

灌区节水  
改造技术

丛书

- 冯广志 主编
- 丘传忻 李继珊 编著

# 泵站改造

*Rehabilitation of  
Pumping Station*



中国水利水电出版社

丛书



TV675  
F459/2

冯广志 主编  
丘传忻 李继珊 编著

# 泵站改造

*Rehabilitation of  
Pumping Station*



中国水利水电出版社

## · 内容提要 ·

本书系“灌区节水改造技术丛书”之一。其主要特点是从安全、经济、节能的观点出发,全面系统地阐述泵站改造的基本原则和新概念、新技术和新方法。主要内容包括:泵站的参数复核、现场测试、可行性分析,以及水泵、电机、进出水管(流)道、进出水建筑物、电气及监控系统的改造和改造泵站的验收等。本书确立了泵站中水泵、动力机、传动装置、管道和进出水池等各部分之间内在的相互关系,介绍了泵站效率及泵站能耗计算,水泵优化选型和泵站最优参数的优化组合,经济管径的计算方法,大型泵站虹吸出水流量超驼峰运行的技术改造,泵站的优化运行和微机监控自动化等。本书收集了国内外大量的资料,总结了国内外的先进经验,并附有大量的计算实例。

本书可供机电排灌泵站工程技术人员学习,也可供南水北调等流域调水、给水排水、工业供水、环境保护等行业的泵站工程技术人员,以及相关专业的本科生和研究生学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

泵站改造/丘传忻,李继珊编著. —北京:中国水利水电出版社, 2004

(灌区节水改造技术丛书/冯广志主编)

ISBN 7-5084-2373-9

I. 泵... II. ①丘...②李... III. 泵站—技术改造  
IV. TV675

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第095066号

书 名	灌区节水改造技术丛书 泵站改造
作 者	冯广志 主编 丘传忻 李继珊 编著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	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	北京市兴怀印刷厂
规 格	850mm×1168mm 32开本 14.125印张 383千字 1插页
版 次	2005年1月第1版 2005年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	38.00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

# 灌区节水改造技术丛书

## 编 委 会

- |       |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| 名誉主任  | 翟浩辉 |     |     |     |
| 主任委员  | 冯广志 |     |     |     |
| 副主任委员 | 姜开鹏 | 王国仪 | 顾宇平 |     |
| 委 员   | 赵竞成 | 李远华 | 闫冠宇 | 张绍强 |
|       | 刘云波 | 党 平 | 张凤泉 | 丘传忻 |
|       | 张展羽 | 徐云修 | 胡和平 | 雷声昂 |
|       | 杨 晴 |     |     |     |
| 丛书主编  | 冯广志 |     |     |     |
| 丛书副主编 | 姜开鹏 | 顾宇平 | 李远华 | 赵竞成 |
|       | 闫冠宇 |     |     |     |

# 序

---

由几百万个大中小灌区组成，总灌溉面积 8 亿多亩的灌溉农田是我国粮食等农产品的主要生产基地，它占全国耕地面积的 43%，生产的粮食约占全国粮食总产量的 3/4。我国的气候条件与欧美一些国家不同，那里的农业对灌溉需求不十分迫切，经常是风调雨顺；而我国，洪涝干旱自然灾害频繁，人均占有水资源量少，人均占有耕地面积也大大低于世界平均水平，要在气候条件不利、耕地有限、水资源有限的条件下生产出数量多、质量优的农产品，满足十多亿人不断提高的生活水平的需求，为经济社会快速持续协调发展提供强有力的支撑，惟一的途径是加强农业基础设施建设，改善不利的农业生产条件，增强农业抗御自然灾害的能力，提高单位面积的产出和效益。灌溉在我国农业生产、农村经济发展，乃至整个经济社会发展中有着十分重要的地位和作用。

