



机械设备润滑

刘峰壁 编著

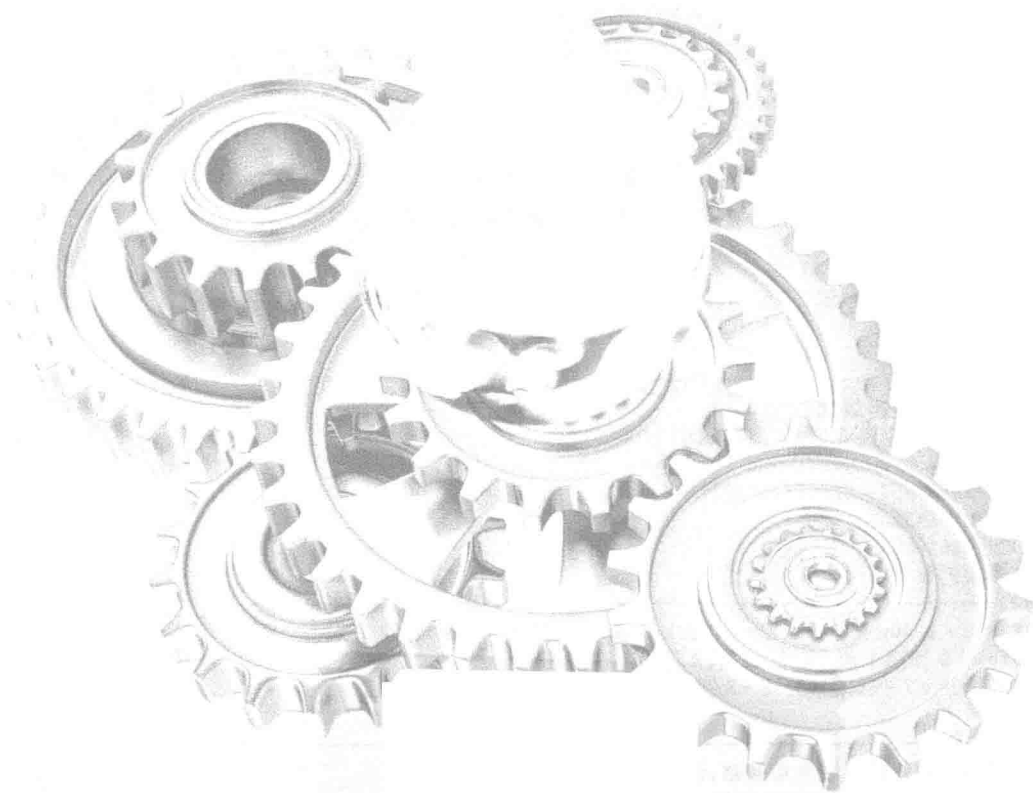


西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

佛山科学技术学院科学研究著作基金资助

机械设备润滑

刘峰璧 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书系统地介绍了使用机械设备过程中所涉及的润滑及相关知识。主要包括:润滑方案的制定和润滑工程师的工作内容;常用润滑剂的功能、特性及应用对象;润滑剂的理化及性能特性试验方法;典型机械零件润滑;液压液的清洁及清洁度;旋转机械的润滑与故障监测;润滑方法;润滑剂的接收、保存、转移、添加及再生方法;常用添加剂及其作用;机械设备用密封材料、常见密封件结构及选用;机械零件和设备的清洁、所用清洁剂及其使用方法和注意事项。

本书主要供在工厂中从事机械设备润滑管理及维护的人员阅读,也可供从事机械设备设计、加工、操作使用、故障诊断以及润滑剂生产与开发者和大中专院校相关专业师生使用。

图书在版编目(CIP)数据	
机械设备润滑/刘峰壁编著. —西安:西安交通大学出版社,	
2015.10	
ISBN 978-7-5605-8038-8	
I. ①机… II. ①刘… III. ①机械设备—润滑 IV. ①TH117.2	
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 243080 号	

书 名	机械设备润滑
编 著	刘峰壁
责任编辑	任振国 季苏平

出版发行	西安交通大学出版社
	(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址	http://www.xjtpress.com
电 话	(029)82668357 82667874(发行中心)
	(029)82668315(总编办)
传 真	(029)82668280
印 刷	虎彩印艺股份有限公司

