

农田水利补充教材

(土规专业用)

测绘工程教研组编

一九八三年八月

1. 由于土地规划专业农田水利学暂采用土化专业农田水利学统编教材，在教学内容上不能完全满足土地规划专业的要求，因而，我们根据土规专业农田水利学教学大纲编写了这本补充教材，供土规专业各年级学生使用。
2. 根据统编教材和补充教材的内容，在此编写了一部分习题和思考题，供教学时参考，可根据授课情况，由授课教师指定。
3. 本书最后部分附的图表，是供做习题及规划时使用的。
4. 本补充教材是由卢荣安、苏申蒲同志编写的，由于时间很仓促，不妥之处，请批正。

I、补充教材

- 第一章 河流来水量
- 第二章 灌溉用水量及要求水库供水量
- 第三章 小型水库规划
- 第四章 灌区园田化农田规划
- 第五章 喷灌系统规划设计
- 第六章 水闸的规划计算
- 第七章 小型水电站与抽水站规划
- 第八章 地下水的开采与利用

II、习题与思考题

- 一 习题
- 二 统编教材思考题
- 三 补充教材思考题

III、附表图

- 一 附表
- 二 梯形断面渠道均匀流水深求解图

第一章 河流来水量

河流来水量和灌溉用水量是确定水库兴利容积的一对主要依据。为了确定符合一定设计保证率的水库兴利容积，必需具备水库坝址处河流逐年来水量及来水过程（月、旬径流量），和逐年灌溉用水量。根据逐年来水和用水配合，可以求得各年需要的兴利库容，然后对于逐年兴利库容进行频率分析，便可以确定符合设计标准（设计保证率）的水库兴利容积，这是确定水库兴利库容的一种方法。而对于中、小型水库，为了节省计算工作量，常常首先选择符合一定设计保证率的典型年，根据典型年来水和用水进行调节计算，从而确定水库兴利容积。本章主要介绍典型年来水，也就是设计年径流的确定方法。

第一节 设计年径流的计算

河川径流由于受气象因素（降雨～蒸发等）的影响，不仅在一年之内有较大的变化，表现出明显的洪水期（在南方是夏、秋季）和枯水期（冬春季），而且年与年之间的变化也是很大的。来水很多的年分，称丰水年，如图1中的1954、1956年；来水很少的年分，称枯水年，如图1中的1940、1961年。究竟选择一个什么样年分的年径流量作为设计径流量呢？这就涉及到一个标准问题，如果选一个丰水年作为水库调节计算的典型年，这样求得的水库调节容积必然偏小，那么，以后只有当河川径流大于或等于这个丰水年的水量时，水库才能保证供水，这显然是不合理的。因此一般在进行水库调节计算前，根据水库的规模和重要性，都规定了水库兴利调节的标准，也就是水库供水保证率。

所谓水库供水保证率，就是指水库在建成后长期使用期间，能够完全满足用水要求的年份占整个使用年分的百分数，它反映水库供水能力

的大小和保证供水程度的高低。例如某水库的设计供水保证率是85%，就是指这座水库建成后，平均一百年内有85年能够保证供水，而其余15年则可能出现不同程度的缺水。灌溉水库供水保证率与河流来水，灌溉用水之间存在着复杂的关系。一般中、小型水库，河流来水和灌溉用水受同一气候因素的影响，来水和用水之间往往存在较为密切的关系，一般为负相关。即多水年分河川径流是大而灌溉需水量小，干旱年分河川径流也小但灌溉需水量大，二者之间常存在负的函数相关关系，其相关系数 $r = -1$ ，在这样情况下水库供水保证率和河流来水及灌溉用水频率之间存在较好的同步关系，即根据某一频率的设计来水量和同频率灌溉用水的配合求得的库容，将具有相同的供水保证率。例如：根据设计频率为85%的河流来水和同频率的灌溉用水配合，求得的库容供水保证率也将是85%。这样，确定符合一定保证率的库容的问题，转变成确定设计来水量和设计用水量的问题。我们把符合一定设计频率的河流来水叫设计年径流，而与设计年径流量相当实际年分叫设计典型年。

