

Saline-Alkali Soil Amelioration and Groundwater Utilization Using Vertical Drainage Method in Weigan River Irrigation District of China

Hejie Guo

Xinjiang Survey and Design Institute of Water Resources and Hydropower, Urumqi
Email: hlhlhl100@126.com

Received: Feb. 26th, 2014; revised: Mar. 13th, 2014; accepted: Mar. 19th, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Amelioration of saline-alkali land and its utilization is a hot and important topic in China. In this paper, some successful case study examples for saline-alkali soil amelioration were summarized, like vertical drainage combined with drip irrigation under plastic mulch method and other alkali-saline soil treatment methods. The amelioration and utilization method for saline-alkali land combined vertical drainage and groundwater utilization in Weigan River irrigation district was proposed. It showed an obvious effect in saving water and land amelioration. This engineering practice promoted the planning work of alkali-saline land amelioration in Tarim Basin, and also provided a demonstration model for other regions.

Keywords

Vertical Drainage and Irrigation, Saline-Alkali Land, Groundwater Development

渭干河流域竖井排灌盐碱地治理与地下水开发

郭贺洁

新疆水利水电勘测设计研究院，乌鲁木齐

作者简介：郭贺洁，1962年，女，吉林，大学本科，高级工程师，主要从事水利水电规划等方面研究工作。

Email: hhlhl100@126.com

收稿日期: 2014年2月26日; 修回日期: 2014年3月13日; 录用日期: 2014年3月19日

摘要

盐碱地改良和资源化利用正在受到前所未有的重视。本文通过总结竖井排灌结合膜下滴灌工程等改良盐碱地等成功实例, 提出了渭干河流域竖井排灌与地下水开发利用相结合的盐碱地改良利用模式, 盐碱地改良及节水效果明显, 促进了塔里木河流域盐碱地改良规划的具体实施, 也为各地盐碱地改良利用提供了良好的示范作用。

关键词

竖井排灌, 盐碱地, 地下水开发

1. 引言

土壤盐渍化是影响我国西北内陆河流域农业高产稳产以及绿洲稳定的主要障碍因子。随着我国耕地面积的不断下降, 盐碱地改良和资源化利用正在受到前所未有的重视。新疆作为我国盐碱地面积分布最广、盐渍化危害最严重的地区, 受盐渍化危害的面积占总耕地面积的 30%左右[1], 其中渭干河流域土壤盐渍化耕地面积占总耕地面积的近 40%[2]。目前, 大面积盐碱地改良的方式, 主要有水利改良、化学改良和生物改良[3]-[5]。早期利用大水漫灌排盐洗盐, 同时利用排水渠系把盐分输送到灌区外围的方法[6], 由于用水量过大, 在水资源供需矛盾突出的今天, 这种传统的水利改良模式面临着新的挑战。探索新的盐碱地利用以及盐渍化耕地的改良方法具有重大的现实意义。

渭干河作为塔里木河的源流之一, 盐渍化危害严重。按照“因地制宜、因害设防、综合治理”原则, 开展并完成了盐碱地改良规划, 提出了竖井排水、暗管排水和明渠排水等工程改良利用措施, 以及生物改良利用、农业及化学改良利用等非工程措施。本文通过总结新垦农场竖井排灌加膜下滴灌工程改良盐碱地的成功经验, 结合渭干河流域地形地貌、水文地质、灌溉方式等实际情况, 提出了渭干河灌区竖井排灌和地下水开发利用相结合的盐渍土改良利用方法, 实践证明不仅改良实施效果明显, 节水效果也非常显著, 为塔里木河流域盐碱地改良规划的具体实施提供了良好的示范作用, 值得大力推广。

