

DOI: 10.11779/CJGE2020S2044

渠道渗漏水抽排作业效果分析

阮新民

(新疆额尔齐斯河流域开发工程建设管理局, 新疆 乌鲁木齐 830003)

摘要: 针对北疆供水 ZG 渠因渠道渗漏导致的各类工程破坏问题, 提出设置渠道纵横排水体系对运行期内沿线的渗漏水进行及时抽排。在此基础上, 通过设置“膜后水位”观测管观测渗漏情况, 结合集水井抽排作业数据考察该系统的有效性。观测结果表明, 设置渠道纵横排水体系后, 运行期内一些断面仍存在渗漏现象, 但相关断面的“膜后水位”较未设置排水体系前大幅度下降。通过对运行期内“膜后水”水位与抽排作业的相关性分析, 论证了抽排系统的整体有效性。

关键词: 渠道; 渗漏; 排水体系; 效果

中图分类号: TU431

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2020)S2-0250-05

作者简介: 阮新民(1961—), 男, 教授级高级工程师, 现任新疆额尔齐斯河流域开发工程建设管理局工程质量技术处处长, 主要从事水利工程运管工作。E-mail: 2525793@qq.com。

Drainage effects in water supply canals

RUAN Xin-min

(Xinjiang Construction & Management Bureau of Ertix River Basin Development Project, Urumqi 830003, China)

Abstract: In view of the various engineering damage problems caused by leakage in ZG canal, it is proposed to set up a drainage system to drain the leaking water during the operation period. On this basis, an observation tube is set up to observe the leakage situation, and the effectiveness of the system is investigated in conjunction with the data of pumping operation water-collection wells. The results show that after the installation of the vertical and horizontal drainage system for canals, there are still leakages in some sections during the operation period, but the "post-film water level" of the relevant sections is dropped significantly compared to that before the drainage system is installed. Through the correlation analysis between the water level of the "post-membrane water" and the drainage operation during the operation period, the overall effectiveness of the drainage system is demonstrated.

Key words: canal; leakage; drainage system; effect

0 引言

中国水资源时空分布不均, 北方地区多处于干旱、半干旱地区, 降水量较少, 而蒸发量较大, 水资源较为贫乏。为此, 国家先后修建了一批长距离输水工程及跨流域调水工程, 在缓解北方水资源供需矛盾, 支撑区域经济建设方面发挥了重要作用^[1]。然而, 一些位于北方寒区的衬砌渠道易受不良地质和极端气候影响, 渠道结构损毁时有发生, 造成严重的渗漏损失^[2]。以北疆供水 ZG 渠为例^[3-4], 渠道衬砌结构为全断面预制板结构, 防渗层为 0.6 mm 厚 PE 土工膜。该渠道于 2001 年建成投入使用, 为季节性输水渠道, 即冬季不输水。受当时投资和工程建设水平的制约, 全线 509 km 仅在少部分重要高填方渠段设置了排水体系。经过多年运行, 防渗膜的破损老化现象加剧, 由于渗漏水不能得到有效导排, 渠堤渗水量逐年加大, 使得运

行期内渠基被长期浸泡。渗漏问题在影响工程输水能力和效益的发挥的同时, 也增加了滑坡、变形等破坏的发生概率^[5]。

针对上述问题, 提出采用设置渠道纵横排水体系的方式缓解渗漏对工程运行带来的各类损失。渠道纵横排水体系由纵管、横管、集水箱组成(见图 1)。纵向排水体为软式透水管和 PE 管两种管材, 横向排水体管为 UPVC 管; 每隔一定距离设置 1 个集水箱, 集水箱大小 0.8 m×0.8 m, 两个集水箱以中间点为中心点各向两边设置 1/500 的纵坡, 以加快渠道渗漏水向集水箱中汇聚。输水过程中渗漏的渠水会先汇集到渠底纵向排水管, 然后通过横向排水管导流至竖向排水井, 最终积水由竖向排水井抽排返回渠道^[6-7]。

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0405100)