开 本	880mm×1230mm 1/16	印张	35.5	字数	1111 千字
版次	2016 年 3 月第 1 版		2016 年 3 月第 1 次印刷		
书 号	ISBN 978-7-5605-8038-8/TH·121				
定 价	118.00 元				

读者购书、书店添货,如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。
订购热线:(029)82665248 (029)82665249
投稿热线:(029)82664954
读者信箱:jdly@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

前 言

润滑伴随机械设备的设计、制造、安装、使用和维护全过程。实践表明,合理润滑能增加生产率,提高产品质量,减少设备故障,延长机器使用寿命,降低生产成本和保护环境。

本书系统地介绍了从事机械设备润滑所需的知识和成熟经验,主要包括:

(1)工厂设备润滑方案制定,旨在介绍在工厂中如何开展润滑工作。

(2)典型机械零件的润滑,主要叙述齿轮、轴承的润滑要求、润滑方法、注意事项及相关故障诊断。可作为其它零件润滑的借鉴。

(3)润滑剂的用途和技术要求,较详细地介绍了工厂常用润滑剂的性能和适用对象,主要作润滑剂选用时参考。

(4)润滑剂性能试验,较为详细地给出了润滑剂的各种理化和性能试验方法、步骤及所用试验装置。主要用作润滑剂性能测试或故障监测时参考。

(5)液压系统润滑及清洁,着重介绍了对液压液清洁度的要求以及保持液压液清洁的方法。

(6)润滑方法,重点介绍了各种连续、断续自动加注方法,如串联递进、双线并联及油雾和油-气润滑系统。

(7)润滑剂添加剂,主要介绍了各种润滑剂添加剂的作用。

(8)润滑剂的接收、保存、转移、添加、更换和再生。

此外,还介绍了与设备润滑密切相关的密封、机械设备和零件的清洁以及振动故障监测。合理的密封可以减少润滑剂的泄漏,其中主要介绍了密封材料、常用密封件及选用;清洁是机械安装、维护中不可缺少的环节,着重介绍了机械清洁用各种清洁剂及其使用方法和注意事项;旋转机械的振动故障与润滑故障密切相关,振动故障诊断也是设备润滑管理人员必备的知识,为此在第3章结合典型零件和设备作了相应介绍。

本书主要以在工厂从事机械设备的维护和润滑管理人员为对象,着眼于知识的实际应用,不涉及繁杂的理论公式推导;从零件和系统的基本结构、功能和组成起步,使阅读更加容易和系统。

书中内容参考了较多的西文资料,为方便阅读,给出了国际单位和英制单位换算关系以及中外标准对照表,供参考。

限于作者水平,书中错误之处在所难免,敬请各位读者批评指正。联系邮箱:fengbi.liu@163.com。

编著者

2015年1月

符号、英文名缩写、英文名、中文名对照

符号或英文缩写	英文名	中文名
AAR	Association of American Railroads	北美铁道协会
ABMA	American Bearing Manufacturers Association	美国轴承制造者协会
ACFTD	air cleaner fine test dust	空气滤清器精细试验粉尘
AES	atomic emission spectra	原子发射光谱
AGMA	American Gear Manufacturer's Association	美国齿轮制造商协会
AHMA	American Hardware Manufacturers Association	美国五金协会
AISI	American Iron and Steel Institute	美国钢铁学会
ANSI	American National Standard Institute	美国国家标准协会
API	American Petroleum Institute Service System	美国石油协会发动机润滑油分类法
ASTM	American Society for Testing and Materials	美国材料与试验协会
ATIEL	Technical Association for the European Oil Industry	欧洲润滑剂工业技术协会
Awg	American Wire Gauge	美制电线标准
Bethehem		伯利恒(书中指美国前伯利恒钢铁公司)
B&S	Brown & Sharps	美国区分导线直径的标准(又称 B&S 线程)
BS	British Standard	英国标准
CID	cubic inch of displacement	立方英寸排量
CIR	cubic inch/revolution	立方英寸每转
CIS	control and improvement system	控制和系统改进
COC	Clevelandopen cup	克利夫兰开口杯(闪点试验)
CP	compounded oils	复合油
dN		滚动轴承速度常数,为轴承内径(m)与轴的转速(r/min)之积
DcP	d. c. plasma torch	直流等离子炬
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.	德国标准化学会
Dofasco		加拿大多法斯科公司(钢铁制造商)名
EHC	electro-hydraulic control	电液控制
EHD	Elasto-hydrodynamic	弹性流体动力
EMD	Electro-Motive Diesel	(美)柴油机车制造商名
EP	extreme pressure	极压
EPA method	Environmental Protection Agency method	(美)环境保护局试验法

