唐安琪, 沈小红, 邓宗元. 塑料给排水管道在地下综合管廊中的应用和优化建议[J]. 净水技术, 2026, 45(10): 188-195.
Tang A Q, Shen X H, Deng Z Y. Application and optimization suggestions of plastic water supply and drainage pipelines in underground utility tunnel [J]. Water Purification Technology, 2026, 45(10): 188-195.

塑料给排水管道在地下综合管廊中的应用和优化建议

唐安琪[1,*],沈小红[1],邓宗元[2]
(1.上海市政工程设计研究总院<集团>有限公司,上海 200092;2.上海墨义堇丰建筑设计有限公司,上海 200092)

摘 要 **【目的】** 为加强塑料管道在地下综合管廊中的工程应用,本文针对塑料管材入廊的重难点问题提出具体的解决方案,推动城市更新中新型城市基础设施建设。**【方法】** 研究塑料管道在管廊内应用类型、安装特征、性能优势和应用的特殊要求,包括阻燃性要求、刚度要求和渗漏性要求等;总结其应用时的注意事项,并提出合理优化建议。**【结果】** 研究结果表明,塑料管材具有水流通量高、耐腐蚀、水力条件优良、防渗漏和施工便利等优势,值得在综合管廊领域的中小管径给排水管道中推广,但不宜用于含电力电缆的舱室和燃气舱;需采用支墩支撑,对管材的刚度有更高要求;对于承插接口管道需另设柔性基础;对于防渗漏性要求极高,接口需采用刚性连接等方式。**【结论】** 本文提出了塑料给排水管道在综合管廊中应用的合理优化建议,建议修订给排水管道的强度公式,修订入廊管道的压力标准值,选择合适的接口类型,提高环刚度和纵向抗变形能力,采用合适进出检查井方式等。为今后修订塑料管道相关规范,建设明装式塑料管道提供建设性的依据。

关键词 综合管廊; 塑料管道; 阻燃性; 刚度; 渗漏性; 明装式; 刚性连接; 柔性基础
中图分类号: TU991 **文献标志码**: A **文章编号**: 1009-0177(2026)10-0188-08
DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2026.10.021

Application and Optimization Suggestions of Plastic Water Supply and Drainage Pipelines in Underground Utility Tunnel

Tang Anqi[1,*], **Shen Xiaohong**[1], **Deng Zongyuan**[2]
(1. *Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co., Ltd., Shanghai* 200092, *China*;
2. *Shanghai Moyi Jinfeng Architectural Design Co., Ltd., Shanghai* 200092, *China*)

Abstract [**Objective**] To enhance the engineering application of plastic pipes in underground utility tunnel, this paper puts forward specific solutions for key difficult issues regarding the entry of plastic pipe materials into the pipeline. The construction of new urban infrastructure in urban renewal is promoted. [**Methods**] The application types, installation features, performance advantages, and special requirements of plastic pipes in utility tunnel were investiqated, including requirements such as flame retardancy, stiffness, and leakage performance. The matters needing attention during application were summarized, and reasonable optimization suggestions were proposed. [**Results**] The research results indicate that plastic pipe materials have advantages such as high water flow capacity, corrosion resistant, favorable hydraulic performance, leakage resistance and convenient construction. It is worthy of promotion in medium and small-diameter water supply and drainage pipelines within the field of utility tunnel. However, it should not be used in compartments containing power cables and gas compartments. The use of abutments for support is required, which imposes higher demands on the rigidity of the pipe material. For pipes with socket-and-spigot joints, a separate flexible foundation shall be provided. For extremely high requirements of leakage prevention, the interfaces should adopt rigid connection method, etc. [**Conclusion**] Reasonable optimization suggestions for the application of plastic water supply and drainage pipes in utility tunnel are proposed. It is recommended to revise the strength formula for water supply and drainage pipelines as well as the standard pressure

[**收稿日期**] 2025-12-29
[**基金项目**] 上海市 2023 年度"科技创新行动计划"优秀学术/技术带头人项目(23XD1433700);上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司项目(K2021K050)
[**通信作者**] 唐安琪(1989—),女,高级工程师,主要从事平差软件模拟分析、城市供水专项规划和市政供水管网改造、机场供水、综合管廊、BIM 建模、量子城市数字化模型研究等工作。E-mail: tanganqi@smedi.com。

values for pipelines incorporated into utility tunnel. The appropriate interface type should be selected. The ring stiffness and longitudinal anti-deformation capacity should be enhanced. Appropriate ways of entering and exiting inspection wells should be adopted. Constructive basis for the future revision of relevant specifications for plastic pipes and the construction of exposed plastic pipes are provided.

