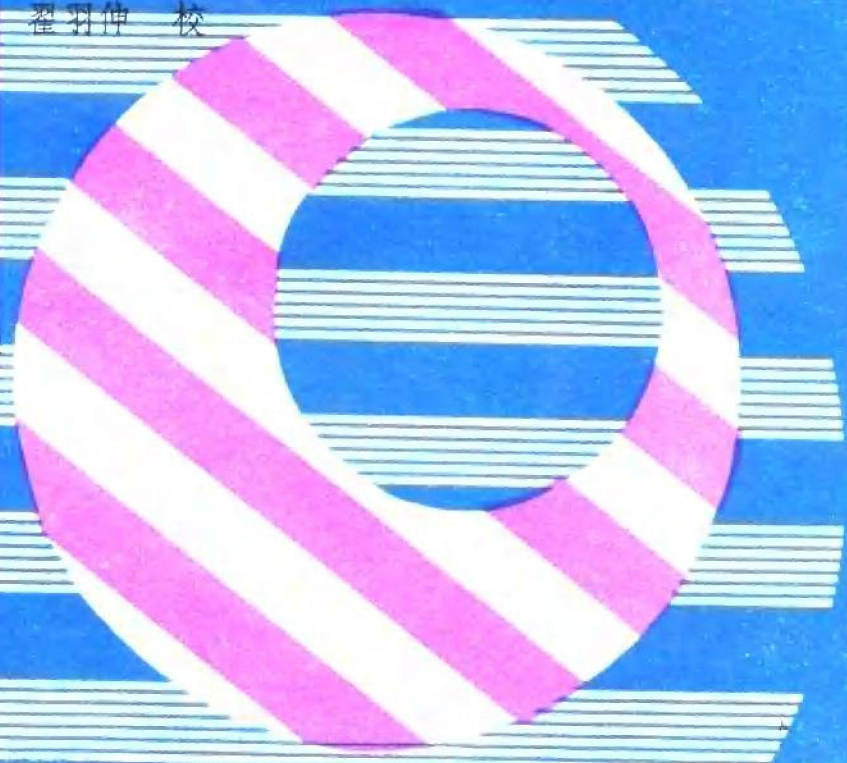


# 塑料成型加工技术

[日] 廣惠章利 本吉正信 著 李美云 张晋纯 译  
翟羽仲 校



中国计量出版社

82.384  
770

# 塑料成型加工技术

[日] 廣惠章利 本吉正信 著

李美云 张晋纯 译

翟羽伸 校

3/K218/12

中国轻工业出版社

## 内 容 简 介

本书第一部分系统地论述了聚合物的化学结构和各种改性方法，各种塑料材料的物理、化学性能和特点，还介绍了塑料材料的各种成型加工方法。

第二部分介绍各种注塑模具、注塑机的工作原理、结构、性能特点，以及注塑成型工序中的控制方法，详细论述了各种塑料材料的注塑成型技术和工艺条件，对制品出现的各种质量问题及解决方法也做了详尽说明。此外，还介绍了塑料制品的设计和装饰方法。

本书适用于塑料加工行业及从事塑料模具设计、制造的技术人员和工人阅读。

## プラスチック成形加工入門

廣惠章利 本吉正信 著

日刊工業新聞社 1984

### 塑料成型加工技术

〔日〕廣惠章利 本吉正信 著

李美云 张晋纯 译

翟羽伸 校

责任编辑 刘宝兰

—

中国计量出版社出版

北京和平里11区7号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

—

开本 787×1092/32 印张 9.5 字数 208 千字

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

印数 1—5 000

ISBN 7-5026-0286-0/TB·236

定价 6.00 元

## 译 者 的 话

随着科学技术的发展和人民生活水平的提高，塑料制品越来越多地出现在人们周围。由于塑料材料具有许多优秀的特性，如重量轻、强度高、不腐蚀、易于加工以及良好的电气特性等，被广泛地用来代替木材、金属、纸张、棉、毛等。随着技术的发展，塑料材料有着更加广阔的应用前景。

