

曾守信 于清溪 编著

橡胶制品 生产手册



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

曾守信 于清溪 编著

橡胶制品 生产手册



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

橡胶制品生产手册/曾守信, 于清溪编著. —北京:
化学工业出版社, 2006. 3
ISBN 7-5025-8332-7

I. 橡… II. ①曾…②于… III. 橡胶制品-生产
工艺-技术手册 IV. TQ336-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 014223 号

橡胶制品生产手册

曾守信 于清溪 编著

责任编辑: 宋向雁 李晓文

文字编辑: 林 丹

责任校对: 宋 玮

封面设计: 潘 峰

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 7¼ 字数 184 千字

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8332-7

定 价: 19.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换
京化广临字 2006—11 号

前 言

为了帮助读者了解和掌握橡胶制品生产知识和技术，我们编写了本书。

本书在内容上，力求从橡胶制品生产实际出发，既有基础理论，又有生产实践经验，还进行了对比分析和评价，论述简明扼要，重点突出，深入浅出；在表述形式上，尽量采用图表，使读者一目了然。本书可供从事橡胶工业的生产、科研、经营等方面人员阅读参考。

本书部分内容摘自笔者参与编写的《橡胶原材料手册》（1996年化学工业出版社出版），在此基础上我们做了较大的修订和补充，但漏误之处仍在所难免，敬请读者不吝指正。

本书第1、4、5章由曾守信编写；第2、3章由于清溪编写，全书由于清溪统稿。

编者

2006年1月

目 录

第 1 章 绪论	1
第 2 章 橡胶特性与选择	5
2.1 橡胶结构性能与用途	11
2.1.1 橡胶分类名称及化学结构组成	11
2.1.2 橡胶主要特性及基本用途	13
2.2 常用橡胶性能比较	15
2.2.1 天然橡胶与异戊橡胶性能对比	15
2.2.2 丁二烯橡胶与丁苯橡胶性能对比	18
2.2.3 氯丁橡胶与丁腈橡胶性能对比	21
2.2.4 丁基橡胶与乙丙橡胶性能对比	24
2.2.5 聚硫橡胶、氯磺化聚乙烯、聚氨酯橡胶和丙烯酸酯 橡胶对比	27
2.2.6 乙烯醋酸乙烯橡胶、氯醚橡胶、硅橡胶和氟橡胶 对比	28
2.3 主要橡胶特性分析	28
2.3.1 耐老化性	28
2.3.2 耐电性	29
2.3.3 耐油性和耐溶剂性	29
2.3.4 耐水和酸碱性	34
2.3.5 耐高低温性	35
2.3.6 耐透气性	35
2.4 橡胶类型选用	36
2.4.1 基本综合物性	36

2.4.2 单项特性选取	42
2.4.3 橡胶类型实际应用	42

第3章 橡胶配合技术 46

3.1 配合与物性	46
3.2 配方组成及典型配合实例	55
3.3 一般配合方法	60
3.3.1 硫化体系配合	60
3.3.2 防护体系配合	66
3.3.3 补强填充体系配合	69
3.3.4 工艺操作体系配合	76
3.4 特性配合要点	79
3.4.1 天然橡胶特性配合技巧	79
3.4.2 合成橡胶特性配合技巧	83
3.4.3 橡胶并用改性效应	85
3.5 配方试验设计	87
3.5.1 配方变量试验因素与水准	87
3.5.2 配合变量选取方法	89
3.6 橡胶物性计算	91
3.6.1 回归法计算橡胶物性	91
3.6.2 经验法计算橡胶硬度	92
3.7 配方成本计算	94
3.7.1 配方相对密度计算	94
3.7.2 配方单价计算	95

