

JICA 技术援助项目

土地改良工程规划指南

旱田地区的雨洪利用

日本国农林水产省构造改良局规划部

(1990年4月)

中国灌溉排水技术开发培训中心

日本国际协力事业团

一九九五年十一月

2 - 3

1990年4月10日

各地方农政局规划部长
北海道开发局农业水产部长
冲绳综合事务局农林水产部长
北海道农政部长：

关于土地改良工程规划指南「旱田地区雨洪利用」的制定

土地改良工程规划指南「旱田地区雨洪利用」一书已经编制完成，
请在土地改良工程的规划时参考使用。

农林水产省构造改良局规划部长

序

(一)

“中国灌溉排水技术开发培训中心”是由水利部申请并经国家科委正式批准的中日政府间专项技术合作项目。1993年2月中日双方正式批准签署了实施协议，日方执行单位是国际协力事业团，合作自1993年6月起执行，为期五年。

通过项目的实施，将引进、消化、吸收日本的灌排新技术，开发我国的灌排技术，促进我国农田水利事业的技术进步。“中国灌溉排水技术开发培训中心”是一个承担灌溉排水实用技术开发、培训、推广和技术咨询任务的部属事业单位，旨在联络全国从事灌溉排水的科研单位、大专院校、生产单位，广泛采集技术信息，为农田水利事业发展提供技术服务。并通过培训传播技术，提高技术人员业务素质。

学习、消化日本灌溉、排水规划设计技术标准是中日双方议定技术合作的重要内容。为此，中日双方专家携手组织翻译了日本土地改良工程规划设计规范。可供我国灌溉排水技术规范的制定修改时借鉴。这对我国灌排技术的发展无疑是有益的。

本次翻译的日本土地改良工程规划设计规范——旱田灌溉、日本土地改良工程规划设计规范——管道工程设计、日本土地改良工程规划设计指南——滴灌和日本土地改良工程规划设计指南——大面积水田规划等，除“中国灌溉技术开发培训中心”中、日专家付出了辛勤劳动外，承蒙北京市水利科学研究所、北京沃特水技术公司大力协助。借此一并表示诚挚的感谢。

中国灌溉排水技术开发培训中心

主任



1995年11月

(二)

正如在中国众所周知的那样“水利是农业的命脉”，灌溉支撑着农业的发展。

现在，在中国，正在致力于普及节水灌溉农业的发展。但是，如果没有技术的开发与普及，节水灌溉就不能完成。

为此，中日两国根据中日技术合作，加速开展灌溉技术的开发与普及，从1993年6月起，中国灌溉排水技术开发培训中心项目开始执行。

本项目的主要目的在于通过中日两国技术交流，引进和改良日本的灌排技术，提高中国的水利用效率和灌排技术水平，并培养技术人员。

为了达到其目的，中国灌溉排水技术开发中心的中日双方专家，正在共同努力进行各种日本土地改良工程规划设计规范的翻译，并对日本的技术进行介绍和研讨。

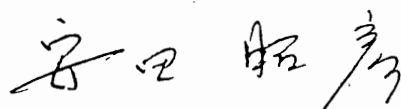
这部规划设计规范是由日本农业水产省制定的，并已作为灌溉排水工程的基本技术规范，在日本全国水利系统推广执行。

我们把翻译出版的日本土地改良工程规划设计规范介绍给大家，希望能为全中国的研究和技术人员提供一些研究参考资料。

最后，在本书的翻译、出版过程中得到了有关各位的大力协助，在此表示衷心感谢。

中国灌溉排水技术开发培训中心
日本国际协力事业团专家组

团长



1995年11月

目 录

前 言	1
第一章 总 论	3
1.1 本指南的应用范围	3
1.2 定 义	4
第二章 调查	7
2.1 调查步骤	7
2.2 调查项目	8
2.2.1 地形调查	8
2.2.2 气象、水文调查	9
2.2.3 水源调查	10
2.2.4 土壤调查	11
2.2.5 径流量的调查与分析	11
2.2.6 农业经营动向调查	13
第三章 规划	15
3.1 制定规划的步骤	15
3.1.1 步骤	15
3.1.2 基本构想的制定	15
3.1.3 基本规划与设施规划的制定	18
3.2 基本构想和基本规划	21
3.2.1 在基本构想阶段规划标准年的初定	21
3.2.2 需水量的计算	23
3.2.3 最大汇流量的计算	27
3.2.4 需水量的调整	31
3.2.5 年最大缺水量的计算	36
3.2.6 规划标准年与蓄水池容量的确定	41
3.2.7 水源受到严重制约时的规划方法	45
3.3 汇流系统规划	46
3.3.1 汇流区	47
3.3.2 汇流设施	48
3.3.3 蓄水池	50
3.4 水利用系统规划	51

第四章	维护管理	57
4.1	汇流区的维护和管理	57
4.2	设施维护和管理	57
4.3	水质管理	57
参考资料:	基本规划的程序示例	59
1.	概要与注意事项	59
2.	流程图	60
(1)	主要符号	60
(2)	主程序框图	61
(3)	子程序框图	64
3.	程序清单	66

前 言

1. 概述

在日本山区分布的旱田，水利条件恶劣，为了确保其所需的充足水量，需要投入大量的资金。此外，包括冲绳岛在内的许多岛屿上还有一些依靠雨水灌溉的旱田，这些地方尽管年降雨量充足，但与内地相比，连续数日无雨的天气较多，所以夏季经常受到干旱的威胁。在这些地区，不仅河流短小，而且受地形的限制，适于建设水库的地点很少，从建设费用角度考虑，这成为制定旱田灌溉计划的障碍。

面对这种情况，为了推动灌溉事业的顺利发展，降低工程造价，在水资源极其不足的地区，可对旱田及其周围地区的降雨进行集水利用，从而提高水资源的利用率。为此，我们编写了本土地改良工程规划指南——《旱田地区雨洪利用》。本指南的核心是说明各种以滴灌等节水灌溉方法为前提的，能够最大限度地提高水资源利用率的方法。

2. 编写经过

本规划指南是从昭和59年至平成1年，受日本农业土木工程综合研究所委托，由具有丰富经验的专家、学者组成的旱田地区集水利用研究委员会，边进行实地考察，边对集水利用规划方案进行深入研究后写成的。

负责本指南编写的委员如下：

委员长	长 智男	〔九州共立大学工学部教授〕
委 员	大西亮一	〔农业工学研究所水利系统研究室室长〕
	翁长谦良	〔琉球大学农学部教授〕
	黑田正治	〔九州大学农学部教授〕
	丹治 肇	〔农业工学研究所水利系统研究室研究员〕

3. 本指南的结构

本规划指南由正文、说明和参考资料等部分构成。

正文是制定土地改良工程规划所应遵循的原则，用黑体字表示。说明部分在对正文进行详细说明的同时，为了更具体、更明确，还对制定调查计划的方法、调查顺序、有关的公式图表及其它参考资料等进行了说明。参考资料部分是补足说明部分而编写的，主要记述与制定规划有关的参考事例。

4. 本指南特点及应注意的问题

指南的特点及各章的概要如下：

(1) 依靠受益地区内的降雨，采用积极的方法将径流通过该地区内的截水沟进行汇集，

并仅以此作为储留水源的一种旱田灌溉规划。

(2) 利用这种水源，采用节水方法调节水供需平衡有关的基本技术问题。

(3) 为确定本规划的关键——集水池容量，给出合理的且高效的计算过程。

(4) 本规划中所用数据等资料，主要是冲绳地区的调查资料。

第一章「总论」的内容是针对本指南的注意事项和指南中所用专业术语的定义。

第二章「调查」的内容是制定规划时所必须调查的内容和调查过程应遵循的步骤。在此特别给出了径流系数的分析方法。径流系数是计算集水池容量的关键性数据之一。

第三章「规划」的主要内容是建立专用于计算集水池容量的，由各种参数〔水的消耗量、作物种植率、集水面积、土壤条件、径流系数、集水效率等〕构成的各种数学模型。利用这些模型可以计算水的收支数量，从而确定最佳规划方案。

第四章「维护和管理」的主要内容是针对泥沙问题，在集水设施集水、维护储留功能和全面管理过程中应注意的事情。

5. 其他

在进行集水池容量的水收支计算时，除了要计算大量的确立数学模型所需的各种参数和20—30年来日降雨量等基本数据外，同时还要进行更复杂的计算，因此必须应用计算机来简化计算过程。为此，我们在本指南中给出了需水量及最大汇流量的计算程序，同时为给各地区设计规划提供参考方案，在附录中，我们介绍了具体的程序实例。

第一章 总 论

1.1 本指南的应用范围

本规划指南是针对水资源不充足的地区，(1)将规划地区内及周围流域的降雨进行汇集和储存，并将其作为水资源的基本技术问题，(2)针对利用此种水源实施旱田灌溉计划时遇到的调整水量供需平衡的基本技术问题，制定标准的思考方法和必须注意的问题等。

〔说明〕

1. 日本的旱田灌溉

日本地处亚洲季风地区，降雨较多。即使是降雨较少的地区，年降雨量也在1,000mm左右，降雨较多的地区，年降雨量可达2000—2500mm。从全年看，日本的年降雨量超过年水分蒸发量。但由于降雨在四季中分布不均，主要集中于梅雨季节和台风期，因此仅从总降雨量或平均降雨量来看，还不能断言水量是多是少。特别是夏季，由于旱田作物蒸发旺盛，如果连日无雨，水分供应不足，农作物的生长会受到极大的影响。而在这一时期，如果能供给足量的水分，则可以提高农作物的产量和质量。由于上述原因，日本旱田的灌溉仅靠降雨是不够的，而必须进行水分补给，即日本的旱田灌溉具有很强的灌溉补给特点。但是由于日本旱田地帯水利条件恶劣，有许多地区不能进行水田化建设，因此，所谓‘补给灌溉’即是指：为了确保充足的供水量，一般来说必须建设蓄水池和配套的长距离输水设施。不过，近年来由于其他输水工程的出现，以及适于建设蓄水池的地点很少等问题，在某些地区，制定旱田灌溉规划的困难越来越多。

2. 利用汇流的必要性

以往，对于规划区及其周围地区的水利设施，都是以排水为目的规划和设计的。而对于很难通过建设水坝从河流引水来确保灌溉水源的地区，则可象前面所述，采用积极有效的方法将规划区内及其周围地区的降雨进行汇集、储存、并以此作为该地区的灌溉水源加以利用，是一种十分有效的方法。

特别是淡水资源极度缺乏的各个岛屿、半岛及山区等地，应利用这种方法，认真研究本地区的旱田灌溉规划。

3. 本指南的运用

本指南，(1)将规划区内及规划区周围的降雨进行汇集，储留，然后以此为水源进行开发利用，(2)对以此为水源的旱田灌溉规划进行水量供需平衡的调整，给出标准的研究方法

和应该注意的有关问题。

本指南中使用的有关参数，主要是从已经实施旱田地帶雨洪利用规划的西南诸岛中的某些地区取得的。因此，除上述地区以外的各个地区，若要制定旱田地帶雨洪利用规划，则必须结合本地区旱田农业的实际情况，灵活地运用本指南。

另外，本指南中关于旱田灌溉的一般性问题，是参考：土地改良工程规划设计标准「旱田灌溉」规划(以下简称“标准”)，和关于滴灌土地改良工程规划指南「滴灌」(以下简称“「滴灌」规划指南”)。

1.2 定义

所谓旱田地帶雨洪利用，是指在旱田地帶，将规划区内及规划区内及规划区周围的降雨进行汇集、储留，并以此作为该地区旱田灌溉的水源，加以有效的利用。

〔说明〕

1. 旱田地帶雨洪利用规划的制定

旱田地帶雨洪利用规划〔以下简称“雨洪利用规划”〕，是(1)积极地将规划地区内和规划区周围的降雨进行汇集、储留的水源规划；(2)与旱田灌溉规划相结合，并完善调整旱田灌溉水量供求方案的规划。

在积极地进行水的汇集工作时，要根据流域的地形、本地区的实际情况等因素，配置适当的汇流设施，必须尽可能多地将流出的雨水汇集至蓄水池中。而且，还要用节水的方法规划旱田灌溉，调整水量供求，提高水资源的利用率，这也是十分重要的问题。

一般说来，蓄水池应设置在规划区内或其附近地区，如果与以往的大坝水源相比较，此种水源可以说是近在咫尺，因此，水分输送只需很少的费用。另一方面，由于蓄水池的选址除受地形条件的制约外，还要考虑保证农业用地不受损害，因此，在蓄水池容量受到制约的地方，必须做好蓄水池所在地农民的工作，同时还要对原有的水利工程规划及农业经营规划进行调整。

2. 定义

(1)汇流：在不能确保旱田灌溉稳定水源的地区，为了开发水资源，将规划区及其附近地区的降雨采用积极的方法进行汇集，这就叫做集水。在外国干燥的地区，积极地将有限的雨水尽可能多地进行汇集，叫做水收获(water harvesting)。

过去，都是利用排水设施将流入旱田的雨水汇集，然后将其安全地排出本地区。而汇流利用，则是利用合理配置在本地区内的汇流系统，即截水沟、集水沟等，将雨水尽可能多地导入蓄水池。因此，汇流的目的，就是将原来经排水设施排走的水分转变为规划区内的可用之水。

(2)最大汇流量：汇流地区内全部的降雨量减去停滞于流域内的及向空气中蒸发掉的水量，再减去渗透至地下的水量，是可以直接流出的水量。从直接流出水量中，扣除雨水通

过汇流系统时损耗的水量，即为最大汇流量。

(3) 汇流系统：汇流系统由汇流区域、汇流设施和水源设施等共同构成(见图1·2·1)。

① 汇流区域：即作为集水对象的直接流域和间接流域。

a. 直接流域：由规划区的受益区及堤外保护地组成的同一流域叫做直接流域。

所谓堤外保护地是指同属于直接流域，但处于规划区外部的地区、山林及住宅用地等，即专门为了集水而被利用地区。

b. 间接流域：在直接流域之外，但为了实现规划区的集水方案，而必须通过修建导水沟等设施进行改造的流域叫做间接流域。

② 集水设施：集水设施包括场内截水沟、截水沟、集水沟、泥沙沉积槽及导水沟等。

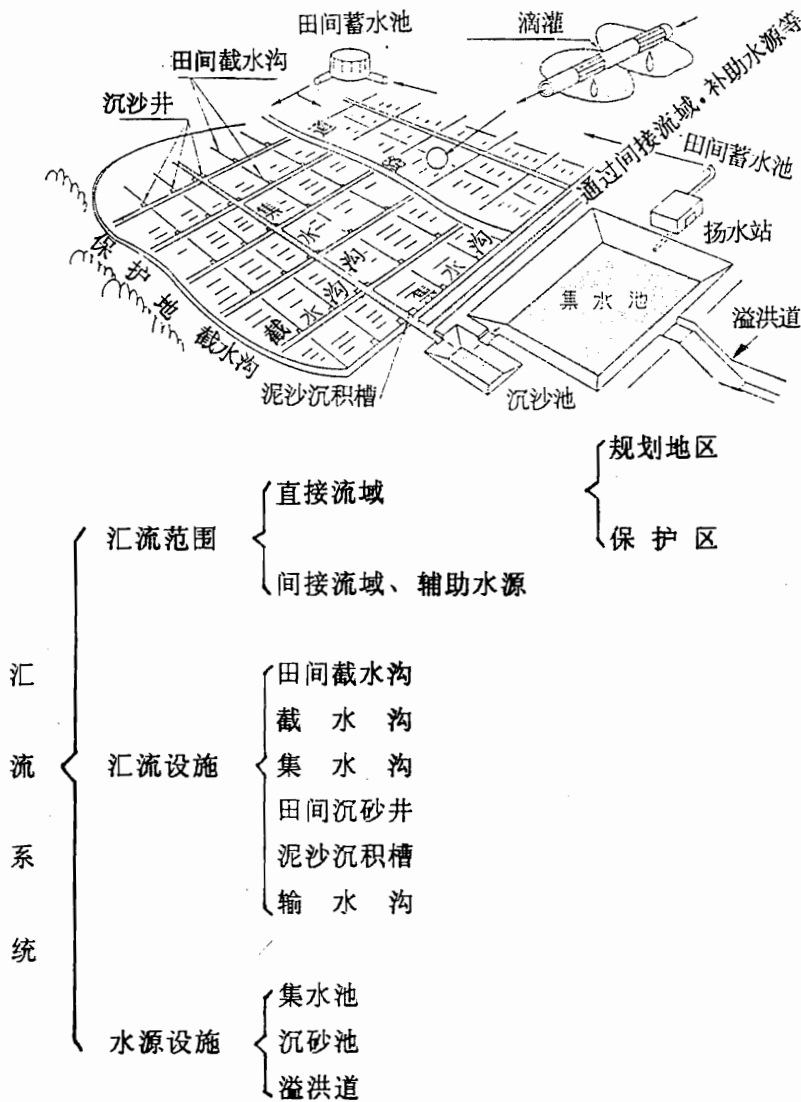


图1·2·1 汇流·水利用系统模型图

a. 田间截水沟：为了将场内地面上的雨水导入截水沟而设计的水沟叫做田间截水沟。多数情况下，这种水沟也是农业基建的组成部分，田间截水沟通常有土水沟和草丛水沟。

b. 截水沟：沿规划区域的某一边设置，将田间截水沟流出的水集中并引入集水沟的水沟叫做截水沟。此外，为了将从堤外保护地、住宅用地及田间流出的水集中疏导，而在规划区内或堤外地区设置的水沟也属于截水沟。截水沟在整个规划水域的汇流过程中，是最为重要的设施，因此应尽可能地在其内侧施以防护层。

c. 集水沟：接受由截水沟流出的水，并将其安全、迅速地导入集水池的水沟，叫做集水沟。

d. 田间泥砂沉井和泥砂沉积槽：是为了防止由于泥砂向下游水沟流动造成的汇流效率降低，同时也为了减轻管理水沟的负担，而设置的泥砂沉积槽。其中，设置在各截水沟末端的小槽称为场内泥砂沉积井，而在截水沟与集水沟交叉点设置的槽称为泥砂沉积槽。

e. 输水沟：将从间接流域流出的雨水和来自辅助水源的水输入集水池或集水沟的水流通道叫做输水沟。

③ 水源设施：作为水源的骨干设施是集水池。集水池是将集水区域流出的雨水进行有效储留的设施，通常还包括沉砂池、溢洪道等附属设施。

(4) 水利用系统：是高效地将利用汇流系统获得的水资源向规划区内配送，并向直至区域末端的大田进行灌溉的系统。构成系统的主要设施有：扬水机、输水管路、田间蓄水池、配水管路和末端设施等，此外还必须根据本地区的实际情况配置有关设施。

第二章 调 查

2.1 调查步骤

为制定规划必须开展有关的调查,而调查步骤则应根据工程规模及本地区的特点来制定。此外,调查需经常与规划制定保持联系并同步进行,调查需要合理、有效地进行。

〔说明〕

调查步骤必须根据不同地区各自的特点分别制定,不应规定统一的调查步骤。不过一般的调查步骤大致如图2·1·1所示。要合理、有效地开展调查工作,首先应通过询问等方式,综合地把握规划区的特点,然后再对必须搞清楚的问题逐一展开详细的调查。

在开展调查时,对已有资料要进行收集、整理,然后最大限度地加以利用,同时还要进行详细的现场调查,摸清当地的水利状况和土地利用状况。此外,根据需要进行各种观测。

尽管在实际制定规划时,要以上述调查的结果为依据,但并非要在各项调查全部完成后才能进行规划的设计工作。通常,这两个工作过程是相互联系、相互沟通,并在一定程度上重叠进行的。即:先以能够得到的资料为依据制定初步的规划方案,发现问题后,再针对问题开展调查,寻求解决方法,进一步细化方案。两个过程相互促进、相互依存,同时并进,逐步提高规划的正确性和准确性。