塑料加工是将材料变成制品的必要的过程，塑料加工技术关系到能否充分发挥材料和设备的性能，高效率地制造出高性能、高质量的产品，关系到设备、模具的使用寿命。

本书全面介绍塑料加工中的各种技术问题和必备的基础知识，重点叙述了应用最多的注塑成型技术。以实用见长，适合于我国从事塑料加工的工人、技术人员阅读。

本书在翻译过程中得到北京市模具协会副理事长刘兴中同志的大力支持。李慎安同志对书中的国际单位进行了审校。在此对参加本书审校、支持本书翻译出版工作的同志表示衷心感谢。

译者水平所限，书中谬误、不妥之处难免，希望读者给予批评指正。

译 者

1989.5月

41414

# 本书所采用的工程制单位以及 英制单位与我国法定计量单位的 对应关系表

以下表中给出六位有效数，凡属于准确值者，在第三栏的关系中，注以星号(\*)。书中把表示力的单位 kgf 与质量的单位 kg 不加区分地混用，在编辑加工过程中，均根据文字前后叙述明确地区别开来，在表示力时原书用 kg 的地方改成了 kgf。在下表中，亦使用正确的单位符号给出。

书中给出的艾佐德冲击试验 (Izod impact-testing) 的值采用了 kg·cm/cm<sup>2</sup>、ft·lb/in 以及 kg·cm/cm<sup>2</sup> 等单位，根据该试验原理，应表达为：冲击锤位能损失除以面积，在编辑加工中均已改为 kgf·cm/cm<sup>2</sup> 或 ft·lbf/in<sup>2</sup>。

量的名称	原单位	法定计量单位的相应值
压力；正应力； 切应力；弹性模量； 切变模量；体积模量	kgf/mm <sup>2</sup> (千克力每平方毫米)	9.806 65 N/mm <sup>2</sup> * 9.806 65 MPa*
	kgf/cm <sup>2</sup> (千克力每平方厘米)	9.806 65 N/cm <sup>2</sup> * 98.066 5 kPa*
动力粘度	P (泊)	10 <sup>-1</sup> Pa·s*
功率	英制马力, HP	7.457 00 × 10 <sup>2</sup> W
力；重力	kgf(千克力)	9.806 65 N*
	lbf(磅力)	4.448 22 N
冲击韧性 (Izod 冲击试验) (本译稿中称冲击强度)	kgf·cm/cm <sup>2</sup> ft·lbf/in <sup>2</sup>	98.066 5 mJ/cm <sup>2</sup> * 0.304 569 J/cm <sup>2</sup>

## 序

本书是作者等人合著的“塑料物性入门”一书的姐妹篇，书中全面介绍了塑料成型加工中的各种问题，并重点论述了成为当前塑料成型工业核心的注射成型技术。为了正确理解注射成型，除塑料材料的基础知识、材料的成型特性之外，还需要掌握各种塑料的成型方法。

因此，本书首先在第一部分总论中叙述了塑料成型加工的基础知识以及各种塑料的成型方法；在第二部分注射成型加工中，详细论述了注射成型技术及其有关的各种问题。

塑料成型品在质量上的要求非常多，通常可将其归纳为产品外观、尺寸精度、功能（物性）等三项。在上述“塑料物性”一书中，已介绍了塑料材料具有的物性，同时也论述了塑料的成型特性及尺寸特性；本书可以说是它的应用篇，重点从成型技术方面解说塑料成型品质量上的各种问题。

本书内容包括成型材料、成型机械、模具以及从成型操作至二次加工等范围很广的一系列问题，在编写时，对上述各种问题尽量给予详细地解释，并注意浅显易懂，对难以理解的专业术语都加以注释，数学式也限于最低限度；相反，尽可能地丰富图表和照片等，以便于读者理解。

本书作为成型加工的专业书，适用于塑料成型专业的技术人员，同时，其他专业的技术人员在利用塑料时也可将它作为一本很好的参考书。

在编写本书时，多处引用已出版的专业书、同行业杂志、材料厂家和设备厂家的产品说明、技术资料等宝贵资料。再次表示深切的谢意。

# 目 录

## 第一章 总 论

1. 前言——现状和未来 .....	(1)
2. 聚合物的结构和改性 .....	(6)
2.1 聚合物结构 .....	(6)
2.1.1 聚合物 .....	(6)
2.1.2 橡胶、塑料、纤维 .....	(9)
2.1.3 成束性 .....	(10)
2.1.4 结晶性 .....	(11)
2.1.5 弹性体 .....	(14)
2.2 聚合物的改性 .....	(16)
2.2.1 防止聚合物的分解 .....	(16)
2.2.2 阻燃性 .....	(18)
2.2.3 柔软性 .....	(20)
2.2.4 轻化和重化 .....	(21)
2.2.5 硬化和强化 .....	(23)
2.2.6 聚合物的混合 .....	(25)
3. 塑料成型材料 .....	(27)
3.1 塑料的种类 .....	(27)
3.2 热固性塑料 .....	(30)
3.2.1 酚醛树脂 .....	(31)
3.2.2 氨基树脂 .....	(33)
3.2.3 不饱和聚酯 .....	(34)

