

• 施工、材料与设备 •

德国排水管道设施近况介绍及我国排水管道建设管理应遵循的原则

唐建国¹ 张悦²

(1 上海市水务局, 上海 200050; 2 住房和城乡建设部, 北京 100835)

摘要 根据德国水协(DWA)的调研资料,详细介绍了近年来德国排水管道的基本情况,包括排水管道长度、污水纳管率、管龄状况、管材状况、排水管道检测情况、管道缺陷状况、检查井缺陷状况、外部渗入水量等,并对德国排水管道系统维修整治情况进行了分析。在借鉴德国经验的基础上,提出了我国排水管网建设和管理应遵循的原则,即“管材质量要牢靠、管道基础要托底、管道接口要严密、沟槽回填要密实”的建设原则和“清通养护要经常、管道检测要定期、缺陷整治要跟上、GIS系统要动态”的管理原则。并对我国排水管道外部渗入水的基本情况、产生的影响以及应对措施进行了探讨和分析。以期为贯彻《城镇排水与污水处理条例》和国务院近期发布的系列文件精神提供参考。

关键词 排水管道 设施 建设 管理 德国

DOI:10.13789/j.cnki.ww1964.2015.0164

0 前言

德国自1984年开始对排水管道状况进行全面的调查,1995年后形成了3年进行1次调查的制度。2004年开始大力推进对公共排水管道进行电视或者其他光学检测。德国水协(DWA)于2009年对德国公共排水管道情况做了全面总结和评价,并增加了排水管道的可使用年限和剩余使用年限的评估内容^[1]。

我国近年发布的《国务院关于加强城市基础设施建设的通知》(国发[2013]36号)、《关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知》(国办发[2013]23号)、《关于加强城市地下管线建设和管理的指导意见》(国办发[2014]27号)等文件,以及2014年1月1日起施行的《城镇排水与污水处理条例》(中华人民共和国国务院令 第641号)为我国城市规划、建设、管理、保护城镇排水系统提供了法律依据和保障。

本文在介绍德国排水管道近况和维护经验的基础上,论述了我国排水管道建设和管理应遵循的原则,对贯彻国务院文件和排水条例有指导和借鉴意义。

1 德国排水管道的基本情况

1.1 排水管道长度

近年来,德国排水管道长度统计结果见表1,可以看出,2007年德国公共排水管道总长度达

540 723 km,较2004年增加5%,按照居民人口数折算,平均每人6.16 m。其中,合流制排水管道长度占44.22%,分流制中的污水管道长度占34.63%,分流制中的雨水管道长度占21.15%;平均24.83 m有1座检查井,2007年德国排水管道类型统计见表2。

表1 近年来德国排水管道长度统计

年份	排水管道总长度/km	年份	排水管道总长度/km
1997年	445 731	2004年	514 884
2001年	486 159	2007年	540 723

表2 2007年德国排水管道类型统计

项目	长度/km	各类管道长度占总长度比例/%	检查井数量/个	检查井平均管长/m
合流制排水管道	239 086	44.22	590 2958	24.69
污水管道	187 264	34.63	4 619 995	24.67
雨水管道	114 373	21.15	2 905 193	25.40
合计(平均)	540 723		13 428 146	24.83

1.2 污水纳管率

德国衡量污水收集水平的指标为污水纳管率,其按污水管网服务范围的居民人口数计算,即纳管人口数占总人口数的百分数,这种方法直观反映了污水的收集情况。2004年和2009年德国污水纳管率统计结果见表3,可以看出,2009年德国全国平均污水纳管率为98.8%,较2004年提高了1.2%,且呈现城镇规模越大污水纳管率越高的特点。

表3 2004年和2009年德国污水纳管率统计

城镇规模/万人	调查城镇数量/个	调查居民数/万人		纳管率/%
		居民数	在排水系统服务范围内的居民数	
<1	14(36)	8.6(28.6)	7.8(24.7)	90.7(86.4)
1~5	53(80)	143.3(237.5)	136.1(222.6)	95.0(93.7)
5~10	18(26)	96.1(178.3)	91.4(165.9)	95.1(93.0)
10~25	18(24)	286.6(398.5)	283.19(391.5)	98.8(98.2)
>25	20(21)	1 440.5(425.5)	1 432.5(1 410.3)	99.4(98.9)
合计	123(187)	1 975.1(2 268.4)	1 950.9(2 215)	98.8(97.6)

注:括号内、外数值分别为2004年和2009年统计数据。

表4 德国排水管道管龄状况调查统计

实际使用管龄/a	0~25	26~50	51~75	76~100	>100	不详
2009年调查占比/%	32	36	13	9	6	4
2004年调查占比/%	31	39	10	8	3	9
2001年调查占比/%	30	36	10	14	4	6

表5 德国排水管道平均可使用时间及剩余时间统计(经验)

实际使用管龄/a	0~25	26~50	51~75	76~100	>100
平均可使用时间/a	88	76	86	105	120
平均剩余使用时间/a	76	38	23	17	10

表6 德国排水管道管材统计

项目	陶土管/%	混凝土和钢筋混凝土管/%	砖砌管/%	化学建材管/%	树脂混凝土管/%	铸铁和钢管/%	其他/%
所有管道	42	42	3	7	3	1	2
2009年							
DN<800	48.7	37	0.3	8	3	1	2
DN≥800	7	71.6	17	1	2	0.4	1
2004年							
DN<800	40	46	1	8	3	1	1
DN≥800	7	73	16	1	1	1	1
2001年							
DN<800	48.7	44.5	0.8	2.4	1.7	1	0.9
DN≥800	0.9	80.5	15.6	0.3	0.7	0.4	1.6

1.3 管龄状况

德国排水管道平均管龄为41 a, 2/3的已建管道管龄在50 a之内,德国排水管道管龄状况统计见表4。调查分析称,这些管道平均可使用年限为80 a,推算剩余使用年限平均为47.1 a,德国排水管道平均可使用时间及剩余时间统计见表5。