2. 渭干河流域盐碱地概况

2.1. 盐碱地类型、成因与分布

类型: 渭干河流域耕地面积 $31.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 其中土壤盐碱化面积为 $12.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占流域总耕地面积的 39.6%, 以轻盐化土比例较大。上游以 $\text{Cl}^- \sim \text{SO}_4^{2-}$ 型为主, 局部地段 $\text{SO}_4^{2-} \sim \text{Cl}^-$ 型; 下游为 $\text{Cl}^- \sim \text{SO}_4^{2-}$ 型, 荒地多为 $\text{SO}_4^{2-} \sim \text{Cl}^-$ 型, 结壳盐土为 Cl^- 型。渭干河流域耕地面积盐渍化类型统计见表 1。

成因: 渭干河流域地处天山南麓, 塔里木盆地北缘, 属典型的温带大陆性荒漠气候, 干旱少雨, 蒸发强烈。下游灌区细土平原地势低平, 坡降比山前平原大为减少, 地下水径流渐变缓慢; 农田大水漫灌、渠系防渗率低, 渗漏较严重补给潜水转化为地下水, 因而造成潜水位普遍较高; 盐碱地返盐严重无法耕种; 须采取大水漫灌压盐洗盐, 形成恶性循环。平原区气候、水文、地形、土壤岩性及水文地质条件等自然因素的综合作用是土壤盐渍化发生与发展的基础, 而人为活动影响和重灌轻排, 则是其向一定方向

Table 1. The area and type statistics of the salinization soil in Weigan River irrigation district**表 1.** 渭干河流域耕地盐渍化面积类型统计表

项目	单位	现有耕地	非盐碱土	土壤盐碱化类型			合计
				轻盐碱土	中盐碱土	重盐碱土	
面积	10 ⁴ hm ²	31.8	19.2	7.3	4.5	0.8	12.6
比例	%			57.7	35.7	6.6	100

演变条件。

分布：渭干河流域盐碱地均分布于细土平原。由于水文地质条件不同和灌溉方式差异，上游区小，下游区大；北部轻、南部重。靠近河床的地带轻，远离河床则重；平原水库周边重，离渗漏带远则轻；高岗地轻，低洼地则重；土壤沙性大轻，粘性大则重。

2.2. 盐碱地危害及改良利用必要性

渭干河流域主要为少数民族聚住的地域，维吾尔族占流域总人口的 82%，其它民族为汉族、回族、蒙古族等，现状农牧民人均收入仅约 4000 元。盐碱使土壤理化性质变差，作物生存条件变差，阻碍农牧业生产的发展；土壤盐碱化严重造成弃耕、荒芜，开垦盐碱荒地需加大灌水定额压盐泡荒，降低耕层盐分，土地资源和淡水资源浪费，使生态环境受到危害。

盐碱地改良利用可阻止灌区地下水水质环境、土壤盐碱化进一步加剧；改善农业生产环境，提高农业单产和人均收入，实现农牧民生活水平的提高，对区域社会稳定也有很重要的意义。

3. 盐碱地改良规划工程措施分析

3.1. 盐碱地改良规划工程措施

盐碱地改良利用规划目标是通过“水土平衡”和“水盐平衡”，使灌区农田得到适时适量的灌溉，地下水位保持在一定范围内，力求灌区不积盐或少积盐，“盐随水来，盐随水去”，维持周围生态环境。工程措施主要有竖井排水、暗管排水和排渠排水等。

竖井排水方案是靠机井水泵抽水，水位降落快，降深大。一般单井抽水降深可达 3 m。由于降深大，可以加大冲洗或灌溉水的入渗速度和淋洗作用，使表层土壤脱盐，排水效果好，而且不容易返盐。特别是抽出来的水可用于灌溉，灌排结合。竖井排水缺点是消耗能源，运行费用高；要求一定的水文地质条件，当潜水矿化度较高时，不易灌溉，排水成本增加。

暗管排水方案是暗沟在地下，不占地，不影响田间耕作，根据需要调整深度和距离，排水降深大，速度快，排水均匀，自流排水。暗管排水缺点是相对于明沟基建投资大，施工技术要求高；清淤难度大。

