

农用机井 设计与管埋

赵尔慧 编

机井节能节水测试技术改造培训教材



水利电力出版社

机井节能节水测试改造技术培训教材

农用机井设计与管理

赵尔熹 著

水利电力出版社

内 容 提 要

本书系“机井节能节水测试改造技术培训教材”之一。主要阐述了适于我国干旱及半干旱地区，以灌溉为主的农用机井的规划、设计和管理；侧重介绍了管井、大口井和辐射井的基本知识与测试改造技术；吸取了国内外的先进经验和最新科研成果，针对我国机井节能节水技术改造的现状，提出了科学可行的规划及改造方案。

全书共分四章。主要内容为机井的规划、管井、大口井和辐射井、机井的管理。并附有大量实例和图表，可作为从事农田水利和供水工程等事业的技术人员参考书，也适于具有中学文化程度的基层人员阅读。

机井节能节水测试改造技术培训教材

农用机井设计与管理

赵尔慧 编

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路9号)

怀柔平义分印刷厂印刷

787×1092毫米 32 开本 7 975 印张 161 千字

1987年2月第一版 1987年2月北京第一次印刷

印数 0001—8330 册 定价1.50元

书号 15143·8330

序 言

我国北方地区机井建设自1973年纳入国家计划以来，有很大发展，已成为这一地区水利建设的重要组成部分。在北方17个省、自治区、直辖市的1200多个县、旗中，有900多个县、旗打了井，共建成配套机井220多万眼，配用动力2000多万千瓦，井灌面积达1.67亿亩，约占这一地区总灌溉面积的三分之一，并改善了供水不足草原和开辟无水草原11万平方公里。由于过去大发展时期建设的机井多数没有经过严格的配套设计和选型，加上设备质量不高，供应品种不全和管理不善等原因，造成不少井、机、泵配套不合理，致使装置效率低、耗能多、运行成本高、经济效益低。

我国能源不足，尤其是电力和燃油供应紧张，这是我国国民经济发展中的一个突出的薄弱环节；我国人均水资源每年为2600立方米，仅相当世界人均水量的四分之一，尤其是北方地区，有的地方人均水资源每年只有三、四百立方米，已成为经济发展的严重制约因素。北方17省、市、自治区自发展井灌以来，由于长期开采大于补给等原因，不少地方区域地下水位逐年大幅度下降，迫切需要采取措施解决。

当前北方地区机井工作正开展以节能节水为中心的技术改造，提高机井装置效率和水的有效利用率，达到降低灌溉成本，提高经济效益的目的，这是井灌区加强科学管理做到合理开发利用地下水的首要任务，自1983年我司召开“机井节能节水技术改造经验交流会议”以来，到1985年底，北方

井灌区已改造机井27万眼。经过技术改造的机井，装置效率平均提高10%左右。据河南省浅井地区推算，技术改造后比改造前，平均一眼机井一年可节电近700千瓦小时（度）；河北省深井地区推算，平均一眼机井一年可节电约5000千瓦小时（度），效果十分显著。

经过两年多的技术改造实践，说明机井的科学管理必须把节能节水技术改造作为主要内容和经常工作。机井的技术状态及地下水位均在运用过程中不断地变化着，要保持较高的机井装置效率，就必须经常对井、机、泵、管、传进行检修和调整，因此，基层机井管理人员的技术素质是搞好机井技术管理、提高机井装置效率的关键；同时，机井管理工作要逐步贯彻、执行水利电力部颁发的《农用水井技术规范》，使机井管理工作科学化、正规化、这也要求机井管理人员具有一定的技术水平。

为了提高机井管理人员的技术素质，加强机井管理工作，我司在“1984年机井节能节水技术改造师资培训班”教材的基础上，会同水利电力出版社，组织编写了“机井节能节水测试改造技术培训教材”，这套教材共6册，约110万字，包括《井灌水力学基础》、《农用水井设计与管理》、《井泵理论与技术》、《机井动力设备（一）柴油机》、《机井动力设备（二）电力设备及线路》、《机井装置效率的测量与节能节水技术改造》，授课时数约200学时。编写、审定这套教材的同志，付出了辛勤的劳动，在这里，向他们表示衷心的感谢。

