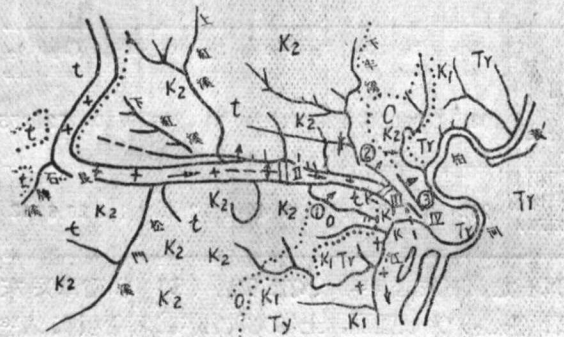


对三峡南津关坝区水文地质工程地质条件的初步認識

虛 耀 如

解放前美帝国主义为掠夺我国資源，曾在長江三峡南津关坝区进行过若干地质工作，除地层的划分外，沒有提出任何可供作說明坝区水文地质工程地质的有价值資料与成果。解放后尤其是近二、三年来，在党的领导下，开始了大规模的勘探与研究。目前地质方面的中心任务就是进行坝区的选择。

自1956年以来地质部水文地质工程地质局三峡队及水文地质工程地质研究所在该地区进行了大量的地质工作。1958年科学研究会議后，中国科学院、北京地质学院、地质部力学研究室、北京大学等都参加了工作，本文所应用的資料，可以說是集体劳动的成果。文中提出的看法与認識，有錯誤或不正确之处，敬希予以指正。



南津关坝区綜合平面图
Tr第三紀地层，O奥陶紀地层，t寒武紀地层，\$t震旦紀地层，
逆断层①官庙堂断层，②南津关断层，③前坪断层，
拟定坝綫Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ为坝綫編号。
K₁第一喀斯特化地区，K₂第二喀斯特化地区，
+第三、第四及近代喀斯特化地区

一、地层与构造

自前震旦紀雪峯运动之后，鄂西地区在古生代和中生代的漫长的地质年代中，經受加里东及华力西运动輪廻，表現形式为振盪运动。在古老的結晶岩系上連續沉积了厚达几千公尺的震旦紀、寒武紀、奥陶紀、直至二叠紀、三叠紀的沉积岩层。中上三叠紀时印支运动可能波及本地区，造成黃陵地块的首次隆起。尤其是受中生代末期燕山运动强烈褶皺影响，以及后期剝蝕作用結果，使黃陵穹窿东南翼石牌—南津关一带奥陶紀宜昌灰岩以上的古老地层全部缺失，

使新生代初期始新統的紅色岩系直接复盖于寒武奥陶紀灰岩之上。

石牌—南津关一带出露的震旦紀地层有南沱建造、陡山沱建造砂頁岩及灯影灰岩，寒武紀地层有石牌頁岩(t₁)、石龙洞灰岩(t₂)、平善坝灰岩(t₃)紅溪灰岩(t₄)、上峯尖灰岩(t₅)、黑石溝灰岩(t₆)、三遊洞灰岩(t₇₋₁)、南津关灰岩(t₇₋₂)，奥陶紀地层如宜昌灰岩(O)，另外，尚有第三紀石門礫岩(E₁)及东湖砂岩(E₂)分布。地层走向主要为北30°—50°东傾向东南，傾角8—15度，(上峯尖以上地层的說明見附表Ⅵ)。

除振盪运动外，明显的受到有二次造山运动的影响，不同的运动造成不同方向的構造綫及不同性質的褶皺与断裂。

黃陵穹窿首次隆起时(可能为印支运动的产物)，由于压应力作用，于石牌—南津关一带生成与褶皺軸近于一致的逆掩断裂。如黎家溝断层，凤箱坪断层等，方向北20—40东，傾角25—45°，張力造成的断层如羅馬洞断层、庙包断层等，方向北15—40°西，傾角近于直立。

