

混凝土坝观测技术培训教材

混凝土坝观测资料分析

(下)

李 珍 照

武汉水利电力学院

TV 640.9
3

混凝土坝观测技术培训教材

混凝土坝观测资料分析

(下)

李 珍 照

武汉水利电力学院

目 录

(下 册)

第二篇 主要观测项目的分析技术

第七章 观测资料分析的基础工作	(181)
第一节 资料的收集与积累	(181)
第二节 观测资料的整理与整编	(182)
第三节 观测资料的初步分析	(184)
第八章 水位及温度资料整理分析	(189)
第一节 上下游水位资料整理分析	(189)
第二节 气温资料整理分析	(193)
第三节 水温资料整理分析	(198)
第四节 坝体混凝土温度资料整理分析	(203)
第九章 渗透观测资料整理分析	(213)
第一节 坝基扬压力资料整理分析	(213)
第二节 坝体孔隙压力资料整理分析	(228)
第三节 坝体及坝基漏水资料整理分析	(233)
第十章 变形和应力观测资料整理分析	(240)
第一节 实测成果的计算	(240)
第二节 变形和应力的定性分析	(253)
第三节 定量分析的因子初选及数学模型	(271)
第四节 定量分析实例	(278)
参考文献	(287)
附表	(290)
附表 1 标准正态分布表(一)	(290)
附表 2 标准正态分布表(二)	(290)
附表 3 t 分布表	(291)
附表 4 χ^2 分布表	(292)
附表 5 F 分布表	(293)
附表 6 相关系数检验表	(296)
附表 7 正交多项式表	(297)

第二篇 主要观测项目的分析技术

第七章 观测资料分析的基础工作

第一节 资料的收集与积累

观测成果体现为一定形式的资料,观测资料是观测工作的结晶。收集和积累观测资料才能为利用观测成果提供条件。为了对观测成果进行分析,必须了解各种有关情况,这也需要有相应的资料。因此,收集和积累资料是整理分析的基础。观测分析水平与分析者对资料掌握的全面性及深入程度密切相关。观测人员必须十分重视收集和积累资料,并爱护资料,熟悉资料。

为了做好观测分析工作,应收集、积累的资料有以下三个方面。

一、观测资料

1、观测成果资料:包括现场记录本,成果计算本,成果统计本,曲线图,观测报表,整编资料,观测分析报告等。

2、观测设计及管理资料:包括观测设计技术文件和图纸,观测规程、手册,观测措施及计划、总结,查算图表、分析图表等。

3、观测设备及仪器资料:包括观测设备竣工图,埋设、安装记录,仪器说明书、出厂证书,检验或率定记录,设备变化及维修、改进记录等。

二、水工建筑物资料

1、坝的勘测、设计及施工资料:包括坝区地形图,坝区地质资料,基础开挖竣工图,地基处理(帷幕灌浆、排水孔钻设、断层破碎带加固等)资料,坝工设计及计算资料,坝的水工模型试验和结构模型试验资料,混凝土施工资料,坝体及基岩物理力学性能测定成果(强度、弹性模量、泊桑比、抗渗性、抗冻性、热学参数)等。

2、坝的运用、维修资料:包括上下游水位、流量资料,气温、水温、降水、冰冻资料,泄洪资料,地震资料,坝的缺陷检查记录,维修、加固资料等。

三、其它资料

包括国内外坝工观测成果及分析成果,各种技术参考资料等。

资料收集、积累的范围与数量,应根据需要与可能而定。厂部、分场和班组存档的分工,应便于使用并有利于长期管理和保存。

第二节 观测资料的整理与整编

一、观测资料整理的几个环节

从原始的现场观测数据,变成便于使用的成果资料,要进行一定的加工,这就是观测资料整理。它是资料分析的基础,常包括以下三个环节。

1、计算:把现场观测数据化为成果数值。如根据压力表读数及表的高程推算扬压水位、渗透系数,根据水准测量记录计算测点高程及垂直位移值等。

2、绘图:把成果数据用图形表示出来。如绘制过程线、分布图、相关图等。

3、编成果册:把成果表、曲线图作适当整理编排并加以说明,汇编成册,提供使用。习惯上,常将长系列(一年或数年)观测资料的系统整理并汇编刊印成册的工作称作整编。

我国混凝土坝观测资料整理、整编尚无全国统一规范,以下介绍的是部分单位的实际做法。

二、观测资料的记录和计算

1、记录格式:应统一格式,印制成表,按表填记。表格内框的基本尺寸:横表为 15×22 厘米,竖表为 16×21 厘米。水利电力部水利司编的《水工建筑物观测工作手册》附录中列举的一些格式可供参考。

