

润滑剂性能测试

技术手册

颜志光 主编



26.3

中国石化出版社

润滑剂性能测试技术手册

颜志光 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

润滑剂的性能测试是开发产品的重要过程,是控制产品质量的主要手段。本书叙述润滑油、润滑脂及固体润滑剂的各种性能及其测试方法,其中包括各种理化性能、特殊性能测试方法、机械模拟试验方法、发动机台架试验方法及重要元素分析方法。书中对每种方法的原理、设备、操作要点、误差范围、误差原因分析、标准化情况等作了详细论述,强调每个方法对油品的使用意义及其局限性。附录中还收集了重要的参考资料。

本书适宜于从事润滑剂科研开发、生产、使用和测试工作等的科技人员阅读,也适于大、中专教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

润滑剂性能测试技术手册/颜志光主编. —北京:中国石化出版社, 1999
ISBN 7-80043-818-X

I. 润… II. 颜… III. 润滑剂-性能试验-技术手册
IV. TB626.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 31810 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010) 84271850

海丰印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所经销

*

787/1092 毫米 16 开本 23 印张 582 千字 印 1—3000

2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月第 1 次印刷

定价:38.00 元

前 言

随着科学技术的发展,现代润滑剂(包括润滑油、润滑脂和固体润滑剂等)的应用范围日益宽广,使用条件日益苛刻,要求其具有能满足使用要求的各方面性能,因而促进了润滑剂新品种的不断开发和制造技术的不断更新。而要鉴定和预测一种新润滑剂是否能满足某一特定的使用要求,必须首先设计和开发各种性能测试方法,故润滑剂的性能测试是润滑剂研究、开发、生产质量控制等整个工作的重要组成部分,是开发新品种的前提条件。

润滑剂的性能测试,分为实验室理化性能测试、模拟机械试验、零部件试验、整机台架试验和使用试验等几个部分,牵涉物理、化学、机械、仪表、自动化、计算机等许多学科,是一种多学科的综合技术。由于专业的局限性,从事润滑剂开发、研究的科研人员往往不知道该用何种测试方法或选择何种测试条件,或者不会综合分析和解释所得测试数据,这是因为测试方法的复杂性和测试方法繁多的缘故。例如,测试润滑油的抗氧化安定性就先后发展了10多种测试方法,各种油品的使用条件不同,其氧化试验方法也各有特点,但也有共性。因此很有必要将每种性能测试方法按其性能来归类,分析其共性和个性(适用范围和局限性),指出相关试验方法之间的关联及每种试验方法与实际使用之间的关系,并且强调每种测试方法的精密度(误差范围),便于科研人员、生产人员和销售人员选择适当的测试方法和试验条件,解释各种性能测试数据,这就是编写本书的目的。

本书共分10章,第一章讨论润滑剂性能测试技术的共性问题;第二章介绍理化性能测试技术;第三章和第六章介绍模拟机械试验技术;第四章和第五章介绍零部件试验技术;第七章介绍发动机台架试验技术;第八章介绍润滑脂性能测试技术;第九章介绍固体润滑剂性能测试技术;第十章介绍润滑剂元素分析技术。此外,为了方便读者查阅与测试有关的标准性能数据,在全书末尾还附有8个附录。

为了编好此书,特邀请几位多年从事润滑剂测试技术研究和实践的专家执笔。第九章由中国工程院院士、中国科学院兰州化学物理研究所党鸿辛研究员撰写;第四章第六节由中国石化石油化工科学研究院李明生高级工程师撰写;第七章(第五节除外)由中国石化石油化工科学研究院方之昌高级工程师撰写;第十章由中国石化重庆一坪高级润滑油公司王家琴、田玉中高级工程师撰写;附录八由中国石化石油化工科学研究院钮培南高级工程师编写;其余各章节则由本人执笔。在编写本书过程中得到各位作者大力支持和协作,在此谨致衷心的感谢。

