

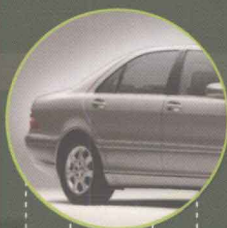
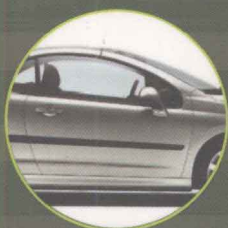


醇燃料

与

CHUNRANLIAO
YU
LINGHUO RANLIAO
QICHE

灵活燃料 汽车



◎ 崔心存 编著



化学工业出版社

2469986

醇燃料

与

CHUNRANLIAO
YU
LINGHUO RANLIAO
QICHE

灵活燃料
汽车



◎ 崔心存 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书介绍国际公认清洁醇燃料的原料资源、生产过程及主要理化、燃烧特性。阐述了开发醇燃料汽车的关键技术及提高醇燃料发动机热效率的途径,详细介绍了解决醇燃料汽车的冷启动、气阻、早燃、材料相容性、专用润滑油、常规排放物以及未燃甲醇及甲醛排放等问题的机理及技术措施。阐述提高醇燃料汽车性能的新技术以及醇燃料发动机使用新型燃烧模式(HCCI)及可控自燃(CAI)的研究成果。介绍灵活燃料汽车的燃料组成传感器、电控原理及性能等。此外,还介绍了国外著名的醇燃料车队示范工程、使用经验及燃料标准。

本书填补醇燃料汽车技术领域科技图书的空白,为当前从事能源、热力机械、醇燃料及醇燃料汽车的研究开发、使用及维修人员的必备参考书,也可作为有关大专院校相关专业及培训班的教材及参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

醇燃料与灵活燃料汽车/崔心存编著. —北京:化学工业出版社, 2010. 8

ISBN 978-7-122-08828-4

I. 醇… II. 崔… III. ①醇-液体燃料②燃料-汽车 IV. ①TQ517.4②U469.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 111835 号

责任编辑:戴燕红

文字编辑:刘砚哲

责任校对:王素芹

装帧设计:韩 飞

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:三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张26½ 字数703千字 2010年10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:98.00 元

版权所有 违者必究

前 言

各国争取石油资源供应，油价上涨以及全球变暖，自然灾害日趋频繁的形势严峻，发展可再生能源及燃料，保护生态环境，使经济可持续发展是 21 世纪人类面临的重要问题。电动、太阳能及氢燃料汽车都是有发展前景的，然而在很长时期内，内燃机及 20 世纪世界公认的清洁的醇燃料（甲醇及乙醇）占有重要地位，而且将更广泛地使用。在生产、使用及储存分配设施方面，醇燃料比其他替代燃料都有更好的基础及条件，技术都更成熟先进。而各种植物纤维及有选择的城市垃圾生产醇燃料的技术即将实现低成本的工业化生产。用二氧化碳与氢合成醇燃料的技术将逐步成熟与商业化。使用醇燃料可以降低大气中温室气体二氧化碳的浓度。很可能石油枯竭后，将是醇燃料为主的可再生清洁燃料时代。

20 世纪 70 年代开始，一些国家的科研单位、汽车公司及大学对醇燃料汽车的开发进行了大量的工作，掺烧不同比例及使用 100% 醇燃料的技术已经成熟，但由于汽车流动性极强，各国甚至一个国家不同地区能供应的燃料极不相同，用户不方便，于是 20 世纪 80 年代中期，国外开发、生产了灵活燃料汽车，即在汽车不变动、调整的情况下，能使用汽油、醇燃料或按不同比例的混合燃料。醇燃料及灵活燃料汽车经过大规模、长距离使用后，动力性能、驱动性能、燃油经济性都比传统的汽车好，有些国家开发的醇燃料汽车排放已经低于超低排放车的水平。

20 世纪我国在开发和应用醇燃料汽车方面同样进行了许多工作，取得较多成果。20 世纪后期，我国政府再次强调要使用可再生能源及燃料多元化，各大汽车及内燃机公司积极投入醇燃料与灵活燃料汽车的开发工作，世界上掀起生产纤维醇燃料及使用醇燃料汽车的新高潮，有些国家市场上销售的新车中，醇灵活燃料汽车占主要的份额。

