

内陆干旱区竖井灌排下土壤盐分的运移特征

——以哈密盆地为例

杨鹏年¹, 周金龙¹, 崔新跃²

(1. 新疆农业大学 水利与土木工程学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆哈密地区水利局, 新疆 哈密 839000)

摘 要:通过对新疆哈密盆地内地下水流运动特征的分析, 论述了采用竖井灌排措施前后土壤剖面盐分不同运移方式及由此可能产生的生态与环境问题。在竖井灌排下, 土壤盐分以向下运移为主, 土壤处于脱盐状态。这与自然状态下的水盐向上运移是截然相对的; 文中还指出了竖井灌排区应加强对地下水资源量的研究, 避免地下水的过度超采, 保证井灌井排灌区的可持续发展。

关键词:竖井灌排; 盐分运移; 内陆干旱区

中图分类号: S153.5; S156.41

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)02-0148-03

The Transport Characteristics of Soil Salt After Shaft Well Irrigation and Drainage in Arid and Inland Area

— A Case Study of Hami Basin

YANG Peng-nian¹, ZHOU Jin-long¹, CUI Xin-yue²

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Water Conservancy Bureau of Hami District, Hami, Xinjiang 830049, China)

Abstract: Based on the analysis of the groundwater flow movement characteristics in Hami Basin, Xinjiang, the paper discussed the different salt transport mode on the soil profile adopted shaft well irrigation and drainage project and resulted ecological and environmental problems. In natural state, salt moves upwards. On the contrary, salt moves downwards in shaft well irrigation area. After long time, the environment will be changed. In fact, groundwater resources should be investigated in shaft well irrigation region. The substantial developed capacity of groundwater can't go beyond the guarantee develop capacity. Thus, the activities of human being won't bring the side-effect to environment.

Key words: shaft well irrigation and drainage; salt transport; arid and inland area

目前的研究认为竖井灌排是改良西北干旱区土壤盐渍化的一种有效手段^[1,3], 其主要作用表现为: (1)可抽取地下水用于灌溉; (2)降低地下水位; (3)使土壤逐渐脱盐^[4]。上述研究侧重于对现有工程实践经验的总结与分析, 尚缺乏长期监测数据下的定量的理论研究, 因此一些问题至今仍在困扰着理论界及此类工程进一步的推广与完善。如: 竖井灌排下盐分在土壤剖面上的运移规律怎样? 长期井灌下是否会造成盐分在土壤剖面上积聚及地下水质的恶化? 以及能否找到一个阈值区间来预警上述问题的发生等。本文通过对新疆哈密盆地的调查对此类问题进行了初步探索。

1 研究区概况

哈密盆地地处欧亚大陆腹地, 位于天山山脉的最东端南坡, 是一个封闭的山间盆地, 呈南东—北西方向, 属典型的大陆性气候, 干旱少雨, 年均蒸发量 3 300~4 300 mm, 降水量

仅为蒸发量的 1%。盆地内第四系松散沉积(堆积)物较发育, 厚度几米至百米不等, 是盆地的主要含水地段。地势北高南低, 具一般山间盆地的沉积规律, 盆地第四系沉积层中的地下水接受山区补给后, 基本沿地形坡度方向由盆地外缘向内部汇集, 山前倾斜平原是地下水的径流区。含水层岩性主要由砂石、砂砾石。透水性较强, 径流条件好, 循环交替强烈。从山区至盆地, 含水层岩性由粗变细, 地下水水质由好变差, 地下水最终消耗于蒸发。