3.2.4 环氧树脂 .....	(35)
<b>3.3 热塑性塑料 .....</b>	<b>(36)</b>
3.3.1 结晶性塑料 .....	(36)
3.3.2 非晶塑料 .....	(42)
3.3.3 新型塑料 .....	(45)
<b>3.4 制品的使用特性 .....</b>	<b>(46)</b>
3.4.1 电性能 .....	(46)
3.4.2 机械性能 .....	(48)
3.4.3 建材性能 .....	(50)
3.4.4 运输、包装性能 .....	(51)
<b>4. 成型加工法概述 .....</b>	<b>(52)</b>
<b>4.1 成型加工法原理 .....</b>	<b>(52)</b>
4.1.1 熔化(可塑化) .....	(53)
4.1.2 流动(成型) .....	(54)
4.1.3 冷却 .....	(56)
<b>4.2 成型加工的方法和机械 .....</b>	<b>(58)</b>
4.2.1 压塑成型 .....	(59)
4.2.2 压铸成型 .....	(62)
4.2.3 注塑成型 .....	(62)
4.2.4 挤塑成型 .....	(64)
4.2.5 吹塑成型 .....	(72)
4.2.6 压延成型 .....	(73)
4.2.7 热成型 .....	(75)
4.2.8 流动成型 .....	(78)
4.2.9 积层成型 .....	(80)

## 第二章 注 塑 成 型

<b>5. 注塑成型的模具 .....</b>	<b>(81)</b>
<b>5.1 注塑成型模具的基本构造 .....</b>	<b>(81)</b>



5.1.1	注塑成型模具的种类 .....	( 81 )
5.1.2	模座 .....	( 84 )
5.1.3	阴模 .....	( 84 )
5.2	流道及浇口 (流道系统) .....	( 85 )
5.2.1	注口 .....	( 85 )
5.2.2	流道 .....	( 86 )
5.2.3	余料槽 .....	( 87 )
5.2.4	浇口的开法 .....	( 88 )
5.2.5	浇口的种类 (形状) .....	( 89 )
5.2.6	无流道料模具 .....	( 97 )
5.2.7	排气孔 .....	( 103 )
5.3	成型品脱模装置 .....	( 103 )
5.3.1	制品的取出 .....	( 103 )
5.3.2	流道料脱模 .....	( 106 )
5.4	凹槽的处理 .....	( 108 )
5.4.1	什么叫凹槽 .....	( 108 )
5.4.2	避免凹槽的制品设计 .....	( 108 )
5.4.3	凹槽部分的强制脱模 .....	( 109 )
5.4.4	滑移模芯结构 .....	( 110 )
5.4.5	对开式模具 .....	( 115 )
5.5	模具的温度控制 .....	( 116 )
5.5.1	温度控制的必要性 .....	( 116 )
5.5.2	温度控制方法 .....	( 117 )
6.	注塑机 .....	( 118 )
6.1	注塑机的种类 .....	( 118 )
6.2	注射装置 .....	( 122 )
6.2.1	典型注射装置的构造与特点 .....	( 122 )
6.2.2	螺杆式注射装置的主要部分 .....	( 126 )
6.2.3	排气式注射装置 .....	( 133 )
6.3	合模装置 .....	( 135 )
6.3.1	直压式合模装置 .....	( 135 )

