

塑料管道

〔苏〕Д.Ф.卡加 著

蔡梅亭 译

72

国防工业出版社

TQ320.72
5

塑料管道

〔苏〕Д.Ф.卡加 著

蔡梅亭 译

国防工业出版社

内 容 简 介

本书是《国民经济中的聚合材料》丛书之一。叙述了塑料管的制造方法及其应用的科学根据。对塑料管的使用范围作了阐明。分析了塑料管的使用条件和各种负载状况。对塑料管的连接方法和装配过程亦很为重视。对应用塑料管的技术经济观点进行了探讨。

本书适用于国民经济各部门从事塑料管的生产和应用方面的广大专业人员。本书对塑料应用和加工专业方面的科技人员和大专院校的师生亦有所裨益。

ТРУБОПРОВОДЫ ИЗ ПЛАСТМАСС

Д. Ф. КАГАН

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ХИМИЯ» 1980

*

塑料管道

〔苏〕Д. Ф. 卡加 著

蔡梅亭 译

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 $1/32$ 印张8 $5/8$ 223千字

1985年2月第一版 1985年2月第一次印刷 印数：0,001—7,200册

统一书号：15034·2686 定价：1.30元

译者的话

随着我国四化建设事业的不断发展，塑料在整个国民经济中所起的作用也越来越重要了。因此，大力发展塑料工业是当前摆在我们面前的一项紧迫任务。

塑料由于耐腐蚀性好，重量轻等一系列优点而深受人们的欢迎。随着塑料新品种的不断涌现，其使用的范围也愈来愈广。现在，无论是日常的生活用品，还是工业上的各种零部件的许多金属制品都可用塑料制品来代替，为国家节约了大量的金属。因此，塑料工业近年来获得了迅猛的发展是完全可以理解的。当前，大力推广塑料的新的使用领域是为国家节约各种金属原材料的一项有力措施。

众所周知，管子在工业上的需要量是非常大的。以往一般的管子都是金属的。国家每年要耗用大量的金属来用于生产管子，而生产这类金属管投资大、工艺复杂、劳动强度高。此外，这些金属管重量重、耐腐蚀性差、稍经几年使用，管内便会锈蚀不堪、积垢阻塞，影响使用效果，严重的就会影响工厂的正常生产，最后又不得不耗费大量的资金来对管子更新和重新敷设。因此，如何用塑料管来代替金属管是摆在广大科技人员面前的一项急待解决的新课题。现在，随着科学技术的不断发展，已经研制出各种不同性能和牌号的新的聚合材料来用于管子生产，金属管也就可根据其不同的用途用塑料管来取而代之。这种塑料管的生产工艺比较简单、而且价廉物美，经久耐用。因此，目前世界各国对塑料管的生产应用都极为重视。

本书对用于管子生产的各类聚合材料的研制应用，以及对管道的连接等方面都作了详尽的分析和探讨。此外，还提供了应用塑料管道的科学依据，以及一些很有价值的资料。这在某种

程度上是填补了我国在生产和应用塑料管方面的不足和空白。本书的出版无疑将会引起我国各有关的科研单位和广大科技人员的重视，从而促进塑料管在我国各工业部门的推广应用。

在本书的译校过程中，得到了徐翔飞、蒋惠明、王志勇等同志的热忱支持和帮助，特别是徐翔飞同志在百忙之中抽出时间对本书作了仔细的校订。在此仅向他们表示衷心的感谢。

序

塑料管的生产和应用在世界各国正在日益发展,专家们认为,这种发展趋势今后仍将保持下去。

国内外的经验证明,使用塑料管具有高度的技术经济效果。

当前,虽然对有些热塑性塑料用于生产管子还存在着某些不同的看法,但是聚烯烃和未增塑的聚氯乙烯已普遍地用来生产管子了。

塑料管的应用问题本身就包含着下列一些主要问题:

关于管道的有效应用范围和扩大工作温度及工作压力范围的途径的依据;

管子、对接接头使用的可靠性及其质量检验;

管子和异形件的合理分类及其改进的途径;

管子对接接头的类型和结构的选择,其使用范围的依据,对其使用性质的研究;

对计算塑料管道的一些建议(液压计算、地下敷设管的强度计算、紧固件之间距离的计算和对管道长度温度变化补偿的计算等等);

塑料管的装配方法和工艺的制订及其设备;

这种管子的设计、装配和修理的标准所规定的材料。

以上这些问题在参考文献中都未曾加以总结。与此同时,了解使用塑料管道的科学依据是成功而有效地推广使用的必要条件。本书是首次尝试来填补科学文献中的这一空白。由于本书篇幅有限,对塑料管的装配问题和使用的设备,以及对管子的液压计算都未能加以阐明。

