

深圳市排水系统地下水渗入量初步研究

刘旭辉¹, 张金松¹, INIAL Goulven²

(1. 哈尔滨工业大学 深圳研究生院, 广东 深圳 518031; 2. 威立雅水务技术咨询<深圳>有限公司, 广东 深圳 518031)

摘要: 针对深圳市福田区某片区的排水系统地下水入渗量较大的问题,首次采用测量污水总流量和电导率的方法得出了该片区各子分区的地下水渗入量及渗入比例,并通过管道闭路电视检测系统(CCTV)检测验证了该方法的适用性,为以后地下水渗入量的定量分析提供了新思路;并且,在测量污水总流量时提出了一种新方法,即先获得排水管道内流量和液位的关系,然后通过测量液位来计算流量值,该方法操作简单、数据可靠;另外,对管道内部的CCTV检测结果可为管道状况评估和修复提供客观依据。

关键词: 地下水入渗; 污水流量; 污水液位; 电导率; CCTV检测

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2013)03-0077-03

Groundwater Infiltration in Shenzhen Drainage System

LIU Xu-hui¹, ZHANG Jin-song¹, INIAL Goulven²

(1. Shenzhen Graduate School, Harbin Institute of Technology, Shenzhen 518031, China;

2. Veolia Water <Shenzhen> Co. Ltd., Shenzhen 518031, China)

Abstract: To address high groundwater infiltration in the drainage system in an area of Futian district, Shenzhen City, the groundwater infiltration quantity and distribution in subareas were obtained by measuring the total amount of wastewater and wastewater conductivity. The applicability of the methodology was proved by closed-circuit television (CCTV) inspection, which provided an idea for a quantitative analysis of groundwater infiltration. A new method for measuring the total amount of wastewater was proposed: first determine the relationship between level and flow in sewer and then calculate the flow value according to the level. The method is simple in operation, and the data obtained is reliable. The CCTV inspection results can provide an objective basis for pipe condition evaluation and pipe repair.

Key words: groundwater infiltration; wastewater flow; wastewater level; conductivity; CCTV inspection

在城市排水管道运行中,地下水的过量入渗会造成多方面的危害。深圳市位于广东省东南部珠江口东岸,降雨充沛,年平均降雨量高达1 837 mm,导致深圳市地下水位较高,尤其在南部,地下水深度一般在2 m左右。因此,在深圳这种高地下水位地区,控制排水系统的地下水渗入量对提高设施利用率、改善污水处理系统的运行状况有重要意义。

我国《室外排水设计规范》提出,在地下水位较

高的地区,污水量的确定宜适当考虑地下水的渗入量。地下水渗入量一般可通过3种方法进行确定:夜间最小流量法、用水量折算法和节点流量衡算法^[1]。在法国,夜间最小流量的70%认为是地下水入渗,而在中国尚无此经验值,虽然夜间最小流量法测定较为简单,但因采取国外经验值、国内外居民的生活习惯不同等因素,导致精度不高,数据可信度不大。用水量折算法需要统计准确的居民用水量,对

于隔月抄表的地区不太适用;另外,由用水量折算原污水量时折算系数一般取0.9,这会导致数据可信度不大。节点流量衡算法是在排水系统的主要节点安装流量计,连续测定污水流量,据此结合管道中污水的流动规律进行水量衡算,推算干管系统的渗入量;该方法在操作中难度较大,并且需时较长,但是相对另两种方法,其准确度较高、数据可信度较大。

2008年4月—2009年11月,深圳市水务集团在威立雅水务集团的协作支持下,采用节点流量衡算法和电导率测定法在深圳市福田区展开了地下水渗入量的测定工作。

1 研究区域概况与方法

1.1 研究区域概况

深圳市福田区的所有污水通过污水管网输送至凤塘泵站,然后提升至南山污水处理厂。2008年通过将此区分为13个子片区,采用夜间最小流量法初步得出了每个子片区的地下水渗入量。但是每个子片区区域面积仍然较大,管段很长,要对每一段污水管网进行检查,在实际操作中需时较长。为此,2009年,针对渗入量较大的某片区进行更为详细的渗入量评估。具体方法为:将此片区细分为9个子分区,在每个子分区的污水管网总出口安装流量测定装置;同时,对流量测试检查井内的污水进行电导率测试,通过对污水电导率、纯地下水电导率和混合后电导率的多次测试,求出地下水的渗入量。

