

全国水利水电地质勘察会议丛书之七

石灰岩喀斯特地区 的水文地质工作

云南省水利电力局设计院等著

水利电力出版社

內 容 提 要

本書是“全國水利水电地質勘察會議”精選文件之一。本書專門敘述了水庫區的喀斯特勘察方法，以及在各種不同情況下對喀斯特裂隙漏水的處理，最後還介紹了喀斯特地質工作的一些舉例經驗等等。書中還列舉了很多實例，內容豐富，可供水利水电地質勘察人員學習和參考。

石灰岩喀斯特地區的水文地質工作

雲南省水利電力局設計院等著

*

2084 S 623

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

通州區印刷廠印刷 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 開本 * 1 $\frac{1}{2}$ 印張 * 41千字

1959年6月北京第1版

1959年6月北京第1次印刷(0001—2,800冊)

統一書號：15143·1662 定價(第9類)0.21元

目 录

- 一、在喀斯特地区进行水文地质勘察工作的一些經驗
..... 云南省水利电力局設計院(2)
- 二、云南以礼河水槽子水庫漏水問題
..... 云南省水利电力局設計院(12)
- 三、猫跳河的喀斯特及其研究方法
..... 貴州省水利电力厅勘测設計院(19)
- 四、广西柳州专区石灰岩喀斯特地质工作的羣众經驗
..... 水利水电建設总局勘测处(31)
- 五、石灰岩喀斯特漏水問題及勘察方法
..... 水利水电建設总局勘测处(38)

一、在喀斯特地区进行水文地质勘察 工作的一些經驗

云南省水利电力局設計院

一、关于水文地质測繪的一些經驗

1. 喀斯特地区水庫地质測繪应包括相邻河谷和低地

从以礼河毛家村、水槽子水庫和洗馬河一級(响水坝)和二級水庫的勘测工作看来,在喀斯特地区永久渗漏的情况可分为四种:

(1) 水庫向邻谷渗漏,如洗馬河向可郎河渗漏;

(2) 水庫向相邻低地渗漏,如以礼河水槽子水庫向那姑盆地渗漏;

(3) 水庫向下游渗漏,如洗馬河一級(响水坝)水庫向其下游恩泽河渗漏;

(4) 两个梯級不相銜接时的河道渗漏,如以礼河毛家村坝址至水槽子水庫尾水小菜園之間的河道漏水。

据上,水庫地质測繪就不能只包括水庫範圍內的地区,其範圍的确定必須依据石灰岩的分布範圍特点及与相邻低地(河谷)的关系来确定。据我們体会,石灰岩喀斯特的发育程度、特点、方向,不仅取决于一个河流,而是取决于地区构造,岩性特点,特別是有石灰岩分布的两个相邻河谷的水文地质条件。因此喀斯特地区水庫地质測繪应包括較大範圍,也就是要貫徹由大(範圍)到小(範圍)。由面到点的工作方法,具体範圍

的确定我們遵循着如下几点原則：

(一)和水庫直接接触的石灰岩延伸到相邻低地(河谷)时，地質測繪就应扩大到該地区。石灰岩从水庫延伸到相邻低地包括两种情况：1)石灰岩順岩层走向直接延伸到相邻低地，如以礼河水庫左岸的震旦紀、寒武紀、石炭紀、二迭紀的石灰岩从水庫沿伸到白霧三村；2)石灰岩由于褶皺的关系(如向斜构造)在相邻低地出露(包括在下游出露)，如以礼河毛家村水庫、黃泥河一級(大桥)水庫等。不論是那一种情况，在进行地質測繪时除按通常規定的要求进行測繪外，应特別注意相邻低地的准确高和以及从水庫延伸到低地的石灰岩的底板高程(即相对不透水层頂板)，而且不能只从地形图上查得，而是要布置較多地質点用仪器进行測量。因为石灰岩分布高程低于水庫正常高水位就有可能造成漏水(当然，漏水与否还要結合其他条件考虑)，測量高程时，不能只注意和水庫距离最近的地方，而要注意在相邻低地出露的整个石灰岩分布地段的高程。如洗馬河水庫区石灰岩延伸到可郎河(邻谷)，在可郎河下游灰岩分布的高程(底板)高于洗馬河一級水庫的正常高水位，而在可郎河上游石灰岩的分布高程則低于洗馬河一級水庫的正常高水位(因傾伏向斜的关系)，因此不能只注意某一点石灰岩分布的高程。如石灰岩从水庫延伸到下游，則地質測繪就不能只作到坝址，应向下游扩大，特別是下游梯級尚未修建或本梯級采用跨流域开发方式更显得重要。

