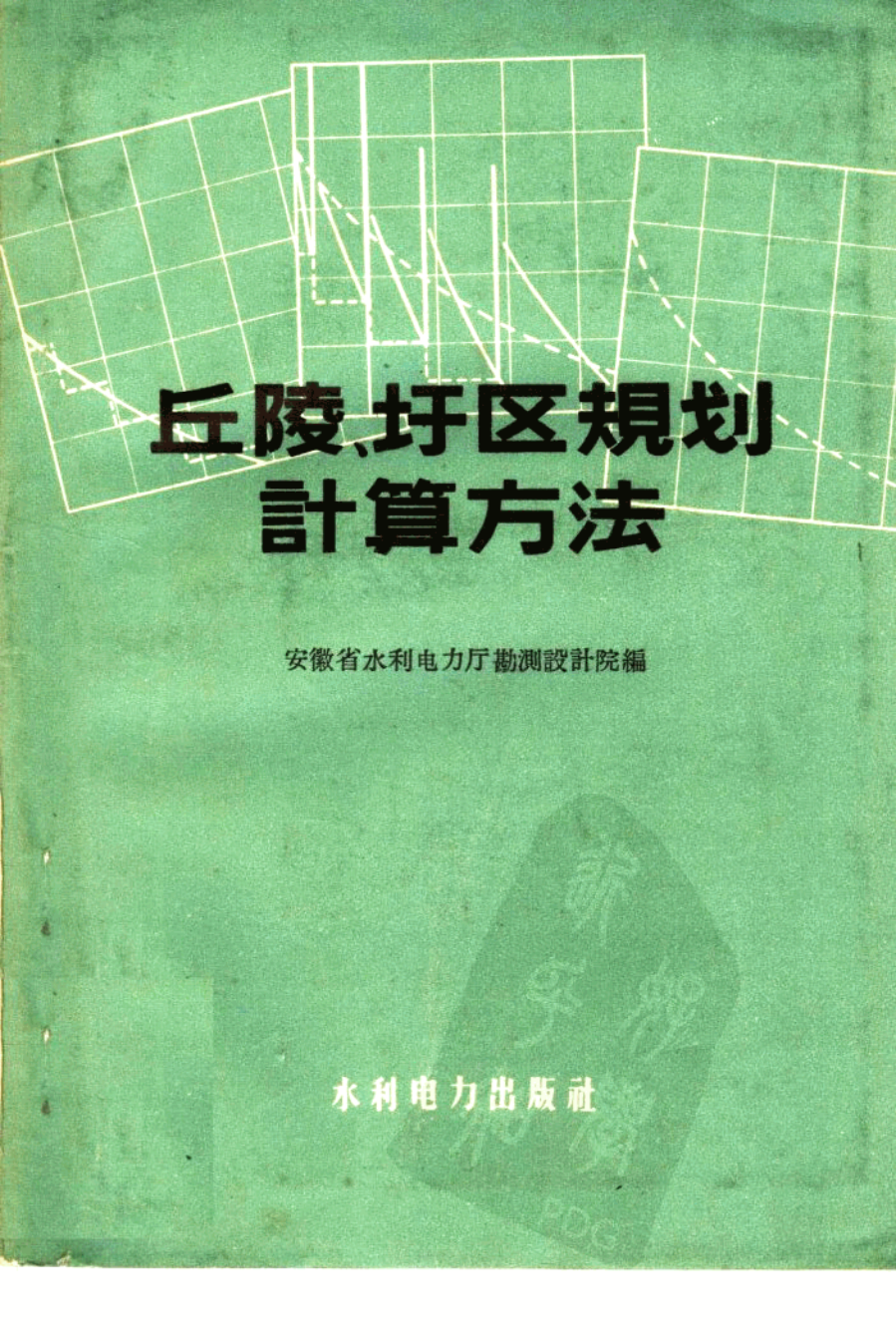




丘陵、圩区规划 计算方法

安徽省水利电力厅勘测设计院编

水利电力出版社

前 言

1957年前治淮委员会編制了一个中小河流的流域规划——巢滁皖流域规划。在这个规划中，对于圩区丘陵区规划和水庫的徑流調节作了一些工作，摸索出一些經驗。这本小冊子里的几篇材料，是从“巢滁皖流域规划技术资料”中选出来的，并經過修改。