编写本书,取材难免偏颇,有的地方可能叙述过多,有的地方又略嫌不足,肯定有不尽人意之处,错误在所难免,欢迎读者多提批评意见。

颜志光

目 录

第一章 绪论	1
第二章 润滑油的理化性能测试	5
第一节 物理性能	5
一、粘度	5
二、粘度指数 (VI)	10
三、密度和相对密度	16
四、折光指数	16
五、色度	17
六、表面张力	17
七、抗泡性	18
八、空气释放性	18
九、抗乳化性	19
十、吸水性	20
第二节 化学性能	21
一、酸值 (或称中和值)	21
二、水溶性酸和碱	24
三、总碱值	25
四、氧化安定性	26
五、腐蚀性	34
六、锈蚀性	35
七、水解安定性	37
第三节 热性能	38
一、热稳定性	38
二、比热容	41
三、导热系数	42
四、蒸发性	45
第四节 低温性能	46
一、低温粘度和低温粘度稳定性	46
二、齿轮油低温表观粘度	46
三、润滑剂的成沟特性	46
四、倾点和凝点	47
五、浊点	47
六、低温泵送性	47
七、低温下发动机油屈服应力和表观粘度	48
第五节 电性能	49
第六节 安全性	51

一、闪点和燃点	51
二、自燃点	52
三、液压油喷雾可燃性测定法 (ASTM D3119—75)	53
四、高温高压喷雾点火试验 (美联邦标准 FS791 B6052)	54
五、歧管着火试验 (美联邦标准 FS791 B6503)	54
参考文献	54
第三章 润滑剂的润滑性能	55
第一节 概述	55
第二节 四球试验	57
一、四球机的原理及结构	58
二、标准试验方法	59
三、影响四球试验结果的因素	61
四、四球试验与其他试验之间的关系	61
第三节 梯姆肯 (Timken) 试验	66
第四节 法莱克斯 (Falex) 试验	68
一、液体润滑剂摩擦系数测定法 (SH/T 0201—92)	69
二、润滑油磨损性能测定法 (SH/T 0188—92)	69
三、润滑油极压性能测定法 (SH/T 0187—92)	69
四、法莱克斯试验与四球试验的相关性	69
第五节 α 试验机 (LFW-1) 试验机	71
第六节 销—盘磨损试验	72
第七节 MM-200 磨损试验机 (Amsler 试验机)	73
第八节 另外两种摩擦系数测定法	74
一、导轨润滑剂摩擦系数测定法 (ASTM D2877—70)	74
二、液体润滑剂摩擦系数测定法 (振子法) (SH/T 0072—91)	74
第九节 HQ-1 摩擦磨损试验机	75
第十节 SRV 振动摩擦试验机	76
第十一节 叶片泵试验	78
参考文献	80
第四章 齿轮试验	81
第一节 概述	81
第二节 IAE 齿轮试验	81
第三节 利得 (Ryder) 齿轮试验	83
第四节 FZG 齿轮试验	85
第五节 CH-1 齿轮试验	90
第六节 汽车后桥齿轮试验	92
一、车辆齿轮油锈蚀评定法 (L-33 法)	93
二、车辆齿轮油承载能力评定法 (L-37 法)	95
三、车辆齿轮油抗擦伤性能评定法 (L-42 法)	97
四、车辆齿轮油热氧化安定性评定法 (L-60 法)	98
参考文献	99

