

农田排水系统优化设计及其对土壤改良的影响分析

钟小青

新疆塔里木河水利勘测设计院，新疆 喀什 844700

[摘要]农田排水系统对于保障田间水分得以合理调控、使土壤环境获得改善以及促使作物产量得以提升而言，是一项颇为重要的举措。文章选取农田排水系统的优化设计当作研究的对象，综合考量研究区域的实际地形状况、土壤相关特性以及作物对于水分的需求特点等方面情况，借助参数方面的设计工作、建立模型并开展仿真操作以及进行可行性方面的分析等一系列手段，深入探究了不同种类的排水方案给土壤的理化性质以及作物生长所处的环境所带来的影响情况。最终的研究结果清晰地显示出来，一套较为合理的排水系统是能够在很大程度上对土壤含水量起到有效调控作用的，它还能让土壤结构得到一定程度的改善，同时可以有效地降低盐分出现过度积累的现象，并且还能够有力地推动物物实现更为健康的生长态势。其中，地下排水方案以及复合排水方案在针对深层土壤展开改良工作的成效方面表现得尤为突出，从而为农田排水设计以及土壤改良等相关事宜提供了具有科学依据支撑的参考内容。

[关键词]农田排水系统；优化设计；土壤改良；影响分析

DOI: 10.33142/hst.v8i12.18441

中图分类号: S126

文献标识码: A

Optimization Design of Farmland Drainage System and Analysis of Its Impact on Soil Improvement

ZHONG Xiaoqing

Xinjiang Tarim River Water Resources Survey and Design Institute, Kashgar, Xinjiang, 844700, China

Abstract: The drainage system of farmland is an important measure to ensure the reasonable regulation of field water, improve soil environment, and promote crop yield. The article selects the optimization design of farmland drainage system as the research object, comprehensively considers the actual terrain conditions, soil related characteristics, and crop water demand characteristics of the research area, and uses a series of methods such as parameter design work, model establishment and simulation operation, and feasibility analysis to deeply explore the impact of different types of drainage schemes on the physical and chemical properties of soil and the environment in which crops grow. The final research results clearly show that a relatively reasonable drainage system can effectively regulate soil moisture content to a large extent. It can also improve soil structure to a certain extent, effectively reduce the phenomenon of excessive salt accumulation, and effectively promote the healthy growth of crops. Among them, underground drainage schemes and composite drainage schemes have shown particularly outstanding results in improving deep soil, providing scientific references for agricultural drainage design and soil improvement.

Keywords: farmland drainage system; optimization design; soil improvement; impact analysis

引言

随着现代农业对于粮食产量以及作物品质方面的要求持续提升，农田排水系统作为用于调控田间水分、改善土壤环境并且保障农业生产的一项重要基础设施，其优化设计以及科学管理变得日益关键起来。传统农田排水系统存在着设计较为滞后、布局不够合理、排水效率比较低等一系列问题，常常致使出现田间积水、土壤板结、盐分不断累积以及地下水位异常升高的情况，进而对作物根系生长以及水肥利用效率造成了极为严重的制约作用。尤其是在水分过剩或者降雨集中的地区，排水不畅不但会对作物产量产生影响，而且还极有可能使得土壤退化以及生态环境方面的问题进一步加剧。所以，着手开展针对农田排水系统优化设计的相关研究，既有着农业生产效益层面的意义，同时也关乎到水土资源合理利用以及生态环境可持续发展的战略需求。在这样的大背景之下，深入且细致地去

分析排水系统建设给土壤理化性质以及作物生长环境所带来的影响，深入探讨不同排水方案在土壤改良效果上存在的差异，以此来为科学制定排水设计参数以及优化布局给予相应的理论依据与实践方面的指导，具备十分重要的学术价值以及应用价值。

1 农田排水系统设计原则

农田排水系统设计需综合考虑水文、土壤、地形及环境因素，以确保有效排除多余水分、防止渍涝并促进可持续农业发展。设计应遵循水文与土壤适应性原则，通过详细调查当地降雨规律、径流特征及土壤渗透性和排水能力，结合排涝模数计算或暗管排水参数优化，科学确定排水规模和地下水位调控措施，避免积水和水分不足。系统布局应采用分级沟道结构，遵循自流排水优先、高水高排、低水低排原则，与灌溉渠系、道路及土地利用规划协调，保证各级沟道水流畅通，减少对耕地占用。经济性与可维护