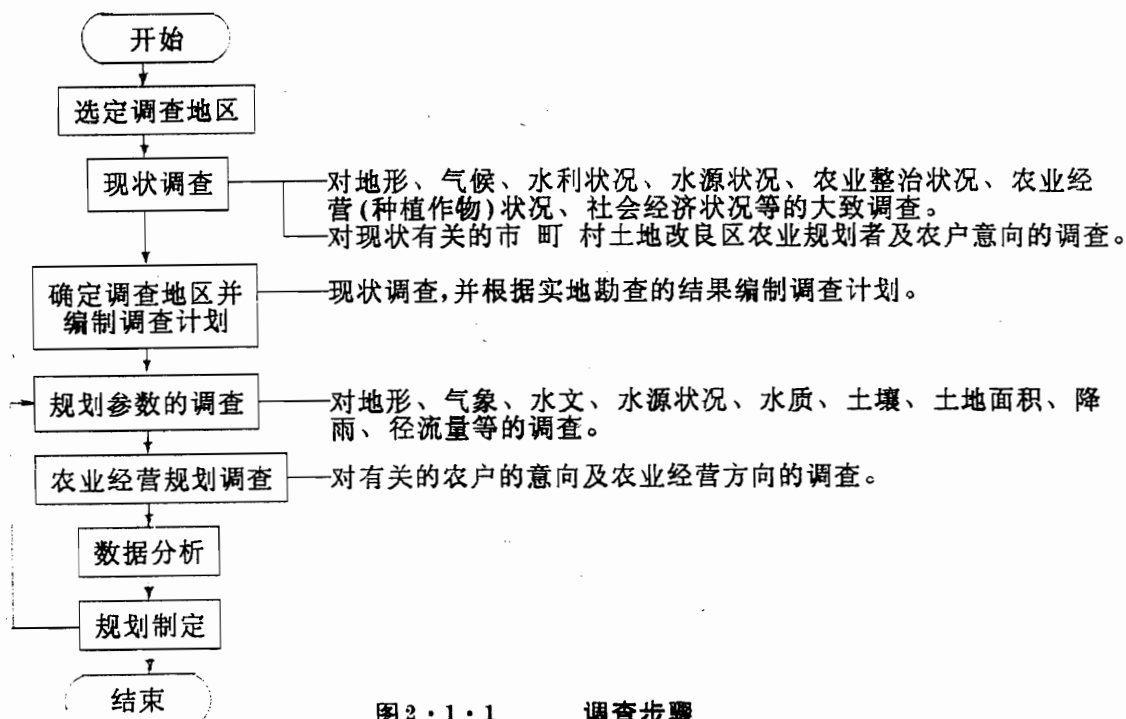


图2·1·1 调查步骤

作为调查对象的地区，除包含直接流域外，根据需要也包含间接流域。

此外，未在本指南中说明的某些调查，如用水、排水及农田保护等项目的调查，按有关的标准进行。

1. 现状调查

在调查时，首先应收集各种资料，大致了解当前状况，以便在确定规划的基本设想时做到心中有数。

在调查现状时，既要掌握当地的自然条件，又要对农业经营状况、农户的意向、该地区的水利设施装备情况及有无辅助水源进行调查。

2. 规划参数的调查

规划参数调查是在制定规划时，为确定基本参数而进行的调查。

在这项调查中，除了要对地形、气象、水文、土壤、水质等制定该地区规划必须的自然条件的调查，还必需对确定最大汇流量及需水量时所必须掌握的径流系数、日消耗水量等项目进行调查。

3. 对农业经营规划的调查

在集水利用过程中，因为要对需水量及农业经营规划进行调整，所以必须预先了解农户的种植意向。此外，因为集水工程的建设会影响规划区周围的地区，所以还必须了解受到影响的农户的意向。

2·2 调查项目

2·2·1 地形调查

在计算最大汇流量、规划汇流系统的分布时，要收集、绘制适应各种内容，具有必要精度的地形图。

〔说明〕

在汇流利用规划中，假设从直接流域流出的水是主水源。因此，必须掌握决定径流量的流域面积、地形、地表状况等地形条件。为此要以一定精度计算最大汇流量，规划汇流系统，就必须收集和绘制反映地形、土地利用状况及各种设施状况的设计图。

另外，根据需要，也要对间接流域进行地形调查。

1. 调查项目

通过地形调查要搞清的问题大致如下：

① 流域的划分

- ② 地形坡度
- ③ 植被状况
- ④ 农业和土地利用状况

2. 调查方法

(1) 地形图的收集和绘制

制定规划时, 需要具有一定精度的地形图, 如果在过去的土地普查或土地改造过程中, 地形图已绘制完成, 则可以直接利用, 若没有现成的地形图, 最好在调查的最初阶段完成地形图的绘制。

所需图纸的比例和绘制范围要按规范确定, 一般大致如下:

① 用于把握流域面积、地形坡度方面的图, 比例为 $1/25,000$

$1/50,000$ 。

② 用于确定地区边界、面积、区划、路网、汇流系统和灌溉系统规划方面的图, 比例为 $1/2,500 \sim 1/5,000$ 。但是, 要进行农田整治时, 比例为 $1/500 \sim 1/1000$, 等高线间隔为 $0.5 \sim 1.0$ 米。

(2) 对地表状况及设施状况的了解

在地形图中, 一般都绘有土地利用状况(水田、旱田、草地、荒地和住宅用地等)及各种设施的配备情况(道路、水路、农用设施等)。

在植被状况中, 堤外保护地的情况虽然可以从地形图中了解, 但由于其泥沙流失及降雨径流系数等对规划区内的设施影响很大, 因此最好进行实地勘查, 查清堤外保护地上作物的种类、生长状况、覆盖率等详细情况, 并将这些内容绘入地形图。

2.2.2 气象、水文调查

在制定灌溉规划和设施规划时, 有关特别重要的气象及水文情况, 要以该地区降雨特征及径流特征为中心进行调查。

〔说明〕

气象、水文情况, 不仅是掌握最大汇流量、需水量, 而且是决定蓄水池、截水沟、汇水渠等系统容量的重要因素, 特别是有关降雨特征(不同时期的降雨量)及径流特征(径流量、径流系数), 希望进行细致、周密的调查。

在调查时, 应在能反映本地区特点的气象观测站收集过去某一较长时期的气象资料(一般应在10年以上, 而与用水规划密切相关的降雨量、连续无雨的日数等, 最好收集20年以上的资料)。若某些必需的资料在本规划区内找不到, 也可以使用与本地区相关的附近观测站的资料。

将调查项目按需水量计算、最大汇流量计算及汇流系统规划三项用途进行分类, 列于

表2·2·1中, 根据规划内容, 可以随时选择调查项目。

表2·2·1 按用途划分的调查项目

调 查 项 目		用 途		
		计算需水量	计算径流量	规划径流系统
降 雨 量	10分钟最大降雨量			△
	1小时最大降雨量		○	○
	日 降 雨 量	○	○	○
	各 月 降 雨 量	○	○	
	年 降 雨 量	○	○	
降 雨 天 数		○	○	○
降 雨 分 布		○	○	
连 续 无 降 雨 日		○	○	○
径 流 特 性			○	○

此外, 对于象单个耕作区那样大的小流域, 在规划截水沟、泥砂沉井时, 最好要考虑表示降雨强度的最大10分钟降雨量。

关于径流特征的调查, 将在2·2·5径流量调查及其分析中进行详细的说明。

2·2·3 水源调查

有关受益区及其周围地区的河流、湖泊、地下水等的水量、水质及用水权等要进行调查。

〔说明〕

制定汇流利用规划时, 最重要的任务是确保径流量。为此, 除了要研究受益区的水源, 还要研讨周围附近的溪流、池塘、湖泊、地下水等小规模的水源作为辅助水源加以利用的可能性。但是, 对于堤外保护地及受益区内来自村落的生活排水, 由于水量不稳定, 且水质污染等原因, 所以需要慎重对待。

在下游地区存在用水户的场合, 要调查其水利状况及工程施工带来的低水流量的变化, 有必要在用水户之间调整用水量。

此外, 与比邻相连汇流利用区并存或相邻地区可以作为间接流域加以利用时, 应对水利惯例、用水权等关系事先进行调查。

作为开展调查的方法，一般顺序是：收集现有的资料、走访有关的市、町、村及土壤改良区，然后进行现场勘查。

必要时，还要对水温、水质等情况一并进行调查。

有关各项均依据标准进行。

2.2.4 土壤调查

土壤条件对降雨径流及泥砂流失有很大影响，所以要对土壤进行调查。

〔说明〕

在汇流利用地区，希望降雨径流系数大，而且土壤不容易受到侵蚀。因此除了收集基础资料，对土壤进行调查，同时还必须研究对策，防止土壤侵蚀。

土壤条件与径流系数密切相关，所以要与径流量调查同时进行。

因为土壤的侵蚀流失是蓄水池维护管理与农田保护中的重要问题，因此，应对土壤的特性进行充分的调查。此外，有关农田保护的各基本事项以土地改良事业规划设计标准「农田保护」规划标准(以下简称「农田保护规划标准」)为依据。

此外，土壤调查不仅要在受益地区进行，最好还要扩大到可能作为汇流区的地区。

2.2.5 径流量的调查与分析

为计算最大径流量，要对径流量进行调查和分析。

〔说明〕

为了按降雨计算最大径流量，就必须搞清降雨量与径流量之间的关系。这种关系要以实地测量为原则。其中，径流量的测定是最重要和最基本的，因此在操作时必须认真、细致。

1. 径流量调查

降雨与径流量(径流系数)之间的关系，因降雨量、流域地形、土壤及地表状态等因素的不同而异。因此，在规划汇流利用的地区，原则上要对现场的降雨和径流量定期地进行观测。

径流量可根据地形、土地利用状况、土质特点等进行判断，确定汇流基准点以后展开调查。此外，由直接流域和间接流域共同构成的汇流区域，对这样的两个流域都要分别调查。

通常情况下，作为观测径流水量的基准点的代表性地点，要选在能够划定明确的流域界线，并能准确反映流域内经流的地点。径流量的观测，要在基准点处靠自动记录进行连续观测。此外，降雨观测选择在流域内有代表性的地点，用自记雨量计进行。

通常，在研究汇流利用的地区，①由于流域面积较小，径流的时间滞后，②是以降雨

汇流为目的，而不是以排洪为目的，所以对较少的降雨也必须进行充分调查。由于以上2点，应以尽可能短的时间为单位（最好在1小时以内，可能的话，10分钟为一个计量单位）进行测定。

如果在附近有情况相近的地区，有试验研究机构，并有径流量的观测结果，应尽可能收集，并研究是否适用于本规划地区。在新的农田开发地区，由于要考虑因开发工程的实施，径流量会有所变化，与工程实施前的调查结果相异，因此，要对附近类似地区因农田改造使径流量发生变化的情况进行研究。

关于详细的调查方法，请参见土地改良工程规划设计标准「排水」规划标准（以下简称「排水」规划标准）。

2. 径流系数分析（累加降雨量—径流系数关系图的制作）

一般径流系数的分析步骤如下：

(1) 直接径流的分离

根据调查资料绘制的每次降雨的流量图，可将直接径流与地下径流进行分离（参见图2·2·1）。

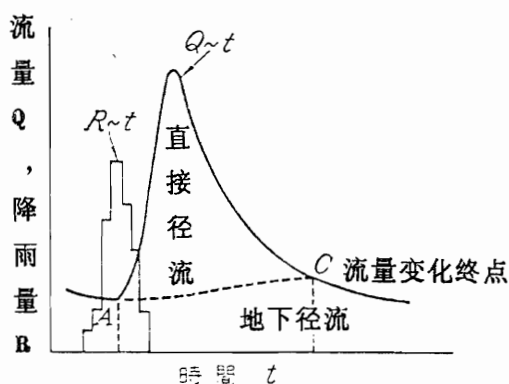


图 2·2·1 直接径流的分离

(2) 直接径流量计算

通过图2·2·1可以读取各次降雨直接径流量（径流量—地下水径流量）的总量。

(3) 降雨量计算

用各次降雨的累加降雨量乘以流域面积，即可求得流域的总降雨量。

(4) 径流系数计算

直接径流量与流域内总降雨量之比（径流系数 f_R ： $0 \leq f_R \leq 1$ ），即为径流系数。

(5) 累加降雨量—径流系数图的绘制。

将每次降雨的累加降雨作为横坐标，径流系数作为纵坐标绘制成图，即可求得两者之间的关系（参见图2·2·2）。

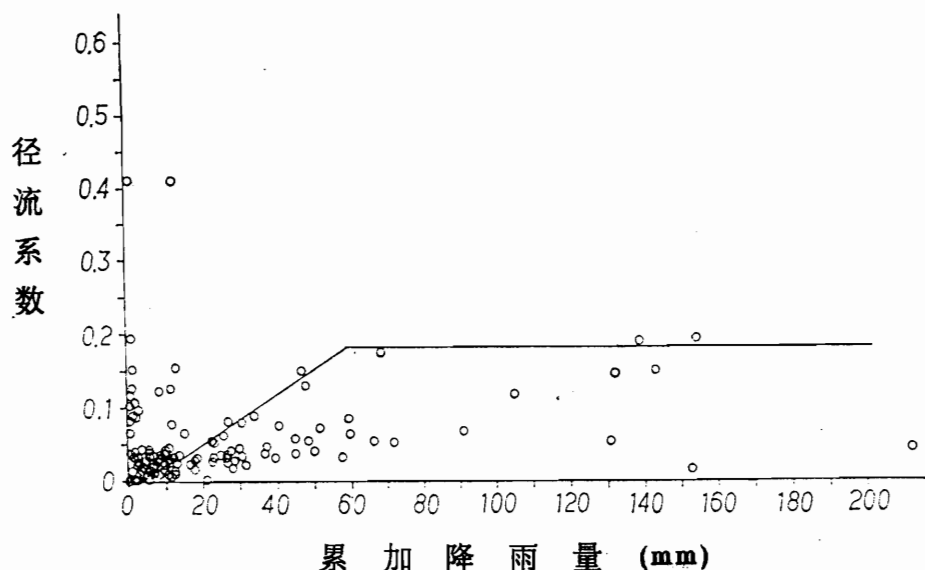


图2·2·2冲绳县伊计岛的径流系数分析示例

本指南中径流系数的含意是径流量与流域内总降雨量之比，而在其它标准中常用的径流量一词的含义为 R_{10} 或 R_{60} ，即在单位时间内（很短的时间）的最大径流量（径流系数），请切记勿将上述两者含义混淆。

上述过程(1)~(5)是从降雨的直接径流总量求径流系数的一般方法，这是对于即使是很大的流域也能适用的方法。但是由于汇流利用地区流域面积小，降雨径流快，几乎观测不到地下径流的情况也有，所以，在这样的地区就要根据当地的情况，采用灵活的观测和分析方法。

在旱田地帯汇流利用规划中，计算最大径流量时，以日降雨量数据作为降雨数据采用。详细内容参见3·2·3最大径流量的计算。

2·2·6 农业经营动向调查

为查清农业经营及栽培方面的问题和主要原因，并获取改变输水方法的基础资料，要对农业经营动向进行调查。

〔说明〕

在制定汇流利用规划时，要掌握农业经营与栽培的实况以及有关农民经营意图。

从汇流利用规划的特点来看，有时要对需水量进行调整。在这方面因为要考虑作物种类及种植率的调整，灌溉方式及灌溉期的研讨，灌溉设施或者采用限制农业经营等手段，

所以有必要对规划地区及其附近地区的农业经营状况、栽培管理状况预先进行调查。从而在规划时，有可能制定出反映需水实际情况的需水量的调整方法。

当从间接流域汇流时，为调整供水惯例及用水权，有必要在规划的最初期就掌握有关农户的意向。

此外，从农田保护方面看，还应调查不同种类作物的植被状况及培垄方向等情况，从而掌握径流特性及侵蚀流失的状况，这将有助于土壤侵蚀防治对策的研究。

第三章 规 划

3·1 制定规划的步骤

3·1·1 步骤

制定规划时要按照基本构想、基本规划和设施规划顺序等进行。

〔说明〕

旱田地区汇流利用规划是针对缺乏稳定水源的地区研究制定的，从性质上看，必须引入节水灌溉方法，有时，需要对农业经营计划及受益区进行调整。

在制定基本规划时，要依据过去较长时间的气象及水文资料，进行供水的收支计算，在进行上述调整时，修改运算的工作量很大。为把制定基本规划阶段的重复计算工作量控制在最小限度，设置基本构想的制定阶段，对已大致确定的规划标准年进行研讨，初步确定规划的可行性，确定规划的基本框架。

按照上述方法制定规划时，首先要制定基本构想，依次制定基本规划，并向制定设施规划方向迈进，将上述三项综合考虑以后，确定规划。在各个阶段，在考虑工程的规模和地区的实际情况的同时，要注意及时进行反馈，从而制定出切实可行的规划（参见图3·1·1）。

3·1·2 基本构想的制定

在基本构想中，要对初定的规划标准年进行研讨，再初步确定规划是否妥当。

〔说明〕

基本构想的制定，是初步确定在该地区是否可能实施汇流利用规划，对初定的规划标准年进行研讨。这里所说的规划标准年是根据气象条件选定的，这样指定规划标准年可以减少为判断工程是否可行的研究工作量。其顺序如下（参见图3·1·2）。

① 受益区的初步选定

考虑自然、农业经营及社会经济状况等条件后，初步确定受益区。

② 规划标准年的初定（参见3·2·1基本构想中规划标准年的初步选定）

10年一遇的年最大连续干旱天数和年降雨量的发生年份，初定为规划标准年。

③ 农业经营规划的初步制定

在考虑地区的自然条件和社会经济条件以及农户的愿望的基础上，初步制定农业经营计划。

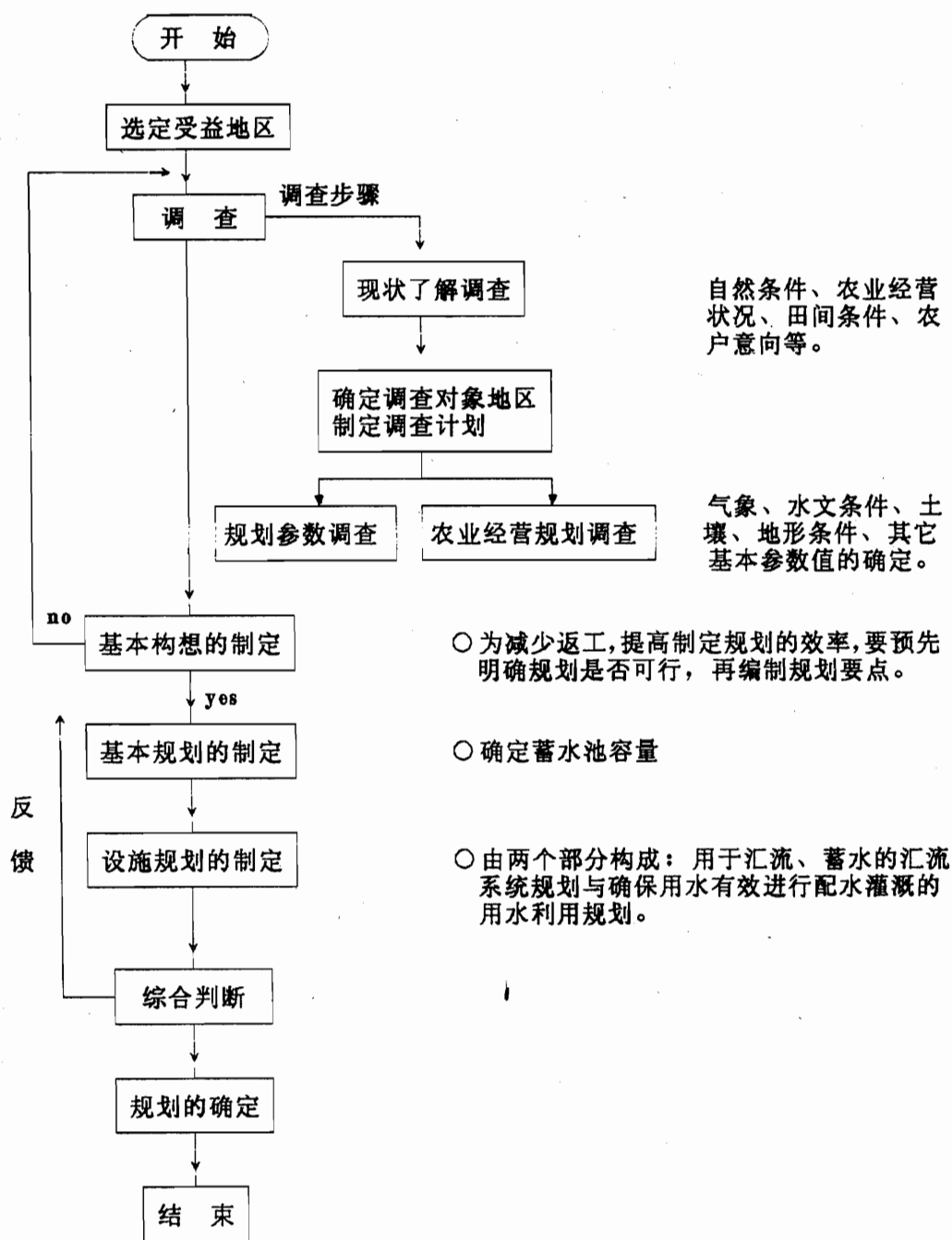


图 3·1·1 制定规划的要点与步骤

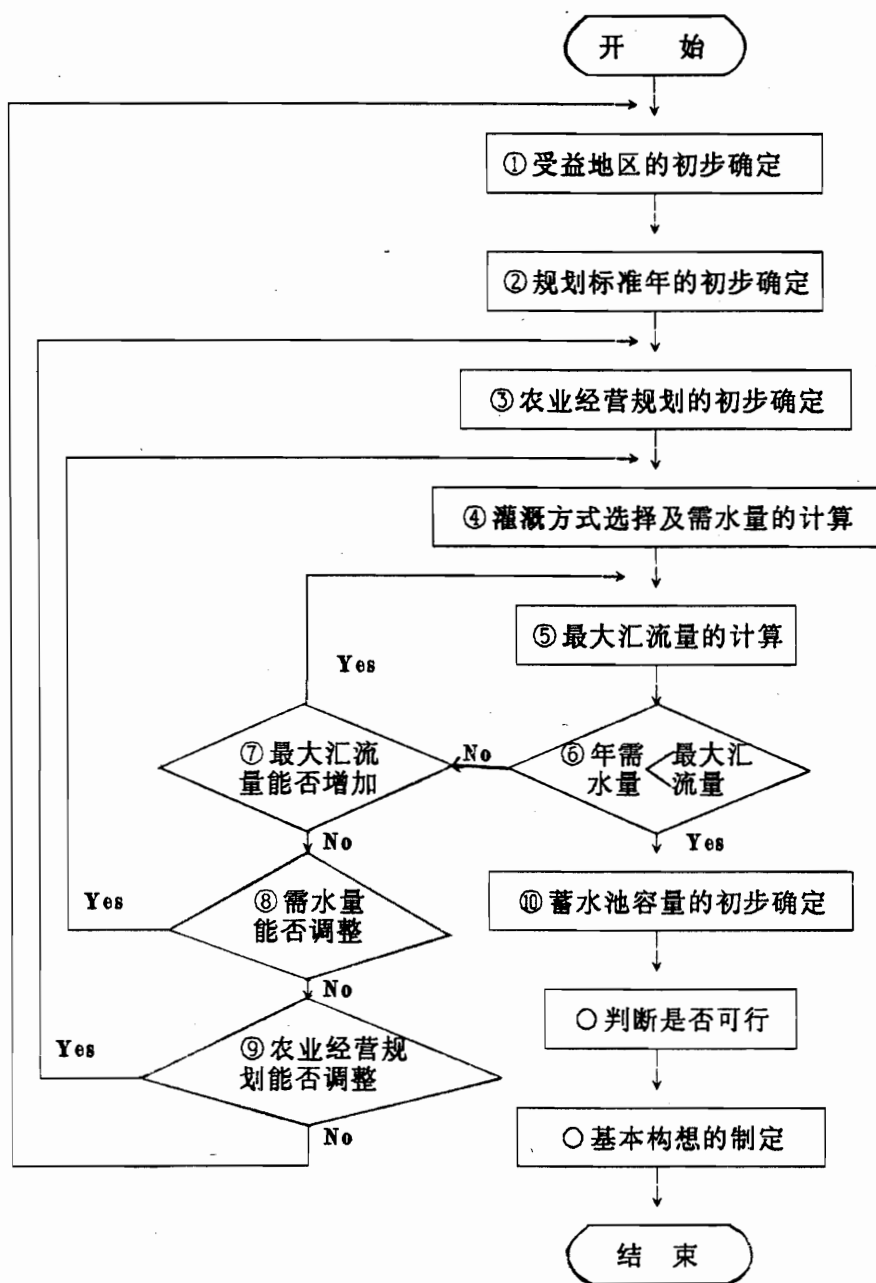


图 3 · 1 · 2 制定基本构想的步骤

④灌溉方式选择及需水量计算(参见3·2·2需水量计算)