(二)有的河流梯級不相銜接，如以礼河毛家村坝址和水槽子水庫之間的河道，在这种情况下，地質測繪范围应包括坝址下游的河道以及可能形成河道漏水的有关地区。

(三)如修建地下水庫(如六郎洞)，則不仅要注意庫水向下游滲漏，而且也要注意水倒流到其他地区，因此地質測繪范围

4

应包括全部喀斯特地下导水面积及和喀斯特地块有关的相邻河谷、低地。

2. 喀斯特区水文地质条件的研究应和地区岩层的性质、地质构造、喀斯特发育程度结合起来考虑

喀斯特区的水文地质条件不仅要考虑喀斯特发育的程度、特点和方向，而且要考虑岩层性质和地质构造，特别是在喀斯特地块中有非喀斯特岩层存在，据我们实践证明，由于岩性差异以及地质构造的影响造成了奇妙的喀斯特水文地质条件。以礼河水槽子水库左岸的泥盆纪岩层是由石英砂岩、页岩和不纯的石灰岩互层所组成，并延伸至白雾三村（低地），但由于有五条较大的垂直或斜交岩层走向的断层，使得岩层错断开来，使得石灰岩和砂页岩直接接触，因而造成了无统一水面的悬挂水在不同高程以泉的形式涓涓出流于河流两岸，这种水文地质条件也帮助说明了它的不漏水性。六郎洞水源区的高原喀斯特地块的南北两侧均有砂页岩成北东分布，这决定了六郎洞水源区喀斯特水是以近东西方向激烈循环的特点，砂页岩成为水源区三条主要地下水系的明显分野。

二、喀斯特区水库几种漏水特点及应注意的几个问题

1. 喀斯特区水库几种漏水特点

按我们进行喀斯特区水库地质测绘的体会，漏水的情况有四种，前面已说过，这里不准备再谈。这里只准备介绍在这四种情况下的五个漏水特点：

（一）库水冲刷表面的复盖层，使库水和石灰岩按期形成的漏水。

在喀斯特地区不仅要注意和库水直接接触的石灰岩的喀斯特发育程度和水的动态，而且要注意在复盖层下面的石灰岩的

喀斯特发育程度和水的动态，忽视了这一点就会造成不可弥补的损失。

以礼河水槽子水库左岸石炭二迭纪石灰岩地段表面有复盖层，由于该处库水深，浸水后岸坡有部分土层滑到水库内，加上水流的冲沟和水柱压力作用而形成的潜蚀，水槽子水库防渗的土堤修好后都会发生潜蚀，完全使表面的复盖层失去防渗作用，最后库水直接从喀斯特化石灰岩的裂隙、小洞穴中漏失，这是一个很重要的漏水特点。

(二)在喀斯特区河谷两岸地下水“倾向”同一方向(向邻谷)时，有可能两岸均漏水。

以礼河水槽子水库区的二迭纪岩层分布地段(该岩层是近垂直横跨河流分布)，左岸地下水低于河水而流向那姑盆地(低地)，而右岸地下水则高于水库正常高水位。由于该段河床冲积层较厚(约30公尺)，冲积层中粘土颗粒多，使河水悬托在河床上，不和河床下面的石灰岩地下水相联系。在初期工作时，由于石灰岩中只有一个孔，故将河漫滩冲积层中的地下水位和石灰岩中地下水位混淆起来，看起来好像是地下水位补给河水，而且地下水分水岭高于水库正常高水位，但是，实际上石灰岩中的地下水是不和成悬托状态的冲积层中的地下水相联系，而是从河床下面的石灰岩漏向左岸，漏向那姑低地。因此，在水库蓄水后虽然石灰岩中的地下水高于河水位，但库水仍然通过右岸的石灰岩漏向左岸，最后漏向那姑盆地，这是一个非常重要的漏水特点，过去仅是在理论教科书有过这种说法，现在实践证明了这一点，因此在喀斯特地区判定水库漏水与否则不能只望地下水分水岭高于或低于水库正常高水位就作出判断，而是要结合其他方面，特别是水文地质条件进行考虑。

