

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

液体静压动静压轴承 设计使用手册

■ 钟 洪 张冠坤 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

液体静压动静压轴承 设计使用手册

钟 洪 张冠坤 编著
钱士良 李宜文 刘侃 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本手册是一部液体静压动静压技术专业工具书。全书共 13 章, 内容包括: 流体润滑基本理论, 液体动压轴承, 液体静压支撑技术, 液体动静压轴承的工作原理和理论计算, 考虑轴承动静压轴承的动态特性, 动静压轴承的设计计算, 静压、动静压轴承供油系统的设计, 静压、动静压轴承设计举例, 动静压轴承在工业生产中的应用, 静压、动静压轴承的试验研究, 静压、动静压轴承的制造和使用技术, 静压、动静压轴承系列设计参数表, 常用的液压元件的技术参数及外形尺寸, 常用制冷元件的技术参数及外形尺寸。结合静压、动静压技术及有关标准及规范, 全面科学系统地总结了静压、动静压轴承设计、制造及使用。

本书册可供从事静压、动静压技术使用及科研的工程技术人员使用, 也可供大专院校相关专业师生参考。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

液体静压动静压轴承设计使用手册 / 钟洪, 张冠坤编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.9

ISBN 978-7-121-03706-1

I. 液… II. ①钟…②张… III. ①液体静压力—静压轴承—机械设计—手册②液体静压力—静压轴承—机械制造—手册③液体静压力—静压轴承—使用—手册 IV. TH133.36-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 160646 号

责任编辑: 范子瑜

印 刷: 北京机工印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 700×1000 1/16 印张: 20.5 字数: 390 千字

印 次: 2007 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

序

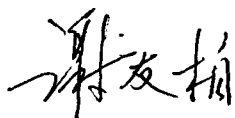
轴承是机械系统中一个非常重要的部件。例如，机床的主轴回转精度、轴系刚度、能够承受的转速和轴承寿命决定了机床的加工精度、工作效率和大修周期。产品设计部门常常抱怨产品的性能难以提高，产品的性能在市场上没有竞争力，但是他们没有决心去分析每一个零部件的作用和问题，没有决心认真去寻求提高那些关键零部件性能的途径，使其能够达到系统所要求的水平。而一代新产品的出现，又往往引入了新的单元技术，使得某些零部件具备了新的性能，从而大大提高了整个产品在市场上的竞争力。没有新技术的引入，不具备新的性能，就不成其为新产品。

滑动轴承，特别是液体静压和动静压轴承，与滚动轴承不同，具有复杂多样的性质，它们总是根据一个特定的需要而专门设计和制造的，通用的商品轴承仅仅适用于一般场合。所以设计师全面掌握其基本设计、制造和使用的知识，是设计好含有液体静压或动静压轴承新产品的必要条件。《液体静压动静压轴承设计使用手册》（以下简称《手册》）就是能够让设计师全面了解这类轴承各方面实际知识的一本手册性工具书。虽然是按照手册体系描写，收集了诸多结构、材料、工艺方面的资料，但是在基本原理和计算方面，也都作了简明扼要的说明，使读者不仅能够知其然，而且能够知其所以然，并且在选用时能够对它们的基本性能作适当的评估。

看到《手册》编后记中所列举的一串人名，不禁回忆起已经过去了的几十年中为了流体滑动轴承事业发展的风风雨雨。为了流体润滑理论的发展，许多同志，包括编后记中列举和没有列举的，他们贡献了自己一生的青春和智慧。正因为理论上有了比较深入的认识，又经过编者几十年中广泛的实践，才有了这本书出版的可能。《手册》对于设计含有液体静压或动静压轴承的产品，是一个十分有价值的参考依据。因为一个新的单元技术在新一代产品设计中的应用，必须使得新技术与整个系统中其他拟采用的技术相互匹配，必须使得应用了新技术以后的整个系统在全生命周期中满足所有的约束条件，必须给出能够使整个系统性能最优的新技术的参数范围，这就需要对新技术本身有全面的了解，才能够成功地应用。反之，如果一个产品原来是使用液体静压或动静压轴承的，在新一代设计中

