

农田水利数学

江西师范学院数学系编

1976.12.

毛主席语录

阶级斗争是纲，其余都是目。

农业学大寨。

水利是农业的命脉，我们也应予以极大的注意。

兴修水利是保证农业增产的大事，小型水利是各县各区各乡和各个合作社都可以办的，十分需要定出一个在若干年内，分期实行，除了遇到不可抵抗的特大的水旱灾荒以外，保证遇旱有水，遇涝排水的规划。这是完全可以做得到的。

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

编 者 的 话

为了适应全国农业学大寨运动蓬勃发展的大好形势和教育革命的需要，我系一九七三级几名学员和教师组成农田水利小分队，于去年下半年到农田水利建设工地，接受贫下中农的再教育，向革命干部、贫下中农和革命技术人员学习，进行为期一个多月时间的开门办学。广大贫下中农坚决执行毛主席革命路线，大干社会主义、大搞农田基本建设的革命精神和冲天干劲，使他们深为感动。这份《农田水利数学》就是他们在边学习、边实践的过程中编写的。其油印稿曾经征求过一些单位的意见，并在万载县中学数学教师短训班上讲授过大部份内容。现在的这份材料就是在征求意见和教学的基础上，经过修改和补充而成的。

学习和编写过程中，得到省水电设计院、高安、乐安、万载县水电局、高安县新街公社水利机电管理站等单位的帮助和支持，在此表示感谢。

由于受政治思想和业务水平的限制，加上实践得很不够，因此其中肯定有很多谬误之处，希望使用的同志们提出批评指正。

让我们继承毛主席的遗志，坚持“教育要革命”的方向，在华国锋主席为首的党中央的领导下，把无产阶级教育革命进行到底！

江西师院数学系

一九七六、十二、

目 录

绪 论	(1)
第一章 水利水文计算	(5)
§ 1. 水文一般知识	(5)
§ 2. 多年平均年来水量与用水量	(8)
§ 3. 一定频率下的年来水量	(11)
§ 4. 洪水	(15)
§ 5. 水力发电	(24)
§ 6. 关于理论频率公式	(30)
第二章 小型水库工程	(39)
§ 1. 小型水库一般知识	(39)
§ 2. 土坝	(45)
§ 3. 放水设备	(52)
§ 4. 溢洪道	(58)
§ 5. 土坝的渗透计算及坝坡稳定分析	(63)
§ 6. 浆砌块石重力坝	(71)
§ 7. 关于水力学中的几个公式	(83)
§ 8. 一个实例	(92)
第三章 渠道建筑与水库联网	(98)
§ 1. 渠道	(98)
§ 2. 闸	(104)
§ 3. 渡槽	(106)
§ 4. 挡土墙	(109)

§ 5.	水库联网	(112)
第四章	测量在规划和施工中的应用	(117)
§ 1.	地形图在水利规划中的应用	(117)
§ 2.	渠道的测量与放样	(123)
§ 3.	大坝的测量与放样	(128)
§ 4.	坝与渠道工程量的计算	(131)
第五章	有限单元法初步	(134)
§ 1.	弹性力学的有关知识	(134)
§ 2.	矩阵和线性代数方程组的直接解法	(140)
§ 3.	有限单元法简介	(146)
§ 4.	有限单元法解题的具体步骤及一个简例	(154)
§ 5.	有限单元法与变分法	(159)
附 表		
1.	离均差 ϕ 值表	(168)
2.	明渠匀速流流量系数 C 值表	(171)
3.	洪峰流量系数 C 及面积指数 X 值表	(174)
附 录	有限单元法算法语言程序	(175)

绪 论

(一)

在毛主席革命路线指引下，在全国农业学大寨会议精神鼓舞下，我国广大农村干部和社员群众，以阶级斗争为纲，深入开展农业学大寨群众运动，大干社会主义，大搞农田基本建设，不断取得新的胜利。广大贫下中农决心为加快我国农业前进的步伐，支援世界革命作出更大的贡献。

解放前，广大劳动人民受着三座大山的重重压迫，灾难深重。国民党反动政府只顾对人民进行残酷剥削和压榨，根本不去进行任何水利建设，使祖国大地无雨则赤地千里，有雨则一片汪洋，广大人民流离失所，家破人亡！

