



江苏省治涝水文分析 理论与实践

何孝光 朱大伟 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



江苏省治涝水文分析 理论与实践

何孝光 朱大伟 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本书针对江苏省涝区自然地理、气象水文和河流水系等特点,提出了全省涝区划分和分类治理的方法,系统介绍了全省涝区的治涝水文计算方法和理论,以里下河地区为研究实例,利用地理信息系统等先进的技术方法和手段,建立了平原河网地区治涝水文水动力数学模型,并应用于该区域的治涝规划工程研究。全书共分为七章,主要内容包括:绪论、治涝标准拟定、江苏省涝区情况及区划、治涝水文计算方法、主要承泄区水位分析方法、里下河地区水文水动力河网治涝模型等。

本书既适合水利工程规划设计技术人员学习使用,也可作为高等院校相关专业的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

江苏省治涝水文分析理论与实践 / 何孝光, 朱大伟
著. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2019. 11
ISBN 978-7-5170-8275-0

I. ①江... II. ①何... ②朱... III. ①除涝—水文分析—研究—江苏 IV. ①P333.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第280744号

书 名	江苏省治涝水文分析理论与实践 JIANGSU SHENG ZHILAO SHUIWEN FENXI LILUN YU SHIJIAN
作 者	何孝光 朱大伟 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 8印张 195千字
版 次	2019年11月第1版 2019年11月第1次印刷
定 价	48.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

江苏省地处江淮沂沭泗流域下游和南北气候过渡带，地势低洼，暴雨多发，平原洼地的高程偏低，导致因洪致涝的问题突出，涝灾频发。由于治涝面广量大、长期投入不足，易涝区涝灾问题一直是水利发展中的短板，涝灾损失接近或大于洪灾损失的情况已很普遍，直接影响群众的生产生活和社会经济发展。开展治涝规划和治涝工程研究，对保障涝区经济社会发展以及国家粮食安全具有十分重要的意义。

针对洪涝灾害频发的问题，中华人民共和国成立以来，江苏省先后投入大量人力物力进行了防洪、挡潮、除涝、降渍等水利工程建设，基本形成了洪涝分治、高低分排的防洪除涝工程体系，实现了外河水位与地下水位的有效控制，保证了工农业生产持续稳定发展和群众生活安定。但区域治理总体滞后，各涝区普遍存在外排出路不足、内部河道淤积与行水能力下降、河湖水域侵占与调蓄能力衰减，以及涵闸泵站老化失修等问题。至2014年全省部分地区除涝标准还较低，淮河流域各涝区基本达到5年一遇、部分因洪致涝洼地3~5年一遇，沿江和太湖各涝区5~10年一遇，不能适应全省全面建成小康社会和率先基本实现现代化的要求。据统计，2000年以来，江苏省年均因洪涝受灾面积达1033万亩，成灾面积487万亩，绝收面积141万亩，受灾人口达489万人，年均直接经济损失达47亿元。相对洪灾而言，涝灾更频繁、影响范围更广、持续时间更长，经济损失也相对较大。涝灾频发仍然是江苏省水利工作中的突出问题，治涝工程体系仍然是江苏省水利工程体系中的薄弱环节，治涝建设是今后一个时期全省水利建设的主要任务之一。

本书的出版得到“十二五”国家科技支撑计划项目（2015 BAB07B01）和江苏省平原地区水利工程技术研究项目（BM2019330）的出版资助。

限于编者水平，书中错误难免，恳请读者批评指正。

编者

2019年10月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 治涝常用名词解释	1
第二节 洪涝灾害概述	1
第三节 治涝工程体系	5
第二章 治涝标准拟定	7
第一节 治涝标准指标	7
第二节 涝区范围	8
第三节 治涝标准	8
第三章 江苏省涝区情况	12
第一节 自然地理	12
第二节 气象水文	12
第三节 水系概况	12
第四节 社会经济	14
第五节 涝区概况	14
第六节 涝灾情况	15
第七节 治涝过程	19
第八节 涝区治理现状	20
第四章 江苏省治涝区划	22
第一节 治涝范围	22
第二节 涝区划分	22
第三节 涝区分类	25
第四节 涝区分类治理方法	26
第五节 涝区治理格局	27
第五章 治涝水文计算方法	33
第一节 水文气象	33
第二节 水文基础资料	38
第三节 水文分析方法	38
第四节 省际边界河流水文水利计算	47

第五节	典型圩区排模计算	48
第六节	典型涝区水文分析案例——烧香河流域设计洪水计算	52
第六章	主要承泄区水位分析方法	66
第一节	验潮站情况	66
第二节	潮位分析方法	67
第三节	排涝设计潮型的确定	69
第四节	重点区域与河湖承泄区控制水位分析	72
第七章	里下河地区水文水动力河网治涝模型	75
第一节	里下河地区概况	75
第二节	技术路线及方法	79
第三节	基础数据与处理分析	85
第四节	模型构建	92
第五节	模型率定验证	102
第六节	工程案例计算分析——规划工程效果分析	108
参考文献	122

