

山东省可持续发展科技示范工程项目
山东省环境保护重点科技项目

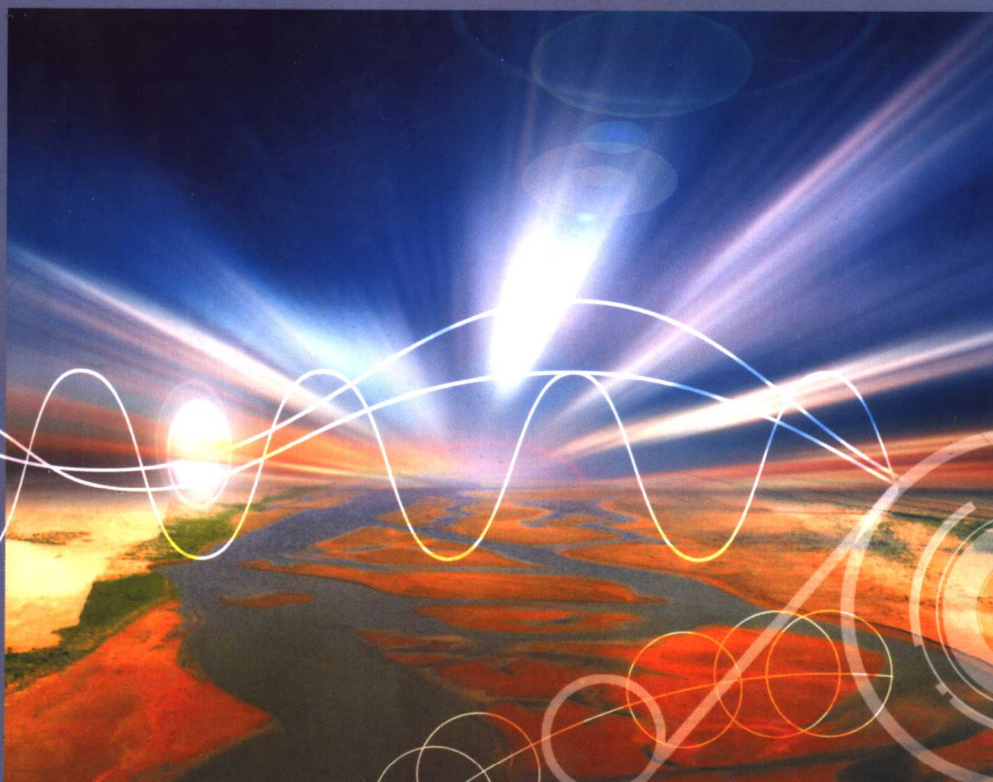
黄河三角洲

暗管改碱工程技术 实验与研究

彭成山 杨玉珍 郑存虎 张志刚 秦 韧 关元秀 卜凡敏 等编著



黄河水利出版社



山东省可持续发展科技示范工程项目

山东省环境保护重点科技项目

黄河三角洲暗管改碱工程技术 实验与研究

彭成山 杨玉珍 郑存虎 张志刚 秦 韧 关元秀 卜凡敏 等编著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书应用遥感等多源数据融合技术分析了黄河三角洲地区的盐渍化趋势,建立了土壤盐渍化预测预报模型;通过暗管改碱技术的引进和工程实验,创新形成了一整套包括勘察设计、灌排配套、暗管敷设、激光精平、深松破结、维护管理等在内的盐碱地改良系统工程技术;实践探索了大规模、自动化、一次性机械铺设暗管的技术方法;论证了推广应用该项工程技术对于大面积改良我国北方盐碱地、扩大可耕地资源、提高农业综合生产能力的重要作用。

