

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.09.021

基于 ANSYS 的 PE-HD 实壁管性能与尺寸的关系

吕玉龙, 黄光平, 梁健雄

(广东联塑科技实业有限公司, 广东佛山 528318)

摘要:采用 ANSYS 逆向模拟分析高密度聚乙烯 (PE-HD) 实壁管的环刚度测试过程,研究了管材环刚度为 6.3 时其规格尺寸如直径和壁厚与原材料性能之间的关系,并分析了标准 YD/T 841.2-2008 的合理性。结果表明,材料的泊松比对管材最大变形量影响较小;材料的弯曲弹性模量越大,管材最大变形量越小;管材环刚度达到 6.3 时所需要的原材料弯曲弹性模量值与其径厚比成正比直线关系;标准 YD/T 841.2-2008 中关于某些壁厚的规定存在不合理性,即按照标准中规定的某些壁厚尺寸,生产 PE-HD 实壁管所用原材料无法达到环刚度为 6.3 时所需要的弯曲弹性模量值。

关键词: ANSYS ; 环刚度 ; 径厚比 ; 弯曲弹性模量 ; 高密度聚乙烯实壁管

中图分类号: TQ320.77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)09-0096-05

Relationship between Properties and Dimensions of PE-HD Solid-wall Pipe Based on ANSYS

Lyu Yulong, Huang Guangping, Liang Jianxiong

(Guangdong Liansu Technology Industrial Co. Ltd., Foshan 528318, China)

Abstract : Test procedure of ring stiffness of high density polyethylene (PE-HD) solid-wall pipe was inverse formulated by ANSYS. When the ring stiffness of the pipe was 6.3, the relationships between raw material properties and the pipe dimensions such as diameter and thickness were researched and the rationality of standard YD/T 841.2-2008 was analyzed. The results show that the effect of the material poisson ratio on maximum deformation of the pipe is little, the more higher the flexural modulus of the material is, the more lower the maximum deformation of the pipe is. The needed flexural modulus of the material for making the ring stiffness of the pipe to achieve 6.3 has a linear and direct proportional relationship with diameter-thickness ratio. The some wall thickness set of standard YD/T 841.2-2008 is irrationally and it is that the flexural modulus of the material for preparing PE-HD solid-wall pipe can't reach the needed value for making the ring stiffness to achieve 6.3 according to some wall thickness set by the standard.

Keywords : ANSYS ; ring stiffness ; diameter-thickness ratio ; flexural modulus ; high density polyethylene solid-wall pipe

随着人们对地震以及城市地下水过度使用等导致的地层沉降问题的重视,埋地电缆等的安全问题也受到越来越多的关注。高密度聚乙烯 (PE-HD) 实壁管作为塑料管材的重要应用之一,其具有优良的抗地层沉降、抗震性能,良好的电气绝缘性,较高的热变形温度和低温冲击性能,被广泛作为电力套管应用于地下通讯埋地电缆的铺设。目前在市场上关于 PE-HD 实壁管有两种标准一直被采用——轻工标准和邮电标准,而邮电标准在一些管材的性能要求上要比轻工标准严格,因此市场需求及企业也越来越倾向于邮电标准。但是在实际生产中,会遇到以下两个方面问题:①实际生产中管材的环刚度值都是通过仪器直接测量的(通过计算得出的结果不准确^[1]),而管材的环刚度值须通过中试挤出成型管材才能进行测定,中试挤管在配方开发中属于比

较耗时和耗料的一步,这给材料配方开发者带来了一定的不便;②对于邮电标准里面某些规格的管材,选用市场上常用的 PE-HD 原料,即使经过改性都很难达到标准要求的环刚度值,这样会给一些生产企业带来一定的困扰,不利于 PE-HD 实壁管的推广和应用。

ANSYS 有限元分析软件作为一种多功能模拟仿真软件,被广泛应用于塑料制品及加工如检查井^[2]、管件^[3-4]、管材^[5-6]、型材^[7-8]、挤出模具^[9-10]等的结构力学与温度场的模拟分析。笔者基于实际生产配方开发中遇到的问题,结合 ANSYS 有限元分析软件的强大模拟仿真能力,逆向模拟仿真管材的环刚度测定过程,研究了电力通信用 PE-HD 实壁管

