

地下水渗入排水管道的危害性和渗入量分析及防渗建议

杨文进 雷培树 李树苑

(中国市政工程中南设计研究院, 武汉 430010)

摘要 地下水渗入排水管道的危害包括增加排水构筑物的建设与运行费用、加重水域污染等。分析了影响渗入量的各种因素, 列举了渗入量的测量方法, 提出了控制渗入量的措施和建议。

关键词 排水管道 地下水 渗入量 危害 影响因素 测量方法 措施

在地下水位高的地区, 地下水通过排水管道的接口裂缝、破损位置以及附属构筑物的不严密处渗入排水管道。地下水渗入排水管道导致长期的经济损失和水域污染加重, 造成严重危害, 需要进行研究并采取有效的控制措施, 降低渗入量。

1 地下水渗入排水管道的危害

1.1 提高排水构筑物的建设投资和运行费

地下水渗入排水管道以后, 使得旱流污水体积增大, 加重管道收集和输送、泵站提升、污水处理厂的水量负荷。与低地下水位城镇不含地下水的建设工程量相比较, 当旱流污水的 30% 是地下水时, 另 70% 则需要 100% 的旱流污水建设工程量。表 1 是根据我国污水工程技术经济指标^[1,2], 算得由于地下水渗入所导致的建设工程增加量(与渗入量为零做比较)。

表 1 地下水渗入排水管道后建设工程增加量

项目	渗入量占旱流污水比例	
	20%	30%
污水管道投资/元/(m ³ ·km·d)	10.6~29.6	18.2~50.7
污水泵站投资/元/(m ³ ·d)	7.5~35	12.8~60
一级污水处理厂投资/元/(m ³ ·d)	71.3~171	122~294
二级污水处理厂投资/元/(m ³ ·d)	150~338	257~579
二级污水处理厂建设用地/m ² /(m ³ ·d)	0.1~0.3	0.17~0.51
二级污水处理厂电耗/kW·h/m ³	0.038~0.07	0.064~0.12

1.2 加重水域污染

地下水渗入排水管道, 使得这些城镇污水处理厂的进水受到稀释, 进水 BOD₅、COD_{Cr}、SS 都明显偏小, 导致污水处理的 BOD₅、COD_{Cr}、SS 去除率降低。水域接纳按同级标准排放的城镇污水处理厂出

水污染物的增加量与该城镇渗入地下水量成正比。例如处理旱流污水 1 万 m³/d 的二级污水处理厂, 增加 3 000 m³/d 的渗入地下水以后, 按同级浓度排放标准计算, 混合进水 1.3 万 m³/d(含地下水)时的出水污染物排放总量是旱流污水 1 万 m³/d(不含地下水时)的 130%。

1.3 流失地下水资源

渗入排水管道的地下水属于地表之下的潜水, 水质一般比较好。我国是水资源短缺的国家, 此种潜水型地下水是可用的水资源。密布于地下的排水管网渗入地下水, 致使地下水资源流失。

由于地下水渗入排水管道严重增加水域污染, 并导致经济损失等, 危害很大, 国外很多城市的环保、市政管理部门和排水企业都把防止地下水渗入排水管道作为一个十分重要的基本政策和研究内容。

2 地下水渗入排水管道的渗入量

地下水渗入量的单位有几种表示方法, 其中单位 L/(km·mm·d) 包含了管径和管长, 较为常用。

2.1 新建管道竣工时的渗入量

广州市的尚未交付通水运行的 7 条新建排水管道: 管径 600~1 350 mm, 单节管长 2 m, 地下水位高于管底 0.5~6.9 m, 接口材料橡胶圈, 地下水渗入量平均为 359 L/(km·mm·d) 或 449 m³/(km·d)^[3]。

2.2 通水运行的管道渗入量

通水运行的排水管道, 其渗入量一般都大于竣工时新管道。运行年限愈长, 由于地基不均匀下沉、流砂影响、腐蚀等原因, 管道受损加重, 其渗入量通常就愈大。武汉市汉阳沌口开发区的排水管道: 管径 1 500 mm, 地下水位高于管底 1.63~1.97 m, 地

下水渗入量为 $409 \sim 526 \text{ L}/(\text{km} \cdot \text{mm} \cdot \text{d})$ ^[4]。上海市的 1981 年泵站测定资料为:排水管道的冬季地下水渗入量 $38 \text{ m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$,夏季 $63 \text{ m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$; 2004 年资料^[5]为,上海市多数地区的排水系统实际调查渗入量占城区早流污水量的 20%~30%。