现状排水管道的平均可使用时间和剩余使用时间,是2009年调查新提出的概念,其意义在于有助于更加直观掌握排水管道状况,有助于维修和更新计划的制定。

1.4 管材状况

德国排水管道管材统计见表6,可以看出,德国排水管道主要是以陶土管、混凝土/钢筋混凝土管为主,近年来,尽管树脂混凝土管和化学建材(塑料、玻璃纤维)管道使用量有所增加,但是其所占比例仍然

很小。

1.5 排水管道检测情况

为了更加有效掌握排水管道实际状况和各类缺陷情况。德国大力推进电视、声纳等检测手段的使用,80%以上的排水管道已进行过电视或者其他光学方法的检测,公共排水管道(渠)及检查井的检测周期平均为12 a,德国排水管道检测率和检测周期统计见表7。

表7 德国排水管道检测率和检测周期统计

项目	调查城镇数量/个	平均检测周期/a	平均检测率/%	调查城镇中位数平均检测率/%
DN<800	85	11.9	85.5	99
DN≥800	76	12.6	80.2	100
检查井	76	11.1	81.4	99
连接管	19	24.4	24.6	100

1.6 管道缺陷状况

经调查和检测,管道缺陷中比例最高的是接口损坏和管体裂缝,其次是有障碍物,内壁损害(腐蚀、磨损)、错口(橡胶圈凸出)和特殊缺陷也是常见缺陷,平均每处缺陷长度6.15 m,具体见表8。

表8 德国排水管道损坏问题发生的频次和所占比例统计

管道缺陷名称	2009年		2004年	
	发生频次	占缺陷的比例/%	发生频次	占缺陷的比例/%
接口损坏	2.19	20	2.13	20
管体裂缝	2.02	20	1.87	17
有障碍物(树根、沉积物)	1.54	15	1.25	16
内壁损害(腐蚀、磨损)	1.48	11	1.23	7
接口不密封(错位、橡胶圈凸出)	1.48	13	1.52	11
特殊缺陷	1.18	11		
可见的漏水	1.13	5		
变形	0.78	1		
管体破裂或坍塌	0.76	3	0.83	9
整治过部位损坏	0.61	1		

注:在发生频次中,3表示非常频繁发生;2表示频繁发生;1表示罕见;0.5表示非常罕见,表9同。

1.7 检查井缺陷状况

检查井的缺陷情况与以往调查相似,发生频次和所占比例最高的缺陷仍然是井盖和盖座损坏,其次是爬梯的损坏和管道与检查井的衔接,具体见表9。

1.8 外部渗入水量

通过对88个城镇的公共排水管道(合流管和污

表 9 检查井损坏问题发生的频次和所占比例统计

缺陷名称	2009 年		2004 年	
	发生 频次	所占的 比例/%	发生 频次	所占的 比例/%
井盖、盖座损坏	1. 92	37	1. 76	38
其他缺陷	1. 62	14		3
爬梯损坏	1. 61	19	1. 60	28
接口损坏	1. 32	11	1. 18	8
井体漏水	1. 17	10	1. 30	11
裂缝	1. 09	9	0. 80	12

水管)和私有排水管道调查,绝大部分认为有外部渗入水进入(见表 10)。所谓外部渗入水是指通过管道破损处、非密封的接口处、与河道贯通处、检查井井壁、井盖孔等进入排水管道的地下水、河水和径流雨水。从调查情况看,绝大多数管道中的外部渗入水量没有超过 25%,所调查城镇排水管道的出现外部水渗入长度见表 11。

表 10 德国 88 个城镇排水管道出现外部渗入水比例

排水系统类型	出现外部渗入水比例/%	
	有	无
公共排水管道	90	10
私有排水管道	92	8

表 11 德国 88 个城镇排水管道出现外部渗入水的长度

项目	公共合流和污水 管道长度/km	公共雨水排水管 道长度/km
无外部水渗入	119	126
外部水渗入量小于 25%	32 977	45 395
外部水渗入量 25%~50%	8 453	12 423
外部水渗入量大于 50%	142	160
合计	41 691	58 104

但是,据 DWA 资料^[2]介绍,德国城镇污水处理厂年处理水量约 100 亿 m³,其中 52 亿 m³ 为“纯”污水,21 亿 m³ 为外部水,27 亿 m³ 为雨水,也就是说德国的外部渗入水量约为旱流污水量(“纯”污水与的外部渗入水量之和)的 28.8%。可见,外部渗入水量的影响是非常明显的,不能够被忽视。德国认为今后外部渗入水量的调查应在更加小的排水范围和管道段上进行。

2 德国排水管道系统维修整治情况

2.1 整治的需求

德国按管道病害缺陷的严重程度等因素,将排水管道维修整治紧迫程度分为 5 级,分别是:0 级,需要立即整治修复;1 级,近期内需要整治修复;2

级,中期内需要整治修复;3 级,长期内需要整治修复;4 级,不需要整治修复。

根据 2009 年检测结果,评价有 17% 的管道设施处在 0~2 的级别中,也就是说这些管道设施需要在中、短期内整治修复。2001 年和 2004 年的检测也是类似结论,详见表 12。

表 12 德国排水管道病害缺陷分级情况(单位:%)

分级	0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	没有评价
2009 年	8		9	18	43	22
2004 年	8.8		10.8	21.5	59	
2001 年	7		10	14	69	

2.2 维修整治工艺

管道维修整治是指通过各种技术手段的处理,消除存在的缺陷,改善或者使得其达到预先规定的状态,满足排水管道功能要求。

德国将维修整治措施分为修理、修缮和更新 3 类。其中,修理是指局部小范围的缺陷排除;修缮是指在完全或者部分利用原始管道材料的情况下,通过措施,改善排水管道当前的状态;更新是指在原管位(包括内部)或者另外的位置实施新的排水管道(替代原有排水管道),恢复排水管道的功能。表 13 是各种整治工艺技术的应用情况,在这些整治措施中,管道更新是主要措施,而且以开槽埋管居多。但是与 2001 年相比,管道更新中封闭更新方法的使用率提高了近 1 倍。