续表

符号或英文缩写	英文名	中文名
e_{pet}		允用不平衡度
Falex		法莱克斯(销-V形块试验机名称)
Fed. Spec.	Federal Specification	(美)联邦规格(范)
FFT	fast Fourier transform	快速傅里叶变换
FMEA	failure mode and effects analysis	失效模式及其影响分析
FRF	fire-resistant fluid	防火液
FZG	Forschungsstelle für Zahnrad und Getriebebau	德国慕尼黑技术大学齿轮设计研究所
GAPF	gear assembly phase frequency	齿轮副相位频率
GL	gear lubricant	齿轮润滑剂
GMF	gear mesh frequency	齿轮啮合频率
GPM	gallon per minute	美加仑每分钟
Gs		地球表面重力加速度,即 9.8m/s^2
gSE	spike energy	尖峰能量
HFD	high frequency acceleration	高频加速度
ICP	inductively coupled plasma torch	电感耦合高频等离子炬
ISO	International Standardization Organization	国际标准化组织
JIC	Joint Industrial Council	(英)联合工业委员会
JIS	Japanese Industrial Standards	日本工业标准
LCF	last chance filter	最后过滤器
L. O. 201		(美)通用汽车公司润滑油银腐蚀试验法
MTD	mideum test dust	中级试验粉尘
MIL-STD	military standard	(美)军方标准
MSDS	Material Safety Data Sheet	化学品安全技术说明书
NAS	National Academy of Sciences	(美)国家科学院
NDT	nondestructive testing	无损检测
NIST	National Institute of Standards and Technology	(美)国家标准与技术研究院
NLGI	National Lubricating Grease Institute	(美)全国润滑脂协会
NPSHA	the net positive suction head available	可用气蚀容量
NPSHR	the net positive suction head required	所需气蚀容量
OE	poly esters	聚酯

续表

符号或英文缩写	英文名	中文名
OK 值		最大合用值(用梯姆肯法测定润滑剂承压能力过程中,没有引起刮伤或卡咬时所加负荷的最大值)
PAGs	polyalkylene glycols	聚(亚烷基)二醇
PAOs	polyalpha olefins	聚 α -烯烃
PDM	predictive maintenance	预知性维护
PEs	phosphate esters	磷酸酯
PIOs	poly internal olefins	聚内烯烃
PM	preventive maintenance	预防性维护
PTFE	polytetrafluoroethylene	聚四氟乙烯
RBOT	rotary bomb oxidation test	旋转氧弹试验
RMS	root-mean-square	均方根值
R&O	rust and oxidation	防锈抗氧化
SAE	Society of Automotive Engineers	(美)汽车工程师学会
SCR	silicon-controlled rectifier	可控硅整流器
SEM	scanning electronic microscopy	扫描电子显微镜
SI	Système International, International System of Unit	国际单位制
SOAP	Spectroscopic Oil Analysis Program	油液光谱分析计划
S. O. D.	Standard Oil Development Company	(美)美孚石油开发公司
Tag		泰格法(测量闭口杯闪点的一种方法)
TAN	total acid number	总酸值
TBN	total base number	总碱值
TCC	Tag closed cup	泰格闭口杯闪点试验
TLVs	Threshold Level Values	阈限值
Timken		梯姆肯摩擦磨损试验机
TOST	Turbine Oil Stability Test	涡轮机油稳定性试验
VG	viscosity grade	粘度级别
VI	viscous index	粘度指数
XRF	X-ray fluorescence	X 射线荧光
ZN/P		粘度、速度和载荷(曲线)
β		过滤器过滤比