收稿日期: 2020-08-07

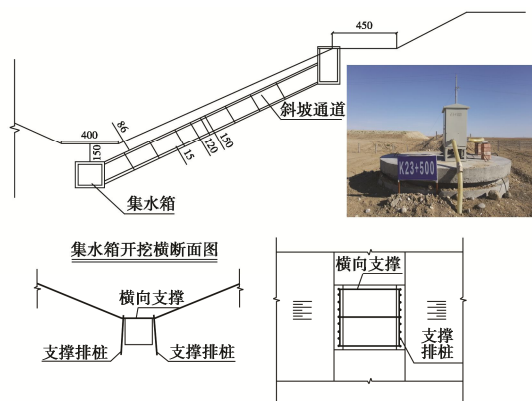


图1 渠道纵横向排水体系

Fig. 1 Vertical and horizontal drainage system for canal

北疆供水工程 ZG 渠渠道纵横向排水体系已于 2018 年运行期前设置完成。本文结合 ZG 渠沿线设有水位观测井的渠段,综合分析渠道防渗膜“膜后水位”与近年通水期、运行期、停水期的变化情况,进一步考察该体系的防排效果。

1 渠道渗漏特征

1.1 渗漏断面统计

为更加直观地表示渠道渗漏特征,首先提出“膜后水”的概念。“膜后水”是指渠道运行期间,赋存在渠道防渗层下方一定范围内的自由水。ZG 渠位于新疆北部,地区降雨偏少,地下水埋深较深,因此,通水期间渠道渗漏水将是膜后水的最主要水源。自 2017 年起,有关部门在 ZG 渠 04+945 m—53+395 m 沿线断面的渠顶沿石处增设了 121 根膜后水位观测管,如图 2 所示,该观测管与渠基连通,可以对渠道的“膜后水位”进行直接观测。

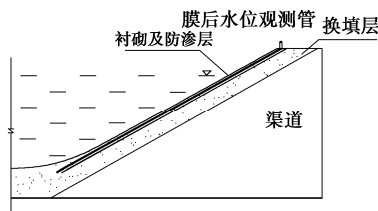
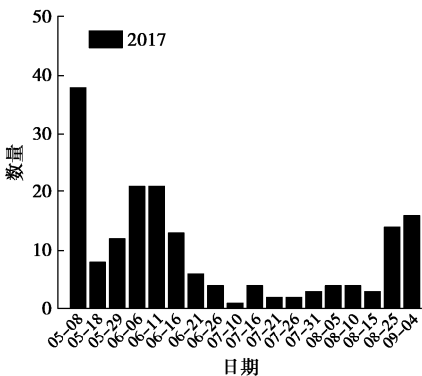


图2 渠道膜后水位观测示意图

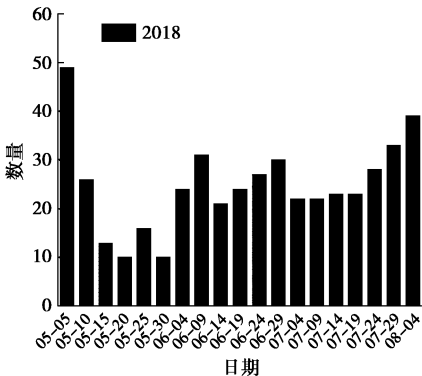
Fig. 2 Schematic diagram of water level observation behind canal membrane

根据图 3 给出了 2017 年,2018 年运行期间的膜后无水(即没有水赋存)断面的数量统计。总的来看,通水期起始阶段膜后无水断面数量较多,随着干渠水位升高,膜后无水断面逐渐减少,总体呈“两头多,中间少”的趋势。另一方面,2017 年 7 月中旬,几乎所有膜后观测管均出现自由水赋存。随着通水期接近尾声,无水断面数量开始增多。相比较而言,2018 年运行期间无水断面的数量,特别是干渠稳定水位输水

期间(6 月下旬—8 月上旬)有了大幅提升。例如,2018 年 6 月 14 日当天无水断面的数量为 23 个,而去年同期仅为 4 个;而在 8 月 4 日,干渠水深达到 5.12 m 的情况下,无水断面个数达到 40 个。



