

塑料管

在矿业中的应用

〔西德〕W.西默尔著 麦湛雄 张振华译 煤炭工业出版社出版

塑料管在矿业中的应用

〔西德〕 W. 西默尔著

麦湛雄 张振化译

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书介绍塑料的一般知识和塑料管的性质，塑料管在地面及井下的使用情况，矿山管理机关对井下使用塑料管的批准程序、要求及检验方法等。本书对我国煤矿、金属矿及非金属矿推广使用塑料管很有参考价值，可供研制与使用塑料管的管理干部、工程技术人员及工人学习参考。

Werner Zimmer
KUNSTSTOFFROHRE IM BERGBAU
Verlag Glückauf GmbH 1976 Essen

塑料管在矿业中的应用

麦湛雄 张振华译

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本787×1092¹/₃₂

印张4¹/₄

字数 93 千字

印数1—2,920

1980年7月第1版

1980年7月第1次印刷

书号15035·2333 定价0.40元

出 版 说 明

塑料是新型的工业材料，在国外已广泛应用于煤矿、金属矿和非金属矿。为了了解塑料管在国外矿业中的应用情况，我们组织翻译了西德《塑料管在矿业中的应用》一书，本书是在西德威斯特伐利亚矿业研究公司召开的科学座谈会的基础上编写而成。在翻译的过程中，结合我国当前的需要，对原书中个别章节进行了删节。

参加本书审校工作的有冯为民、赵欣荣和李灿茂等同志。

一九七九年末

目 录

1. 主要制管塑料及其性质	1
2. 管材的挤出成型	14
3. 塑料管的连接与敷设	19
4. 矿山管理机关对井下使用塑料管的批准程序、要求和 检验方法	32
5. 塑料管的性质及对它的要求	37
6. 塑料管在煤矿井下的应用	52
7. 塑料管在煤矿地面的应用	71
8. 美国发电厂和矿山中使用的玻纤增强塑料管	114
附 录	121

1. 主要制管塑料及其性质

曼弗雷德·霍夫曼

1.1 塑料的组分和结构

塑料是工业材料。它是由天然产物经过化学反应制成，或以碳和氢为主要成分的有机化合物做原料，通过合成方法制成的。构成塑料的分子（单体）是从煤、石油和天然气的裂解产品中获得，目前主要是从石油中提取。

各种塑料通称为聚合物（也称高分子或大分子化合物）。聚合物的结构是由不同的合成方法所决定的。在这些合成方法中，主要有聚合反应、缩聚反应和加成聚合反应等。

通过单体的链状排列产生分子量很高的链状分子。由于分子立体交联会产生两种不同密度的立体网状结构。很明显，这两种基本结构决定了塑料的不同性质。加热时，链状分子构成的塑料会软化，因此，这种塑料称之为热塑性塑料（也叫塑性材料）；而密致网状结构的塑料，在加热时仍然保持坚硬，因而称之为热固性塑料（也叫热固材料）。至于分子交联紧密性很小的弹性体，则不在本文讨论范围内。

图1用简单的图解方法说明热塑性塑料和热固性塑料的结构和分子链的联接机理。在热塑性塑料中，链型分子的各个分子是通过强大的主键合力（主键）彼此结合在一起的。与此相反，线型分子之间通过弱得多的次键合力（副键）结合在一起。热塑性塑料分子之间的键合力决定塑料的强度和