第一篇塘坝规划計算方法，是淮南丘陵区灌溉规划的一部分，通过計算，論述小型塘坝工程对徑流所起的調节作用及其相应的灌溉保証率，以及扩大塘坝所需的工程数量。本文对塘坝规划方面具有参考价值。

第二篇以灌溉为主的小型水庫规划方法，說明小型水庫在与塘坝配合下的补偿供水性質，通过水利計算，提出小型水庫规划綫解图，应用起来十分簡便，可以很快地求出水庫应有的調节庫容。本文在地区规划中具有实用价值。

第三篇水庫徑流調节計算，在这篇材料中介绍了固定用水量、变动用水量、来水用水相关和不相关等条件下的調节計算方法，并且把年庫容与多年庫容的組合方法进行多种比較。值得特別提出的是在变動用水量多年調节計算中，提出用差額(来水—用水)保証率曲綫进行頻率組合計算，簡化工作不少，因而在徑流調节方面具有实用价值。

第四篇圩区除涝规划，介绍了根据作物耐淹能力、水田比率、沟塘調节能力及設計暴雨标准等条件确定排水率的計算論証方法，以及机械排水經濟計算。本文对圩区规划具有参考价值。

以上几篇材料是在1957年編制巢滁皖流域规划时总結出来的，某些数据和論点(如灌溉定額、还本年限等)不完全适用于目前情况，不能直接搬用。但是作为规划方法还是有参考价值的。因此仍然印出来，供水利规划中水利計算的参考，其中如有不正确的地方，尚請讀者指正。

目 录

丘陵区塘坝规划计算方法.....	3
灌溉为主的小型水库规划计算方法.....	20
水库径流调节计算.....	31
圩区除涝规划.....	61

丘陵区塘壩规划计算方法

一、塘壩水利計算的目的

1. 核算塘壩現有供水保證率及其旱災損失。
2. 研究改善塘壩、扩大利用地方徑流的可能性及其效益，提出塘壩設計容量的参考指标。
3. 在地方徑流不足，而有发展大型灌溉可能的地区，提出要求水庫或抽水站補給水量的特征。如塘壩灌溉缺水量保證率曲綫，水庫供水方式和供水时期等，作为进一步論証发展大型灌溉經濟合理的基本資料。

二、基本資料

1. 气象

降雨量采用南京、蕪湖、安庆等三站1924~1956年計33年連續降雨量系列(其中，有互相插補延長者)，及全流域多年平均降雨量等值綫图；蒸发量有南京1929~1936，1946~1956年，計18年逐月蒸发量，及全流域多年平均水面蒸发量等值綫图。以及其他有关資料。

2. 自然地理区划

本流域丘陵区分三种类型，每一类型又分两种亚型，并按地区划分为32片(图1、图2，見插頁)。

3. 土地农业利用及塘壩資料

本流域32片丘陵区分別包括在甲₁、甲₂、乙₁、乙₂、乙₃、乙₄等六个土地利用区内。茲将其中較有代表性的10片丘陵区

的基本情况列表说明之(见表1)。

表1 巢淦院地区各片丘陵区土地利用及塘坝基本情况表

土地利用区	丘陵区类型及分片代号	耕地率 % (耕地面积 总面积)	水田率 % (水田面积 耕地面积)	溇田率 % (溇田面积 水田面积)	塘面率 % (塘坝面积 总面积)	现有容量 (公方) (亩水田)
甲 ₁	I ₁	75	57	8	8	(200)
甲 ₂	I ₂	65	85	16	7	(145)
甲 ₃	II ₁	38	83	11	8	180
乙 ₁	I ₃	70	89	26	7	89
乙 ₁	II ₃	55	83	34	6	(140)
乙 ₁	II ₆	55	70	29	6	160
乙 ₂	I ₆	60	75	27	7	124
乙 ₃	I ₇	65	67	19	7	110
乙 ₃	II ₇	55	80	27	7	120
乙 ₄	II ₄	40	85	44	6	160