2、填表要求:字体要清楚、端正。现场填记可用铅笔或钢笔,计算统计表填记可用钢笔或复写,但一般不宜用圆珠笔。有错时不得涂改,应以斜线或横线划掉,然后在上方填上正确数字。有疑问的数字,应在左上角标以可疑符号“※”并在备注栏内说明疑问原因。观测资料中断时,应在相应格内填以缺测符号“—”,并在备注栏内说明中断原因。

3、计算要求:计算方法、采用单位及有效数字的位数均应遵守有关规定,不应任意变化。计算应在现场观测后及时进行,发现问题要查明原因,必要时补测或重测。坚持严格的校审制度,计算成果一般应经过全面校核、重点复核、合理性审查等几个步骤,以保证成果准确可靠。

4、基准值的选用:位移、沉陷、接缝变化等皆为相对值,每个测点必须有基准值作为相对的零点,它影响以后每次测值的计算成果,必须慎重选定。一般宜选择水库蓄水前数值或低水位数值。在该期若干测次中挑出误差较少、数值较合理的一次作选用值。一个项目若干测点的基准值宜取用同一测次的,以便相互比较。

三、观测成果的作图

根据几何原理,用曲线的型式、形状、长度、曲率、所围面积或用散点、曲面等几何图形来表示观测值与时间、位置、各有关物理量之间的关系,这就是观测成果的作图表示法。它简明直观地展现出测值的变化趋势、特点、相互关系等,是观测资料整理中常用的成果表达方式。

作图中应注意下列事项:

1、图幅:大小要合适,以能代表所表达的数值的范围和精度为宜。能用小图表达的就不

要用大图。图幅一般内框 16×22 厘米，以便和文字、表格一同装订并便于翻阅。图纸常用毫米格纸。

2、**座标**：一般以所考察的观测量（因变量）为纵座标，影响因素（自变量）为横座标。

座标的分度（座标上一定长度所代表的数值的大小）应使每一点在座标纸上都能方便地点绘和读数为宜。要先查明所绘变量的变化幅度，再根据图幅确定比例尺和座标分度。比例尺宜选为1，2，5，10等的一倍、十倍、百倍数。尽量使点据在纵横两个方向都大致占满图幅，不要使点据偏于一隅。绘制相关曲线时，还应尽量使曲线与横座标成 $30 \sim 60$ 度角。

3、**点据**：应以适当符号表示在图上。不同组的点据可用不同符号。

4、**曲线**：有的图只绘出点据叫散点图。有的在点据群中加上回归线（计算出或目估定线）叫相关图。有的将各点据按序（如按时间或位置）连线叫连线图。有的将各点据数值绘出等值线，叫等值线图。有的在一幅图上可绘出多个项目或多个测点的点据及曲线，叫综合图。

曲线的绘制应力求准确清楚、线条均匀、粗细一致，主次线条的线宽应有区别。

5、**说明**：图名、比例尺、图例、座标名称、单位、标尺及必要的说明应在图上适当位置标注清楚。字体应端正清晰。

四、观测资料的整理、整编

1、观测资料整理的工作内容一般包括：

- 1) 审核记录及计算有无错误、遗漏，精度是否符合要求；
- 2) 进行成果统计，填制成果表或报表；
- 3) 绘制必要的曲线图；
- 4) 编写说明。

整理工作应在每次观测后（特别是高水位期）及时进行。汛前、汛后一般还应作阶段性整理。

2、观测资料整编工作的内容一般包括：

- 1) 汇集资料；
- 2) 对资料进行考证、检查、校审、精度评定；
- 3) 编制观测成果表；
- 4) 绘制各种曲线图；
- 5) 编写观测情况及资料使用说明；
- 6) 刊印。

有的单位将资料整理、整编和分析分开，整理整编只提供成果，不包括分析。有的单位则将分析整理、整编结合起来，这时整编成果还包括分析报告的内容。

3、**整编成果质量**应达到项目齐全、图表完整、考证清楚、方法正确、资料恰当、说明完备、规格统一、字迹清晰、数字正确。成果表中应没有大的、系统的错误，一般性错误的差错率不超过两百分之一。

4、**整编时**对观测设备情况的检查考证，包括水位和高程的基面考证，水准基点和水尺零点高程考证，位移基点位置稳定性考证，扬压测值的孔口高程、压力表中心高程以及校表

情况的考证等。

5、整编时对观测成果的合理性检查，包括历史测值的对照，相邻测点测值的对照，同一部位几种有关项目的测值对照等。对不合理数据，应作出说明；不属于十分明显的错误，一般不应随意舍弃或改正。

6、整编时对观测成果的校审，包括数据记录、计算的校核，关系曲线的定性检查，制表、统计方面的检查，表面统一性检查（消除表面矛盾和规格不统一现象）以及全面综合检查等。

