

大專科技用書

塑膠 管路系統

PLASTIC PIPING SYSTEMS

顧道信 譯著

DAVID A. CHASIS
Chairman, Plastic Piping Systems Inc.

膠 塑 管 路 系 統

PLASTIC PIPING SYSTEMS

江苏工业学院图书馆
藏书章

顧道信 譯著

DAVID A. CHASIS
Chairman, Plastic Piping Systems Inc.

中華民國六十七年九月一日出版

塑膠管路系統

原著者：DAVID A. CHASIS

譯著者：顏道信

出版者：復漢出版社

地址：台南市德光街六五一號
郵政劃撥三一五九一號

發行人：沈岳林

印刷者：國發印刷廠

地址：台南市安平路五五六號

打字者：克林照相植字排版打字行

地址：台南市海安路和平街二二七巷二號

本社業經行政院新聞局核准登記局版台業字第〇四〇二號

版權所有
翻印必究

譯 序

塑膠的發現，是材料的一大革命，數十年來應用範圍大為增加。國內對塑膠管路的使用也有一段時間，只是討論這方面的書籍卻找不到，這是譯者編譯本書的動機，希望藉此引發大家的注意和研究。

本書主要依照David著**Plastic Piping Systems**，少部份加進別的資料。原書簡單明瞭，相當實用，適宜作學生參考書，工程人員手冊。閱讀時最好先看完附錄A，再從頭看起，最後看其他附錄和表格。

譯者才疏學淺，錯誤與不足之處尚祈不吝指正。

原 序

本書的目的是針對廣大塑膠產品中的單項——管件、閥件和配件——提供詳細且實用的資料。

書中所有的數據得自經驗而非嚴格的理論，俾便大部份讀者能瞭解實際的設計與安裝。

資料的主要來源是各家製造商的文獻，不計其數的作者與工業界人士的討論，以及塑膠管路系統學會（Plastic Piping Systems, Inc.）數年來專門人員的實際操作經驗。

所有的表格，圖片和數據是我們工業界中最好的，但是由於各種樹脂配方和應用條件的種種變動，我無法保證它們完全精確無誤。

如果讀者需要更多技術資料的話，可以找後面的附錄和參考書。我無意包羅所有的塑膠材料或製造商的產品，當然，如果有任何錯誤的責難，罪在作者。

在此，我希望對所有幫助此書完成的人士和團體表示謝意。

塑膠管路已被成功的使用了 40 年以上，在近十年內，整個塑膠工業更是接受了一次完全的再教育，使得建築師與工程師瞭解塑膠管路系統優秀的設計特點。塑膠管路材料在塑膠市場上以 25 % 的年成長率在增加，沒有其他材料可與之抗衡，下面是一些目前使用塑膠材料的場合：

冷凝器冷却水管	活水和水處理
活水和排水管	天然氣輸送
冷却塔	水去離子處理
酸廢液排洩系統	橋和建築物的雨槽
電鍍	工廠中酸鹼液管
地下灌溉	飲用水輸送
鋼廠浸漬	商業或住居游泳池
食品製造程序	鹽水系統
溜冰場	水族館

當我們把塑膠管路應用在適合的場合時，它們是有效，獨立，無須保養且經濟的。本書的目的便是解釋如何才能對所欲處理的場合作出最佳的選擇。

塑膠約在 1800 年代末葉被一無知的紳士所發現，當時他是希望找出製撞球用的象牙的代替品，結果發現了醋酸纖維（ cellulose acetate ）。自此之後，便誕生了數十億美元的工業。

像許多其他的技術發現一樣，戰爭成爲塑膠研究和發展的催化劑。在第二次世界大戰中和結束之後，聚乙烯，聚氯乙烯和強化塑膠被介紹進許多工業使用，不過塑膠管路工業的開始却是 1950 年代的事。由於戰敗國的管件需要量大且經濟崩潰，西德和日本迅速強調熱可塑性塑膠管工業，而成爲這方面產量和技術上的領先國家。