在考虑本地区的选址条件及初步制定的农业发展规划的基础上, 选择适合本地区的灌溉方式, 计算初定的规划标准年的年需水量。

⑤最大汇流量计算(参见3·2·3最大汇流量的计算)

将规划标准年的日降雨量数据按时间序列排列, 计算汇流面积及径流系数, 在考虑汇流效率之后计算最大汇流量。

⑥需水量和最大汇流量的对比研究

用年需水量与年最大汇流量相比较, 当年需水量超过年最大汇流量时, 按⑦、⑧、⑨方案顺序采取措施, 若年需水量小于年最大汇流量, 则进入到步骤⑩。

⑦最大汇流量研究

要研究用扩大汇流区域, 提高径流系数及汇流效率确保辅助水源等措施, 使最大汇流量增加。

⑧需水量的调整(参见3·2·4需水量的调整)

即使探讨了步骤⑦, 最大汇流量仍然不足时, 那就必须通过引入节水灌溉的方法以减少需水量。

⑨农业经营规划的调整

按步骤⑦、⑧也难以应付时, 就要重新评价农业经营规划。即便这样做, 最大汇流量仍然不足时, 就必须调整规划区范围。

⑩蓄水池容量的初步确定(参见3·2·5年最大缺水量计算)

在⑩中, 年最大汇流量未达到年需水量时, 则规划标准年的年最大缺水量即为所需蓄水池容量。

⑪判断是否可行

在判断规划的可行与否时, 要认真研究蓄水池的容量、水源设施占地经济性, 并对基本构想的可行性进行判断。

⑫基本构想的确定

若⑪的判断是肯定的, 则基本构想作为可行方案可以确定; 若⑪的判断是否定的, 要对整体规划重新评价。

3·1·3 基本规划与设施规划的制定

在基本规划中, 需水量的时间序列与最大汇流量的时间序列计算每年的最大缺水量, 据此确定规划标准年和蓄水池容量。

〔说明〕

基本规划的内容包括: 确定受益区范围, 制定农业经营规划、用水规划(选择灌溉方式等)以及水源规划。具体说是计算规划标准年及蓄水池容量, 确定汇流量利用规划框架。

基本规划影响设施规划, 而且影响整体规划的评价和效果, 所以在制定时要充分研究

各调查结果。

步骤如下：

① 受益区设定

以基本构想阶段初定的区域为基础，力求与农业经营计划、用水计划及水源规划相匹配，再决定规划区范围。

② 农业经营计划的制定

以基本构想阶段初定的内容为依据，制定农业经营计划。基本项目依据标准制定。

③ 累计水量计算(参见3·2·2需水量)

原则上数据的时间跨度应在20年以上。先将日需水量数据排成时间序列，再将其逐个累加，即可计算出累计需水量的时间序列。

④ 累计最大汇流量的计算(参见3·2·3最大汇流量计算)

同③的做法，先将日最大汇流量按时间顺序排列，再将此数据逐一累加，即可算出累计最大汇流量的时间序列。

⑤ 总需水量和总最大汇流量的比较研究

将所有分析年度的累计需水量和累计最大汇流量(总需水量和总最大汇流量)进行对比，若总需水量大于总最大汇流量，可采用⑩、⑪、⑫的对策。

⑥ 年最大缺水量的计算(参见3·2·5年最大水量计算)

依据③、④获得的数据，在同一张图中，绘制累计需水量曲线和累计最大汇流量曲线，根据此图便可计算每一年度的最大缺水量。

⑦ 规划标准年的确定(参见3·2·6 规划标准年及蓄水池容量的确定)

原则上以10年一遇的年最大缺水量的发生年作为规划标准年。

⑧ 蓄水池容量的确定(参见3·2·6规划标准年及蓄水池容量的确定)

确定集水池容量可依据步骤⑥算出的各年度的年最大缺水量，表示该年份所需要的蓄水池容量，以所确定的规划标准年所必须的蓄水池容量为基础，同时考虑其他各年度的缺水情况，便可确定蓄水池容量。

⑨ 判断是否可行

根据⑧确定的蓄水池容量，研讨水源设施的占地及经济合理性，进而判断规划的可行性。

⑩ 最大汇流量的研讨，⑪ 需水量调整，⑫ 农业经营计划调整。

若⑤、⑨的结论都是否定的则按照基本构想阶段的步骤调整水的供需量。

⑬ 基本规划的制定

若⑨的判断是肯定的，则以此制定基本规划，进一步制定设施规划。

⑭ 汇流系统规划的制定，⑮ 水利用系统规划的制定。

如同截止到第⑬步骤制定的基本规划那样效果充分体现出来，制定汇流系统规划和水利用系统规划。

⑯ 综合判定

依据基本规划及设施规划，对规划进行综合评定，并判断其效果，以便根据需要对基本规划建设设施规划进行修改。

⑰ 规划的确定

在对整体规划进行评定并预计其实施效果后，规划即可确立。

3·2 基本构想和基本规划

3·2·1 在基本构想阶段规划标准年的初定

在确定基本构想时，要根据年最大连续干旱日数和年降雨量初步确定规划标准年。

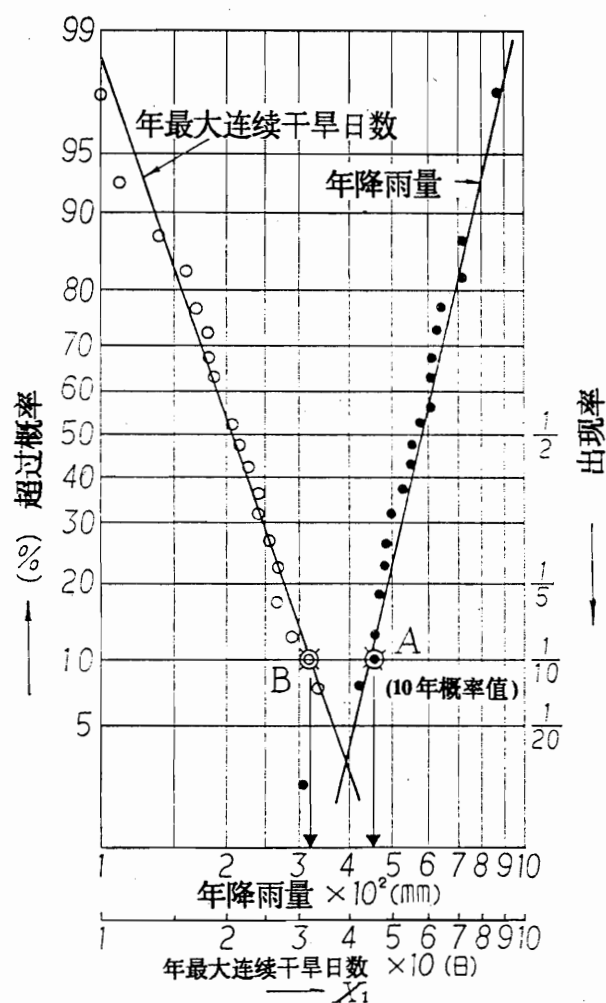
〔说明〕

在初定汇流利用规划是否可行的基本构想阶段，原则上将10年一遇的最大连续干旱日数及10年一遇的年降雨量的发生年定为规划标准年。但是，由于不同地区水供需矛盾的程度不一样，最好将两者的发生概率大于 $1/10$ 的年份初定为规划标准年。

在基本规划阶段确定规划标准年的其它方法，参见3·2·6规划标准年及蓄水池容量的确定。

〔参考〕计算年最大连续干旱日数及年降雨量概率。

通常，由于年最大连续干旱日数和年降雨量，多呈对数正态分布，因此可在对数正态概率纸上将受益区的这二种数据绘制成图，并据此利用回归直线求出 $1/10$ 年概率值（参见图一参3·1）。若相信其正确无误，还可利用岩井法求出超过概率和非超过概率。以上计算，原则上要使用受益区或附近地区20年以上的资料。



图一参3·1 根据对数概率纸推算例

3·2·2 需水量的计算

需水量要根据降雨量、消耗水量、TRAM、农业经营计划等推算。

〔说明〕

首先由农户制定的农业种植计划求出不同时期的(可能的话按月或旬)作物种植面积,再对各种种植面积求出各月份的日消耗水量及有效降雨量,计算田间纯灌溉水量,最后,除以每种灌溉方式的灌溉效率算出日需水量。

一次田间灌溉水量,根据计划日消耗水量、有效雨量、计划间隔日数及TRAM等可以计算求得。计划间隔日数用计划最大日消耗水量除以TRAM求得。

一般情况下,按图3·2·1例所示,根据地区气象,作物种类等因素求得各月的日计划消耗水量,并用 D_i 表示。

有效雨量的考虑方法,请参照有关标准。

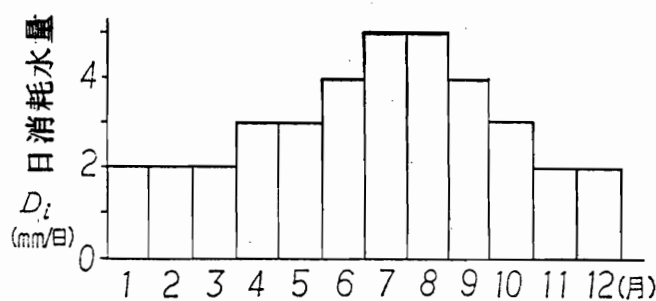


图3·2·1 各月的日消耗水量例

以下是单位面积标准的日需水量的计算步骤。在这里田间一日的水收支循环次序是按:降雨、灌水、水量消耗的顺序进行。在计算上也就考虑了有效雨量的计算→灌水量计算→日消耗水量,也就是按所谓保留到第二天的旱地持水量的计算顺序进行。

① 初始条件和符号说明

· 初始条件:旱地持水量 $H_0 = 0\text{mm}$

· 符号说明: R_i : 日降雨量(mm/日)

$R_{e,i}$: 有效雨量(mm/日)

G_i : 灌水量(mm/日)

F : 计划间隔日数(日)

R_{min} : 有效雨量的下限值(mm)

FD_i : 计划一次灌水量(mm)(计划间隔日数×各月计划日消耗用水量)

D_i : 各月的计划日耗水量(mm/日)

H_i : 第*i*天一个循环结束时旱地持水量(保留到第二天的剩余水量,在阻碍生长水分点时为零)(mm)

H_{max} : TRAM(总速效水量)(mm)

A/F : 一个轮灌区内第 i 天的灌溉面积(h_a)

q_i : 一个轮灌区内纯灌水量($m^3/\text{日}$)

E : 灌溉效率

Q_i : 考虑灌溉效率后毛灌水量($m^3/\text{日}$)

A : 一个轮灌区的面积(h_a)

(脚标 i 表示第 i 天的数据)

②有效雨量 $R_{e,i}$ 的计算

a、当天降雨量 $R_{e,i}$ 小于 R_{min} 时,

$$R_{e,i} = 0 \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 2 \cdot 2)$$

b、降雨量 R_i 大于 R_{min} 时

(a) 若 $H_{i-1} + 0.8R_i < H_{max}$,

$$\text{则 } R_{e,i} = 0.8R_i \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 2 \cdot 3)$$

(b) 若 $H_{i-1} + 0.8R_i \geq H_{max}$,

$$\text{则 } R_{e,i} = H_{max} - H_{i-1} \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 2 \cdot 4)$$

c、温室栽培时, 通常

$$R_{e,i} = 0 \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 2 \cdot 5)$$

注意, 原则上有效雨量的下限值 R_{min} 为5mm, 但若对每一个地区都进行了详细调查和充分研究的情况下, 则不受此限制。

③灌水量 G_i 的计算

a、当天为灌水日时

灌水后旱地持水量与计划灌水量 FD_i 如果相等最好. 如果持水量已经大于 FD_i , 则当天可免施灌溉。这种现象在各月计划消耗水量高峰期以外的时间内是经常可以看到的。

(a) 若 $H_{i-1} + R_{e,i} \geq FD_i$ 则

$$G_i = 0 \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 2 \cdot 6)$$

(b) 若 $H_{i-1} + R_{e,i} < FD_i$ 则

$$G_i = FD_i - (H_{i-1} + R_{e,i}) \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 2 \cdot 7)$$

b、若当日为非灌水日时

$$G_i = 0 \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 2 \cdot 8)$$

④耗用水量及第二天持水量的计算

关于各月的日计划消耗水量, 要根据当地的气象、种植的作物种类等因素用另一种方法确定(参见图3·2·1)。

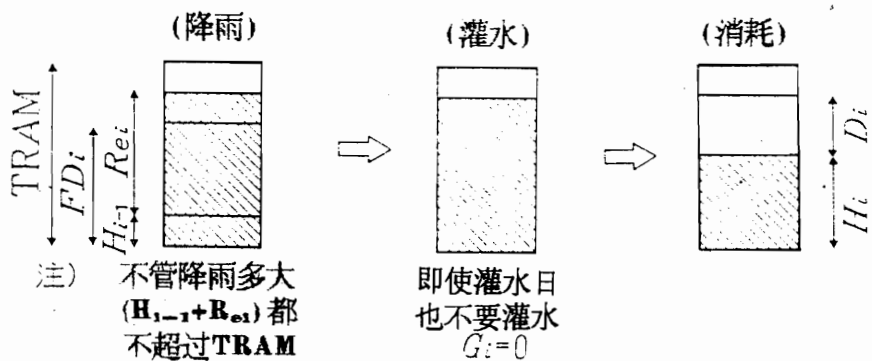
当一日周期结束时, 由于旱地持水量中只有 D_i 被消耗, 则第二天持水量 H_i 为:

$$H_i = H_{i-1} + R_{e,i} + G_i - D_i \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 2 \cdot 9)$$

(但是 $H_{i-1} + R_{e,i} + G_i \leq H_{max}$)。

按照以上步骤如能逐个计算出每一天的 $R_{e,i}$ 、 G_i 和 H_i 即可。计算灌水量的模式图见图3·2·2, 程序方框图见图3·2·3。

情况1 降雨量足够大,含水量超过 FD_i 时



情况2 降雨量小时,或不降雨时(含水量不超过 FD_i 时)

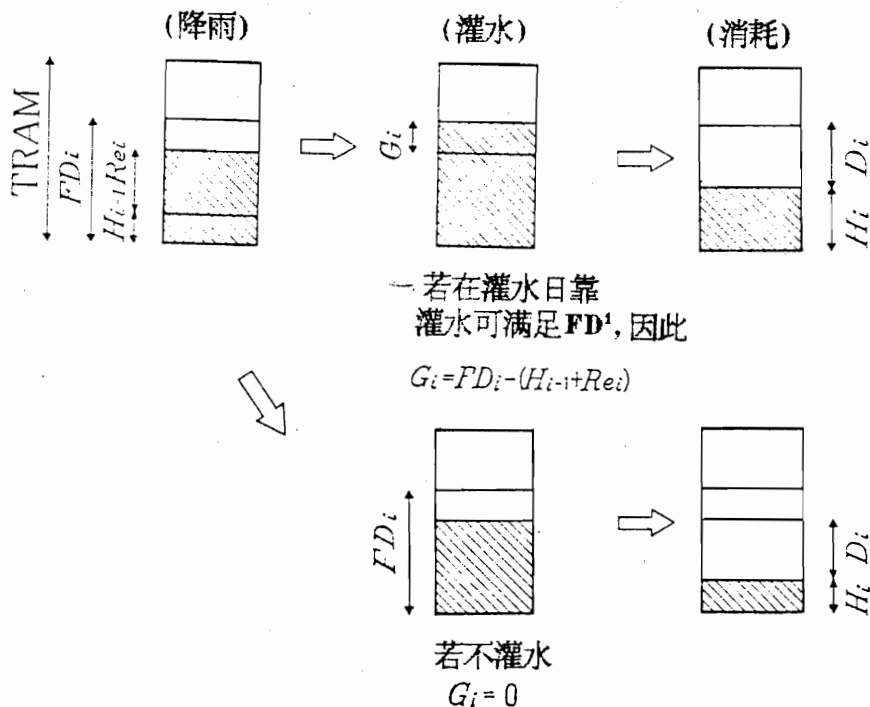


图-3.2.2 灌水量计算模式图

(表示用地表灌溉、喷灌等全面灌溉,且计划日消耗水量无峰值时,1日的水收支循环 高峰时 $TRAM = FD_i$)

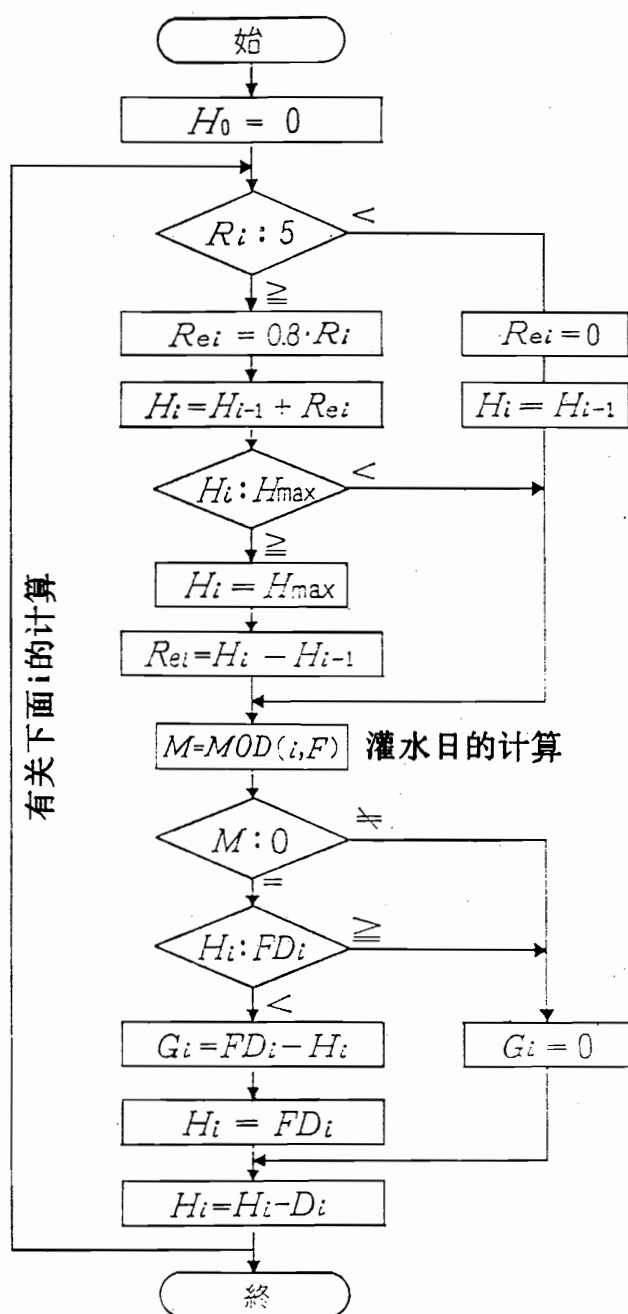


图-3.2.3 有效雨量灌水量计算步骤

以上步骤适用于地表灌溉、喷灌等全面灌溉的场合，而采用滴灌方式时，计划需水量的计算为：

a、计算有效雨量时，用DTRAM(滴灌总速效雨量)代替 H_{max} 。

b、在确定计划间隔日数和灌水量时，用全面换算假设TRAM是有效湿润率 P (参见图3·2)与DTRAM的乘积。适用于滴灌方式的详细的需水量计算步骤，参见〈滴灌规划指南〉。