使用的量和单位

量	单位		
名称	名称	符号	备注
时间	小时	h	1 h=60 min 1 min=60 s
	分钟	min	
	秒	s	
长度	米	m	1 m=100 cm 1 cm=10 mm 1 mm=1 000 μm 1 ft=0.304 8 m 1 in=25.4 mm 1 ft=12 in 1 in=1 000 mil 1 in=1 000 000 μin
	厘米	cm	
	毫米	mm	
	微米	μm	
	英尺	ft,′	
	英寸	in,″	
	毫英寸	mil	
	微英寸	μin	
面积	平方米	m ²	1 in ² =645.16 mm ²
	平方厘米	cm ²	
	平方毫米	mm ²	
	平方英尺	ft ²	
	平方英寸	in ²	
体积	升	l,L	1 L=1 000 mL 1 cm ³ =1 mL 1 in ³ =16.387 1 cm ³ 1 ft ³ =28.316 8 L 1 USgal=3.785 41 L 1 USgal=4 USqt 1 USqt=0.946 4 L
	毫升	mL	
	立方厘米	cm ³ ,cc	
	立方英尺	ft ³	
	立方英寸	in ³	
	美加仑	USgal	
	美夸脱	USqt	
质量	吨	t	1 t=1 000 kg 1 kg=1 000 g 1 g=1 000 mg 1 lb=0.453 592 kg 1 lb=16 oz
	千克	kg	
	克	g	
	毫克	mg	
	磅	lb	
	盎司	oz	

续表

量	单位		
名称	名称	符号	备注
粘度	平方毫米每秒	mm^2/s	$1 \text{ St} = 100 \text{ cSt}$ $1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$ $1 \text{ P} = 100 \text{ cP}$
	斯(托克斯)	St	
	厘斯	cSt	
	泊	P	
	厘泊	cP	
	赛氏通用秒	SUS	
	赛氏伏洛秒	SFS	
	恩氏黏度单位	$^{\circ}\text{E}$	
力	兆牛	MN	$1 \text{ MN} = 10^6 \text{ N}$ $1 \text{ kgf} = 9.806\,65 \text{ N}$ $1 \text{ lbf} = 4.448\,82 \text{ N}$ $1 \text{ dyn} = 10^{-5} \text{ N}$
	牛顿	N	
	千克力	kgf	
	磅力	lbf	
	达因	dyn	
压力	兆帕	MPa	$1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$ $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ $1 \text{ psi} = 6.894\,76 \text{ kPa}$ $1 \text{ inHg} = 3\,386.378\,8 \text{ Pa}$
	帕	Pa	
	巴	bar	
	磅每平方英寸	psi, lbf/in ²	
	磅每平方英寸绝对压强	psia	
	英寸汞柱	inHg	
温度	开(尔文)	K	$K = 5/9(^{\circ}\text{F} + 459.67)$ (换算式) $K = ^{\circ}\text{C} + 273.15$ (换算式) $^{\circ}\text{C} = 5/9 \times (^{\circ}\text{F} - 32)$ (换算式)
	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	
	华氏度	$^{\circ}\text{F}$	
浓度	百万分之一部分	ppm	
功	焦耳	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$ $1 \text{ lbf} \cdot \text{ft} = 1.355\,82 \text{ J}$
	磅·英尺	lbf·ft	
热	英热单位	BTU	$1 \text{ BTU} = 1\,055.056\,5 \text{ J}$

续表

量	单位		
名称	名称	符号	备注
功率	兆瓦	MW	$W=J/s$ $1\text{ MW}=10^6\text{ W}$ $1\text{ hp}=735.499\text{ W}$
	瓦	W	
	马力	hp	
功率密度	瓦每平方英寸	W/in^2	
速度	米每秒	$m/s, mps$	$1\text{ ft/s}=0.3048\text{ m/s}$
	英尺每秒	$ft/s, fps$	
转速	转每分	$r/min, rpm$	
频率	周每分	CPM	
比重和密度	磅每立方英尺	lb/ft^3	$1\text{ lb/ft}^3=16\,018\,450.3\text{ mg/m}^3$
	毫克每立方米	mg/m^3	
力矩	牛顿·米	$N\cdot m$	$1\text{ bf}\cdot\text{in}=0.112\,98\text{ N}\cdot\text{m}$
	磅力·英寸	$lbf\cdot\text{in}$	
流量	克每分钟	$g/min, GPM$	$1\text{ g/hr}=(1/60)\text{ g/min}$ $1\text{ lb/min}=453.592\,49\text{ g/min}$ $1\text{ USgal/min}=133.680\,7\times 10^{-3}\text{ ft}^3/\text{min}$
	克每小时	g/hr	
	磅每分钟	lb/min	
	升每小时	L/h	
	毫升每小时	mL/h	
	立方厘米每分钟	cm^3/min	
	立方英尺每分钟	ft^3/min	
	美加仑每分钟	$USgal/min$	
界面张力	达因每厘米	dny/cm	
噪声	分贝	dB	
表面硬度	布氏硬度	HB	
	洛氏硬度	HRC	
角度	度	°	
电压	伏	V	