需要引入其他新技术，那么新引入的技术与液体静压或动静压轴承是否匹配，同样需要对于液体静压或动静压轴承的全面了解。即使不是新产品设计，在运行有液体静压或动静压轴承的系统时，当发生故障需要分析问题时，也不能不对液体静压或动静压轴承有正确的认识。这时，《手册》就是我们最好的向导。

但是科学和技术是不断进步的，《手册》中介绍的是过去某一个阶段的经验。使用有关资料时，需要考虑是否已经有新的发展，特别是在比较重要的应用场合。也希望《手册》的编者，在今后本书再版时还能不断将这个领域中的最新资料收集进来。

 院士 2006年10月30日

前 言

机械中凡有转动的部位就需要有支撑，这种支撑也称为轴承。按摩擦性质，轴承可分为滚动轴承和滑动轴承两大类。滑动轴承种类繁多，液体滑动轴承是其中一种。液体滑动轴承又可分为液体动压轴承、液体静压轴承和液体动静压轴承。液体动压轴承有很长的历史，它的应用研究已超过 100 年。全液体摩擦的动压轴承被称为动压油膜轴承，也已有大半个世纪的历史。液体静压轴承的原理早在 19 世纪就已经被发现，但直至 20 世纪 50 年代才在发达国家兴盛起来。

1934 年，美国首次在冷轧机上采用动压油膜轴承。美国摩根公司第一次将静压润滑油加入到油膜轴承中，那是在 1949 年。1955 年正式将这个做法应用到产品中。我国于 20 世纪 60 年代初从丹麦购进一台水泥磨机，其轴承带有静压润滑系统。这种轴承最早被称为带有静压润滑的油膜轴承，是为解决机器启动，尤其是满载启动时的困难。

我国从 20 世纪 50 年代后期开始液体静压轴承的应用研究工作，60 年代初开始在金属切削机床上推广应用。动静压轴承是在动压轴承和静压轴承的基础上发展起来的一种较新型的全液体摩擦轴承。我国从 70 年代初期开始研究液体动静压轴承技术，并于 70 年代中期开始在金属切削机床、冷轧机、水泥磨机、水轮发电机等机械设置上推广使用。由于动静压轴承本身的优点，在磨床行业已基本取代了静压轴承。现在在磨床上应用的滑动轴承基本上都是三块瓦动压轴承和动静压轴承，仅在平面磨床上还能看见使用静压轴承。

随着滚动轴承技术的发展，在原来使用静压轴承的高精度车床、经济型数控车床、镗床等机床的主轴上逐渐开始采用滚动轴承，整个 20 世纪 90 年代几乎见不到车床、镗床等机床产品采用静压轴承。随着人们对高精度、高效率，以及表面粗糙度加工的要求的不断提高，静压动静压技术的重要性逐年加强。为满足读者需求，作者收集了国内外各种文献资料，并在原《液体动静压轴承》一书的基础上增加静压支撑技术的内容，同时将静压动静压轴承的设计技术、制造技术、使用技术、典型静压轴承设计、动静压轴承设计、常用液压元件技术参数及外形尺寸、常用制冷元件的技术参数及外形尺寸等内容加入本书中。本书中包含大量计算公式、推荐参数及应用实例等。

希望通过本书的发行，会有越来越多的人掌握静压、动静压技术，使其在更多的机械设备中得到应用。同时还希望读者主要从掌握技术和方法的角度来阅读本书，而不要拘泥于本书介绍的过程、工艺方法、计算结果、应用实例等。俗话说“必欲循法而后战，何异按谱而对弈；谱不可以尽弈之变，法不可以尽战之奇”，读者在自己的设计实践中大可尽情发挥自己的想象力，设计出最切合实际的产品；在加工制造的实践中不断去发明新的加工工艺，促进静压、动静压技术的不断进步。