(a) 2017 年统计结果



(b) 2018 年统计结果

图3 运行期内膜后无水断面个数统计

Fig. 3 Statistics of number of dry sections in operation period

1.2 膜后水位状态分析

为更深入地了解 2018 年 ZG 渠渗漏情况,确定渗漏问题比较严重的位置,对 2018 年运行以来渠道膜后水深的状态进行了统计,以运行期内“始终无水”、“基本无水”、“干湿交替”、“基本有水”、“始终有水”5 个状态来标记渠道的膜后水深赋存情况。其中“始终无水”即代表运行期间观测管内始终未测得有水;“基本无水”表示绝大多数运行日内未测得有水,少数运行日所测水位在 0.5 m 以下;“干湿交替”表示有水日和无水日基本相等,有水日所测水位在 1.5 m 以下;“基本有水”表示观测管在绝大多数运行日内测得有水;“始终有水”表示运行期间膜后观测管始终有赋存水。

统计结果表明,运行期内“始终无水”的有 9 个断面,只占观测管总数的 7.4%;基本无水的有 12 个断面,占观测管总数的 10%;干湿交替的有 9 个断面,占总数的 7.4%;基本有水的有 28 个,占总数的 23%;始终有水的有 63 个,占观测管总数的 52%。从统计数据来看,运行期间始终处于渗漏状态的占半数以上,

基本有水和始终有水的占观测管总数的 75%。

将 2018 年运行期膜后水状态按沿线绘制在图 4 中。从图中可以看出, 始终有水的断面集中分布在 16+800 m 至 34+145 m 段, 以及 38+050 m 至 52+000 m 段; 始终无水的断面主要集中在 ZG 渠前段。

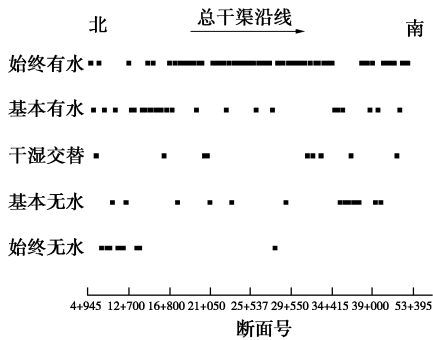


图 4 2018 年运行期断面膜后水状态的沿线分布

Fig. 4 Distribution of water state after membrane during operation in 2018

进一步地, 考察了 ZG 渠运行期间膜后水位的分布, 并纳入 2017 年的数据以便进行比较分析。对 2017 年自 5 月上旬至 9 月上旬, 2018 年 5 月上旬至 8 月上旬期间, 所有的膜后水位观测管的水位数据的统计数值进行了加权平均, 得到了 ZG 渠平均膜后水深的沿线分布, 如图 5 所示。从图中可以看出, 2017 年运行期内膜后水位在 2 m 以上的断面占比较大, 平均膜后水位为 3 m, 水位较高的断面主要集中在 20+300 m 至 30+550 m 段, 其中 29+550 m、30+000 m、30+200 m 断面最高水位达到 5.28 m, 几乎与同时刻渠道内运行水位相同。相比较而言, 2018 年运行期间膜后水位相比去年同期有着一定程度的下降, 膜后水深多集中在 2 m 以下, 个别如 10+500 m、11+690 m、12+200 m、27+958 m 等断面运行至今始终无水, 仅少数断面膜后水位仍偏高 (例如 30+000 段, 最高水位达 4.78 m)。

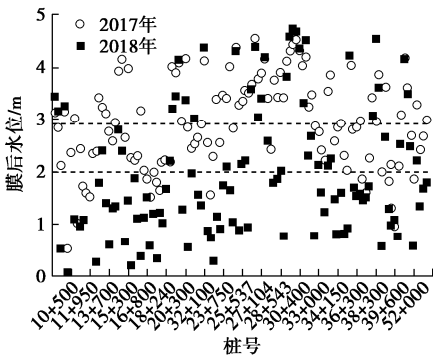


图 5 ZG 渠断面平均膜后水深分布散点示意

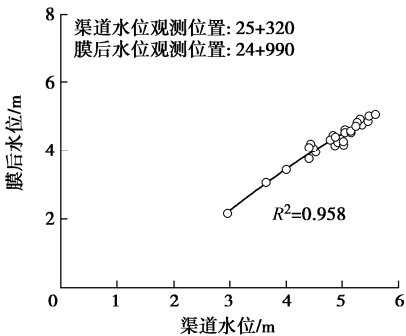
Fig. 5 Water depth distribution scattered points behind ZG canal membrane