目 录

第1章 基本知识及应用	(1)
1.1 润滑剂的作用	(1)
1.2 润滑剂的合理选用和分类	(4)
1.3 润滑油的主要特性	(4)
1.4 常用润滑油	(7)
1.5 润滑脂的主要特性	(10)
1.6 NLGI 润滑脂使用导则	(12)
1.7 需要润滑的机械零件	(13)
1.8 滑动轴承及其润滑	(13)
1.9 滚动轴承及其润滑	(17)
1.10 齿轮及其润滑	(19)
1.11 活塞和活塞缸及其润滑	(21)
1.12 柔性联轴器及其润滑	(21)
1.13 润滑剂的装运	(22)
1.14 润滑剂的维护清洁	(23)
1.15 油桶的转移和装卸	(24)
1.16 安全	(25)
1.17 润滑油在厂内的转移和加注	(25)
1.18 润滑脂的转移和加注	(31)
1.19 在用润滑油的维护	(33)
1.20 文档建立	(37)
第2章 润滑剂试验	(38)
2.1 赛博特通用粘度的测量	(38)
2.2 运动粘度的测量	(40)
2.3 粘度指数	(41)
2.4 不同仪器所测粘度的比较	(42)
2.5 API 重度和比重的测量	(50)
2.6 油-水界面张力的测量	(52)
2.7 浊点和倾点的测量	(53)
2.8 闪点和燃点的测量	(55)
2.9 中和值测量	(57)
2.10 沉淀值测量	(59)
2.11 沉淀物和水的测量	(60)
2.12 油的含水量测量	(61)
2.13 防锈性试验	(62)
2.14 残炭试验	(63)
2.15 硫酸盐灰分试验	(64)
2.16 介电强度测量	(66)

2.17	银腐蚀试验	(67)
2.18	发动机油斑点试验	(68)
2.19	润滑油动态抗乳化性试验	(70)
2.20	润滑油抗乳化性	(71)
2.21	水分离特性试验	(73)
2.22	润滑油成泡特性试验	(74)
2.23	密封垫的密封性试验	(76)
2.24	油液中溶解的气体测量	(76)
2.25	石墨磨粒磨损试验	(78)
2.26	润滑油成雾特性试验	(79)
2.27	润滑剂的压力装配试验	(81)
2.28	极压油的氧化稳定性试验	(83)
2.29	抗氧化油氧化试验	(84)
2.30	油液氧化安定性旋转氧弹试验	(85)
2.31	测润滑剂极压特性的梯姆肯试验	(86)
2.32	测润滑剂极压特性的四球试验	(88)
2.33	润滑剂承载能力试验	(90)
2.34	极压润滑剂试验汇总	(92)
2.35	四球磨损试验	(93)
2.36	Falex 磨损试验	(95)
2.37	润滑脂的锥入度和稠度试验	(96)
2.38	润滑脂的滴点试验	(98)
2.39	宽温润滑脂滴点试验	(100)
2.40	润滑脂静态热试验	(101)
2.41	润滑脂剪切安定性试验	(102)
2.42	润滑脂滚筒安定性试验	(103)
2.43	润滑脂滚筒安定性改进试验	(105)
2.44	机动车车轮轴承润滑脂泄漏倾向性试验	(106)
2.45	宽温润滑脂挥发损失试验	(107)
2.46	润滑脂的渗漏和挥发试验	(108)
2.47	压力油分离试验	(109)
2.48	润滑脂存储期间分油性试验	(111)
2.49	润滑脂分油性的离心试验	(112)
2.50	润滑脂流动性试验	(113)
2.51	润滑脂的表观粘度试验	(114)
2.52	集中润滑脂润滑系统模拟试验	(116)
2.53	润滑脂的极压特性试验	(118)
2.54	润滑脂的保持力试验	(119)
2.55	润滑脂在球轴承中的有效期试验	(120)
2.56	润滑脂氧化试验	(121)
2.57	评定润滑脂中有害粒子的试验	(122)
2.58	润滑脂抗水淋性能试验	(123)
2.59	润滑脂耐水喷射性试验	(124)
2.60	润滑脂防腐蚀性试验	(126)