解放后，在毛主席和中国共产党领导下，人民政府十分重视水利事业。在国民经济恢复时期，就兴建了一批大型水利工程。在大跃进的一九五八年，由于贯彻了两条腿走路的方针，充分发挥人民公社一大二公的优越性，打破小农经济的束缚，水利建设突飞猛进。除了国家兴建的大型骨干水利工程以外，中小型水库星罗棋布，对我国农业的连年丰收起了很大的作用。经过无产阶级文化大革命，广大群众建设社会主义的积极性空前高涨。他们以大寨为榜样，自力更生，艰苦奋斗，打大仗，打硬仗，高标准，高质量，山山水水，综合治理，统筹安排，全面规划，大办社会主义大农业，我国的水利建设事业进入到一个新阶段。

以华国锋同志为首的党中央，一举粉碎了王、张、江、姚

“四人帮”反党集团的篡党夺权阴谋，使全国人民精神振奋，干劲倍增。在华国锋主席为首的党中央的领导下，我国的水利建设事业必将一浪高过一浪，不断攀登新的高峰，取得新的更加辉煌的胜利。

(二)

进行农田水利建设，必须进行深入细致的调查研究，对实际情况有一个比较详细的了解。调查研究时，要在党的领导下，走群众路线，实行领导、群众和技术人员的三结合；要根据革命和生产的大好形势，宣传党的方针政策，促进水利事业向前发展。

要以实地调查访问为主。有些资料可以根据需要向上级有关部门索取。通过调查要了解上级涉及到本地区的近期和远期规划意见，本地区政治经济有关情况，以及本地区地形特点、土地利用情况、农作物种类、河流水系、水文气象、现有水利设施及其作用等，要按高标准，最充分利用水利资源的角度来分析本地区在土地利用、旱涝保收、水力利用、水土保持和工程标准等方面尚存在的问题，找出主要矛盾。对于需要扩建和新建水库的地址，还要对库区的地质、土壤、岩石、渗漏等情况进行了解。

调查时，还要对本地区进行地形测量，描绘出地形图。

(三)

经过详细调查以后，要按照党的方针政策，在当地党组织的领导下，发动群众，制定本地区的水利规划。

水利规划就是对本地区范围进行全面治理，使各种水利设施联系起来，构成一套完整的水利系统，最大限度地，综合地

利用水利资源，保证农业高产稳产，促进林、牧、副、渔和工业交通的发展。

水利规划是一项比较复杂和细致的工作。要通过对各种方案的反复讨论和比较，定出比较合理的最好的规划方案。既要有长远目标的规划，又要有分期实行的规划。规划要交给群众，使它成为群众的自觉行动。

规划中对于农田旱涝保收的标准，各地区不太一致。灌溉方面，有的采取一百天未下雨仍有水灌溉，有的以十年或二十年一遇的枯水年仍有水灌溉；排水方面，有的采取十年一遇二十四小时暴雨四十八小时排出，有的用日雨二百毫米两天排出；小型水库工程，有的要求能够抗御三日暴雨600~1000毫米的洪水，等等。这些标准不是一成不变的，各地可根据实际情况，适当提高旱涝保收的标准，制订出合适的较高的要求。

(四)

在制订规划的同时，就要确定本地区哪些原有水利设施需要改建和扩建，哪里要兴建水库大坝，哪里要开挖引水、灌溉、排水渠道，哪里要新建和扩建水电站等等。对这些水利设施，要确定它们的规模、结构和尺寸，使这些设施，既安全又经济，以便为施工作准备。这就需要根据调查的情况进行一些必要的设计和计算。

解放二十多年来，通过水利战线上广大工人、贫下中农、革命技术人员的实践和创造，已经使我国的水利科学技术进入到世界先进行列。对水利工程进行必要的设计计算，可以使施工时减少盲目性，避免不必要的工程事故，更好地发挥水利工程的效益。“在生产斗争和科学实验的范围内，人类总是不断地发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水

平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”在水利科学中，也还有不少问题需要继续总结群众的经验，进行探讨和研究。设计过程中，不能迷信书本，必须结合实际情况，向有经验的同志学习，以求将这一工作做得更好。