过去几十年，我国灌溉事业发展迅速，取得了举世瞩目的成就，发挥出巨大的经济、社会和生态环境效益。但是，约 2/3 的灌溉设施建于 20 世纪 50~70 年代，受当时经济社会发展水平和物力、财力条件限制，许多灌区边规划、边设计、边施工，由农民队伍采用群众运动的方法建设，资金、钢材、水泥不足，就因陋就简，土法上马，造成工程技术标准低，施工质量差，病险隐患多，大量渠道和建筑物长期配套不齐，成为“半拉子”工程。长期存在的重建设轻管理的指导思想，以及缺乏法制保障、不科学的管理体制和运行机制，一方面造成灌区功能和性质模

糊，资产权属不清，管理体制不顺，维护责任不落实，水费入不敷出，维修养护不及时，设施老化破损，超期服役，带病运行。另一方面带来管理粗放，用水效率和效益不高，人为加剧了灌溉用水的供需矛盾。这两大问题对灌区巩固、效益发挥和可持续发展构成了极大威胁。

通过大规模建设开发，绝大多数地方容易开发的水土资源多已开发，新建灌区的难度和造价越来越大，而已有灌区无论是灌溉面积，还是用水效率都还有很大的潜力可挖。因此，对现有灌区进行续建配套、节水改造是一项投资省、见效快、效益大的工作，是当前和今后相当长时间里灌区工作的重点之一。要保障我国人口高峰时的粮食安全，为全面建设小康社会提供坚实的物质保障，使灌区工作在新世纪再上新台阶，必须坚持实行“两改一提高”的原则（两改是续建配套、节水改造和以用水户参与管理为主要内容的灌区管理体制变革，提高用水效率和效益，增强服务功能），调整工作思路，转变指导思想，克服就事论事单纯围绕工程技术抓灌区建设的旧习惯，把灌区的巩固、改造和发展纳入流域、区域经济社会发展全局，紧紧围绕农业生产、农村经济发展中心任务，充分考虑水资源和环境的承载能力，把工程技术与经济、社会、资源、生态环境、政策、管理等有机结合，把灌区作为一个整体，用系统工程的方法抓灌区改造与改革。

进行灌区续建配套与节水改造，一方面要解决所需资金，另一方面要充分依靠科技。灌区节水改造是一项极其复杂的工作，不能像新建灌区那样在白纸上画图，也不能过分迁就原有设施不合理的现状，更不能把原有设施废弃重建，没有现成的经验和模式可照搬，各地都在探索实践中。针对当前灌区节水改造中缺少技术参考书这一情况，水利部农村水利司于2002年初决定组织力量编写一套灌区节水改造技术丛书。丛书共分6册，由专业知识比较扎实，有丰富实践经验的同志编写。该书的定位不是学术专著和教科书，也不是技术手册，而是实用性强的技术参考书。在编写过程中，作者们收集分析整理了灌区建设与改造的有关资

料，吸收了近一二十年国内外新技术新成果，力求体现新形势下中央的治水方针和调整治水工作思路的要求，做到内容系统完整，概念清楚，论述充分，技术先进实用，紧密围绕生产急需，为从事灌区规划、设计、施工、管理工作的一线人员服务。由于收集到的资料有限，以及受作者水平的局限，本书可能会存在不足甚至错误之处，敬请读者批评指正。

本丛书主编为冯广志，第一册《灌区节水改造规划》由沈荣开、冯广志、杨晴编写；第二册《灌区信息化建设》由胡和平、田富强编写；第三册《渠系改造》由张展羽、吴玉柏编写；第四册《灌区建筑物加固改造》由雷声昂、张法思编写；第五册《灌区建筑物老化病害检测与评估》由徐云修、方坤河编写；第六册《泵站改造》由丘传忻、李继珊编写。

在编写本丛书过程中，得到了水利部农村水利司灌溉节水处的指导和支持，还得到许多省水利厅、设计院、灌区、高等院校、科研单位的支持帮助，得到许多同志在资料提供等方面的支持，特别是水利水电出版社为本书编写出版投入很大人力、物力，做了大量工作，在此一并表示衷心的感谢。