性也是设计重点，应在工程投资与运行成本之间保持平衡，通过利用自然地形、就地材料和分片排涝等策略降低费用，并保证沟道流速与断面满足长期运行与维护需求。环境兼容与生态可持续原则要求系统建设应减少对周边生态的影响，可结合植生型沟道、透水材料及排蓄结合策略控制面源污染，同时合理配置蓄涝容积与抽排能力，实现生态与排水效益双赢。

2 农田排水系统优化设计方法

2.1 研究区概况与调查方法

在针对农田排水系统展开优化设计的相关研究当中，对所涉及研究区域进行全面且细致的调查以及对其概况加以分析，这无疑构成了开展科学合理设计工作的基础所在。得要对研究区域的自然条件予以系统的整理与归纳，像气候类型方面的情况、降雨量具体分布的情形、蒸发量的实际状况、地形呈现出的起伏态势以及地貌所具有的特征等，这些诸多因素会在很大程度上直接影响到土壤水分的动态变化情况以及排水方面的需求状况。还应当详尽地去调查研究区域内的土壤类型以及其相关的理化性质，比如土壤的具体质地情况、孔隙结构方面的状况、渗透系数的实际大小、含水量的具体多少、盐分的分布情形以及养分的整体状况等，通过这样的调查，从而能够清晰明确地知晓排水对于土壤改良可能产生的潜在影响情况。除此之外，同样需要对地表水系的实际情况、地下水位的具体状况以及排水现有的各类设施展开调查，这其中就涵盖了排水沟渠的设置情况、排水管网的布局安排、排水口所处的位置以及排水能力的实际大小等方面，只有如此，才能够较为完整地掌握当下现有的排水条件以及其中存在的不足之处^[1]。在整个调查工作的开展过程当中，应当综合运用现场实地测量的方法、土壤取样之后进行分析的方式以及收集历史相关资料等多种手段相结合的方式来推进，以此来切实保证所获取数据具备准确性以及全面性的特点。

2.2 排水系统设计参数确定

在农田排水系统的优化设计工作当中，对排水系统设计参数予以科学合理的确定，这无疑是一个极为关键的环节，它对于达成排水效率的最优化、土壤改良成效的凸显以及工程能够持续稳定地运行等方面，都起着决定性的作用。这些设计参数所涵盖的范围颇为广泛，既包含了像排水沟渠或者管网的具体布置形式、排水时所涉及的深度情况、各个部分之间的间距大小、管径规格以及排水口在空间中的具体位置这类内容，同时也涉及到诸如排水坡度的设定、断面尺寸的确定、材料选取的考量以及整个系统排水能力所能达到的具体指标等诸多方面。在确定这些参数的时候，务必要以研究区域实际存在的自然条件作为基础依据，并且要全面且细致地去考量地形呈现出的起伏状况、土壤具备的渗透性能、地下水位出现的变化情况、降雨所

具有的特征特点以及作物对于水分的需求规律等一系列因素。比如说，在那些土壤渗透性表现得比较低的区域，就应当适当地把排水沟的间距缩小一些，或者是相应地加深排水的深度，如此一来才能够切实有效地保证过剩的水分可以及时地排出去；而在地势存在较大起伏或者坡度较为陡峭的区域，那么就需要对排水坡度以及沟渠断面做出合理的规划与设计，从而避免因水流产生冲刷作用而致使土壤遭受侵蚀的情况发生。就排水口位置的确定而言，应当遵循水流能够沿着最短路径行进的原则来进行安排，与此同时还要充分兼顾到整个田块水分分布的均衡状态，防止出现积水形成的低洼区域或者干旱产生的斑块现象。在整个设计操作的过程之中，除了要结合排水管材所具有的耐腐蚀性能、强度高低以及经济适用性等方面的情况来进行综合性的选择之外，还需要借助排水模型开展仿真分析的工作，通过针对不同参数组合情况下水位所发生的各种变化、排水量的多少、排水速度的快慢以及土壤水分呈现出的动态状况等展开模拟实验，以此来科学且客观地评估各个设计方案实际所能取得的效果，进而从诸多方案当中筛选出最为优秀的参数配置方式，最终实现排水系统在改善土壤物理化学性质、提升作物生长环境条件以及保障工程经济利益等方面的综合优化目标。

