

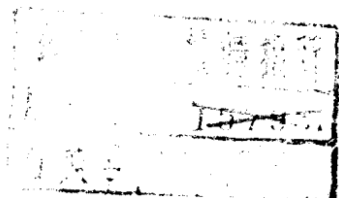


郭元裕 主编

南方圩区除涝系统 最优扩建规划



SHUILI KEJI CHENGGUO CONGSHU



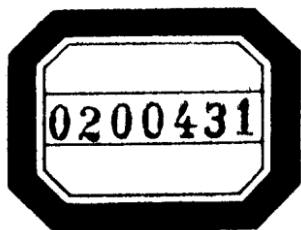
《水利科技成果》丛书



005992 水利部信息所

南方圩区除涝系统 最优扩建规划

郭元裕 主编



水利电力出版社

内 容 提 要

本书较详细地介绍了南方圩区排涝系统最优扩建规划的数学模型、优化方法、程序框图以及实例计算等,可供从事水利工作的工程技术人员以及水利院校的师生参考。

21:68/06

《水利科技成果》丛书
南方圩区除涝系统最优扩建规划
郭元裕 主编

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 5.25印张 114千字
1989年2月第一版 1989年2月北京第一次印刷
印数0001—1530册 定价2.50元
ISBN 7-120-00420-4/TV·183

序

水是人类生存和社会生产必不可少的物质资源。水利工作的基本任务是除水害、兴水利，开发、利用和保护水资源，为工农业生产和人们的物质、文化生活创造必要的条件。普及水利科学技术知识，让更多的人了解和掌握水利科学技术，也是两个文明建设的内容之一。为此，针对水利战线职工和社会上不同文化程度读者的需要，分层次地编写出版水利科普读物是十分必要的。

为了帮助水利科技人员的知识更新，掌握一些现代科技知识，并使水利科技成果更广泛地得到推广应用，尽快地形成生产力；为了使广大农村水利工作人员，掌握一些实用的水利基础知识，并应用于生产实际；为了总结和宣传我国水利建设的伟大成就和悠久历史，介绍水利在四化建设和人民生活等方面的重要作用，激发广大人民群众和青少年热爱祖国江河、关心水利事业，我们组织编写了七套水利科普丛书，包括：《现代科技》丛书、《水利科技成果》丛书、《水利水电施工》丛书、《小水电技术》丛书、《农村水利技术》丛书、《中国水利史》小丛书、《水与人类》丛书。这些科普丛书将由水利电力出版社陆续出版。

编写和审定这些丛书时，力求做到以思想性和科学性为前提，同时注意通俗性、适用性和趣味性。由于我们工作经验不足，书中可能存在某些不妥和错误之处，敬请广大读者给予批评指正。

中国水利学会科普工作委员会

一九八四年七月

水利科普丛书编审委员会名单

主任委员: 史梦熊

副主任委员: 董其林

委 员: 丁联臻 王万治 史梦熊 田 园
李文治 邵凤山 杨启声 张宏全
张林祥 沈坤卿 陈祖安 陈春槐
汪景琦 郑连第 郭之章 赵珂经
茹 智 陶芳轩 谈国良 徐曾衍
蒋元驹 曹述五 曹松润 董其林
颜振元

(以姓氏笔划为序)

前 言

社会生产发展的需要，是科学技术进步的动力。系统工程应用于水资源系统，正是这类系统规划设计和运行管理的需要。根本的目的是为了提高系统的经济效益，实现其规划和管理等技术的现代化。系统分析方法用于圩区排涝系统具有很多优点：它可以进行详尽的经济效益分析；可以提供大量的可行方案，从而得出最优或满意的决策；它既能从全局出发，又能照顾局部；它可以利用通用的电算程序，大大提高规划和管理的效率。

本书是根据作者们多年进行南方圩区排涝系统最优扩建改建规划的经验，在总结分析的基础上编写的。全书分三章：第一章绪论，由武汉水利电力学院郭元裕执笔；第二章湖北省四湖地区排涝系统最优扩建规划，由武汉水利电力学院白宪台执笔，郭元裕、雷声隆以及湖北荆洲地区水利局关庆滔、欧光华等参加编写；第三章由武汉水院郭元裕、邹时民执笔，湖南省水利厅骆祖景、湖南省常德、益阳地区水利局丁梦春、符玉书等参加编写。全书由郭元裕主编。在进行本项科研和编写本书过程中，得到了水利电力部科技司陈炯新同志，湖南省水利厅李鉴澄、金德濂同志、湖北省水利勘测设计院陈炎炉同志以及各有关生产单位的积极支持，在此一并表示感谢。