6.3.2 肘杆式合模装置 .....	(138)
6.3.3 肘杆直压式合模装置 .....	(142)
6.4 成品的脱模装置 .....	(144)
6.4.1 机械式脱模装置 .....	(144)
6.4.2 液压式脱模装置 .....	(145)
6.5 液压装置 .....	(146)
6.5.1 液压的基础知识 .....	(146)
6.5.2 液压缸 .....	(148)
6.5.3 油压泵 .....	(151)
6.5.4 液压阀 .....	(154)
6.5.5 蓄压器 .....	(156)
6.6 注射成型工序的控制方法 .....	(157)
6.6.1 基本考虑方法 .....	(157)
6.6.2 固体电路的利用 .....	(158)
6.6.3 注射工序的程序控制 .....	(159)
6.6.4 利用计算机的注射成型工序控制 .....	(165)
6.7 注塑机的性能及其表示方法 (产品样本的查看 方法) .....	(166)
6.7.1 选择注塑机时的注意要点 .....	(166)
6.7.2 与成型品大小有关的性能 (成型能力) .....	(166)
6.7.3 与模具大小有关的性能 (有关模具方面的尺寸) .....	(171)
6.7.4 与成型周期有关的性能 .....	(174)
7. 外围机器 .....	(174)
7.1 外围机器的含义 .....	(174)
7.2 与成型材料的处理和供给有关的机器 .....	(175)
7.2.1 箱形干燥机 (恒温箱) .....	(175)
7.2.2 料斗干燥器 .....	(175)
7.2.3 装料机 .....	(177)
7.2.4 粉碎机 .....	(177)
7.3 与取出成品有关的机器 .....	(180)
7.3.1 成品的自动取出装置 .....	(180)

7.3.2 成品的落下确认装置 .....	(183)
7.3.3 传送带.....	(185)
7.4 模具的温度调整装置 .....	(186)
8. 实际的注塑工艺.....	(188)
8.1 成型材料流动特性的表示方法 .....	(188)
8.1.1 熔流指数.....	(188)
8.1.2 螺线流长度.....	(188)
8.2 典型塑料材料的注射成型要点 .....	(189)
8.2.1 结晶性塑料的注射成型 .....	(189)
8.2.2 非结晶性塑料的注射成型 .....	(194)
8.3 特殊材料的注射成型 .....	(197)
8.3.1 玻璃纤维增强塑料的注射成型.....	(197)
8.3.2 阻燃塑料的注射成型 .....	(197)
8.3.3 低泡沫塑料的注射成型 .....	(198)
8.4 热固性塑料的注射成型 .....	(201)
8.4.1 热固性塑料注射成型法概要 .....	(201)
8.4.2 热固性注射成型材料 .....	(203)
8.4.3 注射成型条件.....	(205)
8.4.4 热固性树脂注塑模具的注意要点 .....	(205)
8.4.5 热固性塑料用注塑机 .....	(206)
8.5 成型材料的预干燥 .....	(209)
8.5.1 预干燥的必要性 .....	(209)
8.5.2 预干燥的方法.....	(210)
8.6 成型材料的着色 .....	(211)
8.6.1 使用干色料的方法 .....	(211)
8.6.2 使用色母料的方法 .....	(212)
8.6.3 使用挤塑机的方法 .....	(212)
8.6.4 采用液体着色剂的方法 .....	(213)
8.7 更换材料(清理作业) .....	(213)
8.7.1 同一种树脂改变颜色 .....	(213)
8.7.2 异种材料的清理 .....	(214)

8.8 成型不良的产生原因及其解决方法 .....	(215)
8.8.1 缺料 (充填不足) .....	(215)
8.8.2 溢料 .....	(216)
8.8.3 凹陷 .....	(217)
8.8.4 气泡 .....	(218)
8.8.5 裂纹、龟裂 .....	(218)
8.8.6 泛白 .....	(219)
8.8.7 翘曲、扭曲 .....	(219)
8.8.8 熔合纹 (熔合痕) .....	(221)
8.8.9 波流痕 .....	(223)
8.8.10 喷纹 .....	(224)
8.8.11 银丝纹 .....	(225)
8.8.12 糊斑 .....	(225)
8.8.13 黑条线 .....	(226)
8.8.14 光泽不良 (雾浊) .....	(226)
8.8.15 表面剥落 .....	(226)
9. 成型品的质量 .....	(227)
9.1 成型品的尺寸精度 .....	(227)
9.1.1 成型品出现尺寸误差的原因 .....	(227)
9.1.2 成型品的尺寸精度与模具构造的关系 .....	(228)
9.1.3 成型收缩率 .....	(231)
9.1.4 注射成型品的标准尺寸精度 .....	(239)
9.2 塑料成型品的实用物性 .....	(241)
9.2.1 一般的特征 .....	(241)
9.2.2 耐热特性的重要性 .....	(243)
9.3 成型品的机械性质 .....	(243)
9.3.1 与模具设计、成型方法等因素的关系 .....	(243)
9.3.2 残余应力对成型品的破坏 .....	(248)
9.4 成型品的加热、调湿处理 .....	(251)
9.4.1 退火 .....	(251)