燕山褶皺时，石牌—南津关地区位于黃陵地块及大巴山弧、大洪山弧和八面山弧的干扰地带。大巴山弧、大洪山弧的由北向南推进的压应力与八面山弧，由东南向西北的褶皺力相交汇，产生了指向南南西的巨大推复。因而在不可压缩的三角形剛体地带，产生了北60—80°西或近于东西向的褶皺与低角度的逆掩断裂。坝区出現較大的褶皺有小湾向斜、黃猫峽背斜，一般褶曲輕微，只軟弱地层如上峯尖灰岩(t₅)等有剧烈褶皺出現。由于黃陵地块岩性坚硬，起力学上支点作用，发生偏轉，所以逆断层多东侧断距大，西侧小，以官庙堂断层为代表，最大垂直断距达250公尺，水平断距达1500—2000公尺，断层帶寬5—20公尺。同类性質断裂有南津关断层，前坪断层等。此次运动中，張力作用产生的北20—30°东的断裂，一般規模較小，如巷口断层、石龙洞断层等，断距由十几公分至十几公尺，寬几十公分至1—2公尺。有的多与逆断层共生。节理的发育与構造体系基本吻合，以北20°—30°东、北40°—60°东、及北60°—70°西为主，根据裂隙率統計地表上一般为0.5-2.5%，断层帶附近及軟弱岩层达6%，根据岩心統計結果，地下裂隙

一般<1%。

二、地貌与喀斯特简述

经过印支运动及燕山造山运动的再次上升与强烈褶皱，奠定了鄂西地区的山岳形态。随着强烈剝蝕，近代于黄陵东北—西南一带就有了高程1500公尺以上平整山脊，所謂鄂西期天际綫的地形。随着剝蝕作用，河系也漸次发育，如下牢溪、石牌溪等，可能都是这时期的产物，最后又进入晚年期，剝蝕物質经过搬运，有了第三紀紅色岩层的沉积。

中第三紀时开始了新的剝蝕时期，即前人所謂的山原期，被紅色岩系所沉积充填的古老溝谷和晚期河泥，由于地壳上升，又都漸次复活。水文网再次形成，如下牢溪等古老溝谷又重新进入幼年期。初期石牌—南津关一带分布着从順层河为主的水文网，下牢溪石牌溪等都是由北北东流向南南西或正南方向。此后逐漸以順向河代替順层河。石牌溪、松門溪及下牢溪等順层河的支流于坪善坝至鯉魚潭一带相互蚕吞連通后，形成目前該段長江水道。石牌溪，松門溪等也开始倒流，改为由南流向北汇入長江內，石牌—南津关間近东西向的長江，初期較高处的河道系順着庙堂断层，南津关断层及同方向的背斜軸部的張裂隙而发育的。

第四紀以来，二級阶地形成前，本区仍繼續不均匀上升，長江相应下切，形成雄偉峡谷。第三紀中期所发育的河道，有的就上升至較高处，經后期的剝蝕与繼續喀斯特化結果，多成为盲谷或降地而存在。

(表 I)

序次	地質年代	依据	主要喀斯特形态	分布高程及发育程度
I	燕山运动后	有紅色砾岩沉积	少量残余，以溶隙及溶洞内溶沟及喀斯特性裂隙为主	南津关一带在高程20公尺以下如82孔所見
II	中第三紀至第四紀前	有中新世地層及脊椎动物和人化石	有中新世地層及脊椎动物和人化石	南津关一带，地达高程120公尺落水洞达97公尺（姜家塘落水洞）
III	第四紀初至第三紀末	有第三紀末地層及化石	有第三紀末地層及化石	南津关一带，地达高程120公尺落水洞达97公尺（姜家塘落水洞）
IV	第四紀初至第三紀末	有第三紀末地層及化石	有第三紀末地層及化石	南津关一带，地达高程120公尺落水洞达97公尺（姜家塘落水洞）

附注：A. C. 索科洛夫提出三峡喀斯特化的几个作用时期与本表所列基本一致。

它們的分布高程在石牌周家腦为600公尺，南津关一带为150公尺左右，显示着高程由西北向东南降低的規律性。第四紀发育了些新溝谷如黑石溝等，横断面呈“V”形，坡降較大达0.1—0.46，老溝谷如下牢溪等多为“U”形谷、箱形谷，坡降則在0.06以下。