2.61	润滑脂的乳化特性试验	(127)
2.62	润滑脂内聚性-粘附性试验	(128)
2.63	润滑脂稳定性的“一体化”试验	(130)
2.64	润滑脂的铜片腐蚀试验	(131)
2.65	石油产品铜片腐蚀试验	(132)
2.66	槽轮甩脱试验	(133)
2.67	钢丝绳润滑剂甩脱试验的补充试验	(134)
2.68	液压液初步检验性试验(磨损试验)	(137)
2.69	用定容叶片泵说明石油和非石油液压液磨损特性的试验	(138)
2.70	油包水乳化液贮存稳定性试验	(139)
2.71	反相乳化液贮存稳定性的低温至室温循环试验	(140)
2.72	反相乳化液低温循环试验	(140)
2.73	润滑剂和液压液的颗粒污染试验(人工光学法)	(142)
2.74	液压液固体微粒污染等级代号法	(143)
2.75	冷却液攻丝试验	(147)
2.76	切削液中活性硫试验	(149)
2.77	金属加工液油水比试验	(150)
2.78	水基乳化液的油-水含量试验(折射计法)	(151)
2.79	润滑剂分析与预知性维护试验	(152)
2.80	设备预知性维护中常用的润滑剂分析技术	(153)
第3章	旋转机械的维修和可靠性	(155)
3.1	导论	(155)
3.2	维护策略及措施	(161)
3.3	FMEA 及其它问题	(162)
3.4	预知性维护技术	(165)
3.5	离心泵的维护和故障发现及排除技术	(177)
3.6	轴承各零件的故障分析	(186)
3.7	离心风机的检查和故障排除方法	(196)
3.8	汽轮机/气轮机的检查和故障排除	(197)
3.9	齿轮箱的预防性维护	(203)
3.10	电机轴承润滑及电机故障的排除	(206)
3.11	压缩机维护	(213)
第4章	工厂润滑方案及其实施	(214)
4.1	润滑检查	(214)
4.2	润滑剂分类	(215)
4.3	润滑剂采购计划编制	(215)
4.4	计算机化控制	(216)
4.5	消耗报告	(216)
4.6	改善加注方法	(216)
4.7	润滑剂的转移和存储	(217)
4.8	对新润滑剂的评价	(217)
4.9	使用过程中对润滑剂监测	(218)
4.10	新设备的设计或老设备的改造	(219)
4.11	人员培训	(219)

4.12	咨询及相关活动	(219)
4.13	油液损失控制	(220)
4.14	预知性和预防性维修方案的参与	(220)
4.15	预知性维修方案所需的试验	(220)
4.16	含油废物的处理	(221)
第5章	工业润滑剂及相关产品	(222)
5.1	机械油(简称机油)	(222)
5.2	不含抗氧剂的液压油	(223)
5.3	涡轮机油	(223)
5.4	自动变速器油	(225)
5.5	抗氧-防锈循环油	(226)
5.6	抗氧防锈矿物性液压油	(227)
5.7	重载抗磨液压油	(228)
5.8	循环机械油	(229)
5.9	轧机循环油	(230)
5.10	抗磨轧机循环油	(231)
5.11	内燃机油	(232)
5.12	二冲程柴油机车发动机油	(234)
5.13	钢板防护油	(235)
5.14	森吉米尔轧机轧制油	(235)
5.15	备件防护油	(235)
5.16	金属加工液	(237)
5.17	反相乳化液	(238)
5.18	磷酸酯	(238)
5.19	水乙二醇	(239)
5.20	多元醇酯	(240)
5.21	重负荷制动液	(241)
5.22	合成/石油抗燃液	(241)
5.23	变压器和电闸用绝缘油	(242)
5.24	直馏汽缸油	(243)
5.25	复合汽缸油	(243)
5.26	准双曲面齿轮油	(244)
5.27	极压雾油	(245)
5.28	重载无铅 EP 齿轮油	(246)
5.29	辊颈喷淋和齿轮油	(248)
5.30	开式齿轮润滑剂	(249)
5.31	土方机械挖斗臂和齿轮润滑剂	(250)
5.32	黑油	(251)
5.33	钙润滑脂	(252)
5.34	石墨化钙皂辊颈润滑脂	(253)
5.35	比水重的极压齿轮润滑剂	(254)
5.36	二硫化钼润滑脂	(255)
5.37	高温极压润滑脂	(255)
5.38	多用途极压润滑脂	(257)