9.4.2 后烘 .....	(253)
9.4.3 调湿处理 .....	(253)
<b>10. 成型品的设计 .....</b>	<b>(254)</b>
<b>10.1 成型品设计的基础 .....</b>	<b>(254)</b>
10.1.1 设计方法 .....	(254)
10.1.2 模具分型线的决定方法 .....	(254)
<b>10.2 结构设计要点 .....</b>	<b>(255)</b>
10.2.1 脱模斜度 .....	(255)
10.2.2 壁厚 .....	(256)
10.2.3 加强筋 .....	(257)
10.2.4 凸台 .....	(258)
10.2.5 用螺钉连接成型品 .....	(259)
<b>10.3 装饰成型品(加饰)的方法 .....</b>	<b>(262)</b>
10.3.1 加饰方法的种类 .....	(262)
10.3.2 文字、数字、符号、装饰线 .....	(264)
10.3.3 花纹加工面 .....	(264)
<b>11. 成型品的修饰和二次加工 .....</b>	<b>(265)</b>
<b>11.1 修饰 .....</b>	<b>(265)</b>
11.1.1 修饰浇口 .....	(265)
11.1.2 抛光 .....	(266)
11.1.3 打孔 .....	(267)
<b>11.2 粘合 .....</b>	<b>(267)</b>
11.2.1 溶剂粘合 .....	(267)
11.2.2 粘合剂粘合 .....	(268)
<b>11.3 热熔接 .....</b>	<b>(269)</b>
11.3.1 热铆 .....	(269)
11.3.2 超声焊接 .....	(270)
<b>11.4 涂布与印刷 .....</b>	<b>(272)</b>
11.4.1 关于塑料涂布应当了解的事项 .....	(272)
11.4.2 涂料 .....	(273)

11.4.3 印刷 .....	(273)
11.5 热压印 (烫印) .....	(275)
11.5.1 热压印的含义 .....	(275)
11.5.2 热压印箔片 .....	(275)
11.5.3 加工方法 .....	(276)
11.6 电镀 .....	(278)
11.6.1 真空镀膜 .....	(278)
11.6.2 塑料电镀 (电解电镀) .....	(279)
附录 .....	(插页)

# 第一章 总 论

## 1. 前言——现状和未来

蛋白质、纤维质等高分子物质是构成动物、植物及一切生物的基本成分。进入本世纪后，人类就已经能够用适当的化学反应来生产这样的高分子物质了。

1939年~1945年的第二次世界大战促进了合成化学工业的显著发展，技术方面取得了显著的进步，产量上也有了巨大增长，出现了一个塑料时代。这种合成的高分子物质是一种与天然高分子物质截然不同的新的化合物，它不但具有天然高分子的特长，而且具有新的性能特点，是一种优秀的材料。塑料具有轻、易于成型加工、透明、不怕水、不生锈、绝缘、绝热等优越性能，对提高人类生活用品的水平有着重要意义。塑料已被大量地使用，而且应用将越来越广泛。今天，塑料确实已成为我们日常生活中不可缺少的东西了。我们的周围从家用电器到各种日用品，从涂料、粘接剂直至建材、包装材料无不受惠于塑料。

塑料可以定义为：以具有极大分子量的有机化合物为主体，通常产品为固态，在变为固态的过程中在热、压力等作用下能够流动、可以自由地成型的一簇材料。也可以简单地认为：塑料是由有机高分子化合物构成，并能够自由成型的一类材料。虽然是高分子化合物，但如果不能够自由成型就不能称作塑料。如果把这种高分子材料改性或添加辅助材料使之能够自由成型，那么按道理讲也应该叫做塑料。譬如