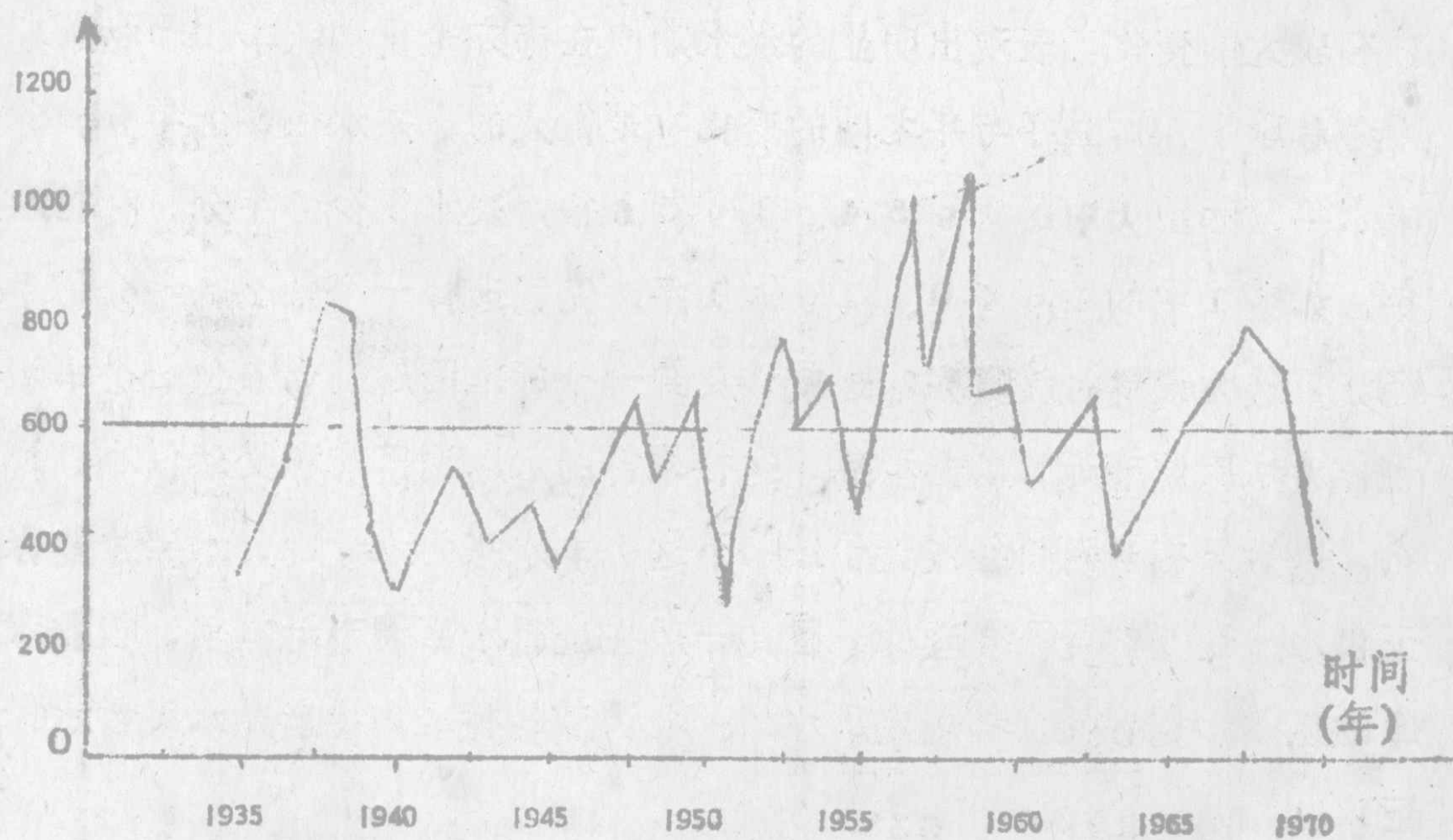


图1 ××水库多年径流过程线

一、年径流系列的推求

为确定设计年径流量，必占具有设计站的年径流系列。在较大的河流上一般都具有较长期水文观测资料；但在规划中，小型水库时往往缺乏足够的实测径流资料，这时，必须首先设法延长径流系列，以满足水文水利计算的需要。