第一章

绪 论

第一节 治涝常用名词解释

涝区：雨水过多，排水不及时，常易在地面上产生积水的区域。

涝灾：因雨水过多未能及时排除对农作物、设施等各类财产和人类活动产生的危害。

治涝标准：保证涝区不发生涝灾的设计暴雨频率、暴雨历时、涝水排除时间及排除程度。

排涝模数：相应于治涝标准的涝区单位面积上的排水流量。

设计排涝流量：相应于治涝标准的排水流量。

设计排涝水位：相应于治涝标准且不产生涝灾的排涝沟渠、河道、滞涝区和承泄区控制水位。

蓄（排）涝起始水位：排涝期开始时，排涝沟渠、河道和滞涝区等水位不得超过或须降至其下的水位。

蓄涝水面率：涝区内滞蓄涝水区域的水面面积占涝区总面积的百分比。

滞涝区（蓄涝区）：涝区内可以滞蓄涝水的坑塘、洼地、河道、湖泊等区域。

承泄区：涝区外承泄或容纳涝区涝水的江河、湖泊、海洋等区域。

第二节 洪涝灾害概述

中国是世界上自然灾害最严重的少数国家之一，灾害种类多、发生频次高、分布地域广、造成的损失大。常年受灾人口在 2 亿人次以上，近 10 年来每年因自然灾害造成的经济损失都在 1000 亿元以上。随着国民经济的发展、生产规模的扩大和社会财富的增长，自然灾害造成的损失也在逐年上升，已经成为影响中国经济发展和社会安定的重要因素。

洪涝灾害具有发生频次高、影响范围广、造成的损失大和突发性强等特点，自古以来就是人类高度关注和深入研究的自然灾害之一，在联合国关注的 15 种主要自然灾害中，洪涝灾害的破坏程度最为严重，所造成的死亡人口最多。亚太地区包含世界上最大的大洲、大洋，气候复杂多变，区域差异明显，成为洪涝灾害发生最频繁的地区，1900—2010 年全球共发生洪涝灾害 2806 次，造成死亡人口 689.19 万人，受灾人口 28.5 亿人次，经济

损失达 2.65 万亿美元。其中,亚洲发生洪涝灾害 1125 次,死亡人口 676.25 万人,受灾人口 27.4 亿人次,经济损失达 1.32 万亿美元,分别占全球的 40.1%、98.1%、96.1% 和 49.8%。此外,洪涝灾害在亚洲自然灾害造成的损失中所占比重较大。据统计,1900—2010 年亚洲共发生各类自然灾害 3402 次,造成死亡人口 1728.36 万人,受灾人口 52.3 亿人次,经济损失达 4.61 万亿美元;洪涝灾害的发生次数、因灾死亡人口、受灾人口和经济损失分别占亚洲自然灾害总量的 33.1%、39.1%、52.4% 和 28.6%。可以看出,洪涝灾害所影响人口占各类自然灾害的 1/2 以上,其发生次数、造成死亡人口和经济损失占各类自然灾害的 1/3 左右。因而,亚洲是世界上自然灾害最为严重的地区,洪涝灾害又是亚洲地区主要的灾害类型。随着经济社会的快速发展,人类活动和气候变化对洪涝灾害的影响越来越明显,经济全球化趋势则会进一步放大洪涝灾害的影响。亚洲太平洋地区地形条件复杂、地域辽阔,虽有少数经济较发达的国家和地区,但大部分国家属于发展中国家,还有极度贫困落后的地区,集中了全世界绝大多数的贫困人口,是新兴经济体集中分布的区域。一方面,经济快速发展,社会财富高度集中,人口密度较大;另一方面,基础设施、防灾减灾能力建设相对滞后,受各类自然灾害的影响比较严重。

从全球范围来看,洪涝灾害主要发生在多台风暴雨地区,由于台风是产生于热带海洋上的强热带气旋,经过时常伴随大风、暴雨或特大暴雨等强对流天气,短时强降雨经常会诱发一系列次生灾害和衍生灾害,形成灾害链,台风和暴雨不仅能直接诱发洪水、涝渍、水土流失、风暴潮、巨浪等直接灾害,还会通过洪水和风暴潮进一步引发崩塌、滑坡、泥石流、海水污染和机械故障等衍生灾害,且衍生灾害之间又会相互影响,引起病虫害、断电、火灾等,从而加重洪涝灾害的影响。洪水一般发生在汛期和以降水为主要补给的河流的中下游地区。涝渍是洼地积水不能及时排除的现象,多发生在蒸发弱、排水不畅的低洼地。由于洪水和涝渍往往接连发生,在低洼地区很难截然分开,一般统称为洪涝。洪涝灾害既有自然属性,又有社会经济属性。自然属性是指洪水的自然变异程度达到一定标准,主要受地理位置、气候条件、地形地势等因素的影响。从地理位置看,洪涝往往发生在大陆边缘地带;从气候因素看,洪涝灾害主要集中在中低纬度台风暴雨多发地区,如亚热带季风区、亚热带湿润气候区、温带海洋性气候区;从地形因素看,地形地势对洪涝灾害的强度、空间分布影响显著。