2 抽排作业相关性分析

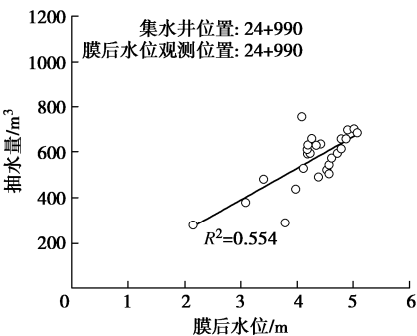
如前述, ZG 渠地下水位埋深普遍较深, 干渠渗水是膜后水位观测管最主要入水来源, 而纵横排水体系中的集水井是膜后水位观测管的主要出口。因此, 干渠水深以及积水井抽排量是影响膜后水位的高低的主要两个因素。为此, 选取了 2018 年运行期内 ZG 渠 56 个同时设有膜后水位观测管以及集水井的断面, 深入考察膜后水位的影响因素。根据所得到的结果, 建立了干渠水位 - 膜后水位 - 集水井抽排量之间的关系, 总结了下列 4 种情形。

(1) 显著线性相关

膜后水位随干渠水位持续上升, 集水井抽排量随膜后水位增加而增加, 此类情况共有 16 个, 占统计总量的 28.5%。图 6 给出了此类情形的基本特征。从图中可以看出, 膜后水位随干渠水位变化的相关性较好, 决定系数 R^2 为 0.958。而随着膜后水位的增加, 集水井的抽排量也持续增加, 基本可归纳为线性关系, 决定系数 R^2 为 0.554。



(a) 膜后水位 - 渠道水位关系



(b) 抽水量 - 膜后水位关系

图 6 渠水位、膜后水位和抽水量之间的关系(显著线性关系)

Fig. 6 Relationship among water level, water level behind membrane and pumping capacity (Significant linear relationship)

假设膜后水位观测管中的水无补给, 那么在集水井持续的抽排工作下, 膜后水位应立刻下降。但此类情况与假设不符, 换言之, 这些断面的干渠渗水补给量大于集水井的抽排量, 即干渠水位对膜后水位的影响大于集水井抽排的影响。

(2) 正相关

膜后水位与干渠水位无直接关系，但抽排量随膜后水位的增加而增大，此类情形共计 9 个，占统计总量的 16%。选取其中 28+387 断面为例，如图 7 所示。

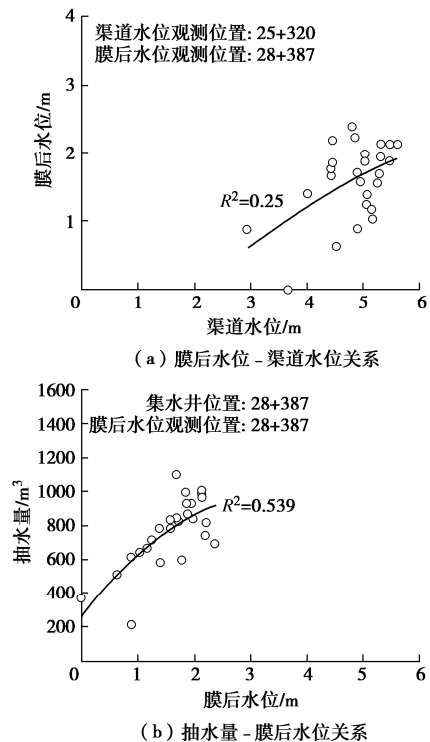


图 7 渠水位、膜后水位和抽水量之间的关系(正相关关系)
Fig. 7 Relationship among water level, water level behind membrane and pumping capacity (Positive correlation)