联系人: 吕玉龙, 硕士, 主要从事塑料管道生产加工

收稿日期: 2013-06-25

规格尺寸与原材料性能之间的关系,并对邮电标准 YD/T 841.2-2008^[11] 制定的管材壁厚的科学性与合理性进行了分析。

1 试验内容

1.1 环刚度计算公式

环刚度是 PE-HD 实壁管最重要的性能指标之一,环刚度偏低,管材容易受到外力变形而导致破坏,进而会影响到电缆的正常通信。环刚度的理论计算公式如下所示。

$$S = \frac{EI}{D^3} \quad (1)$$

式中: S ——环刚度, kN/m^2 ;

E ——原材料弯曲弹性模量, MPa ;

I ——管壁单位长度截面惯性矩;

D ——管道直径, m 。

截面惯性矩计算公式如式 (2) 所示。

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \quad (2)$$

式中: I ——管壁单位长度截面惯性矩;

D ——管道外径, m ;

d ——管道内径, m 。

由式 (1) 和式 (2) 可以计算得到管材的环刚度。

而在实际生产中,需按照标准 GB/T 9647-2003^[12] 中规定的方法和公式经仪器测量和计算得到环刚度值。

1.2 ANSYS 建模

选用的管材类型为 YD/T 841.2-2008 规定的地下通信用 PE-HD 实壁管 SN6.3 系列,选用的 PE-HD 原材料的主要性能参数如表 1 所示。

表 1 PE-HD 原材料的主要性能

材料牌号	密度 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	弯曲弹性模量 / MPa	泊松比 μ
HHM5502LW	0.955	1 340	0.38

在 ANSYS 有限元软件里进行二维管材实体建模,采用 Solid182 单元类型模拟管材,如图 1 所示。采用自由网格划分工具 smartsize 进行网格划分,如图 2 所示。



图 1 管材模型图

根据管材环刚度的实际测试情况给管材施加

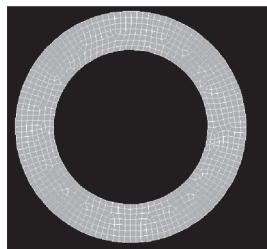


图 2 模型网格划分

边界约束,在管模型的外径的 Y 轴方向上取最大值点 2001 和最小值点 2002,创建两个关键点。在关键点 2001 施加 X 和 Y 方向的自由度约束,关键点 2002 施加 X 方向的自由度约束。然后对关键点 2002 施加实况载荷,得到如图 3 所示结果。

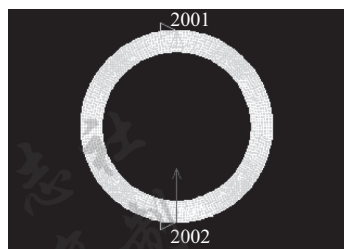


图 3 模型边界约束与载荷施加

根据图 3 的结果进行 ANSYS 模拟计算,得到管材环刚度测试过程的载荷等值线分布图,如图 4 所示。由图 4 可以看到管材的最大受力处是在关键点 2001 和 2002 两处的位置。然后,在此基础上模拟分析了 PE-HD 实壁管材料性能与管材尺寸之间的关系。

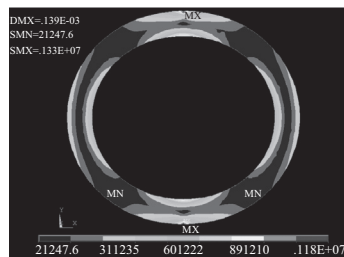


图 4 等值载荷云图

2 结果与讨论

2.1 材料泊松比与管材最大变形量的关系

在 ANSYS 模拟中,必须要输入材料的弯曲弹性模量和泊松比这两个比较关键的参数,而材料配方中通常需要加入一些无机填料改善材料性能,无机填料在一定程度上也会改变材料的泊松比。因此,需要考察泊松比对管材性能的影响。笔者以 SN6.3 dn90 × 2.8 mm 规格的管材为试样,在材料载荷不变的情况下,模拟材料的泊松比为 0.3, 0.35, 0.38, 0.40 和 0.44 时,管材的最大变形量的变化,结果如图 5 所示。