作者
2006年9月

目 录

第 1 章 流体润滑基本理论	(1)
1.1 润滑油的物理性质	(1)
1.1.1 密度	(1)
1.1.2 润滑油的黏度	(1)
1.2 层流和紊流	(5)
1.3 牛顿定律	(5)
1.4 平行平板间隙内的黏性流体流动	(6)
1.5 小孔内黏性流体的流动	(9)
1.6 细长圆管内黏性流体的流动	(10)
1.7 流体流动的连续方程	(12)
1.8 雷诺方程	(14)
1.8.1 纳维-斯托克斯方程 (Navier-Stocks Equations)	(14)
1.8.2 雷诺方程 (Reynolds Equation)	(15)
第 2 章 液体润滑轴承的分类	(19)
2.1 全液体摩擦轴承	(19)
2.1.1 液体动压轴承	(19)
2.1.2 液体静压轴承	(20)
2.1.3 液体动静压轴承	(21)
2.2 干摩擦轴承	(21)
2.3 半液体摩擦轴承	(21)
第 3 章 液体静压技术	(23)
3.1 液体静压技术的发展	(23)
3.2 液体静压轴承的结构特点和工作原理	(23)
3.2.1 液体静压轴承的结构特点	(23)
3.2.2 液体静压轴承的工作原理	(25)
3.3 液体静压轴承的分类	(27)

3.4	液体静压轴承中常用的节流器	(28)
3.4.1	小孔节流器	(29)
3.4.2	毛细管节流器	(29)
3.4.3	缝隙节流器	(31)
3.4.4	反馈式节流器	(32)
3.5	有周向回油槽的径向液体静压轴承的结构参数设计	(33)
3.5.1	液体静压径向轴承的结构参数设计的内容	(33)
3.5.2	液体静压径向轴承的结构参数设计	(34)
3.6	液体静压止推轴承的结构参数设计	(44)
3.6.1	小孔节流单油腔静压止推轴承的结构参数设计	(45)
3.6.2	毛细管节流单油腔静压止推轴承的结构参数设计	(46)
3.6.3	静压止推轴承的验算	(47)
3.7	液体静压轴承的应用	(48)
3.7.1	金刚镗床上应用的静压轴承	(48)
3.7.2	C6140 车床上应用的静压轴承主轴单元	(52)
3.7.3	静压轴承在平面磨床上的应用	(52)
3.7.4	静压轴承在内圆磨具上的应用	(53)
3.7.5	静压轴承在立式平面磨床上的应用	(54)
3.8	液体静压技术	(55)
3.8.1	液体静压导轨	(55)
3.8.2	液体静压丝杠	(67)
第 4 章	动静压轴承工作原理与理论计算	(81)
4.1	动静压轴承结构特点和工作原理	(81)
4.1.1	动静压轴承	(81)
4.1.2	动静压轴承分类	(82)
4.1.3	动静压轴承的工作原理	(84)
4.2	动静压轴承理论计算	(85)
4.2.1	数值计算的差分方法	(85)
4.2.2	轴承间隙计算公式	(86)
4.2.3	雷诺方程及其无量纲差分形式	(87)
4.2.4	雷诺方程的边界条件	(89)
4.2.5	电子计算机辅助计算	(90)
4.2.6	流量连续方程的差分形式	(92)

