

# Analysis of Problems and Solutions in the Operation of Infiltration Canal (Pipe) Project in Xinjiang

Xuehong Li

Xinjiang Corps Survey and Design Institute (Group) Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 832000, China

## Abstract

Infiltration canal (pipe) water extraction project is more applied in rural drinking water and industrial water supply, but in actual application some projects have insufficient water output and poor water quality, which affect the normal use of the project. Through field research and literature review of infiltration canal (pipe) projects on typical rivers in Xinjiang, the experience of successful projects is summarized, and the problems of backfiltration layer clogging, backfiltration structure failure and structural instability in project operation are initially analyzed, and suggestions and solutions are proposed for the above problems in terms of design, construction and operation management, with a view to providing reference for subsequent project construction.

## Keywords

infiltration canal (pipe); operation management; solutions

## 新疆渗渠（管）工程运行中存在的问题及对策分析

李学红

新疆兵团勘测设计院（集团）有限责任公司，中国·新疆石河子 832000

## 摘要

渗渠（管）取水工程被较多应用于农村人饮和工业供水中，但在实际应用中部分工程存在出水量不足、出水水质差的情况，影响工程的正常使用。论文通过对新疆典型河流渗渠（管）工程实地调查研究和查阅文献，总结了成功工程的经验，对工程运行中存在的反滤层堵塞、反滤结构失效和结构失稳问题进行了初步分析，并针对存在问题从设计、施工和运行管理方面提出了建议和解决措施，以期为后续工程建设提供参考。

## 关键词

渗渠（管）；运行管理；对策

## 1 引言

渗渠即水平铺设在含水层中、壁上开孔集取浅层地下水的渠（管），渗渠可用于集取浅层地下水，也可铺设在河流、水库等地表水体之下或旁边，集取河床地下水或地表渗透水<sup>[1]</sup>。其原理为利用所营造的渗滤系统（河床含水层+人工滤层+集水构筑物）的滤净功能，将地表江河水及含水层潜水渗透至集水构筑物内并取出地表，其取水净水机理主要是利用过滤介质的过滤、吸附作用以及微生物的降解作用达到去除水中的悬浮物质、降低水的浊度、除菌的效果，水质甚至可达到国家饮用水标准，可以大大降低水处理的成本。同时由于渗管埋藏于地下，取水过程受外界因素的干扰较少，因此渗滤取水工程在人饮、工业及农业节水灌溉等领域被推广应用，其中部分工程运行一段时间后，出水水质或水量无法满足原设计要求，影响工程的正常使用。论文通过对

新疆具有代表性的多泥沙河流上的渗渠（管）工程应用情况进行了调研，发现了一些问题，经过反复研究制定了相应的解决措施。

## 2 新疆典型渗渠（管）工程的构造及过滤机理

### 2.1 渗渠（管）工程的构造

渗渠（管）工程一般由渗滤系统、输水系统和稳流调节池组成。渗滤系统的渗滤介质一般有天然反滤层、人工反滤层两种，为了提高渗滤效果同时节约投资，工程中常采用天然反滤层+人工反滤层的方法。渗渠（管）工程中的暗渠或管道，通常起到将渗滤系统过滤后的水流汇集到暗渠或管道内，然后输送至储水稳流建筑物内，其结构型式常采用浆砌块石或装配式混凝土廊道，也可钢筋混凝土管或混凝土管，随着经济的发展，钢制渗管（一般情况口径小，大口径需定制，造价昂贵）也较多地被用于工程实践。

一般当工程取水量较小时，可采用单条渗渠（管）；当取水量较大时，可以通过交叉建筑物将多条支渠（管）与干渠（管）相连接形成系统，将水流汇集后通过干渠（管）

【作者简介】李学红（1977-），男，中国青海海东人，本科，高级工程师，从事水利工程设计研究。

将水输送至稳流调节池，稳流调节池后接引水管道<sup>[2]</sup>。

## 2.2 过滤机理

过滤是一个从流体中把固体颗粒分离出去的过程。其本质是：压力迫使固体和液体的两相混合通过过滤介质（编织材料、多孔固体和堆积介质等），液体透过滤介质的同时，固体被截留于其上。渗渠（管）内水流的充满度一般采用0.4~0.8，其目的是使渠（管）内外形成压差，在压差的作用下，使渠（管）周围潜水区的水穿过人工反滤层，入渗至渠（管）内。同时在渠（管）周围形成低压区，在水力梯度作用下，使得河水穿过天然河床砂砾石层向渠（管）周围补给，从而形成持续的水流<sup>[3]</sup>。