压力管就是使用一种热塑性塑料作为结构材料的典型例子。管道的使用寿命需达几十年(如,给水管和配水管),要与房屋和

构筑物具有同样的使用寿命。聚合材料的机械特性和用它来制成的管子就具有较好的使用效果。这首先是反映出了热塑性塑料机械性能的温度——时间关系，以及由此而产生的持久强度、蠕变和应力松弛问题。

对管子的使用条件和主要负载情况的分析表明，对塑料管的计算必须掌握管子在受内压力作用时的蠕变条件下承载能力的资料，以及在蠕变条件下和负载松弛情况条件下单向中心拉伸时的承载能力的资料。因此，本书考虑到目前对聚合材料蠕变和持久强度的一些假设和对管子的使用条件和负载的主要情况的分析，提出了塑料管的承载能力问题。

压力管和接头的主要质量指标就是其承载能力问题，所以对管件质量的检验当然就是要鉴定其承载能力。决定塑料管承载能力的是两种特性：持久强度和蠕变变形。根据管子具体的负载条件和聚合物的性质，上述每种特性的指标都是有决定意义的。本书提出了一些原理和准则，叙述了检验管子和接头质量的方法并且也指出了其可能改进的途径。

众所周知，用各种工艺方法制成的产品质量不仅取决于原始聚合材料的性能，而且还与其加工的工艺规程有关。这在很大程度上是指一些重要的结构件，如压力管和异形部件。本书从消费者的角度出发，对用于生产管子和异形部件的聚合材料提出了制造管子零件的精度要求，以及满足这些要求的途径，并制订了对塑料管进行合理分类的原则。为此，对制造工艺过程的主要参数与所制管子的物理机械性能和几何尺寸之间的关系都作了阐明，同时考虑到管子对接接头的形状，提出了对管子外径允许偏差的要求。

虽然塑料管的使用量正在不断增长，但对其接头的研究很不够，制造接头的工艺规程，连接件的结构型式，制造工艺的编订还都很不够。对用各种不同的热塑性塑料制成的管子对接接头持久性工作性能的预测和鉴别其瞬时强度的一些方法问题还尚未解决。本书对对接接头的材料所作的详细叙述也说明了这一点。

根据对一些设计问题的研究并考虑到塑料管的一些特性提出了一些建议，旨在提高管子使用的可靠性。同时根据温度和压力对扩大塑料管使用范围的途径也作了阐述。特别是对塑料管用高能粒子射线进行辐照，以及把管子套上硬包皮的方法来提高塑料管的承载能力已引起了极大的兴趣。分析了温度和时间因素对衬里的聚合材料层与管子硬外皮相互作用的影响。

从本书的内容来看，在塑料管的应用方面是试图对理论和试验研究及实际经验作一番总结。当然，由于问题较为复杂，而且课题较新颖，要叙述清楚确实也存在很大困难，所以如果对本书发现有不足之处，以及其它的意见和希望，作者都表示诚恳的欢迎和感谢。

本书的第五章第二节是作者与 P. Φ. 洛克希共同编写的。

目 录

第一章 塑料管的应用范围	1
第二章 塑料管的制造	13
生产管子用的聚合材料	13
聚烯烃	15
聚氯乙烯与聚氯乙烯基的混合物	17
其它的聚合材料	24
管子的制造工艺	25
第三章 塑料管的使用性能	31
塑料管道的使用条件及主要的负载状况	31
塑料管的承载能力	42
聚合物静疲劳问题的目前状况	42
塑料管在蠕变条件下负载时的承载能力	45
塑料管在应力松弛条件下负载时的承载能力	79
塑料管的检验性试验	85
塑料管的卫生性质	102
塑料管的化学稳定性	103
第四章 塑料管的类别	113
总的分类原则	113
对经辐照的聚乙烯管的分类说明	123
允许应力和安全系数	124
管子几何尺寸的精度	126
对管子几何尺寸精度的装配要求	128
管子横截面形状偏差的标准	133
挤出管的几何尺寸的精度	134
第五章 塑料管的接头	137
接头的分类	137
传递轴向负载的接头	139
聚烯烃管的焊接接头	139
未增塑的聚氯乙烯管的胶接	180
可卸接头	212