这份材料主要是对县以下农田水利建设中进行规划，水库和渠道等方面设计过程中所涉及到的计算知识，作一简单介绍。学习时，要以实际任务来带动，在实践中学习。这份材料可以作为中学数学教师 and 知识青年短训班的参考资料，其中的部份内容亦可作为中学数学教学联系实际的补充材料。

第一章 水利水文计算

水利水文计算，就是根据各地水文站多年观测资料，分析各种情况下的年份，各地有多少来水，需要多少水，洪水有多大等等。通过来水与用水的比较，对该地区的旱涝程度做到‘胸中有数’，为我们根据各地自然条件，采取措施，兴修水利作准备。通过计算也可以初步确定水利工程的规模，避免不必要的浪费。广大群众称这项工作为‘算水账’。

随着我省农业学大寨群众运动的蓬勃发展，大规模农田水利建设对于综合利用水利资源的要求越来越高，水利水文计算的作用也就愈来愈显著。计算时，必须根据各地具体情况，定出计算公式中的参数，并通过实践修正计算结果，才能使计算比较符合实际。我省各地水文方面的一般情况及各种参数的大小，均可参看江西水文总站一九七二年出版的《江西省水文手册》。

§ 1、水文一般知识

1、水份循环：自然界的水份在太阳辐射作用下，蒸发成水汽，上升至空中，由于气流的带动，散布各地，在一定的气候条件下，进行凝结，在重力作用下，以降水的形式落到地面。到达地面的水份，除部分被植物截留或蒸发外，其余均沿地表或地下流动，再流至河流海洋，继续蒸发降水，这种往复过程称为水份循环。

根据近百年来的观测，可以认为地球上多年平均蒸发量与

多年平均降水量是相等的。这里指的是全球多年平均。就各年和各个地区来说，这个结论非但不成立，相反却悬殊很大。这种情况给农业生产和国民经济造成不利影响。为了利用自然和改造自然，我们必须掌握它的规律。

2、降水量：降水量就是一定时段内降雨及降雪的水深，单位是毫米，某地区年（月）降水量就是该地在一年（一月）之内的降水量。它是由设在该地的水文站（雨量站）观测得来的。多年平均年降水量是指连续若干年降水量之和与年数之比值。

根据以往观测资料分析，我省各地区多年平均年降水量在1367~2148毫米之间。我省各地年降水量一般约在1000~2500毫米之间。婺源县三都1954年3029毫米为最大，赣州1938年709毫米为最小。降水在年内分配极不均匀，一般集中在4~6月，约占全年降水量的48%，这是我省洪水灾害的主要时期。7~9月降水量显着减少，加上夏秋温度高，往往形成干旱。7~9月及1~3月，各占全年降水量的20%左右。10~12月占全年降水量的12%。

3、径流：降水在其到达地面以前，被树木、房屋、农作物等吸收或截留一部份，降落到地面后，一部份渗入地下，以渗流的方式流入河道，它被称为表层流，一部份就开始沿地面形成地面流，汇入河道，流入大海。地面流和表层流的总和，称为径流。水库的水，河流干涸或河水泛滥，都是由径流造成的。

径流的大小由径流深表示。一个地区在某段时间内的径流深就是该地区在这一段时间内的径流总量（即由该地区净流出的总的水量）与该地区面积之比所得的水层深度，单位是毫米。注意到单位的换算，很明显有下面的关系式：

$$R = \frac{W}{1000 F} \quad (1-1)$$

其中 R ——径流深（毫米）； W ——径流总量（米³）； F ——地区面积（公里²）

多年平均年径流深的大小随地形而异。我省东、西、南三面山区，径流深较大，为800~1200毫米，赣江两岸、赣江水系下游及波阳湖滨地区较小，均在800毫米以下。

径流的年内分配大部份集中在4~7月。这段时期径流量约占全年径流量的三分之二左右。

由于降水到达地面后，被植物、房屋、农田、洼塘等截留一部份，余下的才形成径流，因此径流深相当于降水量打了一个折扣，即有

$$R = \alpha \cdot H \quad (1-2)$$

其中 H 为降水量， α 称为径流系数，它介于0, 1之间。径流系数为径流深与降水量之比值。年径流深与年降水量之比称为年径流系数。它的大小与地形有关。我省各地年径流系数一般在0.43~0.70之间。山区在0.55以上。赣江沿岸在0.50左右，滨湖地区最小，不到0.45。

