

万鑫 主编

燃料添加剂基础 与应用技术

RANLIAO TIANJIAJI JICHU
YU YINGYONG JISHU



化学工业出版社

TE624.8
W045



郑州大学 *04010748236Z*

燃料添加剂基础与应用技术

万 鑫 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

TE624.8
W045

本书主要介绍了目前广泛使用的燃料添加剂的发展、种类、作用机理、使用性能、合成工艺、工业应用、最新相关技术以及未来研究动向等内容,收集、整理了大量燃油添加剂的最新研究资料、成果和进展。内容丰富,具有一定的知识广度和适中的理论深度,有较强实用性。本书可供从事石油产品添加剂研究和开发的相关技术人员阅读和参考,也可作为高等院校应用化学及相关专业本科生的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

燃料添加剂基础与应用技术/万鑫主编. —北京:化学工业出版社, 2012.6
ISBN 978-7-122-13780-7

I. 燃… II. 万… III. 燃料油添加剂 IV. TE624.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 046519 号

责任编辑:曾照华

文字编辑:冯国庆

责任校对:陈 静

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张11 $\frac{3}{4}$ 字数194千字

2012年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00 元

版权所有 违者必究

前 言

21 世纪上半叶,石油和天然气仍然是世界经济发展不可替代的重要战略能源。由石油加工过程直接生产的石油产品,如燃料油等,几乎应用于国民经济的各个领域。燃油品质的高低对燃油消耗、尾气排放、动力性能等至关重要,广泛采用的最有效和最经济的方法是在燃料油中加入添加剂。但随着汽车工业及民航事业的发展,加之环保标准的日益严格化,对石油产品添加剂技术提出了更新、更高的要求,这也使目前国内外对燃油添加剂的研究呈现持续快速发展的势头。

尽管近十年来,在这方面开展的研究越来越多,并逐渐成为一个热点,且取得了一系列成果,但有关的总结性资料、书籍或参考资料仍然非常少。燃料添加剂的研制、生产新技术及新工艺不断脱颖而出,为了拓宽读者的知识面,介绍燃料添加剂的最新发展,作者综合了近年来国内外取得的最新研究成果和进展,结合多年在科研和教学中的成果与经验编写了本书。

本书对目前广泛使用的各种燃油添加剂的种类、合成工艺及其工业应用进行了较为详细的介绍。全书共分八章,大致分成三个部分:第一部分是对燃料添加剂基本知识的简要介绍;第二部分详细阐述了汽油添加剂、柴油添加剂、喷气燃料添加剂、通用保护性添加剂等燃料添加剂的基础知识;第三部分详细介绍了各类常用燃料添加剂的合成工艺与应用技术。

参与编写的人员还有王敏老师与王磊老师,在本书的编写过程中得到了王敏老师的指导与帮助,在此表示感谢。限于作者水平,不足之处在所难免,恳切希望读者给予批评与指正。

编者

2012 年 1 月

目 录

第一章 燃料添加剂概述	1
第一节 燃料添加剂分类	3
第二节 石油产品添加剂的命名	5
第三节 燃料添加剂的发展现状	7
第二章 汽油添加剂	9
第一节 汽油抗爆剂	11
一、汽油机的爆震燃烧及产生的危害	11
二、汽油抗爆性的表示方法	12
三、汽油抗爆剂的发展	13
四、汽油抗爆剂的分类、作用机理及使用	14
五、其他汽油抗爆剂	23
第二节 汽油清净剂	28
一、发动机油路系统沉积物的形成及危害	28
二、汽油清净剂的发展	29
三、汽油清净剂的功能	30
四、清净剂的种类	31
五、汽油清净剂的作用机理	33
六、汽油清净剂的研究进展	33
第三章 柴油添加剂	37
第一节 柴油十六烷值改进剂	39
一、柴油机的爆震现象和柴油的燃烧性能	39
二、柴油抗爆性的表示方法	39
三、柴油十六烷值改进剂的种类	42
四、柴油十六烷值改进剂的作用机理	44
五、柴油十六烷值改进剂的应用	45
第二节 柴油低温流动性能改进剂	48
一、柴油的低温流动性	48

二、柴油低温流动性能改进剂的种类	49
三、柴油低温流动性能改进剂的作用机理	49
四、柴油低温流动性能改进剂的研究进展	51
五、柴油低温流动改进剂的应用	52
第三节 生物柴油降凝剂	54
一、生物柴油的低温流动性	54
二、生物柴油的降凝方法	55
三、生物柴油降凝剂的种类	56
第四节 柴油抗磨剂	58
一、低硫柴油的抗磨性	58
二、柴油抗磨剂的种类	59
三、柴油抗磨剂的作用机理	60
第四章 喷气燃料添加剂	61
第一节 抗静电剂	63
一、静电的产生及危害	63
二、抗静电剂的发展	63
三、抗静电剂的种类	64
四、抗静电剂的作用机理	65
第二节 喷气燃料抗磨剂	67
一、喷气燃料的润滑性能	67
二、燃料润滑性能的影响因素	68
三、喷气燃料抗磨剂的发展	69
四、喷气燃料抗磨剂的种类及应用	70
五、喷气燃料抗磨剂的作用机理	70
第三节 防冰剂	71
一、喷气燃料的低温性能和水分的危害	71
二、防冰剂的发展及应用	72
三、防冰剂的作用机理	74
第四节 杀菌剂	75
一、微生物的危害	75
二、杀菌剂的种类	76
第五章 通用保护性添加剂	79