根据设计站所据有的水文，气象资料情况的不同，可以采用不同的方法延长年径流系列，其中利用流域的年降雨量延长年径流系列是实际工程中经常使用的方法。表1就是利用相关计算的分析方法，首先分析年降雨量与年径流量在成因上存在的密切关系，利用降雨~径流相关关系，将某设计站年径流系列从原有的12延长到34年，这就是我们所要求的年径流系列。见表1。

表1 某设计站年径流计算表

年分	年降雨量 (mm)	年径流 (mm)	年分 调节年(9~8月)	年径流 (mm)
1932	982	445	1932~33	454.3
1933	1080	550	33~34	519.6
1934	1320	800	34~35	779.8
1935	880	340	35~36	442.9
1936	1159	630	36~37	620.4
1937	1410	890	37~38	783.7
1938	1360	840	38~39	817.2
1939	1010	475	39~40	500.0
1940	870	330	40~41	312.1
1941	1170	640	41~42	658.8

1942	930	390	1942~43	389.9
43	1040	505	43~44	511.9
44	885	345	44~45	322.0
45	1265	740	45~46	786.4
46	1165	635	46~47	600.8
47	1070	535	47~48	650.8
48	1360	840	48~49	772.2
49	921.5	380	49~50	424.6
50	1460	945	50~51	875.1
51	1195	665	51~52	790.0
52	1330	810	52~53	668.6
53	995	465	53~54	617.4
54	2014	1362	54~55	1405.3
55	1211	728	55~56	719.6
56	1728	1369	56~57	1312.6
57	1157	695	57~58	741.1
58	1257	720	58~59	784.5
59	1029	534	59~60	458.0
60	1306	778	60~61	689.7
61	1029	337	61~62	306.9
62	1316	809	62~63	941.5
63	1356	929	63~64	1161.4
64	1266	796	64~65	497.9
65	1052	383		

说明：表中调节年度（9~8月）的年径流量是先求出日历年各月径流量，然后按头年9月到次年8月统计而得，而各月经流量是

通过相应年的降雨分配，按比例缩放而得。

三 用频率曲线法推求设计年径流量

用频率曲线法推求设计年径流量的理论根据和计算方法，于上一章已讲述，此处应用所述方法，根据某站34年径流系列（见表1），求该站频率为75%的年径流量，计算过程如下：

1. 计算并点绘经验频率点据

首先将表1中按调节年度的各年径流依大小次序排列为： $y_1, y_2, \dots$ ，计算大于等于某年径流量 y_m 的经验频率，计算公式为

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

计算结果列于表2第(4)、(6)栏并点绘在频率格纸上即可得一群经验点据。（图略）

2 计算并点绘理论频率曲线（适线法）

(1)基本资料（见表2）

(2)选定理论频率曲线线型：根据一般经验采用Ⅲ型理论频率曲线。

3 计算统计参数：

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{22317}{33} = 676.3(\text{mm})$$

表2 某设计站年径流频率计算表

年 分	年径流 y	排列 年分	排列 y 顺序 (由大→小) m	频率	模比系数 Ki	(K_i-1)	$(K_i-1)^2$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1932-33	454.3	54-55	14053	1	2.9	2.08	1.08	1.166
33-34	519.6	56-57	1312.6	2	5.9	1.94	0.94	0.884