径流在年内分配不均匀，各年又不相同，与用水方面发生矛盾。需要水时没有水，不要水时水很多。为了解决这个矛盾，办法是全面规划，兴修水利，将径流深按照人的意志，重新加以分配。比如在河流上筑坝、修建水库，当来水很多时，将多余的水蓄起来，使径流深由大变小，等到要水时，再放水，将径流深由小变大，所以水库起了调节径流的作用。

4、暴雨及暴雨量：短时期内连续性大雨称为暴雨。暴雨时期，降水量大，容易形成涝灾，危及水利工程的安全，对国民经济和人民生活都有一定的影响。我省暴雨一年四季都可发

生。3~8月为暴雨活跃时期。5、6两月最频繁。一次暴雨大致持续二、三日。大多数年份，我省均有日降水量超过200毫米的暴雨。个别地区甚至出现过日降水量300毫米的。

一段时间内（如一日、三日）的暴雨量是指暴雨在该段时间内的降水量。

关于暴雨所引起的洪水问题，将在这一章的§4讨论。

§2、多年平均年来水量与用水量

一、来水量：

某地区的来水量是指该地区由于降水所产生的径流总量，也就是净流出该地区的水量。多年平均来水量即是连续若干年的年来水量之和与年数之比。一条河流某断面以上的流域面积（或称集雨面积）上的来水量是指流出该断面的水量。一个水库的来水量是指该水库集雨面积上的径流总量。水库（或河流某断面以上）的集雨面积是指凡是径流汇入该水库（或河流该断面）的地理范围的面积，亦即水库周围（或河流某断面以上的）山岭脊线（分水线）所构成的区域的面积。有关一个地区的面积的计算，在第四章§2介绍。

根据前面所述的内容，容易知道存在下面的关系式：

$$W = 0.1 \times \bar{R} \times F \quad (1-3)$$

其中 W ——多年平均年来水量，以万立方米为单位， F ——地区面积，以平方公里为单位， $\bar{R}$ ——该地区多年平均年径流深，以毫米为单位，0.1——这些不同单位的换算系数。

例1 高安县某公社兴建一水库，其集雨面积为10平方公里，当地多年平均年降水量为1588毫米，多年平均年径流系数为0.47（这两个数字都是由江西省水文手册查得），求该水库

多年平均年来水量。

解：由式（1—2）求出该地多年平均年径流深

$$\bar{R} = 1588 \times 0.47 = 746 \text{ (毫米)}$$

再由式（1—3）得

$$W = 0.1 \times 10 \times 746 = 746 \text{ (万立方米)}$$

所以该水库多年平均来水量为746万米³

二、用水量：

用水量一般包括灌溉、发电、工业、交通、生活等用水量。由于县以下水利工程，主要是进行灌溉与发电，所以只讲这两个方面的用水量。

1、灌溉用水：灌溉用水的多少，随种植作物、耕作技术、旱地水田、土质、气候等因素的不同而有异。根据一些地区的多年实践，我省水田，一般每亩每天约需5立方米的水，如要求能抵抗连续一百天的旱灾，包括春耕或夏收夏种翻耕时的泡田水在内，每亩水田大约需要500~600立方米的水进行灌溉。

2、发电用水：以灌溉为主的小型水库，一般在灌溉季节利用灌溉水进行发电，在非灌溉季节利用水库多余的水进行发电，即

非灌溉季节发电用水量 = 多年平均来水量 - 灌溉用水量 - 水库的蒸发及渗漏损失

在河流上建立水电站，以发电为主，其用水量可用下面方法确定。根据力学中的功率与电学中的功率之间的单位转换关系，设电站的功率为 N 瓩，上下游水位差为 H 米，每秒钟所需的水量（即流量）为 Q 立方米，它们之间的关系为

$$N = 9.81QH$$

Q与发电时间（以秒为单位）的乘积即为所需的水量。

关于发电用水量的进一步考虑，参看本章第5节。

3、渠道输水损失：渠道输水时，由于渠道的质量、土质、流量、长度等因素的影响，而产生输水损失。一般来说，损失水量约占总输水量的10~30%。

所以，总用水量应该是灌溉用水与发电用水的和，再加上渠道输水损失。

三、水量平衡：

将某一地区按地形划成片，就各片的来水量和用水量进行水量平衡，使该片的旱涝情况具体化，以便采取一些水利措施。由于来水量和用水量各年各月不同，彼此不相适应，所以算水账，进行水量平衡是一项比较复杂和细致的工作。比较简单的情況可按表1—1进行：