第一节 抗氧化剂	81
一、燃料的氧化及危害	81
二、氧化稳定性的影响因素	81
三、抗氧化剂的种类	82
四、抗氧化剂的作用机理	84
五、抗氧化剂的应用	85
第二节 金属钝化剂	87
一、金属对氧化反应的影响	87
二、金属钝化剂的种类	87
三、金属钝化剂作用机理	88
第三节 缓蚀剂	89
一、燃料的腐蚀性及其危害	89
二、缓蚀剂的种类及作用机理	89
第四节 消烟助燃剂	93
一、消烟助燃剂的发展	93
二、消烟助燃剂的种类	94
三、消烟助燃剂的作用机理	96
 第六章 其他燃料添加剂	99
第一节 无灰分散剂	101
一、曼尼西碱无灰分散剂	101
二、多酰胺无灰分散剂	102
第二节 微乳化燃油添加剂	103
第三节 纳米燃油添加剂	105
第四节 多效燃油添加剂	106
第五节 生物添加剂	107
 第七章 常用燃料添加剂的合成与应用	109
第一节 汽油抗爆剂	111
一、甲基环戊二烯三羰基锰	111
二、环戊二烯三羰基锰	117
三、甲基叔丁基醚	119
四、乙基叔丁基醚	128
五、甲基叔戊基醚	134

六、碳酸二甲酯	140
第二节 汽油清净剂	152
一、聚异丁烯丁二酰亚胺	152
二、聚异丁烯胺	153
三、聚醚胺	155
第三节 柴油十六烷值改进剂	157
一、硝酸环己酯	157
二、硝酸异辛酯	157
三、草酸正丁酯	158
四、草酸二异戊酯	159
第四节 低温流动性能改进剂	160
一、乙烯-乙酸乙烯酯共聚物	160
二、富马酸酯共聚物	162
三、马来酸酐共聚物	163
四、丙烯酸酯共聚物	164
第五节 抗静电剂	167
一、聚砜型	167
二、聚胺型	169
第六节 抗氧剂	170
一、2,6-二叔丁基对甲酚	170
二、 N,N' -二仲丁基对苯二胺	172
参考文献	175

第一章

燃料添加剂概述

- 第一节 燃料添加剂分类
- 第二节 石油产品添加剂的命名
- 第三节 燃料添加剂的发展现状

21 世纪上半叶，石油和天然气仍然是世界经济发展不可替代的重要战略能源。由石油加工过程直接生产的石油产品，主要包括燃料油、润滑油（脂）、石蜡和沥青等，几乎应用到国民经济的各个领域。石油产品不仅要在数量上满足工农业发展的需要，而且在质量和性能方面也要有所保证。汽油、柴油、喷气燃料及重油是最主要的燃料油，燃油品质的高低对燃油消耗、尾气排放、动力性能等至关重要。随着我国汽车工业及民航事业的发展，环保的要求日益严格化，为了保护环境和增加企业效益、适应市场，燃料油品的质量标准要求在逐渐与国际接轨，燃料油的产品结构和生产技术也将适应新的标准要求，不断进行调整和升级换代。为了改进燃料油质量和提高其使用性能，广泛采用的最有效和最经济的方法是在燃料油中加入添加剂。通常在油品中加入百分之几到千分之几的添加剂就可大大改善性能指标，增强有益性能，抑制不利因素。

第一节

燃料添加剂分类

现执行的石油添加剂行业标准是 SH/T 0389—1992(1998)。该分类标准将石油添加剂分为润滑剂添加剂、燃料添加剂、复合添加剂和其他添加剂四类,本书主要介绍燃料添加剂。

燃料添加剂可以分为通用保护性添加剂和使用性添加剂。

(1) 通用保护性添加剂 主要指解决燃料贮运过程中出现的各种问题的添加剂,包括抗氧剂、金属钝化剂、分散剂等稳定剂以及抗腐蚀剂、防锈剂等。

(2) 使用性添加剂 主要指解决燃料燃烧或使用过程中出现的各种问题的添加剂,包括各种改善燃烧性能及处理或改善燃烧生成物特性的添加剂。因燃料种类不同而各异,因此,多属于各类燃料的专用添加剂,具体分类见表 1-1。

表 1-1 使用性添加剂分类

燃 料 类 别	添 加 剂 种 类
车用汽油专用添加剂	辛烷值改进剂,清净分散剂,汽油防冰剂
柴油专用添加剂	十六烷值改进剂,低温流动性改进剂,消烟剂,润滑性能改进剂
喷气燃料专用添加剂	抗静电剂,抗磨剂,杀菌剂,防冰剂
燃料油(重油)专用添加剂	灰分改性剂,分散剂,低温流动改进剂