党的十一届三中全会以来，中央多次提出要加强职工队伍的培训，提高整个职工队伍的政治素质和业务、技术、文化水平，以适应四个现代化建设的需要。水利电力部职工教育工作要求，要建立健全职务和岗位技术培训制度，要逐

步做到未经培训合格,不能上岗和提升。机井管理也应如此。因此,凡具有中学文化程度、从事机井管理工作的同志,应逐步通过以本教材为基本内容的技术培训,可以单科或多科进行,由上级水利部门组织,由大、中专业学校老师或从事机井管理工作的工程师,按学时数授课,结业时进行单科考试,全部考试合格的,发给“结业合格证书”。

这套培训教材,内容上力求理论与生产实践相结合,着重于应用,文字上深入浅出,通俗易懂。我们希望各地在实际工作中,对这套教材多提补充、修改意见,使其内容不断完善。

水利电力部农田水利司

1986年7月

前 言

本书是在水利电力部农田水利司1984年举办的“机井节能节水技术改造师资培训班”讲义的基础上修改编写而成。书中比较系统地阐述了适于我国北方干旱和半干旱地区，以灌溉为主的农用机井的规划、设计和管理。本书贯彻理论联系实际方针，而又侧重于生产实际。为了便于教师参考和学员自学，内容力求由浅入深，循序渐进。理论部分尽量使概念简明和通俗易懂。算式尽量采用初等数学推导与表达。书中尽可能地吸收我国北方地区农用机井在建设和管理中的先进经验与科研成果；参考了《农用机井技术规范》（初稿）；吸取了国外的先进技术和经验。对书中重点和难点部分，多附有实例，俾使学员能加深理解和掌握解题的技能与方法。

本书由新疆八一农学院水利系张席儒副教授审阅，并对编写工作提供了很多宝贵意见。陕西机械学院水利系的领导和农田水利教研室的同志，对本书的编写，给予很多鼓励、支持和帮助，特此一并致谢。

由于编者能力和水平所限，加之任务紧急时间仓促，书中恐有不少缺点和错误，竭诚希望同行专家和读者批评指正，以供修改不断完善。

编者

1986年2月

目 录

序言	
前言	
结论	1
一、开发利用地下水的必要性和重要性	1
二、我国农用机井建设的成就和存在的问题	3
三、《农用机井设计与管理》的基本内容和学习要求	6
第一章 农用机井的规划	8
第一节 概述	8
第二节 机井规划的基本资料	10
第三节 规划分区	13
第四节 水量平衡计算	17
第五节 机井规划	28
第六节 井渠结合和综合治理规划	46
第二章 管井	51
第一节 管井的结构形式	51
第二节 管井出水量的确定	56
第三节 井管的类型和选用	81
第四节 井管的联接	90
第五节 常用滤水管的结构类型	95
第六节 滤水管的透水性和水力计算	121
第七节 基岩管井的结构	128
第三章 大口井和辐射井	132
第一节 概述	132

第二节	大口井的结构	133
第三节	大口井井筒的应力校核	145
第四节	大口井单井出水量的确定	148
第五节	辐射井	154
第四章	机井的管理	166
第一节	概述	166
第二节	机井与水泵的合理配套	167
第三节	机井的合理评价	181
第四节	机井的经济技术分析	191
第五节	机井的养护与维修	218
主要参考文献		

绪 论

一、开发利用地下水的必要性和重要性

根据水资源学专家的估算，地球上的全部水量约有138.6亿亿 m^3 ，其中海洋盐水约为133.8亿亿 m^3 ，即占去96.5%；陆地水量约为4.8亿亿 m^3 ，仅占3.50%。在陆地水量中，其中淡水约为3.5亿亿 m^3 。而淡水中还包括大量的极地冰山，高山冰川约占去2.4亿亿 m^3 。这些水量在目前利用起来还有很大的困难。这样，陆地淡水中可供利用者只下剩1.1亿亿 m^3 ，仅占全球水量的0.79%。这些水量常以江河、湖泊、地下水、蒸汽水和生物水等状态存在，不过也只占淡水总量的31.4%。