2 自然状态下的盐分运移

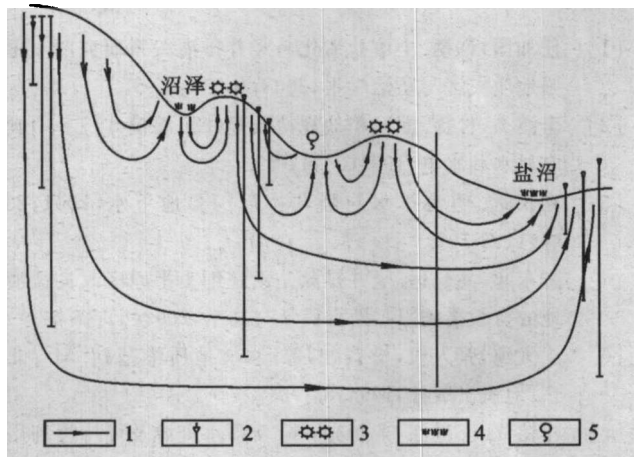
在严格的假定条件下, 托特(J. Toth)利用解析解绘制了均质各向同性潜水盆地中理论的地下水流系统, 在这个系统中存在 3 个不同级次的流动系统: 局部的、中间的及区域的。在静止的水体中, 各处的水头相等。在流动的水体中则不然。在势源处(补给区)流线下降, 机械能消耗于粘滞性摩

收稿日期: 2007-04-14

基金项目: 教育部科学技术研究重点项目(206164); 新疆维吾尔自治区高等学校科研计划(XJEDU2005I11); 新疆水利水电工程重点学科联合资助

作者简介: 杨鹏年(1966—), 男, 副教授, 主要从事内陆干旱区水资源利用与环境保护研究。E-mail: ypn10@163.com

擦,在垂直断面上自上而下水头愈来愈低,任一点的水头均小于静水压力;反之,在势汇处(排泄区),流线上升,垂向上水头自下而上由高而低,任一点的水头均大于静水压力。在中间地带,流线呈水平延伸,垂直断面上各点水头均相等,并正好等于静水压力^[5]。哈密盆地内的地下水流动系统便属于这种类型。盆地因受山区地形、气候等因素的制约,地表水较贫乏,无常年大河流。但山区沟谷水系发育,除部分河流出口后由渠道引入灌区外,其它大部分以潜流的形式补给地下水。盆地内水文地质条件具有明显的分带性,在水平方向上分为补给区、径流区和排泄区;在垂直方向上分为局部流、中间流和区域流(图1)。



1.流线; 2.底部进水的井及其终孔水位; 3.耐旱植物; 4.喜水植物; 5.泉

图1 区域地下水流动及伴生植物

地下水流的这种运动状况,同时也决定了盆地内盐分运移的两个主要方向:即在水平向从山区到盆地中心;在垂向上则由深层至浅层。在中间及区域水流的作用下,盐分从上游向下游运移,上、中游是脱盐区,下游则是积盐区,这是总体的趋势;其次在局部水流的作用下,地下水从地下深部向浅层运移,从而将溶滤的盐分也带至表层。在强烈的蒸腾作用下,盐分逐渐积累在地表。在地下水系统未受到人类活动的过度干扰前,这两种积盐过程都在进行着,且始终是以水为载体的,因此形成了目前的积盐状态。从盆地内上、中部大部分区域地下水矿化度较低这一事实可以初步推断地下水流的这一格局已保持了相当长的地质时期,使得盐分已主要聚集于盆地下游及荒漠区的土壤表层。

实地调查中发现:在荒漠区的土壤剖面中,距地表约20 cm处可见到厚约5~10 cm的白色盐壳层,初步判断其成分为氟盐和石膏的混合物。考虑到该区域内降水极少而蒸发强烈的气候条件,这一积淀层只能是潜水蒸发后形成的,而非一般土壤中由降水形成的淋溶层。亦即从地下深处运移到浅层后形成的。如果时间上做出判断,那么盐壳层的厚度越大,表明积盐的历史可能越长,这一点从荒漠区的盐分剖面上已表现出。这一自然进程在与人类的生产活动所产生的环境效应相叠加时,便发生了一定的变化。

