

我国大口径埋地塑料排水管道发展现状及国外经验借鉴

刘兴坡^{1,2}, 张倩^{1,2}, 王天宇^{1,2}, 方琦³

(1. 上海海事大学 海洋科学与工程学院, 上海 201306; 2. 上海海事大学 海洋环境与生态模拟研究中心, 上海 201306; 3. 同济大学建筑设计研究院<集团>有限公司, 上海 200092)

摘要: 为了借鉴国际大口径埋地塑料排水管道规范标准制定的经验,采用文献分析法,总结了我国大口径埋地塑料排水管道存在的问题和国外规范标准的制定经验。研究表明,①国外埋地塑料排水管道规范标准涉及管道建设工程全过程。对于埋地聚乙烯排水管道,欧盟标准 prEN 13476—1—2006(E) 将其与聚氯乙烯和聚丙烯的各种结构壁管囊括在一个标准之中,包含管材和管件标准。我国标准分为材料和结构产品标准(GB/T 19472.1—2004 和 GB/T 19472.2—2004),还缺乏管件部分标准,尚需完善。②国内标准应向国外看齐,在塑料管材环刚度测定标准方面,我国最新的《热塑性塑料管材 环刚度的测定》(GB/T 9647—2015)标准已对原标准 GB/T 9647—2003 中的若干参数做了修订,与国际标准 ISO 9969:2007(E) 内容基本一致。③欧洲标准 CEN/TS 15223—2008 设计压力管时,区分持久负载和短暂负载、长期强度和短期强度,比国内标准合理且更节省材料;设计无压管时,敷设质量是关键。在保证其质量的基础上,可以采用经验图表设计方法设计。

关键词: 大口径排水管道; 塑料排水管道; 国外经验

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2018)10-0017-05

Development Status of Large Diameter Buried Plastic Drainage Pipe in China and Foreign Experiences

LIU Xing-po^{1,2}, ZHANG Qian^{1,2}, WANG Tian-yu^{1,2}, FANG Qi³

(1. College of Ocean Science and Engineering, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China; 2. Center for Marine Environmental and Ecological Modelling, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China; 3. Tongji Architectural Design <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: In order to draw lessons from international standards of the large diameter buried plastic drainage pipe, the paper summarizes development status of China and the international experiences of large diameter buried plastic drainage pipe through literature review. It shows that: ① Foreign standards for the plastic drainage pipe are more comprehensive and involve the whole process of pipeline construction. Buried polyethylene drainage pipe and the PVC and PP structure-wall pipe are included in European standard prEN 13476 - 1 - 2006(E) which includes standards of pipe and fittings. Material and the structure of the product are included in China standards of GB/T 19472.1 - 2004 and GB/T 19472.2 - 2004, but it lacks of fitting part and should be improved. ② China standards should be kept in line with

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51008191)

international standards in this field. Several parameters in the original GB/T 9647-2003 have been revised in the new edition of *Thermoplastics Pipes - Determination of Ring Stiffness* (GB/T 9647-2015), which is almost similar to international standard ISO 9969:2007 (E). ③ For designing pressure tube, persistent and transient load, long-term and short-term strength are distinguished in European standard CEN/TS 15223-2008, which is more reasonable than domestic standards and needs less material. Laying quality is emphasized in CEN/TS 15223-2008 for designing non-pressure pipe, and can use experiences in graphic design method to design on the basis of quality assurance instead of theory calculation method.

Key words: large diameter pipeline; plastic drainage pipe; foreign experience

随着城市化发展,我国城市排水管道设施规模日益增加。《城镇排水与污水处理条例》、《室外排水设计规范》(GB 50014—2006,2014年版)对城市防汛排水、污水减排及水环境治理的重视程度逐年提高,加之城市道路快速施工的现实需求,对大口径排水管道的需求越来越大。据统计,截至2015年底上海市公共排水管道约 2.3×10^4 km,且以约4%的年增长率不断增加。2014年上海市出台了《上海市城镇雨水排水设施规划和设计指导意见》(沪水务[2014]1063号)规定本市外环线以内区域和普陀区、长宁区、徐汇区的外环线以外区域,以及郊区新城设计重现期不低于5年,管道最小过水断面原则上不低于DN1 000排水管道的过水断面。