本书系农业工程技术开发与推广类科技成果,可作为大规模推广该项工程的决策依据,可为实施系统的敷设暗管作业提供技术规范。

图书在版编目(CIP)数据

黄河三角洲暗管改碱工程技术实验与研究 / 彭成山
等编著. — 郑州: 黄河水利出版社, 2006.2

ISBN 7-80734-049-5

I. 黄… II. 彭… III. 黄河—三角洲—盐碱土
改良—研究 IV. S156.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 011704 号

出 版 社: 黄河水利出版社

地址: 河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码: 450003

发行单位: 黄河水利出版社

发行部电话: 0371-66026940 传真: 0371-66022620

E-mail: yrcp@public.zz.ha.cn

承印单位: 河南省瑞光印务股份有限公司

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张: 22.5 插页: 4

字 数: 531 千字 印数: 1—2 300

版 次: 2006 年 2 月第 1 版 印次: 2006 年 2 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-80734-049-5/S · 77

定价: 96.00 元



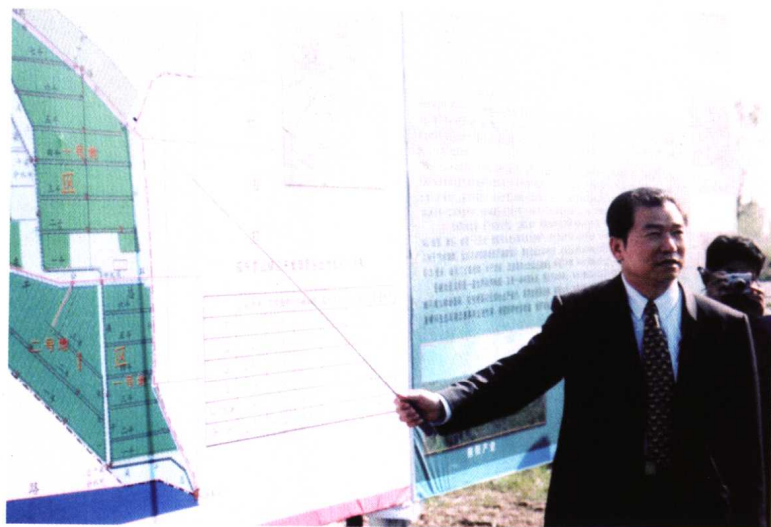
近代黄河三角洲遥感影像图
(2004 年 10 月 28 日 TM 图像，黄线为东营市界)



黄河三角洲暗管改碱工程项目位置图



2005年5月18日，全国人大常委会副委员长韩启德（左一）、原农业部副部长洪绂曾（左三）在东营市市委书记石军（左四）、胜利石油管理局党委书记王立新（左二）、东营市人大常委会副主任姜振邦（右二）、东营市副市长周连华（右一）、胜利石油管理局副局长李中树（右三）陪同下，视察孤东暗管改碱项目区



胜利石油管理局集体资产管理处处长彭成山向韩启德副委员长一行介绍孤东十万亩暗管改碱工程项目实施情况

胜利石油管理局

暗管排碱
利国利民

乙酉年春 韩启德题

2005年5月韩启德副委员长题词

暗管改碱工程技术实验与研究成果鉴定会



2005年8月27日，黄河三角洲暗管改碱工程技术实验与研究成果鉴定会在北京召开，图为鉴定委员会部分专家。左起：原中国农科院院长刘志澄、中国工程院院士卢良恕（副主任委员）、九三学社中央副主席洪绂曾（主任委员）、原水利部部长杨振怀（副主任委员）、中国工程院院士任继周、原科技部副部长韩德乾。参加鉴定委员会的专家还有：汪懋华（院士）、刘志仁、信乃谏、李东杰、袁琦、刘国华、姚文艺、李泽刚、齐可友等



山东省科技厅副厅长徐茂波（中）主持课题成果鉴定会。胜利石油管理局李中树副局长（右）、东营市政府陈荫鲁副秘书长（左）分别代表胜利石油管理局、东营市人民政府出席会议。九三学社、省、市有关部门的领导和专家参加了鉴定咨询会