表 13 德国管道维修整治修复技术应用情况

项目		管道更新		管道修理				管道修缮			
		开挖 更新	封闭 更新	修补	注浆 (密封)	填塞 其他		涂层	加衬	衬砌	衬砌
2009 年	占总类型比/%	35.6	8.1	15.7	2.1	9.7	8.7	0.5	17.9	1.7	
	占本类型技术比/%	81.5	18.5	43.4	5.7	26.9	24	2.4	89.1	8.5	
2004 年	占总类型比/%	40.1	8.8	9.3	6.6	9.2		3.1	21.3	1.8	
	占本类型技术比/%	82.0	18.0	37.2	26.2	36.6		11.7	81.6	6.8	
2001 年	占总类型比/%	48.0	5.0	18.0	7.0	5.0		1.0	15.0	1.0	
	占本类型技术比/%	90.6	9.4	60.0	23.3	16.7		5.9	88.2	5.9	

与德国维修整治技术相比,我国定义为非开挖修理的翻转法、短管内衬、各类套环、涂层修理等工艺属于德国的修缮类技术,注浆等属于德国的修理类,而我国常用于燃气等管道的碎管法和 U 型管技术属于德国的封闭更新。

2.3 维修整治后使用年限

维修整治后使用年限也是 2009 年调查新提出的概念,这对于比选维修整治工艺和投资费用有着

重要意义。不同的整治工艺,维修整治后使用寿命差异很大。比如,经修理类技术整治后,平均使用寿命为 23 a;修缮类技术为 47 a,更新类技术则为 82 a,各类维修整治工艺技术使用寿命见表 14。

表 14 各类维修整治工艺技术使用寿命(经验值)

修理工艺	平均使用 年限 /a	修缮工艺	平均使用 年限 /a	更新工艺	平均使用 年限 /a
局部开挖 修理	45	涂层修缮	34	开槽更新	86
注浆修理	16	衬砌修缮	54	封闭更新	79
短管套环 修理	17	使用预制管材料 衬管	56		
机器人修理	18	使用现场制备材 料衬管	46		
特殊修理	20				
平均	23	平均	47	平均	82

2.4 维修整治的费用需求

检测的目的是发现缺陷,而维修整治的目的就是消除缺陷,恢复功能,延长使用寿命。德国每年都要花巨资对缺陷进行整治,表 15 反映了德国近年来管道整治的投入情况,2004~2013 年共计投入 29.8 亿欧元,整治管道长度 3 668 km,平均整治每米管道花费 813 欧元。

表 15 德国近年来管道维修整治费用统计

项目	年份	费用 /万欧元	整治长 度/km	折算 单价 /欧元/m	所属管 网总长 度/km	涉及城 镇数量 /个
修理	2004~2008	7 120.23	549	129.7	31 994	36
	2009~2013	10 434.54	883	118.2	28 758	32
修缮	2004~2008	31 279.89	404	774.3	40 019	37
	2009~2013	46 208.85	559	826.6	36 161	33
更新	2004~2008	118 811.11	778	1 527.1	43 540	42
	2009~2013	84 494.44	494	1 710.4	34 132	35
小计	2004~2008	157 211.23	1 732	907.7		
	2009~2013	141 137.83	1 936	729.0		
合计	2004~2013	298 349.06	3 668	813.4		
新建管道	2004~2008	46 931.52	849.66	552.4		
	2009~2013	31 333.51	373.60	838.7		

从表 12 得知,德国有 17%的管道设施处在 0~2 的级别中,也就是说这些管道设施需要在近、中期内整治修复。按照 2009~2013 年调查,平均整治每米管道需要 729 欧元,则 17%的管道整治需要 669 亿欧元。

德国有近 1 350 万个检查井,井盖(井座)损害

率为 37%,德国认为该整治的工程量是非常巨大的。按照 10 年整治 1 次和每个井盖(井座)整治成本 500~1 000 欧元计算,每年需要 2.5~5 亿欧元,相当于每个居民每年 3~6 欧元。

3 我国排水管道建设和管理的原则

我国政府高度重视城市排水管网的建设和管理,近年来国务院先后出台了一批涉及排水管网建设和管理的文件,《城镇排水与污水处理条例》也获国务院批准并施行,对我国做好排水管网建设和管理工作提出了具体目标和要求。

从一些城市已建排水管道的检测资料看,我国的排水管道质量是令人堪忧的。除了受管道质量良莠不齐和施工招标的恶性竞争、施工单位包管材、施工不规范等行为和以减少交通影响为借口而赶工期,对排水管道质量产生直接影响外,日常养护不到位,检测、维修和维护等管理工作跟不上,又让排水管道“带病”运行。我国时常发生道路坍塌,不过是一些排水管道“病入膏肓”的直接表现而已。为提高我国排水管道建设质量和管理水平,借鉴德国经验,笔者提出了我国排水管道建设和管理应遵循的原则,具体如下。

3.1 排水管网建设应遵循的原则

无论是完善污水收集,还是提高雨水排水和防涝能力,我国排水管道建设仍然任重道远。高质量的排水管道建设的原则可以总结为:“管材质量要牢靠、管道基础要托底、管道接口要严密、沟槽回填要密实”。

3.1.1 管材质量要牢靠

管材质量是保证管道有良好质量的前提,与德国不同的是,我国近年来大力推进化学建材管,如各类塑料管、玻璃钢夹砂管的使用,也发布了针对化学建材管的一系列标准。但是在使用中,特别是设计文件往往仅用环刚度作为控制管材质量的指标,加之缺少相应的质量控制措施,使得使用这类管材的排水管道建设质量不高。环刚度这一指标单独是不能够有效对管材质量做出约束的,环刚度是指单位长度管环在外压作用下,在一定径向变形下所能够承受的荷载大小,它表征管环抵抗外荷载的能力。环刚度与壁厚 3 次方成正比,提高壁厚(如伪劣产品可以增加石英砂层厚度)就能够大幅度提高环刚度,