第4章 橡胶加工工艺 96

4.1 塑炼	97
4.1.1 塑炼目的及机理	97
4.1.2 塑炼方法	99
4.1.3 几种主要橡胶的塑炼特性	103

4.2	混炼	108
4.2.1	混炼的基本理论	108
4.2.2	混炼方法	110
4.2.3	几种主要橡胶的混炼特性及混炼方法	119
4.2.4	混炼胶质量检验	121
4.2.5	几种主要原材料的识别方法	122
4.2.6	混炼工艺设备	125
4.3	压延	127
4.3.1	压延的基本特性	127
4.3.2	压延方法	128
4.3.3	压延质量影响因素及质量控制	136
4.3.4	压延工艺设备	138
4.4	涂胶	140
4.4.1	纺织物涂胶的工艺特征	140
4.4.2	涂胶液的基本技术要求	140
4.4.3	溶剂胶浆	141
4.4.4	涂胶用胶乳	146
4.4.5	涂胶工艺	146
4.5	压出	147
4.5.1	压出的基本特性	147
4.5.2	压出机类型及特点	149
4.5.3	压出口型设计	152
4.5.4	热喂料压出工艺	154
4.5.5	冷喂料压出工艺	160
4.5.6	几种主要橡胶的压出特性及改善压出性能措施	161
4.6	黏合	163
4.6.1	黏合的基本原理	163
4.6.2	橡胶与金属的黏合	164
4.6.3	橡胶与纤维织物的黏合	171
4.7	成型	172

4.7.1 橡胶制品成型的基本特征	172
4.7.2 成型方法	173
4.8 硫化	182
4.8.1 硫化的基本特性	182
4.8.2 正硫化及其测定方法	184
4.8.3 硫化条件的制订	186
4.8.4 硫化方法	192
4.8.5 硫化介质的选择	194
4.8.6 硫化工艺设备及适用范围	195
第5章 胶料及成品性能试验	197
5.1 胶料性能试验	197
5.1.1 未硫化胶性能试验	197
5.1.2 硫化胶性能试验	200
5.2 成品性能试验	213
5.2.1 破坏性试验	213
5.2.2 非破坏性试验	221
参考文献	222

第 1 章 绪 论

橡胶是一种弹性高聚物，由于其具有优异的弹性及耐透气性、耐各种化学介质性、电绝缘性等性能，是工业上极好的减振、密封、耐磨、屈挠、防腐、绝缘及粘接材料，用途非常广泛，为重要的资源物资。

目前世界上以橡胶为原料生产的橡胶制品总数已达 8 万~10 万种。橡胶产品的使用领域已遍及汽车、建筑、机电、煤炭、冶金、建材、石化、轻工、医疗卫生等行业及人民生活的各个角落。

目前全世界橡胶年耗量超过 2000 万吨，从各行业的耗胶量比例及各类产品的耗胶比例可以看出橡胶工业的发展状况及趋向。各行业橡胶耗量比例及其代表产品见表 1-1，各类产品耗胶比例见图 1-1。

表 1-1 各行业橡胶耗量比例及其代表产品

行业名称	汽车	建筑	机电	煤炭、冶金、建材	石化、轻工	其他
所占比例/%	70	12	7	6	2	3
代表性产品	轮胎、风扇带、空调管、减振件、密封件、水箱管	防水胶片、密封条、密封胶、水管、伸缩填料、抗震支座、薄膜涂层	传动带、密封件、液压管、胶板、电线、电缆、轮胎	输送带、排吸管、导风筒、液压支架、高压胶管	吸引管、衬里、胶板、密封件	服装鞋类、体育用品、医用器材、密封胶、导电橡胶、胶黏剂、涂料

从表 1-1 可见，汽车业是耗胶量最大的行业，用胶量占到总耗量的 70% 左右，对橡胶工业发展具有举足轻重的地位。建筑业次

之，占12%，是近年橡胶耗量增长较快的行业，其主导产品（防水材料及防震支座等产品）处于发展阶段，其用胶量将呈上升趋势。机电，煤炭、冶金、建材，石化及轻工等行业，分别占7%、6%和2%，处于稳定需要状态。其他如日用制品中的胶鞋等，则呈缓慢下降趋势。而电子信息、医用器材等高科技橡胶产品，出现迅速增长势头，虽然目前所占比例较小，但发展潜力甚大。

