

聚乙烯管材专用料的现状及发展展望

王选伦 杨鸣波 吕 军

(四川大学高分子科学与工程学院,成都 610065)

摘要 详细分析了近年来国内外聚乙烯管材专用料的发展状况。重点论述 PE100 材料的优越性能,并将它与 PE80 进行了比较。介绍了聚乙烯管材专用料的发展方向,提出了发展聚乙烯管材专用料的一些建议。

关键词 聚乙烯 管材专用料 发展

中密度聚乙烯 (MDPE) /高密度聚乙烯 (HDPE) 管材专用料,是近年来国内外聚乙烯 (PE) 树脂生产企业研究与开发的重点。由于用这种管材专用料生产的管材具有许多优异的性能,因而被越来越广泛应用于燃气输送、给水、排污、农业灌溉、矿山细颗粒固体输送,以及油田、化工和邮电通讯等领域,特别是在燃气输送上得到了普遍的应用。美国、英国、丹麦等国家的燃气输送已基本采用 MDPE/HDPE 管,比利时、德国的使用量也高达 65% 以上^[1]。在我国,“南水北调”、“西部大开发”、“西气东输”、城市输水输气等工程建设都将使 PE 塑料管材具有广阔的市场前景。

MDPE/HDPE 管材专用料主要特点为:耐低温性能好,摩擦系数低,耐化学腐蚀,可焊接性良好,质量轻,安装方便,能够通过管件或法兰与金属管相连,无毒无害,可用于食品和饮用水的输送;具有良好耐压能力;具有高韧性,对地基不均匀沉陷的适应能力强;优异的耐应力开裂性,管材使用寿命可达 50 a 以上(钢管一般为 20 a),而且维护费用低。

1 PE 管材料发展的历史

国外 PE 管材发展^[2]有三个阶段:

第一阶段,20 世纪 50 年代,开始发展低密度聚乙烯 (LDPE) 和“一型”HDPE 耐压管材料,其性能较差,相当于现在的 PE63 及以下等级。

第二阶段,大约 20 世纪 70 年代末期,相继出现了现在被称为 PE80 的 MDPE 和 HDPE 的管材专用料,PE80 具有较高的长期静液压强度和抗开裂能力。由于 MDPE(PE80)柔软,更有良好的耐环境应力开裂性能,在给水和燃气输配系统中得到了广泛应用。

第三阶段,20 世纪 80 年代末,出现了被称为第三代的 PE 管材专用料 PE100。PE100 是指在 20℃ 条件下,PE 管材在使用 50 a 后仍能保持 10 MPa 的最小必须强度(系指管材在连续受压 50 a 不被破坏的要求下,管壁承受环向张应力的强度),而且有优异的抵抗慢速裂纹生长和快速开裂扩展的能力。PE100 的突出特点是分子量分布曲线为双峰分布,分子量分布宽。它具有两个峰,第一个峰作为低分子量部分,润滑性好,可提高加工性。第二个峰作为高分子量部分,可提高强度和韧性^[3]。

2 PE100 材料的优越性能^[4]

PE100 具有普通 PE 的全部传统优点,而且由于分子结

构的改进,使得 PE100 在物理力学性能方面有非常大的提高,所以 PE100 能够被应用于更多的领域。PE100 具有的优势是:

(1) 更高的耐压等级

由于 PE100 具有 10 MPa 最小必须强度,比其它 PE 更耐压,可对气体和液体进行高压输送。表 1 是 PE80 与 PE100 的快速开裂扩展性能比较。

表 1 PE80 与 PE100 的快速开裂扩展性能比较

材 料	管道系列	压力 / MPa	
		气体	水
PE80	SDR17.6	0.2	0.8
	SDR11	0.4	1.25
PE100	SDR17.6	0.4	1.0
	SDR11	1.0	1.6

对于给定的管径,压力的增长会明显地增强管子的输送能力,图 1 为管径一定时 PE80 与 PE100 对气体输送能力的比较。

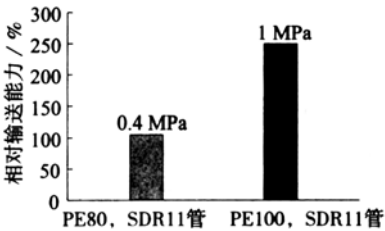


图 1 PE 80 与 PE100 对气体输送能力的比较

对于天然气管道,增加压力和缩小管径可以同时选择,这样就会使总成本降低。缩小管径可使管道变得更小,便于缠绕从而减少联接(焊接)接头,同时管道具有好的柔性,可以选择其它的安装技术,如非开挖技术,它通过在土层下定向钻孔,斜拉工艺,在不开挖路面的条件下完成敷管工程。