表2 巢淦院地区各片丘陵区水田计划作物组成表

作物組成%	午 季		中 秋					晚 秋		合 計
	小麥等	油菜等	早稻 (溇)	早 稻 (不溇)	早中 稻 (溇)	早中稻 (不溇)	中稻等	双季晚 稻 (溇)	双季晚 稻 (不溇)	
丘陵區类型及分片代号										
I ₁	26	60	12	14	2	42	28	11	14	209
I ₂	33	41	16	4	3	40	35	14	4	190
II ₁	28	59	11	11	2	42	31	10	11	205
I ₃	30	41	8	—	21	32	38	7	—	177
II ₃	23	36	29	—	12	32	25	37	—	194
II ₆	23	27	29	—	13	32	26	26	—	176
I ₆	25	37	21	—	15	32	30	20	—	180
I ₇	37	32	27	2	3	27	37	24	2	191
II ₇	34	33	31	1	3	28	34	26	1	191
II ₄	17	33	48	—	4	32	13	42	—	189

关于各片丘陵区，水田計劃作物的組成（已按主要灌溉作物合并，但不灌溉的次要作物未包括在內），列如表2。

4. 計劃灌溉制度計算成果

用南京、蕪湖、安慶等三站降雨系列，計算各种主要灌溉作物計劃灌溉制度，以旬为一时段的灌水量及其全年灌溉定額。

5. 徑流分析

本流域丘陵区与山区一样，降雨与徑流有一定的关系。但由于丘陵区水田与塘坝較多，人类活动影响較大，当降雨开始的时候，旱荒地（旱地和非耕地）所产生之徑流首先进入水田，在水田本身降雨超过田間适宜水深时，才泄入塘坝。水田水量不足时，又由塘坝中引入之。在塘坝未蓄滿前，有效集水面积对河流而言，一般是不会产生徑流的。因此，我們认为影响旱荒地、水田、塘面的降雨徑流关系的物理因素是迥然不同的。一般說来，旱荒地的降雨、损失、徑流三者与山区相似，其降雨徑流关系可认为是比較稳定的。如能分析出旱荒地的降雨徑流关系，就可利用一定的降雨系列，計算出旱荒地的徑流量。至于水田和塘面的徑流，随人类活动——如作物組成，塘坝規模等而变化，必須根据設計水平年改变的情况，通过平衡計算的方法求得。

3(1)旱荒地降雨徑流关系：本流域丘陵区徑流的形成受人类活动的影响甚大，故其实测河道徑流实际上是地面徑流經過塘坝調节以后的廢泄水量。这样的实测徑流过程，已經不是由某次降雨直接形成的徑流过程。因此，我們用实测河道徑流分析旱荒地降雨徑流关系的方法，是通过水量平衡推算出塘坝蓄水过程，求出各次降雨中塘坝拦蓄的部分，加入实测河道徑流中还原为地面徑流，并从中扣除塘面降雨及水田排水，即得旱

荒地徑流，而后进一步分析它与考虑前期影响的降雨的关系。巢淦院地区有条件分析旱荒地降雨徑流关系曲线者，計有南淝河合肥、丰乐河桃溪与淝河黄栗树等三站。假定旱荒地前期影响指数 $K=0.85$ ，最大初期损失 $I_{max}=55$ 公厘，前期影响