1.2 污水流量的测定

由于污水管道的流量计安装难度大,并且易损坏,故在本次流量测定过程中,采取液位计替代流量计的方法,即首先获得管道内流量和液位的关系式,然后将实测的液位数据代入该关系式计算得到流量值。图1为某检查井内流量和液位的关系。

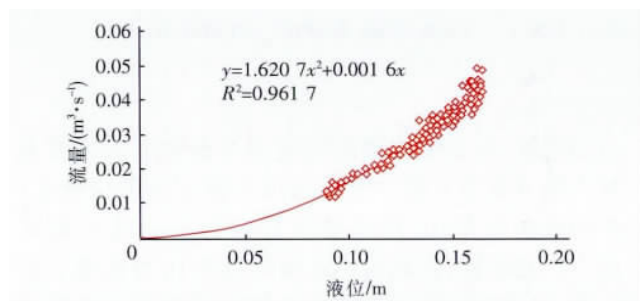


图1 某检查井内流量和液位的关系

Fig. 1 Relationship between level and flow in one manhole

运用该方法前,首先对检查井上下游的管段进

行清洗,然后安装一台同时能测定液位和流量的 Ni-vus PCM-Pro 流量计,即可得出流量和液位的关系式。如果该关系式的相关系数较高,则可以采用此关系式;如果相关系数低,拟合度较差,则需要重新选择新的检查井,重新确定两者的关系式。

1.3 地下水渗入量及比例

为了确定9个子分区的地下水渗入量,首先做以下几个假设:地下水渗入量在全天内保持恒定;每个测量点的夜间地下水渗入比例保持恒定;在非雨天,污水管网的出口流量包括原污水和地下水渗入两部分;地下水的电导率是恒定的,与地点和时间无关。据此,通过求解方程组(1),即可得到9个子分区的地下水渗入量 Q_{GWI} 和渗入比例(渗入量占污水总量的比例)。

$$\begin{cases} Q_{meas} = Q_{WW} + Q_{GWI} \\ Q_{meas} \cdot C_{meas} = Q_{WW} \cdot C_{WW} + Q_{GWI} \cdot C_{GWI} \end{cases} \quad (1)$$

其中, Q_{meas} 为实测流量, m^3/h ; Q_{WW} 为原污水流量, m^3/h (未知); Q_{GWI} 为地下水渗入量, m^3/h (未知); C_{meas} 为实测电导率, $\mu S/cm$; C_{WW} 为原污水电导率, $\mu S/cm$ (未知); C_{GWI} 为地下水电导率, $\mu S/cm$, (恒定值)。

式(1)的第2个方程通过试验已经证明成立。试验中先分别测定原污水和纯地下水的电导率,然后测定两种水按不同比例混合后的电导率。其中,地下水的电导率是通过福田区安托山和侨香路交界处的一个污水井测量到的,此段污水管道已经建成,但上游无用户接入,井内可以明显地看到有地下水的渗入。测得地下水电导率 $C_{GWI} = 170.0 \mu S/cm$,为了便于比较,同时也测量了自来水和香蜜湖水的电导率,其中自来水的电导率为 $100 \mu S/cm$,香蜜湖水的电导率在 $170 \sim 200 \mu S/cm$ 之间。

该方程组中有3个未知数,单解一个方程组无法求得未知数,故本次试验一天内在每个地点选择了不同时间点的4组样品,测量其污水总流量和电导率,然后通过联立方程组最终求得地下水渗入量 Q_{GWI} 和原污水流量 Q_{WW} 。