醇燃料与汽油、柴油的理化、燃烧特性有许多不同之处，有一些新问题需要解决。国外在研究开发醇燃料汽车的过程中，为了使发动机工作过程优化，排放最低，采取了多方面技术措施试验研究，在奥托循环及狄塞尔循环两方面取长补短，互相交融，已经可以使难靠压燃着火的醇燃料及汽油，在柴油机或汽油机的基础上，不需要火花塞等辅助措施，实现自燃着火，并有良好的性能。很可能通过新型燃烧模式（HCCI）及可控自燃（CAI）的深入研究，使用可变化技术及电子控制，实现灵活燃料发动机的产业化，这将比灵活燃料汽车有更广阔的市场，本书对提高现有汽油机、柴油机的性能，降低排放、开发性能更好的发动机同

样有重要的参考价值。

本书虽然针对汽车阐述醇燃料的应用，但是其应用原理及技术同样适合航空、船舶、电站、工业锅炉及民用等各种热力装置上使用醇燃料时参考。

从 20 世纪 70 年代起，笔者就从事醇燃料及醇燃料汽车的试验研究，先后完成了原国家科委四项有关的科研课题及一项国际合作项目，多次参加国际醇燃料会议。90 年代起又在多家公司工作，帮助他们在汽车上使用醇燃料，本书是笔者总结 30 多年的科研及实践成果、经验体会，并且参阅了大量的国内外有关资料写成的。对本书所采用的个人及公司的研究成果及资料表示衷心的感谢。由于作者水平有限，不足之处在所难免，敬请广大读者指正。

参加本书资料收集和电子版工作的还有熊立生、徐惠英、王元庆、王成、夏际明、潘恩滇、崔文莉、段少华及崔荣。

崔心存

2010 年 3 月

目 录

第 1 章 醇燃料	1
1.1 醇燃料及其生产简介	1
1.1.1 醇燃料的含义	1
1.1.2 醇燃料的生产简介	2
1.2 醇燃料的性质	2
1.2.1 醇燃料的理化性质	2
1.2.2 醇燃料的燃烧特性参数	7
1.3 燃料乙醇	8
1.3.1 国际重视燃料乙醇的开发与应用	8
1.3.2 乙醇燃料应用广泛	11
1.4 醇燃料与汽油的混溶	15
1.4.1 燃料的混溶	15
1.4.2 混合燃料的性质	17
1.5 醇燃料燃烧过程的特点	23
1.5.1 混合气分配的不均匀性	23
1.5.2 均质预混合燃烧过程	23
1.5.3 滞燃期	24
1.5.4 低负荷时醇燃料的燃烧	25
1.5.5 甲醇燃烧时的主要氧化反应	26
1.5.6 醇发动机热效率的综合分析	26
参考文献	27
第 2 章 在汽车上用乙醇燃料	28
2.1 在汽油车上掺烧乙醇	28
2.1.1 我国早期的试验研究	28
2.1.2 我国推广的 E10	29
2.1.3 影响汽油乙醇混合燃料性质的因素	31
2.1.4 汽车使用混合燃料的性能	33
2.1.5 汽车使用 E10 的排放	34
2.2 在柴油车上掺烧乙醇	35
2.2.1 柴油机掺烧乙醇的意义	35
2.2.2 混合燃料的理化性质及评估	36
2.2.3 国内在柴油机上掺烧乙醇	38
2.2.4 国外研究及应用乙醇/柴油混合燃料的简况	42

2.2.5 汽车使用混合燃料时的注意事项	44
2.3 汽油车使用 E100 的技术	45
2.3.1 概述	45
2.3.2 奥托循环乙醇燃料汽车的实例	46
2.4 柴油车使用 E100 的技术	50
2.4.1 火花塞助燃乙醇发动机	50
2.4.2 高压压缩比法	52
2.4.3 分层充气乙醇发动机	52
2.5 含水乙醇燃料汽车	55
2.5.1 瑞典开发的含水乙醇汽车	55
2.5.2 巴西使用含水乙醇的部分经验	57
参考文献	58