⑤规划区需水量的计算

受益区田间的日需水量可由各轮灌区的日需水量累加算出。计算步骤如下。

每一轮灌区的纯灌水量 q_1 为：

$$q_1 = 10G_1 \cdot A / F(\text{m}^3 / \text{日}) \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 2 \cdot 10)$$

然后考虑灌溉效率 E ，求毛灌水量 Q_1

$$Q_1 = q_1 / E \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 2 \cdot 11)$$

此处，灌溉效率 E ：喷灌方式 E 为 $0.7 \sim 0.85$ (根据标准)，滴灌方式 E 为 $0.85 \sim 0.95$ (根据规划指南《滴灌》)。

按上述方式计算出的各轮灌区的毛灌水量(日需水量)之和即在整个田间累加为受益区的日需水量。进而累加全年的日需水量，即可求出受益区全年需水量。

3·2·3 最大汇流量的计算

最大汇流量要根据汇流面积、降雨量、径流系数及汇流效率进行计算。

〔说明〕

最大汇流量要依据汇流面积、降雨量、径流系数及汇流效率等四个要素来进行计算。对最大汇流量留有余地的规划，容易满足需水方的需求，同时增大了灌溉规划和农业经营计划的自由度。

在四个要素中，汇流面积最为灵活，增加汇流面积，可以比较容易地提高最大汇流量。

此外，靠渠道的维修或新建以防止向地区外逸水，借助提高汇流效率，能够增加最大汇流量。

这时，若能够调整需水量(节水)，则靠增加汇流面积或修建汇流设施而获得效果要进行经济比较以选择有利的一方。

同时最好还要掌握小河、池塘等所谓辅助水源。

1. 最大汇流量的计算步骤(参见图3·2·4)

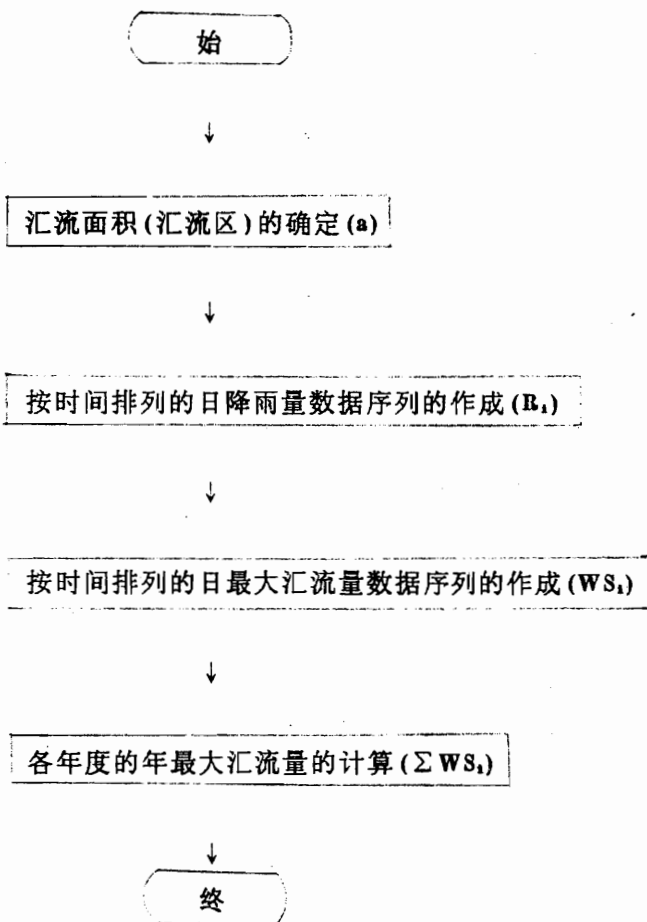


图3·2·4 最大汇流量的计算步骤

最大汇流量为汇流区内的降雨量乘以汇流面积，再乘以径流系数和汇流效率。计算步骤如下。

① 首先，计算汇流区，并求出该区面积。

② 制作按时间排列的日降雨量 R_i 的数据序列。

③ 适用于各个日降雨量的径流系数 f_R

④ 应用式(3·2·12)求出由各降雨产生的日最大汇流量 WS_i 。另外，由于雨洪利用中，汇流区面积可以从几十 h_m 到数百 h_m ，所以降雨的直接径流的部分以一日内流出的水量为准。(若为积雪，则将积雪深度换算为降雨量，并以融雪期间流出的水量为准)。

⑤ 求按时间顺序排列的每个年份的 WS_i 数据系列。这一时间序列与3·2·2需水量的计算中求出的需水量时间序列一起，成为在3·2·5年最大缺水量的计算中进行水供求计算所必须的资料。

⑥ 求每个年度的年最大汇流量 ΣWS_i 。

2. 汇流面积的确定

汇流面积可根据汇流渠的配置、蓄水池的位置如何而有所增减, 该地区的流域面积即为汇流面积。

最大汇流量越是留有余地, 自由度较大的灌溉规划的制定越有可能, 所以对最大汇流量影响最大的汇流面积从规划开始最好尽可能设定的大些。

在确定汇流区时, 除最大汇流量外, 必须注意以下各点。

① 汇流区与受益地的土地所有权最好一致。

② 若汇流区与受益地的土地所有权不同, 则必须对两者的权利进行调整。

由于各个地方的地理条件不同, 所以确定汇流区的方法也不可能完全一样, 以下所示为标准步骤。

a. 汇流区域的初定

在对象地区及其附近地区, 到目前为止还没有规划为汇流利用地区, 将此地区的流域初定为汇流区。

b. 流域分类的整理

对渠道、溪流和沼泽汇集的水流流动进行归纳, 对每个小流域都要进行这类整理。

c. 汇流地点的选定

在渠道、溪流和沼泽的下游附近, 选出各小流域适合汇流的地点。

d. 蓄水池、集水沟位置的初定

蓄水池在汇流地点附近, 要能保证占地, 又要保证该位置有利于配水。其次还要考虑如何设置从汇流地点到蓄水池的集水沟的选线。

在初定集水沟选线时, 线路要短, 断面经济而且必须考虑能得到适当的流速。

到此为止, 在设施规模的初定阶段, 在初定的流域内将不能用上述设施汇流的地区从汇流区排除。

在这里, 若有数个可供选择的蓄水池位置时, 应对每处待选地点进行上述作业, 必须对各种条件在进行比较研究的基础上, 确定蓄水池的位置。

此外, 汇流区、汇流设施、水源设施的规模配置等的最终决定, 要在基本规划制定阶段确定了蓄水池容量后才能进行。

e. 间接流域的划定

将年最大汇流量与年需水量进行比较的结果, 若最大汇流量不足需水量, 则要考虑设置间接流域及辅助水源。

3. 日降雨量数据的完成及径流系数的应用

一般来说, 最大汇流量等于流域内的总降雨量乘以径流系数及汇流效率。由于径流系数随降雨量的大小而变化, 所以必须根据径流量调查的分析结果求出降雨量与径流系数之间的关系(参见2·2·5径流量调查与分析)。

在计算最大汇流量时, 降雨的数据通常认为有两种: ①采用累计降雨量(一次连续

降雨量)，②采用日降雨量。根据径流系数调查的分析结果认为，为绘制累计降雨量—径流系数图，严格说为计算最大汇流量，最好使用累计降雨量的数据。但是，要正确地计算累计降雨量（一次连续降雨量），必须使用较短的时间单位（1小时以内）降雨量数据，原则上最好有20年以上的长期的数据记录，但一般认为具有这种数据资料的地区较少。与此相反由于日降雨量的数据较易得到，因此，对日降雨量应判断得当。

一方面，在采用了雨洪利用规划的地区，一般，①由于流域面积小，所以径流历时延迟短，②由于主要是汇集短时间内集中降雨产生的径流，所以在权宜上可以认为，将日降雨量看作为累计降雨量，这样的处理是可以的。

再有，在计算水需求的收支时，必须使用以日为单位的最大汇流量，所以即使在具有累计降雨量数据的地区，也必须将径流量（最大汇流量）以日为单位进行计算。例如，对于持续2天以上的降雨，要根据每一日的降雨量分别计算各日的径流量。

根据上述理由，在计算最大汇流量时作为降雨量数据可充分采用日降雨量数据。原则上，最好要有20年以上的实测资料。

若不能收集到规划区内长时期的降雨资料，可将在当地得到的短期降雨资料同附近地区的降雨资料进行比较，注意寻找两者的相关关系，并据此关系对附近地区的数据加以修正，作为规划区内的降雨数据。此时，作为一种方法在规划地区的降雨数据与附近地区长时期实测获得的降雨数据之间建立关系，除了相关关系方法外，还可以使用概率为1/2及1/10年降雨量比较，或降雨的离散程度比较等方法。用上述方法得出的相应各日降雨量的径流系数，可从累计降雨量—径流系数图（见图3·2·5）中读出。直接径流量为日降雨量乘径流系数。

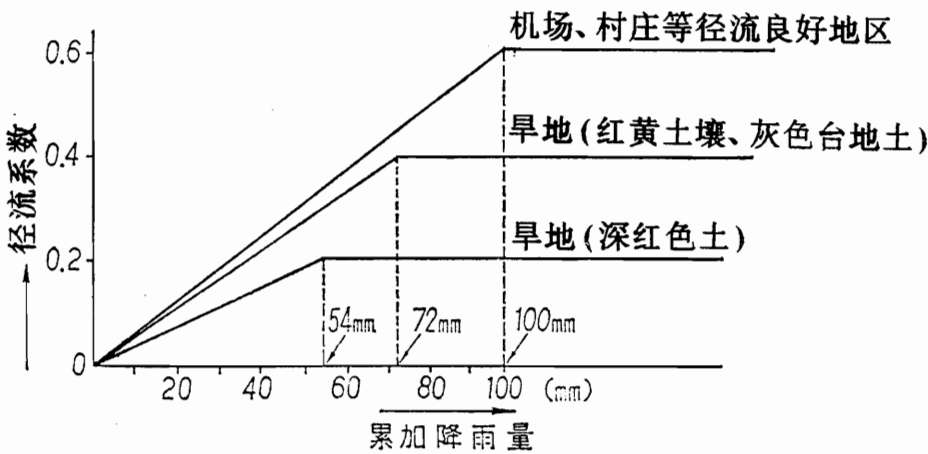


图3·2·5 冲绳代表性土壤的径流系数图

此外，用日降雨量作为累计降雨量对待时，必须预先确认以下两点，①由于流域较小，降雨径流的时间滞后较短，②持续时间较短(2~3小时)的降雨较多。在不符合这样条件的地区，应采用「排水」规划标准中所示的方法，或研究其它方法。

滴灌是指沿着作物的种植方向，在地表配置固定的聚乙烯或其它材料制成的管道，并每隔一定距离安装一个滴头或滴孔，灌溉水自滴头或滴孔流出，以缓慢的强度向作物根部附近输送水分的方式。以这种方式灌溉，灌溉水以水分滴出点为中心渗入土壤，只能将土壤表面的一部分湿润，除此以外部分在无降雨时仍保持非湿润状态。因此，①水分消耗量比以往的灌溉方式减少1~2成。②由于作物主根群域较集中，而且局部能保持较低的PF值(湿润状态)，可以使有限的水分得到有效地利用。③由于在灌溉以后仍然有一部分土壤保持非湿润状态，在降雨时可贮留雨水，充分地吸收有效雨量，从而使降雨的有效化比率提高。由于以上原因，滴灌所必需的灌溉水量与喷灌方式相比，只需喷灌方式的6~7成即可(参见表3·2·1)。

此外，作为参考，给出滴灌概要如下，详细资料可参见规划指南《滴灌》。

表3·2·1 滴灌、喷灌的灌水量及有效雨量例

灌 溉 方 式		滴 灌	喷 灌
灌 水 点 水 分 量		PF3.0	PF3.0
全面换算假设TRAM(mm)		15	—
T R A M(mm)		—	30
湿润面积百分比P(%)		50	(100)
间隔日数		3	6
干旱年 再现期间13.8年 1979年	①	584.9	375.3
	②	481.6	704.0
	③	68.4	100
正常年 再现期间1.7年 1975年	①	692.0	468.1
	②	374.5	611.1
	③	61.3	100
正常年 再现期间1.3年 1970年	①	710.9	498.6
	②	357.0	582.7
	③	61.3	100

(注)①：总有效雨量(mm)

②：总灌水量(mm)

③：喷灌总灌水量为100时的滴灌水量值(根据规划指南《滴灌》)

〔参考〕

滴灌概要

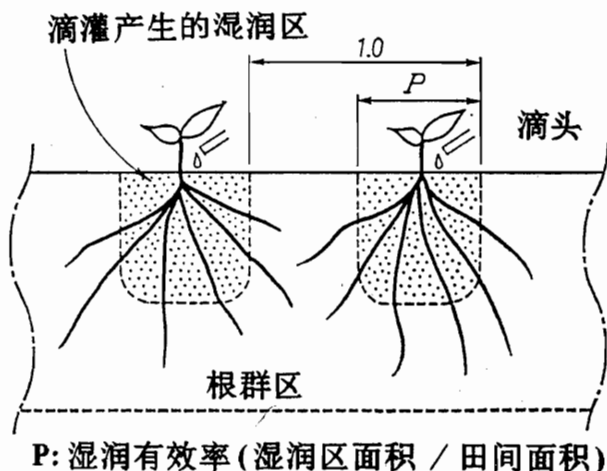
滴灌方式，水分仅限于供给湿润区。因此，可抑制土壤表面水分的蒸发。通常，在作物生长期可以指望有相当多的降雨量，所以根系区不限靠滴灌形成的湿润区，而大多扩展到由降雨产生的湿润区。因此，大范围的土壤有效地利用了降雨。此外，在干旱时期，滴灌系统仅限于向有限的湿润区集中灌水，这样就能使有限的水量得到充分的利用。

在干旱时采用滴灌方式，仅在图一参3·2圆形区保持有效水分，而在降雨时，根系区全部被有效水分充满。因此，滴灌方式要设法有效地利用根系区的空TRAM，重要的是将偶尔降雨作为有效水分存留于土壤中。

2. 用水计划中各参数的研究

在用水规划方面，可以从降雨的有效利用、灌溉时间的限定、灌溉作物的选择等进行研究，就能消减需水量。

(1) 降雨的有效利用



图一参3·2 根的分布与滴灌的湿润区

前面所述的滴灌方式，不仅可以降低灌水量，还能够提高降雨的有效利用，而且即使采用其它的灌溉方式，也能够提高降雨的有效利用。以提高降雨有效利用率为中心的节水方法，可以从以下二种观点进行研讨。

① 计算灌水量的根本就是TRAM的增加

阻碍生长水分点即灌水点，是指土壤中水分达到此值时，作物的生长受到阻碍，也就是说使作物不能正常生长的水分量叫做阻碍生长水分点，它随土壤及作物的不同而异。

在标准中虽然没有对各种作物做出统一的规定，但以PF3·0可作为大致的标准。对于耐旱性能较高的作物，要考虑其阻碍生长水分点与此相比有较高的水分张力，因此可以提

高TRAM，从而使降雨的有效利用成为可能。

②TRAM空容量的运用

将每一次的灌水量适当降低，使TRAM经常地处于空的预备状态，这是提高灌溉期降雨有效利用率的方法。由于采用这种方法，与传统的灌水相比，不仅增加有效雨量，而且还能减少水的需要量。

设计灌水周期的水分管理 设计灌水周期

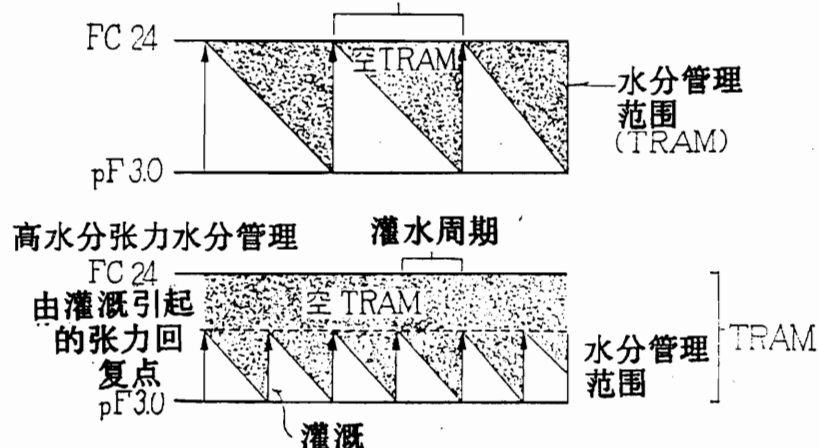


图 - 参 3. 3 土壤水分的管理与空 TRAM

在规划时，将一次灌水量设定若要进行模拟，研究制定与地区降雨特性相一致的用水计划。

此外，还必须由现场试验，确认这种方法的作物生产效果。再者少量灌溉缩短灌水周期，这就会增加灌水作业的劳力。

(2) 灌溉期及灌溉作物的研讨

在确定灌溉期和灌溉作物种类时，要参照标准《3.1.2基本构想的确定(4) 用水计划初定》，同时考虑气象条件、土壤条件、作物的耐旱性能等因素。

这是直接影响需水量的事情，因此必须慎重对待。

3. 农业经营计划的研究

在制定农业计划、选择引种作物的品种时，必须尊重农户的意见。但是，尽管引入了节水的灌溉方式，仍不能保证水供需的均衡时，在农业经营计划方面就必须采用限制用水和积极节水的农业经营体系。在这种情况下，也会使有关引进的作物、种植体系等受到影响，因此必须同受益农户进行充分协商和调整。

在田间要考虑下面各种条件才能完成各种作物的种植。

① 防止因连种破坏土壤，保持地力。

② 投入劳力的可能性

③ 市场动向

④ 各种作物种植时间的交错

特别是，为避免破坏土壤，保持地力，作物的轮作通常是有关谷物、豆类及蔬菜等。在这种情况下，各种作物的轮作期，在考虑地区的气象条件后决定，由于前茬作物的收获期与后茬作物的种植期不同就可能出现田间的休闲期，进而，休闲地的比例受农户劳力分配也受到经营条件所左右。

由于以上原因，农田因时间不同会出现闲置情况。所以，可以根据对复种指数的精确估计，能测出用水量的减少部分。复种指数的例子参考如下。

〔参考〕 复种指数

表一参3.1 鹿儿岛县南萨地区不同时间的复种指数变化

轮作区号	受益面积 (Ha)	复 种 指 数			
		秋冬作物 1984.10.30	春夏作物 1985.5.31	春夏作物 1985.8.29	秋冬作物 1985.11.21
No.1	56.2 (温室占) 0.17	91.5%	88.5%	66.3%	63.6%
No.2	5.93 (温室) 无	64.0	96.9	96.4	50.0
No.3	5.03 (温室) 无	85.9	87.6	44.9	72.8
No.4	6.49 (温室占) 0.85	94.7	84.0	37.0	77.0

表一参3.2 冲绳县宫良川地区不同时间的复种指数变化

地区名	受益面积 (Ha)	复 种 指 数								
		1985.9	1985.12	1986.3	1986.9	1986.12	1987.3	1987.6	1987.9	1987.12
磯边地区	65.5	56.1	92.0	74.5	89.6	91.5	57.1	68.1	78.8	88.6
大浜地区	44.5	67.8	74.6	82.8	79.8	84.1	80.4	53.0	85.5	86.5
总 计	110.0	60.8	85.4	77.9	85.6	88.5	66.5	61.9	81.5	87.7