书中不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

1987年4月

目 录

序

前 言

第一章 绪论	1
第一节 南方圩区除涝排水系统的组成与分类.....	1
第二节 南方圩区除涝排水系统目前存在的问题.....	3
第三节 系统工程在圩区除涝排水系统规划、运行 中的应用.....	5
第二章 湖北江汉平原四湖地区排涝系统最优 扩建规划	8
第一节 概述.....	8
第二节 数学模型.....	15
第三节 求解方法.....	27
第四节 水文分析.....	46
第五节 经济指标分析.....	63
第六节 方案计算和分析评价.....	70
第三章 湖南洞庭湖区垸内排涝系统最优扩建规划	90
第一节 概述.....	90
第二节 数学模型	100
第三节 计算方法	121
第四节 典型圩垸的基本资料及计算成果	135
参考文献	160

第一章 绪 论

第一节 南方圩区除涝排水系统的 组成与分类

我国南方圩区主要指沿江滨湖的低洼易涝地区以及受潮汐影响的三角洲地区。这些地区均系江湖冲积平原，雨量充沛，土壤肥沃，河网密布，湖泊众多，自古以来，劳动人民就在江河两岸和沿湖滩地筑堤围垦，形成了许多大小不等的圩垸，统称圩区。

这一地区的特点是地形平坦，大部分地面高程在江、河（湖）洪枯水位之间，每逢汛期，外河（湖）水位常常高于田面，圩内涝渍水无法自流外排，外洪内涝，严重影响工农业生产，成为圩区的主要威胁。随着水利建设的发展，修堤建闸、联圩并垸，提高了防洪标准。修建排水系统，实施等高截流，撇洪改河，留湖蓄涝等，大大减轻了洪涝威胁。此外，在确保防洪的前提下，大力发展机电排水，进一步提高了圩区除涝能力。目前，南方圩垸已有很大一部分土地能够稳产、高产，成为我国农业生产的重要基地；同时在灌溉、航运、和消灭血吸虫病等方面，也取得了很大成绩，从根本上改变了圩区的面貌。

圩区除涝排水的主要任务有两方面：一是排除因降雨过多而形成的多余地面径流，即除涝；二是排除农田内多余的土壤水分和控制适宜的地下水位，即防渍。有些圩区（如滨海圩区）还有改良和防止土壤盐渍化的任务。除涝和防渍是两个不同的概念，但涝渍往往同时发生，相互影响，所以除涝

和防渍常常联系在一起，大多数排水工程都能起到除涝和防渍的作用。

建国后三十多年来，南方多数圩区已基本建成了比较完整的除涝排水系统，对减免涝渍灾害和发展工农业生产发挥了很大作用。这些系统一般包括排水沟道（包括干、支、斗、农等固定输水沟道和农沟以下的田间排水沟网等）、蓄水设施（包括调蓄湖泊、河网、备蓄区、莲池、鱼塘等）、排水枢纽工程（包括排水闸或挡潮闸和排水泵站等）以及防止高地洪水入侵圩区的撇洪沟（或截流沟）和承纳圩区涝水的容泄区等，其组成及作用还可概括如下模式，见图1-1。

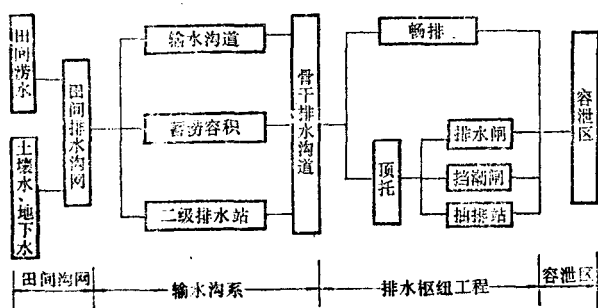


图 1-1 圩区排水系统模式图

圩区除涝排水除了采取上述工程措施外，还可采用改种耐淹作物和深耕细作等非工程的农业措施等。

我国幅员辽阔，各地自然条件差异较大，所以南方圩区就其水文气象和地理水系特点，大体上还可分为以下两大类型：

1. 长江、珠江、钱塘江下游三角洲如江苏、上海、浙江、广东等省市的滨海圩区，其特点是河网密布，外河洪枯

水位变化幅度小（约为1~2m），一般可以在低潮时自流排水，水中含盐量大，易使土壤产生盐碱化。这类圩区的圩境面积往往较小，堤防较矮（海堤除外），防洪任务较轻，但其排涝系统除发挥排除涝水和控制地下水位外，还要洗盐排水；排水闸要兼负挡潮作用，河网及排水闸设计要按非恒定流计算。