在美國，塑膠管的使用較遲，直到 1950 年代末期和 1960 年代早期，才被廣大的群衆所接受，而從此突飛猛進。1969 年一年，PVC 管，配件和導管的產量是二億九千萬磅；到了 1972 年，超過九億磅。這種成長並不限於 PVC 一項，ABS 在同期的年成長率達 65 %；1973 年的塑膠管總產量超過二十億磅。

塑膠管件的快速增加有下列幾項原因；(1)塑膠管件的價格呈螺旋形下降；(2)金屬管件價格呈螺旋形上升；(3)塑膠較輕且較易安裝；(4)塑膠管抗蝕性和流動性極佳。

當然，大多數新的工藝學皆有其萌芽期的問題，塑膠工藝自不例外，早期的樹脂配方製成的管和配件，物理和化學性質皆不均勻一致。PVC 管加入可塑劑使它能浸於瀘水中，不幸的是，如此一來卻成爲齧齒類的美食。玻璃纖維管和配件在管厚，樹脂成份和製造技術上很少一致。當然有的只是不完美的設計和安裝技術，及塑膠管路的試驗。

如今，塑膠管業對產品已有明確的品質管制程序及試驗機構，以證明產品的可信性。（見附錄 C）

本書受到下列一些原則的限制：

- 1 有數據的產品是美國最通用的種類。
- 2 關於樹脂或產品的製造程序沒有詳細的資料。
- 3 加塑膠襯料或塗佈塑膠的管，配件和閥不予列入，不過適當的

襯料材料可在第一章找到。

4. 關於塑膠閥強調的是其使用和來源，而不解釋使用某種特殊閥的理由。

5. 關於配件和閥的規格未予列入。（請自己參考製造商的目錄）

第一章介紹可取得的各種塑膠化合物及不同材料的特性。第二章是一般設計的原則和管路連接技術。第三章解釋如何自不同管路系統和閥件中選擇需要的產品，並包括一般工程上的分類。第四章是地上，地下管路的安裝方法及管路系統的準備和試驗。最後，第五、六章包括資料、實用和費用的比較。附錄則分四個部份，另有參考資料，供讀者進一步研究使用。

由於在管路工程上，塑膠材料仍然很新，它的發展潛力是無可限量的。相信在不久的將來，藉著各種新塑膠的發現與利用，能使目前塑膠管路系統的缺點化於無形。

塑膠管路系統／目次

第一章	材料的選擇 Material Selection	1
1-1	簡介.....	1
1-2	熱塑型塑膠.....	1
1-3	熱固型塑膠.....	3
1-4	抗腐蝕性.....	6
1-5	影響耐候性的因素.....	7
1-6	塑膠管的耐候性.....	36
1-7	黴菌.....	38
1-8	細菌.....	38
1-9	白蟻.....	39
1-10	齧齒動物.....	39
第二章	一般設計 General Design	40
2-1	簡介.....	40
2-2	操作壓力的決定.....	40
2-3	溫度校正.....	43
2-4	塑膠膨脹接頭.....	45
2-5	膨脹圈.....	46
2-6	伸縮囊型膨脹接頭.....	47
2-7	圖 2.2 使用方法說明	49
2-8	如何使用圖解法計算 塑膠管的摩擦損失.....	51
2-9	檢驗.....	56
2-10	切割.....	56
2-11	除淨.....	58
2-12	接合準備注意點.....	58
2-13	溶濟膠接.....	59
2-14	溶劑膠接注意點.....	62
2-15	插承接着劑接合.....	63
2-16	插承接着劑接合注意 點.....	64
2-17	對頭搭板接着劑接合	65
2-18	對頭搭板接着劑接合 注意點.....	67
2-19	對縫熔接.....	68
2-20	對縫熔接注意點.....	70
2-21	電阻熔接.....	71
2-22	電阻熔接注意點.....	71
2-23	套頭熱熔接.....	72
2-24	套頭熱熔接的注意點	74
2-25	凸緣接合.....	74
2-26	凸緣接合注意點.....	75
2-27	螺紋接合.....	75
2-28	螺紋接合注意點.....	78

2-29 O形環接合.....	78	2-34 刻溝接合注意點...	81
2-30 O形環接合注意點	79	2-35 刻溝和壓縮(機械 式).....	81
2-31 壓縮插入.....	80	2-36 刻溝和壓縮注意點	83
2-32 壓縮接合注意點...	80	2-37 彎曲管路注意點...	85
2-33 刻溝接合.....	81		