$$P_0 = K'P_1 + K'P_2 + \dots + K'P_n = \sum P_i K' \leq I_{max}$$

以 $P+P_0-R$ 关系曲线形式表示的分析成果见图 3。

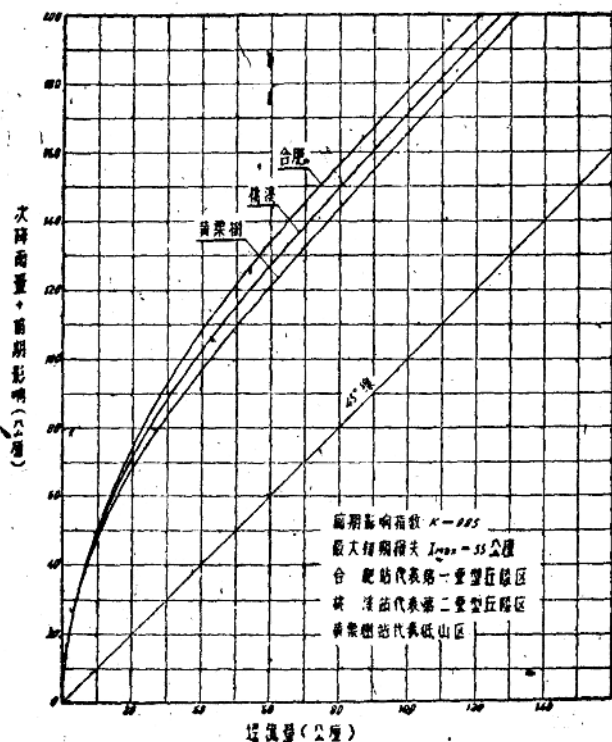


图 3 丘陵区旱荒地次降雨徑流关系曲线

(2)旱荒地年徑流量: 参照自然地理区划, 南淝河合肥以上的旱荒地降雨徑流关系, 可移用于本流域第一亚型丘陵区; 丰乐河桃溪以上的旱荒地降雨徑流关系, 可移用于本流域第二亚型丘陵区; 滁河黄栗树以上的降雨徑流关系, 可移用于本流域低山区。从多年平均降雨量等值线图来看, 有較长观测資料的南京站降雨, 可代表巢湖流域北部, 沿江流域东部和滁河流域丘陵区; 蕪湖站的降雨, 可代表巢湖流域的南部, 陈瑤湖流域和菜子湖流域北部丘陵区; 安庆站的降雨, 可代表菜子湖流域南部和皖河流域丘陵区。上述三个雨量站所代表地区内两种亚型丘陵区与低山区都有。因此, 分別以三种降雨徑流关系, 計算出連續33年旱荒地徑流系列。茲将其徑流特征列如表3。

表3 巢湖皖地区丘陵区旱荒地年徑流計算成果表

雨量站	年 降 雨 量		徑 流 站	年 徑 流 量	
	$\bar{P}$ (公厘)	C_P		$\bar{R}$ (公厘)	C_P
南 京	943	0.21 ± 0.04	合 肥	321	0.38 ± 0.07
			桃 溪	337	0.38 ± 0.07
			黄 栗 树	348	0.39 ± 0.07
蕪 湖	1120	0.2 ± 0.04	合 肥	410	0.32 ± 0.06
			桃 溪	431	0.31 ± 0.05
			黄 栗 树	451	0.32 ± 0.06
安 庆	1280	0.22 ± 0.04	合 肥	500	0.37 ± 0.06
			桃 溪	530	0.37 ± 0.06
			黄 栗 树	559	0.37 ± 0.06

注: 原插补延长的蕪湖降雨量偏小; 安庆1924~1929年資料計算錯誤, 降雨量偏小, 故年徑流亦偏小; C_P 值一律采用0.40, $C_B = 2.0C_P$ 。