日本关东地区某市的雨污合流管道,晴天时地下水渗入量占管道早流污水量的 55%^[6]。美国 29 座城市的排水管道:管径为 150~900 mm,接口材料为水泥砂浆、沥青、热浇注、橡皮垫圈,基础为碎石、砂、粘土,地下水渗入量为 $0.47 \sim 3.055 \text{ m}^3/(\text{km} \cdot \text{d})$ 。

2.3 地下水渗入量的主要影响因素

2.3.1 地下水位

新钢筋混凝土排水管道的实际测定值^[7]说明,渗入量与管底高程以上地下水位成正相关关系。排水管道外围的地下水位愈高,则地下水渗入量愈大,详见表 2。

表 2 新钢筋混凝土排水管道地下水渗入量与地下水位的关系

管径 /mm	地下水位高于管底 /m	地下水渗入量 /L/(km·mm·d)
600	0.5	25
1 000	3.2	94
1 000	4.2	196
1 200	6.0	668
1 350	6.9	1 370

2.3.2 管道严密性

管道接口严密性是衡量管道防渗质量的最主要标志。接口严密则可以大幅度地降低地下水渗入量,可以防止流砂、土进入管道。地下水渗入量中的 70%~90%以及大多数旧排水管道的损坏,问题都发生在劣质接口。施工质量优劣是接口严密与否的决定性因素。在同一城区,管材、接口材料、单节管长、管座基础的规格都相同的管道,只是由于施工质量不同,新敷设管道之间的地下水渗入量可能相差几倍。

影响管道施工质量的因素众多,主要包括施工条件、接口材料、管材等。若管道施工的环境条件较差,有些沟槽较深,水中作业,且部分接口的施工位置不能直观,则容易造成管道施工质量差。地下水位高的管道,应采用柔性接口材料。高密度聚乙烯(HDPE)管接口采用热熔焊接,且单节管长一般为 6 m,接口较少,其渗入量较小,而以往管道用水泥

砂浆抹带接口的渗入量较大。

2.4 渗入量的测量方法

2.4.1 新管道渗入量的测量

新管道敷设竣工以后,应测量地下水渗入量。选择连续两段长距离管道包括上游、中游和下游的 3 座检查井。严密封堵上游检查井与下游检查井两端及之间管道及检查井的全部预留孔、进水口、出水口,严防这些孔口有水流入、流出。管道、检查井之内,预留少量积水。在上、中、下游 3 座检查井内,定时测量管内的水面高程,观测不同历时的管内水位上涨速度,从而算出地下水渗入量。表 3 是用此法测量某连续管段 DN1 000 管的结果。用此法测量的水位上涨高度,3 座检查井的相互差距不大于 1 mm,新管道地下水渗入量的测量误差范围为 0.3%~2%。

表 3 DN1 000 新排水管道地下水渗入量的测量

测量时间	检查井水位上涨/mm			水位上涨 历时/min	地下水渗入量 /m ³ /(km·d)
	上游	中游	下游		
第 1 天 8:40	0	0	0	0	0
第 1 天 16:35	45	44	44	475	79.7
第 2 天 15:35	99	98	98	1 380	92.0
第 3 天 16:20	113	113	114	1 485	107.6

2.4.2 旧管道渗入量的测量

测量运行旧管道的渗入量,一般根据早流污水连续流动的现场实况,采用三角堰、流速与充满度、充满度与坡度等测量法以及泵站抽水法。在旧管道的管段上测量渗入量时,可选择上游和下游两座检查井,两井距离应较远,两井之间没有进、出水的支管。同时测量通过上、下游两井的流量。根据两井流量之差,求出该管段的地下水渗入量。旧管道渗入量也可用投加氯化钠的方法测量。旧的小型排水系统检查井少于 40 座时,宜选择天亮以前的深夜最低流量时测量排水总管早流污水流量。并根据测量时自来水用量记录,计算污水流量;有条件时,可在测量时间内暂停供应自来水。地下水渗入量=总管早流污水量-污水流量。

3 几点建议

3.1 建议规定排水管道的地下水最大渗入量标准

我国《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)中,对城镇早流污水设计流量的计算考虑了地下水渗入量。但我国尚无渗入量标准。建议对地下水位较高