5.39	长寿命极压球轴承和滚子轴承润滑脂	(258)
5.40	采矿机润滑脂	(259)
5.41	径向滚子轴承润滑脂	(260)
5.42	黑锂基极压润滑脂	(261)
5.43	块状润滑脂	(262)
5.44	钢丝绳矿脂润滑剂	(263)
5.45	钢丝绳沥青润滑剂	(264)
第6章	轴承润滑	(266)
6.1	轴承原理	(266)
6.2	自润滑轴承	(268)
6.3	轧钢机支承辊油膜轴承	(272)
6.4	滚动轴承的种类和基本计算	(277)
6.5	滚动轴承的识别和代号	(282)
6.6	滚动轴承公差	(283)
6.7	滚动轴承的配合与游隙	(285)
6.8	滚动轴承润滑	(292)
6.9	滚动轴承的保管、安装和拆卸	(297)
6.10	连铸机轴承及其润滑	(301)
6.11	辊颈轴承及其润滑	(306)
6.12	辊颈轴承润滑	(310)
6.13	轧机轴承记录卡	(312)
6.14	滚动轴承使用过程中应遵守的原则	(313)
6.15	滚动轴承失效根源	(313)
第7章	齿轮及其润滑	(341)
7.1	齿轮类型	(342)
7.2	齿轮的齿廓、侧隙、错位及材料	(344)
7.3	齿轮传动系统所用轴承	(345)
7.4	密封件	(347)
7.5	齿轮的润滑	(349)
7.6	齿轮的失效模式	(368)
第8章	润滑剂的保护与管理	(380)
8.1	润滑剂的保护	(380)
8.2	废油再利用处理方法	(381)
8.3	废油回收处理方式	(382)
8.4	处理过程和设备	(384)
第9章	润滑系统	(387)
9.1	传统润滑油循环系统	(387)
9.2	现代润滑油循环系统	(391)
9.3	串联递进单线系统	(392)
9.4	双线并联系统	(399)
9.5	单线并联注射器系统	(404)
9.6	油雾润滑	(408)
9.7	空气-油润滑系统	(411)
9.8	单线阻力系统	(414)

9.9 直接供给系统	(416)
第10章 液压系统及其润滑	(417)
10.1 基础知识	(417)
10.2 液压系统部件	(421)
10.3 液压液	(440)
10.4 液压液的过滤	(443)
10.5 蓄能器	(447)
10.6 基本回路	(449)
第11章 工业维护清洁	(451)
11.1 污物的特性	(451)
11.2 工业维护用清洁剂	(452)
11.3 清洁剂的选择	(461)
11.4 清洁方法	(463)
11.5 对健康的危害和火灾及其控制	(464)
11.6 一些具体对象的清洁	(476)
11.7 冲洗液压系统的技术规程	(476)
第12章 密封装置	(480)
12.1 密封材料	(481)
12.2 选择密封时应注意的问题	(487)
12.3 填料密封	(488)
12.4 机械端面密封	(495)
12.5 径向唇形密封圈	(501)
12.6 迷宫密封	(505)
12.7 密封在钢厂设备中的典型应用	(506)
12.8 径向接触密封性能的最优化	(514)
第13章 润滑剂添加剂	(517)
13.1 添加剂及其分类	(517)
13.2 各种添加剂的作用机理及用途	(517)
13.3 润滑剂的调和	(522)
第14章 液压及润滑系统的污染控制	(525)
14.1 污染物	(525)
14.2 污染物的清除	(525)
14.3 全面清洁度管理	(529)
参考文献	(538)
附录 引用的国外和国际标准与国内标准对照表	(541)