不传递轴向负载的接头	215
带橡皮密封接头的结构	216
第六章 设计塑料管道时的一些计算	233
地下敷设管的强度计算	233
活动紧固件之间距离的计算	246
塑料管道和内衬管道热变形的计算	254
热塑性塑料管道	254
经辐照的聚乙烯管的性状特点	259
内衬管	261
内衬管的接头	264

第一章 塑料管的应用范围

管子和管件要求在其所计算的使用期内能够安全可靠地使用，为满足这一要求，应保证：

管子在给定的使用条件下和负载情况下的计算强度；

制件壁的水密性；

管子对接接头的结构、密封性和管道在整个使用期间的强度；

不使管子收缩不均和产生温度变形（因为管子的材料或对接接头的结构有弹性，因而会导致角向和轴向变形）；

对人体生理没有影响（当输送饮用水和食物介质时）；对管道内外起腐蚀作用的介质能保持稳定；

此外，管子应当节省，其接头的结构和装配应简单方便。

用防腐蚀的传统性材料制造的管子和塑料管：如未增塑的聚氯乙烯（ПВХ）、低密度和高密度聚乙烯（ПЭНП 和 ПЭВП）、聚丙烯（ПП）、聚丁烯（ПБ）和其它一些热塑性塑料的管子都能满足上述要求。

塑料管能否广泛地应用的决定性因素是：是否有可能制造出机械物理性能和化学性能范围宽广的管子来；组织生产这类管子，从其装配和使用的质量方面相应地与生产金属管相比较，能否使其投资少，周期短。

在各种情况下，主要是都应从技术和经济的观点来评价由各种不同材料所制造的管子的各自的优缺点。

用聚合材料制造的管子与用传统性材料所制造的管子不同，就在于它具有一系列可贵的性能。

热塑性塑料不受电化腐蚀，而使用金属管道，即使是用最耐腐蚀的材料制成，也会产生很大的麻烦。

塑料管可以用来输送饮用水和氯化水，以及某些食品。

由于塑料管内部光滑压力在塑料管内的磨擦损失要比钢管和生铁管大约小30%。这一档公称直径的热塑性塑料管的流通能力几乎相当于前一档公称直径的钢管的流通能力。

即使在输送的介质中存在着大量的矿物质（铁盐、钙盐等），在塑料管的内表面上也是不会堆积沉积物的。塑料管不会随着时间而使压力损失增大，因此，可以减少计算的压力值和泵的功率，降低压力水塔的高度或者减小管道的计算直径。上述情况在建造和计算自来水管路、工程用的和矿泉疗用的管道时很为重要。

塑料管道内的水力冲击由于管材的弹性模数小而较弱。

热塑性塑料管比金属管轻6~14倍，因此在运输和装配时就省力。采用连续的螺旋挤出法可制造出任何一种长度的管子来，这样在管子敷设时就可减少装配接头的数量，使装配大大简化，而且省工省料，并且又可明显地提高管道使用的可靠性。中小型口径的聚烯烃管子也可成卷地供应用户，使运输和敷设更为便利。

当管道内的水结冰时，塑料管道破裂的可能性很小。结冰时，水的体积要增大约9%，会使管材产生变形约3%，塑料管所承受的这种变形部分是可以还原的，而部分是不可能还原的，而此时的机械性能实质上是不变的。冬令期间，当用水中断时，敷设在室外的聚乙烯管可以不必将水放掉。

导电性差，所以不可能在塑料管内产生杂散电流并由此而使管子产生电腐蚀破坏。

热塑性塑料的导热性差，很少会在管子的外壁形成凝结水，这为室内使用明线管道时提供了较好的卫生条件。

塑料管的上述特性可使其用作施工用管道、用于城市、居民点、室外的给排水管网、牧场、局部地区的农村给水网路、工厂的给排水、室内的自来水管和排水管、泵站的管道和室内灌溉网、排灌地区的室内集流管的排放系统，以及地下灌溉网路。塑料管也可用于建筑工地上的临时性给水系统和工程上用的自来水管。聚丁烯管和内衬管，以及用高能粒子处理过的或者用化学交联的聚乙烯管为其用于热水给水系统，施工用或其它工业用管道

方面开创了前景。

塑料管用作室外线路管敷设在腐蚀性的土壤中、地震地区和经常结冰的地区、山地和沼泽地区是特别有前途的，因为在这些地区使用传统性材料的管子，其费用大，而且还不能保证管道的安全使用。

特别引人注意的是可将塑料管用来输送自来水净化站上用的凝结剂、石灰水、碱水、酸和其它的物质，当对水质和使用的条件有较高的要求时，可用于过滤站上的放泄装置，以及旅游处矿化水的给水系统和生产上用的给水系统。