2.3 排水系统建模与仿真分析

在农田排水系统开展优化设计之际，构建起科学合理的排水系统模型并且对其展开仿真分析，这无疑是验证设计方案是否合理以及预测排水效果的关键途径。建模往往是以研究区域的实际地形状况、土壤所属类型、地下水所处位势、降雨的具体量级还有作物的需水规律等一系列基础数据作为依据，借助构建水力学模型的方式来对土壤水分的运动状态以及排水的具体进程加以模拟呈现。该模型能够运用连续介质方面的假设，把土壤视作多孔介质，凭借渗流方程去阐述水分子于土壤剖面当中流动所遵循的规律，与此还要结合地表排水以及地下排水通道所具有的水力特性，针对排水量的多少、排水的速度快慢以及水位的变化情况展开相应的模拟操作^[2]。在仿真分析行进的过程中，通过对排水沟渠的间距、排水的深度、管径的尺寸以及排水口的布局等相关参数做出调整改变，以此来对不同设计方案所呈现出的排水效率高低、土壤水分保持情形以及积水消除所需时间长短等方面展开对比性的评估考量，进而从中筛选出最为优质的方案。

2.4 排水工程可行性分析

在农田排水系统开展优化设计工作期间，排水工程可行性分析属于极为关键的一个环节，其对于保证设计方案于实际应用层面达成经济合理、技术可行并且环境友好的状态有着重要作用。该可行性分析一般涵盖经济性评价、技术可行性评价以及环境影响评价这三个不同方面。其中，经济性评价主要是针对排水工程的建设成本、运行维护所

涉及的费用以及投资回收期限展开分析，借助成本和效益方面的比较来明确设计方案在经济层面是否合理，进而促使有限的资金能够收获最大化的排水效益。技术可行性评价着重于对排水系统的施工难度、施工条件的适应情况、材料选取事宜、施工技术的具体要求以及后期运行维护的便利程度加以分析，以此确保设计方案可以顺利推进并且能够长时间稳定地运行，同时还能够契合排水量以及排水效率相关的技术指标要求。环境影响评价把目光聚焦在排水工程给土壤、水体、生态环境还有农田周边环境所带来的潜在影响之上，这其中就包含了土壤出现侵蚀现象、地下水位发生变动、水体存在富营养化风险以及生物多样性受到的影响等方面，并且还会相应地给出减缓或者优化的相关举措，从而达成工程建设和生态环境保护的协调一致。

3 农田排水系统对土壤改良的影响分析

3.1 排水系统建设前后土壤理化性质变化

农田排水系统的建设，对土壤的理化性质有着颇为显著的影响，它称得上是改良土壤结构以及提升耕作条件的一条重要路径。在着手建设排水系统之前，因水分的排泄不够顺畅，土壤常常会出现积水、板结或者盐分淤积之类的诸多问题，而这些问题的出现，会致使土壤孔隙度有所降低、通气性欠佳，土壤团粒结构遭受破坏，与此同时还会对土壤的渗透性以及根系的生长产生影响。待排水系统建设完成之后，凭借其高效的排除地表以及地下多余的水分的能力，土壤含水量逐渐趋向于适宜的范围，土壤水分呈现出更为均衡的动态变化态势，进而对土壤物理性质起到了改善的作用，比如土壤密度出现了下降的情况、孔隙率有所增加、土壤团粒结构得以恢复并获得优化，渗透性也得到了增强，如此便有利于水分和空气在土壤当中更好地循环往复。除此之外，排水系统对于盐分的淋洗以及均匀分布也是有帮助的，能够对土壤化学性质加以改善，使得盐渍化的风险得以降低，促使土壤肥力以及养分的有效性都得以提高^[3]。从长远来看，在排水系统长期发挥作用的情况下，其建设不但使土壤理化指标得到了改善，而且还为作物根系的呼吸以及水肥的吸收营造出了更为优质的生长环境，推动了土壤生态系统稳定性的提升以及可持续利用的实现，为后续农作物实现高产高效的种植打下了稳固的基础。

3.2 排水系统对作物生长环境改善的作用

农田排水系统，其重要性体现在多个方面。它一方面会对土壤的理化性质带来颇为重要的影响，另一方面对于作物生长环境的改善而言，也有着直接的作用效果。借助科学且合理的排水设计方式，当出现过量积水的情况时，便能够及时地将其排出去。如此一来，土壤含水量就能够维持在作物能够适宜生长的那个范围之内。而且，根系周边土壤的空气流通性能也会得到明显的提升，这无疑有利