3 人为活动影响下盐分的运移

随着人口的增长与经济社会的发展,盆地内进行了大规

模的水土开发,灌溉面积迅速扩大,且以竖井灌排为主,就地凿井进行提水灌溉。井深多为80~100 m,单井涌水量在80~150 m³/h。一些原本采用泉水或坎儿井灌溉的耕地,由于水源的枯竭,也转而采用井灌。年提水量的逐年增加,造成地下水位持续下降。如西戈壁乡的瑞丰农场在开发前的地下水位在1 m左右,野生植被长势良好。1997年开始种植农作物。地下水埋深在2004年9月的水文地质调查中为3.7 m,2006年12月时则为8.0 m,此时地表植被的盖度已较低,呈现出的是一片荒漠景观。在该农场的新垦耕地及附近的荒漠区分别进行了钻探、取样,其中新垦地探坑深3.7 m,荒地深4.5 m,取样间距上密下疏,两样地间相距不超过100 m。一般来说这2个点的地下水矿化度与土壤含盐量应相差不大,但分析的结果显示:二者的指标刚好相对。其中新垦地的地下水埋深略高于荒地,矿化度远大于荒漠区的值,同时1 m土层的含盐量也较低(表1),造成这一现象的原因则是由于灌溉水将盐分又从地表淋溶到地下后所导致的盐分重分布。即在灌溉条件下,土壤盐分从地表向深层运移,与自然状态下的盐分运移方向正好相反。

表1 调查点2004年土壤水文地质特性

类型	地下水埋深/m	地下水矿化度/(g·L ⁻¹)	1 m土层含盐量/%
新垦地	3.70	4.848	4.12
荒漠区	4.25	0.317	21.70

继续分析土壤剖面上的盐分特征后,则进一步证明了上述推断。从图2中可以看出:原本为荒漠的土壤在经过开垦种植后,其剖面上的土壤盐分分布与荒漠区相比产生了一定的变化。两条曲线在50 cm深度处相交,其中新垦地0~50 cm的土壤平均含盐量为0.52%,较荒漠区的4.28%呈大幅下降,而50 cm以下的土壤含盐量则相反。表明在灌溉淋溶的作用下,盐分从表层开始向深部运移,且这种运移的强度要远大于其由下向上的迁移,使得原来的荒漠逐渐被改造成了适合耕种的土地。

4 竖井灌排区的可持续发展

竖井灌排是继水平明沟排水(盐)之后,于20世纪70~80年代伴随着地下水大量开发,在西北干旱地区发展起来的一种集灌溉与排盐于一体的水利措施。通过抽取地下水灌溉农田,进而不断降低地下水位,直至中断盐分经潜水蒸发聚集到土壤表层。这种方法既减少了潜水蒸发量和农田排水,使水资源得到充分利用,同时又改良了土壤盐渍化,目前已在西北得到了广泛应用和推广^[3]。

这项技术虽然具有节水抑盐,改良土壤的作用,但也改变了农田土壤水盐的运移路径及其积聚空间。采取竖井灌排措施后,灌区内地下水位下降很快,水平排水系统将失去作用,也就是说,盐分的水平运移过程将会中断。其去向只有一个,那就是在灌区内部沿垂直方向朝土壤深层运移。由于盐分等有害物质在土壤中的运移具有复杂性、滞后性、隐蔽性等特点,其危害易被人们忽视。而一旦这些物质重新回渗到地下水中,将使矿化度增加,水质受到污染,进而对灌区

农业的持续发展造成危害,甚至产生不可逆的生态问题。而此时再采取措施进行治理或恢复,则可能要付出时间和费用的双重代价。实际上,目前新疆一些地下水超采的井灌区,如新疆天山北坡的部分竖井灌排区已经出现了地下水水质污染的现象^[6]。

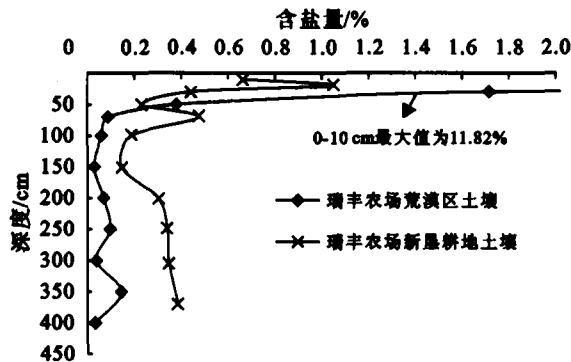


图 2 哈密盆地土壤剖面含盐量对比

如何扬长避短,以发挥竖井灌排的优势呢?一是在灌区开发的初期可采用水平排水系统,使高矿化盐水排至下游或固定的集盐池,以避免下渗;二是要控制地下水的开采量,过度超采不仅使地下水位持续下降、生态劣变,而且使径流减缓、降低了地下水的自净功能,一旦形成漏斗后,将引发周围高矿化水的入侵,造成大范围的污染,引发诸多环境问题;三是已改良好的土壤可结合高新节水设施,通过降低灌溉定额的方式稳步发展。