冯广志

2003年11月

# 前言

---

新中国成立前机电排灌发展缓慢，直至1949年全国的排灌动力仅有7.1万kW。新中国成立后随着工农业生产发展的需要，机电排灌泵站发展迅速，截至1996年底，全国拥有大、中、小型固定排灌泵站49.8万座，配套机井332.5万眼，装机容量达7019.6万kW。机电排灌面积由新中国成立初的378万亩（占当时全国灌排面积的1.6%）增加到1996年的5.1亿亩，其中提灌面积4.46亿亩，占全国总灌溉面积8.2118亿亩的54.34%；提排面积0.638亿亩，占全国已治理除涝面积1.78亿亩（达5年一遇除涝标准）的35.8%。

机电排灌和自流排灌的重要区别在于前者通过泵站将低处的水源提升到灌区需要的高度，或通过泵站将低处的涝水提升后流入容泄区。而后者则是将高处的水源自流进入灌区，或将高处的涝水自流排入低处的容泄区。因此，前者的取水和输水建筑物造价较低，但运行费用较高。所以，对于设计不合理或老化（或年久失修）的泵站进行技术改造，在一般情况下，前者比后者的还本年限更短，经济效益更加明显。

20世纪80年代初，水利部已经制定了机电排灌八项技术经济指标，用以考核排灌泵站的技术和经营水平。从此开始了全国性的泵站普查和泵站技术改造试点。通过技术改造，原设计不合理的、或老化、或年久失修的排灌泵站的技术指标有了明显改善，工程效益显著提高。通过泵站技术改造试点，总结出了很多



有价值的经验和教训。水利部颁发了 SD141—85《泵站技术改造通则》，后又修订成 SL254—2000《泵站技术改造规程》。同时，水利部还颁发了与泵站改造有关的标准，如 SD140—85《泵站现场测试规程》、SL255—2000《泵站技术管理规程》等。20世纪80年代中期，水电出版社出版了《泵站节能技术》和《泵站测试技术》等著作。与此同时，水利部和各省市还举办了各种方式的培训班，组织编写了《泵站技术改造》等教材，全国泵站科技信息网主办的《泵站技术》网刊和全国相关期刊发表了不少泵站改造的科学论文。这些都在法规上、理论和技术上、人才培养等方面积累了丰富的经验，为我国的泵站改造的健康发展打下了坚实基础。

但是因为多方面的原因，泵站改造的速度远远赶不上泵站老化的速度。因此，加快泵站改造步伐，使之适应社会经济发展需要是当前的重要课题。另外，在已经改造的泵站中，甚至一些大型泵站，由于没有认真地进行科学论证和可行性分析，或论证及分析方法不够正确，致使改造后的泵站没有达到预期的经济和安全目的。甚至有的泵站改造后不久，又再次提出改造，给国家和地方在人力物力等方面造成了很大损失。因此，认真总结泵站改造的经验教训，杜绝此类现象的再次发生，也是今后泵站改造值得注意的重要问题。

本书收集了国内外大量的资料，总结了国内外的先进经验，并有很多计算实例，从安全、经济、节能的观点出发，全面系统地阐述泵站改造的基本原则和新概念、新技术和新方法。确立了泵站中水泵、动力机、传动装置、管道和进出水池等各部分之间内在的相互关系，介绍了泵站效率及泵站能耗计算，水泵优化选型和泵站最优参数的优化组合，经济管径的计算方法，大型泵站虹吸出水流动超驼峰运行的技术改造，泵站的优化运行和微机监控自动化等。

本书共分十章，其中第一章、第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、第九章由丘传忻编写；第二章、第三章、第七章