(三)由于对坑孔封闭不妥而形成的人为漏水。

以礼河水槽子河床中的孔在蓄水前沒封閉好，蓄水后庫水就沿鑽孔滲漏，由于水深，現在不能处理，人为地增加了水庫漏水量。今后应絕對避免这种現象的发生。

(四)天然水庫(湖泊)的漏水量在运轉过程中是愈漏愈小。

在研究天然水庫(湖泊)的漏水問題时，其漏水又具有另一特点，即愈漏愈小。因为湖泊的水能利用的結果是逐年地降低湖水位，而不是壅高湖水位，因此，即使湖岸有漏水通道，如喀斯特溶洞，而使湖水流向相邻湖泊或河谷，則將由于湖水位的降低其漏水量將愈漏愈小。鑒此，湖泊利用的漏水問題主要是研究防水措施以增加湖水水量的問題，而不是研究滲漏損失的問題。

(五)庫水沿着庫岸石灰岩中的反复泉倒灌。

在我們进行过的几个水庫均有反复泉存在，如甸溪河于峒山一带的九股水等泉水和洗馬河甸尾一带的泉水均是屬於这一类型，由于这类泉水的分布高程均低于正常高水位，因而能够在水庫蓄水后将在上述水庫中形成倒灌現象。因不抬高水位就已有水从洞中流走，这說明另有更低的排水地点，如水庫蓄水水头压力加大，这样就会加大漏水量。

2. 研究水庫漏水应注意的几个問題

(一)研究水庫区喀斯特发育程度不能只注意裸露的岩层，更重要的要注意复盖层下面喀斯特发育情况，并且还不能简单地認為庫岸有复盖层就不会漏水，应查清复盖层的厚度、透水性、土的物理力学性，特別是浸水状态的摩擦角，并結合該地段水庫蓄水后的水柱压力作用下的潛蝕情况和冲淘作用加以綜合考虑。在勘探方法上应多用坑槽探来查明。

(二)在喀斯特区判定两岸漏水与否不能只注意地下分水岭是否高于正常高水位，更要注意水文地質条件和地区岩层、构

造、喀斯特和水文地質条件，以便全面分析判定。

(三)水庫漏水量的計算必須結合該区水文地質特点进行，否則計算出来的成果是不正确的。在喀斯特地区研究水庫漏水量时，不能單純依賴計算(因条件限制不准确)，应結合其他方法进行，如利用水文测流的方法等。

(四)水庫蓄水前应对坑、槽、洞、孔加以妥善处理。

三、研究喀斯特区地下水动态的几种方法的采用及其效果

几年来，我們为了查清地下水动态，特别是喀斯特区的地下水动态，作了許多工作，如研究水庫漏水、水工建筑物地区水文地質問題，提供很多資料。由于我們沒有經驗，因此虽采用了許多方法，但有的并没有成功，虽然这样，我們还是取得了许多經驗，我們共采用了七种方法：

1. 物理勘探法

用物理勘探方法来查明地下水动态主要的有地震勘探和电法勘探，我們所采用的是电法勘探。

(1)物探对地下水动态的研究，过去我們主要作了如下項目：

1) 探明地下水埋藏深度，地下水的浸潤綫；

2) 探明岩层的含水性 and 不同含水层的区别；

3) 測定地下水的流向；

4) 測定地下水的流速；

5) 測定地下水矿化度及其变化特点和方向。

(2) 物探应用的条件

从过去已进行的工作看来，物探对地下水动态的研究起了很大作用，但在任何地区任何情况下均能使用，据我們实践結果，在下列几种情况下物探效果是不好的。

1) 地形起伏很大，山坡陡峻，綫拉不开；

2) 地下水埋藏太深。

2. 地下水系統長期觀測法

地下水(井、泉、坑、孔、河水、池塘)的長期觀測對研究地下水動態是個非常有效的方法。據我們實踐，長期觀測可以給我們提供如下資料：

(1) 地下水位的變幅，變動特點及其和鄰近地區地下水露頭的水位變化的關係；

(2) 了解地下水的坡降及其變化。在喀斯特地區以此論證喀斯特發育相對程度是很有幫助的；

(3) 了解水質的變化規律(如季節變化)及其和鄰近地區水質變化的關係；借以論證地下水的水源及流向。

以上這些資料都為我們提供了研究水庫區和埧段地區水文地質條件提供了寶貴材料，效果很好。

當然，地下水的長期觀測還能提供許多供各方面需要的其他方面的資料。

3. 水質分析法

水質分析方法對研究地下水動態也很有幫助(主要包括物理性和化學性)，在實踐中多利用化學性進行地下水動態的研究是很有效的，當然困難也是有的，主要是取不到水樣。水質分析一般可以提供如下資料：