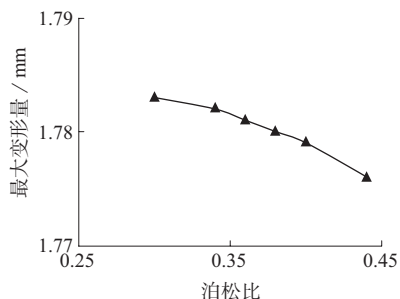


图5 材料泊松比与管材最大变形量的关系

从图5可以看出,管材的最大变形量随着材料泊松比的增大而减小,但是其减小幅度过小。这表明,在ANSYS逆向模拟过程中,泊松比这一参数的变化给模拟结果带来的影响可忽略不计。

2.2 材料弯曲弹性模量与管材最大变形量的关系

保持泊松比和载荷值不变,改变材料弯曲弹性模量值,研究了环刚度模拟测试过程中材料的弯曲弹性模量与管材最大变形量的关系,结果如图6所示。

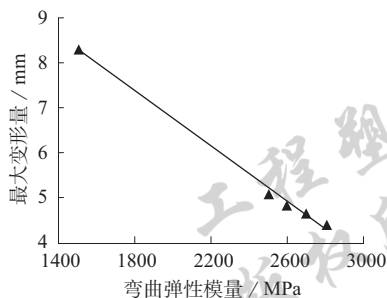


图6 管材弯曲弹性模量与其最大变形量的关系

从图6可以看出,材料的弯曲弹性模量与管材最大变形量成简单的线性关系,即材料的弯曲弹性模量越大,管材的最大变形量越小。

2.3 管材径厚比与材料弯曲弹性模量的关系

由式(1)和式(2)可知管材的环刚度与材料的弯曲弹性模量成正比,跟管材的截面惯性矩也就是管材的直径4次方和壁厚4次方的差值成正比,在环刚度值一定的情况下,材料的弯曲弹性模量跟截面惯性矩成反比。但是这种关系换算起来较复杂,且跟实际标准要求的管材环刚度有一定的出入。笔者先用ANSYS有限元分析逆向模拟得出SN6.3系列管材对材料所要求达到的理论弯曲弹性模量值,然后通过数据处理得出管材的径厚比与材料弯曲弹性模量之间的关系,结果如图7所示。

从图7可以看出,当管材的环刚度为6.3时,其材料需要达到的理论弯曲弹性模量与管材径厚比成简单的正比直线关系。通过这种关系,便可以轻松判断标准中各种规格管材该如何选材;标准制定者

也可以直接通过这个关系来根据市场上材料的性能制定出合理的管材壁厚。

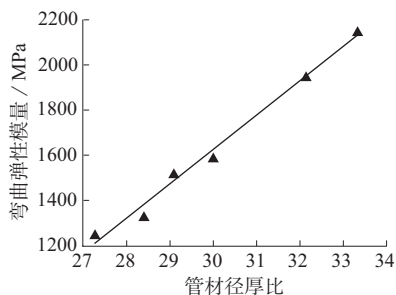


图7 管材径厚比与其要求的理论弯曲弹性模量的关系

2.4 标准 YD/T 841.2-2008 关于壁厚制定的合理性分析

实际生产中,标准 YD/T 841.2-2008 中有些径厚比较大的管材对其配方材料的弯曲弹性模量要求较高,笔者通过ANSYS计算得出环刚度为6.3时管材在达到标准规定的最大和最小壁厚时需要的最大和最小弯曲弹性模量值,从而对标准 YD/T 841.2-2008 制定的合理性进行分析。

结合实际生产中,以环刚度为6.3时部分较难达到标准要求的管材作为模拟对象,逆向模拟得出管材环刚度为6.3时,按标准取最小壁厚所需要的理论最大弯曲弹性模量值,如表2所示。由表2可以看出,管材所需要的材料最大弯曲弹性模量都大于1590 MPa,外径为160 mm的管材所需要的弯曲弹性模量甚至达到2150 MPa。但目前市场上普遍使用的等级最高的PE100级PE-HD的弯曲弹性模量在1400 MPa以下,很难达到如此高的弯曲弹性模量。