5 结 语

内陆干旱盆地内地下水流运动具有水平分带性和垂

直分带性。地下水水质随流动过程而不断变化着,从上游到下游、从深部到表层矿化度逐渐增大,呈现出地下水化学成分时空演变的有序图景。盆地内表层的原生盐化土壤则是自然地质历史演变的结果,采用竖井灌排后,改变了土壤在自然状态下盐分迁移与积聚的过程。由此带来的结果是表层盐分降低、土壤得到改良,同时地下水位下降、水质变差等双重效应,荒漠植被与人工植被呈现出此消彼长的转换关系。因此竖井灌排区应加强对地下水可开采量的研究,避免过度超采,使人为的生产活动控制在一个自然可承受的范围之内^[7],如此才能保持人与环境的和谐共处。

参考文献:

- [1] 任加国,许模.土壤盐渍化与竖井排灌关系研究[J].中国地质灾害与防治学报,2003,14(3):55-57.
- [2] 李鸿杰,杜历.灌区积盐规律及竖井排灌模式[J].中国农村水利水电,1991(3):17-19.
- [3] 高长远.明沟排水与竖井排灌[J].地下水,2001,23(4):196-197.
- [4] 张东起,高长远.竖井排灌是新疆细土平原区改良盐渍地的有效措施[J].勘察科学与技术,2002(5):45-47.
- [5] 王大纯,张人权,史毅虹,等.水文地质学基础[M].北京:地震出版社,1994:85-93.
- [6] 邓铭江,王世江,董新光,等.新疆水资源及可持续利用[M].北京:中国水利水电出版社,2005:216-225.
- [7] 李文鹏,周宏春,周仰效,等.中国西北典型干旱区地下水流系统[M].北京:地震出版社,1995:150-159.
- [8] 韩富伟,张伯,宋开山,等.长春市土壤侵蚀潜在危险度分级及侵蚀背景的空间分析[J].水土保持学报,2007,21(1):39-43.
- [9] 中华人民共和国水利部.土壤侵蚀分类分级标准(SL190-96)[S].北京:水利电力出版社,1997.
- [10] Rania Bou Kheir, Olivier Cerdan, Chadi Abdallah. Regional soil erosion risk mapping in Lebanon[J]. Geomorphology, 2005(4):347-359.
- [11] 魏兴萍,赵纯勇,杨华.基于GIS的小流域土壤侵蚀评价研究[J].重庆师范大学学报,2005,22(4):62-65.
- [12] 黄河泥沙研究工作协调小组.土壤侵蚀与产沙[M].郑州:黄河水利出版社,1981.
- [13] 姚水萍,任佑.浙江省土壤侵蚀等级划分模糊综合评判模型的初步探讨[J].水土保持通报,2006,26(6):32-34.
- [14] 王志明.关于城市化土壤侵蚀等级划分综合评判模型的探讨[J].水土保持研究,1998,5(2):131-135.
- [15] 孙希华,闫福江,王新华.青岛市土壤侵蚀潜在危险度评价研究[J].中国水土保持,2004(3):9-12.
- [16] 卢远,华耀,周兴.基于GIS的广西土壤侵蚀敏感性评价[J].水土保持研究,2007,14(1):98-100.
- [17] Vrieling A, Sterk G, Vigiak O. Patial evaluation of soil erosion risk in the west USAMBARA mountains Tanzania[J]. 2004,8(6):1210-1216.
- [18] 刘康,康艳,曹明明,等.基于GIS的陕西省水土流失敏感性评价[J].水土保持学报,2004,18(5):168-170.
- [19] 邓聚龙.灰色论基础[M].武汉:华中理工大学出版社,2003.
- [20] 刘思峰,党耀国,方国耕.灰色系统理论及其应用(第三版)[M].北京:科学出版社,2004.
- [21] 陈浩,周金星,陆中臣,等.荒漠化地区生态安全评价:以首都圈怀柔县为例[J].水土保持学报,2003,17(1):58-62.