第五章 润滑油脂轴承试验	100
第一节 概述	100
第二节 航空润滑油的轴承试验	100
一、航空涡轮油的高温沉积和降解特性试验方法 (FS791 B—3410)	101
二、航空涡轮润滑油轴承沉积性试验方法 (FS791 C—3450)	103
三、临界温度试验	103
四、航空润滑油全尺寸轴承试验	103
第三节 润滑脂的轴承寿命试验	104
一、影响润滑脂轴承寿命的因素	104
二、滚珠轴承润滑脂功能寿命试验法 [ASTM D1747—64 (73)]	108
三、高温下润滑脂在滚珠轴承中工作性能试验法 (ASTM D3336—75)	109
四、高温下润滑脂在抗摩轴承中的工作性能测试方法 (FS 791 B331.2)	110
五、高温下润滑脂在抗摩轴承中的工作性能测试方法 (FS791 B333.1)	111
六、润滑脂小轴承评定法 (ASTM D3337—74)	111
七、润滑脂滚珠轴承性能试验方法 (IP168/85)	113
八、高温下润滑脂在抗摩轴承中工作性能测定法 (SH/T 0428—92)	114
九、润滑脂轮毂轴承寿命试验方法	114
十、FE8 系统评定滚珠和滚子轴承润滑脂的试验方法	115
参考文献	115
第六章 其他性能试验	116
第一节 结焦性能	116
一、内燃机润滑油的结焦性能	116
二、涡轮喷气发动机润滑油的高温沉积性能	122
第二节 材料相容性	130
一、润滑剂对合成橡胶的溶胀性测试方法 (FS791 B3603.4)	130
二、航空涡轮润滑油对合成橡胶的溶胀性 (FS791 B3604.1)	131
三、航空涡轮润滑剂与弹性体的相容性 [FS791 C3432.1 (1986)]	131
四、航空用合成润滑油与橡胶相容性测定法 (SH/T 0436—92)	131
五、航空涡轮发动机用合成润滑油与硅橡胶相容性测定法 (GJB 1820—93)	132
六、涡轮润滑油的相容性测定法 (FS 791 B3403.1)	132
七、航空发动机润滑油相容性测定法 (GJB 562—88)	132
第三节 固体颗粒杂质含量	133
一、液压油中的固体颗粒杂质含量测定法 (FS791 B3009.2)	133
二、航空涡轮发动机润滑油固体颗粒杂质测定法 (GJB 12645—94)	134
第四节 贮存试验	134
一、合成航空涡轮发动机润滑油的美国军用标准 MIL-L-7808F 与 MIL-PRF-7808L 对进行贮存试验的要求	134
二、合成航空涡轮发动机润滑油的美国军用标准 MIL-L-23699E (1994) 和 MIL-PRF-23699E (1997) 中规定的贮存稳定性试验	134
三、液体润滑剂的贮存安定性试验方法 (FS791 B3465)	134
参考文献	135

第七章 发动机台架试验	136
第一节 概述	136
第二节 汽油发动机台架试验	140
一、SC级汽油机油性能评定法(程序Ⅱ、Ⅲ、V法)	142
二、SD级汽油机油性能评定法(程序Ⅱ、Ⅲ、V法)	143
三、程序ⅡD试验	145
四、程序ⅢD试验	146
五、CEPT-Ⅲ法试验	147
六、程序VD试验	147
七、CEPT-V试验	148
八、程序ⅡE试验	149
九、程序VE试验	150
十、L-38试验	151
十一、程序VI试验	152
十二、程序VIA试验	154
第三节 柴油发动机台架试验	155
一、卡特皮勒1H2和1G2试验	156
二、1135单缸柴油机的C ₂ 法和D ₂ 法	157
三、NTC-400试验	158
四、T-6试验	158
五、T-7试验	159
六、卡特皮勒1K试验	160
七、卡特皮勒1M-PC试验	161
八、卡特皮勒1N试验	161
九、T-8试验	161
十、GM 6.2L试验	162
十一、6V53T试验	162
十二、6V92TA试验	163
第四节 二冲程汽油机台架试验	164
一、L-ERA二冲程汽油机油的评定法	166
二、L-ERB二冲程汽油机油的评定法	168
三、L-ERC二冲程汽油机油的评定法	171
四、风冷二冲程汽油机油润滑性评定法	172
五、风冷二冲程汽油机油清净性评定法	173
六、风冷二冲程汽油机油排气烟度评定法	173
七、二冲程汽油机油的排气系统堵塞评定法	174
八、水冷二冲程汽油机油润滑性评定法	175
九、水冷二冲程汽油机油清净性及一般性能评定法	175
十、水冷二冲程汽油机油早燃倾向评定法	175
第五节 航空发动机润滑油地面台架试验	176
一、航空润滑油在发动机上地面台架试车的分类	176
二、试车前的准备	177
三、试车步骤	177