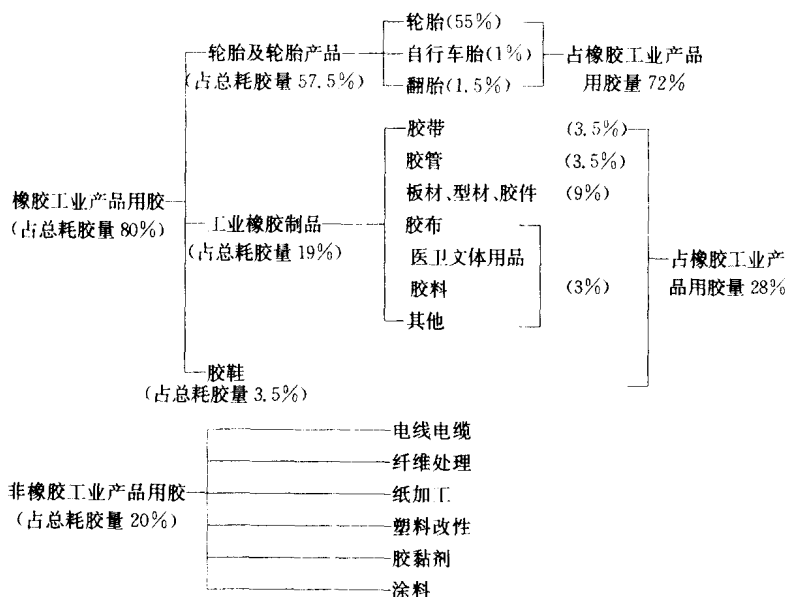


图 1-1 橡胶产品耗胶比例状况

从图 1-1 各类产品耗胶比例看，橡胶工业产品用胶占 80%，非橡胶工业用胶占 20%。各类产品中，以轮胎为代表的产品占总耗胶量 57.5%，占橡胶工业产品用胶的 72% 以上；工业制品用胶占 20%；胶鞋占 2.5%。轮胎是汽车的主要配件，是橡胶工业中的龙头产品和发展重点。1888 年英国人邓录普发明充气轮胎、1896 年汽车充气轮胎的开始使用，推动了汽车和交通运输业的发展，而且也带动了橡胶工业全面发展。1948 年子午线轮胎问世和全球轮胎

子午化、1951年无内胎轮胎的发明,满足了汽车在高载、高速、节能、安全和舒适等方面新的要求。2004年全球轮胎产量达13.5亿条,其中汽车轮胎11.5亿条,同时还不断推出全天候轮胎、节能轮胎、雪地轮胎、无镶钉轮胎等新一代产品,呈现出不断创新和继续发展的前景。对于工业橡胶制品和胶鞋,则由于这一领域橡胶与塑料并用以及热塑弹性体的使用比例不断扩大,其橡胶用量比例将继续呈下降趋势。

橡胶是橡胶产品生产的基本材料,其品种、性能和发展将极大影响产品质量及橡胶工业的发展。用于橡胶产品生产的橡胶主要有天然橡胶和合成橡胶两大类。天然橡胶产量由于受地域和气候等因素的制约,发展速度较慢,一直十分紧缺和珍贵,故曾有“褐色黄金”之称。天然橡胶被公认为是性能最佳的通用型橡胶而被广为应用,又因其具有特别优异的弹性及低生热性能,成为轮胎的主导原料橡胶,特别在钢丝子午线轮胎和飞机轮胎中,至今仍没有一种合成橡胶能够代替。目前全球天然橡胶产量约为800万吨,品种主要有传统的烟片胶及各种型号标准胶,也生产轮胎专用标准胶、恒黏度标准胶、充油天然胶、改性天然胶等品种,以满足一些产品的特殊需要。合成橡胶是在天然橡胶紧缺,满足不了工业和军工需要的情况下出现的。1933年由德国首先开始工业化生产丁苯橡胶。经过70多年的发展,目前全球合成橡胶年产量已达1200多万吨,产品品种主要有丁苯橡胶、顺丁橡胶、异戊橡胶、丁基橡胶、丁腈橡胶、氯丁橡胶、乙丙橡胶等通用、半通用合成橡胶和硅橡胶、氟橡胶、聚硫橡胶等特殊橡胶。由于通用合成橡胶能够代替或部分代替天然橡胶用于大多数的橡胶制品,半通用合成橡胶或特殊合成橡胶具有的耐油、耐高温、耐老化、耐酸碱等性能可弥补天然橡胶以上性能之不足,加上生产不受地域气候的限制,价格便宜,因而得到广泛应用,生产发展很快,现合成胶的年用量已超过天然胶,用量比例达到了6:4。随着科技的发展,各种型号的合成胶、改性合成胶、热塑弹性体及一些新的高聚物还将不断涌现,因此,如何正