第三章 產品的選擇 Product Selection.....89

3-1 簡介.....	89	Pennwalt 公司產 品)管和配件.....	99
3-2 Sch 40 Sch 80 PVC管與配件的項 目說明.....	97	3-9 DWV PP(機械 式接合)管和配件	99
3-3 PP 壓力比率管和 配件.....	98	3-10 PVC O形環管和配 件.....	99
3-4 Sch 80 CPVC 管和配件.....	98	3-11 PE 管和配件的一 般項目說明.....	99
3-5 DWV PVC 管和 配件.....	98	3-12 玻璃纖維強化熱固 型塑膠管和配件的 一般項目說明.....	100
3-6 PP DWV(電阻 熔接)管和配件...	98	3-13 塑膠閥一般項目說 明.....	100
3-7 DWV ABS管和配 件.....	99		
3-8 乙烯基氟(Kynar			

第四章 塑膠管的安裝，試驗和修理

Installing, Testing, and Repairing Plastic Pipe..... 102

4-1 簡介.....	102	4-4 支架安裝注意點...	106
4-2 安裝人員.....	102	4-5 錨碇和導件.....	107
4-3 塑膠管的儲存和處 理.....	103	4-6 塑膠管地上安裝注 意點.....	108

4 - 7	挖溝.....	111	4 - 22	縫隙試驗.....	119
4 - 8	管的蛇形化.....	112	4 - 23	塑膠管試驗注意點	119
4 - 9	錨碇或其他連接...	113	4 - 24	螺紋系統.....	120
4 - 10	混凝土錨碇.....	113	4 - 25	凸緣系統.....	120
4 - 11	止推塊的構造.....	113	4 - 26	PVC 管損害的換 裝.....	120
4 - 12	升管.....	113	4 - 27	使用整體鐘形末端 和一雙鐘形聯結器 的程序.....	121
4 - 13	犁裝.....	114	4 - 28	熱塑型 (膠接 / 熔 接).....	121
4 - 14	回填.....	114	4 - 29	焊接程序.....	122
4 - 15	連接管節.....	114	4 - 30	熱固型.....	125
4 - 16	管子位置.....	114	4 - 31	閥.....	125
4 - 17	公路和鐵道處的安 裝.....	115	4 - 32	塑膠管路修理注意 點.....	125
4 - 18	塑膠管地下安裝注 意點.....	115			
4 - 19	初步試驗.....	115			
4 - 20	高壓試驗.....	117			
4 - 21	地下管試驗注意點	118			

第五章 成本比較 Cost Comparisons..... 126

5 - 1	簡介.....	126	5 - 9	列表的其他假設...	132
5 - 2	材料費.....	126	5 - 10	如何使用這些表格	135
5 - 3	初步安裝工資.....	127	5 - 11	地下加壓管路.....	135
5 - 4	材料種類.....	127	5 - 12	地下加壓管路.....	139
5 - 5	接合方法的選擇...	127	5 - 13	地下大口徑排水管 路.....	139
5 - 6	接頭數目.....	127	5 - 14	閥.....	139
5 - 7	管路環境.....	132			
5 - 8	工資率和生產力...	132			

第六章 塑膠管路應用 Plastic Piping Applications..... 140

6 - 1	簡介.....	140	6 - 2	加熱，空氣調節和	
-------	---------	-----	-------	----------	--

	冷凍.....	140		145
6-3	廢水處理使用塑膠 的場合.....	140	6-8	灌溉和送水系統的 塑膠管.....	146
6-4	採礦，石油和瓦斯 工業用塑膠管.....	142	6-9	娛樂業用塑膠管路	146
6-5	水處理系統塑膠管	143	6-10	排水，廢液和通風 用塑膠管路（DWV 管路）.....	147
6-6	化學和食品工業用 塑膠管.....	144	6-11	塑膠管的其他應用	148
6-7	發電廠用塑膠管路				
附 錄.....			152		
索 引.....			180		

第一章 材料的選擇

Material Selection

1-1 簡介 (Introduction)