Keywords utility tunnel; plastic pipes; flame retardance; stiffness; leakage performance; exposed installation; rigid connection; flexible foundation

地下综合管廊是现代化城市重要的“里子工程”,是打造韧性城市的关键基础设施。近年来全国各地已陆续开展了大面积的地下综合管廊建设工程。据统计,我国自 2015 年启动地下综合管廊试点,截至 2024 年底,全国累计竣工管廊长度突破 10 000 km,形成全球最大规模网络,为新型城镇化建设提供了地下空间集约化利用方案,建设目标从“规模扩张”转向“质效并重”[1]。

为深入贯彻落实党的二十大精神和党中央、国务院决策部署,因地制宜推进城市地下综合管廊建设,推进城市更新高质量发展,2023 年 5 月住建部组织修订了《城市地下综合管廊建设规划技术导则》;2024 年 11 月国务院印发的《关于推进新型城市基础设施建设打造韧性城市的意见》明确,编制智能化市政基础设施建设和改造行动计划,因地制宜对城镇供水、排水、供电、燃气、热力、消火栓(消防水鹤)、地下综合管廊等市政基础设施进行数字化改造升级和智能化管理;2025 年 5 月国务院印发的《关于持续推进城市更新行动的意见》明确,加快城市燃气、供水、排水、污水、供热等地下管线管网和地下综合管廊建设改造;2025 年 8 月国务院印发的《关于推动城市高质量发展的意见》明确,加快城市地下管线管网建设改造,因地制宜建设地下综合管廊。近年来,地下综合管廊建设达到一定规模后,其发展重心转向提升运营效率和智慧化水平,追求高质量发展[1],在推进新型城市基础设施建设、增强城市发展韧性等方面发挥了重要作用。

在全国大力开展城市更新、地下管廊数字化建设改造和智慧化运营的背景下,国家对入廊管材也提出了新要求,强调安全、环境友好,提升管材使用寿命和运行可靠性,明确鼓励采用不锈钢管、硬聚氯乙烯(PVC-U)管、高密度聚乙烯(HDPE)管等更耐腐蚀、更安全的材料。塑料埋地管因其具有独特优越性,近年来在市政管网建设中得到了广泛应用,尤其是 PVC-U、HDPE 双壁波纹管凭借成本和防腐优势,在排水管网领域使用量占比约 50%。考虑到综合管廊是新建的高标准工程,对管材的耐腐蚀、长寿命、轻量化安装要求更高,这恰恰是塑料管的优势。因此,在近年来新建的管廊项目中,塑料类管材(包括纯塑和复合)的应用比例可能高于传统市政直埋领域。但管廊内塑料管道的应用不同于埋地塑料管道,管道外部承载力和使用的接口形式都有很大区别。目前国内尚未编制塑料管道自承式架空敷设的管道结构设计标准,管廊内给水管道采用塑料管材的工程案例相对较少[2],对于针对该类管材在综合管廊内的合理应用还未明确提出要求。需要对塑料管材入廊遇到的问题提出具体的解决方案,加强其入廊技术研究和工程应用,推动其在市政综合管廊行业不断发展。

1 塑料管道在综合管廊中的应用特征

1.1 塑料管道在综合管廊的应用类别

根据《城市综合管廊工程技术标准》(GB/T 50838—2015)(局部修订条文,自 2025 年 4 月 1 日起实施)[3],塑料管道在综合管廊中只适用于给水管、中水管、直饮水管、雨水管、污水管,不适用于天然气管和热力管。如规范中第 6.2.2 条所述:给水管、再生水管可以选用钢管、球墨管、塑料管道等。接口宜采用刚性接口。第 6.3.4 条:雨水、污水管可以选用钢管、球墨管、塑料管道等。压力管道宜采用刚性接口。第 6.4.2A 条:天然气管道应采用钢管。第 6.5.1 条:热力管道应采用钢管、保温层及外保护管紧密结合成一体的预制管”。而《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)[4]中第 5.15.7 条建议综合管廊内的排水管道应优先选用内壁粗糙度小的管道,以防止管道淤积。

1.2 塑料管道的类别属性和优势

常见的埋地给排水塑料管道的类别及品种有:聚氯乙烯(PVC)管、聚乙烯(PE)管、钢塑复合缠绕管、聚丙烯(PP)管等。其中,PVC-U 在城市排水和工业废水管道中推广应用,使用率逐年提高,HDPE