2. 长江中游沿江滨湖地区如湖南、湖北、江西、安徽等省的圩区，特点是湖泊较多，外河洪枯水位变化幅度大（达5~7m），自流外排条件差，仅在外江外湖水位不高的情况下，部分高地能自流排水，但是汛期圩外高水位一般持续时间长（达4~5月之久），涝水通常无法自流外排，须要利用圩内河（湖）网滞蓄和修建大型外排泵站抽排。这类圩区的圩境面积一般较大，堤防较高，防洪任务重，要采取经济合理的排蓄涝水的措施，正确处理好排与蓄、自排与抽排、内排站与外排站等的关系。

如果以圩内湖泊大小及其调节性能对圩区进行分类的话，也可将圩区分为两类：一类是圩内具有滞涝容积较大而集中的湖泊，在进行排涝系统的规划和运行时，须要对湖泊做逐时段的调蓄演算；另一类是圩内仅有较小而分散的湖泊，滞涝容积不大，在进行排涝系统规划和运行时，不须进行湖泊逐时段的调洪演算。这样两类圩区本书第二、三章将要分别详细地介绍。

第二节 南方圩区除涝排水系统 目前存在的问题

如上所述，建国后三十多年来，我国南方圩区已修建了

大量的多种多样的排水除涝工程，积累了许多行之有效的排涝经验，对减免涝渍灾害，促进工农业生产发挥了巨大作用。但是随着圩区经济建设和水利科技的发展，对除涝排水系统提出了新的要求，从提高经济效益来看，目前存在着下面一些问题：

第一、现有除涝排水系统尚不配套，还没有充分发挥作用；

第二、除涝标准本来不高，又因种种原因，致使实际除涝标准降低，需增修和扩建排水工程；

第三、现有泵站机电设备年久老化，需更新改建；

第四、圩内湖泊由于不断淤涨和围垦过多，滞涝能力大大缩小，而且在一定程度上破坏了生态环境，需适当退田还湖；

第五、圩内高水低排现象相当普遍，能源和运行费用浪费严重，需改革管理体制，进行除涝排水系统的优化调度；

第六、随着圩区生产的发展，除涝排水系统越来越复杂，原来单纯依靠排水沟和排水闸进行排水的系统，已发展成为撇洪沟、截流沟、湖泊、河网、排水闸和抽排泵站联合工作、蓄泄兼筹、综合利用的多湖、多闸、多站和多目标的除涝排水系统；而且对排涝系统的规划设计的精度、效率和管理水平要求也越来越高。与现有的规划和管理水平不适应，如何最经济、最合理地规划排涝系统？如何充分发挥现有系统的效益？如何确定最优扩建改建方案？如何逐步实现系统的自动控制？都还缺乏深入和系统的研究。

以上问题，都是当前除涝排水工作中亟待解决的课题。而解决的关键和主要途径，就是要坚持实事求是和按自然规律办事的科学态度，讲究经济效益，应用先进的科学技术。

第三节 系统工程在圩区除涝排水系统规划、运行中的应用

社会生产发展的需要是科学技术发展的动力。系统工程应用于除涝排水系统，正是这类系统规划设计和运行管理工作的需要，同时也促进了这门科学的今后进一步发展和提高。

南方圩区的除涝排水系统，一般包括撇洪沟、湖泊、河网、抽排站和排水闸（或挡潮闸）等工程设施，共同承担着设计标准所要求的除涝任务，并兼顾其它综合利用的要求。而系统中每一项工程的规模和布局，都和其它工程设施的规模和布局有着紧密的联系，如能让各项工程合理配合，都处在较优或满意的状态下工作，便可获得最大的除涝效益。因此，无论是各项设施的规模还是它们的布局或运行调度，都存在最优化问题，即每一项工程设施的规模如河湖水面率（圩内河湖水面面积占圩垸总面积的百分数），抽排站装机容量、排水闸闸宽等都应在整个系统最优化基础上求得。但要解决这样一个复杂的问题，用常规的方法是很难完成的，而系统工程和电子计算机的推广应用，为解决这一问题提供了条件。