图 7 中最主要的特点是：通水前期膜后水位随增加而增加。但随着积水井抽排工作的开展，膜后水位逐渐下降。说明此类情况下，集水井抽排量的影响稍大于干渠水渗漏对膜后水位高低的影响。

(3) 负相关

膜后水位较低，但抽排量较大，此情形有 17 个断面，占统计量的 30%，略高于第一类情形。以其中 23+500 断面为例，如图 8 所示，此类断面的特征为：干渠断面存在渗漏，但可由纵横排水系统快速排出，在抽水量与膜后水位的关系图中表现为基本呈一竖直线，此时集水井抽排对膜后水位的影响占主导作用。

(4) 其他关系

上述几种情形均包括，呈现出较为杂乱的关系，此情形共计 12 个，占统计总量的 21%。例如 13+200 断面，如图 9 所示。在膜后水位 - 集水井抽排量关系图中既存在抽排量增加而膜后水位基本为 0 m 的情况，也存在抽排量随膜后水位增加而增加的情况。另外，在干渠水位 - 膜后水位关系图中也存在“杂乱无章”的情形，说明干渠渗漏补给和集水井抽排两种因素相互影响。

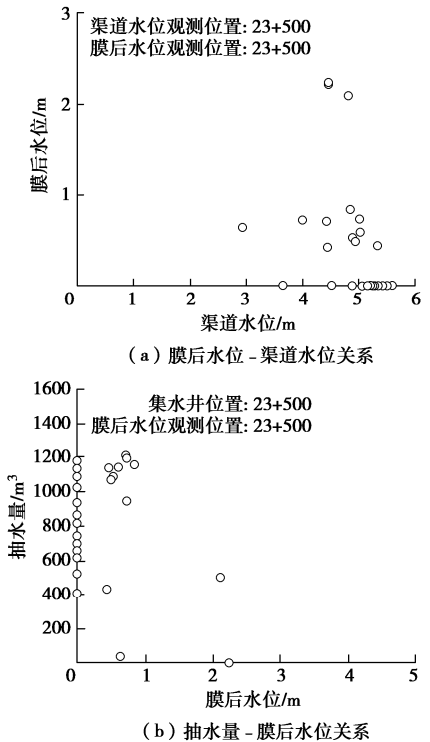


图 8 渠水位、膜后水位和抽水量之间的关系（负相关关系）
Fig. 8 Relationship among water level, water level behind membrane and pumping capacity (Negative correlation)

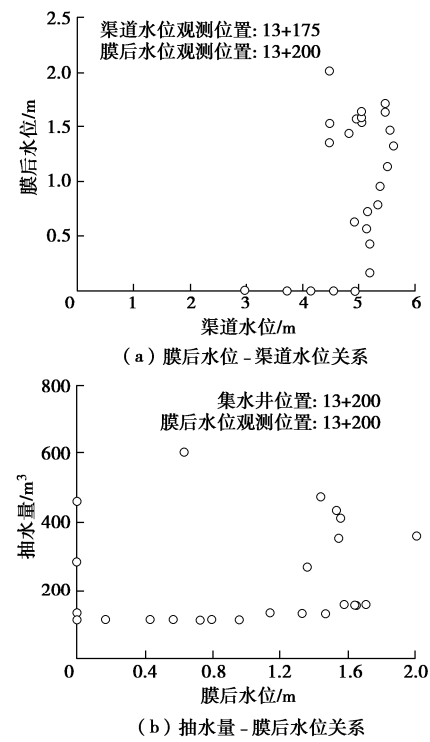


图 9 渠水位、膜后水位和抽水量之间的关系（其他关系）
Fig. 9 Relationship among water level, water level behind membrane and pumping capacity (Messy relationship)

至此，将膜后水位的影响因素进行归纳，即对于集水井抽排的影响大于渠水渗漏的影响，记为“集水井抽排”；渠水渗漏的影响大于集水井抽排的影响，

记为“渠水渗漏”；上述两种因素影响不明显或不同时段有不同的因素占主导的，归结为“相互影响”。

3 渠道抽排建议

“集水井抽排”的断面，运行期测试膜后水位基本为 0 m，而集水井有一定的排水量，这些断面虽然发生了少量渗漏，但通过连续抽排作业，使得渗水始终处于“随来随走”的局面。