把塑料管，其中包括用高能粒子辐照的聚乙烯管，推广应用于热水给水系统和作为一种在很大程度上能提高这些系统可靠性及其使用寿命的工程用管道是一个重大的国民经济问题。

当介质在高压或高温下的输送要求符合管道的使用条件或工艺过程时，就宜使用内衬管。内衬管也适用于一些特殊的给水条件，例如船舶上、铁路运输、医院等。目前，从技术经济的观点来看，塑料管最好还是用于压力在 1.2 兆帕（斯加）(МПа)●以内的。

在将水从供水水源处送至用户（住房和公共建筑物、工矿企业和农村）的室外管道是使用公称直径从 50 至 1200 毫米的管子（有时还要大一些），计算的工作压力基本上是在 1.0 兆帕以内。

住房、公共建筑物和农村的室外自来水管主要是使用公称直径从 10 至 150 毫米的未增塑的聚氯乙烯、高密度聚乙烯和聚丙烯管。直径大的管子是用作为工矿企业单位的室内自来水管，以及穿过建筑物的室内管道。

室内自来水管系统的压力主要是在 0.6 兆帕以内，农业上使用的卫生仪表的静压力都不超过这一值。

用于泵站和室内灌溉网的管道，最好是使用工作压力在 0.8 兆帕以内，公称直径在 500 毫米以内的压力管。此外，对排灌区

● МПа兆帕（斯加）—压力单位，等于兆牛顿/米²。——译注

的室内集流管的排放管路，以及使用地下水的灌溉系统是采用公称直径在 400 毫米以内的无压力管。

在牧区和农村局部地区的给水管路是采用工作压力在 0.6 兆帕以内，公称直径在 150 毫米以内的高密度聚乙烯和低密度聚乙烯的压力管，而对农村地区的给水管路是采用工作压力为 1.2~1.4 兆帕，公称直径在 400 毫米以内的压力管。

水利建设上使用的管子直径结构如下：

使用范围	管子直径，毫米	金属管可换用聚合材料管的数量，%
灌溉农作物	100—300	70
灌溉牧场作物	50—300	80
牧场的引水灌溉	50—200	95
农业上的供水	50—300	85
集流式排水管路网		
灌溉区	100—200	85
排水区	50—200	97

热塑性塑料是一种用来制造输送矿化水管子的最合适的材料。通常，用传统性材料（碳素钢和不锈钢）制造的管子的使用寿命是不超过 2~3 年，但是塑料管在同样的条件下却能很好地使用 20 多年。

敷设在地面上的施工用压力管和无压力管根据使用的条件（温度、压力、介质）基本上都可采用未增塑的聚氯乙烯、高密度聚乙烯和聚丙烯管。

塑料管在化学工业上的应用范围在很大程度上是要取决于具体的工艺过程的设备情况、管道的负载情况和使用的条件、企业对使用这类管子所积累的经验及使用这些系统的熟练程度。在德意志联邦共和国的《Bayer》公司的企业中，塑料管是占总的管子量的 5~10%。此时，各类聚合材料管的数量是（占总长度的百分比）：聚丙烯——25.8%，未增塑的聚氯乙烯管——23.0%，聚甲基丙烯酸甲酯管——5.6%，聚乙烯管——2.7%；加填充料

的聚丙烯管——22.2%；加填充料的聚氯乙烯管——2.1%；其它的聚合材料管（氟塑料、填充聚氨基甲酸酯等管子）——18.6%。

该公司主要是在机械负载和热负载低的情况下使用热塑性塑料管。管子的直径范围是25~2500毫米。

腐蚀性介质的作用限制了普通管道在石油和天然气工业上的使用寿命。如，用来抽汲矿层水的管道的修理间隔期的使用寿命是4~5个月，而整个使用寿命则不超过一年半的时间。

使用塑料管不仅可以大大延长矿井中管道使用的修理周期，而且可降低管子的消耗量和输送及装配的费用，可提高系统的流通能力10~20%，保证接头的密封性并可省去昂贵的防腐蚀性保护和脱蜡设备。

热塑性塑料管用于输送天然气是一项比较新的使用领域。此时，除了耐腐蚀性之外，还要保证接头的高度密封性。塑料的天然气管道在压力为0.1到1.0兆帕的范围内能成功地使用。现将