第 3 章 甲醇燃料发动机及汽车	59
3.1 涡流燃烧室甲醇发动机	59
3.1.1 狄塞尔循环发动机燃用醇燃料的难点及途径	59
3.1.2 火花塞助燃甲醇发动机	60
3.1.3 电热塞助燃甲醇发动机	66
3.2 直喷燃烧室甲醇发动机	71
3.2.1 提高压缩比及燃烧室表面温度	71
3.2.2 电热塞的位置及功率	73
3.2.3 供油参数的调整	74
3.2.4 ZH1105 甲醇发动机的性能	75
3.2.5 预燃室发动机使用电热塞助燃的实例	75
3.2.6 电热塞与火花塞助燃方法的比较	76
3.3 使用着火改善剂的醇燃料发动机	77
3.3.1 概述	77
3.3.2 冷启动性能试验	80
3.3.3 供油提前角及喷油压力的调整试验	80
3.3.4 使用不同 AVOCET 添加量的试验	81
3.3.5 使用钢顶空气隔热组合活塞	81
3.3.6 用 M100+AVOCET 同时掺烧少量氢气	82
3.3.7 单缸发动机使用甲醇加助燃剂的结果	83
3.4 提高醇燃料发动机热效率的措施	84
3.4.1 概述	84
3.4.2 进气节流	84
3.4.3 加大油泵柱塞直径	85
3.4.4 掺烧甲醇蒸气	85
3.4.5 高压甲醇的预热	86
3.4.6 新设计的涡流燃烧室连接通道	87
3.4.7 带外套的电热塞	88
3.4.8 采用氧化锆层活塞顶及陶瓷燃烧室镶块	89
3.4.9 采用带空气隔层的钢顶活塞	90

3.4.10	采取综合技术措施的效果	92
3.4.11	提高甲醇发动机热效率试验研究的主要结果	93
3.4.12	不同燃烧室使用醇燃料的要点	93
3.5	M100 甲醇燃料汽车	94
3.5.1	我国 M100 甲醇燃料汽车简况	94
3.5.2	甲醇燃料汽车的基础研究及基本技术	97
3.5.3	狄塞尔甲醇燃料汽车	100
3.5.4	M85 甲醇燃料汽车	106
3.5.5	二甲醚助燃甲醇燃料汽车	111
	参考文献	115

第 4 章	灵活燃料汽车总论	117
4.1	开发的目的地意义	117
4.2	FFV 的开发历程及构成	118
4.2.1	FFV 的开发历程	118
4.2.2	FFV 的构成	119
4.3	国外研发灵活及醇燃料汽车的概况	121
4.3.1	概述	121
4.3.2	德国	122
4.3.3	美国	123
4.3.4	日本	125
4.3.5	荷兰及韩国	125
4.3.6	巴西	125
4.3.7	瑞典	125
4.3.8	国际醇燃料会议	126
4.4	狄塞尔醇燃料车及我国醇燃料车的简况	127
4.4.1	开发狄塞尔循环醇燃料车的概况	127
4.4.2	我国醇燃料汽车研究及应用的简况	129
4.5	灵活燃料汽车工作原理及电控	130
4.5.1	工作原理	130
4.5.2	电控	132
4.6	开发灵活燃料汽车的要点	134
4.6.1	基础汽油机的选择及目标要求	134
4.6.2	选择压缩比及控制策略的考虑	134
4.6.3	开发工作的重点	135
	参考文献	136

第 5 章	醇燃料组成传感器	137
5.1	类型及设计基础	137
5.1.1	概述	137
5.1.2	设计基础	137
5.2	光学法燃料传感器	139
5.2.1	工作原理	139