6. 典型地区分析成果

(1) 塘坝有效集水面积系数 σ : 在进行面的水量平衡时, 考虑到由于地形特点所形成的塘坝集水面积与灌溉面积之间的不匀称情况, 旱荒地或水田的来水很难全部地被利用。相对地说, 坝与冲塘的集水面积大, 灌溉面积小, 容易出现废泄现象; 而岗塘塘则相反, 来水面积小, 灌溉面积大, 容易出现缺水现象。就面的平均概念而言, 在各种年份中, 总有一部分来水量是无效的, 其有效集水面积系数常随灌溉措施与降雨大小而变化。为简便计, 我们假定塘坝集水面积中超过平均集水面积部分称为无效集水面积, 即:

$$\begin{aligned} \text{塘坝无效集水面积} &= \text{塘坝集水面积} \\ &- \text{塘坝灌溉面积} \times \frac{\text{总集水面积}}{\text{总灌溉面积}} \end{aligned}$$

$$\text{有效集水面积系数 } \sigma = \frac{\text{有效集水面积之和}}{\text{总集水面积}}$$

无效径流多半出现在丘陵区下部, 即水田比较集中的地方, 故水田排水的有效集水面积系数, 一般低于旱荒地的有效集水面积系数。Ⅱ型丘陵区的地形切割密度比Ⅰ型大, 冲塘与坝较多, 因而, 其有效集水面积系数应低于Ⅰ型丘陵区。本流域分别选择了5~6片Ⅱ型和Ⅰ型典型丘陵区(每片4~10平方公里)进行分析, 分析时除考虑上述情况外, 并考虑到串塘联塘的作用。兹将综合分析成果取用数值列如表4。

表4 巢湖皖地区丘陵区有效集水面积系数表

丘陵区类型	旱荒地有效集水面积系数 σ_1	水田排水有效集水面积系数 σ_2
I	0.85	0.70
II	0.75	0.55

(2) 塘坝有效容量系数 η_v : 由于塘坝容量与集水面积不均匀的情况, 部分崗塘集水面积很小, 但其容量却很大, 經常不能蓄滿, 即所謂死水塘。因此, 在进行面的水量平衡时, 不能把全部塘坝容量視為有效容量。

令
$$\eta_v = \frac{V_H}{V}$$

式中 V_H ——塘坝的有效容量;

V ——塘坝的实际容量;

η_v ——塘坝的有效容量系数。

在此, 我們引用的塘坝有效容量的涵义, 系指在設計保証率年份, 作为大面积平均容量的塘坝有效容量的調节能力, 与塘坝实际容量在不均匀分布的条件下(考虑串塘联塘)的实际調节能力相等。很显然, η_v 值将随着塘坝扩建、位置与容量的調整而逐步提高。据此原則, 本流域丘陵区典型地区分析取用的 $\eta_v \sim V$ 关系列于表 5; 其相应的 $\eta_v \sim V$ 及 $V \sim V_H$ 关系曲綫见图 4、5。

表 5

巢淞皖地区丘陵区塘坝有效容量系数表

V (公方/亩水田)		100	150	200	250	300
η_v	I 型	0.76	0.86	0.92	0.96	0.99
	II 型	0.65	0.75	0.83	0.90	0.93

(3) 塘坝容量与土方的关系在尽量减少淹沒的原則下, 方水方土之比值应随塘坝容量之提高而逐步减少。II 型丘陵区地形起伏明显, 加高塘埂的条件比 I 型好, 故其方水方土之比值較 I 型为大。通过典型地区分析, 取用的数值列如表 6。