我們認為本区較明显的阶地有四个，除河漫灘外，其高程分别为50—56、70—75及110—120公尺（南津关一带）。

根据前面有关地史簡述，可探索到本区喀斯特发育的几个时期，列表如左（表1）。

表1說明了地壳运动及河谷水文网发育情况，如控制本区喀斯特发育的基本条件，此外特別需要提及的是岩性及結構对喀斯特发育的影响，也起了相当的作用。

三、碳酸盐类岩石的岩性、結構及构造与喀斯特化程度的关系

本区碳酸鹽类岩石有石灰岩、白云岩、含灰質白云岩、泥質白云岩、含砂質白云岩等，有的尚具燧石及泥質、鈣質頁岩的夾层。各层遭受喀斯特化程度不一，

表 2

地 层	\$t_1\$	\$t_2\$	\$t_3\$	\$t_4\$	\$t_5\$	\$t_{6-1}\$	\$t_{6-2}\$	\$t_{7-1}\$	\$t_{7-2}\$	\$O_1\$	\$O_2\$
单位面积上喀斯特洞穴体积公尺 ² /公里 ²	10214	17350	167	1271	441980	340	2850	6510	1172	1855	
单位面积洞穴体积比值(以\$t_5\$为1)	232	394	3.7	28.8	1	45	7.72	64	148	26.6	42

以石龙洞石灰岩（\$t_2\$）、灯影灰岩（\$t_1\$）和南津关灰岩（\$t_{7-2}\$）为最强烈，上峯尖灰岩（\$t_5\$）坪善坝灰岩则較微弱，如表2

造成各层喀斯特化程度的悬殊差異，与岩石中CaMg(CO₃)₂、SiO₂和R₂O₃有关，一般上列物質含量愈多，抗蝕力也强，喀斯特化亦微弱。分析成果如表3，

試驗成果說明白云岩〔CaMg(CO₃)₂〕的溶解度比石灰岩(CaCO₃)低一半左右，碳酸鹽中有SiO₂与R₂O₃存在时，即使含量很小，也会大大增强其抵抗化学溶蝕的能力，但还要进一步考虑这些岩石的組織結構与矿物晶粒的形狀和大小，若SiO₂系独立較大的石英晶粒存在时，虽含量很高，但仍能遭受到强烈喀斯特化作用，如灯影灰岩（\$t_1\$）和南津关灰岩（\$t_{7-2}\$）SiO₂含量有达20—30%，但喀斯特化却极其剧烈。若SiO₂是极微顆粒包圍着CaCO₃时，含量少也能大大減輕喀斯特化程度。喀斯特化程度也决定于石灰石(CaCO₃)等結晶的大小，一般結晶愈小岩性亦愈致密，細微节理也不发育，就不易遭受水的溶解，如黑石溝灰岩（\$t_{6-2}\$）

表3①

碳酸盐地层中CaO/MgO比值与相对溶解度的关系							
CaO/MgO		<1.5	1.5~2.2	2.2~4	4~9.1	9.1~50	>50
綜合各层分析成果	相对溶解度	<0.5	0.5~0.6	0.6~0.75	0.75~0.86	0.86~0.98	→1
維什尼亞科夫岩石分类		白云岩	含灰質白云岩	灰質白云岩	白云質灰岩	含白云質灰岩	石灰岩

表3②

碳酸盐地层中SiO ₂ 含量与相对溶解度的关系													
SiO ₂ 含 量 %		0~2.5	2.5~5.5	5.5~7.5	7.5~10.10	10~20	20~25	25~40	40~50	50~60	60~70	70~75	75~95
綜合各层的分析成果	相对溶解度	1~0.75	0.75~0.63	0.63~0.57	0.57~0.52	0.52~0.4	0.4~0.36	0.36~0.25	0.25~0.20	0.20~0.16	0.16~0.12	0.12~0.11	0.11~0.02
維什尼亞科夫岩石分类		石灰岩(白云岩)	含砂質白云岩		砂質白云岩		灰質(白云岩)		砂岩		含灰質(白云質)砂岩		砂岩