××地区水量平衡分析表

表1—1

片 名	来 水 量				供 水 量				用 水 量				缺少供水量	计划的 采取工 程及 供水 量	
	径 流		河水 流量	提水 量	合 计	库 塘		其他 供水 量	合 计	耕 地		其他 水量 用量			合 计
	面积	水量				库容	供水 量			亩数	水量				

表中“来水量”是指多年平均来水量，“供水量”是已有的水利工程所提供的水量，“缺少供水量”等于用水量减去“供水量”。水量单位以米³计，面积以公里²计。“用水量”按规划标准计算。

例2 新街公社某片，总面积31平方公里，水田2万亩，

多年平均径流深为720毫米。原有一水库，集雨面积9.4平方公里，可供水库容为500万米³，根据实践，在比较干旱的年份，每亩500米³的水就可满足抗旱要求。根据这些情况进行平衡，用水量为

$$20000 \times 500 = 1000 \text{ 万 (米}^3\text{)}$$

已供水量为 500 万米³。缺少供水量为

$$1000 - 500 = 500 \text{ (万米}^3\text{)}$$

该片来水量为

$$0.1 \times 31 \times 720 = 2232 \text{ 万米}^3$$

大大超过用水量。他们重新对原水库进行计算。原水库多年平均来水量为

$$0.1 \times 9.4 \times 720 = 677 \text{ 万米}^3$$

另外采取开挖引水渠，将原水库集雨面积以外的径流引入本库的办法。引水面积为 8 公里²，引水量按径流总量的60%计算，得引水量为

$$0.1 \times 8 \times 720 \times 0.6 = 345 \text{ 万米}^3。$$

与原水库来水量之和为1022万米³。查看原库区地形，可以加高大坝，提高水位，使库容达到1000万米³，从而达到水量平衡，使两万亩农田旱涝保收。

§ 3、一定频率下的年来水量

由于各地不同年份的降水量有多有少，年内分配也不均匀，因此产生丰水年，枯水年，洪水期，干旱期。为了高标准地实现旱涝保收，不少水库采用多年调节，将丰水年的多余的水蓄存到较干旱的年份使用。为此应该了解各种不同年份的来水量。为了高标准地达到旱涝保收，往往提出在多少年一遇的洪水或多少年一遇的旱灾情况下，农田仍然不受损失。这些都

要涉及到本节所述的有关知识。

一、频率：

以年降水量为例。由于各年的降水量一般都不相同，我们说年降水量为某值的频率是多少，是指连续若干年中，年降水量出现等于或大于该值的可能性是多少。频率用 $P\%$ 表示。比如我们说，年降水量为1500毫米的频率为25%，就是指连续若干年中，大致有四分之一的年份年降水量大于或等于1500毫米。根据频率的含义可知，频率越小，年降水量越大，频率越大，降水量越小。一般分别以25%，50%，75%的频率来代表丰水年、中水年和枯水年。

例如我省某水文站观测记录了该地十五年降水量，将其按年降水量递减顺序排列如表1—2：

频率可近似地用下式求出：

$$P\% = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

其中 m —顺序号， n —观测总次数，此处 $n=15$ 。如已知频率为75%，求得 $m=12$ ，查表即得频率为75%的年份降水量为865毫米。公式中分母是 $n+1$ 而不是 n ，是由于观测年数有限的缘故。

频率这个概念比较抽象，有时用重现期来表示。重现期是指平均多少年出现一次，即多少年一遇。如百年一遇（即大致一百年内会出现一次）的重现期就是100。重时期 N 与频率 $P\%$ 之间的关系为

$$N = \begin{cases} \frac{100}{P} & \text{当 } P \leq 50 \text{ 时,} \\ \frac{100}{100 - P} & \text{当 } P > 50 \text{ 时,} \end{cases}$$