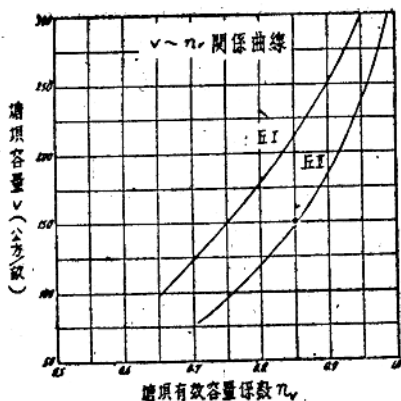


图 4

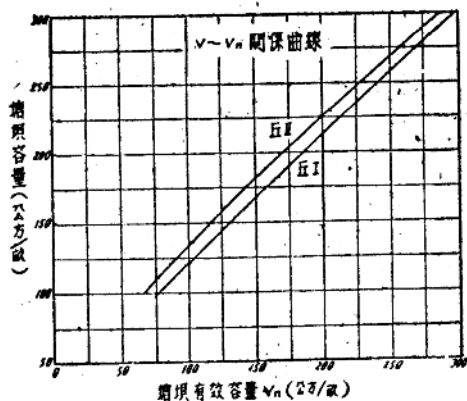


图 5

表 6 巢溪皖地区丘陵区增加塘坝容量与土方关系表

V (公方/亩水田)		80~ 100	100~ 120	120~ 140	140~ 160	160~ 180	180~ 200	200~ 220	220~ 240
方水/方土	I型	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
	II型	3.0	2.6	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3

相应的关系曲线见图6、7。塘坝容量每增加10公方，其淹没水田率约为0.35%。

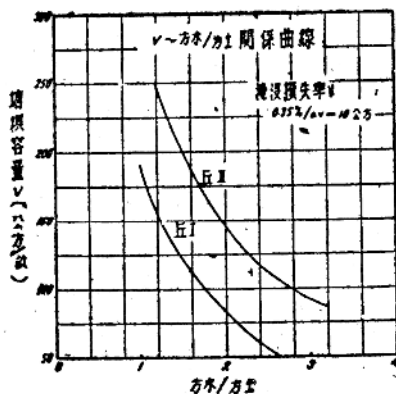


图 6

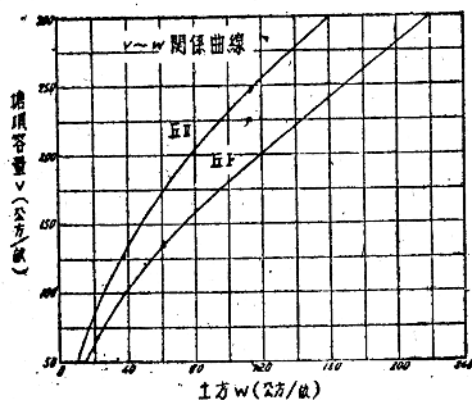


图 7

7. 水稻旱災損失特性曲綫

根据查勘調查資料，制成以始早期相应发育阶段为参变数的减产系数~缺水系数关系曲綫(图8)。其中：

$$\text{减产系数 } B = \frac{\text{旱灾减产产量}}{\text{正常产量}} = \frac{\text{正常产量} - \text{受旱后产量}}{\text{正常产量}}$$

$$\begin{aligned} \text{缺水系数 } H &= \frac{\text{不足灌水量(淨)}}{\text{浸水期总需水量}} \\ &= \frac{\text{需灌水量(淨)} - \text{实灌水量(淨)}}{\text{浸水期总需水量}} \end{aligned}$$