耐热性，这种分子之间的键合力是由单体的化学性质、链状分子的长度及其排列所决定的。

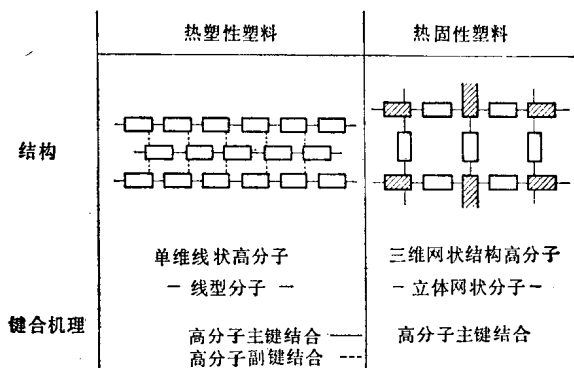


图 1 热塑性塑料和热固性塑料的结构和键合机理

热固性塑料的立体网状结构是由分子主键交联而成的，个别的线状分子已不能局限在一定的范围内。热固性塑料的性质主要是由分子的化学结构和分子交联的紧密度决定的。

在热塑性塑料中，单维线型分子键有两种不同的排列状态，可以分为非结晶形的和部分结晶形的热塑性塑料（见图 2）。非结晶热塑性塑料的线状分子大部分呈不规则排列。部分结晶热塑性塑料则与此相反，除了非结晶部分以外，还有有规则的，即结晶状的部分。在这两种情况下，线状分子通过次键合力结合起来，但结晶状部分的键合力较大，这对决定其性质有重要意义。

热塑性塑料的特点是由温度决定其性质，按其转变区间可划分成不同的状态。如固态、粘弹态（热弹性的）和粘流态（热塑性的）。在温度上升时，键合力较弱的非结晶相首先变为粘滞态，温度继续上升，晶格才软化。作为熔融物的键