7、整编时对观测精度的分析评定，应给出误差范围，以利于资料的正确使用。

8、整编中的观测说明，包括观测布置、测点情况、仪器设备、观测方法、基准值、计算方法等的简要介绍以及考证、检查、校审、精度评定的说明等。

第三节 观测资料的初步分析

一、常用的初步分析方法

1、绘制测值过程线

以观测时间为横坐标，所考查的测值为纵坐标点绘的曲线叫过程线。它反映了测值随时间而变化的过程。由过程线可以看出测值变化有无周期性，最大最小值是多少，一年或多年变幅有多大，各时期变化梯度（快慢）如何，有无反常的升降等。图上还可同时绘出有关因素如水库水位、气温等的过程线，籍以了解测值和这些因素的变化是否相适应，周期是否相同，滞后多长时间，两者变化幅度大致比例等。图上也可同时绘出不同测点或不同项目的曲线，籍以比较它们之间的联系和差异。

2、绘制测值分布图

以横坐标表示测点位置，纵坐标表示测值所绘制的台阶图或曲线叫分布图。它反映了测值沿空间的分布情况。由图可看出测值分布有无规律，最大、最小数值在什么位置，各点间特别是相邻点间的差异大小等。图上还可绘出有关因素如坝高、弹性模量等的分布值，籍以了解测值的分布是否和它们相适应。图上也可同时绘出同一项目不同测次和不同项目同一测次的数值分布，籍以比较其间联系及差异。

当测点分布不使用一个坐标来反映时，可用纵横坐标共同表示测点位置，把测值记在测点位置旁边，然后绘制测值的等值线图来进行考察。

3、绘制相关图

以纵坐标表示测值，以横坐标表示有关因素（如水位、温度等）所绘制的散点加回归线的图叫相关图。它反映了测值和该因素的关系，如变化趋势，相关密切程度等。

有的相关图上把各次测值依次用箭头相连并在点据旁注上观测时间，又可在此种图上看测值变化过程，因素值升和降对测值的不同影响以及测值滞后于因子变化的程度等，这种图也叫做过程相关图。

有的相关图上把另一影响因素值标在点据旁（如在水位~位移关系图上标出温度值），可以看出该因素对测值变化的影响情况，当影响明显时，还可绘出该因素等值线，这种图叫复相关图，表达了两种因素和测值的关系。

由各年度相关线位置的变化情况,可以发现测值有无系统的变动趋向,有无异常迹象。由测值在相关图上的点据位置是否在相关区内,可以初步了解测值是否正常。

4、对测值作比较对照

1) 和上次测值相比较,看是连续渐变还是突变。

2) 和历史极大、极小值比较,看是否有突破。

3) 和历史上同条件(水库水位、温度等条件相近)测值比较,看差异程度和偏离方向(正或负)。比较时最好选用历史上同条件的多次测值作参照对象,以避免片面性。除比较测值外,还应比较变化趋势、变幅等方面有否异常。

4) 和相邻测点测值互作比较,看它们的差值是否在正常范围之内,分布情况是否符合历史规律。

5) 在有关项目之间作比较,如扬压力与涌水量,水平位移和挠度,坝顶垂直位移和坝基垂直位移等,看它们是否有不协调的异常现象。

6) 和设计计算、模型试验数值比较,看变化和分布趋势是否相近,数值差别有多大,测值是偏大还是偏小。

7) 和规定的安全控制值相比较,看测值是否超过。

8) 和预测值相比较,看出入大小及是偏于安全还是偏于危险。

二、影响观测值的基本因素

分析观测值的变化规律及异常现象时,必须了解有关影响因素。一般来说,有观测因素、荷载因素、结构因素等,分述于下。

1、观测因素

观测值应准确可靠,但不可避免地会存在误差,误差又可分为疏失误差、系统误差和偶然误差三类。

疏失误差是由于观测人员的疏忽而产生的错误。如仪器操作错误,记录错误,计算错误,小数点串位,正负号弄反等。这类错误使成果被歪曲,应杜绝发生。观测分析时应通过认真检查来发现此类错误并加以处理。

系统误差是由于观测设备、仪器、操作方法不完善或外界条件变化所引起的一种有规律的误差。例如量具不准引起的测长误差,压力表不准引起的扬压力误差等。通常系统误差对多个测点或多次测值都发生影响,影响值及正负号有一定规律。除在观测中应尽量采取措施来消除或减少系统误差外,还应在资料分析时努力发现和消除系统误差的影响。如检查出各测点高程都有一个相同的异常升高值时,可能是基点发生了沉陷。如发现各测点位移都异常偏向上游且在分布上呈线性关系时,可能有一端基点产生了向下游的移动。分析资料时要特别注意基点的稳定性,基准值的准确性等问题。发现有系统误差要加以处理。