从近 20 年亚太地区洪涝灾害变化趋势来看,受全球气候变化等因素的影响,极端天气气候事件及其引起的洪涝灾害明显增多,造成的死亡人口和经济损失总体呈上升趋势。由于西太平洋地区是台风主要发源地,面对太平洋的东亚、东南亚因台风暴雨发生洪涝灾害的概率显著高于其他地区,中亚由于远离大洋,降水稀少,发生洪涝灾害的次数极少;太平洋地区则由于直接面对大洋,经历较多的台风暴雨而形成洪涝。在洪涝灾害造成死亡人口方面,尽管南亚发生洪涝灾害的次数通常低于东南亚,但死亡人口显著高于东南亚,主要原因是南亚受地形影响较大,大的台风暴雨过程易受喜马拉雅山阻挡使灾情放大;东南亚地区多平原和丘陵,能够使台风的能量逐渐释放殆尽,同一规模的台风暴雨对不同区域的影响显著不同。关于经济损失,在洪涝灾害发生次数相近的情况下,东亚地区的经济损失显著高于其他地区,主要由于东亚地区经济比较发达,一次较大洪涝灾害可能摧毁多

年的经济积累。亚太地区洪涝灾害的发生次数、死亡人口和经济损失均具有明显的月际变化特征。从发生次数看，东亚地区洪涝灾害的频发期为6—8月；南亚地区洪涝灾害的频发期为6—10月；东南亚、西亚和太平洋地区全年均有发生，其中东南亚总体发生次数较多，仅在3—5月出现一个低谷，其他月份较为平稳；西亚洪涝灾害发生频次较高的是3—8月，但相对其他地区全年各月份差异较小。太平洋地区的洪涝灾害主要发生在秋冬季节，也就是南半球的春季和夏季。

根据亚太地区41个典型国家1990—2010年洪涝灾害特征分析，东亚的中国和南亚的印度洪涝灾害发生次数合计达287次，占亚太地区洪涝灾害发生总数的26.28%，中国、印度发生洪涝灾害次数较多，与两国广阔的国土面积和多种气候类型有关。此外，印度尼西亚、伊朗、孟加拉国、菲律宾、泰国、阿富汗、越南、巴基斯坦8国洪涝灾害的发生次数均超过45次。相对而言，西亚的科威特、伊拉克、黎巴嫩、约旦，中亚的乌兹别克斯坦、土库曼斯坦和太平洋地区部分国家洪涝灾害的发生次数较少。洪涝灾害造成的死亡人口、受灾人口以及经济损失也大致呈现类似规律。但是每次洪涝灾害造成损失与洪涝灾害总体损失的分布规律不同。例如，每次洪涝灾害造成死亡人口最多的不是印度和中国，而是尼泊尔，高达178.85人/次。柬埔寨、塔吉克斯坦、不丹、朝鲜、韩国、也门等国家发生洪涝灾害的次数并不多，但平均每次洪涝灾害造成的死亡人口在亚太各国中相对较多。在洪涝灾害发生次数相对较多的斯里兰卡、马来西亚和澳大利亚，平均每次洪涝灾害造成的死亡人口较少。洪涝灾害造成的死亡人口既与当地防洪减灾能力有关，也与当地人口密度相关。每次洪涝灾害造成经济损失最高的国家为朝鲜，达到11.34亿美元/次，主要原因是朝鲜的经济发展水平相对落后，防洪减灾能力比较薄弱。除朝鲜外，每次洪涝灾害造成经济损失较高的国家是中国和日本，分别达到9.54亿美元/次和6.63亿美元/次。可以看出，每次洪涝灾害造成经济损失与亚太各国的经济密集度高度相关，中国、日本、韩国、印度均是亚太地区经济发展水平相对较高的国家，在空间布局上经济密集度较高，每次洪涝灾害造成的经济损失也较高。