所以环刚度并不能够对材质质量进行约束。而在实际中为了提高抗外压和抗变形能力,需要选择高刚度的管道,而高刚度又失去了化学建材管道是柔性管道的特点。在施工和使用中,化学建材管道免不了会发生变形,而变形后,保证能够使变形予以恢复的前提是,管壁层不会开裂。在一定变形情况下,考量管壁是否开裂的指标是挠曲性(玻璃钢夹砂管),或者环柔性(塑料管)。其目的是确保管壁有弹性,确保不发生永久变形和塌陷。要是管壁开裂了,管材就失去了弹性,就永远不会恢复了。

国家《玻璃纤维增强塑料夹砂管》(GB/T 21238—2007)对玻璃钢夹砂管的初始挠曲性做出了明确规定,如环刚度为 $2\ 500\ \text{N/m}^2$ 的管道在变形 15% 时,要求其管内壁无裂纹;在变形 25% 时,其管壁结构无分层、无纤维断裂及屈曲。《埋地用聚乙烯(PE)结构壁管道系统——第 2 部分:聚乙烯缠绕结构壁管材》(GB/T 19472.2—2004)对塑料管环柔性的规定是:当试样在垂直方向外径变形量为原外径的 30% 时立即卸载,试验时管材壁结构的任何部分无开裂。所以,设计文件在对所选化学建材管道环刚度做出规定的同时,也要对挠曲性,或者环柔度指标做出规定,并对所采购的管道进行第三方的质量检测方法做出规定。

化学建材管质量和施工质量不易保证也是德国慎重选择的重要原因。相比较,钢筋混凝土管作为刚性管道,实际上更容易保证质量,所以“钢筋混凝土管过时”的说法有待商榷。

招投标不规范时,导致低价中标和施工单位采购管材的做法就更加不可取。国内已有城市深感管材的重要,出台了当地排水管材一律采用球墨铸铁管的规定,这恐也是无奈之举。

3.1.2 管道基础要托底

钢筋混凝土管是要做钢筋混凝土基础的,但是目前一般采用的是“平板基础”。这种基础使得管道承口担在基础上,而无法让管身落在基础上(实际中有时垫砖和加支墩),而且这种基础受不均匀沉降的影响,常常会折断。另外,高刚度的化学建材管道已失去柔性管的特点,是否真的不需要设刚性基础,尚值得探讨。

如图 1 所示的“非连续”性基础一则保证管身全

部落在基础上;二则槽口起到了限位作用,为确保管道承插接口的“承——插”到位提供了限位保证;三则为适应沉降变形留有了一定的余地。

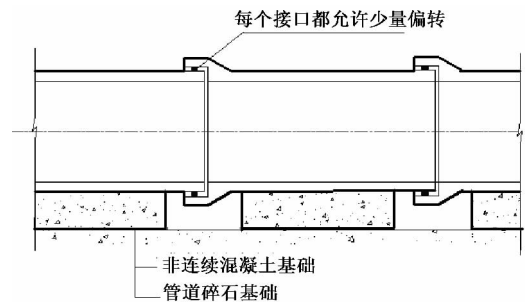


图 1 非连续混凝土基础

3.1.3 管道接口要严密

排水管道应采用柔性的承插橡胶圈接口,淘汰刚性的平接口混凝土管。确保管道接口严密是排水管道施工的重要环节,只有确保承插到位,且橡胶圈不变形,才能够保证接口不漏水。但是将两节管道的承插口完全“拉到位”是要费些力气的,承插连接需要用手拉葫芦的办法,将两节管道徐徐“拉到位”,详见图 2。

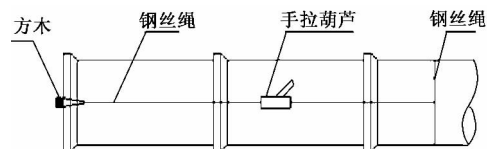


图 2 正确的承插接口施工方法

目前为了提高施工速度,往往采用挖掘机“顶”的办法来实现接口到位,这种做法虽然提高了施工速度,却无法保证施工质量。为保证承插接口到位,在施工中采取一些限位措施是非常必要的,如采用图 1 所示的“非连续”基础就是有效的限位措施,“非连续”的凹槽位置是根据两节管道完全连接到位确定的。在施工中,还应先实施检查井,再敷设管道,也是有效的限位措施,两个检查井的间距是按照若干节管道完全连接到位的长度确定,施工时,先实施基础和检查井,再将管道“安装”进去;若先敷设管道,后做井,就难于保证管道承插到位。在管道插口段划“标记线”,只有将“标记线”拉到承口内才算承插到位,也是一种限位的办法。如果没有这些限位措施,就不能够保证承插到位;排水管道就可能“长”出来。

同时必须禁止施工单位在现场随意裁截管道,也不允许随意变更井位,否则就起不到限位的作用。“排水管道是装配出来,而不是敷设出来的”才是正确的排水管道敷设观念。设计、监理和施工单位都应树立这种观念,观念到位了,才能保证管道接口到位。上海曾有一德国企业工地的排水管道就是按照上述方法做的。

3.1.4 沟槽回填要密实

目前沟槽回填材料越来越广泛使用黄沙,理由之一是可以提高施工速度。但是黄沙回填存在如下问题:第一,在高地下水位地区,由于黄沙会随水流动,当管道接口不严密,或者管道有破损,黄沙就会流入管道中,从而掏空了沟槽,引起道路塌陷事故频发,如图3所示;第二,相关规范规定,沟槽回填要分层夯实,但是实际中往往由于沟槽宽度不够、黄沙倾倒不规范等原因,难于实现规范规定的分层夯实要求;第三,实际中又是由于黄沙是靠浇水拉平的,回填材料达不到密实度要求。上述原因导致回填达不到密实度要求,也就实现不了化学建材柔性管道要求的“管土一体”的效应,从而不可避免导致管道变形、漏水和黄沙流失,所以道路塌陷就在所难免。沟槽回填还是要坚持原土回填,并严格考核回填料的含水率和密实度,以求实现沟槽回填的密实度。即便是有良好质量的化学建材管,其工程质量也是要依靠回填来保证的,只有实现“管土一体”,才能够保证已实施的管道受力均匀,不塌陷、不变形。