与传统的混凝土排水管道相比,埋地塑料排水管道具有质量轻、管内壁光滑、水力阻力系数小、耐腐蚀、密闭性能好、运输安装方便、施工速度快等优点^[1]。埋地塑料排水管从20世纪70年代开始在欧美发达国家得到应用,这类管材在我国“十五”计划期间也得到了大力推广应用。近年来,埋地塑料排水管道尤其是中小口径管道(直径 $\leq 1\ 200$ mm)在上海排水管道新、改扩建工程中得到了大规模应用。但大口径排水管道(直径 $> 1\ 200$ mm)由于埋深通常较大,管材需要承受的荷载大,出于管道质量和使用寿命的考虑,大口径排水管道应用尚少。鉴于我国当前的大口径塑料排水管道应用经验不足,亟需借鉴国外规范标准,探索适合我国大口径埋地塑料排水管道的发展途径。

1 我国大口径埋地塑料排水管存在的问题

① 大口径埋地塑料排水管道产品质量令人堪忧。有些企业为了追求利润,通过使用不合格原料以及过量添加填充料等方式来降低成本;有些企业的产品执行不同的标准水平,造成产品质量水平参

差不齐,有的甚至包括假冒伪劣产品。因此,很多建设单位和设计单位担心大口径塑料管质量和使用寿命不过关,倾向使用混凝土管道等。

② 大口径埋地塑料排水管道设计理论计算依据不充分。目前,我国现行的埋地塑料排水管道规范主要包括住建部的《埋地塑料排水管道工程技术规程》(CJJ 143—2010)和上海建委2002年的《埋地塑料排水管道工程技术规程》(DG/TJ 08—308—2002),其设计理论主要是参照20世纪90年代美国、欧盟和澳大利亚的相关规范标准,主要适用于DN 1 000以下的中小口径的排水管道,DN 1 000以上的大口径埋地塑料管道的理论计算仅是参照执行。因此有必要专门制定大口径埋地塑料排水管道的设计标准或应用规程。

③ 大口径埋地塑料排水管道缺乏实验数据。我国针对模拟现场条件下不同载荷和回填方式对管道变形影响的实验研究,只有20世纪90年代由相关单位承担的PVC加筋管的沙箱课题。该沙箱尺寸过小,只能考查小口径塑料管材的应力应变关系;回填材料上部加载千斤顶过小,难以模拟较大埋深工况下的大口径塑料排水管道荷载和变形。

④ 施工质量达不到规范要求。受城市市政道路施工条件、交通、其他公用管线等各种客观条件制约,施工周期和相关施工措施,如回填材料和回填密实度等,往往难以完全按规范要求施工到位,对于强调管土共同作用的埋地塑料管道易在工程完工后出现质量问题。

2 国内外相关标准比较

大口径塑料排水管道的国外标准主要包括国际标准化组织(ISO)和欧盟标准(EN),以及美国的ASTM标准、德国的DIN标准、英国的BS标准和日本的JIS标准等^[2],国内标准包括《埋地用聚乙烯

(PE)结构壁管道系统 第 1 部分:聚乙烯双壁波纹管材》(GB/T 19472. 1—2004)、《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)、《埋地塑料排水管道工程技术规程》(CJJ 143—2010)等。从宏观的角度对国内外标准差别进行总结(见表 1),可以看出国外标准比国内标准更全面,且注重对管材的研究和实验。鉴于环境差异较大,国内外对管材存在不同的要求。

表 1 埋地塑料排水管道国内外标准的宏观比较

Tab. 1 Comparison of Chinese and international standards for the buried plastic drainage pipe

| 项 目 | 国外标准 | 国内标准 |
|-----------|---|--------------------------------------|
| 内容体系完整性 | 体系较全面,规定了管材种类、规格系列、管材基础的力学性能测试(如环刚度、环柔度等指标)和管材应用,涉及管道工程的全过程 | 缺乏新兴产品规范,如我国对埋地排水用聚丙烯结构壁管还没有相应标准的全过程 |
| 管材力学性能及设计 | 注重研究实验、土壤调查和回填参数设计 | 多直接借鉴国外标准 |
| 施工 | 大多埋在道路两旁或绿化带上;埋深较浅;施工期较长 | 多用于城市市政道路;埋深较大;施工期较短 |