表3③

碳酸盐地层中R ₂ O ₃ 含量与相对溶解度的关系													
R ₂ O ₃ 含 量		<0.50	0.5~1.1	1.1~1.5	1.5~2.2	2.2~2.5	2.5~3.3	3.3~3.5	3.5~4	4~4.5	4.5~5	5~10	10~20
綜合各层的分析成果	相对溶解度	1~0.88	0.88~0.62	0.62~0.47	0.47~0.40	0.40~0.36	0.36~0.33	0.33~0.31	0.31~0.29	0.29~0.27	0.27~0.26	0.26~0.16	0.16~
維什尼亞科夫岩石分类		白云岩(石灰岩)										含灰質白云岩	

上峯尖灰岩(t₅)喀斯特較微弱。

除岩性結構外，本区喀斯特現象的发育与構造节理有着密切关系。据調查結果，溶洞及落水洞的主要发育方向与前述几組構造节理是一致的。例如石牌干洞(4Ⅱ₂—51)長达534公尺，即順着北70—80°西的节理而发育，由于坪善坝一帶近于东西向褶皺的影响，而存在較多此方向的張节理。

構造断裂与喀斯特发育有重要关系，如石龙洞即发育于一条北70—80°西的逆断层和二条北30°西土的断裂所限制的方格內，該区除断裂外尚伴生許多节理，为形成長达700多公尺長的溶洞創造了条件，据鑽探、洞探結果，也說明了断层帶中还是有溶洞发育的。

四、对水文地質条件的概略認識

石牌—南津关一帶虽有近东西的褶皺及規模較大的断裂存在，但由整区来看，影响水文地質条件的主要因素，还是岩性和喀斯特发育情况。

(一) 含水层区别問題

根据岩性、喀斯特化程度、泉水及鑽探时水位变化情况，对本区的含水层与不透水层初步作如下区划：

- 1.不透水层：如奥陶紀宜昌灰岩第一层(D₁)距頂部16公尺左右有厚0.8—1.5公尺的頁岩层。
- 2.有含水夾层的不透水层，厚层頁岩中夾薄层灰岩的石牌頁岩(t₁)及灰岩与頁岩互层的上峯尖灰岩(t₆)皆屬之。鑽孔穿过石牌頁岩中的含水层后，水头上升200多公尺(由含水层頂板算起，高出当地長江水面35公尺)，流量稳定。高程550公尺以上的山坡上，仍有流量稳定的永久性泉出現，如IⅣ₄—20, IⅣ₄—54等泉水，則为上峯尖灰岩內有单独含水层存在的有力例証。
- 3.弱不透水层：岩性上并不完全为碳酸鹽类的地层，其溶蚀的程度与其他碳酸鹽类地层相比，显然要差的多。这些地层在一般情況下，还是起了一定的隔水作用。如坪善坝灰岩(t₃薄层板狀含砂質白云岩)、

表4

不透水层名称	泉 号	最大流量 Q _{max} 公升/秒	最小流量 Q _{min} 公升/秒	不稳定系数 Q _{max} /Q _{min}	汛期平均流量 Q _汛 公升/秒	枯水期平均流量 Q _枯 公升/秒	流量比值 Q _汛 /Q _枯	水 温 °C
O ₁ Sh	8Ⅰ ₃ —42	80.91	0.28	29	19.3	3.16	6	15~20
t ₇₋₂₋₁	6Ⅱ ₃ —4	5.85	0.113	52	1.11	0.28	4	"
t ₆₋₂₋₁₂	3Ⅲ ₂ —31	17.30	0.20	87	2.12	0.97	2.8	"
t ₆₋₂₋₇	8Ⅱ ₂ —57	8.40	0.44	19	1.51	0.78	1.92	
t ₈	5Ⅲ ₃ —18	0.78	0.01	78	0.11	0.05	2.2	