3. 2. 5年最大缺水量的计算

年最大缺水量，用需水量的时间序列数据及最大汇流量的时间序列数据绘制的累计需水量曲线和累计最大汇流量曲线进行水供需收支计算得出。

〔说明〕

在基本构想的制定阶段初定蓄水池的容量时，使用初定的规划标准年全年的日需水量及日最大汇流量数据，进行水供需收支计算得出年最大缺水量，该量即为需要的蓄水池容量。

日需水量计算方法参照3. 2. 2需水量的计算，而有关日最大汇流量参照3. 2. 3 最大汇流量的计算。

年最大缺水量的计算步骤如下：

- ① 计算出日需水量和日最大汇流量。
- ② 求出累计需水量和累计最大汇流量的时间序列数据。
- ③ 将累计需水量曲线及累计最大汇流量曲线绘在同一张图中。
- ④ 由步骤③图，求出年最大缺水量。

在同基本构想的制定相连的基本规划阶段，计算水的供需量求出每个年度的最大缺水量，以便计算蓄水池容量并对整个规划进行总体评价，最终确定其是否可行。为进行水的供需收支计算提供的资料，原则上必须用20年以上的降雨数据资料为基础计算出的日需水量及最大汇流量。

本步骤是按照上述①～④项，而各年度的水供需收支计算并未完成，这需要通过整个期间(原则上20年以上)逐年计算。若资料受到限制难以得到时，不得不使用即使是10年以上的数据计算水的供需收支。

1. 累计需水量和累计最大汇流量的计算

作物一天必须的水量，如果没有降雨可规定为一日之内消耗的水量。从理论上讲，一次计划最大灌水量为 $TRAM$ ，用最大日耗水量除 $TRAM$ 即为灌水周期。

实际上，即使日耗水量的高峰时期，由于有雨水补给，土壤中大多没有 $TRAM$ 那样大的空容积。在这种情况下，灌水量小于 $TRAM$ 即可。

整个期间(原则上20年以上)的累计最大汇流量小于累计需水量时，表示无论蓄水池容量有多大，灌溉规划都不可能成立。这时就必须①扩大汇流区域，②修改灌溉方式③修改复种指数等的农业计划，据此对规划整体重新进行研讨修改。

2. 年最大缺水量的计算

在计算蓄水池所需容量时，首先要由累计需水量曲线，及将根据3. 2. 3需水量的计算求出日最大汇流量，将其进行累加计算求出累计最大汇流量曲线，绘制在一张图中(参见图3. 2. 6)，然后计算各年最大缺水量。步骤如下：

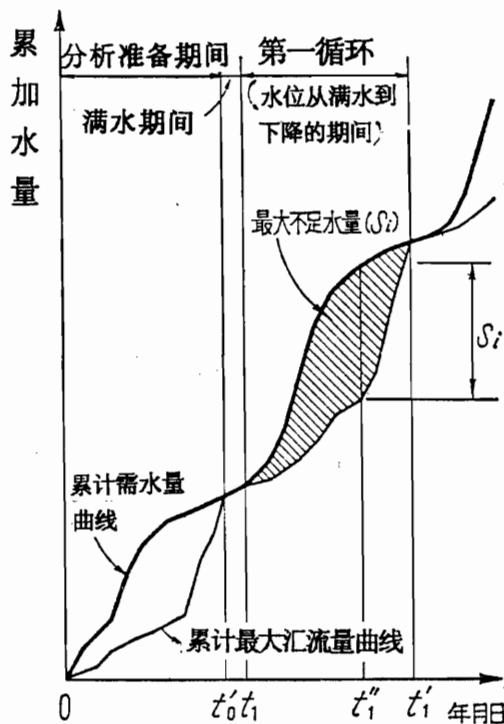


图3. 2. 6 累计需水量—累计最大汇流量曲线

① 用从第一年的头一天的数据开始绘制累计需水量—累计最大汇流量图。两条曲线的起点一致，这意味着从假设蓄水池为充满水状态(但水量未知)，开始分析。

② 继续以第2天、第3天的数据点绘图，直至某一天累计最大汇流量超过累计需水量，出现 t'_0 。

③ 在这样的 t'_0 日，蓄水池成为满水状态，出现无效排水。因此，实际计算时，将累计最大汇流量下移等于累计需水量为好。对无效排水的处理模式图见图3. 2. 7。图中， e_n 是第 n 日的无效排水部分。累计最大汇流量曲线本来为虚线，但由于出现无效排水，所以曲线必须下移。

④ t'_0 以后，继续描绘每天的数据点。考虑了到前一日为止的无效排水量的累计最大汇流量大于累计需水量之日，只要连续就是满水期，所以将其差(当天的无效排水量)从累计最大汇流量中减去，一定是累计最大汇流量 = 累计需水量。

⑤ 若进一步继续制图，就出现修正无效排水的累计最大汇流小于累计需水量的日子 t_1 。

⑥ 继续绘图，再一次出现累计最大汇流量大于累计需水量的日子 t'_1 。从 t_1 到 t'_1 假定第一个循环(参见图3. 2. 8)。但是，从第一年的第一天起到 t'_0 的数据由于受初始设定值的影响，而未用于分析。此外，在整个分析期间(原则上20年以上)肯定会出现累计最大汇流量大于累计需水量的情况。

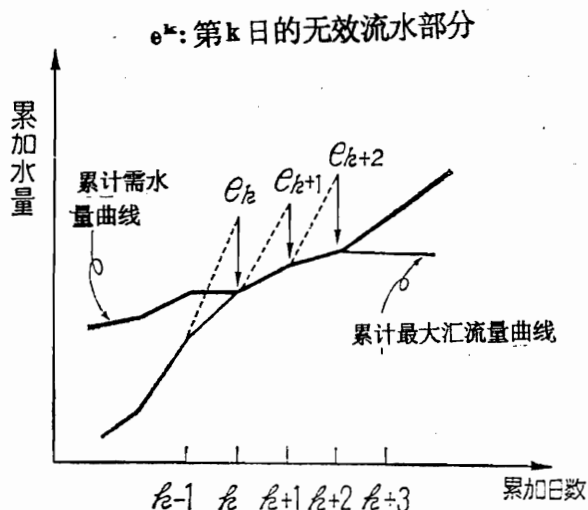


图 3. 2. 7 无效排水的处理

⑦在第一循环中, 求出缺水量 $S = (\text{累计需水量}) - (\text{累计最大汇流量})$ 为最大的一天 t''_1 , 此时, 的 S 即为 S_1 。

⑧将以上作业一般化为第 j 个循环表示在图 3. 2. 8, 以下均为第 j 个循环。并用图 3. 2. 9 表示程序框图。

a. 累计最大汇流量一旦大于累计需水量, 第 $(j-1)$ 循环结束。

b. 绘图时, 每天的累计最大汇流量超过累计需水量的部分为无效排水量, 因此将此差从累计最大汇流量中减去, 进行下一天的数据点绘。当累计最大汇流量小于累计需水量时 (点 A), 第 j 循环开始。

c. 继续绘图, 求出第 j 循环的终点 C。

d. 在 A 至 C 之间, 求出 S 为最大的点 B。

⑨原则上讲, 要将 20 年以上的数据逐个按照上述过程进行处理, 这样就会得出多个循环。就能分别求出各循环的最大缺水量。

⑩各循环是指蓄水池从满水到下一次满水即蓄水池水位连续降低于满水位的一段时期。 S_j 是在第 j 循环期间, 以满水为标准水位最低时的缺水量, 这意味着第 j 循环开始前, 必须贮备的水量最低不能少于 S_j 。也就是说, 对于第 j 循环来说, 必要的蓄水池容量为 S_j 。

⑪将所有循环, 以各循环的起始日 (t_i) 为基准, 按年度分类。(注) 这里的终止日 (t'_i) 如果属于 $(B+1)$ 年, 而起始日 (t_i) 属于 B 年, 则其所代表的循环即属于 B 年)。

⑫按年分组的各组中最大的 S_j 即为该年的最大缺水量。

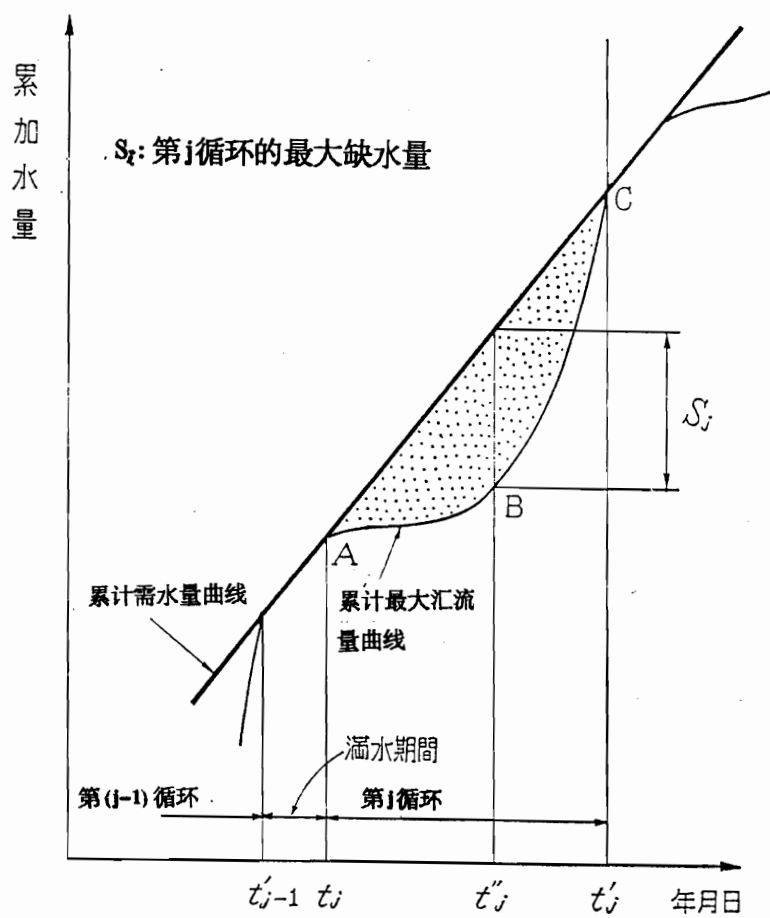
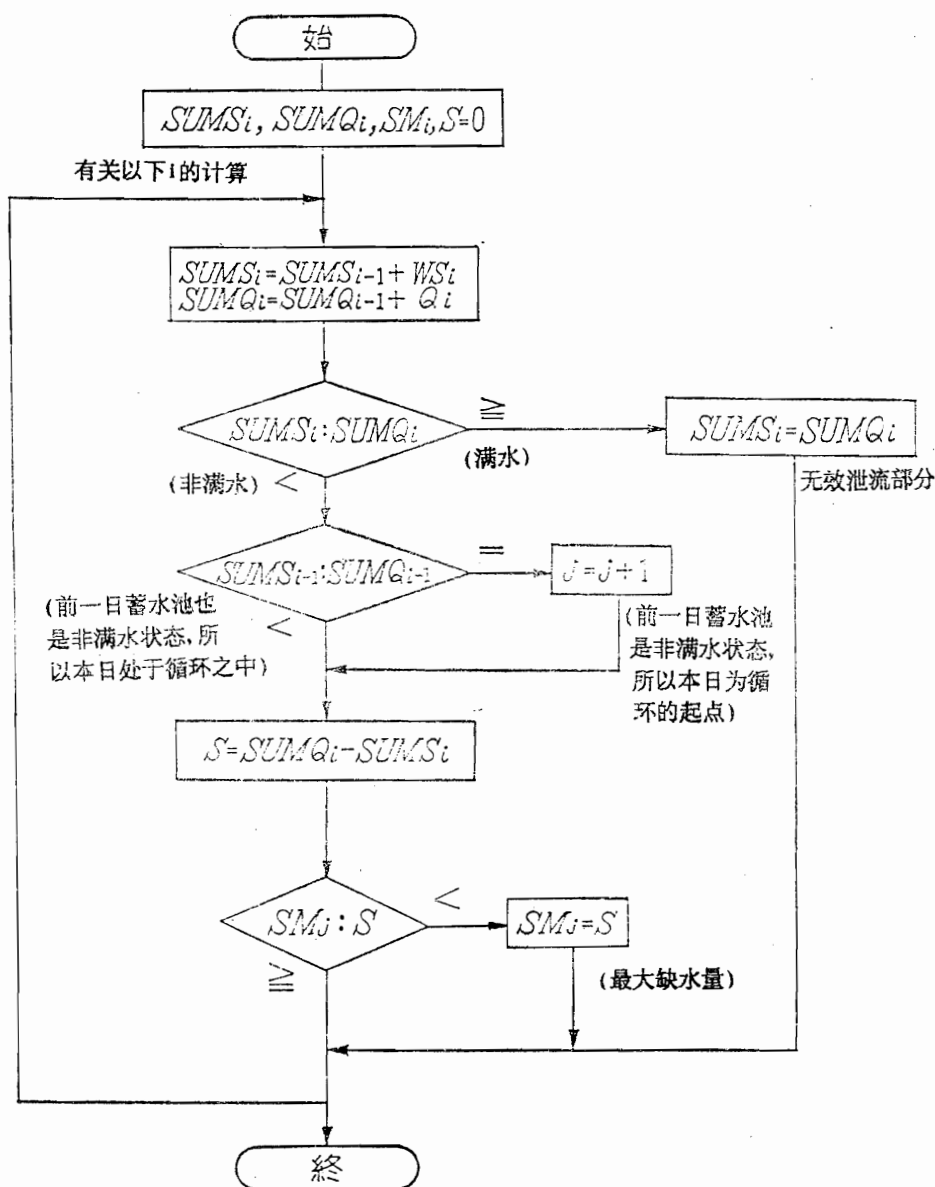


图3. 2. 8 循环概念图



$SUMS_i$: 至该日的累计最大汇流量 (mm);

WS_i : 日最大汇流量 (mm);

$SUMQ_i$: 至该日的累计需水量 (mm);

Q_i : 日需水量 (mm);

SM_i : 第i循环的最大缺水量 (蓄水池的最小容量);
(脚标i表示第i日的数据)

图3·2·9 每个循环最大缺水量的计算步骤

3·2·6 规划标准年与蓄水池容量的确定

在考虑了往年的贮留状况,对各年度所必需的蓄水池容量进行分析。研讨后,确定规划标准年。

这时,所确定的规划标准年的年需水量、年有效雨量和年最大连续干旱天数就成为评价对象。

〔说明〕

在水收支计算的各循环中,最大缺水量对于某个循环来说即为蓄水池所需容量,这在3·2·5年最大缺水量的计算一节中已有说明。因此,对于某个年度来讲,年最大缺水量可以说是该年所需的蓄水池容量。

在汇流利用规划中,原则上将10年一遇的年最大缺水量,即蓄水池所需的容量的发生年定为规划标准年。此时,最好要以长时期的气象、水文记录为依据进行规划。尤其是,所确定的规划标准年的年需水量、年最大连续干旱日数及年有效雨量等数据的发生概率,最好是10年一遇的。但如果不存在各项数据均为10年一遇的年份,则优先考虑蓄水池所需容量的发生概率,同时也必须确认即使从其他数据来看,也得到平衡。此外,蓄水池的容量是以所确定的规划标准年所必需的蓄水池容量为基础确定的。

然而,在考虑蓄水池中水的供需收支时,有时还必须考虑池面蒸发。

一般情况下,蓄水池水面单位面积的蒸发量为田间单位面积水分蒸发量的一半,因此,如果由已算出的蓄水池容量决定的蓄水池水面面积不足大田受益面积的 $1/10$,则水面的蒸发量与田间的消耗水量相比,对水供需的收支计算影响很小,可忽略不计。

但是,如果蓄水池水面面积较大,其水面蒸发量不可忽略时,则必须采取下述步骤。

①在进行水的供需收支计算之前,暂时设定蓄水池水面面积大致为受益大田面积的 $1/10$ 以下。

②将水面蒸发量加在日需水量后进行水收支计算,算出必要的蓄水池容量。

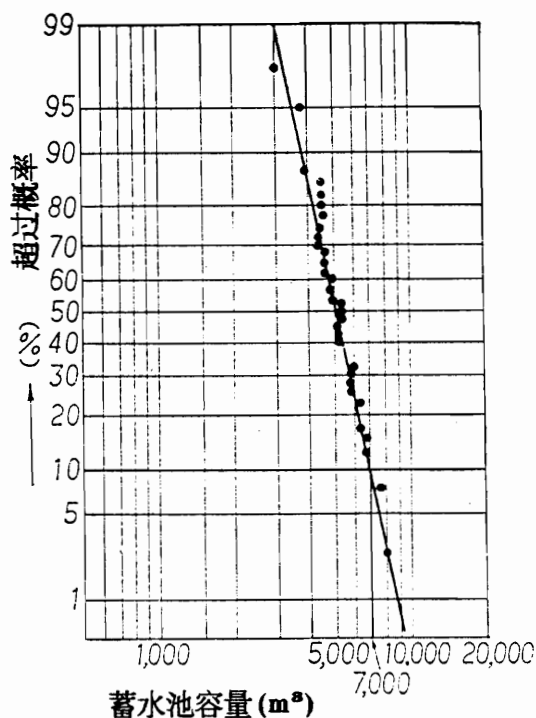
③确定蓄水池深度。若蓄水池过深或过浅时,要重新确定蓄水池面积,再次从①开始进行研讨。

此外,若计算出的蓄水池容量过大,从整体规划来看欠妥时,则:

①扩大汇流区,②重新选择灌溉方式,③修改农业经营计划等,因此要对整体规划进行研究修改。

另外,由于必要的蓄水池面积通常呈对数正态分布或正态分布,由于分别使用相应的概率纸,即可求出 $1/10$ 概率的蓄水池容量。

〔参考〕1/10 概率的蓄水池容量算例



图一 参 3·4 蓄水池容量算例

〔参考〕蓄水池容量计算

按照 3·2·5 及 3·2·6 的方法进行下列计算。

1. 计算条件

(1) 受益田间面积假定为 $50h_m$ 。

(2) 径流系数 (f_R) 与日降雨量 (a_1) 的关系为：

$$a_1 < 5\text{mm 时}, \quad f_R = 0$$

$$5\text{mm} \leq a_1 < 54\text{mm 时}, \quad f_R = (a_1 - 5) \times 0.2 / 49$$

$$54\text{mm} \leq a_1 \text{ 时}, \quad f_R = 0.2$$

(3) 各月计划灌水量 (mm/日) 如下：

(mm/日)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
喷 灌	2	2	2	3	3	4	5	5	4	3	2	2
滴 灌	1	1	1	2	2	2	3	3	3	2	2	2

(4) 复种指数按三种情况实行

(%)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
情况 1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
情况 2	90	81	59	59	84	89	86	61	57	80	55	92
情况 3	38	33	15	15	84	89	86	61	57	80	38	38

(注) 情况 3 是冲绳县宫城地区的计划复种指数, 情况 3 表示在情况 2 冬季 (11月~4月) 甘蔗不灌水时的灌溉面积率。

(5) 有关上述情况 1~3 的灌溉方式分别按下面 3 种情况计算。

① 喷灌 (灌溉效率 0.8, 计划灌水周期 6 天)

② 滴灌 (灌溉效率 0.9, 湿润有效率 0.5, 计划灌水周期 5 天)

③ 滴灌 (灌溉效率 0.9, 湿润有效率 1/3, 计划灌水周期 3 天)

(6) 选用降雨是从 1952 年至 1981 年的 30 年 N 市的日降雨量数据。

(7) $TRAM$ 为 30mm, $DTRAM$ 亦为 30mm。

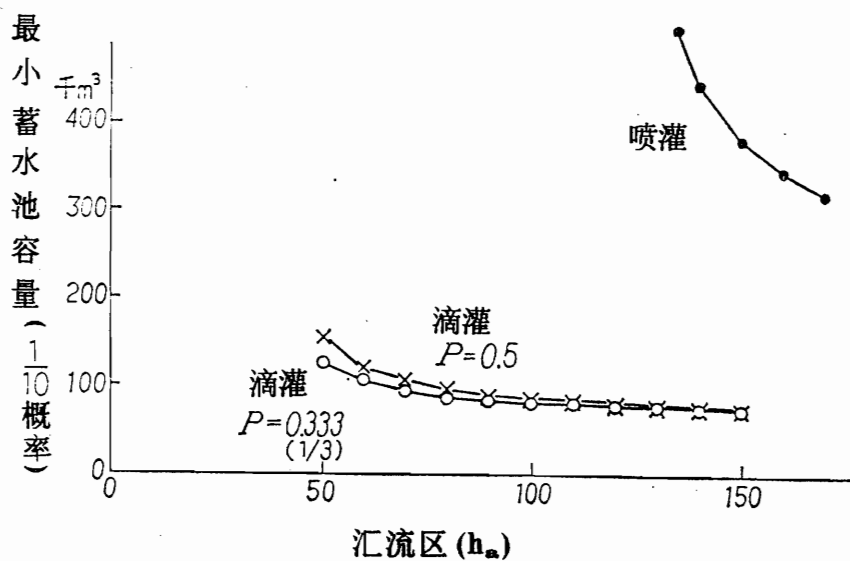
(8) 必要的蓄水池容量, 与 30 年间各年度最大缺水量有关, 用岩井法进行概率计算以后, 采用 1/10 概率值确定。