偶然误差是由于若干偶然原因所引起的微量变化的综合作用所造成的误差,这些偶然原因可能与观测设备、方法、外界条件、观测者的感觉等因素有关。偶然误差对测值个体而言是没有规律的(或者规律还未被人掌握),不可预言和不可控制的,但其总体(大量个体的总和)服从于统计规律,可以从理论上计算它对观测结果的影响。

大坝观测的每种项目、每个测点的测值都存在偶然误差。例如变形观测时十字丝与视标

中心不密切重合的照准误差,读游标时的读数误差;用量杯作漏水观测时的记时误差、水量读数误差等。这些误差可能由于温度变化和气流扰动引起的仪器微小变化,观测人员感觉器官临时的生理变化,空气中的折光变化等综合产生,一般难于消除,或为消除它要付出较大代价不够合算。系统误差经消除后的残存值,也可看作是偶然误差。

利用多次重复观测的资料,可以求出一组观测值的单独观测值中误差及算术平均值中误差。由之可以了解偶然误差的数值范围和测值精度。

总之,得到观测成果后,首先应对其可靠性和正确性进行检查,即分析有无疏失误差和系统误差。有疏失误差的测值应舍去不用(因计算错误而被发现的,可恢复正确测值再使用),有系统误差的测值应加以改正。然后根据统计分析方法,求出偶然误差,了解测值的精度。

当多次测值始终都在误差范围以内变动时,认为测值未发生变化或其变化被误差所掩盖;当此种变动超过误差范围时,认为测值有变化。此时应进一步从内因(坝的结构因素)和外因(坝的荷载条件)的变化上来考察测值发生变动的原因、规律性,并判断测值是否异常。

2、荷载因素

作用在混凝土坝上的荷载,主要有坝的自重,上下游静水压力,溢流时的动水压力,波浪压力,冰压力,扬压力,淤沙压力,回填土压力,地震产生的力,温度变化影响等。它们是大坝变化的外因,分析观测成果时,要把测值和它们的变化联系起来考察。

在混凝土坝建成后的变形及渗透观测分析中,自重已是定值,不随时间而变化;动水压力、波浪压力、冰压力比较次要,对测值影响不大;淤沙及回填土压力一般也较次要,且变化较缓慢,大的地震发生机会少,较难遇到;扬压力主要取决于上下游水位且本身也是一种观测项目。因此,主要考察的荷载是上下游水压力和温度变化影响。许多情况下当下游水位(对岸坡坝段则是下游地下水位)变幅不大且下游水深相对上游水深较小时,可只考虑上游水压力即水库水位的变化和温度变化的影响。

水库水位决定了坝前水深。作用在坝上游任一点的静水压强和该点处水深成正比,作用在坝任一水平截面以上的静水压力和该截面上水深的平方成正比。水库水位就决定了上游水压力,而水压力是混凝土坝上最主要的荷载之一,因此大多数观测值都和水库水位有密切关系。水库水位越高,坝的变形和渗透就越大,应力状况也越不利,甚至出现不安全情况,这就使高水位时的观测及其资料分析显得特别重要。

坝体混凝土温度的变化和某些观测值也有密切的关系。混凝土坝的温度变化过程是复杂的。开始时混凝土入仓温度和周围介质温度就可能不同,继之水泥水化热又使混凝土温度升高,坝周围的介质(空气、水体和地基)的温度也在不断地变化,上下游水位的升降又使坝体浸没在水中的深度随着变化,这些因素的影响使坝体混凝土温度在分布上是不均匀的,在时间上是不断变化的。混凝土温度变化引起体积的胀缩,相应地引起温度应力及温度变形。通常坝的水平位移、垂直位移、挠度、接缝变化、应力、应变等和温度情况都有明显的关系,有时这种影响较之水位影响更为重要。对于拱坝、支墩坝及宽缝重力坝等薄壁或有大空腔的坝体,尤其是这样。温度变化引起坝体接缝和裂缝的张合,间接地也影响到漏水量及扬压力的大小。

影响观测值的温度因素是坝体各点混凝土温度分布及变化的综合,一般用各时期断面温

度等值线图来描述,有时也简化地用坝体几个点的温度来表示。运行数年后的坝体,水化热已基本散发,混凝土温度主要取决于气温和水温,而水温又主要受制于气温(也和水库水深及水量平衡等因素有关),因此,在缺乏坝体混凝土温度及水温实测值或计算值的情况下,也可以用坝区气温来代表温度因素,考察分析坝的观测值和它的关系。

水位、温度影响坝的变化往往有一个过程。这就使观测数值不仅和当时水位、温度状况有关,往往还和前期水位、温度的变化过程有关,表现出滞后现象。扬压力、漏水的滞后现象比较明显。