黑石溝灰岩第二大層第七小層 (t_{6-2-7} , 為泥質白雲岩及頁岩, 厚幾十分公到1公尺)、黑石溝灰岩第二大層第十二層小層上部 (t_{6-2-12} , 泥質白雲岩和燧層, 厚幾十分公) 及南津關灰岩底部 (t_{7-2-1} , 含砂質白雲岩, 有交錯層結構, 并有砂頁岩呈透鏡狀分布, 厚幾公尺) 等都有之。地下水被不透水層阻隔而形成了泉水, 其流量較穩定, 不穩定系數值在 100 以下, 水溫 15-20°C, 其它由局部隔水層造成的泉水, 枯水期常干涸, 或流量不穩定系數值達幾千至幾萬, 水溫變化為 5—20°C。

茲將各層典型的泉水流量列於表 4。

根據上面幾個不透水層及弱不透水層的存在, 并考慮到不同地層的喀斯特化程度, 可分下列含水層:

1. 喀斯特裂隙性含水層: 如燈影灰岩含水層、石龍洞灰岩含水層 (以石牌頁岩為底板)、黑石溝灰岩第一大層底部含水層 (以上峯尖灰岩為底板)、三遊洞灰岩含水層 (包括部分黑石溝灰岩以 t_{6-2-12} 為底板)、南津關灰岩含水層 (以 t_{7-2-1} 為底板, 包括部分奧陶紀灰岩) 和奧陶紀灰岩含水層 (O_4 頁岩為底板) 等皆屬之。

3. 弱喀斯特裂隙性含水層: 除大型喀斯特所在地區外, 一般情況下地下水處於裂隙性運動狀態, 如紅溪灰岩含水層、黑石溝灰岩第一含水層 (t_{6-2-7} 為底板、 t_{6-2-12} 為頂板) 和黑石溝灰岩第二含水層 (t_{6-2-7} 為頂板) 等都屬之。

3. 裂隙、孔隙性含水層: 第三紀石門礫岩和東湖砂岩屬之。

(二) 地下水動態

表 5

位置	河 槽 下	河 槽 二 側
一般情況下w	>1	<0.1
最大的w	7.5(63孔)	7.9(32孔)

表 6

一般喀斯特區滲透值數K 公尺/晝夜	大喀斯特性裂隙分布地區K值 公尺/晝夜	受喀斯特性裂隙及構造斷裂影響地區K值 公尺/晝夜
0.04~1 19, 61, 62, 63, 33等孔	2.69~6.5 45, 30, 88等孔	14.8~19.6 32孔

表 7

試驗地點	一般分水嶺地區	具有一般喀斯特裂隙與沿江地帶	嚴重喀斯特化地區及溶洞附近	遭受喀斯特化的分水嶺地區
地下水實際流速 公尺/晝夜	18~27.6	51~285	>466	58~123
試驗孔號與洞、泉號	35, 20, 9 等孔	7, 30, 47, 49, 19等孔	王巴洞、6井4-31, 8井3-42, 8井3-54	8, 11, 24等孔
試驗方法	直流充電法	食鹽法 (化學分析法) 江洪观测法	食鹽法, 溶洞暴雨观测法	直流充電法

單斜構造上具有幾個不透水層和含水層, 水文地質條件還不是十分的複雜。地下水的補給來源主要是大氣降水。一部分雨水成為地表逕流沿著溝谷溪流而匯入長江, 另一部分則通過喀斯特通道滲入地下。地表逕流系數各地不一, 與地形及喀斯特發育情況有關, 在同一地點還與降雨連續時間和降雨強度有密切關係, 一般小支溝中地表逕流出現高峯時間在暴雨中心時間以後幾十分鐘至幾小時, 較大的溪流如松門溪、下牢溪等則可落后1—2日, 根據長期观测結果, 一般溪溝的地表逕流系數為 5.9~53.5%, 大溝谷全年地表逕流將近 100%。考慮到植物吸收及蒸發量不是很大 (或只佔降雨量 10% 左右) 忽略不計, 則地下逕流系數在 35-85%。