受季风以及地理位置、地形和地貌等因素影响，中国是世界上洪涝灾害频发且严重的国家，洪水灾害不仅范围广、发生频繁、突发性强，而且损失大。据统计，20世纪90年代以来，中国年均洪涝灾害对国民经济造成的直接损失在千亿元以上，其中1998年长江发生了全流域大洪水，嫩江、松花江发生了流域性特大洪水，西江和闽江也发生了特大洪水，全国因洪灾死亡4150人，直接经济损失达2550.9亿元。进入21世纪，中国暴雨洪涝呈现新的特征，主要体现在中小河流洪水、山洪、暴雨诱发的泥石流和滑坡，以及城市内涝灾害频发，造成人员伤亡和巨大财产损失。2007年，重庆、济南因暴雨引发特大水灾，造成93人死亡、10人失踪。2010年，全国因中小河流洪水和灾害死亡人口为2824人，占当年洪涝灾害死亡总人数的87.6%。另外，近60年全球平均增温达0.12℃/10a，21世纪末全球地表气温将可能升高0.3~4.8℃。1909年以来中国变暖速率高于全球平均值，每百年升温0.9~1.5℃。全球变暖会导致水循环出现变异，降水时空分布更加不均匀。气候变化改变了大气持水能力，将引起洪水等极端水文事件出现的频率和强度的变化，使得一些地区的洪水风险增加，可能会进一步加剧洪涝灾害的发生。

从中国历次洪水统计看，中国洪水有明显的高频期和低频期阶段，近30年来洪水年

际变幅大部分呈现增加趋势，部分地区强降水频发、旱涝并重、突发洪涝、旱涝急转等现象日益突出。与1951—1980年相比，1981—2010年珠江、长江、闽江等流域10年一遇以上的洪峰流量值有所增大。对于重现期为50年的特大洪水，珠江流域70%断面、淮河流域32%断面的设计洪峰值呈增加趋势。中小流域极端降水与洪涝事件的频次和强度总体也呈现增加和增强态势，局部地区短历时强降水事件频发，中小河流洪水增多、增强。

洪涝灾害始终是中华民族的心腹之患。从以上分析可以看出，在气候变化和人类活动影响加剧的背景下，洪涝灾害仍是未来中国严重的自然灾害之一。虽然气候变化趋势预估存在不确定性，但预计未来随着全球变暖，中国强降水、洪涝等极端水文事件增多的可能性甚大，洪涝灾害还有不断加重的趋势，加大了水旱灾害风险和防汛抗旱调度指挥风险。

中国洪涝灾害频发既有自然因素的作用，也有人类活动的影响。长期以来，人们不断地改造自然和利用自然，目的是使自然造福于人类，但这种活动有时却带来了负效应。如建造水库的目的是防洪，围湖造田的目的是增加土地资源，开采地下水的目的是解决水资源问题等，但是在某些情况下，这些人类活动却产生了增灾效应。植被破坏就是人类活动的增灾效应之一，植被具有蓄水保土的功能，但是，随着人口的激增和经济的发展，乱砍滥伐森林的现象十分严重，目前中国的森林覆盖率只有11.5%，远低于世界平均水平(31.3%)。由于植被大量破坏，水土大量流失，因而在洪涝灾害中出现了洪峰流量增大、洪水总量增加、河床淤高、洪峰水位上升；湖泊、水库淤浅，调蓄洪水能力减小；峰现时间提前，抢险时间缩短等灾害。人为设障阻水缩窄河道，降低河道泄洪能力，也导致灾害加剧。平原地区地势低平，水流速度缓慢，加上河道的自然淤积或人为堵塞，导致平原地区涝水出路不足，涝灾灾情大于洪灾现象时有发生。1991年淮河、太湖流域的特大洪涝灾害中，涝灾损失占80%以上。太湖原有出水口门208个，2014年只剩下103个，1991年太湖流域的洪水比1954年小，但太湖洪水位却比1954年高0.14m，形成了“关门淹”，虽然采取了紧急措施，开通了东太湖的部分出水口门，炸除了3处横隔堤，但太湖4.79m的洪水位仍持续了14天之久。围湖造田能够增加土地资源，但湖泊是天然的蓄水库，能够削减洪峰，对洪水具有显著的调蓄作用，如太湖流域的湖泊可蓄洪67亿 m^3 ，约占1991年梅雨期洪水总量的52%。因此，如果盲目地围垦湖泊，必将降低湖泊的调节能力，使洪涝灾害加重。

随着社会经济的不断发展，城市逐渐增多，出现了流域城市化的趋势。中国城市化流域面积也在显著增加。流域城市化的增灾效应主要表现在三个方面：首先，城市下垫面的性质使城市出现正的辐射，加上市区的人为热释放，使城市变成一个热岛，城市上空对流加强，再加上烟尘形成的凝结核，使城市地区的暴雨频繁出现或降水量增大；其次，城市化地面渗水能力低，绝大部分暴雨以地面径流的形式排入江河，直接加大洪峰流量；最后，城市中人口和物质高度集中，因此在洪水中，城市的受灾机会增加。住房城乡建设部2010年对国内351个城市专项调研显示：2008—2010年，有62%的城市发生过不同程度的内涝，其中内涝灾害超过3次的城市有137个，在发生过内涝的城市中，57个城市的最长积水时间超过12h；2012—2015年，全国受淹城市分别高达184个、234个、125个和168个；2016年汛期，武汉、南京、景德镇、吉林、宜兴等城市又轮番上演“城市看海”的景象。从历史分期及地理分布看，1990—1994年，全国各城市共发生洪涝灾情