四、试车后的工作	178
参考文献	178
第八章 润滑脂的性能测试	179
第一节 锥入度	179
一、定义	179
二、测定方法	179
三、锥入度的意义	180
第二节 滴点	180
一、定义	180
二、测定方法	180
三、滴点试验的意义	182
第三节 相似粘度 (表观粘度)	182
一、粘度计的种类和比较	182
二、润滑脂相似粘度的测定方法	184
三、AKB 粘度与 SOD 粘度的相关性	185
四、润滑脂的相似粘度在使用上的意义	187
第四节 机械安定性	188
一、定义	188
二、机械安定性的测试方法	188
三、机械安定性同使用的关系	189
第五节 胶体安定性	189
一、测定润滑脂胶体安定性方法	189
二、胶体安定性与使用的关系	190
第六节 氧化安定性	191
一、定义	191
二、润滑脂氧化安定性测试方法	191
三、润滑脂的氧化安定性与使用的关系	193
第七节 蒸发性的测定	193
一、润滑脂蒸发性的测定方法	193
二、蒸发性的测定对润滑脂的使用影响	194
第八节 润滑性能	194
一、四球机法	194
二、梯姆肯试验机法 (SH/T 0203—92)	195
三、梯姆肯试验与四球极压试验之间的关系	195
四、润滑脂齿轮磨损测定法 (SH/T 0427—92)	196
五、润滑脂的润滑性能与其使用的关系	197
第九节 防护性能	197
一、润滑脂防护性能测定法 (SH/T 0333—92)	197
二、防锈油脂湿热试验方法 (GB/T 2361—88)	198
三、润滑脂防锈试验法 (ASTM D1743—73)	198
四、润滑脂的腐蚀试验	198
第十节 抗水性能	199
一、润滑脂抗水性的评定方法	199

二、润滑脂的抗水性同使用的关系	200
第十一节 橡胶相容性	200
一、橡胶相容性的试验方法	200
二、润滑脂的橡胶相容性同使用的关系	201
第十二节 其他测试项目	201
一、游离碱和游离酸	201
二、水分	202
三、机械杂质	202
参考文献	204
第九章 固体润滑剂的性能测试	205
第一节 概述	205
第二节 粉末润滑剂的性能测试	206
一、纯度	206
二、水分	208
三、挥发物	208
四、灰分	209
五、水溶物含量	210
六、pH值和酸碱度	211
七、含油量	212
八、粒度及筛余物	212
九、密度	217
十、润滑性	220
十一、固体润滑剂粉末的其他评定方法	223
第三节 覆膜状固体润滑剂的测试	223
一、膜厚度	223
二、附着力	225
三、抗液性	232
四、耐腐蚀性	234
五、耐热性	237
六、固含量	238
七、硬度	239
八、弯曲试验和耐冲击性	243
九、耐磨寿命和承载能力	245
十、储存稳定性	249
第四节 复合材料的摩擦学性能测试	249
一、摩擦磨损性能	249
二、极限 pv 值	255
参考文献	258
第十章 润滑剂中的元素分析	259
第一节 碳、氢和氮的分析	259
一、示差法	259

二、色谱测定法	262
三、Heraeus CHN-O-RAPID 元素分析仪测定碳、氢和氮的含量	263
第二节 氧的分析	265
一、催化剂的制备	266
二、燃烧管的填充	266
三、色谱填充物的活化与保护	266
第三节、氮的分析	267
一、微库仑法测定氮含量	267
二、液态石油烃中痕量氮测定法（电量法）	269
三、石油添加剂中氮含量的测定法（克氏法）	271
四、杜马法	273
第四节 硫的分析	274
一、氧瓶燃烧法测定添加剂和有机物中的硫含量	274
二、用 Heraeus 元素分析仪测定硫含量	275
三、催化氧化库仑法测定石油产品中硫含量	276
第五节 卤素的分析	278
一、氧瓶-汞量法测定氯（溴）	278
二、氯、溴共存时氯的测定	279
三、氯、溴共存时溴的测定	280
四、氟的测定	280
五、离子色谱法同时测定氟和氯（硫）	283
六、微库仑法测定氯	284
第六节 磷、硅的分析	286
一、磷的测定	286
二、硅的测定	287
三、硅磷同时测定	288
第七节 硼的测定	289
一、容量法	289
二、比色法	289
三、电极法	290
第八节 钠和钾的分析	291
一、钠的测定	291
二、钾和钠的测定	291
第九节 钙、镁、钡、锌的分析	292
一、络合滴定法测定润滑油中钙、镁、钡、锌含量	292
二、溶剂稀释原子吸收光谱法直接测定润滑剂中钡、钙、锌含量的方法（SH/T 0228—92）	293
三、添加剂中镁含量的原子吸收光谱法测定（SH/T 0027—90）	294
四、润滑油及其添加剂中镁含量的测定（比色法）	295
五、光度法测定润滑剂中锌含量	296
六、容量法测定润滑剂中的钙含量	296
七、润滑剂中钡含量的测定（重量法）	297
第十节 铁的测定	297
一、比色法	298
二、重量法	298