(2) 更薄的管壁

在通常的操作压力下,使用 PE100 制造的管材,其管壁可大大变薄,也就是相比于使用 PE80,用户可以跨越一个 SDR(标准尺寸比)等级(SDR = 公称外径/公称规定壁厚),从 SDR11 到 SDR17.6。

表 2 说明了使用 PE100 相比于使用 PE80 对减少给水、

给气管的管壁厚度和增强输送能力的影响程度。对于大口径的输水管, 使用薄壁管, 可以节省材料和扩大管道横断面的面积, 在恒定压力下, 就会增大管材的输送能力。如果输送能力恒定, 横截面的增大带来流速的降低, 这样可通过更小的功率的泵实现输送, 因而节省费用。

表 2 使用 PE100 材料对减少壁厚等的影响

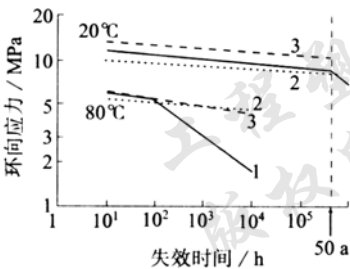
操作压力	节约原材料 / %	横截面积增大 / %	输送能力增强 / %
水: 1.0 MPa	33	16	35
气体: ≤0.4 MPa	35	17	24

(3) 更高的硬度

PE100 材料具有 1 250 MPa 的拉伸弹性模量 (标准 HDPE 树脂为 950 MPa), 这使 PE100 管具有更高的环刚度。这个优点有利于承压和非承压污水管网的设计。

(4) 更高的长期静液压强度

长期静液压强度是通过测定在不同温度下 (20、40、60 和 80℃) 管材所承受压力的大小来计算得到。通过计算, 在 20℃下, 正常使用 50 a 后 PE100 还能保持 10 MPa 的最小必须强度, 而 PE80 的最小必须强度为 8.0 MPa, 如图 2 所示。



1—第一代, 在 50 a 出现屈服; 2—PE 80, 没出现屈服;
3—PE100, 没出现屈服, 耐压有 25% 的提高

图 2 长期静液压强度

(5) 优良的耐环境应力开裂性能

PE100 管材专用料具有优异的耐环境应力开裂性能, 延迟了应力开裂的出现 (大于 10 000 h), 在 20℃, 正常条件下使用, 寿命可以延长到 100 a^[5]。

PE100 所具有的优良性能在很大程度上取决于它的半结晶结构。它的短期强度, 如冲击强度、拉伸强度和硬度等, 主要由材料的结晶相限定; 而它的长期强度, 如耐环境应力开裂性能, 则依赖于无定形区的链缠结分子, 晶间连接分子越多, 该性能越好。

(6) 突出的抵抗裂纹快速扩展能力

抵抗裂纹快速扩展能力的要求使传统 PE 管的用途受到限制: 气体输送方面, 压力限为 0.4 MPa, 输水方面为 1.0 MPa。PE100 显著的抵抗裂纹快速扩展能力使得天然气网络中压力限提高到 1.0 MPa, 输水网络中提高到 1.6 MPa。总之, PE100 在管道中的应用, 将使管网更安全、更经济且具有更长的使用寿命。

3 PE 管材料国内外发展概况

目前, 国外 PE 管材料已发展到第三代, 即从 PE63 到

PE80, 再到 PE100, 研究开发已提高到分子设计的高度, 即既考虑分子量分布、共聚单体分布, 又考虑共聚单体在分子链上的排列, 从而扩大了 PE 燃气管道和大口径 PE 压力管道的应用优势。表 3 为 PE80 与 PE100 的性能比较^[6]。

通常 PE 燃气管材料大都是 PE80 级别料, 密度相对要低一些, 它的柔韧性较好, 具有较好的耐环境应力开裂性能; 而大口径 PE 压力管除上述要求外, 还要求具有一定的刚性。使用 HDPE, 拉伸屈服强度可达到 23 MPa 以上, 如 PE100 级别料。