第四节、第五节、第十章由李继珊编写。李继珊和丘传忻对所写内容进行了相互审核，林中卉参加了第四章至第八章的编写及文稿审核工作。

本书虽然参考了不少文献资料，但因篇幅所限，没有将全部资料列入本书的参考文献。另外，因泵站改造的新技术发展很快，各种科技期刊和网络媒体的文献资料难以一一收集，本书只能介绍部分有代表性的改造技术和改造方案，在此表示歉意。因时间和水平所限，书中不足之处，敬请批评指正。

**编者**

2004年11月

# 目 录

---

## 序

## 前言

第一章 概论	1
第一节 我国排灌泵站的发展概况	1
第二节 泵站工程的存在问题	5
第三节 泵站改造的成效	10
第四节 泵站改造的主要经验及问题	12
第二章 泵站参数复核	15
第一节 水位及扬程复核	15
第二节 流量复核	18
第三节 机组选型复核	22
第四节 技术经济指标复核	31
第三章 泵站现场测试	35
第一节 扬程测试	35
第二节 流量测量	47
第三节 功率测量	92
第四节 转速测定	109
第四章 泵站改造可行性分析	112
第一节 泵站能耗分析	112
第二节 泵站效率计算	114

第三节	泵站改造方案拟定	123
第四节	泵站改造投资的计算	131
第五节	泵站改造效益计算	136
第六节	泵站改造方案的经济评价	145
<b>第五章</b>	<b>水泵技术改造</b>	<b>150</b>
第一节	水泵改造途径	151
第二节	改变叶轮外径	167
第三节	改变水泵转速	175
第四节	改变叶片角度	182
第五节	更换新泵型	186
第六节	水泵叶轮改造	200
第七节	水泵汽蚀改善	204
<b>第六章</b>	<b>电动机及传动装置改造</b>	<b>212</b>
第一节	电动机的改造途径	212
第二节	老化电动机改造	218
第三节	电动机增容改造	227
第四节	电动机变速改造	233
第五节	传动装置的改造	245
<b>第七章</b>	<b>进出水管(流)道改造</b>	<b>252</b>
第一节	管道改造途径	252
第二节	经济管径计算	258
第三节	进水管改造	265
第四节	出水管改造	275
第五节	虹吸式出水流道超驼峰改造	284
<b>第八章</b>	<b>进出水建筑物的改造</b>	<b>292</b>
第一节	可行性分析	292
第二节	取水建筑物改造	297
第三节	沉沙池	311
第四节	前池改造	323

第五节	拦污栅的改造	328
第六节	进水池改造	336
第七节	出水池改造	347
<b>第九章</b>	<b>电气及监控系统的改造</b>	<b>353</b>
第一节	变压器改造	353
第二节	无功补偿	359
第三节	低压配电设备的改造	364
第四节	同步电机励磁装置的改造	368
第五节	泵站优化运行及其控制	383
第六节	泵站计算机监控系统	397
<b>第十章</b>	<b>改造泵站的验收</b>	<b>429</b>
第一节	分部分项工程验收	429
第二节	机组启动验收	430
第三节	工程竣工验收	432
主要参考文献及资料		435

## 第一章

## 概 论

## 第一节 我国排灌泵站的发展概况

新中国成立后,我国的机电排灌无论是装机容量还是排灌效益面积都发生了巨大变化(见表1-1所示),为抗御水旱灾害,确保我国农业早涝保收发挥了重要作用。随着国民经济的发展,泵站工程将有广泛的发展前途。