2. 结果

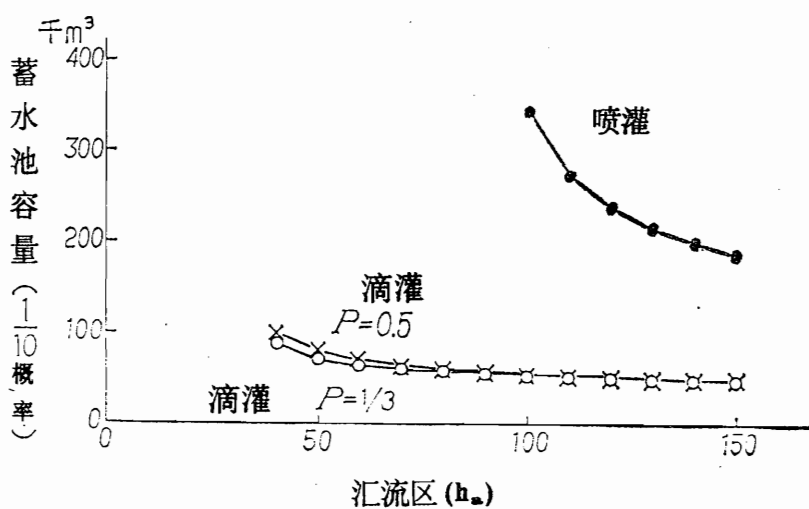
对于旱田地带的汇流利用, 要取得水供需平衡, 就要设法用适当规模的蓄水池 (考虑池面积为田间面积的 1/10 以下。对于 50ha 的田间来讲, 若水深 4 米, 则蓄水池容积在 20 万立方米以下。) 来制定工程规划, 在很多场合需要采用下列步骤为对策: ① 扩大汇流区域, ② 将灌溉方式重新选择为节水的方式 (如滴灌等), ③ 变更农业经营计划和修改复种指数。

如图一参 3.5, 参 3.6, 参 3.7 所示, 在喷灌方式中, 要对农业经营计划进行周密研究, 即使限制复种指数, 若不能保证汇流区为受益田间面积的 2~3 倍, 就很难使规划成立。

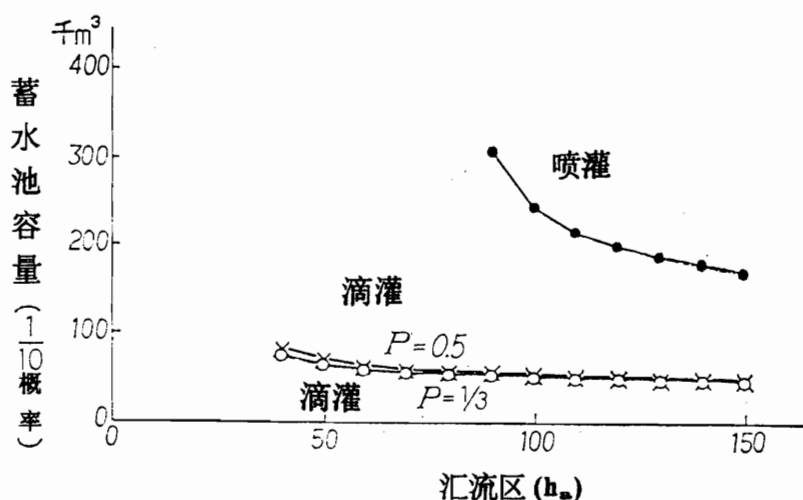
另一方面, 在滴灌方式中, 由于计划灌水量本身比喷灌用水要少, 只要确保汇流区面积 (50ha) 同受益面积相当, 则用 12~15 万立方米的蓄水池, 即可保证规划的确立。而且, 如果对复种指数做进一步的限制, 可将蓄水池容量减小到 (6~7 万立方米)。



图一参3·5 蓄水池容量计算例(情况一)



图一参3·6 蓄水池容量计算例(情况二)



图一参3·7 蓄水池容量计算例(情况三)

3·2·7 水源受到严重制约时的规划方法

在水源受到严重制约时，要力求灵活地适应制定规划时的调整步骤。

〔说明〕

旱田地带的汇流利用，相对于受益面积来说，是水资源很少的地地区的灌溉规划方法，因此与其他方法相比，需要力求各种各样细致的调整。这时根据选定的调整重点的不同，即使在同一地区，也可能出现几种最优规划方案。

调整的项目有：①受益面积，②汇流区面积，③蓄水池容量，④灌溉方式，⑤农业经营计划。截止到3·2·6规划标准年和蓄水池容量的确定为止所叙述的，都是将受益面积作为固定的项目，按照汇流区面积、灌溉方式、农业经营方式的顺序一面进行调整，一面求得蓄水池容量的方法。

按说，这些调整项目的优先顺序按地区的状况不同，有可能改变。所谓优先顺序，具体地说就是那个项目容易变更，那个项目不容易变更都由其自由度决定，所以在进行调整时，要从最容易变更的项目亲自入手。

此外，在水源受到严重制约的地区，而且，在农业经营计划及灌溉方式等方面，都不能作大的调整时，在预先设定了汇流区和蓄水池容量的基础上，有关确定受益地的步骤如下：

- ① 设定汇流区。
- ② 设定农业经营计划。

③ 选择灌溉方式。

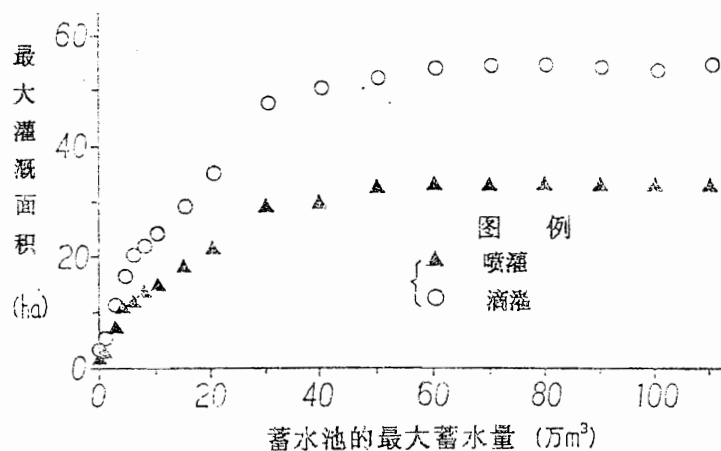
④ 给出几个蓄水池容量, 对各蓄水池容积以受益面积为参数进行较长时间的水收支模拟计算。这里, 由于能够给出蓄水池面积, 因此在进行水收支计算时可以考虑水面蒸发量。

⑤ 步骤④的结果, 确定出相对于每一个蓄水池容量的最大受益面积(用1/10概率蓄水池无水时), 例示如图一参3·8。

⑥ 若不能如图一参3·8所示获得最大灌溉面积与蓄水池容量间的恰当关系, a. 重新选择灌溉方式, b. 有必要再次考查制定复种计划时的农业经营条件。

此种方法计算量大, 因此前提条件是必须使用计算机。

此外, 即使对上述各调整项目不特定为优先顺序, 同等对待, 根据多种条件对水收支进行模拟计算, 仍可以从众多的规划方案中选出最适当的规划。



图一参3·8 最大径流系数为0.2的蓄水池容量与最大灌溉面积的关系(汇流区面积为100ha)

3.3 汇流系统规划

为了能有效汇流, 不仅要综合整治汇流系统, 还必须研究如何防止与汇流同时产生的土壤流失问题。

〔说明〕

1. 汇流系统的配备

汇流利用是将汇流区、汇流设施及水源设施进行有机结合, 并充分发挥其各自功能的方法。因此, 希望汇流系统应尽可能一起整治。

例如, 将汇流系统中的水源设施以排水工程进行规划, 而将汇流设施(排水渠)以田间整治工程进行规划时, 对这两项工程要事前进行充分的调整, 为了在早期就能看到汇流利用的效果, 必须进行规划。

此外，在汇流区内包含堤后保护地时，由于保护地上往往也有各种开发工程的规划及实施，因此也必须事前进行调整。

2. 防止土壤侵蚀的对策

在汇流利用中，为了利用直接水流，若提高汇流效率，有时会增加土壤流失。土壤流失，除降低田间本身的机能，还造成截水渠、汇水渠中泥沙堆积，从而降低汇流效率，亦使水质受到影响。

因此，在规划汇流利用的地区，在汇流设施整治的同时，还必须事前采取防止土壤侵蚀流失的措施。

特别是象日本西南诸岛那样，降雨强度大、在土壤本身耐蚀性小的地区，因为经常发生土壤流失现象，所以必须充分研究。有关具体防止土壤流失的对策，参见《农田保护》规划标准。

3.3.1 汇流区

为了有效汇集汇流区内的降雨，必须整治汇流区的汇流设施。同时要预先采取措施防止土壤流失。

〔说明〕

在采用汇流利用规划这类地区，多半是只把从普通汇流区流出的径流水作为灌溉用水使用，因此，要控制雨水及地表水向土壤的渗透，使其尽快流出，从而提高径流系数，必须努力确保满足需要的水量。可是，同时必须注意不要因土壤流失、泥沙淤积造成田间或汇流设施的功能下降。

(1) 田间

在田间内部，利用枯草、麦秆等进行覆盖栽培，这种方法能够抑制土壤流失。在作物栽培方面可能的话，使用乙烯纤维也可获得同样效果。

另外，由于沿等高线构筑田垄的缘故，可降低水流流速，减少土壤流失。

(2) 堤后保护地

在堤后保护地上存在山林时，由于枯枝、烂草的流出往往会使截水渠的泄流能力降低，所以要定期地进行山林管理。

此外，在有村落、机场等人工建筑物时，要全面调查有关的排水水质，如果能够获得稳定的水量，便可将此处纳入汇流区。

(3) 汇流设施等

在工程规划地区要新建或改建道路时，应将道路建成兼作排水渠的农道，并研究如何将堤后保护地及农田排水进行有效的汇集。此外，还要考虑积极地利用道路两侧的积水及因取土形成的洼地中的贮留水。

图3·3·1 为可宽幅平底渠道图形，是道渠兼用的示例。

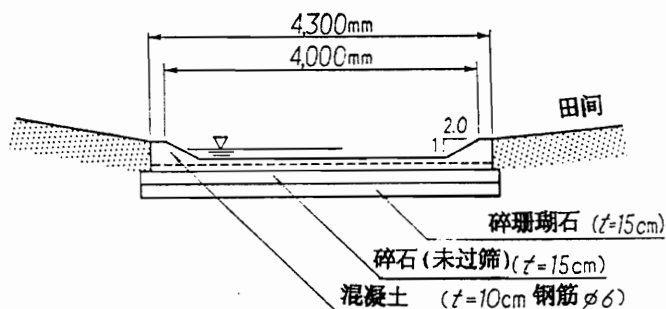


图3·3·1 道渠兼用的示例

(4) 暗渠排水

如果预计靠近汇水渠和截水沟上游的田间，排水状况不良，就应设置暗渠排水。

3·3·2 汇流设施

汇流设施的规模和设置，必须使汇流区流出的水能有效地汇集。

〔说明〕

1. 田间截水沟

① 配置

田间截水沟一般作为耕作区的边界，沿着等高线配置(见图3·3·2)。

在冲绳县，田间截水沟的间隔多为30~40米。

② 形状

由于田间截水沟是从田垄内直接将水汇集，所以容易形成泥沙淤积，再有，由于半永久性农业工程建筑的阻碍，土渠最好建成图3·3·3所示的形状。

但是在设有填土坡肩的场合，必须充分考虑有关坡面的崩塌。

2. 截水沟

① 配置

截水沟是将来自田间截水沟的径流及来自地区外(堤后保护地)的径流导入汇水渠的设施。因此，截水沟要设置在耕作区的交界或耕作区与堤后保护地相邻的边界上。

② 规模

参照土地改良工程规划标准《田间整治(旱田)》规划(以下简称《田间整治(旱田)》规划标准)，及《农田保护》标准。

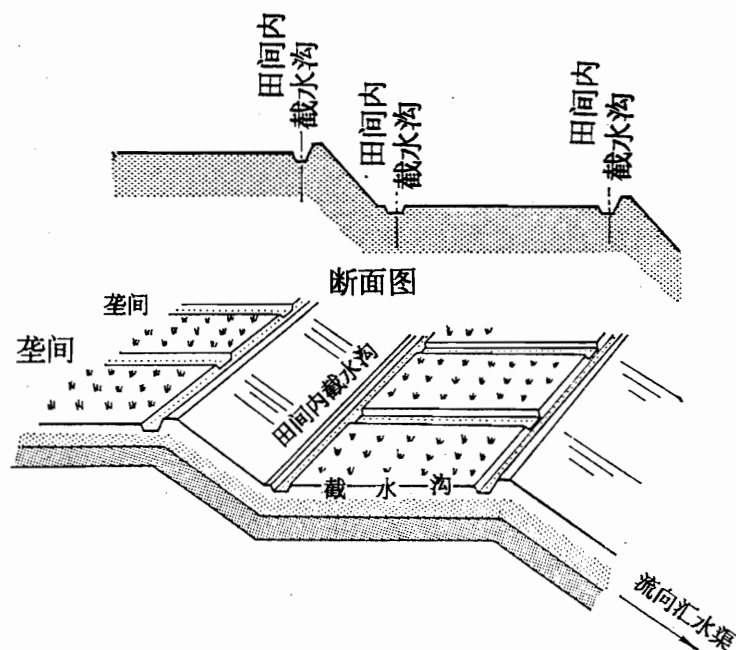


图 3·3·2 田间汇流设施

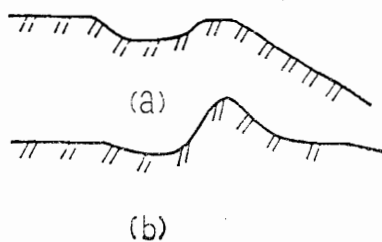


图 3·3·3 田间截水沟形状

③ 结构

因为截水沟的流量会相当大，所以对易受侵蚀的土壤，有发生土壤流失的危险。所以最好用混凝土作截水沟的衬砌。此时，为防止接头冲刷，可种草或考虑设置泄水口。

3. 汇水渠

① 配置

汇水渠是将截水沟的出流导入蓄水池的设施，要系统地布置，必须用尽可能短的距离同蓄水池连接。

② 规模

参照《田间整治》规划标准和《农田保护》规划标准。

③ 结构

由于汇水渠要汇集从数条截水沟中的出流，所以渠道断面很大。特别是沿倾斜方向设置的汇水渠流速也大，因此，最好采用混凝土结构，必要时还应设置跌水、陡槽等落差工程和沉沙井。

上述这些设施和田间接合部均易受到地表水的冲刷，所以要采取碾压、设置泄水口等措施防止水力冲蚀。

另外，在弯曲部有可能溢水的地方，要注意下面几个问题：

- a. 加大弯曲部的断面。
- b. 在可能出现溢流的地方，设置防止溢水壁。
- c. 由于水流变急，在接缝等处要注意施工深度。

3.3.3 蓄水池

蓄水池要有效地贮存出流，在洪水等紧急时刻其结构必须能将贮存水迅速排放。此外，若预计有泥沙流失等造成的淤积，还必须事前研究排除方法。

〔说明〕

对于蓄水池，必须注意下面各点：

① 防止泥沙流入蓄水池

为了防止自汇流区流出的泥沙流入蓄水池，要设置消能设备以降低流速，在进口处要设置沉沙池。

② 流入泥沙的排除

要采取对策将一度流入的泥沙从池内很容易排除。此法考虑到：

- a. 在池底设置排砂管。
- b. 在池底设置沉沙井。
- c. 设置便于机械进入用的斜坡。

此外，要是考虑到蓄水池很大或利用频率很高，全年都很难将水排除，那末将池子一分为二，研讨能交替排砂的构造。

③ 溢洪道断面

若溢洪道直接面对外海，则溢洪道的断面尺寸最好用1/10概率的降雨数据来确定。

但是，如果在蓄水池的下游方向有民宅或其它公共设施，而且泄洪地河流的容量有限，则必须慎重地研究有关泄洪道的规模、构造及泄洪地点的选择。

〔说明〕

1. 系统规划的想法与步骤

设施的配置为：水源(蓄水池)→抽水机→输水管道→田间蓄水池→配水管道→田间设施，这一系统由用于设施管理、操作的各种阀门、操纵装置及用于多种目的的混合器等附属设备附加以后组成的系统。

系统的规划步骤，首先从水源、输水设施方面开始，①研究扬水泵的规模、台数，②选择输水管路的线路，③有必要制定输水管路的管径布置。

另一方面，从田间设施一方开始，④研究多目标利用和混合器等附加设备，⑤研究田间设施，⑥有必要制定田间设施的管线组合。

进而，输水设施系统要与田间设施系统从水力学上相互结合，使准确、易行的供水操作成为可能，为此需要规划供水设施系统。这个步骤是，⑦轮灌区的研讨，⑧田间蓄水池位置的选定与容量的规划，⑨选定供水管线和制定管径布置。

水源、输水设施系统规划、供水设施系统规划及田间设施系统规划，随便从哪一个开始着手都可以，这些系统中的具体规划同样可以从任意一个项目开始进行。一般的顺序是从规划地区内各种限制条件最多的那个项目开始着手。这是因为制约因素越多，可供选择的方法就越少，制约波及到与此相关的其它项目，可能造成有关研究项目的减少。

此外，由于旱地灌溉设施系统涉及到多种多样的机器、设施构成，所以完成各种功能的方法也有很多。因此，重要的是在确定规划项目和选定灌溉系统时，要引用适当的评价基准和反馈手段，从而制定出一个较好的系统组成。

2. 设施的平面布置

设施的平面布置可以认为有下面①至⑥的6种：

系统①：水源→扬水泵→田间蓄水池→加压泵→压力箱→田间

系统②：水源→扬水泵→田间蓄水池→(自然压力)→田间

系统③：水源→(自然流下)→田间蓄水池→加压泵→压力箱→田间

系统④：水源→加压泵→压力箱→田间

系统⑤：水源→(自然流下)→田间蓄水池→(自然压力)→田间

系统⑥：水源→(自然压力)→田间

上述各种形成的输水设施布置示例见图3·4·1。

〔参考〕

根据问卷调查及其分析结果来看，象系统①和③那样，在田间蓄水池下游侧配备加压泵和压力箱的系统，在当地用的不多。这是由冲绳县特殊的供电状况造成的。

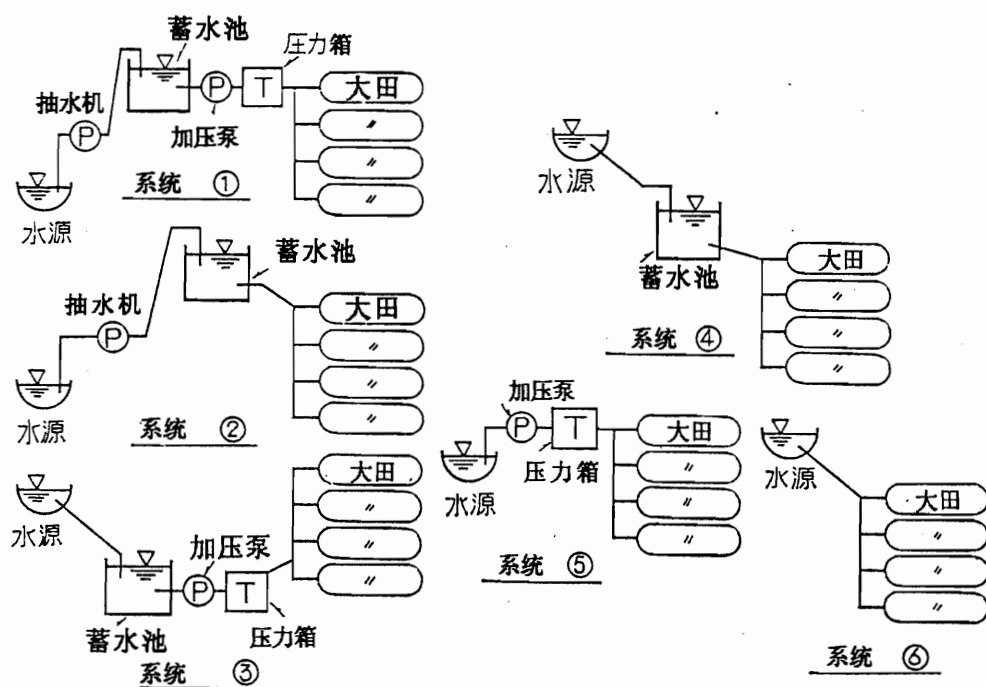


图3·4·1 用水设施平面布置图(参照「滴灌规划指南」)