分子可以自由相对运动。这个过程是可逆的，也就是说，热塑性塑料可按需要模塑成型。

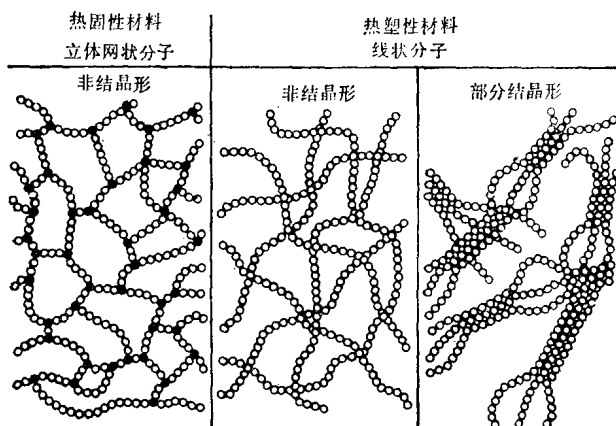


图 2 热塑性塑料和热固性塑料的线状分子排列状态

热固性塑料与此相反，在它形成立体网状结构后就变成了固体状态。由于它是三维立体网状结构，除通过化学分解外，温度升高是不会改变其聚合状态的。

下面只阐述热塑性塑料管材。热固性塑料管材、玻纤增强聚酯树脂或环氧树脂管材将在本书之8.1~8.3中论述。

1.2 用于制管的塑料

就塑料管材的适用性及用量而言，聚氯乙烯管居首位，其次是聚乙烯和聚丙烯管。这些塑料管材都具有下列性能：

重量轻；运费低；敷设简便；可以焊接；耐化学腐蚀性能良好；线膨胀系数高；导热率低；管壁摩擦损失小；可不用外加防护层；抗腐蚀；无需维修。

主要塑料管材的性能列于表 1。

表 1 主要塑料管材的性能

性 能	单 位	检 验 方 法	硬 聚 氯 乙 烯	硬 聚 乙 烯 软 聚 乙 烯	聚 丙 烯	氯 化 聚 氯 乙 烯	阻 燃 聚 丙 烯	聚 苯 乙 烯 ABS/ ASA	聚 丁 烯-1
密 度	克/厘米 ³	德国工业 标准53479	1.38	0.94~ 0.96	0.92~ 0.93	1.54	0.99	1.06/ 1.08	0.92
抗拉强度	牛顿/毫米 ²	德国工业 标准53455	55	23	10	60	30	40	20
断裂拉伸率	%	德国工业 标准53455	4~6	12	20	4~6	≈16	8~12	10
弹性模量	牛顿/毫米 ²	德国工业 标准53457	3000	900	150~ 200	3000	1100	2400	500
20℃时冲击韧性	千焦耳/米 ²	德国工业 标准53453	无断裂	无断裂	无断裂	无断裂	无断裂	无断裂	无断裂
20℃时缺口冲击韧性	千焦耳/米 ²	德国工业 标准53453	4	同 上	无断裂	无断裂	无断裂	无断裂	无断裂
20℃时管壁允许应力	牛顿/毫米 ²		10	5	2.5	10	150	8 (标准 草案)	8
线膨胀系数	10 ⁻⁶ 开尔文 (K) ⁻¹		70	150~ 250	150~ 250	70	150	80	150
晶格软化点	℃			130~ 135	108~ 112	—	160~ 164	—	125~ 130
按照维卡 (Vicat) 方 法 B 的模压热稳定 性	℃	德国工业 标准53460	和压力有关要求	寿命和流过介质	90~100	105~110	90~100	100/107	>0
压力管的使用温度范 围	℃		<60	<60	<40	<90	—	<80	<100
无压力管的使用温度范 围	℃		<70	<80	<50	<100	<95	90~95	100~120
表面电阻	欧 姆	德国工业 标准53482	>10 ¹³	>10 ¹³	>10 ¹³	>10 ¹³	>10 ¹³	10 ¹¹	>10 ¹³
燃烧性能	同 上	德国工业 标准4102	B ₁ (难燃)	B ₂ (缓慢燃烧)	B ₂	B ₁	B ₁	E ₁	B ₂

煤矿用主要塑料管材的性能将在本书 1.4 及 5 中，加以介绍。

1.2.1 聚氯乙烯塑料

聚氯乙烯是使用最久的通用塑料，也是主要的制管材料（占80%），它由氯乙烯单体聚合制得（见图 3），是一种非结晶形的热塑性塑料。制取氯乙烯的原料是乙炔或乙烯以及氯。这种聚合物是采用悬浮法、乳液法或单体聚合法制成的。

用悬浮法和单体聚合法制得的聚合物（悬浮法聚氯乙烯和单体聚合聚氯乙烯），具有良好的性能，是制管的主要材料，其持久蠕变性能比用乳液法聚合的氯乙烯好。由这两种类型聚合物制成的管材都叫硬聚氯乙烯管材。

硬聚氯乙烯的特点是具有较高的硬度和刚性，其许用应力为10牛顿/毫米²，相当于高密度聚乙烯塑料管和聚丙烯塑料管的两倍，所以管壁可以薄些。聚氯乙烯塑料管具有上述特性，而且价格比其它塑料管便宜。因此它在制管业中居于首位。

硬聚氯乙烯管耐多种酸、碱、油和醇类的腐蚀，管道之间能很好地相互粘接，且易于敷设。在热塑性塑料管材中，硬聚氯乙烯管的线膨胀系数最小。这种敷设管材的耐压强度公称压力达16巴^①，它可以分段销售。在冲击强度要求

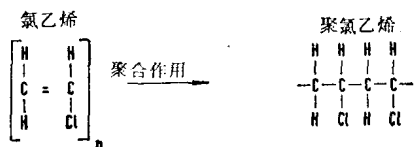


图 3 聚氯乙烯的聚合过程

① 1 巴=1.02公斤/厘米²，查自美国工程塑料手册。

高的场所，宜使用耐冲击的聚氯乙烯管。

这些冲击强度较高的产品是用聚氯乙烯与弹性原料混合制成的。具有抗冲击韧性的新型塑料管的价格比一般硬聚氯乙烯管材高，其管壁许用应力同样是10牛·顿/毫米²。

聚氯乙烯塑料管对不同气候的稳定性能良好，因此可露天存放。聚氯乙烯塑料管不会产生应力裂纹。

聚氯乙烯再氯化可得到具有更高的热稳定性的产品。过氯化聚氯乙烯塑料管不受热水的影响，因此温度为100℃的沸水管道也可应用。

1.2.2 聚乙烯塑料

聚乙烯属于聚烯烃族，是用最简单的不饱和烃（即乙烯单体）经过高压或低压聚合制成的（见图4）。高压聚合制得的是一种带分子支链的聚乙烯；低压聚合制得的聚乙烯实际上不带支链或只带极少的短侧链，它主要是一种线状结构。聚乙烯是一种部分结晶状结构的热塑性塑料。带支链的聚乙烯其结晶度是40~50%；