确选择橡胶，用好合成橡胶，是橡胶加工技术的关键课题。

20 世纪 50 年代以来特别是改革开放二十多年来，我国橡胶工业得到了很大发展和长足进步，已建立原料生产、制品加工和橡胶机械制造完整的生产体系。我国原料资源丰富，是既能生产天然橡胶又能生产合成橡胶的国家；有广阔的市场，存在较大的发展空间。目前我国天然橡胶年产量达 60 万吨，合成橡胶达 148 万吨；2004 年轮胎产量为 2.39 亿条，列美国之后居世界第 2 位；胶鞋 9.94 亿双，堪称世界制鞋王国。我国橡胶年耗量达 435 万吨，约占世界胶耗量 22%，成为世界橡胶最大的消费国和橡胶制品生产国。

当前，我国国民经济在飞速发展，世界科技日新月异，各学科之间的相互借鉴和相互渗透将不断推出新技术、新材料，因此各行业对配套橡胶制品提出了更高更新的要求，这将使我国橡胶工业的发展面临更大、更新的机遇和挑战。

第2章 橡胶特性与选择

橡胶的各项物理化学性能在很大程度上决定着加工材料制品的最终使用性能和寿命。因此，在选择橡胶时不宜仅局限于手头现有的原料，而必须从调查研究入手，由多种橡胶中反复筛选，优中选优，才可达预期目的。

然而在橡胶中，包括天然橡胶、合成橡胶以及弹性体在内已多达58个大类，见表2-1，再加上从每种橡胶分出的品种、类别以及牌号，其数量更超过千种以上。要从这千百种原料中优选出既符合技术指标又能满足经济要求的理想品种，是十分重要而又非常不容易的。

表 2-1 橡胶主链分类及性质

分 类	英文缩写	化 学 名 称	惯 用 名	性质
主链含 不饱和碳 键的橡胶	ABR	丙烯酸酯丁二烯橡胶	丙烯酸酯橡胶	橡胶 (R类)
	BR	丁二烯橡胶	顺丁橡胶	
	CR	氯丁二烯橡胶	氯丁橡胶	
	ENR	环氧化天然橡胶	环氧化天然橡胶	
	HNBR	氢化丁腈橡胶	氢化丁腈橡胶	
	IIR	异丁烯与异戊二烯的橡胶状共聚物	丁基橡胶	
	IR	聚异戊二烯橡胶	异戊橡胶	
	MSBR	α -甲基苯乙烯与丁二烯的橡胶状共聚物		
	NBIR	丙烯腈与丁二烯和异戊二烯的橡胶状共聚物		
	NBR	丙烯腈与丁二烯的橡胶状共聚物	丁腈橡胶	
	NIR	丙烯腈与异戊二烯的橡胶状共聚物	腈基异戊橡胶	
	NR	天然橡胶	天然橡胶	
	NOR	降冰片烯橡胶		
	PBR	吡啶与丁二烯的橡胶状共聚物	丁吡橡胶	
	PSBR	吡啶与苯乙烯和丁二烯的橡胶状共聚物	丁苯吡橡胶	

