

现代综合机械 设计手册

中

《现代综合机械设计手册》编委会

北京出版社

目 录

第四篇 通用机械零件 (901)

第一章 机械零件的结构要素 (901)

- 1 锥度与锥角标准系列 (901)
- 2 角度与斜度标准系列 (901)
- 3 圆锥公差 (902)
- 4 锯缝尺寸 (902)
- 5 刻线尺寸 (904)
- 6 球面半径 (905)
- 7 滚花 (905)
- 8 零件倒圆与倒角 (906)
- 9 砂轮越程槽 (906)
- 10 T形槽 (908)
- 11 中心孔 (908)
- 12 刨切、插、珩磨越程槽 (909)
- 13 插齿空刀槽 (910)
- 14 燕尾槽 (910)
- 15 阶梯轴过渡圆角半径和过盈配合轴用倒角 (910)
- 16 过渡配合、过盈配合嵌入倒角参考数据 (911)
- 17 滚人字齿轮退刀槽 (911)
- 18 弧形槽端部半径 (912)
- 19 螺纹的种类、特点和应用 (912)
- 20 普通螺纹 (913)
- 21 梯形螺纹 (921)
- 22 60°圆锥管螺纹 (924)
- 23 米制锥螺纹 (925)
- 24 用螺纹密封的管螺纹 (926)
- 25 非螺纹密封的管螺纹 (926)
- 26 30°圆弧螺纹及矩形螺纹 (929)
- 27 螺纹收尾、肩距、退刀槽、倒角 (929)
- 28 螺塞与连接螺孔尺寸 (934)
- 29 紧固件通孔及沉孔尺寸 (934)

30 扳手空间 (937)

31 锯齿形(3°、30°)螺纹 (937)

第二章 螺纹联接及紧固件 (943)

1 螺纹联接 (943)

- 1.1 普通螺纹联接的基本类型及应用 (943)
- 1.2 螺纹联接的拧紧 (943)
- 1.3 螺纹联接的防松 (944)
- 1.4 螺纹联接的结构设计原则 (947)
- 1.5 螺栓组联接的受力分析 (947)
- 1.6 单个螺栓联接的强度计算 (948)
- 1.7 螺栓、螺柱、螺钉和螺母的机械性能等级 (951)

2 紧固件 (952)

- 2.1 螺栓、螺柱标准件 (952)
- 2.2 螺钉标准件 (959)
- 2.3 螺母标准件 (968)
- 2.4 垫圈和档圈标准件 (972)

第三章 焊接 (983)

1 焊接方法与金属的可焊性 (933)

2 焊条的型号及选用要点 (937)

3 焊缝符号 (991)

- 3.1 焊缝符号表示法 (991)
- 3.2 焊缝图示法 (1000)

4 焊缝坡口的基本形式与尺寸 (1005)

5 焊缝接头的强度计算 (1015)

6 焊接接头结构设计 (1017)

第四章 粘接 (1023)

1 粘接与粘接剂 (1023)

2 粘接接头设计 (1032)

第五章 轴毂联接及销联接 (1037)

1 键联接 (1037)

- 1.1 平键及半圆键 (1037)
- 1.2 矩形花键 (1041)
- 1.3 渐开线花键 (1045)
- 1.4 键联接的强度计算 (1059)

2 锥环联接 (1060)