2085次（不含香港、台湾、澳门），这5年中，除辽宁、内蒙古、青海、西藏和新疆等地的部分城市未发生过洪涝灾害以外，其余各地区均发生了不同次数的洪涝灾害，其中，洪涝灾害次数大于5次的城市主要分布在长江中游城市群、京津冀城市群、珠三角城市群，以湖南省益阳市的洪灾次数最多，5年内发生洪涝灾害18次，其次为湖南省衡阳市、湖北省黄冈市，均为17次，另外山东省济宁市、聊城市、临沂市、菏泽市的洪灾也较为频繁，5年内的洪涝灾害均超过14次。1995—1999年，全国各城市共发生洪涝灾情1390次，与1990—1994年相比，洪涝灾害次数大幅减少，主要发生在长江中游城市群，以湖南省益阳市的洪灾发生次数最多，5年内共发生洪涝灾害19次，其次为湖北省荆州市、宜昌市。2000—2004年，全国各城市共发生洪涝灾情1287次，其间，全国大部分地区洪涝灾害次数均小于4次，洪涝灾害次数大于5次的地区主要分布在长江中游城市群、成渝城市群，以重庆市的洪灾次数最多，5年内发生洪涝灾害17次，其次为贵州省遵义市、毕节地区、六盘水市，均为14次。2005—2009年，全国各城市共发生洪涝灾情2380次，全国城市洪涝灾害次数明显增多，洪灾较为频繁的地区位于成渝城市群、珠三角城市群，其中，四川省达州市和重庆市的洪灾次数最多，5年内发生洪涝灾害均为24次。2010—2014年，全国各城市共发生洪涝灾情2270次，洪涝灾害频繁的城市主要分布在珠三角城市群，以广东省的洪灾最为频繁，发生洪涝灾害次数高达23次，该省茂名市、清远市、肇庆市、江门市、湛江市、梅州市的洪灾次数最多。1990—2014年，全国各城市洪涝灾害总次数呈现出先减小后又逐步增加的趋势，从整个国家来看，城市洪涝灾害越来越频繁。

中国城市洪涝灾害程度与城镇化发展具有一定的相关性。城市化水平的提高推动了社会经济的迅猛发展，但同时也带来了地区人口密度的急剧加大和生态环境条件的改变，进而引起地区局部气候和水循环条件发生变化，导致洪涝灾害强度不断增强、频次增加。城市化降低了水面率和植被覆盖率，改变了城市的下垫面环境，雨水的下渗能力减弱，加快了雨水的汇流速度，排涝压力明显加大，进一步增加了暴雨洪涝灾害的风险，且相对于其他地区而言，城市的人口和财富比较集中，受到洪涝灾害的威胁更大。因此，城镇化率对城市洪涝死亡人口、受灾人口、直接经济损失有较大的影响，城镇化率与洪涝损失之间存在较强关联。随着城市管理、医疗以及灾害预报预警等水平的提高，因灾死亡人口数量得到控制，但洪涝直接经济损失与日俱增，因经济活动中断所造成的损失比重增加。

第三节 治涝工程体系

治涝工程体系组成部分包括：撇洪分隔工程（撇洪沟、截洪沟、圩堤等）、汇流滞蓄工程（排涝沟渠、排涝河道、滞涝区等）、排水枢纽工程（排水涵、泵站）和承泄区（江、河、湖、海域等）。

撇洪沟是实现高水高排、低水低排规划开挖的拦截涝区上游高地坡水的工程方案，截洪沟是拦蓄涝区内部高地涝水的工程方案，两者目的均是减轻下游涝区排涝压力。撇洪沟、截洪沟线路布置一般沿磅山一侧及涝区边缘布置，并就近汇入排水干沟或承泄区，因

为撇洪沟、截洪沟水位明显高于排水干沟或承泄区水位，故交汇处设防冲设施。滞涝区是涝区内的湖泊、洼地、河流、沟渠、坑塘等可以滞蓄涝水的地方，可以减轻渍涝灾害，削减排水流量，减少抽排泵站装机规模。