表 1-1 我国机电排灌发展概况表

年份	机电排灌动力保有量 (万 kW)		排灌效益 面积 (万亩)	固定泵站		配套机 电井	水轮泵站	
	合计	其中 电动机		处数 (万处)	装机 (万 kW)	装机 (万 kW)	处数 (万处)	台数 (万台)
1949	7.1		378					
1957	41.5	7.1	1803					
1960	354.0	62.4	7000					
1965	667.4	325.9	12140					
1970	1342.1	650.0	22488					
1975	3481.0	1706.4	35862	34.33	1128.54	1576.51	5.55	7.72
1980	5382.0	2735.5	45900	52.44	1797.56	2074.02	3.53	5.34
1985	5941.4	3319.2	45447	46.23	1914.83	2315.12	2.37	3.85
1990	6805.5	3819.1	46838	47.36	2006.49	2659.40	2.03	3.25
1995	6824.1	4176.4	49910	49.59	2106.13	2900.10	—	—
1996	7019.6	4303.4	51000	49.80	2141.80	3046.70	—	—

注 数据资料摘自水利部规划计划司《水利统计年鉴》。

## 一、装机容量的发展

我国现代提水机具始于1906年,但新中国成立前机电排灌发展缓慢,直至1949年全国的排灌动力仅有7.1万kW。新中

国成立后随着农工业生产发展的需要，机电排灌泵站发展迅速，截至1996年底，全国拥有大、中、小型固定排灌泵站49.8万座，配套机井332.5万眼，装机容量达7019.6万kW。图1-1是我国装机容量历年发展情况。

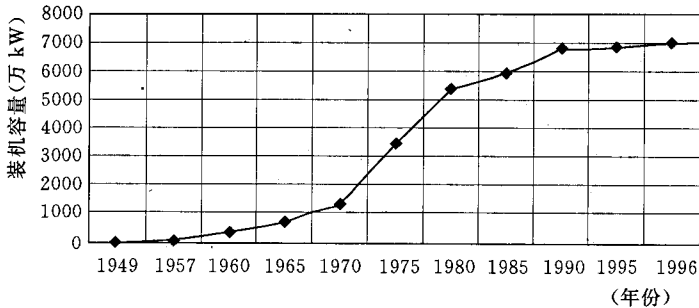


图 1-1 我国机电排灌装机容量发展图

## 二、机电排灌面积的发展

随着机电排灌装机容量的增加，机电排灌面积由新中国成立初的378万亩（占当时全国灌排面积的1.6%）增加到1996年排灌总效益面积达5.1亿亩，其中提灌面积4.46亿亩，占全国总灌溉面积8.2118亿亩的54.34%；提排面积0.638亿亩，占全国已治理除涝面积1.78亿亩（达5年一遇除涝标准）的35.8%。此外，水轮泵站的灌溉面积在1990年发展到457万亩。也就是说，机电提灌面积现在已经超过了自流灌溉面积，机电提排面积也占相当重要比重。图1-2所示为我国机电排灌面积的发展情况。

## 三、建成了一批大型提水灌区和排涝区

随着机电排灌的发展，在太湖、洞庭湖、鄱阳湖、江汉平原、珠江三角洲、苏北里下河、杭嘉湖平原及渤海周边地区等，先后建成了大面积旱涝保收、稳产高产的农业生产基地。并在甘肃中部、宁夏南部、山西西南部、陕西渭北等干旱缺水地区建成了一批高扬程提灌工程。如甘肃的景泰川、陕西的东雷、宁夏的