5.2.2	使用中出现的现象	139
5.2.3	传感器的改进	140
5.2.4	与测声速结合的传感器	141
5.3	电容法燃料传感器	141
5.3.1	工作原理	141
5.3.2	测量技术及结构设计	142
5.4	燃料组成传感器的特性曲线	143
5.4.1	温度补偿	143
5.4.2	输出电压与燃料电导率的关系	143
5.4.3	燃油压力的影响	143
5.4.4	使用甲醇、乙醇传感器输出的差异	144
5.4.5	甲醇/乙醇/汽油混合燃料的介电常数及传感器输出	144
5.4.6	对光学法及电容法两种燃料传感器的评估	144
	参考文献	145
第 6 章	奥托循环醇燃料汽车	146
6.1	供油系	146
6.1.1	概述	146
6.1.2	燃油系的布置	146
6.1.3	燃油泵	147
6.1.4	喷油器	148
6.1.5	燃油箱及油管	150
6.1.6	燃油过滤器的堵塞及燃油系零件的锈蚀	151
6.2	点火系	152
6.2.1	概述	152
6.2.2	火花塞	152
6.3	高比例及纯醇燃料汽车	154
6.3.1	M85 汽车	154
6.3.2	E85 汽车	157
6.3.3	M90 汽车	158
6.3.4	M100 汽车	159
6.3.5	达到超低排放法规 (ULEV) 的 M100 汽车	160
6.3.6	排放物低于超低排放法规 (ULEV) 要求的 E85 车	160
6.3.7	高压比燃烧室汽油机使用 M100	163
6.3.8	直喷汽油机改用 M100	165
6.3.9	同排量发动机使用醇燃料及柴油的比较	170
6.4	灵活燃料汽车的优化及性能	171
6.4.1	概述	171
6.4.2	不同比例的混合燃料的使用	172
6.4.3	灵活燃料汽车使用目标及优化	173
6.4.4	灵活燃料汽车的性能	175
6.4.5	灵活燃料汽车的排放	177
	参考文献	180

第 7 章 狄塞尔循环醇燃料汽车	182
7.1 特点及发展	182
7.1.1 历程简介	182
7.1.2 特点	182
7.1.3 发展趋势	183
7.2 醇燃料汽车的供油系及助燃方案	183
7.2.1 汽车供油系的布置	183
7.2.2 单喷油器喷射双燃料供油系	184
7.2.3 喷油泵及喷油器的变动	185
7.2.4 助燃方案	185
7.3 狄塞尔循环四冲程醇燃料汽车	188
7.3.1 火花塞助燃醇燃料汽车	188
7.3.2 电热塞助燃醇燃料汽车	193
7.3.3 醇燃料发动机新型燃烧室	203
7.4 狄塞尔循环二冲程醇燃料汽车	206
7.4.1 底特律二冲程醇燃料汽车的简况	207
7.4.2 主要技术措施	207
7.4.3 底特律二冲程甲醇汽车的性能	211
7.5 醇燃料及汽油自燃的技术	212
7.5.1 概述	212
7.5.2 高压压缩比乙醇自燃发动机	212
7.5.3 高压比及排气再循环	213
参考文献.....	214
第 8 章 醇燃料汽车用材料及润滑油	216
8.1 零部件的清洁度及磨损	216
8.1.1 概述	216
8.1.2 表面清洁度及积垢	216
8.1.3 生锈及磨损	217
8.1.4 醇燃料汽车开发初期零部件损伤概况	217
8.2 腐蚀及磨损机理	218
8.2.1 润滑油中掺入甲醇及水	218
8.2.2 腐蚀磨损	220
8.2.3 摩擦及磨料磨损	220
8.3 材料相容性及表面处理	220
8.3.1 金属材料	220
8.3.2 橡胶件	221
8.3.3 材料的相容性	222
8.3.4 我国早期醇燃料汽车用材料研究结果	223
8.4 醇燃料发动机用润滑油	223
8.5 减少零件磨损提高使用寿命的对策	224
8.5.1 概述	224
8.5.2 醇燃料用腐蚀抑制剂	225