塑膠用樹脂有兩大基本類型——熱塑型和熱固型。熱塑型樹脂可以重覆加熱並改變形狀。PVC，CPVC，聚烯類（PP，PE，PB）和ABS 皆是。（見附錄A縮寫字彙）

熱固型樹脂則一旦硬化，便保持其物性和化性無法再加以改變。玻璃纖維強化的環氧樹脂和酚樹脂屬之。

塑膠管路系統也依其製造的樹脂材料來分別。樹脂的性質通常因製造商改變其特殊配方而有所不同。因此不同的製造商就同一種樹脂製出的產品，品質略有差別。本書採用的是其平均值，只供作參考的指標。

塑膠並非是萬能的材料，工程師無法依買主的價格就想作出適合每種用途的產品，不過它仍是工程上一項經濟的材料。然而要把塑膠成功的應用到管路系統上，必須先知道並瞭解塑膠材料的物理特性。

材料的定義 (DEFINITIONS OF MATERIALS)

1-2 熱塑型塑膠 (Thermoplastics)

聚氯乙烯 (Polyvinyl Chloride PVC) —— 由氯乙烯 (vinyl Chloride) 單體聚合，和其他聚合體及拼料化合組成。PVC 樹脂有數種型態和等級，就我們的目的而言，需要第 1 型第 1 級的 PVC。

PVC 具多方面的用途且費用經濟，在熱可塑型管路材料中的用量為其他樹脂的兩倍。

氯化聚氯乙烯 (Chlorinated Polyvinyl Chloride CPVC) —— 這種樹脂是氯化程度較高的 PVC 類樹脂。IV 型，1 級的 CPVC 是本書中所採用數據的類型。CPVC 的性質和 PVC 很相近，不過它的可塑溫度比 PVC 高 $60 \sim 70^{\circ}\text{F}$ ，而達到 210°F ，因此在熱流體方面應用較多。

丙烯腈 - 丁二烯 - 苯乙烯 (Acrylonitrile - Butadiene - Styrene ABS) —— 這種樹脂中最少含有 6 % 丁二烯和 15 % 苯乙烯，是一種可耐久的材料。ABS 管路多用於排水，廢液和通風設備等方面。

聚乙烯 (Polyethylene PE) —— 由乙烯 (ethylene) 單體聚合而成。它的機械強度較低，不過耐藥品性佳，在 120°F 以下的溫度使用效果良好。它的主要市場是在水和氣體的輸送管路，在不同的材料密度下，各具獨特的性質。

聚丙烯 (Polypropylene PP) —— 由丙烯 (propylene) 單體聚合而成。它是熱塑型塑膠中最輕的，並通常比其他塑膠具更佳的耐藥品性。PP 使用在某些加壓的情況，不過絕大多數是用在低壓管路和酸廢液排洩系統。

聚丁烯 (Polybutylene PB) —— 由丁烯 (Butenex) 單體聚合而成。它的著明特性是沒有蠕變 (creep)，並具極佳的應力裂化 (stress - cracking) 抗力。PB 多用在水和氣體輸送管市場。

聚偏二乙烯氟 (Polyvinylidene Fluoride PVF₂) (Kynar 商名，Pennwalt 公司產品) —— 這樹脂是由二氯乙烯氟 (vinylidene fluoride) 組成的高分子量均相聚合體。它們耐藥品性特強，用在化工廠最多。

聚氯化乙醚 (Chlorinated Polyether) (Penton 商名，Hercules 公司產品) —— 這種樹脂已經不再製造，它只用於少量的管，閥和配件的製造。

醋酸丁酸纖維 (Cellulose Acetate Butyrate CAB) —— 它是由醋酸丁酸纖維酯和可塑劑及其他拼料化合而成。這種酯類是一種纖維素的衍生物 (從棉花或木漿中取得)。CAB 用於氣體場和油場，日可

製成透明的形式。

聚偏二氯乙烯 (Polyvinylidene Chlorides) (Saran 商名, Dow Chemical Co. 產品) —— 這種樹脂由二氯乙烯 (vinylidene chlorides) 的聚合體 (或共聚體) 加上其他不飽和化合物而成, 多用為鋼管和配件的襯料。