在发生较强烈地震情况下,坝的变形、渗漏都可能有所变化,分析地震前后观测资料时,要注意考察这种影响。

前面提到的次要或变荷载,对某些坝而言,在一定条件下可能成为主要荷载。如对寒冷地区的低坝,冰压力有时占重要地位;多泥沙河流坝前淤积很快时,泥沙压力可成为一种主要影响因素。在这类情况下,应该着重把测值的变化和它们联系起来加以考察。

3、结构因素

荷载因素是坝变化的条件,结构因素则是坝变化的根据。荷载是通过结构而起作用的。分析观测资料时,必须深入地掌握坝的结构情况,把测值当作是荷载作用于结构的产物来考察。

这里说的结构因素包括坝基和坝体两个部分。

坝基结构因素主要是地质条件和基础处理情况。

地质条件包括坝基岩石的均匀性,弹性模量、泊桑比、抗压强度及抗剪强度数值,断层、节理、软弱破碎带的分布和性质,抗渗性和排水性,边坡稳定性等。这些条件对测值都有影响,如岩性不均一,可能引起基础沉陷和位移的不均一,还会影响坝下部应力、应变的分布值;岩石风化破碎,抗渗性将较差;岩石中有泥状物质时,抗渗性较好、排水性则较差。大坝观测中,应着重注意地质条件差的坝段,把它们当作重点监测和分析的对象。

基础处理条件包括坝基开挖、固结灌浆、帷幕灌浆、排水以及软弱破碎带的处理情况等。这些措施的目的是防止基础出现滑动、开裂、压坏、不均匀沉陷、大的渗漏、冲蚀、管涌、软化和坝头、边坡失去稳定。处理较彻底的,变形及渗漏较小,稳定及应力状况较好;反之则较差。了解基础处理情况,对正确分析观测成果很有帮助。此外,在坝投入运用后对基础所作的维修、加固工作,如帷幕补充灌浆,排水孔的清理疏通等,也要及时了解。因为它们对观测值也会发生影响。

坝体结构因素主要是坝的尺寸和构造,混凝土的质量和特性,坝在运用中的结构变化等。

一座坝的各个坝段的高度和尺寸是不相同的。坝段高的由于承受荷载较大通常其变形、应力和渗透也较大,反之则较小。坝体结构的单薄与厚实,接缝的型式与构造、混凝土质量的好与坏等,也都会影响到观测数值,分析时要加以注意。

在坝的运用过程中,结构情况还可能发生变化而影响测值。如混凝土及岩石的徐变可影响变形及应力;混凝土内部的溶蚀和沉积会使一些裂隙加大或充填而造成渗漏量及渗透位置的改变;坝面的风化、冻融会加剧入渗等。采取维修措施后,随着结构状况的改善,测值也会相应变化。如坝面补修和防渗灌浆可减少渗漏,联接坝缝和锚固坝体可降低变形值等。因

此，掌握坝在运用中的变化情况对分析观测资料也是很重要的。

大坝结构条件在各坝段各有不同，在坝建成后基本上是不变或少变的，而荷载则周期性的经常在变化，因此大坝观测成果的数值在空间分布上主要取决于结构条件，在时间发展上则主要取决于荷载变化。但这只是问题的一个方面。从另一方面来说，荷载在各个坝段是不同的，对测值的空间分布也发生影响；同时，结构条件随着时间的推移总会变化，有时甚至是质的变化，这也不能不影响到测值的时程变化。观测分析的任务就在于通过具有一定精度的观测资料，认识大坝观测数值在空间分布和时间发展上的规律性，掌握它和各种内外因素的联系，从观测值的变化来考察和发现大坝结构的变化和异常现象，防止大坝结构的变化向不安全的方向发展到质变。

第八章 水位及温度资料整理分析*

第一节 上下游水位资料整理分析

水位资料是水电站最基本的观测资料之一。在大坝观测中,水位变化标志着静水压力的变化,而静水压力是作用在坝上的一种主要荷载。大坝的变形、渗透等莫不和它有密切的关系。此外,上下游水位还用来计算水库蓄水量和进出水库流量,为发电和综合利用提供基本数据。

水位资料整理分析,通常包括下列工作:

- 1、核审观测记录;
- 2、考证基面的绝对高程、水准点高程及水尺零点高程;
- 3、订正水位记录;
- 4、计算日平均水位;
- 5、绘制水位过程线;
- 6、作水位合理性检查;
- 7、统计分析特征值;
- 8、编写成果表及整编分析说明。

一、水准考证及水位订正

水位和高程数值,一般都以一个基本水准面为准,这个水准面,称为基面。水位值即基面以上的水尺零点高程再加水尺读数。水尺零点高程系由校核水准点引测,后者又由基本水准点引测。水准点高程及水尺零点高程若发生错误就会引起水位的错误,因此必须定期进行校测和考证。