渗渠（管）取水的净化原理为过滤、吸附和降解等，其过滤介质包括天然河床表层的滤膜、天然河床覆盖层和人工反滤层。滤膜是经水流冲刷、沉积、吸附和过滤作用，由河水中悬浮物（粘土物质、胶体物质和微生物）沉淀在河床表层形成的生物滤膜。河水在穿透滤膜的过程中发生了一系列物理、化学和生物作用，悬浮物通过机械沉淀、吸附、

离子交换被阻滞在滤膜表面，滤膜层中微生物能降解有机物。河水经过过滤后水质明显好转，渗滤水的浊度、TOC、COD、BOD、氨氮和重金属指标大大降低。它截留了河床渗透水中97%以上的杂质和污染物，在生物降解作用下，含碳有机物被氧化为水和二氧化碳，含氮有机物被转化为硝酸盐。人工反滤层是最后一层过滤介质，其采用“滤土排水”的设计原则，其中的细颗粒反滤层与天然河床覆盖层共同起到过滤水中细颗粒的作用；细颗粒反滤层后的粗颗粒反滤层主要起到透水和骨架作用，既要保证细颗粒反滤层不发生渗透变形，也要保证能通畅地排出渗透水流且不致被细粒土淤塞失效。河水在入渗过程中，透过天然河床表层的生物滤膜（或泥膜）、天然河床覆盖层和反滤层在，一系列物理化学和生物化学作用下被净化，以达到净水的目的。

## 3 新疆典型渗渠运行存在的问题及原因分析

经过对新疆南北疆典型河流上渗渠（管）工程的实地调研（见表1），工程出现的问题主要集中体现在出水量不足和水质浑浊度超标两方面，究其原因见表1。

表1 渗滤取水工程调研概况

序号	项目名称	所在流域	河道纵坡	建设时间	运行情况
1	独山子第一水源地	奎屯河	0.7%	1952年	良好
2	哈拉干德工业园区引水工程	巴音沟河	1.2%	2012年	良好
3	独石化金沟河引水工程	金沟河	1.1%	2018年	良好
4	莎车县阿斯拉巴格乡等八乡中心水厂取水工程	叶尔羌河	0.4%	2008年	出水量不足
5	莎车县喀群乡农村饮水安全工程	叶尔羌河	0.5%	2014年	出水量不足
6	莎车县喀尔苏乡、依盖尔其镇农村饮水安全工程	叶尔羌河	2.9%	2008年	出水量不足
7	莎车县达木斯乡、霍什拉甫乡农村饮水安全工程	艾牙河	0.5%	2016年	良好
8	莎车县亚喀艾日克等两乡一镇农村饮水安全工程	叶尔羌河	0.4%	2016年	出水量不足

### 3.1 滤床堵塞

滤床堵塞是造成渗渠（管）取水工程出水量减少的主要原因，也是最常见的问题之一。新疆河流多为季节性河流，径流量主要集中在6—9月，约占年径流的80%左右，悬移质输沙量约占悬移质年输沙量的90%以上。洪水后期造成河水中的泥沙沉积，河床表层的泥膜加厚、板结；同时细颗粒泥沙在不断堵塞天然河床覆盖层和人工反滤料，造成堵塞，致使反滤层综合渗透系数降低，从而造成出水量不足。其淤塞机理也较为复杂，主要受物理作用、化学作用和生物作用三个方面：

①物理作用，主要为物理拦截及吸附淤塞。一方面，河水在入渗过程中，较大的杂质被拦截在滤层中，较小的颗粒一部分被吸附在滤料表面，随着滤层中孔隙减少，被滤层吸附和拦截的小颗粒会随之增加，颗粒也随之减小，导致滤层堵塞失效；另一方面，滤膜堵塞也是造成渗渠（管）取水工程出水量减少的重要原因，虽然滤膜的存在对滤床有保护作用，能防止悬浮物颗粒穿透滤床造成淤塞，但滤膜达到一定厚度时会引起滤床渗透性降低、水量衰减<sup>[4]</sup>。

②化学作用。主要是铁的氧化物和氢氧化物、硫酸钙、碳酸钙等生成结晶附着在滤料表面，堵塞进水通道。亚铁离子广泛存在于地层中，在入渗过程中 $Fe^{2+}$ 被氧化形成高价铁的氢氧化物，逐渐附着在滤膜和滤层中，形成三价铁絮凝体胶结松散砂砾及悬浮物将减小砂层孔隙率，增大过水阻力，降低渗透系数。同时水中 $CO_2$ 与 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Fe^{2+}$ 离子结合生成的沉积物也是造成堵塞滤床重要因素。