因旱而延迟插秧的曲綫見图8。上述水稻受旱損失特性曲綫仅适用于塆田中稻与早中稻两种作物。如用于其他作物，应考虑改种、补种及其他补救措施，另作补充假定如下：

(1)早中稻(漚)：冬春季缺水在10公厘以下时，不影响栽秧；缺水在10公厘以上时，作为栽秧缺水；延迟达30天者，按补种双季晚稻，减产50%。

(2)早中稻(不漚)：冬春季缺水或5月中旬缺水，均作为栽秧缺水；延迟达30天者，按改种旱作物，减产60%計；延迟达60天者，按改种晚秋，减产80%計。

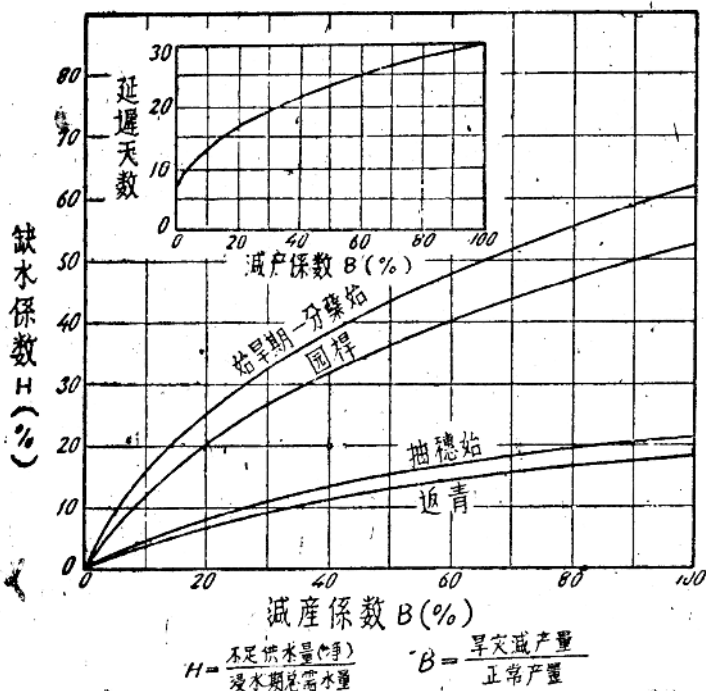
(3)中稻：延迟栽秧30天以上者，按改种旱作物，减产70%計；延迟栽秧50天以上者，按改种晚秋，减产80%計。

(4)双季早稻(漚)：冬春季缺水，不影响栽秧；5月中旬缺水，按分蘖缺水計。

(5)双季早稻(不漚)：延迟栽秧达30天以上者，按减产100%計。

(6)双季晚稻(漚)：7月下旬缺水，不影响栽秧。

(7)双季晚稻(不漚)：延迟栽秧达15天(7月下旬~8月上旬)者，按誤种計。



附：各種水稻發育階段表

月 作 物	五月	六月	七月	八月	九月	十月
	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下
早中稻		剛分蘗	分蘗	抽穗	乳熟	
中稻		分蘗	抽穗	乳熟		
晚稻	分蘗	抽穗	乳熟	分蘗	抽穗	乳熟

图8 中稻旱灾损失特性曲线

(8) 各种水稻返青缺水时，均按分蘖缺水计，假定这一浇水可从别的作物得到调剂。

(9) 作物生长期遇两次以上缺水时，按下式累计减产系数：

$$B(\%) = 100 - (100 - B_1)(100 - B_2) \dots (100 - B_n)$$

式中 B ——总减产系数； B_1 、 B_2 、 B_n ——生长期內某一个别缺水期的减产系数。

三、水利计算

1. 来水量计算

塘坝的来水量，包括塘坝集水区內旱荒地、水田与塘面径流之总和。以总面积上的径流深度表示，即

$$Q = Q_{\text{旱}} + Q_{\text{水}} + Q_{\text{塘}}$$

(1) 旱荒地有效径流：

$$Q_{\text{旱}} = R_{\text{旱}}(1 - \text{耕地率} \times \text{水田率} - \text{塘面率})\sigma_1$$

式中 $R_{\text{旱}}$ ——旱荒地径流深度。在麦作期(本年11月~次年4月)，水田率用漚田率。考虑漚田蓄水和蓄水窝子的作用，故 $\sigma_1 = 1.0$ 。

(2) 水田有效径流： $Q_{\text{水}} = R_{\text{水}} \times \text{耕地率} \times \text{水田率} \times \sigma_2$

式中 $R_{\text{水}}$ 为水田径流深度，随降雨量、降水强度、雨前田间水深与田间允许最大水深而变。其中田间允许最大水深又随水稻品种与其生长各发育阶段的不同而有所差异。因此，不可能建立一个稳定的水田降雨径流关系。只有经过田间水深平衡计算，得出各种水稻生长期的排出水量以后，再组成水田的径流。在水稻生长期(5~10月)的水田排水为各种水稻排水的加权平均数；麦作期为漚水田排水，其数值等于降水量减去泡田水与水面蒸发。