基面有下列几种:

1、绝对基面:以某一海滨地点的特征海水面为0.000米(如大连、大沽、黄海、吴淞、珠江口等),将测站基本水准点与国家水准网所设水准点接测后,测站水准点高程可根据引据水准点所用的那个基面以上的高程数来表示,叫绝对基面。

2、假定基面:测站附近没有国家水准网,水准点暂时不能与绝对基面高程相连接时,可假定一个水准基面作为基准。如假定某站基本水准点高程为200.000米,则此站的假定基面就在该基本水准点顶端垂直向下200.000米的水准面上。

3、测站基面:是水文测站专用的一种固定基面,一般选在略低于历年最低水位或河床最低点的基准面上。

4、冻结基面:也是水文测站专用的一种固定基面,一般是将测站第一次使用的基面冻

*本章内容主要根据笔者1976年所编《混凝土坝外部观测资料的整理分析》讲义的第二章改写而成。

结下来，作为冻结基面。

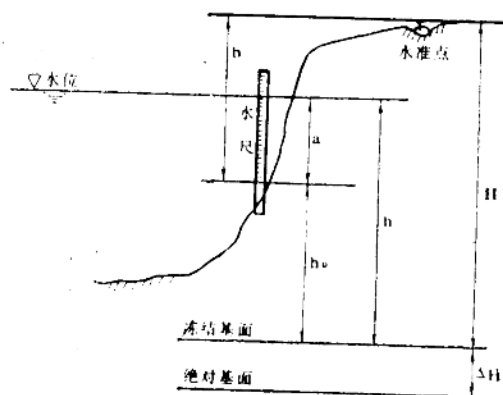


图 8—1 基面示意图

冻结基面可以是绝对基面（由于测量有误差，所以实际上只是绝对基面的近似重合面），也可以是假定基面。和水位关系示意于图 8—1。由图可知：

$$\text{水尺零点高程: } h_0 = H - b \quad (8-1)$$

$$\text{水位: } h = h_0 + a \quad (8-2)$$

当用绝对基面表示时，

$$\text{水尺零点高程: } h'_0 = H - b + \Delta H \quad (8-3)$$

$$\text{水位: } h' = h_0 + a + \Delta H \quad (8-4)$$

各式中，当水准点位置不发生变动时， H 是恒定值。但 ΔH 却随对水准点的测量精度发生变化而变化。

根据水利电力部1974年颁行的《水文测验试行规范》的规定，为使水位和高程资料多年的连续性不致遭到破坏，一般地区均采用冻结基面，仅水电部批准使用测站基面地区，可使用测站基面。

测站基面与冻结基面应尽可能与绝对基面相连接。各项水位、高程资料中都应写明用测站基面或冻结基面表示的高程同用绝对基面表示的高程间的换算关系。如设站时引测的国家水准网的基面为大连基面，这时换算关系为：

冻结基面以上米数 + 0.000 米 = 大连基面以上米数；

当进行精密测量后测得冻结基面比大连基面高 0.003 米，这时换算关系改为：

冻结基面以上米数 + 0.003 米 = 大连基面以上米数。

水准考证时，应首先了解本站用的是冻结基面还是测站基面，基面和绝对基面的高差是多少，经过精密测量和平差后有无修正，绝对基面有否变换（如从大连基面变换为吴淞基面）等。

水准点及水尺零点高程考证的内容包括：设立和校测情况，有否变动，变动的时间、数值、原因（如基面变换，水准点本身沉陷，水尺碰动），对水位观测值的影响等。

由于水准点高程变动、水准测量错误或水尺本身被碰撞、冻拔等原因引起水尺零点高程

发生变动且变动值超出水尺零点高程测量误差并大于10毫米时，应在查明变动原因后对有关水位记录进行订正。考证水尺零点高程变动时间，一般可绘制水位过程线作分析。对于水库水位，还可以推求入库流量后，由流量的合理性来作验证。若经过考证，能确定水尺零点高程的变动日期，则在变动前用原测高程，以后用新测高程；如能确定水尺高程在某一段期间发生渐变，则在变动前用原测高程，校测后用新测高程，渐变期间按时间比例插补改正（图8—2）。