表 3 PE80 与 PE100 的性能比较

项目	PE80	PE100
设计强度 / MPa	6.3	8.0
密度 (黑色管材) / $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	945 ~ 956	957 ~ 961
MFR / $\text{g} \cdot (\text{10 min})^{-1}$ (5 kg, 190℃)	0.4 ~ 0.7	0.2 ~ 0.4
拉伸屈服强度 / MPa	18 ~ 23	23 ~ 25
断裂伸长率 / %	> 600	> 600
脆化温度 / ℃	< -70	< -70
弯曲强度 / MPa	650 ~ 1000	1000 ~ 1250
冲击强度 / $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	没有断裂	没有断裂
线胀系数 / $\times 10^{-5} \text{K}^{-1}$	12	12

国外 PE 树脂生产企业十分重视 PE 管材料的研究和开发。菲纳 (Fina) 公司使用双环管工艺开发出了归为 PE100 的新一代材料 Finathene XS10, 这种新型的双峰乙烯-己烯共聚物具有卓越的耐慢速裂纹生长和快速开裂扩展性能^[7], 其熔体流动速率 (MFR) (190℃, 5.0 kg, 下同) 为 0.3 g/(10 min), 密度为 0.950 ~ 0.959 g/cm³。巴塞尔 (Basell) 公司使用高活性的第三代钛基齐格勒催化剂, 开发出高分子量 HDPE 管材专用料牌号如 CRP100, 其 MFR 范围为 0.22 ~ 0.26 g/(10 min), 密度为 0.950 ~ 0.969 g/cm³。北欧化工 (Borealis) 公司用北星双峰技术开发的 Borstar HE3490-LS、HE3492-LS、HE3496-LS 等牌号, 其 MFR 为 0.25 ~ 0.3 g/(10 min), 密度为 0.952 ~ 0.960 g/cm³。据报道, 2002 年 2 月在挪威顺利地挤出了目前世界上最大的 PE 管材——直径达 1600 mm。此管的原料是 Borealis 芬兰 Neste 公司生产的 HE3490-LS, 如此巨大的管材将被用于欧亚大陆之间的压力流体输送。苏威 (Solvay) 的 TUBI21 等也是 PE100 级别料, 而且具有双峰分子量分布。表 4 列出了世界上生产 PE100 级树脂的主要厂家和主导牌号。

我国对 PE 管材的开发和推广应用始于 20 世纪 80 年代, 产品主要用于农田排灌管、电线电缆套管、工业用水管、燃气管等, 进入 90 年代又相继开发生产出一些特殊用途的 PE 管材, 如交联聚乙烯 (PE-X) 管、铝塑复合管等, 2000 年在通讯行业开始大力推广使用 HDPE 硅芯管。国内管材专用料牌号中, 齐鲁石化的 DMD2480 是较好的低压燃气管专用料^[8], DMD2480 具有较高的熔体强度、抗撕裂强度和良好的耐环境应力开裂性能 (1500 h 以上), 加工性能优良, 制品外观平整、光泽好, 接缝、套节质量高。燕山石化公司于 2001 年开发生产了高品质的管材专用料 6380M。大庆石化生产

表 4 PE100 级原材料

生产厂家	国家	材料牌号
Chevron Phillips	美国	DRISCOPIPE - 5100 DRISCOPIPE - 8700
ATOFINA	比利时	Finathene XS 10
BOREALIS	丹麦	HE2490, HE2492, HE3490 - LS, HE3492 - LS
SOLVAY	比利时	TUB120 系列
BP SOLVAY	美国	K38 - 20 - 160
BASELL(Elenac)	德国	CRP100
DOW	美国	DGDA - 2490NT
SAMSUNG	韩国	P110

的专用料 6200M 适合制作硅芯管, 6366M 相当于 PE80 级别料。上海石化引进北欧化工的北星双峰工艺技术建设的 25 万 t 双峰 PE 装置于 2002 年 4 月建成, 使上海石化在国内高性能塑料专用料领域处于领先地位, 目前该公司已经生产出了高附加值的 PE100 管道专用料。但是, 目前国内还没有一个厂家进行原料的最小必须强度的定级, 这样就严重影响了国产 PE 管材料的推广和应用。