多用于城市给水和燃气管道。

在选择管材时,应优先考虑其耐腐蚀性、承压能力及使用安全性,同时兼顾施工便利性、后期维护便捷性以及经济合理性[5]。塑料管材较其他类型管材的优势主要有:①高韧性,敷设时可随地形自然弯曲(尤其是 PE 管),断裂伸长率极高,能适应地层沉降和地震造成的变形;②连接方便,施工安装速度快,且允许一定角度的偏转和位移;③耐腐蚀性强,能够抵抗多种化学物质的侵蚀,从而保护管道内部不被腐蚀,保持水质洁净,管道寿命更长(50 a 以上);④管材轻便,便于装卸、搬运和运输,显著降低人工和机械费用,在狭窄场地或抢险场景下优势明显;⑤管壁光滑、阻力小,不易结垢和滋生微生物,作为市政给水管使用时不会造成城市饮用水二次污染,并且防渗性好,可以降低管线入廊后的维护费用。因此,塑料管材可推广应用于综合管廊中的给排水管道。但塑料管材也有一些固有的局限性,如耐热性、抗变形能力、抗老化能力等方面较差,针对这些不足之处本文提出了管廊中的特殊要求和应用建议。

1.3 管廊内塑料给排水管道的安装特征

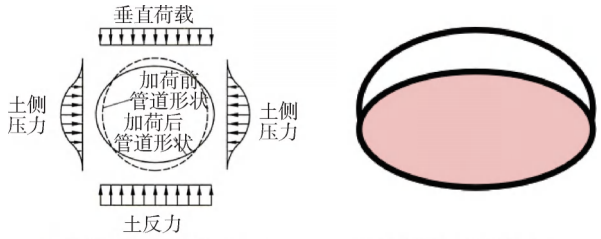
塑料管道在地下空间内采用明装敷设,受力条件不同于土壤直埋,直埋式的管道埋在土壤内,承受 4 个方向的外压负载:左右土侧压力、上方垂直荷载和下方土反力,如图 1(a)所示。管道最初始形状为圆形,管内充水,在荷载作用下管道会受力变形;若管道为压力管,压力管道有内压,断面仍为圆形;若为非满流重力式(污水)管,断面为椭圆形趋势,如图 1(b)所示。埋地柔性管道的抗变形能力由管材的环刚度和管侧回填土共同承担[6];入廊的明装管道四周无压力支撑,变形幅度较大。

根据《给水排水工程管道结构设计规范》(GB 50332—2002)[7]中第 4.3.2 条第三款规定:“化学建材管道,在组合作用下的最大竖向变形不应超过 0.05 D_0(D_0 为圆形管道的计算直径)。”因此,应避免管道产生过度形变导致发生断裂等现象,以确保管道安全运行。

2 塑料给排水管道在综合管廊的应用的性能优势

2.1 高水流通量及其成因机制

塑料管道内壁光滑,阻力小,水流通量大,在同等口径下的水流量比传统金属、混凝土管大,内壁表面张力很难形成水垢,流体输送能力比铸铁管高。



(a) 土壤直埋型管道受力状态 (b) 明装型管道受力状态

图 1 不同敷设方式下管道受力状态示意

Fig. 1 Schematic of Pipeline Stress Conditions under Different Laying Methods

塑料管道高流通量的核心物理基础在于其极低的管内壁表面粗糙度。根据流体力学中的达西-魏斯巴赫公式,沿程水头损失 h_f 与管道的内壁粗糙度 ε 密切相关,如式(1)所示。

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \tag{1}$$

其中:h_f——沿程水头损失,m;

f——摩擦系数(是雷诺数 Re 和相对粗糙度 ε/D 的函数);

L——管段长度,m;

D——管道内径,m;

v——平均流速,m/s;

g——重力加速度,通常取 9.81 m/s^2。

塑料管材绝对粗糙度 ε 值极低,通常仅在 0.001 5~0.007 0 mm,新铸铁管的 ε 值约为 0.25 mm,而使用多年的旧铸铁管因腐蚀结垢 ε 值可高达 1 mm 以上。数量级上的差异,使得塑料管道的摩擦系数 f 显著低于传统管材。在相同的管径和流速条件下,其沿程水头损失 h_f 大幅降低,水流能够以更小的能量损失输送更远的距离,或者在相同泵送功率下实现更高的流速与流量。这使其成为实现高效、节能、长寿命输水管道的关键技术选择。