当两次校测水尺零点高程之差大于当年水位变幅5%或超过0.5米时，水位资料应废弃或只能作参考资料。

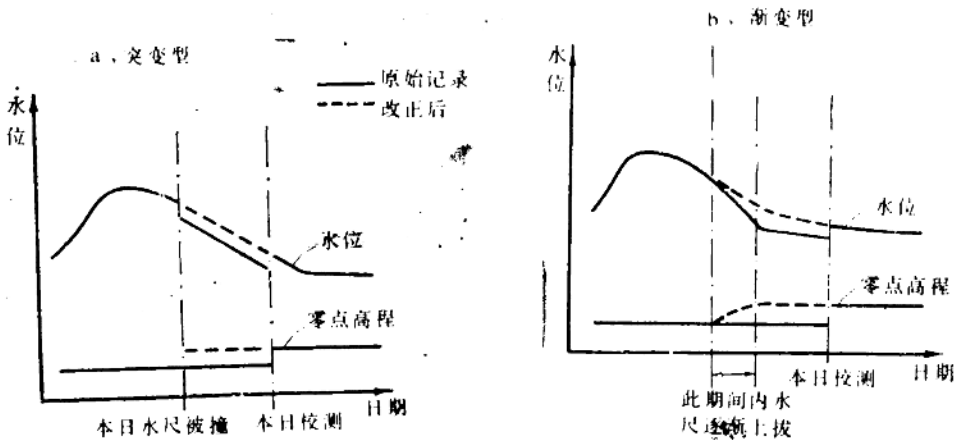


图8—2 水位订正示意图

二、日平均水位的计算

水位变化缓慢或等时距观测时，日平均水位用算术平均法计算。即将各次测值相加后除以观测次数。所谓等时距观测，系指本日第一次到次日第一次观测的24小时内各测次时距相等，零时到第一次观测与最后一次观测到24时的时距不要求一定相等。如一日内08、20时两次观测及02、08、14、20时四次观测，皆属等时距观测。在一日内测次甚多或分布不均时，在不影响精度情况下也可挑选其中部分等时距测次作算术平均计算。

水位日变化较大且不等时距观测时，采用面积包围法求算日平均水位。即将本日零时至24时水位过程线所包围的面积，除以一日时间而求得。如图8—3所示，设某日自零时至24时内，在各时距 $t_1, t_2, \dots, t_n$ 间，观测水位值为 $H_0, H_1, H_2, \dots, H_{n-1}, H_n$ ，则该日日平均水位 $\bar{H}$ 可用下式计算：

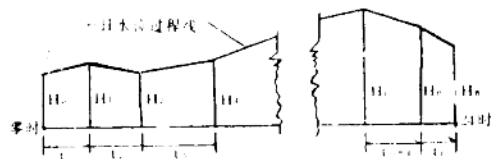


图8—3 用面积包围法求日平均水位

$$\bar{H} = \frac{1}{48} [H_0 t_1 + H_1 (t_1 + t_2) + H_2 (t_2 + t_3) + \dots + H_{n-1} (t_{n-1} + t_n) + H_n t_n], \quad (8-5)$$

若该日零时或24时没有实测记录，则应根据其前后测次的水位和时间，用直线插补法求出零时或24时水位后，再按式（8—5）计算。

由于计算日平均水位的方法不同而产生的允许误差为1—2厘米。

三、水位过程线的绘制

水位过程线系以时间为横座标，相应水位为纵座标，将各点据以直线相连绘成，为大坝观测需要，通常多绘制年度日平均水位过程线，有时也绘制多年水位过程线或年内某一时期水位过程线，水位根据需要取日平均值、瞬时观测值、旬平均值或月平均值。有时把坝上、下游水位放在一张图上来表示，水位比例尺则可根据水位变幅取得相同或不相同（图8—4）。

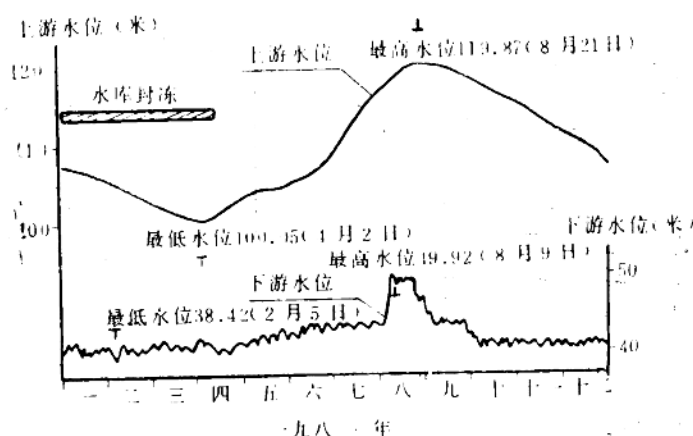


图8—4 年度水位过程线示例

在水位过程线上，通常还应表示出最高、最低水位值及发生时间、封冻期等。

必要时，可以通过水位过程线与上下游测站水位过程线的比较，或与入库流量、出库流量过程线比较，进行水位合理性检查。

四、水位特征值的统计

为了解大坝运行条件，对水库水位及坝下水位通常统计下列特征值：

- 1、年、月、日平均值；
- 2、年内最高、最低值及其出现日期，年水位变幅；
- 3、超出某一高水位的日数及日期，低于某一水位的日数及日期。

根据某些观测项目资料分析的需要，有时还可统计某一特定时段的水位平均值、变幅、最高最低值、变化速率等。

五、水位成果整理

每年应将经过校审的水位观测、计算值，填入成果表，连同水位过程线及整编说明整理

装订成册。成果表应包括坝上、下游逐日平均水位，月、年平均水位。必要时还可包括每日定时（如早8时、16时）水位观测值，有关附属项目（如风力、风向、水面起伏度等）观测值。