— 5 —

1934-35	779.863-641161.4	3	8.8	1.72	0.72	0.518
35-36	442.962-63941.5	4	11.8	1.39	0.39	0.152
36-37	620.450-51875.1	5	14.7	1.29	0.29	0.084
37-38	783.738-39817.2	6	17.6	1.21	0.21	0.044
38-39	817.251-52790.0	7	20.6	1.17	0.17	0.029
39-40	500.045-46786.4	8	23.5	1.16	0.16	0.025
40-41	312.058-59784.5	9	26.5	1.16	0.16	0.025
41-42	658.837-38783.1	10	29.4	1.16	0.16	0.025
42-43	389.934-35779.8	11	32.4	1.16	0.16	0.025
43-44	511.948-49772.2	12	35.3	1.14	0.14	0.017
44-45	322.057-58741.1	13	38.2	1.09	0.09	0.008
45-46	786.455-56719.6	14	41.2	1.06	0.06	0.004
46-47	600.860-61689.7	15	44.1	1.02	0.02	0.000
47-48	650.952-53668.6	16	47.1	0.99	-0.01	0.000
48-49	772.241-42658.8	17	50.0	0.97	-0.03	0.001
49-50	424.647-48650.9	18	52.9	0.96	-0.04	0.002
50-51	875.136-37620.4	19	55.9	0.92	-0.08	0.006
51-52	790.053-54617.4	20	58.8	0.91	-0.09	0.008
52-53	668.646-47600.8	21	61.8	0.89	-0.11	0.012
53-54	617.433-34519.6	22	64.7	0.77	-0.23	0.052
54-55	1405343-44511.9	23	67.6	0.75	-0.25	0.063
55-56	719.639-40500.0	24	70.7	0.74	-0.26	0.068
56-57	1312664-65497.9	25	73.5	0.74	-0.26	0.068
57-58	741.159-60458.1	26	76.5	0.68	-0.32	0.102
58-59	784.532-33454.3	27	79.4	0.67	-0.33	0.109
59-60	458.035-36442.9	28	82.4	0.65	-0.35	0.122
60-61	689.749-50424.6	29	85.3	0.63	-0.37	0.138
61-62	306.942-43389.9	30	88.2	0.58	-0.42	0.176
62-63	941.544-45322.0	31	91.2	0.48	-0.52	0.270
63-64	1161.440-41312.0	32	94.1	0.46	-0.54	0.292
64-65	497.461-62306.9	33	97.1	0.45	-0.55	0.302
合计	22317	22317		33		4.797
平均	$\bar{y}=676.3$	$\bar{y}=676.3$				

$$K_i = \frac{y}{\bar{y}} \quad (\text{第72页是根据此公式计算出来的})$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{4.797}{32}} = \sqrt{0.150} = 0.39$$

(4) 绘制理论频率曲线

$$\text{取 } C_v = 0.5 \quad C_s = 2 C_v = 1.0$$

查附表2得相应于不同频率的 K_p 值列于表3

表3 理论频率曲线计算表

P(%)	0.01	0.1	0.2	0.33	0.5	1	2
$C_v=0.5$ K_p	3.98	3.27	3.05	2.88	2.74	2.51	2.27
$C_s=1.0$ $y(\text{mm})$	2690	2210	2060	1948	1851	1699	1531

5	10	20	50	75	90	95	99
1.94	1.67	1.38	0.92	0.64	0.44	0.34	0.21
1311	1130	934	621	433	297	230	138

$$\text{表中 } W = y + F \times \frac{1}{10^5} \quad y = K_p \cdot \bar{y}$$

式中: W —— 年径流量。单位 10^8米^3 即亿立方米

y —— 年径流深。单位为毫米

F —— 承雨面积, 单位平方公里

$1/10^5$ ——单位换算系数

将经验频率点子及 $W = 0.5$, $C_S = 2C_V = 1.0$ 的理论频率点子绘在频率格纸上(图略)。与经验点子配合良好,因此上述参数确定的理论频率曲线可作为选定的线型,不需再作调整。这就是我们所要求的年径流频率曲线。

3 求设计年径流量

拟建水库的设计保证率为 $P = 75\%$; 从图中的理论频率曲线上,可查出相应于 $P = 75\%$ 的年径流模比系数 $K_p = 0.64$, 则年径流量

$$K_p = K_p \times \bar{y}$$

$$= 0.64 \times 676.3 = 433 \text{ 毫米}$$

$$W = y_p \times A$$

$$= 433 \times 9.63 \times 10^3 = 4.17 \times 10^6 \text{ 立米}$$

这就是我们所要求的设计年径流量。

第二节 设计年径流的年内分配计算

当年径流总量相同时,年内各月(旬)径流分配不同,也同样会影响调节计算成果。合理地确定设计年径流分配,是调节计算的一项重要工作。径流的年内分配主要受气象因素(降雨、蒸发)的影响,各年都不一致。即使年径流总量相近的年分,径流的年内分配也不完全一样。但是径流分配和年径流总量之间也还有一定的关系。例如在丰水年,洪水期水量较多(洪水流量大,持续时间长)。枯水期水量也较多,洪枯水量相差悬殊,在枯水年,洪水水量较少(洪水流量小,持续时间短)。枯水期水量也少,洪枯水流量变化幅度较小。在具有一定资料情况下,多采用典型年缩放法推求年径流过程线,其方法的要点是在实测径流资