三、容量法	298
四、原子吸收法测定铁含量	299
第十一节 原子吸收法和发射光谱法同时测定润滑剂中多种微量金属元素	299
一、原子吸收光谱法测定合成航空润滑油中多种微量金属元素	299
二、等离子体发射光谱 (ICP/AES) 直接进样测定航空润滑油中 10 种金属含量	303
第十二节 钼的测定	303
一、全差示光度法测定添加剂中钼含量	303
二、原子吸收法测定润滑油中钼含量 (SH/T 0605—94)	304
三、合成润滑油中微量钼含量的测定 (AAS 法)	304
第十三节 铅的分析	305
一、润滑油中铅含量测定	305
二、原子吸收法测定润滑油中的铅含量 (SH/T 0617—92)	305
第十四节 铜的分析	306
一、络合滴定法测添加剂中的铜含量	306
二、润滑油中铜含量测定法	307
参考文献	308
附 录	310
附录一 常见非法定单位与法定单位对照表	310
附录二 有关润滑油脂测试方法的国家标准变更情况	313
附录三 有关润滑剂测试方法的行业标准变更情况	315
附录四 几个国家润滑油脂试验方法标准对照表	320
附录五 ASTM 制定的新的石油产品和润滑剂标准	322
附录六 ASTM 修订和复审的标准	323
附录七 几种主要润滑油脂的规格标准	326
附录八 润滑剂质量检测用仪器生产厂家名录	350

第一章 绪 论

尽管世界上目前作为润滑材料的物质种类繁多，但从其常温下的形态可概括为液体润滑剂、半固体润滑剂（润滑脂）、固体润滑剂和气体润滑剂等四类，本手册只涉及使用最多的前三类。

润滑剂的基本功能可归纳为：控制摩擦、减少磨损、冷却降温、密封隔离和阻尼振动等5个方面。根据机械的使用条件的不同，对这些基本功能的要求又各有侧重。为了能长时间满足这些基本功能，就要求润滑剂具有各种性能特点，而要了解所选润滑剂或新研制的润滑材料是否具有能满足特定机械使用要求的性能特点，就必须对其进行测定和试验，简称为测试。

润滑剂的性能测试一般分为理化性能测试、模拟机械试验、零部件试验、发动机台架试验和使用试验（如道路行车试验和飞行试验）等步骤，逐步接近使用实际，愈接近使用实际，试验的难度就愈大，所耗费用就愈高。故在新材料开发过程中或在产品的生产质量控制和验收过程中，一般尽可能多做理化性能测试和模拟机械试验，并且寻求这两者与实际使用试验之间的关系，直到最后才进行实际使用试验。

一、对测试的要求

根据不同的测试目的对测试的要求有所不同：

①对于质量控制，要求测试尽可能简单、快速和价廉，但不要求测试结果有十分重要的意义；

②对于设计目的，追求快速并不很重要，但测试结果必须与形状和条件有关，这意味着要对其有较多的了解，因而测试多个位置的数据（或多个试验条件下的数据）比仅测单一位置（或单一试验条件）数据来得好；