我国 PE 管材专用料主要集中在 HDPE 装置或 LLDPE/HDPE 装置上生产, 主要生产厂家和其产品牌号见表 5。

表 5 国内 PE 生产情况

生产厂家	牌号	主要用途
燕山石化	6000M, 6100 M, 6380 M, 7000 M	农业排灌管、热水管、大口径给水管
齐鲁石化	DMD2480	燃气管、大口径给水管
大庆石化	6000M, 6100 M, 6200 M, 6366M, 7000M	大口径给水管、排水管、硅芯管、燃气管、工业排污管
上海金菲	TR400, TR418, TR480	农业排灌管、大口径给水管
上海石化	YGH051 T(PE80), YGH041 T(PE100)	水管、燃气管、排污管、波纹管、工业用管

4 发展展望

据报道, 韩国三星综合化学公司成功地开发出了耐高压、大口径管材专用的具有高强度、高耐压的 HDPE 新型材料, 这种材料具有 11.2 MPa 的长期静液压强度, 而且在全球第一个取得了“PE112”的国际认证。

但这是否是一个成功的趋势呢? 世界著名的聚烯烃专业生产公司 SOLVAY 的 PE 管部门经理 Dr. A.Scheelen 认为 PE112 产品在诸如燃气输送和给水网络的传统领域可能不会取得成功^[9], 原因主要是:

- (1) 虽然理论上从 PE100 到 PE112 有 12% 的耐压(最小必须强度) 增加, 但在实际应用中这个压力增加并不能使壁厚相应减少, 这是因为不存在一个相应的 SDR 等级, 所以使用 PE112 不能带来经济上的收益。
- (2) 从 PE100 到 PE112, 在抵抗裂纹快速扩展上没有任何改进, 这意味着对于 PE 管在燃气输送上的压力限制没有得到改善。
- (3) 从目前的数据分析, PE112 和 PE100 相比, 抵抗慢速裂纹生长的能力被严重地削弱了。PE100 在 20℃ 的正常使用条件下, 服务年限可达 100 a 以上, 而 PE112 的设计寿命

- 只有 50 a。
- Dr. A. Scheelen 认为 PE 管材发展的方向是:
- (1) 具有最小必须强度 10 MPa 的交联 PE-X 管材——PE-X100, 如 SOLVAY 公司推出的压力管用 PE100 新牌号 EltexTUX100, 为高性能交联 HDPE。这种材料更耐高温, 更耐化学腐蚀, 具有更好的耐磨损性和耐刮痕性、更优良的耐环境应力开裂性能和耐快速开裂扩展性能。
 - (2) PE 多层复合管材, 它是通过多层复合共挤, 在管材的外表面或内外表面覆盖上一层薄薄的 PE-X 层, 成为具有优异综合物理化学性能的新型管材, 如图 3 所示。

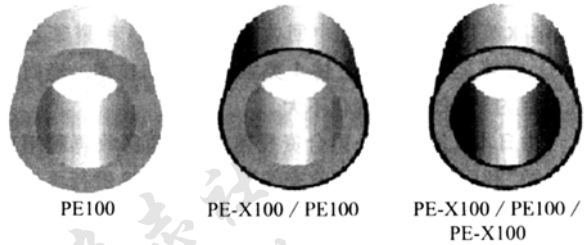


图 3 多层聚乙烯管

- (3) 开发 PE125 级管材料, 因为根据 ISO 12162 规定, PE125 的压力等级是有效的。与 PE100 相比, PE125 管材的耐压增加了 25%, 按照目前的 SDR 等级, 其壁厚可以相应减少。另外, PE125 的耐环境应力开裂性能和耐快速开裂扩展性能可与 PE100 持平或有所提高。
- (4) 铝塑复合管, 其中的铝箔可减少污染物的渗透。
- (5) 结构增强 PE 管, 如将 PE100 与纤维、金属或热塑性增强材料等共混。

5 结语

高密度聚乙烯 PE100 是具有优异性能的新一代耐压管道工程材料, 但是它在国内的开发和应用与国外相比有很大的差距, 所以一方面我们要紧跟国外研发的趋势, 并结合国内的实际情况, 开发适合国情的、经济实用的管材专用料, 另一方面, 有关部门应加大对塑料压力管道的政策扶持力度, 推动相关产业的发展。

参考文献

1 金泽龙. 化工新型材料, 1997(1): 28

2 Bresser R, et al. PE100 open new horizons for gas pipes. Denmark: Borealis Publication, 2000.

3 曹胜先, 等. 黑龙江石油化工, 2001(1): 17

4 Berthold J, et al. Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications, 1996(8): 368

5 Mallinson J N, et al. Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications, 1998(1): 41

6 Kim M Kynen. PE Pipes(16 - 1 600 mm). Finland: KWH Pipe Ltd Technical Publication, 2001.

7 宁家成, 等. 塑料工业, 2002(2): 1

8 孙彤彤. 塑料, 1998(6): 42

9 Scheelen A. Recent Developments in PE Pipe Materials and with Outlook to the Future. Belgium: Solvay Polyolefins Europe Publication, 2001.