圩堤是可结合道路或其他地物将涝区分为几个单独区域进行防护的堤防，当涝区外水位高时，可防止外水倒灌和漫没。圩堤一般根据涝区地势地形条件、河流水系、承泄区等分布情况布置。排涝河道是指承担涝区排涝任务的天然河道，有别于由人工开挖形成的排涝沟渠。天然河道大都还同时承担防洪、供水、灌溉等任务，河道沿途有城镇、农田、场（厂）区等不同保护对象的涝水汇入，涝区以上河道及众多支流的洪涝水也要进入涝区河道。各级排水河道的水位要相互衔接，下级河道的水位要满足上级河道的排水要求。当受地形和承泄区水位影响无法衔接时，可建挡洪闸或排涝站，采用自排结合抽排的治涝措施。

排涝沟渠主要指由人工开挖形成的面上骨干排涝沟道，包括面上排涝大沟、截洪沟等。排涝沟渠一般根据涝区的地形条件，并结合灌溉渠系和田间道路等统筹进行布置。

排涝涵闸包括排涝涵（有闸门或无闸门控制、以涵洞穿越堤防或道路）和排涝闸（有闸门控制、以开敞式修建于堤防上或拦河布置），一般位于上下级河道交汇处、滞涝区出口等，分为闸前有滞洪区的涵闸和闸前无滞洪区的涵闸。闸下一般排入排涝河道或直接进入承泄区。平原河道水面比降平缓，排涝涵闸过闸落差的大小直接关系到涵闸和河道工程的规模，因此要经充分论证技术经济比较后确定。

排涝泵站为在充分利用现有湖泊、洼淀、沟塘调蓄涝水后仍无法自排的涝水，需建站提排，一般位于涝区出口，也有少部分位于涝区内部二级提排。

承泄区为涝水的最终排出场所，主要为大江、大河、湖泊洼地、海洋等。根据涝区所在地形、水系条件和排水要求，合理确定排涝承泄区非常重要。当采取涝区内部工程措施不能满足排水区排水要求，或者满足排水区排水要求但经济不合理时，就需要对承泄区进行整治，包括：疏浚河道，整治清障，扩大泄洪断面，降低水位；退堤扩宽、扩大河道过水断面；治理湖泊，改善蓄泄条件，整治湖泊的出流河道，改善泄流条件，降低湖水位；在湖泊过度围垦的区域，考虑退田还湖，恢复湖泊蓄水条件，修建减流、分流河道等。

第二章

治涝标准拟定

第一节 治涝标准指标

目前中国各地对治涝标准的表述方式不尽相同，主要与各地区的自然条件相关。大部分地区的治涝标准指标体系采用三要素，即设计暴雨重现期、降雨历时、排除时间。有些地区直接采用单一要素——设计暴雨重现期。《灌溉与排水工程设计规范》（GB 50288—2018）中采用设计暴雨重现期作为指标，将降雨历时、排除时间、排除程度作为辅助参数。江苏省治涝标准指标采用设计暴雨重现期，如江苏农田水利排涝标准一般采用日雨两日排除。

《治涝标准》（SL 723—2016）推荐的涝区治涝标准应同时从设计暴雨重现期、设计暴雨历时、涝水排除时间和涝水排除程度等指标表示，主要分为农区、城区两类评判指标。

农区评判指标：农区主要是指农田涝区，包括村庄。农区治涝标准评判的定量指标采用“耕地面积”和“作物种类”两项；定性指标采用“淹没损失”和“调蓄能力”两项，其中“淹没损失”是作为提高或降低治涝标准的参考因素，“调蓄能力”可作为确定设计降雨历时和排除时间的因素。

城市评判指标：城市治涝标准的定量指标主要有“常住人口”和“当量经济规模”两项；定性指标主要有“重要性”和“淹没损失”两项，其中“淹没损失”作为提高或降低治涝标准的参考因素。

根据多项研究成果分析，治涝标准与耕地面积无明显的定量关系，但仍存在一定程度的正相关关系。鉴于耕地面积较大的涝区受灾损失的绝对值也相对较大，因此治涝标准宜采用相对高值。治涝标准指标体系考虑了耕地面积指标，同时根据水利水电工程等级划分标准，按“50万亩以上为大型灌区”的规定，将50万亩作为确定农田不同治理标准的评判条件。

对于农区田，“排除程度”针对不同的作物种类要求有所不同：对旱作而言，是指将涝水排至田面无积水，无积水的面积占涝区面积的90%~95%就可以；对水田而言，是指排至水稻的耐淹水深。水田的耐淹水深有不同理解，从公式 $R_s = P_T - h_s - f - ET$ 可以看出，水田需要排除的涝水深是由降雨量减去田间蒸发渗漏量和水田滞蓄水深，而水田滞蓄水深为耐淹水深减雨前水深，由此理解，在排水期间，田面水深在一定时段内是超过耐淹水深的。

对于城市，各地区的“排除程度”也不相同，如有“将涝水排干”“不成灾”“不漫溢”“排除”“不积水”“不淹主要建筑物”等多种表达，因此，城区治涝的“排除程度”，需要针对各个城市的具体情况分析确定，一般要排至地面以下或某个设定水位。