料中，选择一个典型年，以这一年的径流分配作为模型缩放设计年径流量，即可得到设计年径流过程线。此法的关键是选择一个合适的典型年。在选择典型年时，一般掌握下列原则：

(1) 选择以往出现的年分作为典型年。即认为以往出现过的径流分配，反映了某流域一定气候条件和其它地理因素的综合作用，将来发生之径流分配情况可能与此相近。

(2) 选择年径流量接近设计年径流量的实际年份作为典型年。这是基于径流年内分配与年径流量之间存在一定联系。年径流量比较接近，则设计年径流年内分配接近于这种典型分配的可能性也比较大。

(3) 选择分配情况对工程不利的年分作为典型年，在实测资料中，年径流量接近于设计年径流量的年份可能有几个，各年分配情况往往有些差异，究竟选择哪一年作为典型年呢？因为人们对径流年内分配的规律认识得不够充分，为安全着想可以选择一个对工程不利的年份作为典型年。例如对于灌溉水库，灌溉需水季节的径流量在全年总量中所占比重较小的年分，就是不利年份，因为按这种年内分配作为典型所求得的径流年内分配需要较大的兴利库容才能保证供水。

似以前的说明计算步骤：

①前已得到相应于保证率为75%的设计年径流量为：

$$Y_{75\%} = 433 \text{ mm} \qquad W_{75\%} = 4.17 \times 10^8 \text{ 立米.}$$

②从该站33年的资料中，查得年径流接近于 $Y_{75\%} = 433 \text{ mm}$ 的年分有三年

典 型 年	年 径 流 量(mm)	5—8 月径流量
1932~33	454.3	313.0
1935~36	442.9	54.4
1959~60	458.0	198.2

③比较三个典型年，发现1935—1936年灌溉需水季节（5至8）月径流量最小，对工程规模的确定最为不利。故选1935—1936年作为典型年。

④求典型年缩放比值。

$$K = \frac{\text{设计年径流量}}{\text{典型年径流量}} = \frac{433}{442.9} = 0.978$$

⑤用缩放比例K乘以典型年各月径流量，即得设计年各月径流量，也就是设计年径流过程线。计算结果列于表4。

表4 设计年径流年内分配计算表

月(旬)		y (mm)	y 75%(mm)	W 75%(亿米 ³)
9		6.2	6.1	0.058
10		76.4	74.6	0.719
11		142.6	139.3	1.341
12		0	0	0
1		2.6	2.5	0.024
2		130.8	128.0	1.233
3		3.2	3.1	0.030
4		19.8	19.4	0.187
5	上	0	0	0
	中	0	0	0
	下	9.7	9.5	0.091
	小计	9.7	9.5	0.091

6	上	0	0	0
	中	14.0	13.7	0.132
	下	2.9	2.8	0.027
	小计	16.9	16.5	0.159
7	上	2.7	2.6	0.026
	中	12.6	12.4	0.119
	下	19.4	19.0	0.183
	小计	34.7	34.0	0.328
8	上	0	0	0
	中	0	0	0
	下	0	0	0
	小计	0	0	0
合计		442.9	433	4.17

应该指出，上述典型年缩放法是以典型年年径流量及频率接近于设计年径流量及设计保证率为依据的。至于年内各时段的水量及频率是未加控制的。在实际工程中还常用所谓“分段同频率典型年”法。即不仅要求年径流总量接近于设计年径流量及设计保证率，而且要求枯水期径流，甚至最枯月份径流都符合同一设计保证率，各时段采用不同的缩放比例。按这种方法计算出来的结果，避免了按灌溉需水季节径流最少的原则所选择的典型年过分安全，造成工程上不必要的浪费的倾向，但计算工作量大一些。

分段同频率典型年法的要点：

①先分析几种不同历时的径流量频率曲线，即可得出某一设计保证率几种历时的径流量。如某一频率的年径流量为 $(Y_{\text{年}})_P$ ，同一频率枯水期径流量为 $(Y_{\text{枯}})_P$ ，同一频率最枯一月的径流量为 $(Y_{\text{月}})_P$ 。