明沟排水方案不需要特殊设备，施工技术简单，基建投资少；能自流排水，可排涝、防渍相结合。目前在新疆绝大部分地区治理盐渍化均采用明沟排水。明沟排水缺点是受排水沟深度和间距的限制，排水效果比竖井、暗管差；排水沟占地，边坡容易滑塌，每年需要清淤。盐碱地改良规划工程措施方案比选见表 2。

渭干河流域已完成且正在实施的盐碱地改良规划根据灌区现状机井数量不多，从减少工程投资角度出发，考虑竖井排水方案投资大，明沟排水造价低、施工简单、容易清淤等，主要利用现有的排水网络对骨干排渠进行流量校核、疏浚，采用明沟排水和明沟排水与暗管排水相结合的方案。2030 年完成 12.6 × 10⁴ hm² 土壤盐碱化面积改良，规划改、扩建干排总长 648.6 km，支排、分支排改、扩建总长 1253.1 km，沿线建筑物 1072 座。工程总投资 7.8 × 10⁸ 元。

Table 2. The planning engineering comparison for amelioration of saline and alkaline land
表 2. 盐碱地改良规划工程措施方案比选表

项目	明沟排水方案	暗管排水方案	竖井排水方案
施工	施工简单, 仅做土方工程	施工复杂, 技术要求高	施工复杂, 除布置井位, 还需要架设输电线路
运行	运行费用低, 方便	清理管道困难, 运行不方便	运行费用高, 全年抽水
效果	效果好	效果很好	效果好, 不易返盐, 抽取地下水可再利用
费用	费用低	费用比较高	费用高
结论	根据施工、运行及造价、维修费用选用明沟排水方案		

渭干河流域盐碱地均分布于下游细土平原灌区, 塔里木河流域规划渭干河流域盐碱地改良规划应有选择的结合灌区现状机井及规划水平年水资源供需分析结果及地下水水资源配置规划, 使流域盐碱地改良规划与流域地下水开发利用规划相结合, 利用现有及规划骨干排水网络, 加大明沟排水和竖井排水相结合方案规划力度, 加速灌区盐碱地治理速度, 尽快改善流域农业生产环境, 提高当地农牧民生活水平。

3.2. 竖井排灌成功实例

渭干河流域下游新垦农场采取竖井排灌盐碱地改良加膜下滴灌技术, 打井 93 眼, 控制面积 $0.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 年开采地下水 $977 \times 10^4 \text{ m}^3$, 抽水时观测井最大埋深水位 8.2 m, 11 月份地下水位埋藏深度 2.2~3 m, 较好地改善灌溉水中盐碱成分在土壤中的滞留状况; 项目区由大水漫灌形式改造为滴灌节水型灌溉, 地表水引水量由原每年 $3785.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ 减少到 $1200 \times 10^4 \text{ m}^3$, 从根本上减少盐碱地区积盐量; 棉花籽棉亩产由 100~200 kg 提高到 300~400 kg, 中低产田变成了高产田, 农民摆脱贫穷、精神面貌焕然一新, 收入大大提高; 生态环境向良性方向发展, 达到人水和谐新局面, 排渠无水已废弃。

叶尔羌河流域岳普湖县阿其克盐碱地采取竖井排灌工程是世行二期工程, 打井 47 眼, 井深 120 m, 年开采地下水量 $1334 \times 10^4 \text{ m}^3$, 控制面积 $0.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 地下水位埋藏深度降到 3 m 以下, 盐碱地得到有效治理。

塔里木河流域竖井排灌盐碱地改良的成功实例, 为塔里木河流域盐碱地改良利用提供了良好的示范作用, 应大力推广。为加速灌区盐碱地治理速度, 使农牧民尽早脱贫致富, 早日实现美丽中国、美丽乡村建设, 塔里木河流域规划盐碱地改良利用规划根据流域水文地质条件和国家开发建设向西部倾斜形式, 规划以竖井排灌盐碱地治理工程为主, 排渠排水、暗管排水为辅。