各含水層的滲透性受構造和喀斯特影響, 顯得非常不均一。一般只具細小構造節理的地區, 滲透性都很小, W值在 0.01 公升/分以下, 斷層上盤及河谷地帶有較多張節理及喀斯特性裂隙存在時, 滲透性較大 (如表 5), 根據河槽及二側鑽孔抽水試驗結果, 綜合如表 6。

滲透系數只能作為說明地層滲透性的一個依據資料, 適用於一般的裂隙或只具備極少數的狹小喀斯特性裂隙地帶, 在本地區, 地下水的實際運動速度也是非常不均一的。根據各種試驗方法, 綜合如表 7。

根據鑽孔壓水及抽水試驗成果, W和K 值都很小, 用表 7 中各種方法測定的實際地下水流速都很大。有些流速試驗成果與岩層滲透性有了矛盾, 不能用任何滲透定律來解釋。顯然各種試驗所取得的有關地層滲透性的數值K 或W只是個平均值。實際上有着更大滲透性的地段存在, 其數值不易由一般的壓水或抽水試驗來個別地獲得。流速與滲透系數間的矛盾, 顯示出喀斯特化地區地下水的運動的特徵, 說明了地下水滲透的不均勻性。

長江是本區各層喀斯特水的主要排泄通道, 在單斜構造上含水層與不透水層交替相間存在, 各含水層的補給面積也有限, 因而下部含水層有些尚承受上部含水層向下滲透水流的補給。尤其是黑石溝灰岩至南津關灰岩間多為弱不透水層, 各含水層間仍有一定的水力聯繫, 長江及下牢溪、松門溪、紫陽溪、石牌溪、下紅溪等為各層喀斯特水的排泄通道, 限制了相應含

水层中地下水的运动方向。

地下水的排泄方式有二种：第一、江水面以上各含水层中地下水由于岩层切割的揭露，或由于局部不透水层存在造成悬挂水，都使地下水成泉水而排泄。这些水流有的在地表上流经一段距离后又渗入地下。观测结果，泉水流量占降雨量10—15%，说明地下水的排泄不是以此方式为主。第二、直接排入江内。

根据长期观测资料进行概略均衡计算结果，表明黑石沟至南津关狮子口一带地下水排泄总量只有0.42公方/秒（年平均），按达尔西定律求得平均渗透系数K为0.45公尺/昼夜（虽然本区喀斯特水的运动是极不均匀的，有的远远超过达尔西定律所限定的一般特征。但从整个含水层来看，基本上是符合的），若以此数值与渗透试验成果相对照，说明二者还是相一致的。如表8。

表8						
测定方法	均衡计算	综合各孔抽水试验		水下钻孔抽水试验计算成果		
		一般	平均	孔号	实测	平均
渗透系数K公尺/昼夜	0.45	0.04~1	0.52	62	0.77~0.32	0.55
				63	0.88~0.27	0.55

四、对工程地质条件的探讨

宜昌峡段碳酸盐地层分布的地区，包括有二个坝区，即石牌坝区和南津关坝区，由于石牌坝区地形不好，施工困难，业已放棄。南津关坝区出露的地层为黑石沟灰岩、三游洞灰岩、南津关灰岩、奥陶纪灰岩、第三纪红色岩系等。综合岩性、喀斯特、水文地质及各种试验成果，列出综合地层表（表9），表明利用黑石沟灰岩作为大坝基础尚是较为优越。

南津关坝区有三个比较坝线，地质上是南Ⅱ好，但地形不好，施工困难。南Ⅳ线可不用隧洞导流，且施工场地大，但坝线上有南津关断层、前坪断层通过，官庙堂断层亦影响本地带，此外多次喀斯特化作用在此地重复发生（第Ⅰ、第Ⅳ及近代喀斯特化时期），发育深度都达河床以下，地质上是最好的。故现以南Ⅲ线为准，就其工程地质条件作如下的说明。