燃料添加剂也可按照添加剂的功能进行分类,见表 1-2。

表 1-2 燃料添加剂具体种类

添 加 剂 类 型	主 要 作 用
抗爆剂	提高汽油辛烷值,防止汽缸中的爆震现象,减少能耗,提高功率
抗氧剂	延缓油品氧化,防止胶质的生成而造成油嘴堵塞,防止进气门黏结导致功率降低
金属钝化剂	抑制金属(Cu)催化氧化作用,与抗氧剂复合后有明显的协同作用
防冰剂	能与油中的水形成低冰点溶液,也能溶解一定量的冰晶,达到低温使用条件下不析出冰晶

续表

添 加 剂 类 型	主 要 作 用
抗静电剂	提高油品的电导率,防止电荷聚集和引起火灾
抗磨防锈剂	减少燃油泵柱塞头磨损,防止油管、油缸锈蚀与腐蚀
低温流动性能改进剂	降低柴油冷滤点与凝点,改善低温流动性能
十六烷值改进剂	提高柴油十六烷值,缩短柴油滞燃期,改善柴油着火性能
清净分散剂	防止汽化器、进气阀门生成污泥与沉积,减少油路沉渣
助燃剂	促进汽油、柴油的充分燃烧,减少尾气中碳氢化合物、CO 和颗粒的排放
乳化剂	促进燃料与水形成乳化燃料
助溶剂	促进甲醇、乙醇与汽油、柴油互相形成稳定的醇基燃料

第二节

石油产品添加剂的命名

参照 SH/T 0389—1992(1998) 标准，对石油产品添加剂进行了具体分类命名，见表 1-3。

表 1-3 石油产品添加剂的分组命名

类 别	组 号	组 别	代 号
润滑剂添加剂	1	清净分散剂	T1××
	2	抗氧抗腐剂	T2××
	3	极压抗磨剂	T3××
	4	油性剂	T4××
	5	抗氧剂、金属减活剂	T5××
	6	黏度指数改进剂	T6××
	7	防锈剂	T7××
	8	降凝剂	T8××
	9	抗泡剂	T9××
	10	抗乳化剂	T10××
燃料添加剂	11	抗爆剂	T11××
	12	金属钝化剂	T12××
	13	防冰剂	T13××
	14	抗氧防胶剂	T14××
	15	抗静电剂	T15××
	16	抗磨剂	T16××
	17	抗烧蚀剂	T17××
	18	低温流动改进剂	T18××
	19	防腐剂	T19××
	20	消烟剂	T20××
	21	助燃剂	T21××
	22	十六烷值改进剂	T22××
	23	清净分散剂	T23××

续表

类 别	组 号	组 别	代 号
燃料添加剂	24	热稳定剂	T24××
	25	染色剂	T25××
复合添加剂	30	汽油-机油复合剂	T30××
	31	柴油-机油复合剂	T31××
	32	通用内燃机油复合剂	T32××
	33	二冲程汽油-机油复合剂	T33××
	34	铁路机车油复合剂	T34××
	35	船用发动机油复合剂	T35××
	40	工业齿轮油复合剂	T40××
	41	车辆齿轮油复合剂	T41××
	42	通用齿轮油复合剂	T42××
	50	液压油复合剂	T50××
	60	工业润滑油复合剂	T60××
	70	防锈油复合剂	T70××
	80	其他润滑油添加剂	T80××

石油产品添加剂名称由三部分组成：T+组别号+牌号。

第一部分：字母“T”表示类别（石油产品添加剂）。

第二部分：“T”后面的阿拉伯数字表示组别号。

第三部分：“T”后面的阿拉伯数字××表示牌号。

例如 T1601：

T 表示类别（石油产品添加剂）；

16 表示抗磨剂；

01 表示用于抗磨剂中的二聚酸和磷酸酯品种。

第三节

燃料添加剂的发展现状

汽油抗爆剂是最早开始使用的燃料添加剂。1923年，美国首先采用四乙基铅来提高汽油的辛烷值，之后又推出四甲基铅。向汽油中加入抗爆剂，改进了燃烧过程，减少了发动机爆震，提高了燃料利用率，也节约了能源，遗憾的是由于铅对人体的伤害，它最终退出了历史舞台。除抗爆剂外，抗氧剂、金属钝化剂、清净分散剂、抗静电剂和防冰剂也开始在汽油中得到应用。而柴油用的添加剂种类更加繁多，常用的有十六烷值改进剂、低温流动性能改进剂、清净分散剂、抗氧剂、防锈剂、金属钝化剂、防腐剂和摩擦改进剂等。目前全世界年耗汽油添加剂约为25万吨，其中仅美国就消耗10万多吨。我国石油产品添加剂的发展起步较晚，燃料添加剂的产量比较小，使用范围较窄，品种匮乏，还有很大的发展空间有待挖掘。随着机械工业、汽车工业和交通运输业及其他相关行业技术改造的进步，燃料添加剂也将飞速发展。

第二章

汽油添加剂

第一节 汽油抗爆剂

第二节 汽油清净剂