2.1 欧盟标准与国内标准比较

欧盟标准 prEN 13476—1:2006(E)将聚氯乙烯、聚乙烯和聚丙烯等各种管材的管道囊括于一个标准之中。针对埋地用聚乙烯结构壁管道,我国标准分为材料和结构产品标准,其第一部分为聚乙烯双壁波纹管材(GB/T 19472. 1—2004),第二部分为聚乙烯缠绕结构壁管材(GB/T 19472. 2—2004),该标准内容与欧盟标准 prEN 13476—1:2006(E)有关管材部分内容相同,但没有包括欧盟标准的管件部分。

欧盟标准 prEN 13476—1:2006(E)的管件标准主要对弯头、减径管、三通、底座、堵头等方面作出了规定,具体见图 1~6。

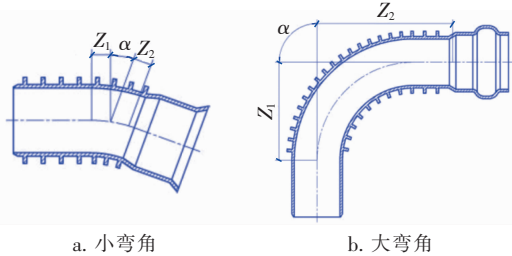


图 1 管件弯头

Fig. 1 Schematic diagram of un-swept and swept bends

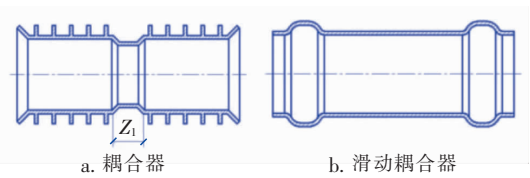


图 2 耦合器和滑动耦合器

Fig. 2 Schematic diagram of coupler and slip coupler

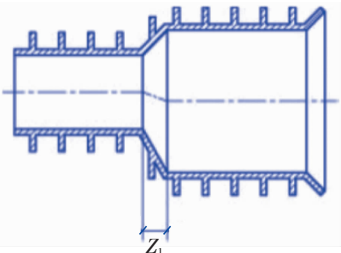


图 3 减径管

Fig. 3 Schematic diagram of reducer

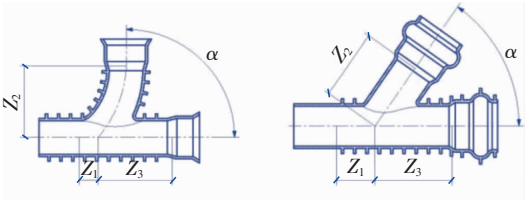


图 4 三通管

Fig. 4 Schematic diagram of swept entry and straight branch

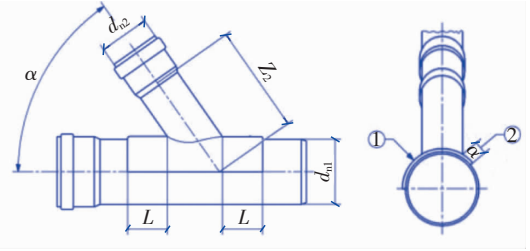


图 5 底座的溶剂粘结、融合或焊接

Fig. 5 Schematic diagram of non-mechanical saddle

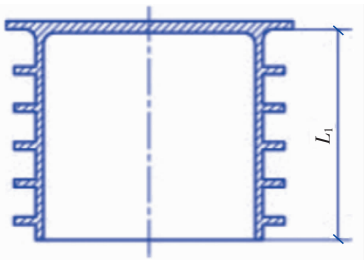


图 6 堵头

Fig. 6 Schematic diagram of plug

图 1 中管件弯头的 α 可为 15° 、 22.5° 、 30° 、 45° 及 $87.5^\circ \sim 90^\circ$,图 4 三通管件中 α 为 45° 或 $87.5^\circ \sim$

90°。图5中,①指 $d_{n1} \leq 315$ mm;②指 $d_{n1} > 315$ mm, a 不应小于80 mm; α 一般为45°, L (以mm为单位)需满足表2要求。图6中,保证插入长度 L_1 最小为10 mm。