图3 道路塌陷实景

要站在质量、安全高于一切的立场上,评价对交通的影响,一条质量不合格,又有安全隐患的排水管道,埋在道路下面,才是对交通和人身安全的最大隐患。

3.2 排水管网维护管理应遵循的原则

对已建排水管网实施有效的维护管理的目的是:及早发现缺陷、按需修理或者更换、充分发挥设施功能、避免事故发生和延长使用寿命。排水管网维护管理的原则可以总结为:“清通养护要常态、管道检测要定期、缺陷整治要跟上、GIS系统要动态。”

3.2.1 清通养护要常态

污水、雨水在收集和输送过程中,其中的垃圾、杂质、污垢等不可避免会沉淀在管道中。上海每年排水管道疏通工作量约10 000 km,可清出积泥约30万 m^3 。这些积泥不及时清出来,一则会堵塞管道,影响管道功能;二则雨水管道中的污泥不及时清出,雨季会将污泥冲入河道,影响河道水质。我国许多城市河道,下雨就黑,与之有很大的关系。积泥也称为排水管道的功能性缺陷,如图4所示。



图4 排水管道积泥照片

我国现行《城镇排水管道与泵站维护技术规程》(CJJ 68—2007)规定,排水管道应定期进行清通养护,管道允许积泥深度小于管径的 $1/5$ 。也就是说管道积泥大于管径的 $1/5$ 时,就应该清通。该规程目前正在修订,增加了清通完成后的考核条款。上海市近年来,积极推行排水管道养护的第三方监管,对各区县排水管道清通养护管道数量、养护质量、养护经费到位、存在问题进行检查,城市排水行业管理部门根据检查情况,综合排名,并用月报的形式通告各区人民政府,这一做法有力地推进了上海市排水管道清通养护工作的常态化进行。

由于在进行管道维修、接管等工作时,需要对在运管道实施临时封堵,但是维修或者接管结束后,往往封堵材料拆除不干净,留下所谓的残墙(坝根);而且树木根系也会生长进入排水管道中,这些障碍物都会影响过水断面,甚至导致旱天冒溢、雨天积水的现象发生。排水管道清通养护除了及时清除管道积泥外,还要根据排水管道检测结果,及时清除排水管

道中的障碍物,恢复原有的过水能力。在排水管道养护时,一是要注重养护工作要有针对性,不能盲目;二是要注重变被动为主动,及时依据管道检测结论,科学地制定养护计划,特别是对过水能力丧失严重的管道应加大养护频率和力度,反之,应减少频率和力度,避免人力和物力的浪费;三是养护的方法要注重科学性,做到高效优质。养护的根本目的是恢复过水断面,如果从这一意义上讲,养护方法及养护工具的选择就显得尤为重要。

3.2.2 管道检测要定期

管道检测的目的就是为了及时发现排水管道存在的问题,为制定管道养护、修理计划和修理方案提供技术依据。但是调查的关键在于方法和手段,只有采用正确的方法和手段,才能够真正将埋在地下“看不见”的管道设施“看清楚、查清楚”。德国从2009年开始,54万km的排水管道中,近85%的排水管道已进行过电视摄像等检查。目前排水管道电视和声纳检测技术已在我国推广使用,为我国的排水管道有效检查提供了技术支撑。排水管道检测设备如图5所示。



图5 排水管道检测设备照片

2012年12月施行的《城镇排水管道检测与评估技术规程》(CJJ 181—2012)对排水管道(包括检查井、雨水口)的检测方法、结构性缺陷、功能性缺陷的判定和缺陷等级评估做了规定。按照该规程分类,影响管体本身强度、刚度和寿命的结构性缺陷主要包括:破裂、变形、腐蚀、错口、起伏、脱节、接口材

料脱落、支管暗接、异物穿入、渗漏等,如图6所示。影响排水管道功能发挥的功能性缺陷主要包括:沉积、结垢、障碍物、残墙、坝根、树根、浮渣等,如图7所示。

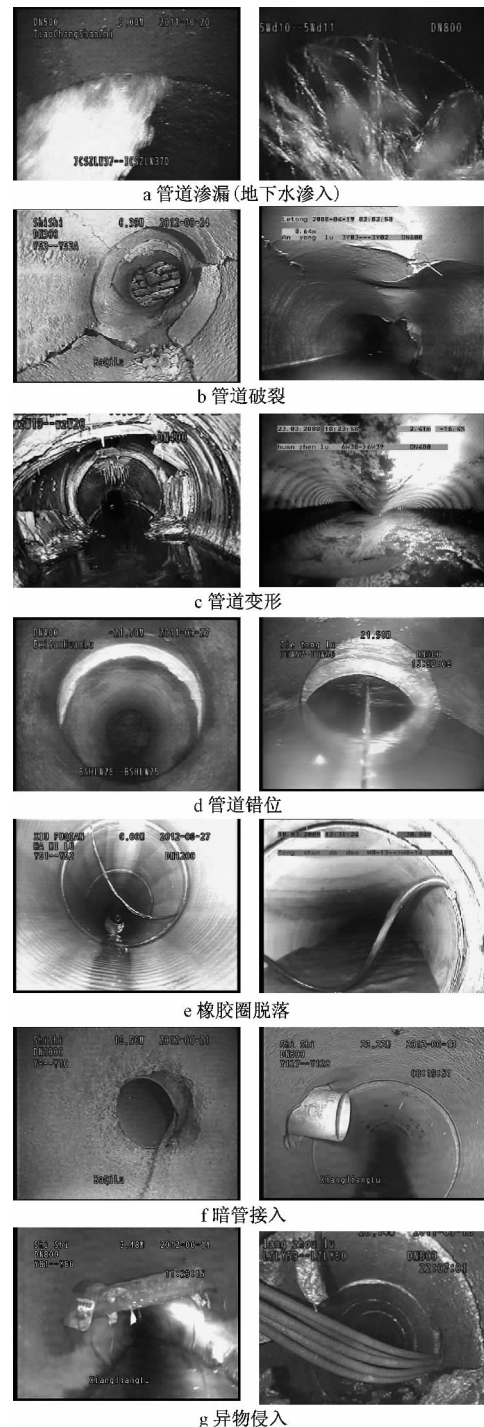
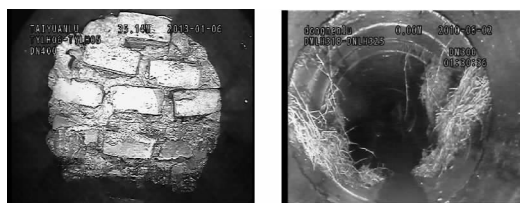