课题负责人彭成山对专家质询的问题答辩

项目承担机构与研究人员

项 目 名 称	黄河三角洲生态治理技术和资源利用研究与示范			
立 项 部 门	山东省环保局 山东省科技厅 山东省财政厅			
项目承担单位	东营市人民政府 胜利石油管理局			
课 题 名 称	黄河三角洲暗管改碱工程技术实验与研究			
课题承担单位	胜利石油管理局集体资产管理处			
	黄河三角洲保护与发展研究中心			
课题负责人	彭成山			
研 究 人 员	彭成山	杨玉珍	郑存虎	张志刚
	秦 韧	关元秀	卜凡敏	王启来
	林国华	张保国	庄会江	刘高焕
	刘庆生	宋宏伟	文福生	官艳峰
	王建明	刘凤鸣	黄 翀	黄建杰
	李 丽	王玉臻	刘 鹏	张清华
	朱 彬	刁在明		

序

由于工作的关系,我多次到黄河三角洲考察。这里有广袤的黄河新淤土地,大片土地保持着植被葱郁的原生风貌,是我国最年轻、最广阔的湿地生态系统,也是我国东部最后一块有待大规模开发的资源宝地。这里的浅海资源辽阔,黄河每年挟带大量淡水和有机质入海,使黄河口周围海域成为多种海洋生物和经济鱼类的繁育区。这里蕴藏着丰富的石油天然气资源,是我国第二大油田——胜利油田的中心产油区,新兴的石油城——东营市就在这里。东营市、胜利油田利用改革开放的好政策,推动了石油工业的发展,带动了黄河三角洲的崛起,这个地区已成为山东省经济增长最快的地区之一。看着东营日新月异的变化,我油然而生感慨:此地前途无量啊!

黄河三角洲因为成陆时间短,地下水矿化度高,生态环境脆弱,不适当的开发极易导致土壤盐渍化,从而发生草甸植被的逆向演替,甚至退化为寸草不生的光板地。黄河三角洲有500万亩($33.3\text{万}\text{hm}^2$)盐碱地,为了开发利用这些土地资源发展农业,当地政府和人民创造了许多改良盐碱地的模式,如上农下渔、深沟排碱、蓄淡压碱等,为农业的发展做出了积极的探索。上农下渔是一种生态农业模式,但却很难被规模化、现代化的大农业所应用;深沟排碱是一种传统改碱模式,这种方法有一定的局限性,排沟布局太稀其排碱作用受限,过密则占用大量耕地,沟坡坍塌造成每年维护工作量增大;蓄淡压碱主要是蓄用大量淡水种稻改土,近年来黄河水资源减少,种稻面积已大幅萎缩……有没有一种科学、高效、适宜大范围推广的彻底根治盐碱地的技术方法呢?这个问题不仅是我国同时也是世界农业专家长期探索的重大课题。

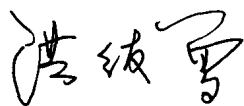
2004年11月,我再次去东营商谈推进“九东(九三学社与东营市)合作”解决“三农”问题。有关领导推荐我去孤东参观东营金川公司实施的机械化暗管改碱工程项目区。在驱车去项目区的路上,一望无际的荒碱地映入眼帘,泛着白色盐碱的荒凉土地上稀稀落落地分布着一些芦苇、怪柳、碱蓬等野生耐盐植物。同行的同志告诉我,金川公司在这块土地上实施暗管改碱实验工程已经5年了。