8.5.3	影响醇燃料发动机零件磨损程度的因素	225
8.5.4	对使用条件不同的汽车应区别对待	227
8.5.5	使用初步改装的醇燃料汽车的注意事项	227
参考文献		227
第9章 发动机的冷启动与气阻、早燃及敲缸		229
9.1	冷启动的难点及试验	229
9.1.1	醇燃料发动机冷启动的难点	229
9.1.2	发动机冷启动试验	230
9.1.3	冷启动过程缸内温度的变化	231
9.1.4	节气门开与关的状态下冷启动的结果	231
9.2	冷启动过程及机理	233
9.3	改善冷启动性能的措施	235
9.3.1	改变燃料的组成及性质	235
9.3.2	改善冷启动性能的结构措施	238
9.4	影响冷启动的因素及冷启动水平	245
9.4.1	影响冷启动的因素	245
9.4.2	醇燃料发动机冷启动水平	246
9.5	气阻及热启动性能	247
9.5.1	气阻及避免气阻的措施	247
9.5.2	热启动性能	249
9.6	早燃与敲缸	249
9.6.1	醇燃料的早燃及其危害	249
9.6.2	影响早燃的因素及防止早燃的对策	250
9.6.3	醇燃料的敲缸	251
参考文献		253
第10章 醇燃料汽车的排放		254
10.1	概述	254
10.1.1	发动机、燃料与排放三位一体	254
10.1.2	醇燃料发动机及汽车排放的基本情况	254
10.2	发动机掺烧醇燃料的排放	255
10.2.1	汽油机掺烧醇燃料的排放	255
10.2.2	柴油机掺烧醇燃料的排放	256
10.2.3	蒸发排放	258
10.3	醇燃料汽车的排放	260
10.3.1	奥托循环醇燃料汽车的排放	260
10.3.2	狄塞尔循环甲醇汽车的排放	262
10.3.3	狄塞尔循环乙醇汽车的排放	264
10.3.4	醇燃料汽车排放的认证参考值	264
10.3.5	醇燃料汽车排放的基本情况	266
10.4	达到低排放及超低排放的实例	267
10.4.1	达到低排放法规的实例	267

10.4.2	美国公共汽车用甲醇发动机、柴油机的排放与标准的比较	267
10.4.3	达到超低排放法规醇燃料汽车的实例	268
10.5	醇燃料汽车排放研究的扩展与深入	268
10.5.1	关于未燃烃的研究	268
10.5.2	燃油经济性与排放	271
10.5.3	有机物形成臭氧——光化学烟雾的研究	271
10.5.4	有毒排放物	273
10.5.5	汽车排放对社会影响的经济分析	274
10.6	燃料生命周期评估	275
10.6.1	目的及意义	275
10.6.2	研究方法	275
10.6.3	燃料生命周期评估结果的实例	277
	参考文献	279

第 11 章	未燃甲醇及甲醛	280
11.1	未燃甲醇及甲醛的生成机理	280
11.1.1	甲醇的氧化机理	280
11.1.2	甲醛及未燃醇的生成机理	283
11.2	甲醇及甲醛的毒性及其限值	285
11.2.1	甲醇的毒性	285
11.2.2	甲醇对生态环境的影响	286
11.2.3	甲醇与汽油混合燃料的毒性	286
11.2.4	乙醇与高级醇的毒性	287
11.2.5	甲醇对人体健康及环境的危害与汽油的比较	287
11.2.6	甲醛的毒性	288
11.2.7	有关大气环境中甲醛及甲醇含量的标准	288
11.2.8	未燃甲醇及甲醛的排放法规	288
11.3	发动机排气的臭味	290
11.3.1	臭味的种类	290
11.3.2	成因及危害	291
11.3.3	影响因素及目前的控制措施	291
11.4	未燃醇及醛的测试方法及排放特性	291
11.4.1	未燃醇及醛的测试方法	291
11.4.2	未燃醇及醛的排放特性	292
11.4.3	未燃醇及醛的排放要点	295
11.5	影响未燃醇及醛排放的因素	295
11.5.1	发动机的运转工况	295
11.5.2	发动机的排量	296
11.5.3	混合气的空燃比	296
11.5.4	混合燃料中甲醇含量	297
11.5.5	汽车行驶里程	297
11.6	降低未燃醇及醛的措施	297
11.6.1	国内情况	297