(3) 塘面径流:

$$Q_{\text{塘}} = (P - E - Q) \text{ 塘面率。}$$

式中 P ——降雨量, E ——水面蒸发量, Q ——渗漏量。即塘面的径流为降雨与蒸发、渗漏的差数。塘面的降雨可直接应用南京、蕪湖、安庆等三站的降雨资料; 水面蒸发量借用多年平均水面蒸发量; 渗漏无实测资料, 流域北部第一亚型丘陵区渗漏一般较小, 假定渗漏率为每亩10公厘, 流域南部第二亚型及I₁型丘陵区塘底渗漏较普遍, 假定渗漏率为每亩20公厘。兹将本流域10片丘陵区来水量计算成果列如表7。

表7 巢淦皖地区10片丘陵区塘坝来水量表

降雨区	丘陵区类型及分片代号	多年平均来水量(公厘)				来水量	
		$Q_{\text{旱}}$	$Q_{\text{水}}$	$Q_{\text{塘}}$	Q	C_V	C_S/C_V
南 京	II ₅	166	30	-24	172	0.49	2.0
南 京	I ₆	165	46	-14	197	0.49	2.0
南 京	I ₇	178	39	-14	203	0.48	2.0
南 京	II ₇	157	36	-14	179	0.48	2.0
南 京	II ₄	189	29	-24	194	0.49	2.0
蕪 湖	I ₂	195	74	-16	253	0.40	2.0
蕪 湖	I ₃	168	91	-16	243	0.41	2.0
蕪 湖	II ₃	198	52	-15	235	0.39	2.0
安 庆	I ₁	279	77	-30	326	0.44	2.0
安 庆	II ₁	319	48	-30	337	0.46	2.0

2. 用水量计算

假定田间灌水有效利用系数 $\eta = 0.90$, 则总面积上的用水深度为:

$$q = \frac{\sum am}{\eta} \times \text{耕地率} \times \text{水田率}$$

式中 α 为水田作物组成, m 为作物净灌溉定额。根据系列年资

料分析，可求出各地区灌溉用水量特征值。

3. 调节计算

以塘坝有效容量 V_n (50、100、200、300、400、500 公方/亩水田) 为参变数，用系列法在表上进行逐时段的平衡计算。有

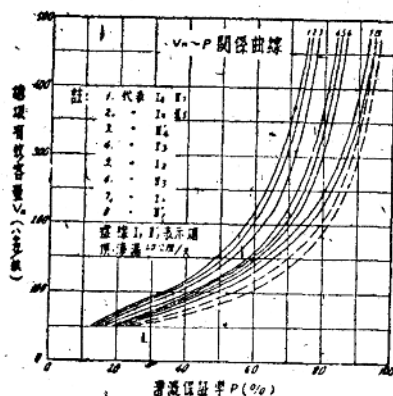


图 9

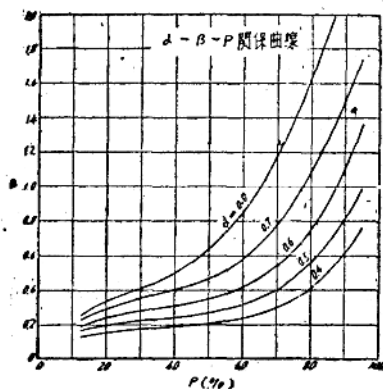


图 10

关时段的划分，系以某年 11 月上旬至次年 4 月下旬为一时段，5 月上旬至 10 月下旬每旬为一时段。用系列法进行调节计算有下列几个优点：

(1) 可以反映出供水遭受破坏年份的具体缺水量和缺水时期，便于合理地估算作物的旱灾损失。

(2) 比较形象化，有利于研究塘坝灌区缺水量和废泄量的特性。

根据缺水年数（缺水量在 10 公厘以下者，视为不缺水），可推算出保证率 $P(\%)$ ，从而可以点绘 $V_n \sim P$ 关系曲线（见图 9）。为便于相互校核及反映径流利用率起见，故我们又点绘了 $\alpha \sim \beta \sim P$ 关系曲线（见图 10）。其中