2 结果与讨论

通过测量9个子分区的污水流量和同一地点不同时段井内污水的电导率,最终可得出每个子分区的地下水渗入总量和渗入比例。某子分区不同月份的地下水渗入比例见图2。

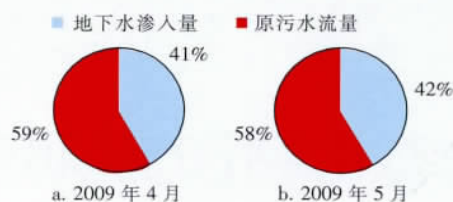


图2 某子分区不同月份的地下水渗入比例

Fig.2 Groundwater infiltration ratio in different months

经过2009年5月—9月共5个月的测量与分析,得出了各个子分区的地下水渗入量及渗入比例。整个片区污水管网的总长度为19 572 m,污水总流量约为17 000 m³/d,其中,地下水渗入量为4 250 m³/d,占污水总量的25%。有3个子分区的地下水渗入比例相对较高,渗入量分别达到了45、25和24 m³/(h·km),这3个子分区的污水管道总长为2 824 m,地下水渗入量达到2 250 m³/d。

如果对这3个问题比较严重的子分区进行管道闭路电视检测系统(CCTV)检测和维护,则只需检查凤塘泵站收集范围内1%长度的管网,就可以减少凤塘泵站非雨天收集量的1%,地下水平均渗入量也将减少3%。如果对整个试点片区进行CCTV检测和维护,则需要检查19 572 m污水管段,凤塘泵站在非雨天的收集量可以减少1.5%,地下水平均渗入量将减少6%。相比之下,前一种方案明显要优于后一种。

根据分析结果,对问题比较严重的某子分区进行了CCTV检测^[2],检测结果见图3。

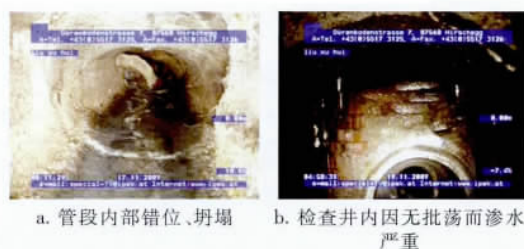


图3 管段内部检测情况

Fig.3 Detailed environment in pipe

该子分区的污水管段可以分为4段,分别是竹子林五路上游段、紫竹六道段、竹子林五路下游段、紫竹七道段。CCTV检测结果显示:①竹子林五路上游段没有明显的地下水入渗问题,因为该路段地势较高,污水管网埋深较浅,高于地下水位,但存在管道塌陷问题。②竹子林五路下游段的地下水入渗情况较为严重,包括几个检查井在内有几处明显渗

漏,并且在末端临近绿化带的位置有大量树根侵入。③紫竹六道段存在细流入渗,尤其在管道接口处。④紫竹七道段管道内部由于树根侵入而导致中等程度的渗漏。

通过现场CCTV检测,很好地验证了通过测量电导率和污水总流量的方法来分析各子分区地下水入渗情况的准确性,并发现了雨污水管线错接、部分管道接近坍塌、部分管道存在安全隐患等各种问题,这为下一步对存在问题的管段进行重建或修复提供了较为详准的依据。

3 结论

①首次采用测量污水总流量和电导率的方法得出了各子分区的地下水渗入量及渗入比例,并通过CCTV检测验证了该方法的适用性,为以后的地下水渗入量定量分析提供了新思路。

②提出了一种测量污水管网内部流量的新方法,即先获得管道内流量和液位的关系,再通过测量液位来计算流量值,该方法操作简单、数据可靠。

③通过CCTV检测发现管道内部存在诸多问题,这为下一步的管道修复或重建提供了客观依据。

④在管道内部问题编码、管道修复技术等方面尚待进一步的研究。

参考文献:

- [1] 李田,时珍宝,张善发.上海市排水小区地下水渗入量研究[J].给水排水,2004,30(1):29-33.
- [2] 郑瑞东.上海市排水管道CCTV检测评价技术研究[D].上海:同济大学,2006.



作者简介:刘旭辉(1984—),男,河南禹州人,博士研究生,主要从事排水管网诊断分析方法研究与模型分析。

E-mail: 269929326@qq.com

收稿日期:2012-06-06