沿孤东油田西大堤进入项目区,我眼睛不由一亮。呈现在我眼前的是 533.3hm^2 浓郁茂密绿油油的芦竹,这与周围的光板地形成了鲜明的对照。据胜利油田主持改碱工程项目的彭成山同志介绍,芦竹是一种多年生禾本科植物,喜温喜湿,多在我国南方生长,茎秆高达3m以上,是良好的造纸原料,可生长于含盐量1%左右的土壤,因此作为一种过渡型的实验作物予以引种。整个孤东项目区总面积 $8\,000\text{hm}^2$,原是滩海潮间带,油田建设了防潮大堤后,才由海滩成为陆地。该区西部地势稍高的1330多公顷土地曾开发为稻田,实行大水压碱种稻,后因黄河断流而撂荒。还有6600多公顷平均含盐量高达2.0%以上的重盐碱地长期荒芜。目前这些荒地全部铺上了暗管,种植了芦竹、棉花、大豆、玉米等作物。我所看到的这片芦竹林,原来就是光板地。

暗管改碱与深沟排碱的原理是相同的,均是根据“盐随水来、盐随水去”的水盐运动规律,将充分溶解于土壤中的盐分随水渗入地下暗管排走,从而达到有效降低土壤含

盐量的目的。两者的不同点在于：一是开挖明沟排水；一是敷设暗管排水。因此，对于暗管改碱工程来说，铺下一根带孔的PVC波纹管，就等于挖了一条小型排碱沟。在地下铺设暗管不占用耕地，还可根据不同地域的土壤性状和地下水位等条件，科学设计暗管排列的密度、深度和管网系统结构，以及选择合适的裹管滤料，从而使大面积土地快速均匀地洗盐脱盐并长期不返盐。当然，由地下管网汇集的高含盐水体，仍要通过大的明沟排入大海或作其他用途重复利用。为了获得黄河三角洲地区对暗管改碱技术适应性的经验和数据，胜利油田投入了相对较高的实验成本，先是采取“拿来主义”的方法，引进荷兰技术在莱州湾区块铺设暗管，结果发现投资大，管理难度高，农民搞不起。后来经反复实践，对土层信息、土壤性状和铺管技术熟悉和掌握之后，又在仙河农场和孤东项目区创造性地进行实验和研究，寻求更科学的铺管技术和改碱方法，经过5年的艰苦探索，终于形成了一整套包括勘察设计、排灌配套、暗管敷设、激光精平、深松破结、维护管理在内的系统改碱工程技术，获得了大量的工程实验数据和显著的改碱效益。2004年初，由国家投资1 890万元，在已有排灌系统骨架的河口区万亩低产田实施土地整平、水利配套、田间道路整修并敷设暗管的综合改碱工程，竣工当年春灌后全部种植棉花，其中往年已耕种过的地块当年增收103.89万元，撂荒复垦地块增收558.06万元，合计增收661.95万元，预计三年可收回全部投资。

胜利油田自2000年大力治理荒碱地以来，以其雄厚的生产力基础，为实施暗管改碱工程进行了卓有成效的先导性实验，现在奉献给社会的是经反复实践而大幅度降低了成本的技术成果。这一成果已经通过专家的鉴定和认可。经金川公司多次实验与测算，在已有排灌设施的中低产田单纯铺设一级暗管，每公顷成本6 900元左右；在需要实施土地整平、整修排灌设施等配套工程的低产田实施暗管改碱工程，每公顷成本15 000元左右；在未开垦的荒碱地实施系统的暗管改碱配套工程，每公顷成本22 500元左右。从投资的回报率和回收期来看，这一投入规模是适中可行的。暗管改碱成果的推广应用，不仅为提高黄河三角洲土地产出率和改善区域生态环境提供了一项重要的技术选择，而且为我国农业发展做出了十分有益的贡献。我国1.2亿 hm^2 耕地中，约有1/3是盐碱涝洼造成的中低产田，另有相当多的未被开发利用的盐碱地。这些土地大都处于沿海、沿河、沿湖的平原地区，有着可改造和开发利用的条件，如果在这些地域大力推广暗管排水排碱技术，可大幅度提高土地的综合生产能力，必将为我国农业发展、农民增收、农村繁荣发挥不可估量的重大效益。