11.6.2 国外降低未燃醇及醛排放的部分措施	300
参考文献	302
第12章 醇燃料汽车的车队使用试验	303
12.1 开发替代燃料汽车的基本过程	303
12.1.1 可行性调研及实验室基础试验	303
12.1.2 立项试验研究	303
12.1.3 车队使用试验	304
12.1.4 产业化及推广使用	304
12.2 目的、要求及实例的简况	304
12.2.1 车队试验的目的要求	304
12.2.2 我国醇燃料汽车车队使用试验	305
12.2.3 国外车队试验的实例	305
12.3 组织准备及实施	306
12.3.1 组织及管理	306
12.3.2 准备工作	307
12.3.3 车队使用试验的实施	310
12.4 主要结果及经验	312
12.4.1 燃料组成及质量	312
12.4.2 基础设施	313
12.4.3 奥托循环发动机及汽车的技术状态	313
12.4.4 狄塞尔循环发动机车队	313
12.4.5 零部件工作中产生的故障及磨损	314
12.4.6 车队使用试验的影响及作用	315
12.5 醇燃料汽车的推广应用及产业化	315
12.5.1 首先推广和应用什么样的醇燃料汽车	315
12.5.2 用户及生产厂家的考虑	315
12.5.3 开展配套工程的工作	316
参考文献	317
第13章 醇燃料汽车的技术发展	318
13.1 稀燃醇燃料汽车	318
13.1.1 醇燃料发动机的稀燃技术	318
13.1.2 稀燃发动机的发展	320
13.1.3 稀燃发动机用的新概念三效催化剂	323
13.1.4 新催化剂的效果及改善的需要	324
13.1.5 降低冷启动及低温工况排放的技术	325
13.2 低释热及催化反应技术	328
13.2.1 低释热技术	328
13.2.2 催化反应技术	331
13.3 均匀预混合压缩自燃——新型燃烧过程	332
13.3.1 特点及机理	332
13.3.2 在汽油机上研究新过程的概况	334

13.3.3	HCCI 使用排气再循环的作用及部分研究结果	335
13.3.4	可变气门正时及升程的应用	338
13.3.5	可变压缩比的应用	341
13.3.6	可控自燃 (CAI) 的另一实例	342
13.3.7	在柴油机上研究 HCCI	344
13.3.8	在轻型柴油机上开发 HCCI	347
13.4	醇燃料 HCCI 过程的研究	348
13.4.1	概述	348
13.4.2	燃烧室温度对醇 HCCI 过程的影响	349
13.4.3	混合气稀释度的影响	351
13.4.4	乙醇 HCCI 过程的研究	352
13.4.5	乙醇 HCCI 与火花点燃的比较	356
	参考文献	358
第 14 章	醇燃料的可持续发展与技术创新	359
14.1	醇燃料的可持续发展	359
14.1.1	原料资源丰富, 向以生物质为原料发展	359
14.1.2	醇燃料得到广泛的应用	359
14.1.3	使用醇燃料的性能优于石化燃料	361
14.1.4	醇燃料是新能源	361
14.1.5	醇燃料可持续发展——国际上普遍的观点	362
14.2	生产技术的发展	362
14.2.1	用天然气直接制甲醇	362
14.2.2	生物质生产甲醇及二甲醚	363
14.2.3	造纸工业的黑色废液生产甲醇及二甲醚	363
14.2.4	二氧化碳与氢合成甲醇	365
14.2.5	纤维乙醇	365
14.3	内燃机及汽车使用醇燃料的性能良好	370
14.3.1	汽油机改用醇燃料的性能	370
14.3.2	柴油机使用醇燃料的性能	372
14.3.3	副产品石脑油的应用	372
14.4	地球变暖、醇燃料与新的经济模式	374
14.4.1	地球变暖危及人类生存	374
14.4.2	汽车工业面临新的排放法规	376
14.4.3	使用醇燃料能降低 CO ₂ 排放	378
14.4.4	新的经济发展模式	379
14.5	应用技术的发展与创新	380
14.5.1	含水醇燃料应用技术的发展	380
14.5.2	高效的醇发动机与甲醇裂解复合装置	382
14.5.3	直喷汽油机使用醇燃料的性能	383
14.5.4	高性能机械增压醇燃料发动机	385
14.5.5	生物动力	386
14.5.6	减小发动机尺寸的技术路线	387