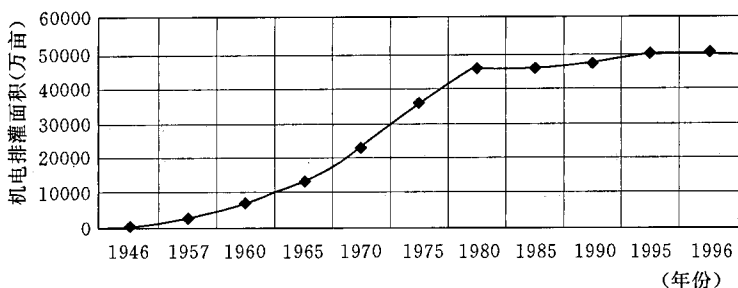


图 1-2 我国机电排灌面积发展图

固海、山西的尊村等大型扬黄灌区的建设，从根本上改变了荒滩旱塬地区的干旱、低产、贫困面貌，对促进当地经济发展和人民生活水平的提高发挥了重要作用。另外，对于下述地区，机电排灌所占比例更大。例如：①地处珠江三角洲的广东省提排面积占全省除涝面积的 69%，远远超过了全国平均提排面积的比例；②甘肃的兰州和白银两市电力提灌面积分别占全市总灌溉面积的 75% 和 90%，也远远超过了全国提水灌溉面积的平均比例；③地处南方山丘区的湖南临澧县的青山水轮泵站设计灌溉面积达 53 万亩，占全县有效灌溉面积 70%。

#### 四、抗御水旱灾害效益显著

机电排灌工程在抗御水旱灾害，促进高产、高效、优质农业，推动农业机械化、电气化发展进程发挥了重要作用。例如：①湖北省近 20 年间 6 年特大洪涝，其中 1996 年和 1998 年泵站工程抗御洪涝的减灾效益分别为 126 亿元和 131 亿元；②广东省顺德市大门窰泵站 4 台 1.6m 直径的机组，投产后 1994 年遇特大暴雨，排水 6000 多万  $m^3$ ，挽回损失 1 亿多元；③山西夹马口泵站 10 台 24SA-10 水泵，灌溉临猗、永济两县市 40 万亩耕地，40 年来纯水利效益 5.6 亿元，是工程总投资的 7.9 倍，成为当地农村经济的重要支柱。

#### 五、今后的发展前景

虽然我国现有的机电排灌泵站总装机容量很大，但是因为以



下几方面的原因，我国的泵站工程仍有着广泛发展前景。

1. 随着地方经济和农业生产结构调整，各地提出了更高的灌排标准要求

机电排灌标准的提高就意味着装机容量的增加。如广东省机电排灌标准原来是 10 年一遇 24h 暴雨 4 日排干，现在规划要求达到 3 日排干，这样须增容共 66 万 kW，需要资金 74 亿元。最近广东省顺德市的标准为 10 年一遇 24h 暴雨，要求城镇、菜地、鱼塘 1 天排干，其余为 2 天排干；浙江省杭嘉湖地区排涝标准为 10 年一遇一日暴雨 2 天排出；湖北省有 65.8% 的排水区未达 10 年一遇 1 日暴雨 3 日排干的标准，还有 21.1% 的提水灌区未达 75% 的灌溉保证率标准。灌排标准的提高要求排灌流量大幅度增加，需要新建大量泵站工程，或通过技术改造来适当增加部分流量。改造泵站比新建泵站的单位流量投资省得多。

2. 大范围跨流域调水势在必行

除南水北调东线有大量的泵站外，还有中线和西线。中线的主干线虽无泵站，但沿线的加压泵站等辅助设施投资约 500 亿元。西线有自流和提水两个方案，其中提水投资约 1000 亿元，而自流方案为 1500 亿元，即提水方案可节约投资 500 亿元。另外，沿海各大中城市，如天津、青岛、上海、杭州、宁波、温州、厦门、深圳、香港等城市都已建成或正在扩建跨流域调水工程，其中大部分工程都需要泵站提水。

3. 泵站技术改造迫在眉睫

从表 1-1 中可见，1980 年以前建成的泵站装机容量为 5382 万 kW，占 1996 年 7019.6 万 kW 的 76.7%，可见机电设备和水工建筑物年久失修和严重老化泵站所占比例是相当大的。泵站老化必然引起功能衰减，效益下降，故障频繁，严重威胁安全运行。另外，还有部分泵站的规划设计不合理，有的泵站的自然条件发生了变化，也有不少地区社会经济发展很快，这些泵站的流量和可靠性不能满足当地经济持续发展的需要。因此，全国有大批泵站需要改造。例如，据广东省规划，泵站改造需要资金 18 亿元；