（一）水库渗漏问题：据前面叙述的含水层情况及地下水位长期观测结果，说明地下水分水岭的高程均高于水库设计，因此石牌以下的水库区域无大量水库渗漏的可能。

（二）基坑排水问题：三峡大坝施工时，围堰外江水位高程达86公尺，基坑最低处高程为-35公尺，相对水头值达121公尺。因而能否排干基坑内的涌水，是能否建坝的先决条件。

南Ⅲ坝线及上下围堰地区，虽然为喀斯特裂隙含水层分布，由于其中有t₆₋₂₋₇、t₆₋₂₋₁₂及t₇₋₂₋₁等弱不透水层存在，而且这些地层横切长江与河床平行，因而大大限制了不同含水层向喀斯特水的连通情况。这些地层统一起来可当为裂隙考虑，为计算基坑涌水量提供了可能性。据公式计算及水电比拟法初步

表9									
位置	孔号	干 试件 个数	干燥状态 极限抗压强度 公斤/公分 ²			湿 试件 个数	湿状态 极限抗压强度 公斤/公分 ²		
			最大	最小	比值		最大	最小	比值
右岸	16	39	1834	540	3.4	43	1498	545	2.75
	17	38	2037	395	5.1	48	2605	389	6.7
	18	37	2299	402	5.7	43	1896	361	5.2
左岸	19	36	3856	566	6.8	42	2950	352	8.5
	20	26	2598	460	5.6	29	2140	359	6.0
	21	51	2765	540	5.1	56	2587	616	4.2

试验结果，涌水量达20—94万公方/昼夜（一般裂隙地区K=0.5公尺/昼夜，考虑到许多意外喀斯特通道存在的可能，渗透系数为4公尺/昼夜）。

（三）隧洞排水问题：在直径20多公尺，长1000多至3000多公尺的隧洞中施工时，考虑到靠近江边喀

表10					
工程位置	孔号	高程(公尺)	平均岩心获得率%	坚固系数f	压水试验
坝体	72	-93~-96	37	2	0.15
		-126~-141	25	2~4	0.74~0.81
		-55~-173	15	2~3	0.21
下闸	61	-70~-75	48	4	
		-3.3~0.6	0	小于3（由附近整个岩体而考虑）	
		-6.8~-8.0	0		
上闸	63	-8.3~-8.7	0		
		-20.7~-21.0(溶洞)	35	3左右	2.14
		-42.3~-42.5(溶洞)	38	3~5	0.008
堰	73	-43.0~-47.5(溶洞)	40	3~5	3.4~1.7
		-73~-95			2.7
		12~5.8			
堰	73	0~-4			
		-26~-29			
		5.22~9.61(溶洞)			

斯特洞穴较多，远离江边者则较少，因而计算时，渗透（下转第44页）

透水性就大于微晶高嶺土等等。

又如：风化作用的产物——砂土，具有較小的力学强度和較大的透水性。相反，砂經膠結作用后，而变成在物理技术性質上与砂有显著差異的砂岩或礫岩，則具有較高的力学强度和極弱的透水性。

綜合以上所述，不管是风化作用，或者是膠結作用，或者是其他的作用，我們都認為是造岩作用的繼續。因此，我們很清楚的看出：造岩作用的結果，决定了土石現有的物質成分、結構和性質，因此，不同的土石就具有不同的物理技术性質。

2. 土石的工程地質分类

(1) 分类的目的

(i) 正确地确定土石类型，以便于确定實驗室或野外研究方法；

(ii) 結合工程設計的具体要求 正确地评价各种土石类型，例如一般坚硬岩石的力学性質是滿足一般工程設計要求的；

(iii) 正确地綜合地質資料，根据不同类型的土石實驗資料来正确地編制工程地質图。

(2) 土石的工程地質分类原則

(i) 要有科学的理論根据，这理論根据是 土石的成因，因为不同土石的形成过程使得土石具有不同的物理技术性質？

(ii) 反映土石的物理技术性質。

(3) 土石的工程地質分类

滿足各方面的要求和需要的統一通用分类，目前还没有。現有的几种分类，是建立在个别的原则基础上，即以成因，或岩石的任何一种性質作为基础。所有分类可分成兩組：一組是局部的分类。另一組是一般的分类。