表2 L 的长度Tab.2 Length L

mm

| 项目 | $d_{n2} \leq 110$ | $110 < d_{n2} \leq 125$ | $125 < d_{n2} \leq 160$ | $160 < d_{n2} \leq 200$ |
|--------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| L 数值 | ≥ 50 | ≥ 60 | ≥ 70 | ≥ 80 |

2.2 ISO 标准与国内标准比较

国标《热塑性塑料管材 环刚度的测定》(GB/T 9647—2015)已于2016年7月1日正式实施,将其与ISO 9969:2007(E)、GB/T 9647—2003 进行比较,主要区别体现在以下三方面:

① 压缩试验机是测量管材环刚度的仪器和设备,由两个相互平行的压板和测量系统组成,前者主要对试样施加力和产生规定的变形,后者测量力值和变形量(主要原理是利用管材在恒速变形时所测得的力值和变形值确定环刚度)。GB/T 9647—2015 标准对 GB/T 9647—2003 中的部分参数做了修订,压缩试验机的压缩速度范围比国际标准大。表3为三个规范对压缩试验机压缩速度的要求。

表3 GB/T 9647—2015、ISO 9969:2007(E)与 GB/T 9647—2003 规定的压缩速度

Tab.3 Compression speed in GB/T 9647—2015, ISO 9969:2007(E) and GB/T 9647—2003

| 项 目 | 管道公称直径 DN/mm | 压缩速度/(mm·min ⁻¹) |
|------------------|------------------|------------------------------|
| GB/T 9647—2015 | DN ≤ 100 | 2 ± 0.4 |
| | 100 < DN ≤ 200 | 5 ± 1 |
| | 200 < DN ≤ 400 | 10 ± 2 |
| | 400 < DN ≤ 710 | 20 ± 2 |
| | DN > 710 | 0.03 d_i ± 0.05 |
| ISO 9969:2007(E) | DN ≤ 100 | 2 ± 0.1 |
| | 100 < DN ≤ 200 | 5 ± 0.25 |
| | 200 < DN ≤ 400 | 10 ± 0.5 |
| | 400 < DN ≤ 710 | 20 ± 1 |
| | DN > 710 | 0.03 d_i ± 0.05 |
| GB/T 9647—2003 | DN ≤ 100 | 2 ± 0.4 |
| | 100 < DN ≤ 200 | 5 ± 1 |
| | 200 < DN ≤ 400 | 10 ± 2 |
| | 400 < DN ≤ 1 000 | 20 ± 2 |
| | DN > 1 000 | 50 ± 5 |

注: $d_i = (d_{ia} + d_{ib} + d_{ic})$ 分别为 a、b、c 三个试样的平均内径。

② 管壁厚度变形量通常是由测量一个压板位

置得到。GB/T 9647—2003 标准规定,如果在试验过程中,管壁厚度变化超过10%,需要直接测量试样内径的变化,但 GB/T 9647—2015 规定管壁厚度的变化超过5%就需要直接测量,这已与国际标准 ISO 9969:2007(E) 相一致。

③ 比 ISO 9969:2007(E) 更完整的是,GB/T 9647—2015 规定了大口径结构壁管材试样的取样长度;增加使用内径 π 尺测量管材的内径;试验中增加了预负荷 F_0 ;涉及了环柔性试验的相关内容。

2.3 CEN/TS 15223—2008 与国内标准比较

CEN/TS 15223—2008 与国内《压力管道规范 工业管道 第3部分:设计和计算》(GB/T 20801.3—2006)、《埋地塑料排水管道工程技术规程》(CJJ 143—2010)等规范的比较见表4。二者之间的差异主要体现在埋地塑料压力管和无压管设计这两个方面。

表4 CEN/TS 15223—2008 与 GB/T 20801.3—2006 及 CJJ 143—2010 的比较

Tab.4 Comparison of CEN/TS 15223—2008 with GB/T 20801.3—2006 and CJJ 143—2010

| 项 目 | CEN/TS 15223—2008 | GB/T 20801.3—2006、CJJ 143—2010 等 |
|-----------|---|--|
| 埋地塑料压力管设计 | 设计基于应力;对持久负载、短暂负载、无内压外压的负载三种情况分别进行验算 | 设计内水压力 = 管道工作压力 × 1.5 按照设计内水压力不高于管材公称压力(PN)来选择管材 |
| 埋地塑料无压管设计 | 设计基于应变;预测管材的变形量和防止发生压屈失稳;不再应用 Spangler 公式,提出“Volume Approach”方法;强调铺设质量是变形关键,设计采用经验的图表设计方法 | 设计需进行应力验算和变形验算,验算仍基于 Spangler 公式 |