为了反映经济指标对防护区治涝标准的影响，提出了当量经济规模的概念，即

$$\text{当量经济规模} = \text{人均 GDP 指数} \times \text{防护区人口}$$

其中

$$\text{人均 GDP 指数} = \text{防护区人均 GDP} / \text{全国人均 GDP}$$

当量经济规模指标可理解为经济意义上的“人口”，是反映城市总人口和经济发展水平的经济总量综合指标，与城市的自然人口含义不同但关系密切。

由于治涝标准的指标体系是由设计暴雨重现期、降雨历时、排除时间、排除程度四项指标组成，因此提高治涝标准并不能简单地理解为仅仅是提高暴雨重现期，因为缩短涝水排除时间也是提高涝区治理标准。因此，在确定易涝区的治理标准时，往往涉及暴雨重现期、降雨历时和排除时间的多种可能组合，在实际应用中应综合分析确定。

《治涝标准》提出的农区、城市等治涝标准，是针对特定对象，即被保护对象的标准，有其自然属性，不能轻易改变。以水稻为例，涝水排除时间 3~5 天是其能承受的耐淹时间，如淹没时间超过此限度，就会产生较大的涝灾损失。因此治涝标准指标一般不做大的变动。

第二节 涝区范围

涝区是雨水过多，排水不及时，常易在地面上产生积水的区域。涝区范围的大小与选定治涝标准密切相关，划定涝区范围时，应根据易涝地区的涝水特征和致涝成因，统筹考虑区域地形地势条件、河流水系、湖泊和承泄区分布等因素，结合行政区划，综合分析确定。涝区可以分为几部分单独治理，具有几个独立排涝系统的，应根据涝区内的排水体系、地形、河流、道路和其他地物的分隔情况及治涝工程布置条件，进行涝区分片，分别确定治涝标准。治涝标准应根据保护对象的排涝要求确定。当涝区内仅有农田、城市、乡镇、村庄或重要场（厂）区等单一保护对象时，其治涝标准按保护对象的有关规定分别确定。当涝区内有两种及以上保护对象，且不能单独治理的，治涝标准应统筹考虑不同保护对象的排涝要求，综合分析确定。涝区内某个保护对象要求的治涝标准高于整个涝区的治理标准，且能够单独形成排涝系统时，该保护对象的治涝标准可单独确定。涝区人口、耕地、经济指标的统计范围采用相应标准涝水的保护受益范围。

第三节 治涝标准

一、农田

对于以水稻作物、旱作物或经济作物为主的农田涝区，根据涝区内的主要作物种类确定其治涝标准；对于作物种类较多、各类作物比例差别不大的农田涝区，其治涝标准可综合分析确定。农田的设计暴雨重现期根据涝区耕地面积和作物种类确定，见表 2-1。

表 2-1 农田设计暴雨重现期

耕地面积/万亩	作物区	设计暴雨重现期/年
≥50	经济作物区	20~10
	旱作区	10~5
	水稻区	10
<50	经济作物区	10
	旱作区	10~3
	水稻区	10~5

对于作物经济价值较高、遭受涝灾后损失较大或有特殊要求的涝区，经技术经济论证后，其设计暴雨重现期可适当提高，但不宜高于 20 年；遭受涝灾后损失较小的涝区，其设计暴雨重现期可适当降低。

农田涝区的设计暴雨历时、涝水排除时间和排除程度，综合考虑涝区的地形地势、排水面积、作物种类、田间滞蓄涝水能力等因素，经论证后确定。农田涝水排除程度，应按从作物受淹起，经济作物和旱作物在排除时间内排至田面无积水，水稻田在排除时间内排至作物耐淹水深。农田设计暴雨历时、涝水排除时间和排除程度确定见表 2-2。

表 2-2 农田设计暴雨历时、涝水排除时间和排除程度

作物区	设计暴雨历时	涝水排除时间	涝水排除程度
经济作物区	24h	24h	田面无积水
旱作区	1~2d	1~3d	
水稻区	2~3d	3~5d	耐淹水深

注 表中设计暴雨历时与涝水排除时间均针对田间排水。

对于有特殊要求的作物，根据作物耐淹程度，可适当调整设计暴雨历时和涝水排除时间。种植有多种不同作物的涝区，应根据作物种植结构和特点，经综合分析后确定耐淹水深和涝水排除时间。农作物的耐淹水深和耐淹历时，应根据当地或邻近地区有关试验和调查资料分析确定。无调查和试验资料的可参照表 2-3 确定。

表 2-3 几种主要农作物耐淹水深和耐淹历时

农作物	生育阶段	耐淹水深/mm	耐淹历时/d
小麦	拔节—成熟	5~10	1~2
棉花	开花、结铃	5~10	1~2
玉米	抽穗	8~12	1~1.5
	灌浆	8~12	1.5~2
	成熟	10~15	2~3
甘薯		7~10	2~3
春谷	孕穗	5~10	1~2
	成熟	10~15	2~3