系统工程理论在圩区排涝系统中的应用，可归纳为下面几个方面：

第一、对除涝排水系统进行最优规划，确定系统各项工程的最优布置和最优规模；

第二、对现有系统进行最优扩建改建规划，确定各项扩建工程和改建工程的布局和规模；

第三、对现有系统进行优化调度，确定在满足除涝要求下能源消耗和运行费用等最小的调度运行方案；

第四、对除涝标准进行优选，确定各地区的最合理的除涝标准；

第五、对系统内水土资源进行最优规划，确定最优综合利用开发方案，以获得最大的经济、社会和生态效益等。

自本世纪50年代以来，国内外将系统分析方法应用于水资源系统的最优规划与最优调度运行，已取得了很大的进展。近十年来，国内在除涝排水方面，也开展了系统分析方法的应用研究，并取得了一定的成果，其中有的已在生产上推广使用，例如：湖北省江汉平原四湖地区、湖南省洞庭湖区和浙江省滨海圩区除涝排水系统的最优扩建规划；四湖地区和洞庭湖区垸内除涝排水系统的最优调度运行研究；湖区最优水面率研究；排水干沟水位的优选；排涝泵站装机的优选；挡潮排水闸的合理布置分析；滨海圩区水土资源综合利用最优规划等。

实践证明，系统分析方法用于圩区除涝排水系统的规划设计和运行管理等方面具有很多优点：它可以进行详尽的经济效益分析，可以提供大量的可行方案和最优或满意的决策，供决策人选择；它既能从全局出发，又能照顾局部；它可以利用通用的规划或管理电算程序，计算分析效率高；而且不会遗漏掉任何一个最优方案。特别大系统优化理论和方法的推广应用，对求解复杂的水资源大系统提供了更有力的工具。目前常用的大系统优化方法是分解-协调法，其具体做法是首先将复杂的大系统分解为若干简单的子系统，以便应用现有的优化技术，分别对各子系统进行择优，实现各子系统的优化；然后再根据大系统的总任务和总目标，使各

支系统相互协调配合，实现大系统的全局最优化。大系统优化方法有很多优点，如可以减少系统的维数，简化系统的复杂性，所建立的模型比较逼真，程序设计比较简便和适用于多目标分析等。本书所介绍的排涝系统最优扩建规划的两个实例，都应用了大系统分解-协调的理论和方法，取得了满意的结果。

1983年，赵紫阳总理视察陕西时，曾谈到水利建设、旱作农业和节约用水等问题，并强调指出：“现在的问题，是要用系统工程的方法，全面统筹，综合论证”，“搞农业、搞水利，同搞工业一样，也要进行决策论证，进行可行性研究，提几个方案，加以比较，选择最佳方案”。1983年，全国水利工作会议也提出在建设方面要运用系统工程方法，全面统筹，综合技术经济论证，达到以较少投资获得最佳效果，以促进水利经济的良性循环。因此，系统工程在水利工程中的应用和普及势在必行，让我们大家来开拓和发展这个科学技术领域，使我国水利建设取得更高的经济效益。

第二章 湖北江汉平原四湖地区排涝系统最优扩建规划

第一节 概 述

一、地区概况

四湖地区位于湖北省江汉平原，雨量充沛，土地肥沃，是著名的农业商品生产基地，但由于地势低洼，汛期外江持续高水位顶托，自流排水困难，易形成渍涝灾害。60年代以来，修建了大量的蓄涝排涝工程，基本上形成了由河网、湖泊、排水闸和抽排站等工程设施所构成的除涝排水系统，对促进该地区农业发展起到了积极作用。但是，不少地方由于过多围垦而造成湖泊调蓄能力不足，加上电排装机偏小，工程不配套，汛期调度运用不当等原因，涝灾仍时有发生。为了保证稳定农业生产并适应农业现代化要求，须对现有的除涝排水系统进行必要的扩建改建。

四湖地区是由长湖、三湖、白露湖和洪湖四大湖而得名（现三湖已全部围垦，白露湖所剩 8km^2 已改成鱼池），其地理位置见图2-1。流域面积 11547.5km^2 ，自北向南倾斜，其中圩垸面积 10375km^2 ，境内除西北部有 2360km^2 属平缓丘陵外，其余都是水网密布的冲积平原。现有大小湖泊30多个，湖面近 700km^2 ，其中洪湖最大（ 402km^2 ）；长湖次之（ 150km^2 ）。区内约有 9000km^2 面积，其地面低于江河夏秋水位 $5\sim 13\text{m}$ ， $5\sim 8$ 月大部分地面径流不能自排。