第1章 基本知识及应用

润滑工程涉及很多影响机器零件和相对运动相互作用表面工作寿命的技术学科。经验表明,负责监督润滑的人员应当具有一定的化学、冶金学和机器设计的知识,而且还应与设备制造商(特别是在设备设计、安装的初期和即将投入使用的时候)、润滑剂和润滑设备供应商以及自己厂内的工程师、设备操作者及维护人员保持密切联系。为了获得最佳性能和效益回报,必须进行这种广泛的合作。参与设计过程对于减少机器在速度和载荷界限附近或超过该界限工作时发生故障极其重要,但主要目的是在设计寿命内尽可能长时间地保持设备的完好性。

即使机械零件,如齿轮、轴承、轴等的设计、制造和安装对于既定载荷、速度和环境条件是合理的,要保证达到设计效果仍然需要有关人员的共同努力。他们包括:①确定润滑剂和加注方法的人员;②实际加注润滑剂和监测润滑系统的人员;③现场维护和生产监督人员;④起咨询或协调作用的、受过训练的润滑工程师或专家。在很多工厂,设备润滑是维护人员一项不可或缺的职责,其与润滑协调员一起合作完成该项工作。两个十分重要的辅助支撑机构是采购部门和润滑实验室。

本章是对书中将要详细讨论的内容所作的简要论述,也是润滑工程师或协调员普遍关心的问题和应掌握的基本技术。

1.1 润滑剂的作用

润滑剂可以是任何材料,包括液体、半固体、固体或气体,当将其施加在两个滑动或滚动表面之间时能够降低或控制它们之间的摩擦。所以,润滑剂的第一个或者最重要的作用就是减少摩擦,这意味着减少磨损、节约能量和减少热量以及有利于承载润滑膜的形成。其它作用包括:①从运动零件上带走热量,起冷却剂作用;②防止外部物质进入,如使用润滑脂,起密封作用;③防止金属表面腐蚀和生锈;④在液压系统中充当液压流体,传递动力。实际中,润滑剂往往同时具有多重作用。经合理调配,并能在特定环境下起多重作用的润滑剂对机械设备十分必要。最为重要的是,它能长期发挥作用而不劣化和丧失其基本特性。润滑剂的主要作用有6个方面:减少摩擦、减小磨损、带走热量、除污、防止生锈和腐蚀以及传递流体动力。

1.1.1 减少摩擦

假如将两块表面磨光的钢块叠放在一起,置于水平面上。当用一定大小的力拉动上面的钢块时,两个钢块之间会产生滑动。测量该力大小,可能会发现使上钢块相对下钢块移动的力大概为70 N。当然,如果在上钢块上再加上一个垂直作用力,所需的拉力会大于70 N。这时,如果在两个钢块的接触面施以均匀的润滑油膜,并重新测量移动上钢块所需的拉力,会发现该力只需大约30 N。我们看到,油膜的存在减小了两个钢块之间的摩擦力。同时,因为移动钢块的力减小了,所需功率也就相应减小了。

如果用高倍放大镜观察钢块,就会看到它们表面凸凹不平,有很多峰和谷。正是这些峰、谷之间的咬合阻止了钢块的相对自由运动。这些峰和谷叫做微凸体。使一个钢块在另一个钢块上滑动并克服微凸体咬合产生的阻力所需的力就是摩擦力。如图1-1所示,当在两个钢块之间有足够粘度的油将两个钢块表面隔开时,它们表面的峰和谷不再咬合,上钢块就可以比较自由地相对下钢块运动了。

上面的例子说明了“干的”非润滑状态和“全膜”润滑状态的区别。很明显,全膜润滑能减小摩擦,而其它可能在滑动表面间普遍存在的润滑状态也能以不同方式降低摩擦。完全油膜,即能将两个表面完全隔开的油膜,可以借助流体动力或流体静力获得。流体动力膜由摩擦副自身相对运动产生,例如由在套筒轴承中旋