4.2.7	在 4 种工作状态下动静压轴承的理论计算	(93)
4.2.8	承载力及偏位角计算	(95)
4.2.9	流量计算	(96)
4.2.10	摩擦功耗计算	(97)
4.2.11	润滑油温升计算	(99)
4.2.12	动静压轴承理论计算流程框图	(100)
第 5 章	考虑轴承弹性变形的理论计算	(102)
5.1	动静压轴承巴氏合金层接触变形的计算	(102)
5.1.1	弹性力学中的平面接触问题	(102)
5.1.2	相对变形位移概念	(104)
5.1.3	用差分法计算巴氏合金层接触变形的公式	(105)
5.1.4	巴氏合金层的接触变形对轴承性能的影响	(110)
5.2	动静压轴承的轴的弯曲变形计算	(110)
5.2.1	全自位轴承	(110)
5.2.2	全不自位轴承	(111)
5.2.3	轴的挠度对轴承性能的影响	(111)
5.2.4	考虑轴的弯曲变形的动静压轴承计算过程	(113)
5.3	中空轴热弹性变形的计算	(114)
5.3.1	数学模型的建立	(114)
5.3.2	基本方程及边界条件	(115)
第 6 章	动静压轴承的动态特性	(119)
6.1	基本知识	(119)
6.2	计算动静压轴承油膜动态特性系数的方程	(122)
6.2.1	线性轴承油膜动力学数学模型	(122)
6.2.2	计算线性轴承油膜动态特性系数的优化方法	(125)
6.3	动静压轴承动态特性试验技术与所需设备	(126)
6.3.1	试验所需设备	(126)
6.3.2	锤击激振法的试验技术	(128)
6.4	油膜的动力稳定性	(130)
6.4.1	失稳问题	(130)
6.4.2	稳定性判别	(131)
第 7 章	动静压轴承的设计计算	(134)
7.1	动静压轴承的结构形式与特点	(134)

7.1.1	360° 中央单油腔	(134)
7.1.2	360° 轴向双油腔	(135)
7.1.3	360° 四油腔	(136)
7.1.4	360° 周向四油腔	(137)
7.1.5	120° 中央单油腔	(137)
7.1.6	动静压推力轴承	(138)
7.2	动静压轴承基本参数的确定	(138)
7.2.1	载荷 W	(138)
7.2.2	轴承的转速 n	(139)
7.2.3	轴承的直径 D 、长度 (又称宽度) L	(139)
7.2.4	初始半径间隙 h_0	(139)
7.2.5	油腔位置、深度	(140)
7.2.6	油腔尺寸的选定	(141)
7.2.7	动静压推力轴承静压腔的选定	(142)
7.2.8	润滑油的选择	(143)
7.2.9	润滑油计算温度的确定	(145)
7.2.10	供油压力	(146)
7.2.11	高压供油流量 Q_R	(149)
7.2.12	验算	(151)
7.2.13	轴承尺寸公差	(156)
7.2.14	表面粗糙度	(156)
第 8 章	静压、动静压轴承供油系统的设计	(158)
8.1	供油系统的设计原则	(158)
8.2	供油系统的组成	(158)
8.3	液压元件的选择及设计	(159)
8.3.1	油箱的设计要求	(159)
8.3.2	油泵的选择原则	(161)
8.3.3	滤油器的选择	(162)
8.3.4	管道计算	(164)
8.3.5	其他液压件的选择	(164)
第 9 章	静压、动静压技术设计举例	(170)
9.1	设计水泥磨机中使用的 120° 部分瓦动静压轴承	(170)

9.1.1	给定参数	(170)
9.1.2	参数设计	(170)
9.2	静压轴承用于 C6140 车床	(178)
9.2.1	基本参数	(178)
9.2.2	计算节流小孔直径 d_0 和轴承间隙 h_0	(179)
9.2.3	供油泵及供油泵电机	(184)
9.2.4	静压供油系统原理图 (见图 9-7)	(185)
9.2.5	液压元件选型说明	(185)
9.2.6	轴承功率消耗计算	(186)
9.3	毛细管节流开式静压导轨的计算	(188)
9.4	环面节流静压轴承的设计计算	(194)
9.4.1	轴承的结构设计	(194)
9.4.2	环面节流器的流量计算	(194)
9.4.3	不开周向回油槽的环面静压轴承	(195)
9.5	隧道式静压轴承的设计	(196)
9.6	不对称三油腔毛细管节流动静压轴承的设计计算	(197)
9.6.1	基本参数	(198)
9.6.2	验算方法	(198)
第 10 章	静压、动静压轴承在工业生产中的应用	(201)
10.1	动静压轴承在磨机上的应用	(201)
10.1.1	磨机常用滑动轴承的分析	(201)
10.1.2	磨机用动静压轴承	(202)
10.1.3	电气联锁要求	(202)
10.1.4	磨机应用动静压轴承的效果	(203)
10.2	动静压轴承在轧机上的应用	(203)
10.3	动静压轴承在导轨磨床上的应用	(205)
10.4	动静压轴承在外圆磨床上的应用	(206)
10.5	10 000 kW 灯泡贯流发电机组上应用的动静压轴承	(206)
10.6	立式水轮发电机组上应用的动静压推力轴承	(207)
10.7	动静压轴承在线材轧机上的应用	(208)
10.8	S7450 丝杠磨床上应用的静压丝杠螺母	(208)
10.9	YK53 数字控制非圆齿轮插齿机上应用的静压丝杠螺母	(210)