橡膠改質苯乙烯 (Rubber Modified Styrene SR) —— 此種塑膠最少含有 50 % 帶橡膠的苯乙烯, 再加上其他化合物, 其中丙烯腈不可大於 15 %。SR 破裂阻力 (crush resistance) 極佳, 主要用於地下排水管。

聚四氟乙烯 (Polytetrafluoroethylene PTFE) 和氟化乙烯丙烯 (Fluorinated Ethylene Propylene FEP) (Teflon, 鐵氟龍商名, Dupont 杜邦公司產品) —— 這兩種樹脂全部由碳和氟化物組成, 並用高強度的填充劑 (fillers) 打底。單體是用一氯二氟甲烷 (chlorodifluoromethane) (Freon 22 弗利昂, 商名) 藉高溫分解 (pyrolysis) 而成。TFE 和 FEP 的耐藥品性和潤滑性 (lubricity) 都極佳, 不過由於價格較昂, 而降低了它們的使用範圍。

1-3 熱固型塑膠 (Thermosets)

強化塑膠 (Reinforced Plastics RP) —— 由於使用高強度的填充劑打底, 這類塑膠的強度比基本的樹脂還要高。最近美國材料試驗協會 (American Society for Testing and Materials ASTM) 和美國石油協會 (American Petroleum Institute API) 決定把強化熱固型塑膠管簡寫成 RTRP。

玻璃纖維強化塑膠 (Fiberglass Reinforced Plastics FRP) —— 這類塑膠主要的樹脂是環氧類 (epoxy) 和聚酯類 (polyester) , 加上玻璃纖維 (glass fibers) 予以強化, 用來製造管件和配件。聚酯類包括苯二醇 (bisphenol) , 氯化物, 普通目的的, 和異酞酸酯 (isophthalic) , 玻璃纖維則用 E 級品的多, 管件襯料用的則採用 C 級。

玻璃纖維強化環氧樹脂 (Fiberglass Reinforced Epoxy) —— 環氧樹脂可自酚二醇, 酚醛清漆 (novlacs) 或脂環族 (cycloaliph-

atics) 等的衍生物縮水甘油乙醚 (diglycidylethers) 製造。環氧樹脂必須加入硬化劑 (hardener) 或催化劑 (catalyst) 才能硬化至所欲的性質，強化的玻璃纖維正常是用 E 級品。環氧類已被應用於管子和儲槽的建造，不過聚酯類和乙烯酯類在這方面成長迅速，有取而代之之勢。環氧類對稀酸，溶劑和鹼有良好的抵抗性。

玻璃纖維聚酯 (Fiberglass Reinforced Polyester) —— 聚酯樹脂包括直鏈的聚酯，交聯 (cross-linking) 的單體，及防止交聯作用發生的抑制劑 (inhibitors)。它有許多種的配方，用於管件，儲槽和導管方面最普遍的聚酯類是苯二醇，氯化的，普通目的的和異酞酸酯。由於價格便宜，抗腐蝕性強，FRP 管，配件，幫浦和儲槽多採用這種樹脂。

玻璃纖維強化乙烯酯 (Fiberglass Reinforced Vinylester) —— 乙烯樹脂是用苯乙烯稀釋，自由離子引發 (free-radical initiated)，和聚酯系統有相似催化劑和促進劑 (promoter) 的樹脂。這種樹脂還算很新，對於氯，強酸和漂白劑在高溫狀態下的抵抗性特佳。

玻璃纖維強化呋喃樹脂 (Furan, 商名, Furan 公司產品) —— 這類樹脂主要是由糠醛 (furfuraldehyde) 和糠醇 (furfuryl alcohol) 衍生出來的。這種材料抗溶劑性極佳，但是不耐燃燒，在製造儲槽時多和聚酯樹脂混合使用。由於加工困難，許多製造商根本不用它。

藍石棉強化環氧和酚醛樹脂 (Blue-Asbestos-Reinforced Epoxy and Phenolics) —— 環氧和酚醛樹脂使用藍石棉來強化，主要的優點是藍石棉的熱膨脹係數小且抗腐蝕性強。