2.2 良好防腐性能和水力特性

塑料管道的主要成分如 PVC、PP、PE 等高分子聚合物,分子结构稳定且化学稳定性高;这与金属管材通过金属键结合、易在水溶液中发生氧化还原反应的本质截然不同。

金属管道腐蚀后,管壁会均匀减薄或产生局部坑蚀,导致承压能力下降,最终引发爆管、泄漏等安全事故;且内壁腐蚀会生成疏松、粗糙的锈垢,这不仅会显著增加管壁粗糙度,增大水流阻力,导致水头

损失增加、流量下降,还会引起水质二次污染。塑料管道化学稳定性好,壁厚和结构强度不会因输送介质或外部环境的腐蚀而减弱,确保了流量和压力的稳定输送,同时避免了腐蚀产物对水质的污染,极大地保障了管道的长期安全与可靠性。因此,塑料管材防腐性能较铸铁管、钢管更好。

2.3 接口防渗性能和施工便利性

塑料管道接口具有良好的密封性,因其通常采用热熔、电熔连接方式。热熔连接简便、使用寿命长、耐腐蚀,加热时间短,使接口处材料熔为一体,不易漏水,有效克服了传统刚性接口易因不均匀沉降而漏水的弊端。这一优势可大幅降低管网漏损率,节约水资源,使管道在全生命周期内的维护成本显著降低。

塑料管材质轻、单管长度大、接头少、连接便捷,且无需电焊、油漆等处理。因管材质量会影响管材运输与施工安装的便捷性,塑料管材安装工作量仅为钢管的 1/2,劳动强度低,易于搬运。以 PN1.0 MPa、DN600 为例,长度为 4.5 m 时,球墨铸铁管需使用机械吊装,而 PE 管仅需 2~3 人搬运。几种管材的质量比较如表 1 所示。因此,塑料管在狭窄空间施工便捷,施工费用少。

表 1 不同材质管材的质量

Tab. 1 The Weight of Pipes of Different Materials

管材	管径	型号	质量/(kg·m^{-1})
PE100	DN600	1.0 MPa,壁厚 37.4 mm	69.15
球墨铸铁管	DN600	壁厚 K9 级	137.30
钢管	DN600	壁厚 10 mm	152.89

3 塑料给排水管道在综合管廊中应用的特殊要求

3.1 管廊内塑料给排水管道的阻燃性要求

3.1.1 不易处理成阻燃材质

对于有火灾风险舱室的管道,需要阻燃、高熔点的管材。不同塑料管材的熔点如表 2 所示。

表 2 不同塑料管材的熔点

Tab. 2 Melting Point of Different Plastic Pipes

管材类型	熔点/℃	熔化/黏弹温度范围	分解温度
PE 管	190~260	—	于 380~500 ℃开始分解
PP 管	160~170	熔化温度:160~175 ℃	于 350~380 ℃开始分解
PVC 管	无固定熔点(非晶体)	熔化温度:185~205 ℃,60℃变软;100~150℃呈黏弹态	软化点为 80 ℃,于 130 ℃开始分解
HDPE 管	130~135	熔化温度:120~160 ℃	软化点为 125~135 ℃,于 300 ℃开始分解

由表 2 可知大部分塑料管道熔点较低,阻燃性较差,可燃且燃烧时会分解释放有毒气体,不容易处理成阻燃材质。因此,塑料给水、排水管道不宜布置在有电力电缆的舱室,也不宜用于燃气舱,电缆火星一旦掉落到塑料管道上会使管道局部熔化。

3.1.2 受热温差变形大

不同管材的线膨胀系数不同,管道的热变形计算公式如式(2)所示。

$$X=\alpha\times L\times\Delta T \tag{2}$$

其中:X——管道膨胀量,m;

α——管道材料的线膨胀系数,1/℃;

L——管道的原始长度,mm;

ΔT——温度变化量,℃。

则在相同温差下,$X_{pvc}=7X_{钢}$,可知 PVC 管受热温差变形大,约为钢管的 7 倍,排管时要充分考虑热胀冷缩引起的长度差。不同管材的线膨胀系数如下表 3 所示。

表 3 不同材质管材的 α(单位:10^{-6}/℃)

Tab. 3 α of Different Material Pipes(Unit:10^{-6}/℃)

管材	α
碳素钢	12.0
铸铁	11.1
不锈钢	10.3
PVC	80.0
PE	10.0

3.2 管廊内塑料给排水管道的刚度要求

3.2.1 需设支墩支撑

塑料埋地管多属于柔性管,下方有基础支撑,如图 2(a)所示,其受到外压荷载后能在不破坏结构的情况下产生管道变形,此时管道周围的回填材料会大大减少管道本身受到的外部荷载。然而在管廊内的管道周围没有回填材料承受外压荷载,产生管道变形的可能性更大,如图 2(b)所示。因此塑料管材设计时主要考虑环向刚度