“渠水渗漏”的断面共性是：膜后水位普遍偏高，且与干渠水位相关性强，说明渠水渗漏现象严重，而自动化抽排作业并不能及时、有效地降低膜后水位，甚至还加剧了干渠的输水损失，运行期内暂时不建议抽排，应进一步检查土质、防渗体的工作状态，找出抽排无效的原因。

“相互影响”的断面，可能存在管路不畅的情况，且均为连续作业，使得抽排与膜后水位之间的关系较为混乱。因此，这些断面渗漏情况也比较严重，集水井无法有效降低膜后水位，应在组织人员检查抽水作业设备以及管路通畅性的基础上，采取连续抽排以分析作业效果，根据本文提出的抽排作业与渠水位关系，进一步明确下一阶段的抽排作业措施。

4 结 论

(1) 设置渠道纵横排水体系后，通过连续抽排作业，可使大多数统计断面在运行期内的渠道渗漏膜后水位下降，渠道渗漏水纵横排体系整体效果良好。

(2) 根据膜后水位的影响因素，将膜后水位特征分为“集水井抽排”、“渠水渗漏”和“相互影响”这 3 种主要类别，并结合排水管路疏通情况，对 ZG 渠沿线排水井的抽排作业给出了明确的建议。

(3) 对于连续抽排作业可有效降低膜后水位的，建议运行期内连续抽排。

致 谢： 谨对南京水利科学研究院岩土工程研究所有关人员对本文所做的相关工作表示感谢。

参考文献：

[1] 邓铭江. 新疆水资源及可持续利用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005. (DENG Ming-jiang. Water Resources and

Sustainable Utilization in Xinjiang Uygur Autonomous Region[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2005. (in Chinese))

[2] 蔡正银, 黄英豪. 咸寒区渠道冻害评估与处治技术[M]. 北京: 科学出版社, 2015. (CAI Zheng-yin, HUANG Ying-hao. Evaluation and Treatment Technology of frost Damage in Canals in Saline and Cold Regions[M]. Beijing: Science Press, 2015. (in Chinese))

[3] 邓铭江, 蔡正银, 郭万里, 等. 北疆白砂岩特殊物理力学性质试验研究[J]. 岩土工程学报, 2020, 42(S1): 1 - 5. (DENG Ming-jiang, CAI Zheng-yin, GUO Wan-li, et al. Experimental study on special physical and mechanical properties of white sandstone in North Xinjiang[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2020, 42(S1): 1 - 5. (in Chinese))

[4] 蔡正银, 陈 皓, 黄英豪, 等. 考虑干湿循环作用的膨胀土渠道边坡破坏机理研究[J]. 岩土工程学报, 2019, 41(11): 1977 - 1982. (CAI Zheng-yin, CHEN Hao, HUANG Ying-hao, et al. Failure mechanism of canal slopes of expansive soils considering action of wetting-drying cycles[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2019, 41(11): 1977 - 1982. (in Chinese))

[5] 唐少容, 王红雨, 潘 鑫, 等. U 形混凝土衬砌结构冻胀性能离心模型试验研究[J]. 农业工程学报, 2019, 35(1): 157 - 163. (TANG Shao-rong, WANG Hong-yu, PAN Xin, et al. Frost heave performance of U-shaped canal concrete lining based on centrifuge model test[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(1): 157 - 163. (in Chinese))

[6] 彭海林. 渠道集水井微开挖成型技术研究[J]. 水利建设与管理, 2014, 34(10): 12 - 14, 21. (PENG Hai-lin. Study on mini-excavation modeling techniques for channel water collecting well[J]. Water Conservancy Construction and Management, 2014, 34(10): 12 - 14, 21. (in Chinese))

[7] 刘秀军. 膜下抽排水系统在北疆供水工程渠道中的应用[J]. 新疆水利, 2014(2): 29 - 31. (LIU Xiu-jun. Application of drainage system under membrane in North Xinjiang Water Supply Project[J]. Xinjiang Water Resources, 2014(2): 29 - 31. (in Chinese))

(编校: 黄贤沙)