3 过盈联接	(1065)	4 滚动轴承的计算	(1231)
4 销联接	(1067)	4.1 滚动轴承计算中所用的术语	(1231)
第六章 轴	(1073)	4.2 滚动轴承寿命计算公式	(1232)
1 轴及其结构的初步设计	(1073)	4.3 不稳定载荷和不稳定转速时轴 承的寿命计算	(1236)
2 轴的强度计算	(1081)	4.4 角接触球轴承与圆锥滚子轴 承的载荷计算	(1237)
3 轴的刚度计算	(1085)	4.5 寿命计算的修正	(1239)
4 轴的振动	(1089)	4.6 摆动条件下轴承的计算	(1239)
第七章 联轴器与离合器	(1090)	4.7 滚动轴承的静强度计算	(1240)
1 联轴器	(1090)	4.8 能承受轴向载荷的圆柱滚子轴 承的计算特点	(1240)
1.1 联轴器的类型及应用范围	(1090)	4.9 推力轴承的最小轴向载荷	(1241)
1.2 主要标准联轴器的比较及常用 联轴器	(1092)	4.10 滚动轴承的极限转速	(1241)
2 离合器	(1132)	4.11 滚动轴承磨损寿命的估算	(1242)
2.1 离合器的分类和标记方法	(1132)	5 滚动轴承中的摩擦与温升	(1243)
2.2 离合器的接合元件	(1134)	6 常用滚动轴承性能及滚动体的 有关参数	(1245)
2.3 各类离合器的比较及常用离合 器	(1138)	7 滚动轴承的精度、配合及对轴 和外壳配合表面的要求	(1294)
第八章 制动器	(1152)	7.1 滚动轴承的精度等级及其选 择	(1294)
1 制动器分类和特点	(1152)	7.2 滚动轴承与轴和外壳孔的配合	(1295)
2 制动器的设计计算	(1153)	7.3 与轴承相配表面的形位公差和 表面粗糙度	(1300)
3 外抱块式制动器	(1156)	8 滚动轴承的游隙及其选择	(1301)
4 内张蹄式制动器	(1166)	9 滚动轴承的配置	(1304)
5 带式制动器	(1170)	10 滚动轴承的轴向固定	(1311)
6 气动盘式制动器	(1172)	11 滚动轴承的预紧方法	(1316)
第九章 滑动轴承	(1174)	12 滚动轴承的润滑设计	(1317)
1 滑动轴承的类型和选择	(1174)	12.1 润滑类型及其选择	(1317)
2 滑动轴承座、轴瓦及轴瓦材料	(1175)	12.2 润滑脂润滑	(1317)
3 滑动轴承的润滑及润滑剂	(1194)	12.3 润滑油润滑	(1320)
4 非液体润滑滑动轴承	(1195)	13 滚动轴承座与轴承端盖	(1325)
5 动压滑动轴承	(1198)	第十一章 润滑剂与润滑装置	(1329)
5.1 动压滑动轴承的基本型式	(1198)	1 润滑剂种类及其选择	(1329)
5.2 液体动压径向滑动轴承的设计 计算	(1198)	2 润滑油	(1329)
6 粉末冶金(含油)轴承	(1209)	2.1 润滑油的粘度、粘温粘压特性及 单位换算	(1329)
7 固体润滑轴承	(1210)	2.2 润滑油的性能指标	(1333)
8 关节轴承	(1211)	2.3 润滑油添加剂	(1334)
第十章 滚动轴承	(1218)	2.4 常用润滑油及其选用	(1335)
1 常用滚动轴承的类型及其主要 特性	(1218)	3 润滑脂	(1345)
2 滚动轴承的代号	(1228)		
3 滚动轴承类型的选择	(1230)		
2			

4 固体润滑剂	(1348)	2 滚子链传动的设计计算	(1482)
5 润滑方法与润滑装置	(1353)	3 齿形链传动的设计计算	(1494)
5.1 润滑的方法、特点、图例及其选 用	(1353)	4 链传动的布置和张紧方法	(1500)
5.2 润滑装置	(1363)	5 链传动的润滑及链箱设计	(1504)
第十二章 密封与密封件	(1381)	6 输送链及链轮	(1508)
1 密封的主要类型和选择	(1381)	第十六章 齿轮传动	(1522)
1.1 机器密封的基本类别	(1381)	1 渐开线圆柱齿轮传动	(1522)
1.2 密封类型的选择	(1381)	1.1 基准齿形及模数系列	(1522)
1.3 常用密封材料	(1384)	1.2 变位齿轮	(1523)
1.4 密封中的磨损与润滑	(1384)	1.3 圆柱齿轮传动的几何计算	(1526)
2 垫片密封	(1385)	1.4 圆柱齿轮传动的设计	(1541)
3 金属空心O形圈密封	(1385)	1.5 渐开线圆柱齿轮精度	(1557)
3.1 金属空心O形圈的材料、特点 和类型	(1385)	1.6 圆柱齿轮零件工作图	(1574)
3.2 金属空心O形圈的密封结构及 主要参数	(1386)	2 锥齿轮传动	(1577)
4 动密封的常用型式	(1389)	2.1 锥齿轮传动的分类及特点	(1577)
第十三章 弹簧	(1402)	2.2 锥齿轮的基准齿制和模数	(1578)
1 常用弹簧的主要类型	(1402)	2.3 锥齿轮传动的几何尺寸计算	(1578)
2 常用弹簧材料	(1404)	2.4 锥齿轮传动的设计	(1583)
3 圆柱螺旋压缩、拉伸和扭转弹 簧的设计计算	(1407)	2.5 锥齿轮精度	(1593)
4 圆柱螺旋弹簧的技术条件	(1418)	2.6 锥齿轮零件工作图	(1617)
5 圆柱螺旋压缩弹簧的结构设 计	(1422)	3 齿轮传动的润滑	(1617)
6 圆柱螺旋拉伸弹簧的结构设 计	(1426)	第十七章 蜗杆传动	(1622)
7 圆柱螺旋扭转弹簧的结构设 计	(1429)	1 蜗杆传动及其特性	(1622)
8 碟形弹簧	(1432)	1.1 蜗杆传动的特点与类型	(1622)
8.1 碟形弹簧的结构及其系列	(1432)	1.2 蜗杆传动的失效形式与承载能 力	(1622)
8.2 碟形弹簧的技术要求	(1436)	1.3 蜗杆传动的效率	(1627)
8.3 碟形弹簧的计算及应用	(1437)	1.4 蜗杆传动装置的温升与热功率	(1628)
第十四章 带传动	(1443)	1.5 蜗杆传动的轮齿受力和轴承受 力	(1630)
1 带传动的特点和应用	(1443)	1.6 蜗杆传动的润滑	(1630)
2 普通V带传动的设计计算	(1443)	1.7 蜗杆和蜗轮的常用材料	(1630)
3 平带传动的设计计算	(1458)	2 圆柱蜗杆传动	(1632)
4 同步带传动的设计计算	(1465)	2.1 圆柱蜗杆传动的主要参数	(1632)
5 带传动的张紧及安装	(1476)	2.2 蜗杆传动的标记	(1636)
第十五章 链传动	(1480)	2.3 圆柱蜗杆传动几何尺寸及承载 能力计算	(1636)
1 链传动和常用链条	(1480)	2.4 蜗杆、蜗轮的结构设计	(1639)
		3 圆弧圆柱蜗杆传动	(1640)
		3.1 圆弧圆柱蜗杆主要参数	(1640)
		3.2 圆弧圆柱蜗杆传动几何尺寸及 承载能力计算	(1640)
		4 圆柱蜗杆、蜗轮精度及工作图	(1643)