的问题,如果环刚度不够,管材易出现过大的变形(可致连接处渗漏)或压塌(管壁部分向内曲折)。同时,施工安装过程中的外力也可能造成管壁受损破裂。管道在管廊内安装时无土壤摩擦力,需在转弯处设置大量支墩支撑,其轴向刚度较低,采用支墩支撑时,纵向容易发生变形,因此塑料管道采用支墩或支架、吊架时,对管材的轴向刚度要求更高。



(a) 埋地塑料管道基础 (b) 管廊内塑料管道支墩

图 2 不同敷设环境下塑料管道支承构造示意

Fig. 2 Schematic of Plastic Pipelines Support Structures under Different Laying Conditions

3.2.2 需另设柔性基础

根据《埋地塑料排水管道工程技术规程》(CJJ 143—2010)[8],第 4.1.8 条中规定:“塑料排水管道不得采用刚性管基基础,严禁采用刚性桩直接支撑管道。”第 4.1.9 条中规定:“对设有混凝土保护外壳结构的塑料排水管道,混凝土保护结构应承担全部外荷载,并应采取从检查井到检查井的全管段连续包封。”,如图 3 所示。因此承插接口塑料管道用于管廊内排水管道时,需要另设柔性基础,禁止采用刚性桩支撑。柔性基础是一种通过自身弯曲来传递荷载并适应地基变形的基础形式,如图 4 所示。

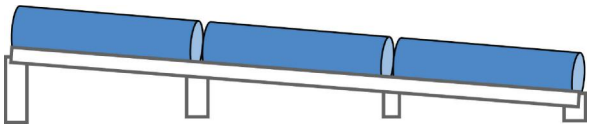
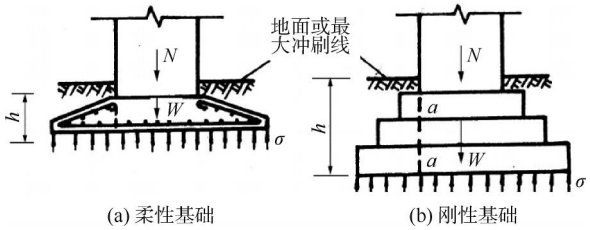


图 3 混凝土保护的塑料排水管道

Fig. 3 Plastic Drainage Pipes Protected by Concrete



(a) 柔性基础 (b) 刚性基础

图 4 不同形式管道基础示意

Fig. 4 Schematic of Different Types of Pipelines Foundations

根据《竹缠绕复合管道工程技术规程》(T/CECS 470—2017)[9]中第 5.6.4 条,“管道与管道支架(包括支座)之间不得直接进行粘接固定。固定支架的管道配合件(管卡、管托或管夹)与管道外壁之间,应垫有厚度不小于 3 mm 的橡胶块或其他软垫”。参考图集《室内管道支架及吊架》(25S402)[10]中第 5.2 条,“应在管卡部位的管道周围衬垫 3 mm 厚的橡胶层,以保护管道”该类材料可作为管廊内排水管道的柔性基础支撑材料。

3.3 管廊内塑料给排水管道的渗漏性要求

3.3.1 接口不允许渗漏

埋地承插管道敷设于土中,管道接口允许渗漏,管道最大允许渗水量按式(3)计算:

$$Q_s = 0.004\ 6d_i \tag{3}$$

其中:Q_s——最大允许渗水量,$m^3/24\ h\cdot km$;

d_i——管道内径,mm。

一般 DN600 埋地管的渗漏量≤2.76 L/(m·d),而管廊内塑料给排水管道接口要求不允许渗漏,DN600 入廊管渗漏率接近于 0。根据 GB/T 50838—2015 规定,给水管和压力排水管接口宜采用刚性接口。一般埋地塑料排水管多用柔性连接,压力管入廊则需要改变其连接方式,以刚性连接方式为主。以常用连接方式为例,PE 管柔性连接一般采用承插式弹性密封圈型式,刚性连接一般采用热熔对接或电熔对接;PVC-U 管刚性连接一般采用专用胶黏剂连接;钢塑复合缠绕管刚性连接一般采用热熔焊接。

3.3.2 防水套管不易密实

(1)高弹性模量差异。塑料管道的弹性模量远低于混凝土和钢套管。当构筑物发生沉降或轻微形变时,刚性套管与柔性管道的位移不同步,极易破坏脆性的密封材料(如石棉水泥)或使柔性但黏结性