表2 SN6.3系列管材所需要的最大弯曲弹性模量

公称外径/mm	标准最小壁厚/mm	最大弯曲弹性模量/MPa
75	2.5	1590
90	2.8	1950
160	4.8	2150

对市场上使用的弯曲弹性模量较高的牌号为HHM5502的PE-HD进行改性,结果如图8所示。

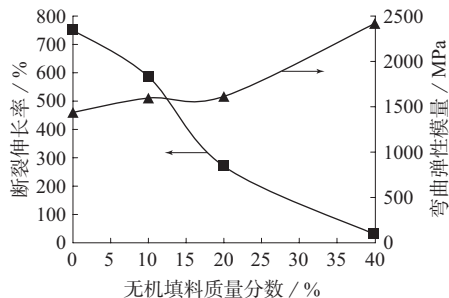


图8 无机填料用量与材料弯曲弹性模量和断裂伸长率的关系

由图8可以看出,材料的弯曲弹性模量虽然会

随着无机填料用量的增加而增加,但断裂伸长率急剧下降。当无机填料质量分数低于 20% 时,弯曲弹性模量增加幅度有限;而当无机填料质量分数达到 30% 时,虽然材料的弯曲弹性模量接近 2 000 MPa,但其断裂伸长率急剧下降,已不能满足标准要求(标准 YD/T 841.2-2008 中关于断裂伸长率的要求是其值必须大于 350%),且当无机填料质量分数为 40% 时,断裂伸长率几乎为零。这说明,即使通过改性使材料的弯曲弹性模量达到标准要求的值,但会极大地损失其它重要的性能如韧性。

按标准取最大壁厚时模拟得到的最小弯曲弹性模量如表 3 所示。

表 3 SN6.3 系列管材所需要的最小弯曲弹性模量

公称外径/mm	标准最大壁厚/mm	最小弯曲弹性模量/MPa
75	3.0	950
90	3.3	1 250
160	5.5	1 520

由表 3 可以看出,取标准最大壁厚时三个规格的管材对材料弯曲弹性模量的要求都下降了许多,但是公称外径为 160 mm 的管材,其要求的弯曲弹性模量还是较高。实际生产中特别是挤出管材时,它们的物理性能受到模具压缩比和冷却工艺等影响,其成型后的弯曲弹性模量都会比材料实际的弯曲弹性模量低很多。试验中,HHM5502 材料的弯曲弹性模量为 1 340 MPa,而挤出管材的弯曲弹性模量却只有 950 MPa;另外,管材挤出模具存在一定的偏心度,即管材的壁厚最大值与最小值差值一般大于 0.2 mm,这就使得管材的壁厚无法调到其理论最大值,其材料的弯曲弹性模量最小值也就相应增大,进而增加了管材生产达标的难度。因此,如果以现有的生产工艺和原材料,按照邮电标准中规定的某些壁厚进行生产,则生产的管材的物理性能很难达标,无法得到合格产品。PE-HD 实壁管材规格尺寸上的径厚比直接决定了管材的环刚度,所以 PE-HD 实壁管的标准制定者应该根据市场上现有 PE-HD 材料的物理性能,特别是弯曲弹性模量值,将管材的径厚比设置为一个合理的统一值,从而保证所有规格的管材能够使用同一种材料、同一个配方就能生产出合格达标的管材。

笔者在研究中只是考察了影响管材环刚度的材料的物理性能与管材直径和壁厚间的关系,而实际生产中塑料管材的环刚度是由材料配方、挤出机头、挤出模具、冷却工艺等决定的。因此,生产企业必须综合考虑管材成型的整个过程,研究每个因素