而线型分子结构的聚乙烯其结晶度为60~80%。分支比决定单层分子的排列密度和结晶度。支链的排列密度小于非支链的排列密度。因此，有支链的聚乙烯的密度较低，或者中等；而线状结构聚乙烯的密度较高。

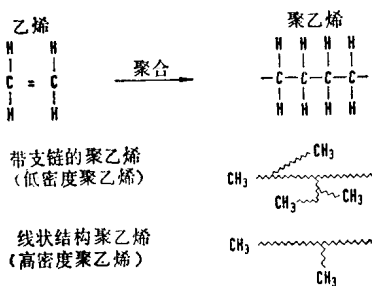


图4 聚乙烯聚合过程和分子链分支示意图

世界各国均按密度来命名聚乙烯。密度低的称为低密度

聚乙烯；密度高的称为高密度聚乙烯。密度愈高，聚乙烯塑料的硬度愈高，刚性愈强。此外，德国还采用软聚乙烯和硬聚乙烯的名称。

聚乙烯管材非常轻（密度小于1克/厘米³）。由于管材柔韧，可将直径小于110毫米的管材盘绕成卷销售。因此在敷设时，不需很多的管接头。

聚乙烯管材耐冲击，甚至温度在0℃以下或更低时还能保持其柔韧性能。由于这些管材具有弹性，所以其受冲击后可回弹复原，即使管道内的水冻结成冰或再融化成水也不致损坏管材。

聚乙烯塑料对各种腐蚀性的流体（如酸、盐的水溶液）、强碱以及各种土壤均具有抗腐蚀性，对许多种有机溶剂也有很好的化学稳定性。因此，聚乙烯塑料管不能粘合连接，而是采用加热熔融对接、熔接套管、预制法兰盘连接以及卡箍等连接方式。聚乙烯塑料管均制成黑色，因为添加炭黑可使其在露天存放时免受紫外线的损坏。

目前，硬聚乙烯管和软聚乙烯管在整个聚乙烯管材市场上所占的比例约为3:1。近几年来，软聚乙烯管的生产停滞不前，而硬聚乙烯管的销售比例却不断增加。其原因是：高密度聚乙烯塑料管管壁的许用应力比低密度聚乙烯塑料管大一倍，其管壁厚度却因此变薄；另一方面是因为两种聚乙烯管材的价差缩小了。制造外径大于160毫米的管材只用高密度聚乙烯。聚乙烯管材抗压强度可达10巴。现在已能够用挤压法制造外径为1600毫米的聚乙烯排水管。

1.2.3 聚丙烯塑料

和聚乙烯塑料一样，聚丙烯也是一种聚烯烃，所不同的

是后者为单体结构。聚丙烯是以 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ 侧链基代替氢原子（见图 5），人为地控制聚合过程所产生的链型分子，其侧链基具有特殊的构型。根据这一点，把聚丙烯分为有规则排列的等规聚丙烯和间规聚丙烯，以及侧链基没有规则排列的无规聚丙烯。

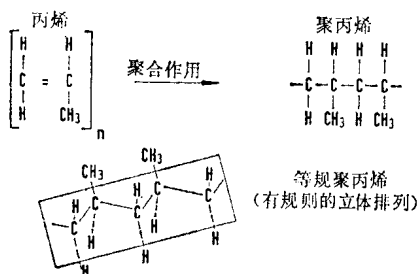


图 5 聚丙烯的聚合过程和等规排列

由于等规结构占大部分的聚丙烯结晶度高，硬度和刚性也大，所以只采用无规部分很小的等规聚丙烯制管。无规部分不结晶，因而影响其刚性和韧性，就是说，无规结构部分愈

大，温度在冰点以上时的绕曲性和韧性愈高。

即使在持续负荷的情况下，聚丙烯的强度、硬度和热稳定性也高于聚乙烯。因此，聚丙烯管材能承受较大的负荷，在使用时间和工作压力一定的情况下，管材适应温度可达 100°C 。当温度接近或低于冰点时，管材在受冲击时容易损坏。丙烯和乙烯共聚可降低其低温时的脆裂性，这种共聚物的性质很接近高密度聚乙烯。聚丙烯和聚乙烯均具有抗化学腐蚀性和绝缘性，而且聚丙烯不会产生应力裂纹。