在江河湖泊即通常所称的地表径流中，估计淡水量也不过136万亿 m^3 ，只占可利用淡水总量的12.4%。就这些水量在地球上的分布还是极不均匀的，形成全世界的干旱和半干旱地区约占全球陆地面积的三分之一，遍及五十多个国家，主要分布在亚、非、澳、美等洲。

而埋深在地表以下2000m以内的地下淡水约有1.083亿亿 m^3 ，占淡水总量的30.9%，相当于地表径流的80倍。就在埋深200m的范围内，地下淡水还约有0.4亿亿 m^3 ，也相当于地表径流的30倍。

蒸汽水和生物水，只能湿润环境改善气候，尚难直接使用。

由上述分析对比即可明显看出，地球上可资开发利用的

水资源，并不是很充分的，而且主要以地下水的形式存在。其中地表水水资源，除了分布不均外，还有时间和空间的极度不均变化，所以要完全利用，则是十分困难的。据统计全世界江河径流量的利用率，高于13%者还是很少见的。因此单独依靠地表水资源，就很难满足人类对水资源需要的日益增长。而地下水资源，虽也有分布不均和时空变化的情况，但相对来说，分布比较广泛，特别在干旱和半干旱地区，地下水资源比较丰富，且可进行多年调节。常成为地表水的补充水源，或成为干旱和半干旱地区的主要水源甚至是唯一水源。

据1985年国家汇编资料，我国年总水资源约为2.81万亿 m^3 ，其中地表水1.98万亿 m^3 ，地下水0.82万亿 m^3 （主要为浅层水）。

在长江流域以南地区的水资源约占75%，北方地区水资源只占10%。而北方地区的耕地面积却约占全国的50%。这表明北方地区的水土资源是极不平衡的，为了发展该地区农业灌溉和其它工矿企业等的生产，从而加速实现四个现代化步伐，特别将建设重点逐步转向西北的情况下，水资源当会更感到紧张。如果我们现在对这样的严峻问题认识和预见不足，没有一个具有全面战略性的解决途径和方案，到时将会出现十分被动的局面。

为了针对北方地区这一自然特点，开发利用地下水，就有着特别重要的意义。因此，对该地区水资源的利用，必须对当地一切可利用的水利资源，包括：雨雪水、高山冰川水、地表径流和地下水等，进行统一勘测、统一规划、统一调配、统一管理，以便作到将各种水利资源综合利用、分类利用、重复利用、一水多用。在充分开发的基础上，还必须特

别强调节流，作到要象对待“油”一样的珍惜和保护每一滴水，才能满足该地区四化建设的需要。

北方地区的四化建设，首要任务是发展农业（包括林、牧、副、渔），如果农业上不去，其它建设就很难落实。而要发展农业，首先需要解决水资源问题。根据联合国粮农组织统计，1972~1973年全世界的粮食危机，主要因为缺少4000亿 m^3 的水量。1984~1985年西南非洲的严重饥荒，基本是由于干旱造成的。

由此可见，北方地区开发利用地下水，绝非临时性的抗旱措施，而是水资源综合利用必须的重要一环，其重要性带有全局性和战略性的意义。

二、我国农用机井建设的成就和存在的问题

我国是世界上农业发展最早的国家之一。在农业生产中利用地下水灌溉和人畜供水，具有着悠久的历史 and 卓越的成就与贡献。根据有关历史传说的考证和文史资料记载：远在黄帝时期（公元前2697~2500年），我国便有了水井。到了夏、商、周三代时期（公元前2205~1122年）水井已逐步得到广泛应用，而且文字记载也多。例如：周书中记有“黄帝穿井”；吕氏春秋中记有“伯益作井”；诗经中记有“凿井而饮，耕田而食”；易经中记有“汤旱七年，伊尹教民田头凿井灌田”；周易书中记有“井冽寒泉食，甃之以石，则洁而不泥；汲之以器，则养而不穷，井之功大矣”等等。

春秋战国时代（公元前403~221年），四川人民已开始掌握了“汲卤煎盐”的钻井技术。汉时（公元前206~220年）四川邛崃县首先凿成了世界上第一眼天然气井（火井），用于煎盐与照明。到了晋朝太康元年（公元280年），又在四川自贡凿成世界上第一眼深达500m的盐水自流井。这远