说，纤维素是高分子材料，但不能够自由成型，在其中加入醋酸或是丁酸和醋酸就变成了醋酸纤维素或丁酸醋酸纤维素，就可以自由成型，这样它也就加入到塑料行列中来了。

塑料能够自由成型是一个很大的优点，这个优点也正是其名称的起因。塑料一词的英文是Plastics，该词源于希腊语，具有“生长”“造型”“发展”等意思，后来把这个词当作形容词使用，意思是“具有可塑性的”，最后才形成塑料这样一个名词。

孟山都化学公司的普拉尔兹认为，理想的塑料材料应该象钢一样强；象羽毛一样轻；象玻璃一样透明；象石英一样耐热；象纸一样便宜。目前还制造不出符合上述全部条件的塑料。但是，譬如与碳素纤维或与晶须的复合塑料就比钢的强度还要高；利用发泡技术制取的塑料象羽毛一样轻；象玻璃一样透明的塑料都已经能够制造。但是现在还制造不出能够满足上述全部条件的塑料，而且据认为恐怕今后也不可能合成。然而，根据不同的使用要求制造具有各种不同优异特性的塑料是可能的。

下面我们将简述具有上述优异特性的塑料的发展过程和今后的前景。

赛璐珞大概是历史最悠久的塑料。1870年美国海厄特第一个利用硝酸将天然纤维素变为硝化纤维素，再加入樟脑制成可以成型的赛璐珞。但是它是由天然高分子衍生制取的。最早由低分子物质制取的塑料是贝克兰特博士制造的酚醛树脂。贝克兰特博士用苯酚和甲醛水进行反应，生成树脂状粘稠物，并研究出使之成型的方法，因此这种树脂就以发明者的名字命名，至今也有人将酚醛树脂叫做贝克兰特，塑料由此而诞生。酚醛树脂是热固性树脂，具有耐热性和良好的电



绝缘性，主要用于插座、插头、绝缘性积层板等电气产品，真正大量使用酚醛树脂是在第二次世界大战后。

战前日本塑料工业最兴盛的时期在1940年左右，当时以煤作原料，年产酚醛树脂7000吨，尿素树脂50吨，这些数字在今天看来自然是微不足道的。战后日本由美国和其他国家引进了各种塑料技术，尤其是以石油为原料的热塑性塑料的进展更引人注目。以石油作为生产塑料的原料是从1957年用石脑油裂解制取乙烯开始的。其后日本塑料产量的发展情况如图1.1所示。1965年约190万吨，1974年670万吨

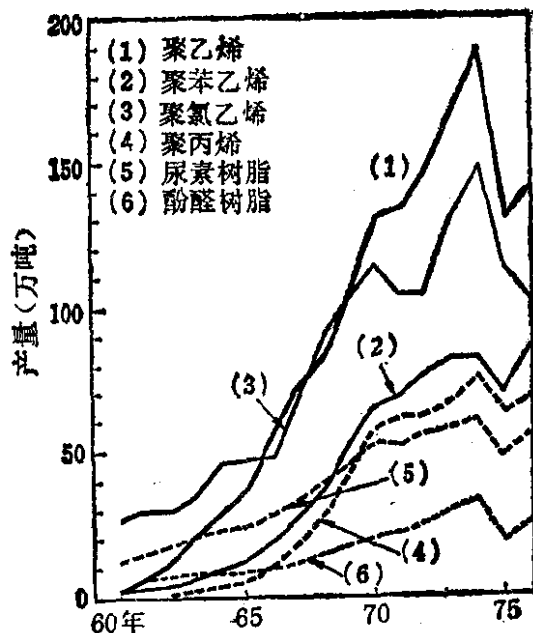


图 1.1 塑料产量的发展  
(日本)

居世界第二位。当时由于发生石油危机，随着石油价格的上升和经济的不景气使产量在1975年下降到516万吨，1976年又回升到580万吨，1977年提高到584万吨，显示出复苏的趋势。

这3年中世界塑料的产量如表1.1所示，1975年世界性石油危机对塑料产量的影响在第二年就开始减弱了。

表1.1 世界塑料产量 (单位: 1000吨)

	美	西德	日本	苏联	意	法	英	其他	总计
1974	12,445	6,271	6,693	2,500	2,650	2,616	1,865	9,738	44,788
1975	9,626	5,046	5,167	2,800	2,150	2,030	1,662	9,988	38,469
1976	12,400	6,440	5,803	(3,100)	(2,500)	(2,400)	2,070	11,005	45,718