对管材成型性能的影响,并建立一套科学的完善的产品开发流程。

3 结论

(1) 材料泊松比对管材最大变形量的影响较小,在 ANSYS 逆向模拟 PE-HD 管材环刚度测试过程中可忽略不计。

(2) 材料的弯曲弹性模量与管材的最大变形量呈线性递减关系,弯曲弹性模量越大,管材的最大变形量越小。

(3) 管材的环刚度为 6.3 时,所需要的材料弯曲弹性模量与管材的径厚比成正比直线关系,通过这种关系,便可以轻松判段标准中各种规格管材该如何选材;标准制定者也可以直接通过这个关系来根据市场上材料的性能制定出合理的管材壁厚。

(4) 标准 YD/T 841.2-2008 关于某些壁厚的规定存在一定的不合理性,即按照标准中规定的某些壁厚尺寸,生产 PE-HD 实壁管所用的原材料无法达到管材环刚度为 6.3 时所需要的弯曲弹性模量值。因而在制定标准时,需结合生产中的实际情况与行业的工艺水平,并建立合理的理论依据,从而制定出合理的管材规格尺寸,这将会使标准更具科学性。

参考文献

- [1] 张玉川. 塑料管环向刚度的定义、标准、选择和实现 [J]. 塑料, 2002, 31(1):50-57.
Zhang Yuchuan. Definitions, standards, selections and realization of ring stiffness for plastics pipes[J]. Plastics, 2002, 31(1):50-57.
- [2] 杜健. 交通载荷作用下检查井沉降得理论及其数值模拟与实验研究 [D]. 浙江: 浙江大学, 2010.
Du Jian. Theoretical investigation, numerical simulation and experimental research of manhole settlement under traffic load[D]. ZheJiang:ZheJiang University, 2010.
- [3] 王其兵,文西芹,刘新,等. 基于 CAD/CAE/ERP 塑料异型材真空定型模冷却水道优化设计 [J]. 塑料工业, 2008, 36(10):34-36.
Wang Qibing, Wen Xiqing, Liu Xin, et al. Optimum design of cooling channel of vacuum calibrator for plastic for plastic profile intrusion based on computer aided design / computer aided manufacturing / enterprise resource planning(CAD/CAE/ERP)[J]. China Plastics Industry, 2008, 36(10):34-36.
- [4] 轩幅贞,刘长军,李培宁. 内压下焊接管道三通塑性极限载荷有限元分析 [J]. 化工设备与管道, 2001, 38(2):45-51.
Xuan Fuzhen, Liu Changjun, Li Peining. Finite element analysis of plastic ultimate load for welded junction pipe subjected to internal pressure[J]. Process Equipment & Piping, 2001, 38(2):45-51.
- [5] 张金悦,田立斌,李宏生,等. 有限元模拟聚合物管材挤出 [J]. 现代塑料加工应用, 2002, 14(6):33-35.

- Zhang Jinyue, Tian Libin, Li Hongsheng, et al. Finite simulation of the extrusion of polymer tube—the thermal conduction in cooling process[J]. Modal Plastic Processing and Applications, 2002, 14(6):33–35.
- [6] 李明阳,陈国华. 交通载荷作用下埋地聚乙烯燃气管道的有限元分析[J]. 塑料工业, 2009, 37(9):30–33.
- Li Mingyang, Chen Guohua. Finite element analysis of buried PE gas pipeline under traffic load[J]. China Plastics Industry, 2009, 37(9):30–33.
- [7] 杨珍珍,孙利民,王华. 塑料型材挤出成型冷却分析[J]. 塑料工业, 2004, 32(4):29–31.
- Yang Yunzhen, Sun Limin, Wang Hua, et al. Cooling analysis of plastics profiled material during extrusion[J]. China Plastics Industry, 2004, 32(4):29–31.
- [8] 陈占春,李志平,严正,等. 有限差分法求解塑料挤出制品冷却温度场[J]. 中国塑料, 2005, 19(6):73–76.
- Chen Zhanchun, Li Zhiping, Yan Zheng, et al. Finite-difference methods the cooling temperature solutions of the extruded plastic profiles[J]. China Plastics, 2005, 19(6):73–76.
- [9] 张敏,孙胜,贾玉玺,等. 聚合物共挤出过程的挤出胀大有限元分析[J]. 高分子材料科学与工程, 2006, 22(5):36–39.
- Zhang Min, Sun Sheng, Jia Yuxi, et al. Numerical simulation of die swell in double-layer polymer co-extrusion process[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2006, 22(5):36–39.
- [10] 王培剑. 基于ANSYS木塑复合材料挤出模具优化设计研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学, 2011.
- Wang Peijian. The research on optimization design of wood plastic composites extrude die based on ANSYS[D]. Harbin:Northeast Forestry University, 2011.
- [11] 中华人民共和国信息产业部. YD/T 841.2–2008 地下通信管道用塑料管第2部分:PE实壁管[S]. 北京:中国标准出版社, 2008.
- Ministry of Information Industry of the People's Republic of China. YD/T 841.2–2008 Plastic pipe for buried communication conduit part 2:Solid-wall pipe[S]. Beijing:China Standards Press, 2008.
- [12] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 9647–2003 热塑性塑料管材环刚度的测定[S]. 北京:中国标准出版社, 2003.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB/T 9647–2003 Thermoplastics pipes—determination of ring stiffness[S]. Beijing:China Standards Press, 2003.