2005年10月17日



目 录

序

洪绂曾

第一章 黄河三角洲暗管改碱工程技术概况	(1)
第一节 暗管改碱技术简介.....	(1)
第二节 胜利油田实施暗管改碱工程取得的显著成效.....	(6)
第三节 推广暗管改碱技术的重要意义与政策支持.....	(11)
第二章 黄河三角洲发育演变中的盐渍化趋势	(15)
第一节 黄河三角洲发育及地貌格局.....	(15)
第二节 黄河三角洲气候与水文特征.....	(20)
第三节 黄河三角洲盐碱地的演化趋势.....	(26)
第四节 黄河三角洲土地利用涨落势图谱.....	(31)
第五节 土地“涨落势”形成的驱动力分析.....	(39)
第三章 黄河三角洲土壤盐碱化遥感监测与预报	(43)
第一节 土壤盐碱化遥感监测.....	(43)
第二节 土地盐碱化动态分析.....	(48)
第三节 土地盐碱化预测预报.....	(64)
第四章 实施暗管改碱工程的背景	(74)
第一节 土地排水技术的发展历史.....	(74)
第二节 现代地下排水技术在荷兰的发展与成熟.....	(79)
第三节 暗管改碱技术在世界的推广.....	(84)
第四节 暗管改碱工程技术在中国的发展.....	(93)
第五节 暗管改碱工程技术在胜利油田成功实施的背景基础.....	(98)
第六节 荷兰专家在黄河三角洲推广改碱技术的考察与规划.....	(105)
第五章 暗管改碱工程的关键技术	(127)
第一节 暗管改碱工程技术的基本原理.....	(128)
第二节 暗管改碱工程系统的前期土壤调查与滤料设计.....	(135)
第三节 暗管改碱工程系统的设计方案.....	(147)
第四节 暗管改碱工程系统的施工方案.....	(158)
第五节 暗管改碱工程系统安装与施工质量.....	(171)
第六节 暗管改碱工程系统的后期维护.....	(175)



第七节 盐碱地的开垦与改良配套技术·····	(178)
第八节 暗管改碱工程系统盐分控制效果监测方案·····	(184)
第六章 黄河三角洲机械铺管改良荒碱地工程·····	(191)
第一节 金川盐碱地改良专业公司的组建和近期业绩·····	(191)
第二节 莱州湾暗管改碱工程实验项目·····	(194)
第三节 孤东仙河农场万亩中低产田暗管改碱项目·····	(214)
第四节 孤东十万亩土地开发项目·····	(224)
第五节 河口区万亩盐碱地开发项目·····	(238)
第六节 以暗管改碱为核心的盐碱地改良系统技术·····	(244)
第七章 暗管改碱工程效益分析·····	(250)
第一节 经济效益分析·····	(251)
第二节 生态效益分析·····	(274)
第三节 社会效益分析·····	(282)
第八章 暗管改碱工程技术的推广应用前景·····	(285)
第一节 暗管改碱工程技术在黄河三角洲的推广应用·····	(285)
第二节 暗管改碱工程技术在黄淮海平原地区的适应性分析·····	(301)
附 录 黄河三角洲盐碱地改良优先项目计划·····	(323)
参考文献·····	(349)
后 记·····	(353)

第一章 黄河三角洲 暗管改碱工程技术概况

党中央、国务院 2005 年 1 号文件将提高农业综合生产能力放在了重要位置。本书总结了自 1999 年以来对荷兰暗管改碱技术的引进吸收和实践创新过程,研究分析了包括土地勘察、工程设计、暗管敷设、激光精平、灌排配套、养护管理等在内的黄河三角洲暗管改碱系统工程的关键技术问题,同时通过应用遥感与景观图谱技术对大面积国土盐渍化形势进行监测与评价,分析大力推广暗管改碱技术对于全面改善土地质量和产出率、从根本上提升农业综合生产能力的重要作用,相应提出了国家及相关部门和山东省应给予的政策支持。