差的密封材料产生裂隙。

(2)热胀冷缩的显著影响。塑料管道的线膨胀系数远大于混凝土和钢套管。在温度变化下,塑料管道的径向与轴向伸缩量较大,会对周围的密封填料产生反复的挤压与拉伸应力,长期作用下易导致疲劳开裂,形成渗漏路径。因此,塑料管道和套管的热胀冷缩系数不同,容易变形;进出管廊壁、检查井时,防水套管不容易密实,导致漏水,需要用黏胶压实。

4 塑料给排水管道在综合管廊中应用的优化建议

4.1 修订给排水管道的强度公式

《给水排水工程管道结构设计规范》(GB 50332—2002)[7]列出了有关埋地塑料管道的规定和强度公式。第3.2.3条:“作用在地下管道上的侧向土压力”;《城市综合管廊工程技术规范》(GB/T 50838)[3]8.3.1条:“综合管廊结构上的作用按性质分为永久作用和可变作用,其中永久作用包括结构自重、土压力、重力流管道内的水重等,可变作用包括管线及附件荷载、压力管道内的静水压力(运行工作压力或设计内水压力)、真空压力、温度作用、施工荷载等”,可在GB 50332—2002中增加作用在地下管廊内管道的压力标准值,包括内水压力标准值和外部荷载标准值。《埋地塑料给水管道工程技术规程》(CJJ 101—2016)[11]中第4.4节关于管道结构设计荷载组合计算的规定,可为管廊内管道外部荷载标准值的细化取值提供参考依据。《给水排水工程结构设计手册》[12]中已详细给出了埋地管道的管顶竖向土压力标准值,需补充入廊管道这部分设计计算内容。GB 50332—2002规范第5.0.1条:“规定这些圆管的接口,宜采用柔性连接,当条件限制时,管道沿线应根据地基土质情况适当配置柔性连接接口”,可补充说明在管廊内敷设的明装管道宜采用刚性接口等等。还应增加有关明装塑料管道的强度公式,为其提供计算依据,基于CJJ 101—2016中4.4节关于埋地管道在荷载作用下的极限承载力强度计算,明装塑料管道强度计算可进行内压设计,并通过环刚度进行外压校核。

4.2 选择合适的接口类型

一般PE管的连接方式采用整体连接方式,而玻璃钢管道和高性能硬聚氯乙烯管道采用承插连接方式[2]。PE类管材接口需采用热熔或电熔对接连接,如图5所示。热熔连接应注意消除管道连接期间由于温差作用产生热胀冷缩导致的检查井连接处裂缝渗水的现象,这种连接为永久性连接,接头强度高。电熔连接对安装空间要求低,通过智能控制加热时间与温度,确保融合过程的标准化。管廊内部空间有限,大型设备难以展开,电熔连接因所需设备相对轻便,在管廊等狭窄空间内施工优势明显。PVC类管材接口需采用专用胶黏剂粘接,其原理是利用胶黏剂中的溶剂,将承口内壁和插口外壁的PVC表面轻微溶解并软化,在承插过程中使两者融合为一体。固化速度快,能形成高强度、高密封性的接头,兼具优良的耐腐蚀性和长期稳定性。

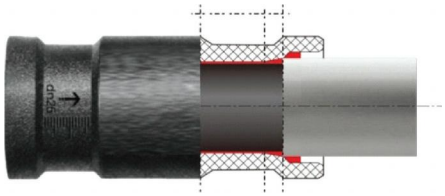


图5 塑料给排水管道热熔连接接口

Fig. 5 Plastic Water Supply and Drainage Pipes Heat Fusion Joints

4.3 提高塑料管道的环刚度

为避免塑料管道在管廊内出现弯曲变形,要适当提高管道的环刚度。参考《竹缠绕复合管道工程技术规程》(T/CECS 470—2017)[9]中第3.1.4条,环刚度的计算方法如式(4)所示。

$$S_N = \frac{E_P \times t^3}{12 \times D_0^3} \tag{4}$$

其中:S_N——管材的环刚度,N/m^2;

t——管道壁厚,mm;

D_0——管壁中心直径,mm;

E_P——管材环向弯曲的弹性模量,MPa。

由上式可知,管道环刚度的主要影响因素为壁厚和弹性模量。管道壁厚与制造工艺和材料性能有关,高质量塑料管道能确保管道壁厚的均匀性;增加管道弹性模量主要可通过增加填料含量、使用增韧剂、共混改性、使用特殊填料等方式。

参考《钢丝网骨架塑料(聚乙烯)复合管材及管件》(CJT 189—2007)[13]中第3.1.1条定义钢丝网骨架塑料复合管材,为增强塑料管道的环刚度,还可采用钢丝网骨架增强聚乙烯复合管或钢带增强聚乙