由于聚丙烯比聚乙烯弹性模数高，因而刚性大，管材不能盘绕成卷，只有直径小、管壁薄的管材才能盘卷。聚丙烯管材的抗压强度分为不超过10巴的若干压力级。在使用时间短、温度低的情况下，其工作压力可达14巴。耐燃的聚丙烯管叫作抗燃聚丙烯塑料管，常用于建筑物内热水的排水管道。

1.2.4 聚丁烯-1塑料

聚丁烯-1塑料也是一种聚烯烃，其持久强度高于高密度聚乙烯和聚丙烯的规定值。大约在一年半以前，欧洲唯一的—家制造厂也停止生产这种产品了。

1.2.5 ABS（丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物）和 ASA（丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯共聚物）

丙烯腈(A)-丁二烯(B)-苯乙烯(S)共聚物和丙烯腈(A)-苯乙烯(S)-丙烯酸酯(A)共聚物是耐冲击的新型苯乙烯-丙烯腈共聚体。由于它具有很高的冲击韧性和热稳定性，因此主要用于工作温度较高的管道。而聚氯乙烯或聚乙烯塑料管是不符合这一使用要求的。

1.3 持久强度

塑料管的使用受其持久强度的制约，这就是说，要考虑其工作压强、使用温度、使用寿命和管内流动介质。承受内压的管壁呈三向应力状态。按现场条件模拟的持久强度试验表明，管材在恒温下呈静内压状态，通常以水作为压力介质来测定管材破裂的时间。附加比较应力，可根据下式计算：

$$\sigma = P \frac{dm}{2S}$$

式中 dm —— 管材的平均直径，

$$dm = \frac{d_a + d_i}{2},$$

S —— 管材的壁厚，

P —— 管材的内压力。

计算结果标记在一个对数坐标上。在坐标中，以比较应力作负荷时间的函数，试验时间作参数。

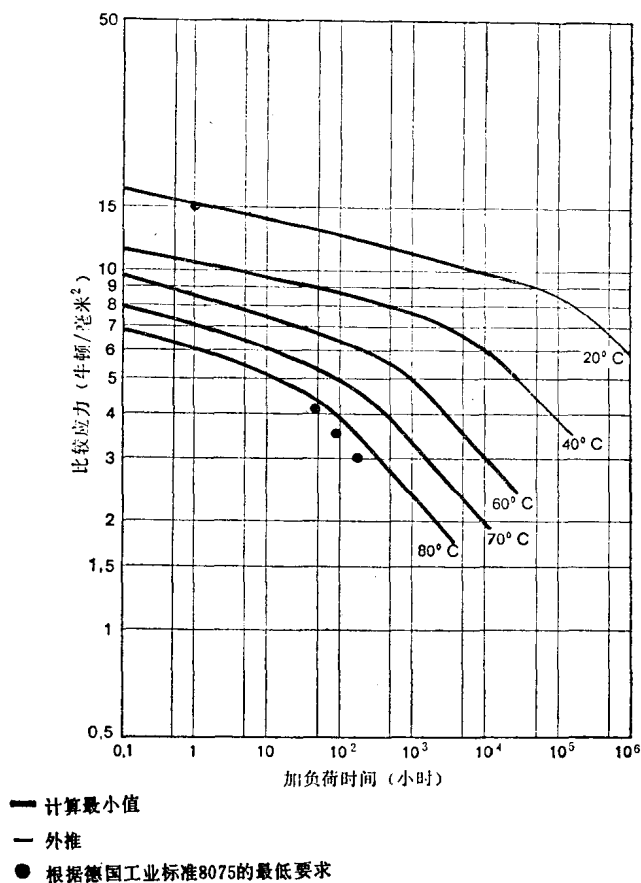


图 6 硬聚乙烯管材的持久强度曲线
(由直径 32×2.4 的管材测出)