③对于预测性能试验，最主要的是要与使用有关；

④对于失效分析，则要求有良好的鉴别能力。

强调不同的要求，将使设计和选择测试程序的方法会有所不同，并常常涉及不同的测试仪器。

经测试所得的润滑剂的性能数据会因使用的测试方法的不同而改变，测试条件越接近真实的使用条件，就越恰当或有意义，即预测的使用性能越可靠。测试结果越是不受试件形状或条件的影响，对于设计意义来讲，就越恰当。

经济和时间的因素常常使测试程序不能很接近使用条件。大多数公布的性能数据和实际性能之间的最大差距是在时间的长短上：某一元件究竟能在多长时间内能够经受得住确定的应力而不会损坏呢？无故障使用需要达几年以上，而测试往往仅持续几秒钟或几分钟。加速试验常能提供非常有用的指导，并且常常是对这种需要的最好的解决办法。然而，需要牢记的是，为产生这种极度的加速作用，某个或某些测试参数必须强化，例如提高温度、改变自然环境或增加应力施加频率等，这些必要的改变本身可能引起一些平常环境温度等条件下绝

不会发生的效应，从而可能会产生令人误解的数据。

由于试件尺寸和形状的影响、测试时间长短的影响、加速效应的影响以及测试条件与使用条件的差别大小，故测试结果有它的局限性。显然，人们不能过分强调要对所有测得的性能以最精密的估计，去建立它们的确实的关系和适用性。

二、产生误差的原因

所有测量都存在变异性，从而造成测试结果产生误差。引起误差的原因较多，归纳起来主要有 3 个方面。

①系统误差。服从某一确定规律的误差称为系统误差。比如多次测量时，误差始终不变（称为固定系统误差）或作周期性变化（称为周期系统误差）等。系统误差通常产生于测试仪器的不准确性，测试方法的错误以及许多外界原因。如果是由于试验机的机构间的摩擦或载荷偏心、指示仪表没有校准、电工仪表的精度等所造成的误差也称为仪器误差。这种误差可以通过制造或选择精密的仪器、合理地安装仪器、测定前详细地检查和校正仪器等一系列措施予以消除。如果是环境温度、湿度、压力的变化引起的误差，称外界系统误差，这种误差可以通过调节环境温度、湿度，控制波动范围来消除。

②偶然误差。单次测量时，误差可大可小，可正可负，但多次测量后，其平均值趋于零，具有这种性质的误差称偶然误差。

在测试中，如果已经消除引起系统误差的一切因素，而所测数据仍在末一位或末两位数字上有波动，这说明有偶然误差存在。产生偶然误差的原因包括了所有可能的各种因素，比如客观条件的偶然变化，仪器结构的不完全稳定，试样材料本身的不均匀性等。

偶然误差不可能消除，但它们服从统计规律，可以按概率论的法则，给予合理的处理。

③过失误差（亦称为粗差）。这类误差的造成是由于测试人员本身主观方面的原因而产生的差错。比如测试时，数字读错，标志对错，计算单位换算错等。这种过失误差在测试中是不允许存在的。要求测试人员加强工作责任心，集中注意力，仔细认真地进行试验，严防粗枝大叶，否则将会造成重大损失。

我们必须学会和掌握对试验误差来源进行具体分析，并对它的大小作出可靠估计，然后可以判断测试结果的可靠性，并由此判断结果的意义。

必须分清准确度和精密度的不同概念。准确度是测试结果对真实结果的接近程度，而精密度是重复测试结果之间吻合的接近程度。为使变异性最小，我们应希望测试方法尽可能具有重复性。因准确度差，会使测试有大的偏差，即使精密度高也无济于事。所以我们要求的是两者，而且两者之间确实也有联系，即精密度（可重复性）差会导致准确度降低。

分散性或变异性的最有用的度量是标准偏差。

表 1-1 四球机抗磨性能试验结果

金属根 有机根	A	B	C	D	E
E	0.42	0.46	0.49	0.48	0.46
F	0.51	0.53	0.50	0.54	0.56

试验条件：1500r/min，294N，30min，添加 1.0%。

在润滑剂的标准测试方法中绝大多数都注明其精密度（重复性和再现性），因此我们在使用试验结果的数据时必须注意所使用的测试方法的精密度范围，如表 1-1 中引用两组四球机长期磨损试验结果。表面看几种不同金属根的添加剂的抗磨性能似乎有差异，