该地区现已形成上、中、下和螺山四大排灌区（如图

2-1所示)，目前已建有大型调蓄湖泊（洪湖、长湖等）、河网、排水闸、电排站（总装机14.6万kW，其中将涝水排向外河的一级电排装机5.9万kW）等，共同承担着四湖地区的除涝排水任务，收到了显著效果。但从最近几个大水年（如1980年、1983年）实际运行情况来看，还存在一些问题，主要是：

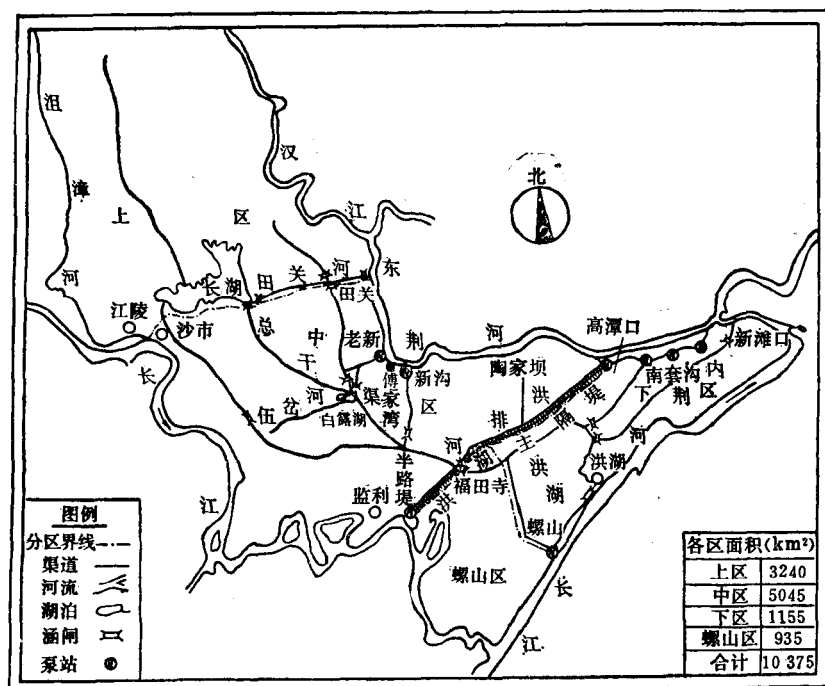


图 2-1 四湖地区略图

1. 上区没有可靠的自排出路。长湖、田关河以北称为四湖上区，来水面积3240km²，其中直接入长湖的有2265.4

km²,田关河是上区唯一的外排通道。由于田关河出口(田关闸)受东荆河水位顶托,汛期闭闸时间长,因而长湖水位抬高,不仅淹没大片基本农田,使沿湖城镇、工业、交通等遭受损失,而且还严重威胁着中、下区的工农业生产和人民生活安全。

2.中、下区和螺山区,排水面积共7135km²,汛期无自排条件,主要靠湖蓄和抽排。而现有湖泊水面率不足6%,一级电排站的设计流量仅为672m³/s,相当排涝模数为0.094 m³/(s·km²),满足不了设计条件下的排涝要求。

二、系统的基本特点与研究途径

四湖地区除螺山区(935km²)基本上自成体系,单独解决除涝问题外,其余上、中、下三区共9440km²,通过贯穿南北的总干渠紧密相连,形成一个规模较大而且各分区、各项工程之间具有错综复杂关系的水资源系统,这是一个比较典型的大系统。从进行除涝系统骨干工程最优扩建规划的角度看,这个系统的主要特点是:

1.规模较大,关系复杂。近10000km²面积上的除涝排水系统组成一个整体,各区之间互相联系,在进行诸分区内各项除涝工程的蓄涝排涝演算时,要同时考虑涝水在上、中、下区之间的传递。

2.湖泊调蓄能力较大。长湖的滞涝水量近3亿m³,洪湖的滞涝水量近6亿m³,孤立一次暴雨成涝机会较少,成涝暴雨往往是强度大、范围广、而且是连续多次的降雨过程。因而在研究这个系统的规划方案时,不仅要考虑总的除涝水量在各项工程间的分配(即径流在空间上的运动);而且要研究湖泊下泄流量过程与下游区间流量过程的组合等,亦即要考虑径流随时间的变化过程。所以这是一个随空间、