比法国在阿尔土瓦省（Artesian）于公元1126年所谓欧洲第一眼自流井要早1300多年。到了唐、宋时期发展就更加广泛了。

明代（公元1368～1644年）我国在水井结构方面，已有土井、石井、砖井、木井、竹井等多种型式；提水工具也有了桔槔、辘轳和水车等。当时，徐光启在他的历史名著《农政全书》的《旱田用水疏》分册中，全面系统地总结了群众探测地下水源、鉴别水质、选定井位、造井技术等经验，成为我国第一部地下水开发利用的科技书籍。

通过上述点滴历史记载，强有力地表明，我们伟大的中华民族，在地下水的开发利用方面，是有着伟大成就和卓越贡献的。但是也要看到，在几千年来的封建制度束缚和近百年来帝国主义的侵略下，以及在反动统治阶级的压迫下，我国开发利用地下水的事业和科学，没有得到应有的重视和发展。

解放后的三十多年来，在中国共产党的正确领导下，我国开发利用地下水的事业和其它社会主义建设事业一样，取得了突飞猛进的发展。特别自1973年后，在国务院的直接指挥下，我国北方17省（区）市开展了大规模的农用机井建设以来，我国的井灌事业，无论规模之大，速度之快，都是史无前例的，同时也取得了巨大的成就。主要表现在如下几方面：

1、扩大了农田灌溉面积，促进了农业生产发展 解放前夕，我国北方农村用于灌溉和生活的水井，多系一些人工掏挖的土井和简陋的浅井，灌溉面积仅有1582万亩。

解放后，我国北方地区农用机井的建设，已成为农田水利建设的重要组成部分，约有75%的县（旗）开展了井灌事

业。目前我国已建成各种类型的机井共约220万眼，灌溉面积约1.67亿亩，已成为世界上井灌面积最大的国家之一。每年提取的地下水量约为400~500亿 m^3 ，相当于甚至超过我国黄河的年径流量。对改变北方地区的农业生产面貌，扭转历史上南粮北调的被动局面，促进粮食和经济作物的生产发展，起了极其重要的作用。

2、改善了牧区供水条件，解决了人畜饮水困难 解放前，我国牧区基本上处于游动放牧，逐水草而居，几乎没有任何水利设施。目前，我国牧区已建成人畜供水基本井约3500眼，加上其它的小型水利设施，已改善缺水草场和开辟无水草场共约1.65亿亩，还发展饲、草料基地的灌溉面积约8.1万亩，为促进我国牧业生产的发展，创造了良好的条件。

另外，通过机井建设，同时解决了一些山区、牧区、黄土高原和一些地方病区大约4000万人和2000多万头牲畜的饮水困难问题。

3、促进了农村和牧区的机械化和电气化的发展 在对农业和牧业机井建设的同时，这些地区的提水动力已增加到1700多万kW，其中动力机和电动机各半。由于大量的柴油机、高低压输配电线路和电动机进入农村和牧场，这对灌区的农牧业机械化和电气化，起到了重要的促进作用。

4、加速了地下水开发利用的科学发展 解放前夕，我国在现代化的地下水利用学科方面，基本上尚属空白，可以说是非常落后的。新中国成立后，在党和各级人民政府的关怀下，随着机井建设的勘探、规划、设计、施工与管理工作的开展，在取得显著生产成绩的同时，相应地带动了地球物理勘探找水、电测井、井下电视等的研究与发展；各种钻机 and 井用泵的研制；各种井管和滤水结构的研制；各种井型

及其施工方法的研究；井灌井排和综合改良土壤的研究；利用地质力学对地下水蓄水构造的形成条件和地下水赋存的运动规律的研究；地下水动力学的研究；地下水资源评价的研究；地下水长期观测和地下水人工回灌的研究等等，都取得了显著的成果与发展。为形成具有我国特色的地下水利用学科，奠定了良好的基础。还为我国培养了一大批地下水利用和机井建设与管理方面的科技人才。