殊不知四球试验方法的精密度（重复性）为 0.12mm。这两组数据均在误差范围以内，也就是说没有差别，故使用数据时，必须注意方法的精密度范围。本书在介绍各种试验方法时也

特别注意这点。

由此可以看出，不同实验室在不同试验条件下对同一试验对象（样品）测试的结果是不相同的，也是无法互相比较的。如果要求测试结果可作比较，对许多参数（试验条件）就必须加以规定和控制。我们可以知道温度变化、试件变化等对性能有影响，但在短时期内，我们的知识一般不足以将测试数据归纳为一个通用的、可比较的规范，甚至不足以分析一个可变参数，更何况对很可能是有交互作用的一大群可变参数。因此，对于所有测试工作人员测量每项性能，都应规定使用完全相同的方法。要做到这一点的主要手段是采用标准，即采用测试方法标准。

测试方法标准的作用是规定所有的仪器参数、试片细节、过程步骤和数据表示。这样，商品的供应者和用户之间能保证用相同语言表述，将一些明确的意义赋予销售合同，从而促进贸易。

根据《中华人民共和国标准化法》规定，我国的标准分为4级，即国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。各级标准的范围对象是：国家标准是对需要在全国范围内统一的技术要求；行业标准是对没有国家标准，而又需要在全国某个行业范围内统一的技术要求；地方标准是对没有国家标准和行业标准，而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的工业产品的安全、卫生要求；企业标准是对企业生产的产品没有国家标准和行业标准，而又需要在厂内统一的技术要求，以作为组织生产的依据。

这些标准又分为强制性标准和推荐性标准两种。强制性标准，必须执行，不符合强制性标准的产品，禁止生产、销售和出口。推荐性标准，国家鼓励企业自愿采用。

石油产品的国家标准和行业标准多为强制性标准，标志为GB××××、GJB××××或SH××××等。而各种测试方法标准多为推荐性标准，其标志为GB/T××××或SH/T××××。

石油产品和润滑剂及其测试方法的行业标准，演变了几次。在80年代以前称为石油部标准SY××××，1987~1988年改为专业标准ZBE××××，1992年以后又改为行业标准SH××××或SH/T××××，而部颁标准SY和专业标准ZBE均已作废。可是不少专业文献仍在引用。

世界各国均有自己的国家标准和行业标准，第二次世界大战以后，国际贸易有了巨大的发展。为了国际标准化，又建立了国际标准化组织（ISO）。ISO由世界50多个国家的国立标准团体组成。ISO的标准化工作由5个或更多国家订立协议建立的技术委员会来实施。ISO和国际电工委员会（IEC）分别是世界上规模最大、影响较广的标准文件和国际标准化机构。各国标准机构、符号和编号见表1-2。

为了确保测试结果的准确性和可靠性，除了必须严格执行测试方法标准之外，还须对测试实验室进行质量控制。

测试实验室与生产单位一样，也需要质量控制：测试过程必须受控制；操作人员必须经过培训，符合要求才能上岗；测试设备必须经常校准。好的测试方法标准大大有助于测试结果的重现性。特别在试片制备和预处理方面，常常需要用内部的标准方法来补充标准，这些内部标准方法必须有文字记载，不能口头传递。应对操作人员能否执行每项测试作资格审查，对他们的培训和考试的正式记录要妥善保存。

表 1-2 各国标准代号

各 国 标 准	符 号	编 号
国际标准	ISO	ISO+顺序号+制定年份
国际电工委员会	IEC	IEC+顺序号+制定年份
英国标准	BS	BS+顺序号+制定年份
德国标准	DIN	DIN+顺序号+制定年份
日本工业标准	JIS	JIS+字母类号+制定年份
前苏联标准	ГОСТ	ГОСТ+序号+制定年份
法国标准	NF	NF+字母类号+小类编号+制定年份
美国国家标准	ANSI	ANSI+字母类号+序号+制定年份
美国联邦标准	FS	FS+字母类号+序号
美国材料与试验协会标准	ASTM	ASTM+序号+制定年份