14.6 可变技术与灵活燃料内燃机	387
14.6.1 内燃机可变技术的类型及目的	387
14.6.2 可变压缩比	388
14.6.3 可变气门正时及升程	390
14.6.4 开发灵活燃料内燃机可行性的分析	391
参考文献	393
第 15 章 醇燃料标准	395
15.1 概述	395
15.1.1 国内情况简介	395
15.1.2 国外简况	396
15.2 醇燃料标准的特性及目的	397
15.2.1 醇燃料标准的特性	397
15.2.2 应能实现的目的	398
15.3 甲醇燃料标准	398
15.3.1 甲醇品质的调整	398
15.3.2 化工用甲醇的规范及混合燃料中含氧物的限额	398
15.3.3 M15 的规范	400
15.3.4 M85 及 E85 的燃料规范	400
15.3.5 M100 的规范	404
15.4 乙醇燃料标准	405
15.4.1 国外部分对乙醇燃料的要求	405
15.4.2 我国燃料乙醇的标准	406
15.4.3 柴油/乙醇混合燃料的规范	407
15.5 对标准中燃料特性的分析	408
15.5.1 变性甲醇与燃料甲醇	408
15.5.2 燃料的蒸气压	408
15.5.3 燃料化学稳定性的基本分析	408
参考文献	409

第 1 章 醇 燃 料

1.1 醇燃料及其生产简介

1.1.1 醇燃料的含义

醇含有极性的羟基 OH 基团，其通式为 ROH，R 代表烃基。甲醇和乙醇等是羟基与烃基中烷基相结合的烷基醇，例如甲醇（CH₃OH）是由甲烷（CH₄）中一个氢原子被 OH 取代而成，它们的通式也可用 C_nH_{2n+1}OH 表示。

低级醇中的羟基，在分子中占相当大的比例，与水相似，醇分子间的结合力与水分子间的结合力类似。醇分子与水分子之间能以氢键互相结合，破坏两个水分子或两个醇分子间的氢键所需的能量，可由一个水分子和一个醇分子间形成的氢键来提供，所以低级醇与水的相容性很高。若醇中烃基增大，则与水的相似性变小，烃基阻碍了羟基与水的结合，高级醇在水中的溶解性就下降。而烃类化合物是非极性的，只能溶于非极性的溶剂中，而不能溶于有极性的水。

与相同原子数的烷烃相比，烷基醇的分子量、密度、沸点及常压沸点下的汽化热都要高些。例如醇的沸点比含有相同原子数的烷的沸点高 100~200℃。乙烷的沸点为 -88.6℃，而乙醇为 78.5℃。

水中一个氢被烷基取代生成醇后，另一个氢原子的化学活泼性就下降。因此水和钠的作用较剧烈，而醇和钠的作用就较缓和。醇和钠、钾及镁等作用放出氢，生成醇化钠及醇化镁等。醇化物在水中能水解，得到醇及氢氧化物。

醇在高温（400~800℃）下能自行失水而变成烯。用氧化铝或磷酸作催化剂时，在 300~350℃即能失水。乙醇在氧化铝作用下，在 260℃时主要产物是醚，在 360℃时则是烯。

醇燃料（Alcohol Fuel）主要是甲醇及乙醇，但也包括丙醇、丁醇、戊醇及其异构物。如甲基燃料是以甲醇为主并含有高级醇的燃料。美国环境保护局（EPA）认为甲基燃料是甲醇中含有 5%~10%（质量比）的高级醇，而高级醇由乙醇、丙醇及异丁醇组成，其比例为 2:3:5。联邦德国认为甲基燃料是能满足在车辆上使用的工业粗甲醇。也有的认为甲基燃料的质量比组成如表 1-1 所示。

表 1-1 甲基燃料的质量比组成^[1]

单位：%

甲醇	88.7~83.5	丁醇	5.3~8.7
乙醇	2.2~2.3	戊醇	1.1~1.9
丙醇	2.7~3.6		

还有一种低碳燃料醇，具有代表性的组成见表 1-2。意大利在 20 世纪 80 年代初为生产这种低碳燃料醇，研究成功新的催化工艺，取得了较大的进展，将该醇燃料称为 MAS（Methanol Alcoholic Super）。低碳燃料醇与汽油能在 0℃以下形成混合燃料而不分层，本书中的醇燃料仅是指甲醇及乙醇。