第一节 暗管改碱技术简介

一、荷兰地下排水技术的发展

荷兰地处欧洲莱茵河三角洲,史称“尼德兰”(Niederlande),意为“低地之国”,有 1/4 的国土处于海平面之下,60% 的人口居住在低洼地区,是莱茵河、马斯河、斯海尔德河等多条河流的下游入海通道,又是大西洋北部海流的频繁侵蚀地带。河流动力与海洋动力交互叠置,导致洪水肆虐,形成了极其险恶的地域水环境。但是,由于这里受北大西洋暖流的影响,属温带海洋性气候,且一年四季雨量分配均匀,非常适合人类居住,这就使乐于在此安家立业的荷兰人必须长期与无情的水灾做斗争,其中一项关系居民生命安危的重要工程就是不间断地将地下水排入大海,从而维持一个适宜的地下水位。

到了 20 世纪 30 年代,政府批准实施了著名的须德海工程,建造了长达 30 km 的围海大坝,然后将坝内积水排出,向大海争来了 1 650 km² 的新土地。为避免海水从这片低地中渗涌而出,同时为了排除土地中的盐分,必须不间断地将地下水排入大海,为适应大规模排水的需求,荷兰人采用机械化施工技术在地下埋设管网,使地下水通过管壁孔隙渗入管网、汇集于深沟,然后排出大坝之外。在长期探索实践中逐步形成了系统的暗管排水技术。

二、暗管改碱对荷兰农业现代化的作用

暗管排水工程技术的广泛应用,使莱茵河三角洲土地质量普遍好转,使本来低洼斥



卤的海底盐土变为肥沃的良田。荷兰政府对开垦新土地的移民给予高额津贴和政策扶持,新兴农业企业的发展使土地生产力迅速提高,对于推动荷兰农业结构的改造和实现农业社会化、现代化发挥了巨大的支持作用。荷兰的耕地总面积仅有200万 hm^2 ,垦殖率仅为48%,农业就业人口仅有55万,但其农业生产总值高达218亿荷兰盾(128亿美元),其农产品出口额长期高居世界第三位。形成了以乳制品、肉类食品、花卉、蔬菜、水果为主的出口商品系列,畜牧业和园艺业成为农业中供给出口的主导产业。土地基本条件的改善不仅有力支持了该国的农业发展,而且对于工业、交通、服务等各产业的承载能力大为增强,也为荷兰生态环境的不断优化提供了可靠的物质基础。