注: ①管道工作压力不包括水锤压力;②雨水管道和合流制管道可能是无压管或压力管。

我国压力管的设计没有区分持久负载和短负载、长期强度和短期强度。传统管材长期强度和短期强度相同,对其进行强度验算时,将持久负载和短暂负载相加得到可能出现的最大负载;但对长期强度和短期强度相差成倍的塑料管材要求按可能出现最大压力小于长期容许的压力则不合理,按我国标准的设计理论需要消耗更多的材料。对于无压管,我国现行规范要求管材变形量 < 5%, CEN/TS 15223—2008 容许的最后最大变形量 ≤ 15%, 这与

我国规范差距较大。欧盟标准和规范都在强调管道铺设质量,采用经验的图表设计方法。如果铺设质量好,管材只会发生轻微变形并能迅速稳定下来,而且与埋深和交通负载的关系不大,欧盟标准更加注重管道的实际应用,这些新理论值得我国借鉴。

此外,我国埋地塑料排水管的生产标准和应用规范分别由工业系统和建设系统负责,管理体系与国外存在较大不同。生产方面的标准包括管道系统产品标准、性能测试标准和塑料管道系统的基础标准;应用方面的规范包括管道系统的设计、施工和验收规范。同时,鉴于我国不同地区气候、地质条件差异较大,不太适宜采用统一的埋地塑料管道国家规范,应在符合国家级标准和规范原则的前提下,具体制定适宜的地方标准和规范十分必要。

3 结语

国外对埋地塑料管道的研究与开发比我国先进,国外的规范标准涉及管道建设工程的全过程,比较全面,标准国际化是一大趋势。针对埋地聚乙烯排水管道,欧盟标准 prEN 13476—1—2006(E) 将其与聚氯乙烯和聚丙烯的各种结构壁管囊括在一个标准之中,包含了管材和管件的标准,我国标准(GB/T 19472.1—2004、GB/T 19472.2—2004)分为材料和结构制定产品标准,使标准更具针对性,但还缺乏管件部分,不够完善。我国应尽可能采用国际标准,在测定塑料管材的环刚度时可参照国际标准 ISO 9969:2007(E),在这方面我国新修订的《热塑性塑料管材 环刚度的测定》(GB/T 9647—2015)代替原标准 GB/T 9647—2003,将其中的一些参数做了修订,与国际标准保持一致,并增添了新内容。欧洲标准 CEN/TS 15223—2008 设计压力管时,区分持久和短暂的负载及长期和短期的强度,比国内标准合理且更省材料;设计无压管时认为铺设的质量是关键,在保证质量的基础上,可以采用经验的图表设计

方法。这些新理论值得我国去借鉴和应用。

我国埋地塑料排水管的管理体系与国外存在较大不同,应在符合国家级标准和规范原则的前提下,根据不同的地区气候、地质条件,具体制定适宜的地方标准和规范。

参考文献:

- [1] 曾锋. 论新型排水管材 HDPE 管设计施工应用及经济性评价[J]. 广东建材, 2014, 30(8): 74-76.
Zeng Feng. The design and construction application and economic evaluation of the new type of HDPE pipe[J]. Guangdong Building Materials, 2014, 30(8): 74-76 (in Chinese).
- [2] 张玉川. 大口径塑料管的标准和规范[J]. 化学建材, 2003, (6): 26-29, 51.
Zhang Yuchuan. Standards and codes for large-bore plastic pipe[J]. Chemical Materials for Construction, 2003, (6): 26-29, 51 (in Chinese).



作者简介:刘兴坡(1977—),男,河北赵县人,博士(后),副教授,系主任,从事环境工程教学与科研工作,研究方向为城镇给排水系统设计与运行优化、环境信息学及环境系统工程和海洋环境与生态模拟等。

E-mail: stormmodel@163.com

收稿日期: 2017-09-07