综上所述，我国在解放后仅仅三十多年时间，就取得了发达国家近百年左右所取得的成就。与此同时，我们也要清醒地看到，尽管我们的成绩是巨大的，但是由于经验不足，过去所建的机井，相当一部分缺乏全面统一规划，多数没有经过严格的设计，配套选型，管理体制方面和科技方面，都存在不少问题。因而造成有些地区地下水位大幅度的下降、水质变劣、地面沉降等现象；同时还存在机井的报废率高，机井和水泵装置效率不高，能源和水资源浪费大，灌溉成本高和经济效益低等一系列问题。这表明我国的地下水利用事业，一方面和一些在这方面发达的国家，如美国、苏联、印度、巴基斯坦等有着不小的差距；另一方面还需要全面深入的总结经验，在机井的规划、设计、施工方面，特别在加强科学管理，提高经济效益方面，要下大功夫认真的提高，才能使我国农用机井建设事业更好地为四化建设服务，更加稳步顺利地发展。

三、《农用机井设计与管理》的基本内容和学习要求

《农用机井设计与管理》是机井节能节水测试改造技术培训教材中一门专业基础教材。为了达到合理开发利用地下水，节能节水技术改造，就需对机井的合理规划、结构特点与设计以及管理中的基本理论、知识和方法等，有一全面

而深入的了解，然后才能统观全局，不致产生片面性。

本教材内容分为绪论和四章，其学习的具体要求为：

(1) 通过对绪论的学习，要明确在我国北方干旱和半干旱地区，为了农、林、牧、副、渔业和其它建设事业的发展，在综合利用当地一切水利资源中，机井建设的重要性和战略意义；中华民族在开发利用地下水方面的伟大贡献；解放后在中国共产党的领导下，所取得的伟大成就。同时，也要认清在进一步发展中，所需要解决的问题。

(2) 第一章是农用机井的规划，首先要明确在灌区地下水开发利用中，在大多数情况下，各类机井是其最主要集取地下水的建筑物。所以农用机井规划，实为井灌区的规划。本章要重点掌握在不同水文地质条件和水源情况的井灌区，对机井规划所应考虑的计划原则、资料的收集和分析，以及具体规划的程序和方法。在综合治理情况下，又如何据其特点，举一反三灵活掌握。

(3) 通过第二章管井和第三章大口井和辐射井的学习，要重点掌握各种机井井型所适宜的水文地质条件和结构特点，特别对其滤水结构的滤水机理和按含水层特征的设计理论。

(4) 第四章为机井管理。要重点掌握机井和水泵如何合理选配，在管理过程中如何评价机井效率的高低。在经济技术分析中，要明确静态分析和动态分析的实质及其适用范围，如何提高机井的经济效益等。

由于北方地区各地的水文地质条件和经济技术条件有很大的差别，所以各地在使用本教材时，要密切结合当地条件，侧重点有所选择，选择典型机井灌区参观学习，最好能根据当地实际资料，配合教材重点，作些必要的习题和作业，以便深入理解和巩固掌握学习内容。

第一章 农用机井的规划

第一节 概 述

机井的规划，既取决于当地的水文地质条件，也与机井的用途密切相关。对于农用机井（以下简称机井）来说，如其用途主要为灌溉，则其规划应与井灌区的规划紧密结合。由于井灌区规划的主体为机井规划，故广义而言，农用机井的规划即为井灌区规划。

我国北方地区，在农用机井建设方面，虽然取得了很大成绩，但也出现了一些不同程度的问题。当然这些问题是由于多种原因造成的，而其主要原因之一，便是由于在机井建设初期，缺乏全面而系统的规划。为了合理开发利用地下水资源，我们应该认真总结过去在这方面的经验教训，使今后农用机井的建设工作，更好地向前发展。

关于机井的规划，应是在农业区域规划和区域（或流域）综合利用各种水资源的前提下进行的。以防可能造成顾此失彼，采补失调和恶化生态环境等不良状态。

机井规划必须根据当地自然条件和技术经济条件制定，并且一定要建立在可靠的计划可开采地下水资源的基础上。还要针对主要规划任务，进行全面综合规划，为多种经营服务。在条件许可的情况下，尚可作出几个规划方案，以从中选择经济效益高的最优方案。

机井规划，随着井灌区的类型不同而异，一般井灌区大