续表

农作物	生育阶段	耐淹水深/mm	耐淹历时/d
大豆	开花	7~10	2~3
高粱	孕穗	10~15	5~7
	灌浆	15~20	6~10
	成熟	15~20	10~20
水稻	返青	3~5	1~2
	分蘖	6~10	2~3
	拔节	15~25	4~6
	孕穗	20~25	4~6
	成熟	30~35	4~6

对于蓄涝条件好、调蓄容积较大的涝区，可根据河网水文特性、调蓄能力等采用较长历时的设计暴雨进行涝水蓄泄演算，区域排水时间可根据暴雨特性和区域特点分析确定。

二、城市

城市治涝标准是指承接市政排水系统排出涝水的区域的标准。城市市政排水系统的排水标准仍按市政相关规范的规定确定。城市涝区的设计暴雨重现期根据其政治经济地位的重要性、常住人口或当量经济规模指标确定，见表 2-4。

表 2-4 城市设计暴雨重现期

重要性	常住人口/万人	当量经济规模/万人	设计暴雨重现期/年
特别重要	≥ 150	≥ 300	≥ 20
重要	$< 150, \geq 20$	$< 300, \geq 40$	20~10
一般	< 20	< 40	10

遭受涝灾后损失严重及影响较大的城市，其治涝标准中的设计暴雨重现期可适当提高；涝灾损失和影响较小的城市，其设计暴雨重现期可适当降低。提高或降低标准均应经技术经济论证。

设计暴雨历时、涝水排除时间和排除程度综合考虑排水面积、蓄涝能力、承泄区条件等因素，经论证后确定。设计暴雨历时和涝水排除时间可采用 24h 降雨 24h 排除，一般地区的涝水排除程度可按在排除时间内排至设计水位或设计高程以下控制，有条件的地区可按在排除时间内最高内涝水位控制在设计水位以下。排涝水位的计算，要与市政排水系统水位相互衔接。

三、乡镇和村庄

乡镇包括建制镇、乡（含民族乡）人民政府所在地和经县级人民政府确认由集市发展而成的作为农村经济、文化和生活服务中心的非建制镇及独立的安全区；村庄是指农村村民居住和从事各种生产的聚居点。有市政管网系统的乡镇、村庄的治涝标准应按照城市的

有关规定制定，零星小村庄可与农田统筹考虑。本书研究确定的乡镇、村庄的治涝标准均针对无市政管网系统的乡镇和村庄。

乡镇、村庄的设计暴雨重现期根据其政治经济地位的重要性、常住人口或当量经济规模确定，见表 2-5。

表 2-5 乡镇、村庄设计暴雨重现期

保护对象	重要性	常住人口/万人	当量经济规模/万人	设计暴雨重现期/年
乡镇	比较重要	≥ 20	≥ 40	20~10
	一般	< 20	< 40	10
村庄		< 20	< 40	10~5

对于人口密集、遭受涝灾后损失及影响十分严重的乡镇、村庄，经论证后，其设计暴雨重现期可适当提高，但不宜高于 20 年。乡镇、村庄的设计暴雨历时和涝水排除时间可采用 24h 降雨 24h 排除；乡镇、村庄的内河（湖）水位应控制在设计排涝水位以下，并与外河（湖）的排涝水位相互衔接。

四、重要场（厂）区

重要场（厂）区包括面积较大的机场、电厂、独立场（厂）区，以及易受涝水影响的独立工业园区和开发区等。重要场（厂）区的治涝标准，指承接重要场（厂）区排出涝水的区域的标准。重要场（厂）区内部的排水标准按场（厂）区设施的相关行业标准确定。若场（厂）区内部排水有特殊要求时，通过提高自保能力并辅以其他措施予以解决。重要场（厂）区的设计暴雨重现期根据其重要性、规模及地形条件等分析确定，但不宜低于 10 年。重要场（厂）区的设计暴雨历时、排除时间和排除程度采用 24h 降雨 24h 排除并满足水位控制要求，控制水位可按地面高程或设计水位确定，并应满足排水过程中水位控制要求。对于遭受涝灾后损失严重、影响较大的重要场（厂）区，经论证后，设计暴雨重现期可适当提高。承接涝水区域的工程规模与重要场（厂）区的排水规模相衔接。

五、城乡混合区

城乡混合区的治涝标准根据其中城市部分和乡村部分的不同构成、所占比重及对排涝的具体要求，综合分析，合理确定。工业园区的治涝标准参照城市排水标准确定，圩区的治涝标准按圩区的性质（工业圩、农业圩或混合圩等）相应确定。