烯螺旋波纹管等新型优质塑料管材,其通过在钢丝/钢带和内外层高密度聚乙烯之间涂覆一层粘接树脂中间层,将其紧密粘接在一起,在同等原材料情况下,有效提高了聚乙烯管的环刚度。《钢骨架聚乙烯塑料复合管管道工程技术规程》(T/CECS 315—2024)[14]于2024年10月批准发布,自2025年3月1日起施行。

因此,提升塑料管道的环刚度,基础路径可通过材料(如填料、纤维)改性提升弹性模量;核心与高效路径可通过波形管壁、多层复合等结构设计,实现材料的高效利用,目前技术经济性最佳。

4.4 提高塑料管道纵向抗变形能力

合理设置管道支墩(架)数量与型式,提高管道纵向抗变形能力。生产厂家可考虑在管道上局部设加强筋,作为支墩受力点,通常在管道变径、三通、弯头处应设置支墩。在管廊架空敷设的支墩间距标准与管道自身的环刚度直接相关,目标是控制管道在支墩间因自重和介质质量产生的挠度。根据管径、壁厚与工作温度,通过荷载计算(包括自重和流体荷载),按强度和刚度条件分别计算允许跨度,来确定最终支墩间距,计算时必须采用塑料管的长期弹性模量,保证管道运行期的安全。

参考图集《室内管道支架及吊架》(25S402)[10]中编制说明第3条和5.1条,管道支吊架计算间距按1.5 m、3 m、6 m三种,根据经验设计钢管按每隔6~8 m设置1个支墩,而塑料管则需更为密集,按每隔3~5 m设置一个支墩,可采用钢支墩或混凝土支墩,如图6所示。以充满水的DN400 PVC-U管为例,其总荷载约为120 kg/m,长期弹性模量为1 500 MPa,最小环刚度为8 kN/m^2,按管道在两支墩间的挠度不超过其跨度的0.5%,允许跨度L约为4.3 m,建议支墩间距取4 m。

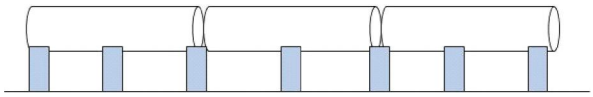
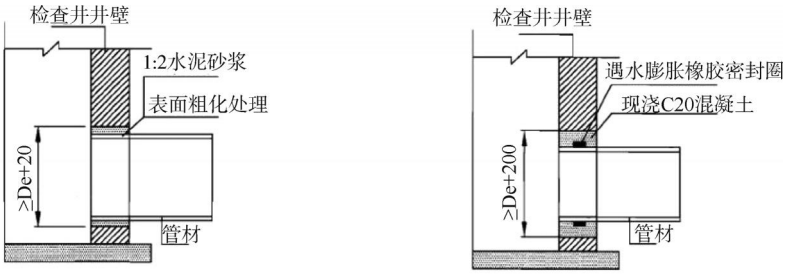


图6 塑料给排水管道管廊内管道支墩(架)

Fig. 6 Pipe Abutments (Supports) for Plastic Water Supply and Drainage Pipelines in the Utility Tunnel

4.5 采用合适的进出检查井方式

塑料管道进出污水检查井宜采用热熔或焊接连接,不能使用法兰连接,否则容易产生漏水现象。管道之间、管道与检查井之间的连接必须可靠,宜采用整体性连接;采用柔性连接时,应有“抗拉脱”稳定设施;支干相接处应处理好沉降问题[4,15]。管道进出检查井宜留有适当长度作为温差形变调整余量。《埋地硬聚氯乙烯排水管道工程技术规程》(T/CECS 122—2020)[16]中第7.0.2条提出“在管材或管件与井壁相接部位的外表面预先用PVC粘接剂粗砂做成中介层然后用水泥砂浆砌入检查井的井壁内”,如图7所示。



管道与检查井的连接(一) 管道与检查井的连接(二)

图7 塑料管道与污水检查井连接方式

Fig. 7 Connection Methods of Plastic Pipes of Wastewater Inspection Wells

5 结论

新型塑料管材在综合管廊里主要适用于中小管径的给排水管道,地下空间内采用明装敷设。其性能优势相比于钢管、球墨铸铁管更适用于综合管廊这种新建的高标准工程。总结其应用的特殊要求,应用注意事项:(1)应提高管道的环刚度,以免管道产生过大变形;(2)安装时需设置大量支墩支撑,对管材的轴向刚度要求高;(3)接口要求不允许渗漏,压力管宜采用刚性连接方式;(4)不适用于有电力电缆的舱室,也不宜用于燃气舱;(5)承插接口用于管廊内排水管道时,需要另设柔性基础。