4. 竖井排灌盐碱地治理与地下水开发利用

4.1. 水资源供需分析与保障措施

渭干河流域现状总需水量为 $39.3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 实际总用水量 $34.4 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中地表水引水量 $31.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、地下水开采量 $2.7 \times 10^8 \text{ m}^3$, 水资源利用程度较高, 但仍表现缺水。

塔里木河流域规划渭干河流域规划水平年新形势下新型工业化、城镇化发展和节水型社会建设, 农业节水力度加大减少了需水, 工业、生活及生态等需水量骤增。2020 年、2030 年经济社会规划总需水量分别为 $32.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $31.3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 较现状减少。规划水平年供需矛盾的工程保障措施主要是建设调蓄性工程, 解决季节性缺水现象; 大力开展农业节水、提高农业用水水平, 减少规划年农业需水量: 适当开采地下水, 解决流域农业缺水现象。2030 年水资源供需分析地下水开采量 $4.6 \times 10^8 \text{ m}^3$, 较现状年地下水开采量增加 $1.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

4.2. 竖井排灌盐碱地改良利用与地下水开发利用

塔里木河流域规划渭干河流域农业灌溉主要靠地表水供给,不足部分用地下水进行调节、补充。根据流域土壤、水文地质等条件[1],把地下水开发利用同抗旱、节水、盐碱地改良等结合起来,充分发挥地下水开发利用的综合效益。盐碱地治理选择竖井排灌与明沟排水措施相结合,竖井排灌与地下水开发利用相结合,竖井排灌盐碱地治理必须开采地下水,降低地下水位埋藏深度,把地下水位埋深控制在3 m以下[7],掠夺地下水无效蒸发量,达到彻底改良盐碱地目的。此为一劳永逸、节约水资源、又能彻底治理盐碱地的最佳方案。

2020年渭干河流域竖井排灌盐碱地治理面积 $2.1 \times 10^4 \text{ hm}^2$,2030年完成竖井排灌盐碱地治理面积 $3.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

渭干河流域现状农业毛灌溉定额 $10818 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,2020年规划竖井排灌盐碱地农业毛灌溉定额 $5100 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,春灌与冬灌需用地表水 $3000 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,至2030年盐碱地得到改良,不需要地表水进行洗盐压碱,仅需开采地下水进行灌溉。

4.3. 投资分析

根据盐碱地水质在垂向上变化规律,表层潜水水质因强烈蒸发浓缩作用,矿化度较高,一般从上至下有渐低趋势,潜水蒸发作用及毛细作用在埋深3~6 m以下较弱。为了达到既能降低地下水位,又能满足灌溉水质要求,同时节约资金,竖井排灌机井开采深度宜为80~120 m。按一眼机井平均控制面积 26.7 hm^2 设计, $5.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 盐碱地共需竖井排灌机井1998眼。

渭干河流域 $12.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 竖井排灌盐碱地治理与地下水开发利用结合进行盐碱地改良,竖井排灌工程投资预算为 6.5×10^8 元,其它各项治理工程投资估算 2.9×10^8 元,勘测设计费为 0.5×10^8 元;总投资费用为 9.9×10^8 元,亩均投资为525元。对比渭干河流域已完成且正在实施的盐碱地改良利用及排水规划工程投资 7.8×10^8 元,增加 2.1×10^8 元。

渭干河流域农业灌溉现状年地下水开采量 $2.7 \times 10^8 \text{ m}^3$,2030年农业灌溉地下水水资源配置规划水量为 $3.4 \times 10^8 \text{ m}^3$,盐碱地改良规划竖井排灌开采地下水量为 $2.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。从机井建设投资角度,盐碱地改良竖井排灌机井与规划水平年水资源配置规划农业灌溉地下水开采结合,减少了农业灌溉地下水开采机井投资。综合占地、实施效果及工程管理等分析,渭干河流域竖井排灌盐碱地治理与地下水开发利用结合,经济效益、社会效益和生态效益显著。