于根系更好地进行呼吸活动以及更有效地吸收养分，进而促使作物生长活力得以增强，抗逆性也跟着有所提高。与此排水系统还能对土壤的水分均衡状态起到改善的作用，使得土壤盐分以及有害离子的累积情况得以降低，减少了因盐害给作物生长所带来的种种不利影响，进而为作物营造出更为健康的生长基质环境。合理的排水操作还能够在一定程度上对田间的微气候条件加以调节，比如能让土壤温度与湿度保持相对均衡的状态，这对于根系的生长发育以及地上部生长的协调发展都是很有帮助的。除此之外，排水系统的建设工作还能够让病害和虫害的发生风险有所减少，毕竟积水的环境往往是容易致使病原微生物滋生以及害虫繁殖的，而有效的排水措施则能够对这种不利条件予以改善，进而提高作物生长过程中的安全性以及产量方面的稳定性。

3.3 不同排水方案对土壤改良效果比较

在农田排水系统开展设计工作期间，不同排水方案对于土壤改良所呈现出的效果存在着颇为明显的差异，所以说，针对多种多样的方案展开相应的比较分析，这在实际当中是有着极为重要的意义的。地表排水方案主要是依靠沟渠或者明渠来把多余的那部分地表水给排出去，它的优势就在于排水的速度是比较快的，并且施工所需要的费用也相对较低，然而在对地下水位加以调控以及土壤深层水分达成均衡这两个方面而言，其表现出来的效果就显得略微有些不足了，对于改善土壤深层所存在的盐分状况以及进一步增强土壤的通气性，其效果并不是十分突出^[4]。地下排水方案则是借助暗管又或者是渗管系统，把多余的水分从土壤深层给排出来，如此一来，不但能够较为有效地对地下水位进行调控，而且还可以让深层土壤的含水量得到改善，与此它还能够推动土壤团粒结构得以恢复，并且促使土壤渗透性有所提升，进而更有助于土壤实现长效改良以及作物根系的正常发育。将地表排水方案和地下排水方案相结合形成的复合模式，能够在一定程度上同时满足地表积水要快速排出以及深层水分需要进行调控这两方面的需求，从而达成排水保持均衡、减少盐分不断积累并且改善土壤结构这样的双重效果。

4 结语

经过对农田排水系统展开优化设计方面的研究，同时对其给土壤改良带来的影响加以分析，可以发现，一套科学且合理的排水系统，一方面能够对田间水分子予以有效调控，另一方面可改善土壤的理化性质，除此之外，它还能够为作物营造出适宜其生长的环境，进而使得作物产量以及水肥利用效率都得以显著提升。本研究先是针对研究区的地形状况、土壤特性以及水文条件展开调查，接着把排水参数设计、建模仿真还有方案比较等环节相互结合起来，以此来全面且细致地评估不同排水方案对于土壤结构、含水量、盐分分布以及作物生长环境所产生的各种影响。

经研究得出的结果显示，在深层土壤改良以及排水均衡这两个方面，地下排水方案以及复合排水方案所取得的效果是最为突出的。并且合理的排水间距、恰当的排水深度以及科学的管网布局，均能够在很大程度上提高系统的排水效率，同时也能够让土壤改良的效果得到明显增强。综合来看，本研究一方面为农田排水系统的优化设计给予了科学层面的依据，另一方面也为提升土壤利用效率、推动农业朝着可持续发展的方向前进提供了相应的参考以及指导。在未来开展相关研究的时候，需要进一步综合考虑不同气候条件、各类作物类型以及水资源管理的具体需求，持续不断地去优化排水设计方案，从而达成农田排水系统在保证生产效益和生态环境保护这两者之间实现协调统一的目标。

[参考文献]

- [1]夏传鹏,张帆,崔志英,等.农田排水技术及其对农业生态环境的影响综述[J].江西农业,2025(17):116-118.
- [2]陈涛.不同排水方法对农田土壤湿度和作物生长的影响研究[J].河北农机,2024(7):106-108.
- [3]窦旭,史海滨,李瑞平,等.农田排水改良盐渍化土壤效果与环境污染研究[J].农业机械学报,2022,53(4):372-385.
- [4]梁连.农田排水系统在防洪减灾中的作用与效率研究[J].新农民,2025(18):31-33.

作者简介：钟小青（1977.12—），毕业院校：新疆塔里木农垦大学，所学专业：农田水利，当前就职单位名称：新疆塔里木河水利勘测设计院，就职单位职务：副总工程师，职称级别：高级。