针对这些要求提出优化建议,主要建议:(1)修

订给排水管道结构设计规范和手册,增加有关明装塑料管道的强度公式,补充管道压力值设计计算等;(2)选择合适接口类型,PE 类采用热熔对接或电熔对接;PVC 类采用专用胶黏剂连接;(3)通过材料改性和波形管壁、多层复合等设计,提升环刚度;(4)合理设置管道支墩数量与型式,提高纵向抗变形能力;(5)塑料管进出管廊壁、检查井时,宜采用热熔或焊接连接。同时应尽快完善相应的管材技术标准,以及施工和质量验收规范,做好新材料、新技术在综合管廊内的应用。

参考文献

[1] 陈志龙, 张智峰, 王海丰. 我国城市地下综合管廊建设现状与发展趋势[J]. 隧道建设(中英文), 2025, 45(9): 1615-1626.
Chen Z L, Zhang Z F, Wang H F. Current status and development trends of urban utility tunnel construction in China [J]. Tunnel Construction, 2025, 45(9): 1615-1626.

[2] 王长祥, 冯树健, 赫明水, 等. 城市地下综合管廊供水管道设计[J]. 中国给水排水, 2019, 35(10): 68-74.
Wang C X, Feng S J, He M S, et al. Design of water supply pipeline in urban underground utility tunnel[J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(10): 68-74.

[3] GB/T 50838—2015 城市综合管廊工程技术标准(2024 年版)[S].
GB/T 50838—2015 Standard for urban utility tunnel engineering (2024 Edition)[S].

[4] GB 50014—2021 室外排水设计标准[S].
GB 50014—2021 Standard for design of outdoor wastewater engineering[S].

[5] 李玲. 污水管道纳入综合管廊设计要点探讨[J]. 中国给水排水, 2017, 33(8): 90-94.
Li L. Key points of design of the sewage pipe into integrated pipe gallery[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(8): 90-94.

[6] 安关峰, 张洪彬. 埋地排水塑料管道结构计算探讨[J]. 特种结构, 2015, 32(3): 118-124.
An G F, Zhang H B. Discussion on structural calculation for the buried plastic drainage pipe[J]. Special Structures, 2015, 32(3): 118-124.

[7] GB 50332—2002 给水排水工程管道结构设计规范[S].
GB 50332—2002 Structural design code for pipelines of water supply and waste water engineering[S].

[8] CJJ 143—2010 埋地塑料排水管道工程技术规程[S].
CJJ 143—2010 Technical specification for buried plastic pipeline of sewer engineering[S].

[9] T/CECS 470—2017 竹缠绕复合管道工程技术规程[S].
T/CECS 470—2017 Technical specification for bamboo winding composite pipe[S].

[10] GJBT-1673 25S402—2025 室内管道支架及吊架[S].
GJBT-1673 25S402—2025 Indoor pipeline supports and hangers [S].

[11] CJJ 101—2016 埋地塑料给水管道工程技术规程[S].
CJJ 101—2016 Technical specification for buried plastic pipeline of water supply engineering[S].

[12] 《给水排水工程结构设计手册》编委会. 给水排水工程结构设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
Editorial board of *manual of structural design for water supply and drainage engineering*. Manual of structural design for water supply and drainage engineering [M]. Beijing: China Architecture Building Press, 2007.

[13] CJ/T 189—2007 钢丝网骨架塑料(聚乙烯)复合管材及管件[S].
CJ/T 189—2007 Steel wire reinforced thermoplastics (PE) composite pipe and fitting[S].

[14] T/CECS 315—2024 钢骨架聚乙烯塑料复合管管道工程技术规程[S].
T/CECS 315—2024 Technical specification for steel skeleton polyethylene (PE) composite pipeline engineering[S].

[15] 武迪, 范翔, 杨京生. 污水管纳入综合管廊及支管接入相关技术问题探讨[J]. 给水排水, 2017, 43(9): 108-111.
Wu D, Fan X, Yang J S. Discussion on related technical problems of sewage pipe into utility tunnel and branch pipe connection[J]. Water & Wastewater Engineering, 2017, 43(9): 108-111.

[16] T/CECS 122—2020 埋地硬聚氯乙烯排水管道工程技术规程[S].
T/CECS 122—2020 Technical specification for buried unplasticized polyvinyl chloride pipeline of drainage engineering [S].