(1) 離子含量從一個地區到另一個地區的變化值，如侵蝕性 CO_2 的減少和 Ca 離子的增加，這在喀斯特區對分析地下水流向有很大幫助。

(2) 從離子成分和含量的特點，可以推定地下水的補給區及其補給水的來源，因水的成分和岩層中的礦物成分有關。

4. 化學指示劑法

(1) 指示剂及其选择

我們使用过的指示剂主要是：盐溶液和染料溶液（多用螢光、螢光紅）。由于盐溶液較便宜，不会使水污染，而且較可靠，因此在水量大而距离远时，則多用盐溶液，当然用盐溶液技术条件較复杂。

采用染料溶液时一般选择原则是：

- 1) 便宜，
- 2) 易溶于水，虽濃度很小但仍易于辨認，
- 3) 不和岩石和水起化学作用，
- 4) 染料不会被岩石或水中的悬浮質所吸收，
- 5) 不会損害健康。

当然，指示剂是多种多样的，但考虑到有些方法会污染水或是可能影响用水居民的身体健康，因此我們沒有使用細菌、放射性元素、特臭溶液等。

(2) 指示剂用量的确定

指示剂用量的选择主要考虑的因素是距离和流量，可用下式計算求得

$$A = K \cdot Q \cdot L$$

式中 A ——指示剂的需要量，以克为单位；

Q ——总流量，公升/秒；

L ——两点之間距离（即投放地点和取样地点距离）；

K 值一般采用如下数值，为了試驗可靠，可稍加提高。

螢光 $K = 2.5 \cdot 10^{-9}$

盐（氯化鈉） $K = 2.5 \cdot 10^{-8} \sim 2.5 \cdot 10^{-5}$

洋紅 $K = 5 \cdot 10^{-8}$

5. 水中抛物法

水中抛物法我們主要使用两种方法，一是在水中抛擲飄浮

物，如浮标（在黑暗的溶洞中看不见浮标移动时，我们在浮标上点上火，这在六郎洞应用很成功）、木板、木球、锯屑、蛋壳、穀壳、羊屎、葫蘆等飄浮物体；一是在水中抛擲泥浆，用类似比色方法测定水的动态。第一种方法应用有限制，它只能在溶洞相通而无虹吸现象时才能使用，如我们在六郎洞测定五水塘和二水塘的关系，很成功。在有虹吸现象的地区除用化学方法外，还可用泥浆，如我们在测定六郎洞的六水塘和其他水塘的关系时就用过这个方法。这种方法优点是便宜，但在水量大而距离远时，效果就差些，另外还必须要在枯水季进行，洪水期水深不能应用。

6. 潛水法

在查明六郎洞洞内水流方向时，曾用过这个方法。这个方法主要是依据潛水員在水下探清溶洞发育方向和位置，并根据潛水員对流速大小来判定主流的方向。当潛水員下水时，在岸上需专人负责测量距离（由通气管或保險繩測量得）、方向及安全，这个方法有条件使用也能取得一定效果。

7. 涌水量分析法

这个方法主要是依据泉水的流量和其他地面集水面积来分析地下水补給区和补給关系。在云南常見到泉水和其集水面积不相符的情况，这是和地下集水面积区内地下水的汇集、补給有关。在判定泉水涌水量和地面集水面积不相符时，我们是采用了下面公式加以計算的：

$$Q = F \cdot q$$

式中 Q ——泉水流出水量；

F ——集水面积；

q ——每平方公里每秒的出水量。

q 是經驗数值，在各种岩层不同裂隙情况下是不一样的，

如砂岩中 q 約为 $4 \sim 5$ 公升/秒。

用这个公式計算后就可以推算出地下集水面积和地下水汇集、补給关系。

8. 在溶洞、矿井中直接测定地下水流的方法

在云南有的地方地下水埋藏特別深，用其他方法均无从了解其埋藏深度、流向、水质，我們有时就在通向地下水面的豎井或旧矿井中，对地下水流进行直接測量。这个方法在以礼河水槽子水庫和六郎洞水源区均使用过。