第 11 章 静压、动静压轴承的试验研究	(211)
11.1 相似问题.....	(211)
11.1.1 力学相似的条件.....	(212)
11.1.2 静压、动静压轴承力学相似准则.....	(213)
11.1.3 动静压轴承力学相似准则的应用.....	(221)
11.2 试验装置和供油系统.....	(223)
11.2.1 试验装置的基本结构方案.....	(223)
11.2.2 供油系统.....	(225)
11.3 测试方法.....	(226)
11.3.1 油膜压力分布的测试方法.....	(226)
11.3.2 油膜厚度的测量.....	(227)
11.3.3 流量测量.....	(232)
11.3.4 温度测量.....	(233)
11.3.5 主轴回转精度的测试.....	(234)
第 12 章 静压、动静压轴承的制造和使用技术	(243)
12.1 轴承材料.....	(243)
12.1.1 锡基巴氏合金.....	(243)
12.1.2 铅基巴氏合金.....	(243)
12.1.3 机床用静压、动静压轴承材料.....	(244)
12.2 静压、动静压轴承的加工制造.....	(244)
12.2.1 油腔的加工.....	(244)
12.2.2 去毛刺.....	(245)
12.2.3 节流器的加工制造.....	(245)
12.3 静压、动静压轴承及供油系统在安装调试中应注意的问题.....	(246)
12.3.1 安装前要认真清洗.....	(246)
12.3.2 轴承的修刮.....	(247)
12.3.3 动静压轴承的自位.....	(247)
12.3.4 供油系统的安装.....	(247)
12.3.5 节流器的安装.....	(248)
12.3.6 溢流阀、安全阀的调整.....	(248)
12.3.7 压力继电器的调整.....	(248)
12.3.8 快速接头的安装.....	(248)
12.3.9 油泵的安装.....	(249)

12.3.10	接口不得有任何泄漏现象	(249)
12.3.11	检查单向阀的工作情况	(249)
12.4	静压导轨的加工和调整	(249)
12.4.1	油腔的加工	(249)
12.4.2	静压导轨的调整	(250)
12.5	静压、动静压轴承的使用技术	(250)
12.5.1	润滑油	(251)
12.5.2	供油压力的调节	(251)
12.5.3	滤油器发信装置与报警信号	(251)
12.5.4	电气联锁	(251)
12.5.5	润滑油的清洁度	(252)
12.5.6	润滑油状态	(252)
12.5.7	注意检查单向阀的工作情况	(253)
12.5.8	制冷油箱的润滑油的保护	(253)
12.5.9	润滑油的更换	(253)
12.5.10	滤油器滤芯的更换	(253)
12.5.11	静压、动静压轴承主轴单元的安装调试	(254)
12.5.12	保证皮囊式蓄能器的气压正常	(255)
12.6	静压、动静压轴承常见故障	(255)
12.6.1	主轴、轴承的拉毛和抱轴	(255)
12.6.2	油腔压力不稳定	(256)
12.6.3	轴承温度过高	(257)
12.6.4	回油不畅	(258)
第 13 章	静压、动静压轴承典型设计	(259)
13.1	水泥球磨机上应用的动静压轴承典型设计	(259)
13.1.1	水泥球磨机上应用的动静压轴承典型设计图	(259)
13.1.2	水泥球磨机上应用的动静压轴承的设计计算	(260)
13.2	机床上应用的静压、动静压轴承典型设计	(261)
13.2.1	小孔节流静压轴承的典型设计	(261)
13.2.2	毛细管节流静压轴承的典型设计	(270)
13.2.3	机床上应用的静压轴承静压供油系统的典型设计	(274)
附录 A	常用液压元件的技术参数及外形尺寸	(275)
编后记		(313)