③生物作用。滤膜和天然河床覆盖层中存在多种生物，对水质净化发挥着重要作用。但若微生物过度繁殖，堵塞介质间的孔道，也会形成淤塞进而造成出水量减少。

### 3.2 反滤结构失效

反滤结构失效是造成渗渠（管）取水工程水质不达标的主要原因，其表现形式主要为反滤层层间反滤关系丧失，细颗粒反滤料（被保护层）穿过粗颗粒反滤料（保护层），随水流进入渗渠（管），从而造成反滤层结构破坏、反滤失效。除外力作用下（地震等）和水流冲刷外，反滤层的施工质量差是造成反滤层结构破坏的最主要原因，施工过程中，没有严格控制各层反滤料的级配，滤料摊铺不均匀，均是工程施工

中常见的问题。

### 3.3 结构失稳

渗渠(管)工程中,渗渠(管)、连接建筑物为中空结构,依靠其刚性支撑反滤层形成稳定的结构,保证了反滤层层间结构的稳定。渗渠常采用型钢石笼或孔状砼结构,渗管常用预制砼花管或钢花管,连接建筑物常采用钢筋砼结构,在外力(地震)、耐久性等作用下,渗渠(管)或连接建筑物发生结构性破坏,如型钢锈蚀石笼崩塌、砼管塌陷、钢花管锈蚀等,造成反滤层塌陷,反滤层失效。

## 4 解决措施

通过文献查阅,结合实际工程调研情况,提出解决措施如下。

### 4.1 设计方面

①优化工程选址。渗渠(管)工程应选择在水流较急、有一定冲刷力的直线或凹岸非淤积河段,并尽可能靠近主流。通过调研发现:河流水流中即使含有泥沙,若水流能保持一定的流速满足水流含沙颗粒推移运动或悬移运动,实现泥沙颗粒向下游输送的条件,就可以避免渗渠反滤层结构的改变以及渗透系数的减小,尤其是保证天然河床表面滤膜的动态稳定,从根本上避免反滤层淤塞,实现渗渠工程的长期安全正常运行。同时应保证河床稳定,若水流流速过快,会造成河床冲刷,天然河床覆盖层会逐渐变薄,过滤效果变差,影响工程的出水水质,且有可能发生河流游荡、河水主流偏离渗管位置的情况,造成出水量不足问题。

②加强结构稳定及耐久性设计。新疆是国内地震频发区,也是高地震烈度区。根据 GB50032—2003《室外给排水和燃气热力工程抗震设计规范》,推荐采用渗管型式,若采用暗渠(廊道)型式,需进行专门的抗震验算,以保证地震时渗渠(管)的结构安全。同时应对渗渠(管)进行耐久性设计,明确混凝土结构的设计标号、钢筋混凝土结构的保护层厚度等,对外露的钢结构采取防腐措施,以保证工程达到合理使用年限。

### 4.2 施工方面

反滤料是施工过程中的关键控制因素。反滤常采用现场筛分和料场购买两种方式,其不同批次级配会有所不同,因此要加大对各层反滤料级配的检测频次,复核原材料是否满足设计要求,并复核层间反滤关系。若发现不合格应及时调整。反滤料铺设过程中,应制定合理的施工方案,避免在反滤料倒运过程中改变原级配,宜采用机械运送、人工摊铺的方式,一层铺料成型,最后用小型自行式振动碾压实,确保压实后的厚度满足设计要求。分段铺筑时,必须做好接缝处各层之间的连接,防止产生层间错动或折断现象。

### 4.3 运行管理方面

渗渠(管)工程的运行管理相对较为简单,但运行管理得当可以延长工程的使用寿命。渗渠(管)工程一旦运行,应尽量保证其相对稳定,避免满管运行,防止水流反向入渗,即由渗管内部沿设计入渗相反方向流动,造成外层细颗粒反滤料与天然河床覆盖层层间反滤关系破坏,滤料失效。集水井应在下游引水管道适宜位置并设置溢流装置,其溢流水位应不高于渗渠(管)末端渠(管)顶高程,以保持渗渠(管)的集水状态相对恒定。

## 5 结语

渗渠(管)工程相较于其他类型取水工程,具有其独特的优势,如出水水质好、永久占地少、运行费用低等。同时也有其适用性,因此在运用时应经过充分科学的论证,加强施工过程管理和后期的运行管护,以确保工程发挥应有的效益。

### 参考文献

- [1] 张玉先.给水工程[M].北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [2] 吴正淮.渗渠取水[M].北京:中国建筑工业出版社,1981.
- [3] 李晓,杨立中,魏民.天然河床渗滤水水质特征及净化机理研究[J].矿物岩石,2004(4):111-114.
- [4] 李晓.渗流井滤膜的初步实验研究[J].地质灾害防治与环境保护,1997(8):25-28.