整编说明内容通常包括：

1、使用的水尺名称、编号、型式、位置，引据水准点（国家水准网上的水准点）、测站基本水准点及校核水准点的高程，校测、改正后的水尺零点高程，采用基面及与绝对基面的关系。

2、水位观测方法、测次的说明。

3、整理水位资料中发现的问题、解决办法及还存在的问题。

4、资料准确程度的说明。

第二节 气温资料整理分析

气温是一种最基本的气象要素，和工农业生产、人民生活有密切关系。在混凝土坝观测中，由于气温是坝运行状态的重要外界条件，对坝上、下游水温、坝体混凝土温度、坝基温度有直接影响，从而影响到坝的变形、渗透，因此气温资料也是一项基本的观测资料。

大坝观测所用的气温资料，有的取自邻近气象站观测成果，有的是在坝上设置仪器观测的，还有的是根据观测中的某种需要，在坝的特定部位（如坝面附近、坝体内空腔处）专门设置测点测得的。这些气温资料，都需要加以整理分析，才便于应用。

气温资料整理分析，通常包括下列内容：

1、校审观测记录；

2、计算各种平均值和统计特征值；

3、绘制过程线；

4、必要时进行时间序列分析；

5、编写成果表及整理分析说明。

以下分别介绍气温资料计算、绘图和分析的基本方法。

一、平均值的计算和特征值的统计

平均温度一般均指温度数列的算术平均数。常用的有一年的日、旬、月、年平均温度，多年的日、旬、月、年平均温度。

1、日平均温度的计算

日平均温度根据当日各次观测值计算，一般有三种计算方法：

$$\bar{T}_1 = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \cdots + t_{23} + t_{24}}{24} \quad (8-6)$$

$$\bar{T}_2 = \frac{t_2 + t_8 + t_{14} + t_{20}}{4} \quad (8-7)$$

$$\bar{T}_3 = \frac{t_{\text{日最高}} + t_{\text{日最低}}}{2} \quad (8-8)$$

用式(8—6)最接近真实日平均温度。但实用上用式(8—7)就可以了,其值与式(8—6)值相差不到0.5℃。用式(8—8)最简便,其误差约0.3~1.0℃。

多年日平均温度可取多个年分每年该日的日平均温度求算术平均值。也可以在多年月平均气温过程线上量取该日数值(后一方法较简便,虽有误差但实用上已够精确)。还可以在多年温度谐波分析式(见后)中代入日期求到温度值。

2、旬、月、年平均温度的计算

设有温度记录数列(旬、月或年) $x_1, x_2, \dots, x_n$ 。则其平均温度为

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (8-9)$$

例如求三月下旬平均气温

$$\bar{T} = \frac{t_{21} + t_{22} + \dots + t_{30} + t_{31}}{11}$$

式中 t 为每日平均温度,脚标是日期。

月平均气温亦可利用旬平均气温求出,如八月平均气温:

$$\bar{T} = \frac{10t_{8上} + 10t_{8中} + 11t_{8下}}{31}$$

式中 $t_{8上}$ 为8月上旬平均气温,余类推。

同理,年平均气温可用月平均气温加权平均求出,不赘述。

3、气温特征值的统计

通常统计下列特征值:

- 1、年、月、旬平均值(当年及多年);
- 2、年内最高、最低值及其出现日期;年气温极差(最高气温与最低气温差值);
- 3、超出(或低于)某一气温的日数及日期。

有时,还需要统计某一时段气温变化率、积累气温等。这些特征值常列表表示之。

二、气温过程线的绘制和时间过程分析

影响气温的因素复杂多样。分析这些因素和气温变化的因果关系是气象学和气候学的任务。在大坝观测中,把气温当作是一种影响坝变化的外界条件,因此只着眼于了解气温随时间发展变化的情况,即进行气温过程分析。

1、气温过程线的绘制

气温过程线横座标为时间,可取时、日、旬、月、年为单位。纵座标为气温,可以是瞬时观测值,日、旬、月、年平均值或日内最高、最低值。一般常绘制年度日平均气温过程线。图8—5是气温过程线的一个实例。

2、气温时间过程分析

在气温时间序列中,具有四种变化:

- 1) 随机变化:偶然因素引起的变化。如观测误差,云层变化,降雨来临等均可造成