图6 排水管道结构性缺陷照片



a 坝头(未拆除的砖封堵)

b 树根进入

图7 排水管道功能性缺陷照片

从我国一些城市排水管道检测数据分析看,我国排水管道结构性缺陷以渗漏缺陷(地下水渗入为主的外部渗入水渗入)为主,要占总缺陷的40%以上。前述德国评价结果是以“接口损坏”和“管体裂缝”为发生频率较高缺陷,这些缺陷不及时维修整治,可能就会发生渗漏,甚至导致坍塌。在我国分流制排水系统中,另外普遍存在的缺陷就是“雨污混接”,甚至可以说我国没有一个纯分流制的排水系统。污水混入雨水管道,造成雨水管道旱天溢流,影响雨水排水设施正常运行,影响水环境质量;雨水混入污水管道,造成污水管道满流运行,造成污水处理厂雨季溢流,且影响水质。功能性缺陷以污泥沉积为主,这就是排水管道养护不到位的具体表现。

排水管道检测就如同人体健康体检,只有把问题查清楚了,才能够对症下药。不依靠现代检测手段,就无法准确知道缺陷的存在,更无法判定缺陷的严重程度。

3.2.3 缺陷整治要跟上

检测的目的是发现缺陷,而维修整治就是根据检测结果,有针对性地采取疏通、修理、修缮和更新等措施,消除缺陷,恢复功能,延长使用寿命。当检测发现缺陷后,应根据缺陷的类别,及时采取相应措施进行维修整治。

解决功能性缺陷问题主要依靠排水管道养护来解决,及时清除淤泥、拆除坝头和树根等障碍物,打通管道,恢复过水断面。

对于结构性缺陷,则应根据缺陷的严重程度,制定近、中、远期维修整治计划,“有病抓紧治”是排水管道维修整治的根本原则。德国称有17%的排水管道需要在近、中期内进行整治就是根据检测结果确定的。结构性缺陷的整治,一般除地面塌陷或严重错口等情形,必须要开挖外更新外,一般宜应尽量选择非开挖的方式,以减少对城市交通等的影响。

《城镇排水管道非开挖修复更新技术规程》(CJJ/T 210—2014),为管道结构性修复提供了技术依据。非开挖修理根据修理部位,分为局部修理和整体修理。局部修理主要技术措施包括:嵌补法、注浆法、套环法和局部涂层法,主要适用于接口修理和管体局部修理,如图8所示。整体修理主要技术措施包括:涂层法、翻转法(CIPP)、螺旋管法、短管内衬法等。

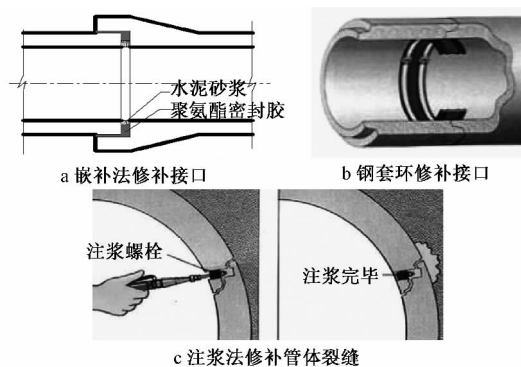


图8 排水管道非开挖局部修理

这些非开挖修理技术都具备在完全不开挖或少量开挖地面的情况下实施,具有施工时扰民少、对交通和周边影响小、施工过程中完全不会产生次生灾害的优点。上述技术在我国都有使用,也非常成熟。特别是目前套环法、翻转法和短管内衬法使用在我国较为普遍。

德国对采用内衬的修缮方法,修复后管道的使用寿命,平均可以延长使用寿命47a的评价足以证明这类非开挖技术的推广使用前景的广阔。但由于这些工法所使用的设备和材料基本来自欧美等发达国家,故而修复成本偏高,给使用推广带来一定难度。最近,检测设备、修复材料及修复技术装备产业化推广技术已被列入国家“十二五”水专项的研究课题,相信在不远的将来,排水管道非开挖修理一定会得到推广。

3.2.4 GIS系统要动态

在地理信息系统(GIS)上叠加排水要素,形成的城镇排水GIS系统为排水管理提供了有效的基础。排水系统的规划设计、日常维护、运行调度、模型动态分析、防涝预警、应急调度等工作均离不开排水GIS系统。国务院办公厅2014年6月3日发布了《关于加强城市地下管线建设管理的指导意见》

(国办发[2014]27号),要求在2015年底前完成地下管线的普查,建立综合管理信息系统。这为城市排水地理信息系统建立提供了政策依据,有关部门也将出台相关技术标准,指导和规范该项工作。

建好和管好城市排水GIS,要注重借鉴4则经验:一是家底清楚是基础,这是彻底解决排水系统数据缺失、不完整、不准确等问题的前提;二是仅有属性数据还不够,排水GIS中排水管道的管径、标高、材质、厂站规模、设备配置等是必须包括的基本属性数据,但是仅有这些属性数据,排水GIS少了点“活”性,应该将排水设施养护、检测、维修整治等维护管理信息加到数据库里去,这样GIS就能够“活”起来了;三是GIS要动态,城市排水GIS的核心是数据库,及时根据属性数据的变化和管理数据的变化来更新数据库,这是GIS管理的重中之重,没有动态的数据库,就没有合乎实情的指令;四是城市排水管网的数据库只能确定由一家负责管理,数据库共享,不能出现多头管理的现象,只有这样,才能保证GIS及各种目的子系统有效运行。