在冲绳县供电时间只限于当日下午9时至次日下午1时的16个小时，因此加压泵的使用时间受到明显的限制。而且，系统①中在田间蓄水池的上游侧还配备了扬水泵。这种系统中的扬水泵和加压泵很难协调运行，若田间蓄水池容量较小，则连接田间蓄水池的输水管内易吸入空气，发生故障。为了避免发生这种情况，使用容量足够大的田间蓄水池，或是必须设法使扬水泵与加压泵协同运行。

不管怎样，象系统①和③那样，即田间加压系统，因受目前供电状况的制约，最好尽量避免。

象冲绳县那样，用电时间有严格限制的地方，为了在田间实施水利用规划，最好象系统②和④那样，这田间蓄水池下游侧形成自然压力的管道系统。尤其是系统④，由于从水源到田间蓄水池能够用自然流下方式输送用水，因此有利于降低运行管理费用。可是如果水源的位置及标高受到制约，作为次优的方案可以采用系统②。此时，扬水泵和输水管路系统的容量必须足以在农业用电的供应时间内，将田间白天所需的水抽入田间蓄水池。另外，田间蓄水池的容量也必须这样规划：适应在这个时间限制内的抽水作业和白天的田间用水。

其它系统，如系统⑤及⑥，以前也散见于各处，而该系统是团体及个人经常使用的小规模的系统，所以对中等规模的系统较陌生。

3. 蓄水池的分块配置与相互利用

(1) 能利用高程差时

汇流区由田间(受益区)及其堤后保护区, 以及截水沟等构成。因此, 蓄水池通常设置在比受益区标高高低的地方, 所以, 为了利用蓄水池的水, 就必须有抽水设施。

受益区内若能够保有充分的高程差, 如图3·4·2所示分段配置蓄水池, 这样可以利用重力形成的自然压进行配水。在这种场合, 抽水泵只设置在最下段的蓄水池处即可。

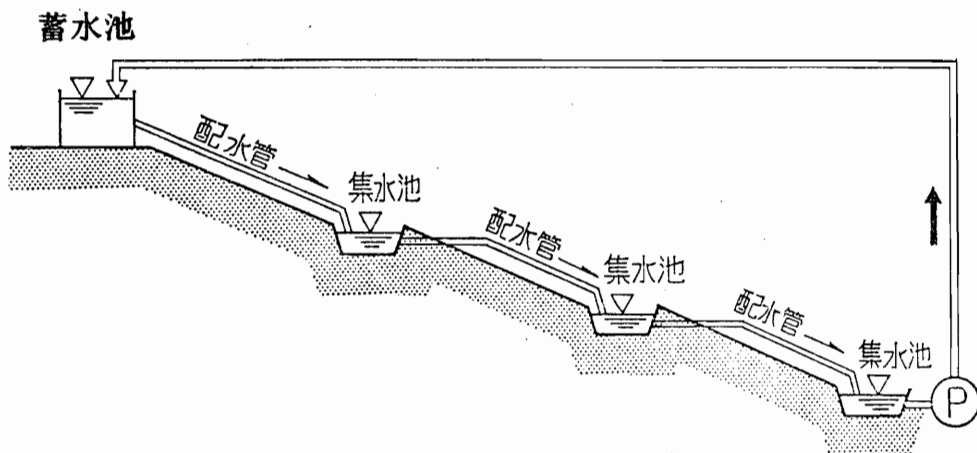


图3·4·2 分段配置的蓄水池

此外, 由于各蓄水池同时具有田间蓄水池的功能, 所以专用的田间蓄水池, 仅以最上段的配水田块为对象, 只需小型的即可。再有, 将各蓄水池用配水设施连接, 即可做到各蓄水池的协同运作。

(2) 汇流区相邻时

在相邻地区存在多个汇流系统时, 要研究用管道将各个蓄水池连接, 互相利用。将受益区休耕地上众多蓄水池中的水引入到其他的蓄水池中, 相互贯通, 能够提高用水的利用率。这是因为, 在种植旱地作物时, 为了防止出现连续减产, 以及前一种作物的收获期与后一种作物的栽种期不是紧密衔接。常常会出现一些休耕地, 而且在受益区规模较大时, 休耕地在受益区内通常是平均分布的, 而受益区规模较小时, 在某一特定时期, 容易出现分布不均的情况。

4. 轮灌区的确定

在确定轮灌区时, 必须注意以下问题:

①由于受益区坡地较多,应尽量减少配水设施系统中为调整水力参数而设置的加压或减压装置,根据高程差,将轮灌区分段设置。

②由于轮灌区是灌溉作业的一个单元,所以从协同作业、综合利用的观点出发,最好能结合地缘进行划分。

③从提高农业作业效率角度考虑,如果可能的话,最好相同的作物划入同一田块。

〔参考〕

1. 水力设计方面的注意事项

(1)抽水机和水锤现象:在水资源非常紧缺的岛屿范围,可以预计水源高程多比受益区的高程低。

在这种情况下,如前所述象系统②那样,在设施的平面布置中配备抽水机。这种系统,在抽水机启动或停转时会出现水锤现象,因此必须事前采取措施。若抽水设施的规模较小,依靠惯性轮对策效果较好。但对于大规模的抽水设施来讲,附加惯性轮就会增大启动电力,是不利的。在这种情况下可使用调压水箱来防止出现水锤现象。不论采用哪种对策,都应从费用及效果两方面慎重研究后决定。

此外,在自然流下的输水管路中,凸起之处容易滞留空气,因此必须安装排气阀。

(2)田间蓄水池:田间蓄水池容量的设计方法,依各种系统不同而有相当大的差异。

首先,要确定田间蓄水池的基本容量,必须设定田间灌溉与干渠通水时间的时间差调整容量,系统③和④中,干渠通水时间,即水源与田间蓄水池间的通水时间可以取作24小时。

与此相反,象系统①和②那样,在水源与田间蓄水池之间存在扬水泵,例如目前冲绳县的农业用电状况,由于受供电时间限制(下午9时至次日下午1时),干渠通水时间最多只能保证16个小时。因此,在这种情况下的田间灌溉时间和干渠通水时间之间的时间差调整容量比系统③及④要大。

(3)自由度:根据问卷调查及其分析结果看,在冲绳县引入旱田灌溉设施对当地农业状况的影响,目前还没有显著表现出来。但是,从过去其它地方引入旱田灌溉设施后的影响看,可以预计,迟早会出现向蔬菜种植、温室栽培等种植方向转变。因此,对存在这种可能性的地区,对配水设施及田间蓄水池容量规划,最好要事先预计到它的自由度。

(4)加压方式:在冲绳县,象系统①、③、⑤那样,在田间设置有加压泵和压力槽的系统,能够从下午9时至次日下午1时运转16个小时。从表面看时间很充裕,但从易施工性等考虑,与灌溉作业同时工作的加压泵,实际工作时间只不过从早7时至下午1时的6个小时。这样,田间加压方式,在目前条件下只要利用农业供电,在作业时间受严格限制的地区,作为白天为主的灌溉设施就不适宜受地形及设施配置的限制,不得不采用田间加压方式时,也可以利用柴油发动机作动力。

2. 设施的维护管理和保护

在设施的规划、设计阶段，必须注意谋求器材的标准化，采用适用性高、具有互换性的设备。这对于孤岛、岛上各地等交通不便的地方来讲，可有效地缩短排除故障的时间。再有，无论如何必须采用某种特殊的设备时，作为对付故障的对策，最好用高价设置并联备用方式(预先设置备用)。系统的控制方式可以划分为三个阶段：输水干渠、配水干渠和田间设施，原则上对系统进行分层控制。但各层间的信息迅速传递和监控必须预先就能做到。

第四章 维护和管理

4·1 汇流区的维护和管理

在汇流区内，为了维护其汇流功能、防止因泥砂流失造成田间灾害，必须对汇流区进行全面的保护和管理。

〔说明〕

在本指南的适用地区，主水源是汇流区，而且由于这一区内有许多农田，所以，应如3·3·1汇流区一节所述，在农业经营活动中采用保护农田的各种方法，努力维护本地区的汇流能力。

若出现雨水冲毁事故时，应尽快进行修复，必须避免殃及其它的设施和汇流功能。为此，在定期对田间进行管理的同时，还要对堤后保护地进行巡视。

4·2 设施的维护与管理

为了维护汇流功能，必须完善管理体制以便适应设施功能的日常维护、管理，和对付各种紧急事件。

〔说明〕

泥砂在汇水渠、蓄水池中一旦淤积，其汇流、贮存功能就会降低，对灌溉规划会产生很大影响。

因此，要定期掌握沉砂池及泥砂沉积槽中的泥砂量，为了保持沉砂效果还要适当地排砂，并防止泥砂流入蓄水池。

此外，还要排除沉积在汇水渠及蓄水池中的泥砂，努力维护其汇水功能。最好能尽量将排出的泥砂反送田间。

此外，考虑到蓄水池等设施的公共安全，为了保证其正常功能、防止事故发生，要在其周围竖起网状围栏或告示牌，同时要具备应付台风等紧急事件的管理体制。

4·3 水质管理

在蓄水池中，有来自田间的农药或村庄的生活排水混入，认为水质会趋向恶化。因此，对水质必须进行定期检查和全面管理。

〔说明〕

由于蓄水池多建在流域的下游，田间流出的农药或村落流出的生活排水混入，担心水质恶化。为了将此类污水排除，仅汇集降雨径流，必须进行水质管理。具体的水质管理内容可举出以下几点：

(1) 除去悬浮物

灌溉用水中一旦混入藻类、水草等固体物质，就会造成软管及过滤器的孔眼堵塞，从而丧失调节水量的功能。此外，还会引发虫害，给耕地及其周围的环境造成恶劣影响。为此，不仅要定期地进行清扫，还必须采取办法在田间蓄水池处设置栏污栅以防止藻类及枯草流入。

(2) 防有机物及营养盐类对策

含有有机物、氮磷等高浓度的营养盐类的水一旦流入蓄水池，就会引起蓄水池富营养化，由迅速繁殖的藻类引起滴管堵塞及过滤器滤网的反向冲洗次数增加，担心这会妨碍农业作业。此外，可以预料营养盐类浓度的提高会对作物生长产生不良影响，此外，从环境保护方面来看也不好。为了防患于未然，应采用下列对策：

a. 控制施肥量，抑制污染负荷流入。

b. 研究对策，控制污浊度极高的排泄物流入。例如：最好的方法是尽量不使村落排出的污水流入。

c. 对树叶等较大的物质，设置栏污栅或滤网。

d. 必要时，在蓄水池上安装遮光装置，防止藻类的繁殖。

(3) 防盐类对策

蓄水池中盐分的浓度，有时会因台风引起的海水流入或缺水时期盐分的浓缩，而比作物所允许的盐分浓度高，此时，为了防止盐分对作物的危害，必须采用下列对策。

a. 台风期，强风可将海水刮入蓄水池，可采用沿海岸线栽种防风林的方法。

b. 当盐分浓度超过一定程度时，使用新的降雨将其稀释。

c. 盐分浓度超出允许限度时，将贮留水排放。

(4)、防病源菌对策

为了防止病源菌流入蓄水池，要密切注意流域内已染病的作物的处理情况。

参考资料 基本规划的程序示例

1. 概要与注意事项

① 本程序所用语言是 MS-DOS 版 N88BASIC。

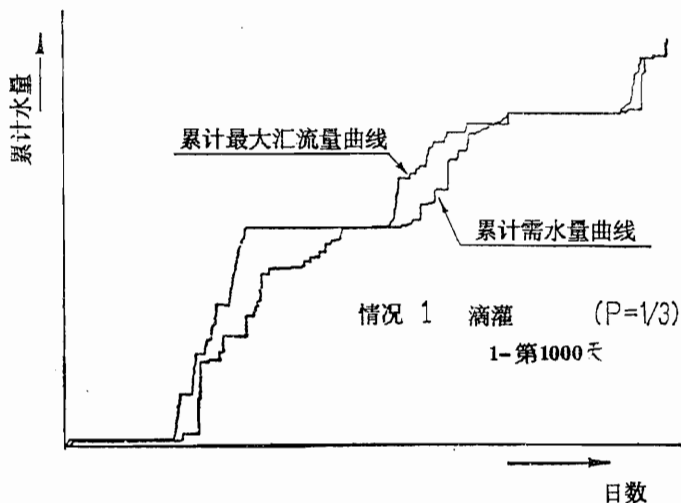
② 因为本程序是在制定基本规划阶段，为求得必要蓄水池容量设计的，所以不包含有关制定基本设想的步骤。

③ 第三章“规划”所叙述的步骤，是先将循环按年度分类，再计算 γ 年间各年度的最大缺水量 (= 累计需水量 - 累计最大汇流量)，此处采用的是将 γ 年间与循环无关的各年最大缺水量选出的步骤。

④ 本程序只打印各个循环中自大到小前 30 位的最大缺水量。在确定蓄水池容量时，对上述每个循环的 γ 个最大缺水量进行岩井法概率计算 (其他程序)，求出 1/10 概率的必要蓄水池容量。

⑤ 本程序的最后一部分，为了描绘累计汇流量和累计需水量曲线，将其例表示如下。

⑥ 本程序是为本书 2.2.6 节蓄水池容量和规划标准年的确定 [参考]：蓄水池容量的计算示例设计的，由于各地区输入的降雨数据及径流系数不同，所以每次计算都必需注意地区的对应。



参考图：累计最大汇流量曲线和累计需水量曲线示例

2. 流程图

(1) 主要符号

HMAX: TRAM(mm)

TAC: 汇流区面积(h_a)

TAH: 受益田间面积(h_a)(此处指一个轮灌区的面积)

EC: 汇流效率

EI: 灌溉效率

RMIN: 有效降雨量的下限值(mm)

Y: 数据年数

P: 湿润有效率(喷灌为1.0)

FRB: 径流系数

EN: 该月天数

F: 灌水周期(日)

N: 自计划起始日的累计经过天数

FD: 计划灌水量(mm)

DMAX: 计划最大日耗水量(mm/日)

A: 说明各循环顺序号的参数

SUMC: 总最大汇流量(m^3)(Y年的总和)

SUMD: 总需水量(m^3)(Y年的总和)

R(I, J, K): I年J月K日的降雨量(mm/日)

WC(I, J, K): I年J月K日的最大汇流量(m^3 /日)

TIW(I, J, K): I年J月K日的需水量(m^3 /日)

H(L)(L: 1, 2, ..., F): 各喷灌(或滴灌)田间土壤含水量(mm)

RE(L): 同有效雨量(mm)

G(L): 同灌水量(mm)

BH(L): 同灌水前土壤含水量(mm)

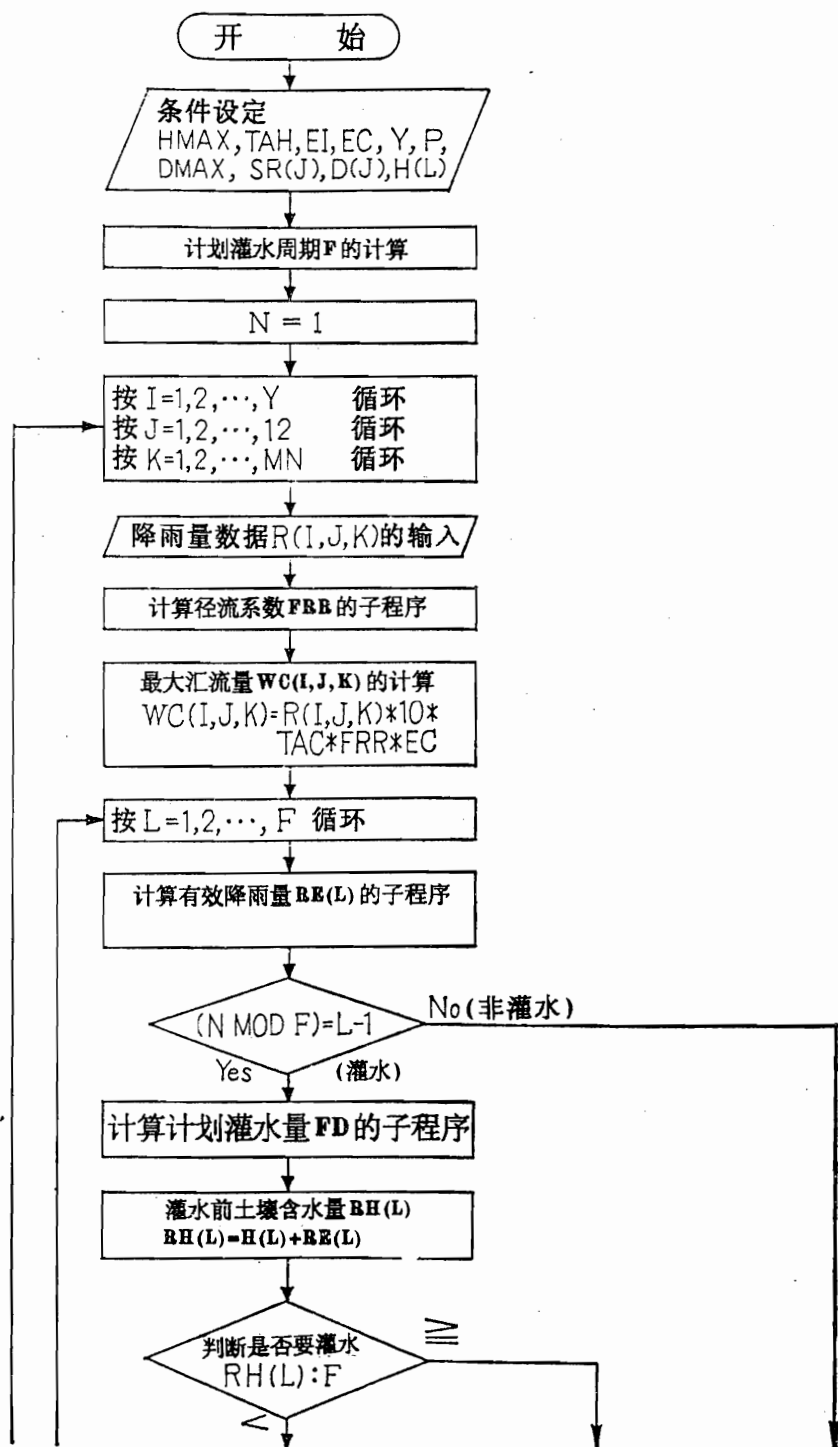
SCC(N): 至第N日的累计最大汇流量(m^3)

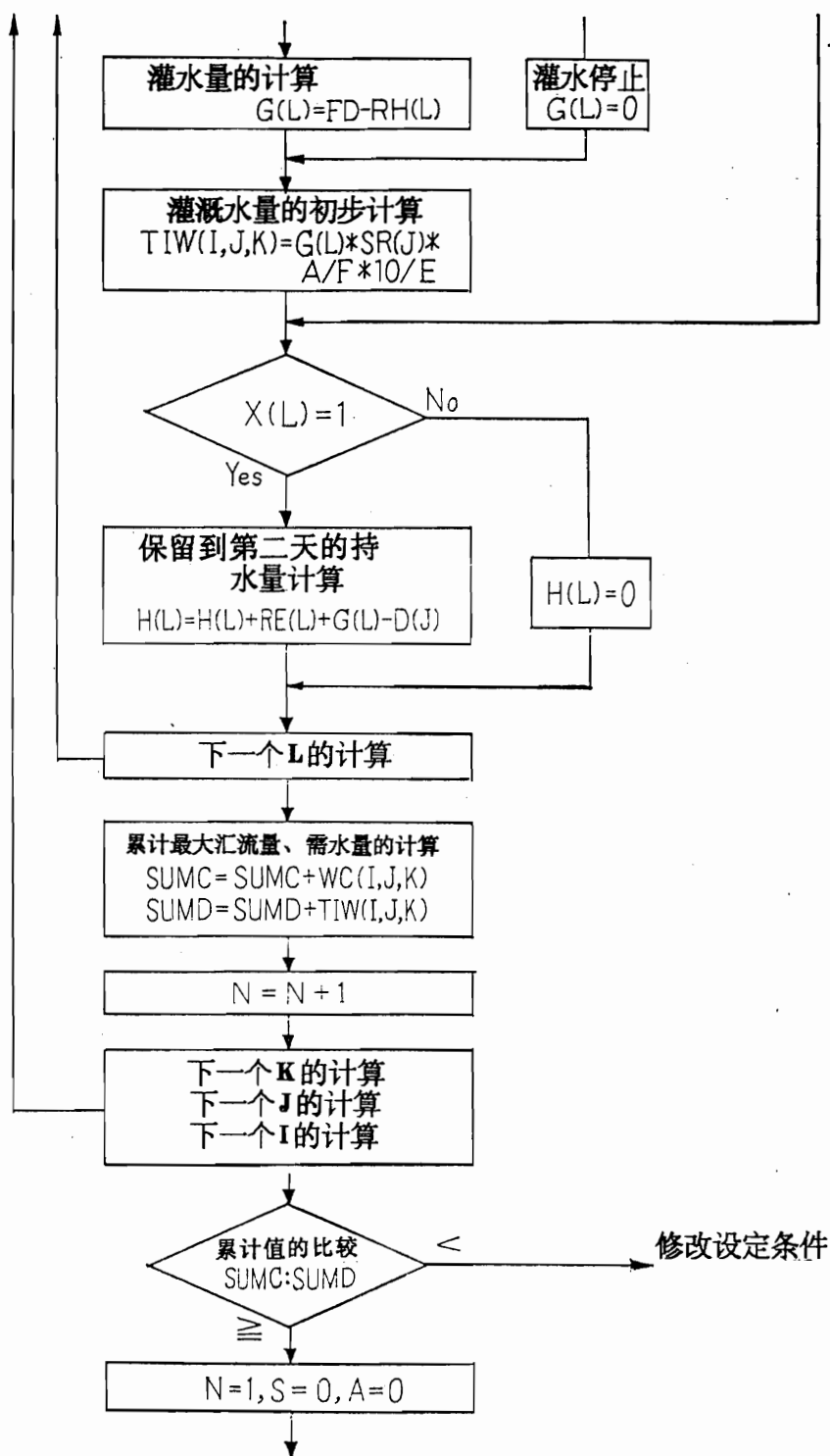
SDD(N): 同累计需水量(m^3)