5. 结论、建议

5.1. 结论

1) 通过对塔里木河流域盐碱地分布及水文地质条件分析比较,上游盐碱地大部分都比新垦农场水文地质条件优越,下游盐碱地水文地质条件相近,所以根据新垦农场采用竖井排灌技术成功治理盐碱地范例,对整个塔里木河流域采取竖井排灌技术治理盐碱地是可行的。

2) 塔里木河流域经济社会发展主要以农牧业为主,经济类型较单一。竖井排灌盐碱地改良利用与地下水开发利用结合使农作物产量与质量均得到提高,提升农业综合生产能力,对带动全社会经济发展、增加农民收入、改善生态环境具有较好的经济效益、社会效益和生态效益。

5.2. 建议

1) 加强灌区管理及信息化建设工程,实现量水设施配套化和自动化,把水资源管理工作引入制度化、法制化轨道,为灌区推行“总量控制”、“定额管理”创造良好的基础条件和硬件保证。

- 2) 加强地下水水质、水位动态监测,防止地下水产生污染。
- 3) 重视非工程措施建设。盐碱地改良利用应工程措施与非工程措施结合,以发挥工程措施最大效益。

参考文献 (References)

- [1] 田长彦,周宏飞,刘国庆. 21世纪新疆土壤盐渍化调控与农业持续发展研究建议[J]. 干旱区地理, 2001, 23(12): 177-181.
TIAN Changyan, ZHOU Hongfei and LIU Guoqing. The proposal on control of soil salinizing and agricultural sustaining developmentn in 21 century in xinjian. *Arid Land Geography*, 2001, 23(12): 177-181. (in Chinese)
- [2] 乔木,周生斌,卢磊,闫俊杰,宋鹏,徐薇薇. 新疆渭干河流域土壤盐渍化时空变化及成因分析. 地理科学进展, 2012, 31(7): 904-910.
QIAO Mu, ZHOU Shengbin, LU Lei, YAN Junjie, SONG Peng and XU Weiwei. Causes and spatial-temporal changes of soil salinization in Xinjiang Weigan River Basin. *Progress in Geography*, 2012, 31(7): 904-910. (in Chinese)
- [3] 杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 837-845.
YANG Jingsong. Development and prospect of the research on salt-affected soils in China. *Acta Pedologica Sinica*, 2008, 45(5): 837-845. (in Chinese)
- [4] QADIR, M., CHAFOOT, A. and MURTAZA, C. Amelioration strategies for saline soils: A review. *Land Degradation & Development*, 2001, 11(6): 501-521.
- [5] 罗廷彬,任崑. 北疆盐碱地采用生物措施后的土壤盐分变化[J]. 土壤通报, 2005, 36(6): 304-308.
LUO Tingbin, REN Wei. Salinity changes for 15 years of bioreclamation of saline soil in Xinjiang. *Chinese Journal of Soil Science*, 2005, 36(6): 304-308. (in Chinese)
- [6] 罗家雄. 新疆垦区盐碱地改良[M]. 北京: 水利电力出版社, 1985.
LUO Jiaxiong. Amelioration of saline-alkali soil in Xinjiang irrigation district. Beijing: Press of Water Conservancy and Electric Power, 1985. (in Chinese)
- [7] 王皓,周东辉,王丽云. 论北方中、小型地下水水源地水资源量及可开采量核算法[J]. 地下水, 2007, 29(1): 53-54.
WANG Hao, ZHOU Donghui and WANG Liyun. The northern middle and small groundwater water resources and exploitable volume calculation method. *Groundwater*, 2007, 29(1): 53-54. (in Chinese)