4 我国排水管道外部渗水影响分析

外部渗水量的大小是直接反映排水管道的实际质量状况和管理水平的重要表征指标,在缺少相应检测资料的情况下,污水处理厂的进水水量和浓度就是最有效的证明。

4.1 我国污水管道外部渗水情况调查

上海早在2002年就开始了外部渗水主要部分——地下水渗水情况的调查研究^[3],苏州河以南11个排水系统调查显示,地下水渗水量占旱季污水量(“纯”污水量与外部渗水量之和)的比值平均为31%,苏州河以北为23%;部分住宅小区的外部渗水(地下)水占旱季污水量的比值为10%~35%。上海崇明某镇污水处理厂设计规模为2.5万m³/d,服务范围的自来水供水量日均2.2万m³/d,但是污水处理厂的进水量却超过3万m³/d。合肥市某小区和所在排水系统实测外部渗水(地下)水量占旱季污水量的34%左右。

前述德国DWA资料介绍,德国外部渗水量与旱季污水量的比值为28.8%。虽然上海等地的外部渗水调查数据与德国调查数接近,但研究认为这并不意味着我们的排水管道质量也与德国水平

相当。而是在相同区域面积和管道长度条件下,我们的人口密度和污水产生总量比德国要大很多,而且我国的外部渗水量仅考虑了地下水,所以显示出我们的渗水量与旱季污水量之比与德国相近。

污水处理厂进水浓度偏低,也是外部渗水量大量渗入的有力佐证。上海某分流制(以生活污水为主)污水处理厂,处理规模为2.2万m³/d,其进水COD浓度为330mg/L,而德国北部以分流制为主的污水处理厂年均COD进水浓度为800~1000mg/L,可见上海污水管道的外部渗水和雨季雨水的混接是影响水质的重要因素。

上海某小区实测外部渗水量为26%~36%,管网COD浓度为249mg/L;而另一小区外部渗水量为10%~20%,其COD浓度为346mg/L,上述合肥小区测得COD浓度为140~270mg/L。上海崇明某镇小区实测COD浓度为322mg/L,对应的城镇收集管网为147mg/L,污水处理厂进水总管中COD浓度125mg/L,污水处理厂集水井内COD浓度118mg/L,从上游到下游浓度一级比一级淡,污水处理厂进水COD浓度仅为小区平均COD浓度的36.6%。可见外部渗水缺陷是十分严重的。

我国以生活污水为主,或者工业污染源影响较小,城镇污水处理厂进水COD浓度应为400mg/L,以此推算,上海外部渗水量占旱季污水量的比例为30%以上的调查是合理的;我国很多城镇污水处理厂进水COD浓度不足200mg/L,外部渗水的比例一定在50%以上,甚至超过100%。

4.2 外部渗水影响分析

外部水的大量渗入会造成4方面的问题,一是增加了污水处理厂的进水量,降低了污水处理厂进水水质,导致污水处理厂运行效率和污染物减排效率降低,甚至溢流;二是外部渗水占据了管道的容量,降低了管道的输送效率,也有可能由于在管道和输送泵站处溢流;三是由于管道沟槽回填近年来多是黄沙,地下水的渗入会将黄沙带入管道中,从而掏空沟槽,造成道路塌陷;四是浪费了地下水等珍贵的水资源。

近期有多个媒体报道称:“我国多地污水处理厂超负荷运转,部分生活污水直排湖河,致水体二次污染高发”。造成我国污水处理厂溢流的原因,可以归

纳为 4 种情况:一是污水处理厂进水水量,超过实际处理能力而溢流;二是管网运行调度不合理,造成夜间进水量负荷波动变化较大,高峰时产生溢流;三是合流制排水系统的污水处理厂按照分流制设计,雨季进水量是污水量的若干倍(取决于截流倍数),造成溢流;四是由于收集管网设计和污水处理厂设计一般仅考虑了污水量 10% 的外部渗入(地下)水渗入量,而实际中远高于污水量 10% 的外部渗入水进入污水管道,导致进水量超过处理能力而造成溢流。

前两种情况,对策措施相对是比较简单的,通过污水处理厂扩容和优化运行调度方案就可以解决。第三种情况则需要增建雨季溢流水处理设施,让雨季超负荷进水得到一定处理后再溢流;这种做法,污水处理厂的污染物减排效果一定好于污水处理厂的单纯提标改造。外部渗入水是我国普遍存在的问题,也是媒体所称溢流的主要原因;其仅依靠污水处理厂扩容是不能够解决问题的,扩容也是一种盲目和低效的手段,而是应该从管网整治入手,从根本上解决问题,否则外部渗入水缺陷愈加严重,导致溢流也会愈加严重。

4.3 解决外部渗入水问题的途径

根据德国的经验,外部渗入水量 50% 以上排水管道系统必须进行整治修复,25%~50% 应予以重视,25% 以下时可视为正常。

在加强新建排水管道质量的基础上,对于已有管道首先要大力推进排水管道检测,特别是采用电视摄像、声纳等手段,进行内部检测。并按《城镇排水管道检测与评估技术规程》进行病害等级评价,依据病害等级,分轻重缓急进行整治修复。