STATUS QUO AND DEVELOPMENT PROSPECT OF THE SPECIAL MATERIAL FOR PE TUBE

Wang Xuanlun Yang Mingbo LüJun

(College of Polymer Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

ABSTRACT The domestic and foreign development of the special material for PE tube in the recent years is analyzed detailed-ly. The great advantages of PE100 are discussed as a focal point, as well as in comparison with PE80 material. The developmental trend of the special material for PE tube is also introduced, and some suggestions of attaching importance are put forward.

KEYWORDS polyethylene, special material for tube, development

夏普用废塑料造家电外壳

夏普公司日前研制成功了从 4 类废家电(空调、电视机、电冰箱以及洗衣机)中回收聚丙烯(PP)和聚苯乙烯(PS),并将其再次用于上述 4 类家电产品的技术。经回收处理后的 PP、PS 强度变化不大。

由日本 5 家家电公司合资投建的“关西回收再利用系统公司”利用该技术,将回收来的废旧 PP 和 PS 进行再生操作。夏普从今年 5 月份开始在新产品中正式采用了这些再生材料。预计在本年度,空调和电冰箱的合计使用量将达到 120 t,在洗衣机中将使用 200 t,由于电视机中塑料的使用量非常少,所以忽略不计。

利用新的测试技术可以在 1 h 以内对回收的废旧 PP 和 PS 材料寿命进行测试(以往平均需要 20 d)。另外,通过添

加防氧化剂等可延长废旧 PP 和 PS 的寿命,作为再生材料重新利用。再生 PP 及 PS 的质量(如强度等)与纯正的 PP 及 PS 大体相同,并且可以反复再生使用。(王小曼)

扬子石化聚丙烯新品可替代进口

在国内聚丙烯生产中,首次由均聚物 S1004 直接转产的抗冲共聚物 K8003,日前在扬子石化公司塑料厂获得成功,并达到了国内同类装置生产的先进水平,填补了扬子石化这一塑料专用料的空白。

K8003 是一种聚丙烯嵌段共聚物,具有很高的冲击强度,低温性能尤其优越,产品熔体流动速率低,能满足塑料制品注塑成型的技术要求,并具有力学性能高、硬度适宜及耐热性好等优良性能,用途极为广泛,是一种可替代进口的优良专用料。(董卫国)

广州番禺光耀星瀚塑料有限公司

广州番禺光耀星瀚塑料有限公司、广州番禺光耀塑料有限公司同出一脉,分别位于广州南沙和番禺大石;是集研究、开发、生产为一体的塑料专业生产厂家。公司产品主要有两大类:1. 改性工程塑料(主要进行阻燃、增强、增韧、耐候等方面的改性,应用于汽车、通讯、家电、家具、仪器仪表等领域);2. 电缆料(有聚烯烃化学交联绝缘料及屏蔽料、聚乙烯电缆护套料、聚乙烯硅烷交联电缆料及管材料、聚氯乙烯电缆料、低烟无卤阻燃电缆料等)。年总生产能力约 4 万吨。

公司技术力量雄厚,拥有一支以高级工程师/博士领衔、经验丰富的技术开发队伍;并与华南理工大学、上海电缆研究所等科研院所密切合作,紧跟材料技术的发展方向。公司先后被授予民营科技企业、广州市高新技术企业等荣誉。

公司质量管理体系通过 ISO 9001 国际认证,部分改性工程塑料产品(ABS、HIPS、PA6、PBT、PP 等)通过美国 UL 认证(认证号 E 237153)。

公司不断发展壮大,诚邀国内外各路精英加盟;天高任鸟飞!

诚 聘

在改性工程塑料市场营销、产品开发或技术支持方面有独到见解的专业人士(有两年以上相关工作经验、高分子及相关专业本科以上学历人士优先录用)

有意者请将个人简历邮寄或传真本公司,合则约见。

地址:广州番禺南沙西部工业区
传真:020-84980096

邮编:511458
电话:020-84981855