三、暗管改碱的基本原理与技术流程

暗管改碱的基本原理是遵循“盐随水来、盐随水去”的水盐运动规律,将充分融解了土壤盐分而渗入地下的水体通过管道排走,从而达到有效降低土壤含盐量的目的(图1-1)。

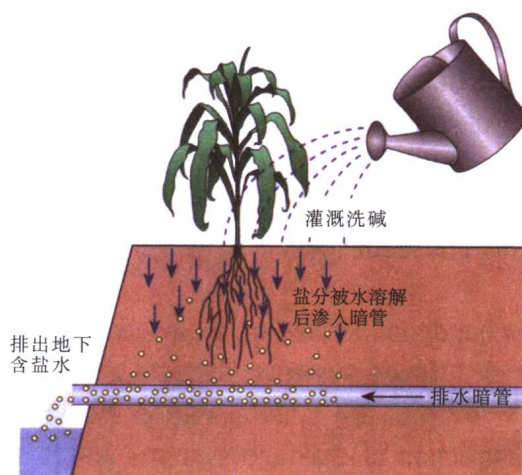


图1-1 暗管改碱原理示意图

暗管排碱是相对于明沟排碱而言的。明排就是挖掘深度低于地下水位的明沟将含盐水体排出(图1-2)。

暗排则是将带孔隙的管道铺设于地下,汇水后排离耕作区(图1-3)。

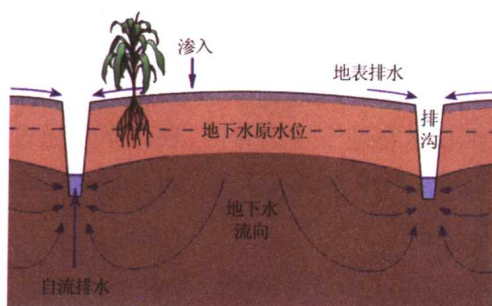


图1-2 明沟排碱示意图

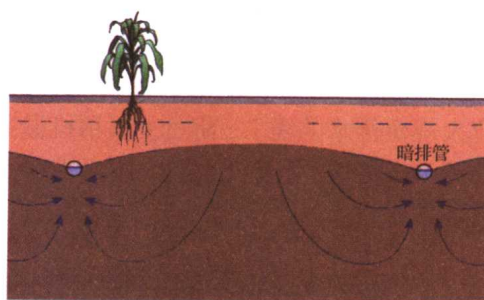


图1-3 暗管排碱示意图

明排与暗排的优势比较见表 1-1。

表 1-1

明排与暗排的优劣比较表

排碱方式	优 点	缺 点
明 排	①开挖技术简单,易于操作; ②维护技术简单	①排沟布设间距大,排碱速度慢; ②土地损失率较高; ③阻碍现代农业的机械化; ④需要很多排水沟、桥梁和闸涵; ⑤因排沟较深,成本较高; ⑥沟渠边坡易塌陷,排沟难以保持足够深度; ⑦维持费用高
暗 排	①暗管可深埋密设,吸盐快,调制效果好; ②无土地损失; ③对农业机械化没有影响; ④无需桥梁、闸涵和许多排水沟; ⑤如大规模应用比明排成本低; ⑥无边坡塌陷问题; ⑦维护费用低; ⑧适于大规模机械化施工	①需引进专业机械; ②小规模应用成本较高

表 1-1 表明,明排治碱有许多难以克服的问题。对于黄河三角洲地区来说更是如此。由于近、现代黄河三角洲多为沙性土壤,土质疏松,开掘明沟时必须有足够宽度以加大边坡,这样土地损失率很高,且边坡容易塌陷,开挖和维护费用较高。而管排则完全可以避免明排的种种弊端,适合在易渗水的沙壤区推行,只要暗管埋深达到 1~2 m,就可完全控制不返碱。

暗管改碱工程的实施首先要对盐碱地进行土壤钻孔调查和地表勘察,以掌握土层构造、渗透性、地下水位、土壤盐碱度及矿物质含量;根据调查和勘察的结果进行管网设计,确定吸水管和集水管的走向与埋深,观察井和集水井的布点位置等。排碱暗管采用 PVC 打孔波纹管和塑料滤水管,管径通常采用 80 mm 和 110 mm 两种,为防止土壤细颗粒进入管道造成淤堵和增加管道周围土壤的渗水性,要将暗管包裹一定厚度的滤料,根据不同土壤类型,选做滤料的材料包括砂石料或土工布等。

暗管改碱田间工程通常只设一级吸水管,或加设一级集水管后排水入明沟。吸水管是埋设在田间的最末一级透水暗管,具有良好的吸聚地下水流和输水的能力。渗入暗管的水分,通过集水管、集水明沟、泵站提水或重力自流排入河道。暗管埋设的方向、间距、管径选择和埋深,应根据田间土壤的特性及田间排水情况进行分析设计,使其在设计深度的平面上形成具有一定间距的、平行的、相互联系的排碱管网系统,从而有效降低农田的地下水位,以防止盐分沿毛细管升于地表;同时,利用灌溉和降雨对暗管上部的含盐土层进行淋洗脱盐,通过地下暗管排出土体,经过暗管改碱系统长期不断地发挥作用,就能从根本上解决土壤的盐碱化问题(图 1-4)。