(i) 局部分类，是考虑土石的某項或几項性質(对某一工程建筑有重要性的)作为基础。如采矿专业中，广泛利用M.M.普罗托甲科諾夫教授分类(表2)。这个分类是根据土石的坚固性系数(以極限抗压强度，开凿山地坑道时土石的工作困难程度为基础确定的)而划分的。

(ii) 考虑土石的成因，組成和年代的分类。代表这种分类的有H.B.波波夫和B.A.普里克朗斯基的分类。

薩瓦連斯基的分类基本上屬於第一組，但是也有区别，从表2中可以了解，他考虑了土石重要的結構連結及其他重要的物理技术性質，在实际工作中目前得到較广泛的应用。在本講中以下各节，即以此种分类作为基础，对各种土石分別进行研討。

(本講全文未完，待續)

(上接第25頁)

系数也采用不同数值，分別为3,2,1公尺/晝夜。計算結果，隧洞全長无襯砌情况下的排水量达11—58万公尺³/晝夜。几个隧洞同时施工或預先进行人工排水以降低地下水位时，可大大減少滲漏量。

(四) 坝基及繞坝滲漏問題：坝基及繞坝滲漏量数值很小，与長江水量相比微不足道，可以不予考虑。

(五) 大坝基础稳定性問題：一般新鮮岩石的干湿抗压强度都>1000公斤/公分²。破碎及具有較多喀斯特孔洞的岩石，其湿抗压强度在380公斤/公分²以下，有的只100—200公斤/公分²，如坝綫左岸南津关断层及右岸巷子口断层，若不作处理显然不能滿足坝体荷載要求。左右兩岸抗压試驗成果見表9。

河槽下溶孔及喀斯特性裂隙發育深度达高程—100公尺以下，岩石获得率有的很低，岩石强度也較低(表10)。

坝区有三个大逆断层及許多橫断层分布，另外又加上喀斯特化的因素，使岩石强度大大降低，使其不能完全符合水工建築物荷載的要求。

(六) 隧洞工程地質条件：直徑20多公尺，長1千至3千多公尺的隧洞共有10—14条，通过寒武紀黑石溝灰岩南津关灰岩、奥陶紀灰岩及第三紀石門礫岩。有二条隧洞出口处受官庙堂断层影响，二条于进口处遇官庙堂断层，隧洞方向与官庙堂断层走向一致，有

兩条隧洞完全通过断层破碎帶，断层膠結尚好，一般坚固系数在6以上，有的只2—3。隧洞区裂隙率一般是1%，且多被方解石膠結，喀斯特率一般少于10%。于隧洞出口进行了解，除断层帶地区的洞口，沿小断层有少量滑塌外，一般洞內均不进行支撑。根据上述情况，說明在隧洞地区施工时，不会有大规模妨碍施工的坍塌現象发生。

綜合前面所述，認為南津关坝区并不是十分理想的。为了进一步深入研究坝区地質問題，以便判断在不进行或进行大规模工程处理措施条件下，本地区有无作为超巨型水工建築物所在地的可能性，必須着重研究下面二个問題。

1. 深入研究地层滲透性，最終决定大坝基坑及隧洞的涌水量，并研究改善此类严重不良水文地質条件的可能工程措施及措施的規模与实际功效。

2. 进一步研究較低强度的岩体佔荷載影响範圍內全部岩体体积的百分数，以論証基础稳定性，并研究改善这些强度不足地帶如断层帶等，所可能采取的工程处理措施。

主要参考文献

1. 1956年中苏地質专家鑑定組对三峡坝址地質条件的意見。
2. 长江三峡水利枢纽1957年补充工程地質勘察报告(三峡队报告，内部文件)。
3. 戴广秀、殷正宙：对鄂西中生代后期至今地質史的意見(本刊58年第9期)。

三 關 津 南 關 地 層

表五

[illegible]

(“对三峡南津关坝区水文地质工程地质条件的初步认识”一文的附表)