壓克力管 (Methyl Methacrylate MMA) —— 這種樹脂是由甲基丙烯酸甲酯聚合而成，由於硬度大，透明性特佳，易著色，多製成板以取代玻璃，管件多用於裝飾方面。

下列章節所討論的產品並不完全包括上述各種材料，只提出最常用及來源無虞的材料。

物理性質 (PHYSICAL CHARACTERISTICS)

表 1.1 列出普通塑膠管材料的物理性質，以便設計工程師和使用人

表 1.1.1 普通塑膠材料的物理性質

物 性	PVC	CPVC	ABS	PP	PE	KYNAR ^R	FRP ^{***} 環 氧 類	FRP ^{***} 聚 酯 類
比 重	1.38	1.54	1.04	0.91	0.95	1.76	1.80	1.50
抗 張 強 度 psi @ 73°F	7,000	7,300	5,500	4,900	3,400	6,800	9,000	9,000
張 力 彈 性 係 數 psi @ 73°F	4.51×10^5	3.65×10^5	3.1×10^5	1.5×10^5	0.7×10^5	2.0×10^5	13.0×10^5	1.3×10^5
壓 縮 強 度	9,600	15,500	7,700	8,500	不可用	10,000	19,000	19,000
撓 曲 強 度 psi	14,500	14,500	10,000	8,500	2,800	不可用	25,000	19,000
膨 脹 係 數 in/in/°F	2.8×10^{-5}	4.4×10^{-5}	5.6×10^{-5}	3.8×10^{-5}	8.3×10^{-5}	8.5×10^{-5}	1.23×10^{-5}	1.7×10^{-5}
熱 傳 導 度 Btu/hr/sq ft/°F/in	1.05	0.96	1.4	1.3	3.5	1.5	1.8	1.3
燃 燒 速 率 ^{**} (耐 燃 性)	自 熄	自 熄	慢	慢	慢	白 熄	慢	慢
熱 變 形 溫 度 °F @ 264 psi	165	215	197	150	170	195	275	300
水 吸 收 率 %/24 hr @ 73°F	0.07	0.11	0.33	0.03	0.01	0.04	0.03	0.20
懸 臂 梁 式 撞 擊 試 驗 ft lbs/in notch, @ 73°F	0.8	6.3	4.5	2.1	7.0	3.8	50.0	35.0

* 所列數字為估計值，各製造商加入改質劑不同，物性就不同。

** 只要加入防火劑，大部份塑膠皆有降低的易燃性。

*** 所列的為平均值。

有一方便的手邊資料。(通用的塑膠工業術語字彙請看附錄A)。該注意的是，塑膠管，閥，配件的實際性質並不完全和表列者相符，表列的數值範圍由於基本樹脂添加劑(additives)的不同而有所改變，大部份的數值是取通用塑膠材料的特殊性質數據加以平均而得。

表 1.1 的塑膠物理性質工程上的定義如下：

膨脹係數(Coefficient of Expansion)

溫度改變一單位時試片長度的改變量。

壓縮強度(Compressive Strength)

試片單位面積所能承受的最大壓裂重量。

耐燃性(Flammability)

試片在火焰中維持不燃狀態的時間。

撓曲強度(Flexural Strength)

塑膠材料彎曲時的強度。它以彎曲試片在斷裂時最外面纖維的應張力(tensile stress)表示之。

熱變形點或溫度(Heat-Distortion Point, or Temperature)

試片在所予重量下偏折一段距離時的華氏溫度。

懸臂樑式撞擊強度(Izod Impact Strength)

凹口試片在擺錘鐘撞擊機突落時的抵抗力。

彈性係數(Modulus of Elasticity)

材料彈性變形時的應力除以伸長的吋數值。

吸水率(Water Absorption)

材料浸在水中一段時間所吸收的水占全部重量的百分比。

比重(Specific Gravity)

材料的密度和 4°C 時水的密度的比值。

抗張強度(Tensile Strength)

試片斷裂時的拉力除以斷裂面的面積。

熱傳導度(Thermal Conductivity)

在所予溫度差下，一定厚度和面積的材料藉傳導作用傳送熱所須的時間。

1-4 抗腐蝕性(Corrosion Resistance)