第 1 章 流体润滑基本理论

1.1 润滑油的物理性质

润滑油是流体的一种，这里介绍的流体润滑基本理论，实际就是润滑油润滑基本理论。下面介绍与润滑理论相关的润滑油的物理性质。

1.1.1 密度

润滑单位体积的质量称为密度，一般用 ρ 表示。

1.1.2 润滑油的黏度

1. 黏度的定义及其计量单位

润滑油在外力作用下流动时，由于润滑油本身分子之间的内聚力和润滑油与固体表面之间的附着力，使润滑油各流层之间产生速度上的差异。如果各流层之间因速度差异而产生摩擦力，则称这种摩擦力为内摩擦力。润滑油流动时产生摩擦力的性质叫做润滑油的黏性。润滑油只有在流动时才会呈现黏性，静止时，不呈现黏性。

不同的润滑油的黏性不同。用于衡量润滑油黏性的物理量叫黏度。黏性是影响润滑油流动的重要物理性质，在选择润滑油时，黏度是首先的和主要的指标。

经许多实践，人们发现，内摩擦阻力引起的剪切应力 τ 与流层间的速度梯度 du/dy 成正比，即

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

上式中 μ 是比例常数，它表征润滑油黏性的大小，称为黏度。

衡量润滑油黏度大小的方法，也就是润滑油黏度的计量单位有下列几种。

(1) 动力黏度 (或称绝对黏度) η (也常用 μ 表示)

动力黏度直接表示出润滑油因黏性引起的内摩擦力的大小。

在国际单位中, 动力黏度的计量单位是牛顿·秒/米² ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$) 或帕斯卡·秒 ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)

$$1 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 1 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$$

在 CGS 制中, 动力黏度的物理单位为泊 (P), 即达因·秒/厘米² ($\text{dyn}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$)。1P 的物理意义表示, 润滑油中相距 1 cm、面积各为 1 cm² 的两平行流层, 彼此以 1 cm/s 的速度相对运动时, 其阻力为 1 dyn。泊的百分之一称为厘泊 (cP)。

动力黏度的工程单位为千克力·秒/米² ($\text{kgf}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)。

$$1 \text{ kgf}\cdot\text{s}/\text{m}^2 = 98.0665\text{P}$$

在许多文献中, 动力黏度常用 η 表示。

(2) 运动黏度 ν

运动黏度是润滑油在同温度下的动力黏度与密度的比值:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (1-1)$$

运动黏度没有明确的物理意义, 但在理论分析和计算中经常碰到绝对黏度与密度的比值, 此时采用运动黏度这个单位来代替 η/ρ 较为方便。

在国际单位制中, 运动黏度的单位是米²/秒 (m^2/s)。在 CGS 制中, 运动黏度的单位是厘米²/秒 (cm^2/s), 称为沱 (St), 其百分之一称为厘沱 (cSt)。

$$1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$$

我国机械油以厘沱为单位表示黏度。如 10 号机械油常表示该润滑油在 50°C 温度时的运动黏度 ν 的平均值为 10 mm²/s。但在计算时又往往需要用 Pa·s 为单位的动力黏度 η 。其换算关系如下 (常用的近似公式):

$$\eta = \rho\nu = (\rho \times 10^3)(\nu \times 10^{-6}) = \rho\nu \times 10^{-2} \text{ Pa}\cdot\text{s} \quad (1-2)$$

或

$$\eta = \rho\nu = \nu \times 10^{-8} \text{ kgf}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$$

式中, ν 用厘沱 (cSt) 表示; ρ 为润滑油的密度 (kg/L)。

(3) 相对黏度

相对黏度又称条件黏度, 它是使用特定的黏度计在规定条件下直接测量的黏度。根据测定条件不同, 各国采用的相对黏度单位不同。中国、俄罗斯和德国用