表1.1 塑料管在石油和天然气工业上的应用范围

管道名称	管道直径, 毫米	压力, 兆帕	输送的产品	工作温度, °C
石油工业				
集油短管	300以内	0.1以内 (自流)	石油	20
集气管(同时产生的气体)	300以内	0.3—1.0	气体	20
从水层抽汲盐水的管子	114—325	0.6以内	盐水	20以内
粘土浆管道	114—325	0.6以内	粘土浆液	20以内
下水管道	114—325	自流	污水	20以内
给水管道	114—325	0.15	水	20以内
天然气工业				
集气管	114—325	0.6—1.0	气体	20以内
工业上用的自来水管	114—325	0.6—1.0	水	20以内
粘土浆管	114—325	0.6以内	粘土浆液	20以内
下水管道	114—325	自流	污水	20以内
给水管道	114—325	0.6—1.0	水	20以内
天然气配气管	57—529	1.2以内	气	20以内

塑料管在石油和天然气工业上的应用范围、直径和使用条件列于表 1.1 中。

塑料管用作输泥管和水下管的使用寿命能比钢管延长好几倍。

为了事先能选择好用于施工系统的管子材料，特介绍一相应的图表，如表 1.1 和图 1.1。

对于敷设在地下的下水道管可使用公称直径在 500 毫米以内的未增塑的聚氯乙烯和高密度聚乙烯的挤出管，而对 2000 毫米以内的是可用热塑性塑料板材卷制而成。

内径在 100 毫米以内的未增塑的聚氯乙烯，高密度聚乙烯和低密度聚乙烯的无压力管可用于敷设地下的电缆用管道，通讯、无线电联络、电视、信号等各种用途的电缆用管道，以及电线在建筑物内走暗线用的管道。使用这种管子比用传统性材料做的管子优越，可减少运输费和装配对接接头的成本费用 15~20%，增加通讯电缆的长度 1.5 倍，电缆通过中间井转接伸入管道内不用接头（因为包皮材料的摩擦系数小）；管子的长度长，可减少对接接头好几倍；电缆沟道的宽度和土方的工作量亦都可减少。

日常生活用的污水管道由于大量地使用洗衣机和食具洗涤机，排出的水温较高，因此可采用聚丙烯、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物（ABC-塑料）和高密度聚乙烯管子来代替未增塑的聚氯乙烯管子；

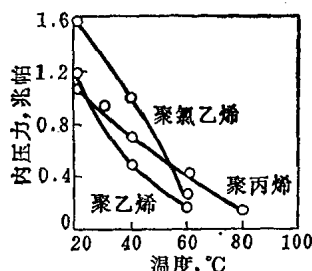


图 1.1 塑料管的允许内压力
(使用寿命 20 年)

	1970年	1976年
未增塑的聚氯乙烯, %	92	25
高密度聚乙烯, %	4	4
聚丙烯, %	3	43
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物	1	28

表1.2 对将主要的热塑性塑料管用于工程用管道 (温度20°C) 的预选择建议

热塑性塑料的类别	密度 克/厘米 ³	稳定性										性能				
		酸				碱		溶剂				水	卤素(干的)			
		弱	强	氧化的	氢氟酸	弱	强	乙醇	醚	酮	醛			炔		
															燃料油和油脂	
															煤油	矿物油
低密度聚乙烯	0.92	C	C	HC	C	C	C	YC	YC	HC	YC	HC	C	+	-	
高密度聚乙烯	0.95	C	C	HC	C	C	C	YC	C	YC	YC	HC	C	+	-	
聚丙烯	0.91	C	C	HC	C	C	C	C	YC	YC	YC	C	YC	+	-	
聚丁烯	0.92	C	C	HC	C	C	C	C	YC	YC	YC	C	YC	+	-	
聚酰胺-6(尼龙-6)	1.12	HC	HC	HC	HC	YC	YC	C	C	C	C	C	HC	-	+	
聚酰胺-12(尼龙-12)	1.02	HC	HC	HC	HC	YC	YC	C	C	C	C	C	HC	+	+	
聚氯乙烯(VPVC)	1.38	C	C	C	C	C	C	C	HC	HC	YC	C	C	-	+	
聚碳酸酯	1.22	C	C	C	HC	HC	HC	C	YC	YC	HC	C	C	+	+	
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物	1.06	C	YC	HC	HC	C	C	YC	HC	HC	HC	C	YC	-	+	

附注: 1. C(稳定) 表示, 聚合物在所述温度下的该介质中不发生化学性破坏;

YC(有条件的稳定) 表示, 在所述温度下可允许使用该种聚合物, 即管子可以用于非重要的管道;

HC(不稳定) 表示, 聚合物在所述参数的介质中会被破坏, 而不允许使用;

2. IIBX——指未增塑的聚氯乙烯。