续表

分 类	英文缩写	化 学 名 称	惯 用 名	性质
主链含 不饱和碳 键的橡胶	SBR	苯乙烯与丁二烯的橡胶状共聚物	丁苯橡胶	橡胶 (R类)
	E-SBR	苯乙烯与丁二烯乳聚的橡胶状共聚物	乳聚丁苯橡胶	
	S-SBR	苯乙烯与丁二烯溶聚的橡胶状共聚物	溶聚丁苯橡胶	
	SIIR	苯乙烯与异戊二烯和丁二烯的橡胶状共聚物		
	XBR	羧基丁二烯橡胶		
	XC'R	羧基氯丁橡胶		
	XNBR	羧基丁腈橡胶		
	XSBR	羧基丁苯橡胶		
	BIIR	溴化丁基橡胶		
	CIIR	氯化丁基橡胶		
具有亚 甲基型饱和 链的橡胶	ACM	丙烯酸酯或其他丙烯酸酯类与少量可硫化单体的橡胶状共聚物	丙烯酸酯橡胶	橡胶 (M类)
	AEM	丙烯酸酯或其他丙烯酸酯类与乙烯的橡胶状共聚物		
	ANM	丙烯酸酯或其他丙烯酸酯类与丙烯腈的橡胶状共聚物		
	CM	氯化聚乙烯 ^①	氯化聚乙烯	
	CSM	氯磺化聚乙烯	氯磺化聚乙烯	
	EPDM	乙烯与丙烯和二烯烃的橡胶状共聚物	三元乙丙橡胶	
	EPM	乙烯与丙烯的橡胶状共聚物	二元乙丙橡胶	
	EVM	乙烯与醋酸乙烯酯的橡胶状共聚物		
	FEPDM	四氟乙烯与丙烯的橡胶状共聚物	氟丙橡胶	
	FFKM	全部侧链为氟和全氟烷基或全氟烷氧基的橡胶状共聚物	全氟橡胶	
	FKM	侧链具有氟和全氟烷基或全氟烷氧基的橡胶状共聚物	氟橡胶	
	IM	聚异丁烯		
	NBM	主链完全氢化的丙烯腈与丁二烯的橡胶状共聚物		
	SEBM	苯乙烯与乙烯和丁烯的橡胶状共聚物		
	SEPM	苯乙烯与乙烯和丙烯的橡胶状共聚物		

续表

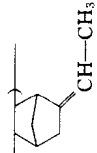
分 类	英文缩写	化 学 名 称	惯 用 名	性质
主链含 硅和氧的 橡胶	FMQ	聚合物链具有甲基和氟的硅橡胶	甲基氟硅橡胶	橡胶 (Q类)
	FVMQ	聚合物链具有甲基、乙烯基和氟的硅橡胶	乙烯基甲基氟硅橡胶	
	MQ	聚合物链具有甲基的硅橡胶(聚二甲基硅氧烷)		
	PMQ	聚合物链具有甲基和苯基的硅橡胶	苯基甲基硅橡胶	
	PVMQ	聚合物链具有甲基、乙烯基和苯基的硅橡胶	苯基乙烯基甲基硅橡胶	
	VMQ	聚合物链具有甲基、乙烯基的硅橡胶	甲基乙烯基硅橡胶	
主链含 有碳和氧 的橡胶	CO	聚氯甲基环氧乙烷	氯醚橡胶	弹性体 (O类)
	ECO	环氧乙烷与环氧氯丙烷的橡胶状共聚物		
	GCO	环氧氯丙烷与烯丙基缩水甘油醚的橡胶状共聚物		
	GECO	环氧乙烷与环氧氯丙烷和烯丙基缩水甘油醚的橡胶状共聚物		
主链具 有碳、氧和 氮的橡胶	GPO	氧化丙烯与烯丙基缩水甘油醚的橡胶状共聚物		弹性体 (U类)
	AFMU	四氟乙烯与三氟亚硝基甲烷和亚硝基全氟丁基酸的橡胶状共聚物		
	AU	聚酯型聚氨酯橡胶	聚氨酯橡胶	
主链具 有硫、氧和 碳的橡胶	EU	聚醚型聚氨酯橡胶	聚氨酯橡胶	弹性体 (T类)
	OT	聚合物链的多硫键之间具有 $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ 基或R基(R为脂肪族烃)的橡胶	聚硫橡胶	
	EOT	聚合链的多硫键之间具有 $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ 基和普通 $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ 基的橡胶	聚硫橡胶	
主链具 有磷和氮 的橡胶	FZ	胶具有 $-\text{P}-\text{N}-$ 链而且在链的磷原子上结合有氟烷基氧基的橡胶		弹性体 (Z类)
	PZ	具有 $-\text{P}=\text{N}-$ 链而且在链的磷原子上结合有烷基氧基(苯氧基和取代苯氧基)的橡胶		