传统的管道整治修复方法是开挖,在城市交通日益繁忙的当下,管道开挖更换、修理和修复措施不断受到限制,所以逐步推行非开挖措施是必要的。

总而言之,采取有效措施,把污水管网外部水的渗入量降下来,就能够提高我国排水管道质量和解决污水处理厂超负荷运转问题。

5 建议

5.1 有必要定期开展排水管道状况调查

德国坚持了三十多年的排水管道状况调查制度,让德国实实在在掌握了排水管道实际状况,明白

还应该做什么。建议我国城市也应建立相应的排水管道调查制度,周期性调查,并不是隔几年进行一次普查,这样会因为工作量巨大,而无法实施。应该是重点借助于现代化检测手段,每天都做一点排水管网的检测,5~10 年一个轮回,几个轮回下来,一定能够把“埋在地下,看不见”的排水管网状况弄清楚,把整治需求和工作量弄清楚。除此之外,也才能够把一个城市的排水管网与国家对排水防涝新要求的差距是多少弄清楚,把污水真正的全收集和全处理要求差距是多少弄清楚。

5.2 有必要抓紧修订相关排水管渠技术规范

我国现行《室外排水设计规范》(GB 50014—2014)和《给水排水管道施工及验收规范》(GB 50268—2008)对排水管道的设计、施工及验收进行技术规定,但是前者尚需进一步细化外部渗入水量确定、管材的选取、基础的设置、回填材料等方面的要求;后者则需要对拟用管材的检验、施工次序、回填材料和方式、管道施工质量的保障措施等方面还需要进一步细化和强化,为建设好排水管道提供技术保障。

5.3 有必要强化排水管道维护管理

排水管道维护管理包括日常巡查、定期养护、定期检测和维修更新等,在编《城镇排水管渠及泵站运行、维护及安全技术规程》对这些内容的周期、具体内容和要求做出了规定,为今后做好排水管道维护管理提供了重要的依据。只有认真按照技术标准要求做好排水管道的维护管理,才能够及时把积泥清理干净,让河道少一分污染;才能够及时把障碍清除掉,让管道更通畅;才能够及早发现病害缺陷,让管理者掌握管道的真实状况;才能够及时修复缺陷,让管道保持健康。这项工作首先要落实好维护管理队伍;其次是要编制相应的维护管理定额,为经费申请提供依据;三是要建立相应的第三方检查、政府监管的维护管理机制。当然前提是排水行业主管部门和当地政府要从排水管道维护涉及城市排水防涝保障、城市水环境改善和城市公共安全的高度认识排水管道维护管理的重要性,认识到位,排水管道的维护工作就有了保障。

注:该文德国调查文献已获德国水协 DWA 翻译授权,其版权归德国水协 DWA。

水射器式低位水箱叠压(无负压)供水设备及其利弊探讨

刘建 谭青 左亚洲

(中国建筑金属结构协会给水排水设备分会, 北京 100097)

摘要 介绍了水射器式低位水箱叠压(无负压)供水设备结构组成、工作原理、性能参数及运行工况,分析了市政供水管网流量、压力与水射器运行的关系,指出了该叠压(无负压)供水设备的利与弊。该供水设备理论上虽可减少市政供水规模,但通过综合分析,认为该设备弊大于利,故建议工程慎重选用。

关键词 水射器 低位水箱 叠压(无负压)供水设备 利弊

DOI:10.13789/j.cnki.ww1964.2015.0165

0 引言

水射器式低位水箱叠压(无负压)供水设备(以下简称该设备)是在低位水箱式叠压(无负压)供水设备基础上研发的。近年来在江苏南京、苏州等地有较多该设备的应用,甚至存在当地水司或行政主管部门在二次供水设备选用时,要求必须采用该设备的现象;除已有的该设备制造商外,现仍有些二次供水设备厂家在研究、探讨和开发该设备;有的专家也曾提出是否将该设备和技术纳入正在编制的叠压供水产品标准和工程规程中。该设备一问世,行业内对其看法褒贬不一。本文拟通过对该设备水源——市政供水管网(以下简称市网)的压力、流量与水射器运行关系等的论述及对该设备的利、弊分析,与同行探讨该设备。

1 水射器式低位水箱叠压(无负压)供水设备介绍

1.1 结构组成

水射器式低位水箱叠压(无负压)供水设备在开发中存在各种不同系统,但结构组成大同小异,其基本构造示意(控制系统略)见图1。

图1中, H_1 为市网在水射器喷嘴入口处设计压力; H_2 为水射器器出口处设计压力; H_3 为吸入液

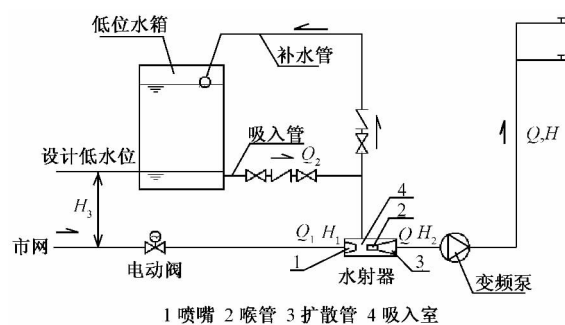


图1 设备基本构造示意

体的抽吸水头(吸上为负,倒灌为正),通常该设备的低位水箱与水射器在泵房同一地坪面上,故 H_3 约等于水射器水平轴中心线至低位水箱设计低液位的几何高差,从安全考虑,按 $H_3=0$ 计; Q_1 为水射器设计进水量; Q_2 为低位水箱被抽吸设计水量; Q 为变频泵设计流量。

1.2 水射器工作原理

如图1所示,市网自来水 Q_1 经水射器喷嘴高速射出时,造成吸入室内真空,低位水箱内的水在大气压力作用下,以流量 Q_2 被抽吸入室内,两股水流(Q_1+Q_2)在喉管内混合后经扩散管至变频泵。低位水箱的水是在用户非高峰用水时,即被抽吸水量

参考文献

- 1 DWA. Zustand der Kanalisation in Deutschland——Ergebnisse der DWA Umfrage 2009. 2011
- 2 DWA. Wasse Zahlen und Fakten. 2012
- 3 上海城市排水有限公司,同济大学. 上海市排水系统地下水渗入量研究. 2002

♀ 通讯处:200050 上海市江苏路389号上海市水务局
电话:(021)62522392
E-mail:tangjianguoxsh@163.com
收稿日期:2015-01-30
修回日期:2015-03-02