图 6 为硬聚乙烯管材的持久强度曲线。其特点是在断裂

时间较短的范围内下降较为平缓，而在时间较长的范围内，特别是当温度上升时，比较应力的下降幅度较大。曲线比较平缓的部分表示拉伸断裂，坡度大的部分表示不变形的脆裂（应力裂纹）。与此相反，硬聚氯乙烯管材的比较应力-时间曲线（见图7）却反映出持久强度直线下降。在已知管材尺寸和使用条件（压力、温度和流动介质）的情况下，可借助持久强度曲线计算其使用期限。

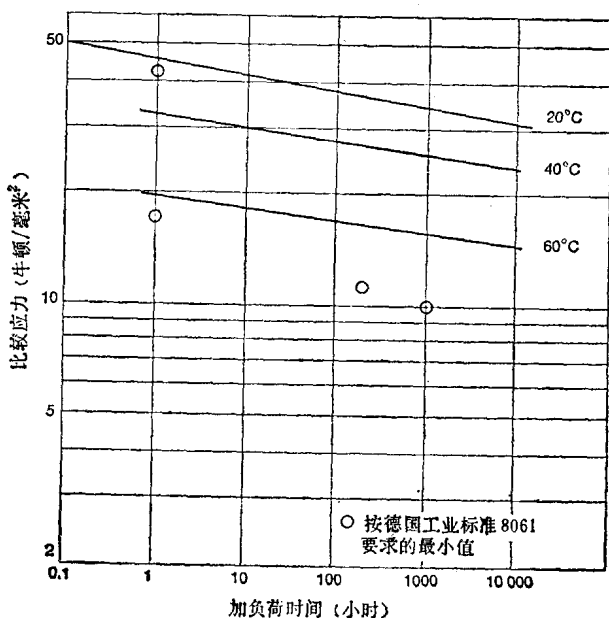


图7 硬聚氯乙烯管材的持久强度曲线
(由直径 32×2.9 的管材测出)

1.4 管材尺寸及壁厚计算

塑料管管壁的厚度按管壁许用应力划分为不同的等级。

有关工业标准如下：

德国工业标准8062《硬聚氯乙烯塑料管尺寸》；

德国工业标准8072《软聚乙烯塑料管尺寸》；

德国工业标准8074《硬聚乙烯塑料管尺寸》；

德国工业标准8077《聚丙烯管尺寸》。

在上述标准中，规定的壁厚，均按下式计算：

$$S = \frac{Pd_a}{2\sigma + P}$$

式中 d_a ——管材外径；

P ——公称压力；

σ ——许用应力（亦称安全应力）。

不同管材的 σ 值是：

10牛顿/毫米²（硬聚氯乙烯）；

2.5牛顿/毫米²（软聚乙烯、低密度聚乙烯）；

5.0牛顿/毫米²（硬聚乙烯、高密度聚乙烯）；

5.0牛顿/毫米²（聚丙烯）。

上述数值的测量和标定，是多年来所进行的持久强度试验的结果。试验在20℃的温度下进行。考虑到安全的因素，以管材的使用寿命50年为前题进行外推法计算。聚氯乙烯塑料管的抗断裂安全系数为2.5。硬聚乙烯塑料管伸长2%时，其安全系数为1.3。

1.5 抗燃等级

根据德国工业标准4102关于“建筑材料和物件的抗燃等级”的补充规定，用塑料制成的建筑材料分为 B_1 （难燃）， B_2 （缓慢燃烧）和 B_3 （易燃）三类。建筑构件的抗燃等级不仅取决于塑料的种类，而且也与其形状、表面和尺寸有关。甚至