对测试设备应定期正确校准。有些似乎是琐碎小事，常被人忽视，如千分表和温度计的校准，应检查指针有没有弯曲或是否有污物引起过分的摩擦。很多事情看来很小，正如实验证明：如果不存在这些误差来源，则实验室之间的一致性便不会有问题。误差似乎从最不可能的来源产生，因此对细节问题的关注和“疑心”，便成为一种良好的防范措施。一个可靠的保证措施是对所有的设备定期进行正规的维护和校准安排，包括所有检查和测量的书面记录及对设备按校准状况作清晰的标贴。

实验室应有其质量手册，详述所有必须遵循的规程，以保证可靠的实验结果，这包括：正规的全员培训；严谨的以文件规定的测试步骤，样品、设备校准以及原始记录和报告的管理。

各实验室应定期与别的实验室比较它们的试验结果，以便了解本实验室的质量情况，避免产生不一致的结果引起争议。

参 考 文 献

1. 维苏·珊. 塑料测试技术手册. 北京: 中国石化出版社, 1991
2. 马玉珍. 塑料性能测试. 北京: 化学工业出版社, 1993

第二章 润滑油的理化性能测试

润滑油的物理化学性能是决定其使用性能的基础，并且是由其分子组成所决定的。因此，判断一种润滑油是否符合某种机械的使用要求，首先必须对其进行理化性能测试，在各种润滑油的标准中主要是对其理化性能要求进行规定。润滑油的理化性能测试方法各国基本上都已标准化了，而且基本上均能互相通用。本章将这些方法分成物理性能、化学性能、热性能、低温性能、电性能、安全性能等六类，分别概述这些性能测试方法的使用意义、内容、影响因素、误差范围及使用每个方法所测结果时应注意的问题。

第一节 物理性能

润滑油的物理性能包括粘度、粘度指数、密度、折光指数、色度、相对分子质量、吸水性、表面张力、抗泡性、空气释放性、抗乳化性、机械杂质、压缩性等，对这些性能的测定多数都有标准测试方法，有些性能如粘度等则有几种测定方法。

一、粘 度

粘度就是液体的内摩擦。润滑油受到外力作用而发生相对移动时，油分子之间产生的阻力使润滑油无法进行顺利流动，其阻力的大小称为粘度。它是润滑油流动性能的主要技术指标。绝大多数的润滑油是根据其粘度大小来分牌号的，因此，粘度是各种机械设备选油的主要依据。

润滑油的粘度对润滑油的流动性和它在摩擦表面形成油膜的厚度有很大影响。粘度较大的润滑油其流动性就差，不易流到摩擦面之间，而在摩擦面之间形成的油膜较厚，在较大负荷情况下润滑效果比较好。粘度较大时润滑油的冷却和冲洗作用较差，摩擦面的温度较高。反之，润滑油的粘度较小，其流动性较好，容易流到间隙小的摩擦面之间，可保证润滑效果，机械克服摩擦阻力消耗的功率也较少，润滑油的冷却和冲洗作用较好。但如润滑油的粘度过小，在较大负荷下，润滑油膜变薄而容易破坏，使摩擦面容易产生磨损和擦伤。因此，在选择润滑油时首先必须考虑其粘度大小是否合适。

粘度的度量方法分为绝对粘度和相对粘度两大类。绝对粘度分为动力粘度和运动粘度两种；相对粘度有恩氏粘度、赛氏粘度和雷氏粘度等几种表示方法。

1. 动力粘度 (η)

在流体中取两面积各为 1m^2 ，相距 1m ，相对移动速度为 1m/s 时所产生的阻力称为动力粘度。单位 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ (帕·秒)。过去使用的动力粘度单位为泊或厘泊，泊 (Poise) 或厘泊为非法定计量单位。

$$1\text{Pa}\cdot\text{s} = 1\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2 = 10\text{P (泊)} = 10^3\text{cP}$$

ASTM D445 标准中规定用运动粘度来计算动力粘度，即

$$\eta = \rho \cdot \nu$$