德马格扩大宁波基地生产产能

德马格塑料机械(宁波)有限公司计划投资至少7百万欧元,扩大其在中国浙江省宁波市的注塑机生产厂。

作为注塑机巨头住友德马格塑料机械有限公司的子公司,宁波工厂在扩能后将拥有1000~3000台机器的年生产能力,并扩大机器的吨位范围。

扩能后的新厂预计在2015年投产,旨在提高德马格在中国市场上的份额,并增加出口。

目前,德马格在宁波生产Systec系列液压机,锁模力50~1000 t。德马格塑料机械宁波CEO Stephan Greif说,这次扩能后,可能会增加生产其它型号的机器。他拒绝透露具体机型,表示仍在计划讨论阶段。

Greif说,尽管中国塑料机械市场在2012年整体下跌3.5%至79.2亿美元,但是德马格宁波业务的销售额和利润均在这年达到了历史新高。

Greif说,随着制造业和中国的劳动力成本上升,模塑商愿意购买更高端的装备,以保持竞争力,这对外国品牌和高端本土品牌来说都是利好消息。

德马格目前在宁波每年生产约650台机器。Greif补充说,在过去五年里,该工厂的出口逐渐增加,约有25%的产品出口,主要销往东南亚、中东和巴西。

相比之下,2010年时该厂只有不到5%的产品出口。该公司的目标是,宁波工厂生产的注塑机能够实现1/3的出口率。

(化工网)

我国废塑料回收利用率不到10%

PET塑料瓶被广泛应用于日常塑料包装中,但是随意

丢弃的塑料瓶会严重污染环境,因此废弃塑料的回收十分必要。据Petcore Europe工业协会表示,2012年欧洲PET瓶回收量超过6000万个,超过52%的使用后的PET瓶被再度回收利用。

从废塑料回收量也可以看出,塑料瓶在市场中需求依然强劲,因此塑料瓶废弃后形成的废旧塑料的数量也在快速增长;据悉,我国已经成为全球最大的废旧塑料市场国。

但是,在废旧塑料回收再利用方面,我国仍处于起步阶段,废弃塑料及包装物回收利用率还不到10%,回收还有很长的路要走。分析其原因,主要有三点:

第一,我国废塑料行业由环境保护部、国家发改委、商务部、海关总署和质检总局等共同管理。因为行业归口不明确,致使缺乏行业指导、技术规范。塑料回收没有明确的回收体系,企业回收难度加大。

第二,我国在宏观层面还没有对废塑料回收利用行业发展的综合规划,缺乏具体政策扶持,缺乏废塑料分类技术规范,缺乏对采购使用废塑料并达到产品安全要求企业的认定和鼓励。相关制度不健全,这些都导致了我国废旧塑料回收行业长期以来呈低水平徘徊状况。

第三,我国塑料回收主要以物理再生为主,和国际上的物理再生、能量回收、化学还原和用作固体燃料等方法相差甚远,绝大多数废塑料回收处理工艺落后,产品的技术含量和附加值较低。

综合以上,废旧塑料回收遭遇困难重重,政府、企业应该联手建立良好的回收环境,企业要加强新技术、新工艺的研发。

(环塑资网)