① 氯化聚乙烯在塑料中的缩写为 CPE。

表 2-2 橡胶种类、化学结构及特性

顺序	种类	简称	化学结构	特性	玻璃化转变温度/℃
1	天然橡胶	NR	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -(\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2)- \end{array}$	顺式 1,4 结构	-74~-69 -72~-63
2	异戊橡胶	IR			
3	顺丁橡胶	BR	$-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)-$	高顺式 BR, 低顺式 BR	
4	丁二烯橡胶	1,2-BR	$\begin{array}{c} -(\text{CH}_2-\text{CH})- \\ \\ \text{CH}=\text{CH}_2 \end{array}$	间规 1,2 结构	-110~-95
5	丁苯橡胶	SBR	$-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)-(\text{CH}_2-\text{CH})-$ 	任意形共聚物	-46~-44
6	氯丁橡胶	CR	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ -(\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2)- \end{array}$	高顺式	-45
7	丁腈橡胶	NBR	$-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)-(\text{CH}_2-\text{CH})-$ 	任意形共聚物	-47~-22
8	丁基橡胶	IIR	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ -(\text{CH}_2-\text{C})-(\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2)- \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	异戊二烯含量 2mol 以下	-75~-67

续表

顺序	种类	简称	化学结构	特性	玻璃化转变温度/℃
9	二元乙丙橡胶	EPM	$\text{-(CH}_2\text{---CH}_2\text{)}_x\text{-(CH}_2\text{---CH(CH}_3\text{))}_y\text{-}$	任意形共聚物	-58~-50
	三元乙丙橡胶	EPDM	$\text{-(CH}_2\text{---CH}_2\text{)}_x\text{-(CH}_2\text{---CH(CH}_3\text{))}_y\text{-(CH}_2\text{---CH(CH}_2\text{---CH(CH}_3\text{))}_z\text{-}$ 	任意形共聚物, ENB 型	
10	氯磺化聚乙烯	CSM	$\text{-(CH}_2\text{---CH}_2\text{)}_x\text{-(CH}_2\text{---CH(SO}_2\text{Cl))}_y\text{-(CH}_2\text{---CH(Cl))}_z\text{-}$	[Cl] ₁ :25%~43%(质量分数) [S] ₁ :1.0%~1.4%(质量分数)	
11	丙烯酸酯橡胶	ACM	$\text{-(CH}_2\text{---CH(C=OOR))}_x\text{-(CH}_2\text{---CH(OCH}_2\text{CH}_2\text{Cl))}_y\text{-}$	R: 乙基丁基	
		ANM	$\text{-(CH}_2\text{---CH(C=OOR))}_x\text{-(CH}_2\text{---CH(CN))}_y\text{-}$		
12	氯醚橡胶	CO	$\text{-(CH}_2\text{---CH(CH}_2\text{Cl))}_x\text{-(CH}_2\text{---O--CH(CH}_2\text{Cl))}_y\text{-}$	均聚物	-12
		ECO	$\text{-(CH}_2\text{---CH(CH}_2\text{Cl))}_x\text{-(CH}_2\text{---O--CH(CH}_2\text{---CH}_2\text{---O))}_y\text{-}$	任意形共聚物	-42~-22