四、地下水水能利用及修建地下水庫的勘测工作經驗

在云南，由于喀斯特发育，在許多地方均有流量較大的喀斯特泉，这就給地下水水能利用和修建地下水庫提供了可能性。六郎洞电站就是一个典型例子。

从六郎洞电站的勘测工作来看：修建地下水庫引水发电的关键在于查清地下水庫的水是否会产生倒流或渗流到下游。

綜合起来修建地下水庫勘测关键有二：

(1) 渗漏：这包括庫水倒流(流向其他地区)，堵洞綫兩側的渗漏和堵洞綫底部的渗漏等三种。

(2) 利用看不見的溶洞作为扩大地下水庫庫容的可能性和现实性。为了查清以上二个問題，我們着重进行下列勘测工作：

- 1) 查清地下集水面积和地面集水面积，并进行水文計算；
- 2) 查清壅水后地下水庫庫水流向其他地区的可能性及出水地点(包括流入地下水庫水量减少的情况)；
- 3) 喀斯特发育程度；
- 4) 喀斯特水的动态，地下水系发育方向和程度；
- 5) 由于地震影响而形成地下水道堵塞的可能性及影响程

度；

6)地下水来水量变化规律及水量突然减少的可能性和原因；

7)查清水源区水的补给特点。

以上几条经验仅就过去工作中较突出的几个方面加以总结，其他方面，如坝址地区和明渠地区的水文地质问题，水文地质试验等经验另外专门总结。

二、云南以礼河水槽子水库漏水问题

云南省水利电力局设计院

水槽子水库是云南省东北部以礼河二级水电站的水库。该电站的大坝在1958年5月正式落成。水库于同年6月7日洪水到来时开始蓄水，经过五天发现水库漏水，漏出的水经过八十天的时间在水库西南侧的低地——那姑盆地的白雾三村出露。由于水库漏水造成了一些房屋和田地出水，同时对电能也有所损失，现将水槽子水库漏水问题及其教训加以总结，以便共同引以为戒。

一、水库蓄水前勘测工作概况和主要结论

1. 一般地质情况

以礼河水槽子水库区的地质主要构造线是北北东。整个水库区均处于披戛大背斜的西北翼，背斜轴部最老的岩层为前震旦纪昆阳系板岩，分布于水库区的西北翼，岩层依次为：寒武纪鲃竹寺页岩，沧浪铺砂岩和龙王庙石灰岩，中泥盆纪的页岩，海陆交替相的石英砂岩及不纯石灰岩互层，石炭纪石灰岩和二

迭紀石灰岩(阳新石灰岩), 这两层灰层之間夹有厚約10~20公尺的鋁土質頁岩, 最上部为峨嵋山玄武岩(坝址区)。除褶皱外庫区还有几条极大的断层: 大竹山野馬槽断层, 白霧街壩口逆掩断层, 茨坪子土逆掩断层, 此外尚有北西向(垂直于背斜軸)的石龙过江和鍋盖頂推移断层羣。

从地形看来, 水庫地区的以礼河谷基本上可分为二段: 第一段(庫尾)从南西流向北东; 第二段从南东流向北西, 以礼河右岸的支流岔河即在这两段河谷轉折处注入以礼河。水庫的东北面(右岸)相距60公里有邻谷牛栏江, 低于以礼河1,000公尺; 西面相距12公里也有邻谷小江和金沙江, 低于以礼河1,300公尺, 水庫除有上述邻谷外, 在其西南面相距2.71公里处尚有低于河水面145公尺的那姑盆地, 这是和水槽子水庫有石灰岩相連而分水岭单薄的低地。

水槽子水庫区除个别岩层中有砂頁岩外, 大部分是石灰岩, 其中以震旦紀、石炭紀和二迭紀的石炭岩喀斯特最发育, 庫区喀斯特发育的情况大致可分为两层: 一层分布在高程2,400~2,600公尺之間; 另一层根据鉆孔中發現的裂隙、溶洞以及掉鉆与强烈漏水等現象判断, 喀斯特分布高程在2,120~2,060公尺(即低于河水面20~40公尺)。喀斯特最发育地段为:

(1) 披曼堂~白霧街壩口~岩洞村。

(2) 水槽子~尖山~白霧三村。

2. 水庫区勘测工作的经过及主要結論

水槽子水庫勘测工作总的可大致分成二个阶段: 一是选择正常高水位; 一是在正常高水位确定后进行深入一步勘测的阶段。水庫正常高水位的选择主要是进行2,110和2,100两个高程的比較。经过勘测, 了解到如水庫正常高水位为2,110公尺时, 則从小菜园到披曼堂河段左岸有严重渗漏情况。为了避开这

个严重的漏水地段，将水库的正常高水位从2,110降低到2,100公尺。在正常高水位确定之后即进行详细勘测工作。

水库区的勘测工作绝大部分是在正常高水位定为2,100公尺(此即现在水库的正常高水位)以后进行的，地质工作除了按阶段所作的小比例尺的地质图外，绘制了范围包括从坝址到尖山沟垭口的1/10,000地质图以及相应的地质剖面，进行了坑、孔、井泉的长期观测等工作。在钻探方面前后共钻了18个孔(包括漏水后补钻的孔)，其中在震旦纪石灰岩区有5个孔，寒武纪石灰岩1个孔，泥盆纪岩层3个孔，石炭纪灰岩5个孔(包括在该段的河中孔)，二迭纪灰岩4个孔。另外还采用物探测地下水流向等工作。

根据上述工作情况，得出水槽子水库区勘测工作的结论，综合起来主要有四点：

1. 水库右岸不可能产生渗漏，其根据是：

- (1) 右岸山很高，分水岭很厚；
- (2) 水库和牛栏江相距60公里，距离很远；
- (3) 山沟里的水流向以礼河，泉水也高于正常高水位；
- (4) 右岸212号钻孔(震旦纪灰岩中)水位高出河水面4~5公尺。

2. 水库左岸寒武纪和泥盆纪地层不漏水(或渗漏极微)，其根据是：

- (1) 石灰岩含泥质，不易溶解，未见溶洞和溶蚀现象；
- (2) 石英砂岩、頁岩是隔水层；
- (3) 在那姑盆地寒武纪和泥盆纪岩层分布地未见裂隙泉和溶洞泉。

3. 左岸震旦纪石灰岩为强烈渗漏地段，其根据是：

- (1) 岩层喀斯特发育，且通向那姑盆地，无隔水层；

(2)和那姑盆地之間的分水岭仅寬3公里，那姑盆地低于以礼河百余公尺；

(3)在那姑盆地有水量穩定的泉水出露；

(4)灰岩中的216号孔地下水比河水低1.6公尺；

(5)那姑出露的泉水在水量和水質方面均与河水有連系；

(6)根据計算年滲漏損失約78万立方公尺，相当于枯水流量1/30。

4.左岸石炭二迭紀地层是小滲漏地段，其根据是：

(1)岩层近垂直于河谷通向那姑盆地，喀斯特发育，中間无隔水岩层；

(2)和那姑盆地之間的分水岭仅寬2.5~3公里，那姑盆地低于河水位百余公尺；

(3)岩层中地下水位均低于河水位，距河边300公尺的211号孔地下水位低于河水位22公尺；距河边为500公尺的51号孔則低25公尺，地下水流向那姑盆地。

关于水槽子水庫漏水結論，在初設第三卷报告中还作了如下总評价：从水庫的滲漏方面看来，水槽子水庫不是理想水庫……經過水文地質計算每年經過震旦泥灰岩的滲漏損失約78万立方公尺，这个数字是比較微小的，約为枯水流量的三十分之一。除震旦紀地层以外，水槽子村附近的石炭二迭紀地层亦是一个滲漏地段……不过石炭二迭紀灰岩庫边长度只有500~800公尺，即使肯定有較严重的滲漏，是能以人工处理补救的。

二、水庫蓄水后的漏水情况

水庫在1958年6月7日洪水到来时开始蓄水，8日上午水位升到2089公尺，并开始坝頂溢流，直到12日下午2~3点发现水位下降，溢流中断，这时，才知道水庫漏水，13日上午，水位降