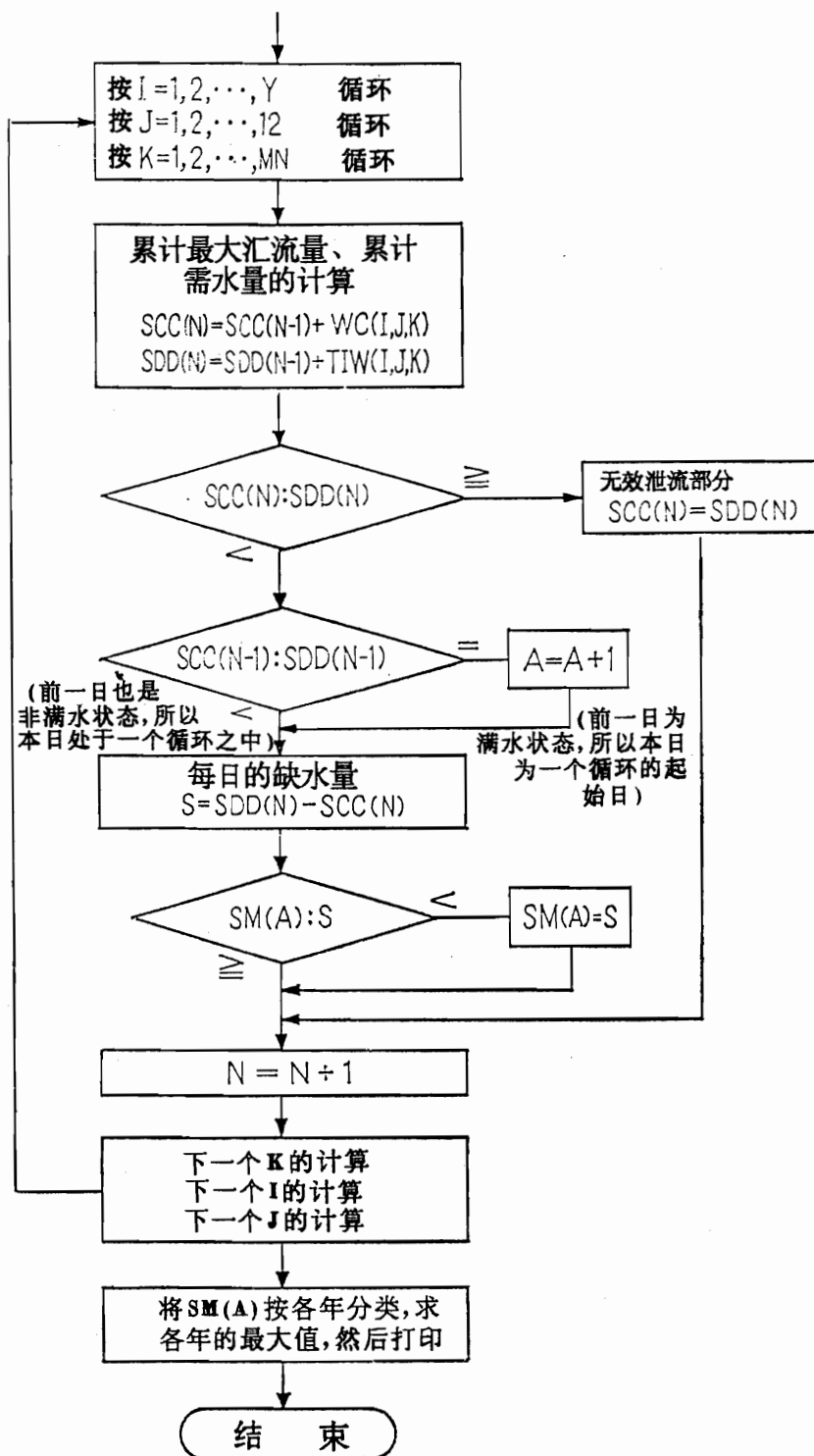
SR(J)(J: 1, 2, ..., 12): J月的计划复种指数(1)

D(J): J月的计划日耗水量(mm/日)

(2) 主程序框图

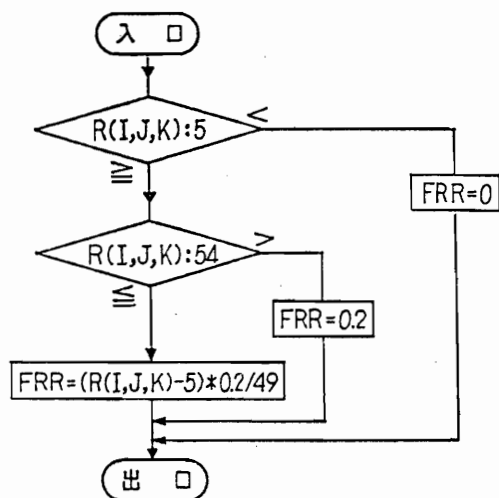




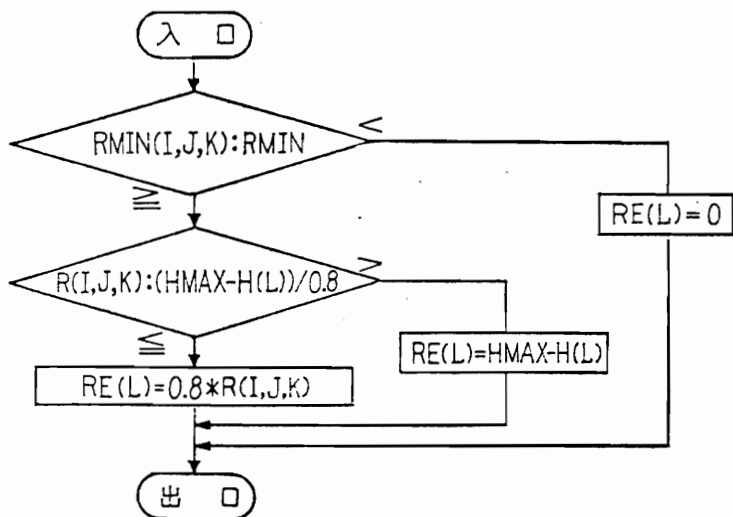


(3) 子程序流程图

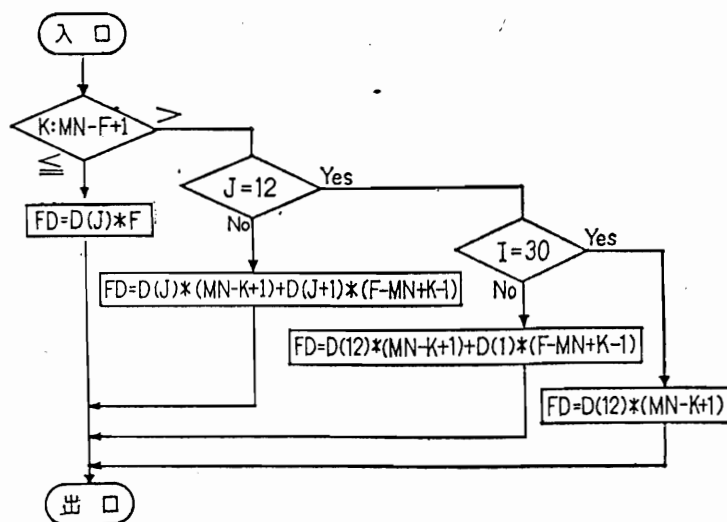
a. 计算径流系数 FRR 子程序示例 (各地区径流系数的计算公式要依据调查结果制定, 此处为本书 3.2.6 [参考] 中叙述的方法。)



b. 确定有效雨量 $RE(L)$ 的子程序



c. 计算灌水量 FD 的子程序



3. 程序清单

```

10  *****
20  ***** 旱地非汇流量 *****
30  *****
40  'SAVE "A:HATASHU"
50  CLS 3 :RESTORE
60  DIM D(12),SR(12)
70  '===== 条件设定 =====
80  '受益田 面积
90  INPUT " 受益田面积 " :TAH
100 INPUT "数据年数 " :Y
110 INPUT "TEAM(DTRAM)";HMAX
120 INPUT "湿润有效率 " :P
130 消耗水量 D
140 FOR I=1 TO 12
150 PRINT 1;"日消耗水量为" : INPUT D(I)
160 NEXT I
170 灌水周期 TD
180 INPUT "计划最大日耗水量" :DMAX
190 TD=INT(HMAX*P/DMAX)
200 INPUT "灌溉效率 " :EI
210 INPUT "汇流效率 " :EC
220 INPUT "有效降雨量的下限值 " :RMIN
230 计划复种指数 SR
240 FOR I=1 TO 12
250 PRINT 1;"月的复种指数 " : INPUT SR(I)
260 NEXT I
270 INPUT "汇流面积 " :TAC
280
290 '===== 暴雨数据的推测 =====
300 DIM YEARS(30),R(30,12,31)
310 OPEN "B:NAHASI.DAT" FOR INPUT AS #2
320 FOR I=1 TO Y
330 INPUT #2,YEARS(I)
340 IF (I MOD 4)=1 THEN A=29 ELSE A=28
350 FOR J=1 TO 12
360 IF J=1 OR J=3 OR J=5 OR J=7 OR J=8 OR J=10 OR J=12 THEN MN=31
370 IF J=4 OR J=6 OR J=9 OR J=11 THEN MN=30
380 IF J=2 THEN MN=A
390 FOR K=1 TO MN
400 IF I=9 AND J=7 AND K=31 THEN 410 ELSE 420
410 R(I,J,K)=0 :GOTO 430
420 INPUT #2,R(I,J,K) : PRINT R(I,J,K) : 'PRINT R(I,J,K)
430 NEXT K
440 NEXT J :PRINT YEARS(I)
450 NEXT I
460 CLOSE #2 :ERASE YEARS
470

```

(说明)

条件设定

从盘中读取
降雨量数据
(依数据的书
写方式不同
而异)

```

480 SUMD=0 : SUMC=0
490 DIM WC(30,12,31),TIW(30,12,31),X(TD)
500 DIM H(TD),RH(TD),G(TD),RE(TD)
510
520 将初始水分量设为0
530 FOR L=1 TO TD : H(L)=0 : NEXT L
540
550 ***** 最大汇流量与需水量 *****
560 N=1
570 FOR I=1 TO Y
580 IF (I MOD 4)=1 THEN A=29 ELSE A=28
590 FOR J=1 TO 12
600 IF J=1 OR J=3 OR J=5 OR J=7 OR J=8 OR J=10 OR J=12 THEN MN=31
610 IF J=4 OR J=6 OR J=9 OR J=11 THEN MN=30
620 IF J=2 THEN MN=A
630 FOR K=1 TO MN
640
650 ----- 流失率 -----
660 IF R(I,J,K)>=5 THEN 680
670 FRR=0 : GOTO 730
680 IF R(I,J,K)>54 THEN 700
690 FRR=(R(I,J,K)-5)*.2/49 : GOTO 730
700 FRR=.2 : GOTO 730
710
720 ----- 最大汇流量 -----
730 WC(I,J,K)=R(I,J,K)*10*TAC*EC*FRR
740
750 ----- 喷灌田块计算 -----
760 FOR L=1 TO TD
770 ----- 有效降水量 -----
780 IF R(I,J,K)<RMIN THEN 790 ELSE 800
790 RE(L)=0 : GOTO 830
800 IF R(I,J,K)<(HMAX-H(L))/.8 THEN 810 ELSE 820
810 RE(L)=.8*R(I,J,K) : GOTO 830
820 RE(L)=HMAX-H(L)
830
840 ----- 灌水田块的断定 -----
850 IF (N MOD TD)=L-1 THEN 880
860 G(L)=0 : GOTO 1100
870
880 ----- 计划灌水量 -----
890 X(L)=1
900 IF K<MN-TD+1 THEN 910 ELSE 920
910 FD=D(J)*TD : GOTO *GKEISAN
920 IF J=12 THEN 940
930 FD=D(J)*(MN-K+1)+D(J+1)*(TD-MN+K-1) : GOTO *GKEISAN
940 IF I=30 THEN 960
950 FD=D(12)*(MN-K+1)+D(1)*(TD-MN+K-1) : GOTO *GKEISAN
960 FD=D(12)*(MN-K+1) : GOTO *GKEISAN

```

—— 以下为每日的计算(至1220行)

径流系数计算
(因地区不同而异)

—— 最大汇流量的计算

—— 以下依次计算各田块
的需水量(至1140行)

有效雨量的计算

—— 判断当日是否为
该块田的灌水日

计划灌水量的计算

```

970
980      ' - - - - - 灌水前的含水量 - - - - -
990      *GKEISAN
1000      RH(L)=H(L)+RE(L)
1010      ' - - - - - 灌水量 - - - - -
1020      IF RH(L)>=FD THEN 1030 ELSE 1040
1030      G(L)=0 : GOTO 1070
1040      G(L)=FD-RH(L) : GOTO 1070
1050
1060      ' - - - - - 灌溉水量 - - - - -
1070      TIW(L,J,K)=G(L)*SR(J)*(TAH/TD)*10/EI
1080
1090      ' - - - - - 日终含水量 - - - - -
1100      IF X(L)=0 THEN 1120
1110      H(L)=RE(L)+H(L)+G(L)-D(J) : GOTO 1140
1120      H(L)=0
1130
1140      NEXT L
1150
1160      ' - - - - - 累计 - - - - -
1170      SUMC=SUMC+WC(L,J,K) : SUMD=SUMD+TIW(L,J,K)
1180      PRINT L,J,K,"WC=";WC(L,J,K),"TIW=";TIW(L,J,K)
1190      N=N+1
1200      NEXT K
1210      NEXT J
1220      NEXT I
1230      DAYS=N-1
1240
1250      '=====累计值的比较=====
1260      IF SUMC<SUMD THEN 1270 ELSE 1280
1270      PRINT "ERROR (TOO MUCH AREA)" : END
1280      ERASE H,RH,G,RE
1290
1300      SCREEN 3,1 : CONSOLE ,,0,1
1310
1320      '=====条件的打印输出=====
1330      LPRINT "
1340      LPRINT "TAC=";TAC;"TAH=";TAH;"HMAX=";HMAX;"DMAX=";DMAX;"TD=";TD
1350      LPRINT "EI=";EI;"EC=";EC;"FR=";FR
1360      LPRINT "SR",SR(1);SR(2);SR(3);SR(4);SR(5);SR(6);SR(7);SR(8);SR(9);SR(10);SR(11);SR(12)
1370      LPRINT "D",D(1);D(2);D(3);D(4);D(5);D(6);D(7);D(8);D(9);D(10);D(11);D(12)
1380      LPRINT "SUM DEMAND=";SUMD,"SUM SUPPLY=";SUMC
1390      ERASE SR,D
1400

```

← 灌水前含水量的计算

] 灌水量的计算

← 需水量的计算

] 保留到第二天的持水量的计算


 确认Y年间最大汇流总量大于总需水量

```

1410 *****
1420 ***** 水收支计算 *****
1430 *****
1440 DIM SCC(11000),SDD(11000),SM(30,60)
1450 DIM CBJ(30,60),CBK(30,60),B(30)
1460 X=0 : AA=0 : PP=0 : N=1
1470 '
1480 '=====  

1490 FOR I=1 TO Y  

1500     A2=28  

1510     IF (I MOD 4)=1 THEN A2=29  

1520     PP=0 : AA=0  

1530     FOR J=1 TO 12  

1540         IF J=1 OR J=3 OR J=5 OR J=7 OR J=8 OR J=10 OR J=12 THEN MN=31  

1550         IF J=4 OR J=6 OR J=9 OR J=11 THEN MN=30  

1560         IF J=2 THEN MN=A2  

1570         FOR K=1 TO MN  

1580             SCC(N)=SCC(N-1)+WC(I,J,K) : SDD(N)=SDD(N-1)+TIW(I,J,K)  

1590             IF SCC(N)>=SDD(N) THEN *MANSUI  

1600                 IF X=0 THEN *TUGI  

1610                 IF SCC(N-1)=SDD(N-1) THEN 1620 ELSE 1640  

1620                 PP=PP+1 : AA=PP  

1630                 CBJ(I,AA)=J : CBK(I,AA)=K : GOTO 1660  

1640                 IF J=1 AND K=1 THEN 1650 ELSE 1660  

1650                 PP=1 : AA=1 : CBJ(I,AA)=J : CBK(I,AA)=K  

1660                 S=SDD(N)-SCC(N)  

1670                 IF SM(I,AA)<S THEN SM(I,AA)=S  

1680                 GOTO *TUGI  

1690                 *MANSUI  

1700                 X=1 : AA=0 : SCC(N)=SDD(N)  

1710                 *TUGI  

1720                 N=N+1  

1730             NEXT K  

1740         NEXT J  

1750         B(I)=PP  

1760     NEXT I  

1770     ERASE TIW,WC  

1780 '
1790 '=====  

1800 DIM MAX(Y)  

1810 FOR I=1 TO Y  

1820     IF B(I)=0 THEN 1830  

1830     FOR M=1 TO B(I)  

1840         IF MAX(I)<SM(I,M) THEN MAX(I)=SM(I,M)  

1850         LPRINT I;"年";CBJ(I,M);"/";CBK(I,M);"由";"SM=";SM(I,M)  

1860     NEXT M  

1870     LPRINT "          ";I;"年的最大缺水量为";MAX(I);"m3"  

1880 NEXT I  

1890 LPRINT  

1900 LPRINT

```

← 累计最大汇流量
与需水量曲线

← 判断前一日是否为满水
状态(若为满水,则该日
为循环的起始日)

□ 每一循环最大缺水量的
计算

← 无效泄流部分

← Y年间各年最大缺水
量的计算及打印

```

1910 '
1920 '
1930 '----- 最大年缺水量的并列替换 -----
1940 FOR J=1 TO Y
1950     FOR I=1 TO Y
1960         IF (J+1)>Y THEN 1990
1970         IF MAX(J)<MAX(I+J) THEN SWAP MAX(J),MAX(I+J)
1980     NEXT I
1990 NEXT J
2000 FOR I=1 TO Y
2010     LPRINT I;" 个 ",MAX(I)
2020 NEXT I
2030 '
2040 '
2050 ' * * * * * GRAPH * * * * *
2060 CLS 3
2070 INPUT "GRAPH";GS
2080     IF GS="Y" OR GS="y" THEN 2100
2090     IF GS="N" OR GS="n" THEN 2260 ELSE 2070
2100     INPUT "FROM";D1: INPUT "TO";D2 :CLS 3
2110     PX2=(D2-D1)*1.2 : PY2=SDD(D2)*1.05 : PY1=SCC(D1)*1.9
2120     LINE (59,10)-(59,343) : LINE -(619,343)
2130     FOR I=D1 TO D2-1
2140         PX=560*(I-D1+1)/PX2+59
2150         PY=(-333)*SCC(I)/(PY2-PY1)+(343*PY2-10*PY1)/(PY2-PY1)
2160         PZ=(-333)*SDD(I)/(PY2-PY1)+(343*PY2-10*PY1)/(PY2-PY1)
2170         PPX=560*(I-D1+2)/PX2+59
2180         PPY=(-333)*SCC(I+1)/(PY2-PY1)+(343*PY2-10*PY1)/(PY2-PY1)
2190         PPZ=(-333)*SDD(I+1)/(PY2-PY1)+(343*PY2-10*PY1)/(PY2-PY1)
2200     LINE (PX,PY)-(PPX,PPY) : LINE (PX,PZ)-(PX,PPZ)
2210 NEXT I
2220 INPUT "next graph";KS
2230     IF KS="Y" OR KS="y" THEN 2100
2240     IF KS="N" OR KS="n" THEN 2260 ELSE 2220
2250 '
2260 ERASE MAX,SCC,SDD,SM,CBJ,CBK,B,X
2270 END

```

Y年间各年度年最大缺水量的并列替换

在图纸上绘制累计最大汇流量曲线和累计需水量曲线