②根据上述三个时段的径流量，选择一个符合前述选择典型年三原则的典型年份。

③计算各时段的缩放比例：

$$K_{\text{月}} = \frac{(y_{\text{月}})_P}{y_{\text{月}}}$$

$y_{\text{月}}$ ——典型年最枯月分的径流量

$$K_{\text{枯}} = \frac{(y_{\text{枯}})_P - (y_{\text{月}})_P}{y_{\text{枯}} - y_{\text{月}}}$$

$y_{\text{枯}}$ ——典型年枯水期的径流量

$$K_{\text{年}} = \frac{(y_{\text{年}})_P - (y_{\text{枯}})_P}{y_{\text{年}} - y_{\text{枯}}}$$

$y_{\text{年}}$ ——典型年的年径流量。

④按此一组缩放比例分别缩放典型年各时段各月的径流量，即可得各时段径流量都符合设计保证率的设计年径流过程线。

第二章 灌溉用水量及要求水库供水量

第一节 灌溉用水量的确定

一、综合灌水定额 $m_{\text{净}}$

灌溉用水量与灌区的灌溉面积，作物及作物灌溉制度有关。各种

物的种植面积，可以根据农业生产计划，协同当地农业、计划部门确定。
表 1 为某灌区作物计划种植比例。

表 1

作物 种植比	水稻 70%				旱作 30%			复种 指数
	早稻	中稻	一季晚	双季晚	夏收	棉花	早秋	
占水稻或旱作的%	70	20	10	60	93.4	60	40	
占灌溉面积%	49	14	7	42	28	18	12	170%
附 註					夏收作 7月中旬至下旬灌 物不灌水水一次50毫米			

各种作物的灌溉制度，可以按前述几种方法估算求出。各种作物生育期不一样，灌溉面积不一样，在计算灌溉用水量时，常习惯采用综合灌水定额计算。灌区的综合灌水定额按下式求得：

$$m_{\text{净}} = \alpha_1 m_1 + \alpha_2 m_2 + \alpha_3 m_3 + \dots$$

式中： $m_{\text{净}}$ ——灌区综合净灌水定额（米³/亩）

$m_1, m_2, \dots$ ——各种作物同一时间灌水定额（米³/亩）

$\alpha_1, \alpha_2, \dots$ ——相应作物的种植比例（%）。

如表 3，6月中旬，综合灌水定额

$$m_{6\text{中}} = 49\% \times 67 + 14\% \times 120 + 7\% \times 80 = 55.2 \text{米}^3/\text{亩}$$

同样，可以将各次综合灌水定额求出，填在表 3（第(7)栏）内。

三 灌区综合净灌水定额是作物田间消耗的水量，实际上，从渠首至田间经过各级渠道输水损失，要保证田间能够获得所需的定额，渠首引入水量应考虑这部分水量损失。考虑输水损失后，需要水库供给的灌

溉定额，称为毛灌水定额 $m_{毛}$

$$m_{毛} = \frac{m_{净}}{n_{系}}$$

式中： $n_{系}$ ——渠系水利用系数，为送至田间的部分水量与渠首引进水量之比。根据我国南方各省的具体，在规划设计时，一般要求达到下列表中规定的数值。

表 2

灌溉面积 (万亩)	<1.0	1.0~10	10~50	50~100
渠系水利系数 $n_{系}$	0.85—0.75	0.80—0.70	0.75—0.65	0.7—0.6

如某灌区灌溉面积 90 万亩， $n_{系} = 0.65$ 计算 $m_{毛}$ 填入表 3 第(8)栏内

三 灌溉用水量的确定

在确定了各时期的综合毛灌水定额后，按下式计算得渠首引入的灌溉用水量 $M_{首}$

$$M_{首} = m_{毛} \cdot A$$

式中： A ——灌区灌溉面积（亩）

$M_{首}$ ——渠首引入的灌溉用水量（米³）

$$\therefore M_{首} = 553.4 \times 90 = 49810 \text{ 万米}^3$$

计算结果列入表 3 第(9)栏，即为某灌区中旱年全灌区用水量过程。