表 1-2 低碳燃料醇 (MAS) 的组成 (质量分数)

单位: %

甲醇	70	异丁醇	15
乙醇	2	戊醇	10
丙醇	3		

1.1.2 醇燃料的生产简介

甲醇又名木精, 生产甲醇的原料有煤、木柴、天然气、有选择的城市垃圾及近几年来正在研究中的海藻等, 凡是可以得到 CO 及 H_2 的原料, 都可以合成甲醇。当前各国主要用煤及天然气生产甲醇, 从煤得到液体燃料的方法有直接液化法及间接液化法。直接液化法就是将气体状态的氢输向煤炭, 使煤受到氢化裂解作用而生产出液体燃料, 这一过程要在 $450\sim 475^\circ\text{C}$ 高温及 $10\sim 20\text{MPa}$ 高压下进行; 目前煤的直接液化耗氢及能量大, 成本较高; 煤的间接液化就是先将煤气化, 得到 CO 及 H_2 气体。然后在温度 $250\sim 270^\circ\text{C}$ 及 $5\sim 10\text{MPa}$ 压力下, 将 CO 与 H_2 合成为甲醇 (CH_3OH)。

乙醇又名酒精, 生产乙醇的原料有单糖类 (如甘蔗、甜菜等), 淀粉类植物 (如玉米、薯类、大麦等), 化工原料 (如乙烯等) 及纤维类 (如木屑、树枝及秸秆等)。我国野生植物资源中如菊芋、土茯苓及橡子等也可以作为生产乙醇的原料。

由淀粉类作原料, 先进行水解、蒸煮、加酶, 用淀粉酶使淀粉成为麦芽糖, 再用麦芽糖酶使其成为葡萄糖, 而后再用酒化酶使葡萄糖变为乙醇。当用单糖类植物做原料时, 则可直接用酶生成乙醇。用木质纤维素做原料时, 一般是在 $180\sim 270^\circ\text{C}$ 及 $1\sim 6\text{MPa}$ 压力下, 用 $0.2\%\sim 1\%$ 浓度的硫酸将木质纤维素水解, 再将得到的糖等通过发酵酶, 使其变成乙醇。

应该着重指出, 由于产石油的一些地区局势动荡, 各国能源安全意识加强及油价上涨, 国际上日益重视可再生能源及燃料的开发与应用, 并注意可持续发展, 降低二氧化碳排放及净化空气环保的要求。在原料方面, 开发和应用能源植物 (包括速生的木本及草本植物), 工业废料 (如造纸、食品工业等废料、废液) 及城乡垃圾生产醇燃料, 特别是生产乙醇。

在降低乙醇成本方面, 注意生产规模、节能增效、综合利用及采用新工艺如连续发酵, 糖化与发酵同时进行, 压力分级蒸馏及开发新酶等。在利用植物纤维生产乙醇方面, 一些国家进行了较大规模的投资与研究, 例如美国在 20 世纪 90 年代初, 用纤维生产乙醇的成本 (不是指售出的价格) 为 $0.28\sim 0.41$ 美元/升, 1993 年美国能源部要求将成本降到 0.18 美元/升^[2]。美国在实验室里已经用白蚂蚁将木材制成乙醇和氢气, 这项技术如能实现廉价地工业化生产将是可再生乙醇燃料的重大突破。

1.2 醇燃料的性质

1.2.1 醇燃料的理化性质

为了便于比较及分析, 将甲醇、乙醇、柴油及汽油的主要理化性质列于表 1-3 中。现将影响发动机性能的醇燃料的主要性质分述如下。

表 1-3 几种燃料的主要理化性质

性 质	汽 油	柴 油	甲 醇	乙 醇
化学式	$\text{C}_{14\sim 12}$ 的烃化合物类	$\text{C}_{16\sim 23}$ 的烃化合物类	CH_3OH	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
相对分子质量	$95\sim 120$	$180\sim 200$	32	46