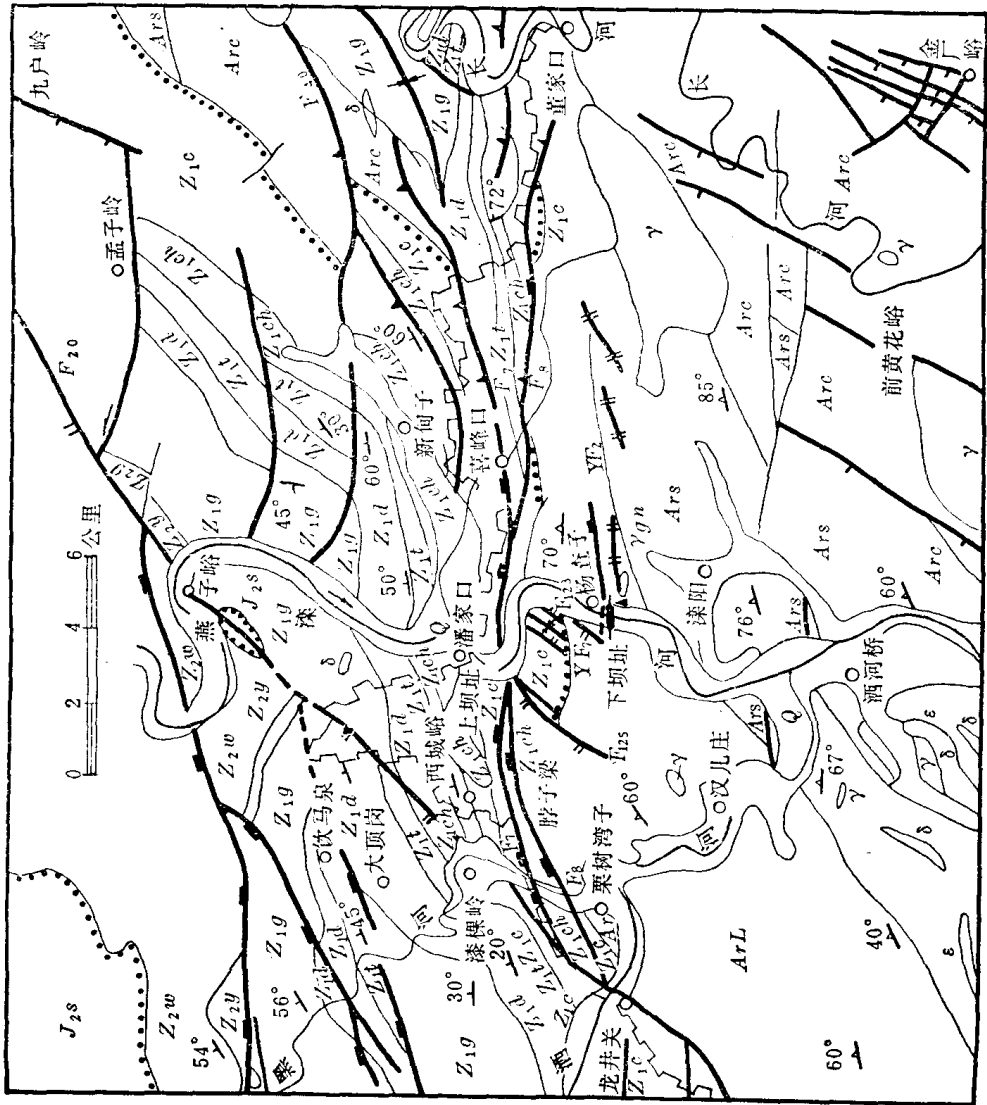
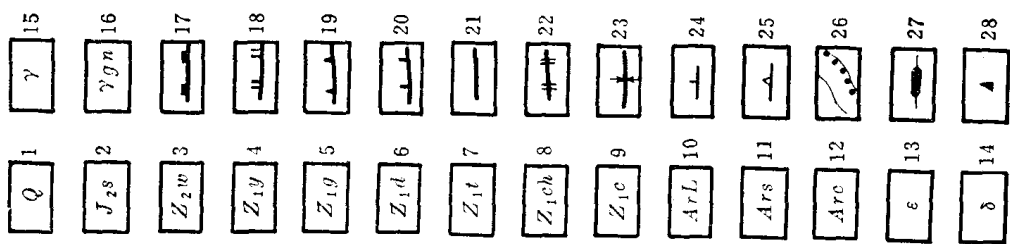


图 1 滦河潘家口水库一带构造体系图

1—第四系, 2—侏罗系四海组, 3—震旦系雾迷山组, 4—震旦系杨庄组, 5—震旦系高于庄组, 6—震旦系大洪峪组, 7—震旦系团山子组, 8—震旦系申岭沟组, 9—震旦系长城组, 10—太古界拉马沟组, 11—太古界三屯营组, 12—太古界上川组, 13—正长岩, 14—闪长岩, 15—花岗岩, 16—片麻状花岗岩, 17—东西向构造带, 18—北东向构造带, 19—弧形构造带, 20—北北东向构造带, 21—归属不明的断裂, 22—挤压带, 23—一向斜, 24—岩层产状, 25—片麻理产状, 26—地层界线及不整合界线, 27—坝址, 28—晚近活动性断裂出露点