的地区制订排水管道地下水最大渗入量的标准。

表4是美国城市规定容许最大渗入量的统计^[8],表中渗入量规定值按城市数的加权平均值为39.1 L/(km·mm·d)。美国另有些城市规定,在地下水位比管顶高出0.6 m的条件下,新管道(含检查井)的最大容许渗入量为18.5 L/(km·mm·d)。

表4 美国城市污水管道容许最大地下水渗入量

序号	城市个数	污水管道容许最大地下水渗入量 /L/(km·mm·d)
1	4	138.9
2	4	92.6
3	1	74.1
4	2	64.8
5	1	55.6
6	63	46.3
7	11	41.7~27.8
8	16	23.2~13.9
9	21	9.5
10	5	4.6

德国废水工程协会标准规定地下水渗入量不大于0.15 L/(hm²·s),如大于规定值,则应采取措施以减少渗入量。上述加权平均值39.1 L/(km·mm·d)以及0.15 L/(hm²·s)的最大渗入量规定值都比较小。这些规定的执行,必然能使排水管道地下水渗入量大幅度降低。

3.2 新排水管道竣工时做渗入量测量

在地下水位高的地区,排水管道竣工时应做地下水渗入量的测量。做该项测量时应收集有代表性的地下水位资料,并可与《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268—97)的闭水法试验配合进行。闭水法试验合格时,地下水渗入量一般比较小。本文2.1节提到的7条新排水管道中,4条新管道的闭水法试验的平均值为26.95 m³/(km·d),验收合格。这4条新管道的平均地下水渗入量为69.3 L/(km·mm·d)。另3条新管道没有闭水法试验结果,其平均地下水渗入量则高达745 L/(km·mm·d),是前4条验收合格新管道的10.8倍。

因此,我国高地下水位城镇在无地下水渗入量标准以前,要求闭水法试验结果合格,也是降低新管道地下水渗入量的一项临时性有效措施。闭水法试验规定的施工、监理、使用、设计等四个方面人员共

同测得的试验结果,可作为预估新管道地下水渗入量大小的依据。

美国很多城市排水管道施工合同都规定,新排水管道竣工时由签订合同的双方共同做地下水渗入量的准确测量,渗入量必须符合合同的规定值。渗入量如果大于规定值,管道业主一方就不给施工一方付款;双方不能协调的争端,最后由法庭解决。

3.3 旧管道修复

对于渗入地下水的旧管道的修复,我国地下水位高的大城市市政部门已积累丰富经验。一般先对旧管道地下水渗入实况进行调查,再根据损坏情况、渗入量、渗水部位以及管径大小等,确定修复方法。除严重错口或下沉的旧管道以外,一般都采用非开挖修复技术。

DN1 000以上大管道,可采用PVC内套环、HDPE内衬管、PE内衬等方法修复。小的管道借助电视检测、通光检查等手段,对渗水点进行修复。旧的破损管道经过修复以后,地下水渗入量都明显降低。

参考文献

- 1 中华人民共和国建设部. 城市污水处理工程项目建设标准(修订). 北京:中国计划出版社,2001. 15~25
- 2 上海市政工程设计研究院. 给水排水设计手册(第10册). 第2版. 北京:中国建筑工业出版社,2006. 259~260
- 3 中国市政工程中南设计研究院. 广州市污水治理规划纲要编制专题一(修编版). 污水量及重要设计参数研究,2003
- 4 曾向前,姜应和,程静,等. 南太子湖污水处理厂地下水渗入量预测. 中国给水排水,2006,22(18):45~47
- 5 时珍宝,李田,孙跃华. 高地下水位地区管道渗漏的确定. 工业用水与废水,2004,35(2):61~63
- 6 薛梅,周柯锦,郭一令,等. 下水道中不明水的调查及防治对策. 中国给水排水,2006,22(17):53~56
- 7 杨文进,李树苑,张年保,等. 排水钢筋混凝土新管的地下水渗入量测定. 中国给水排水,2006,22(4):95~97
- 8 U. S. ASCE & WPCF. Gravity Sanitary Sewer Design & Construction, New York,1982

☎电话:(027)82426036

E-mail:wenjin_yang@hotmail.com

收稿日期:2007-07-03

修回日期:2007-08-15