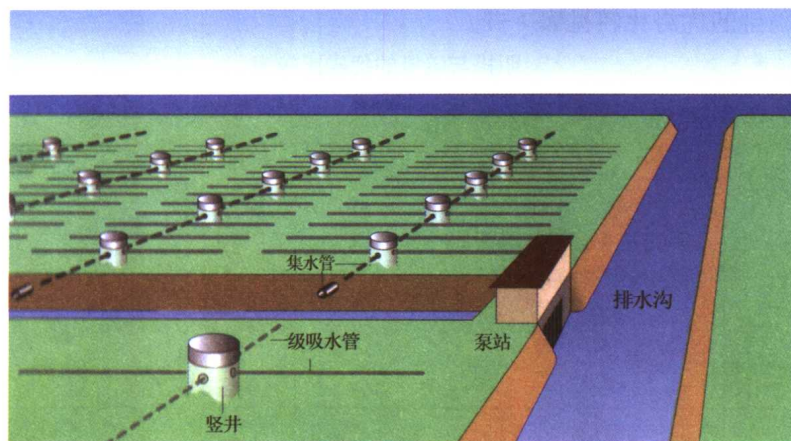


图 1-4 系统的暗管改碱管网示意图

田间暗管采用从荷兰进口的开沟埋管机铺设，开沟、埋管、裹砂、敷土一次完成并达到 1.5~2 m 的设计深度（图 1-5）。

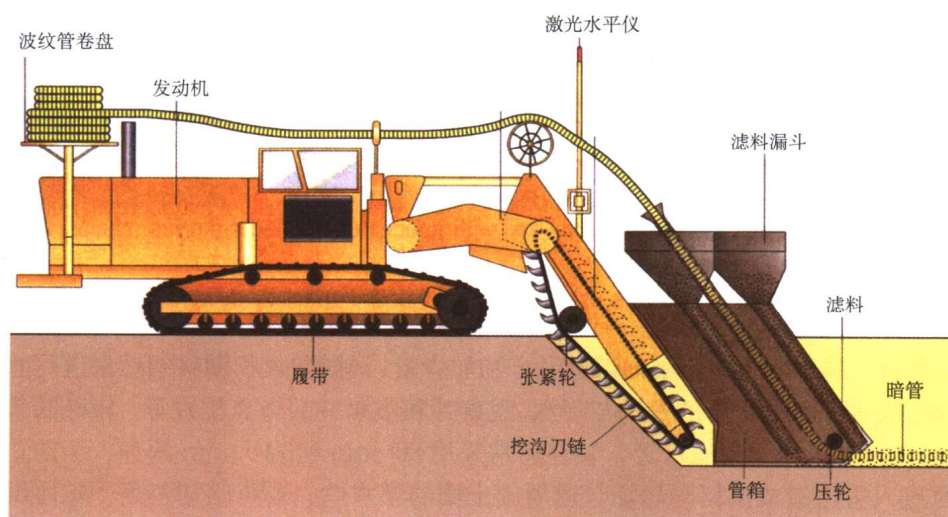


图 1-5 开沟埋管机作业示意图

暗管铺设的比降可通过激光制导仪自动控制，使暗管达到要求的坡度，以利于地下水的排出。在埋管的同时，将沙滤料包在暗管的周围一起埋入地下。暗管铺设过程具有较高的自动化程度、施工精度和生产效率。一台机械在一个工作日可铺管 1 500 m 以上，这就使大规模铺设暗管进行大面积的治理和开发盐碱地成为可能。荷兰设备中还有冲洗暗管内壁及孔隙的自动推进喷嘴（图 1-6），可自动以高压水流冲开被堵塞的管壁渗孔（图 1-7）。每隔 2~3 年可冲洗一次，从而使暗管改碱设施的长期使用和维护达到一劳永逸的效果。