5 环面蜗杆传动	(1660)	2.1 截面形状	(1742)
第十八章 螺旋传动	(1672)	2.2 筋板的布置	(1743)
1 滑动螺旋传动	(1672)	2.3 梁上窗口的开设	(1743)
1.1 滑动螺旋传动副的设计计算及 常用材料的选择	(1672)	2.4 联接结构设计	(1745)
1.2 螺杆、螺母的精度等级	(1676)	3 机座与箱体的壁厚	(1749)
2 滚动螺旋传动	(1680)	4 设计实例	(1750)
2.1 滚珠丝杠副结构形式	(1680)	4.1 齿轮与蜗杆减速器及变速器箱 体设计实例	(1750)
2.2 滚珠丝杠副特征代号及标注 ..	(1682)	4.2 传动装置底座设计实例	(1755)
2.3 滚动螺旋传动的设计计算	(1685)	4.3 组合机床焊接床身设计实例 ..	(1757)
2.4 滚珠丝杠副的精度	(1686)	第二十二章 操作件	(1759)
3 液体静压螺旋传动	(1686)	1 操纵装置	(1759)
第十九章 传动装置设计图例	(1689)	2 标准操作件	(1762)
1 各种传动装置的应用范围和特 性参数	(1689)	本篇参考文献	(1798)
2 传动装置的结构设计图例	(1691)	第五篇 常用机构	(1800)
2.1 普通圆柱齿轮传动图例	(1691)	第一章 机构基本概念	(1800)
2.2 行星齿轮传动图例	(1695)	1 常用术语	(1800)
2.3 摆线针轮行星传动图例	(1700)	2 运动副	(1802)
2.4 谐波齿轮传动图例	(1702)	2.1 运动副种类	(1802)
2.5 锥齿轮传动图例	(1702)	2.2 运动副的替代	(1805)
2.6 锥-柱齿轮传动图例	(1703)	3 机构的自由度	(1807)
2.7 锥-行星齿轮传动图例	(1704)	3.1 开链机构自由度及末杆自由 度	(1807)
2.8 柱-行星齿轮传动图例	(1705)	3.2 单闭链机构自由度	(1810)
2.9 蜗杆传动图例	(1705)	3.3 多闭链机构自由度	(1816)
2.10 摩擦式无级变速传动图例	(1706)	4 单自由度单闭链机构的组成 ..	(1816)
2.11 啮合式无级变速传动图例	(1711)	第二章 典型机构示例	(1820)
2.12 流体静力传动图例	(1713)	1 匀速转动机构	(1820)
2.13 流体动力传动图例	(1713)	1.1 定传动比转动机构	(1820)
2.14 齿轮传动的润滑图例	(1713)	1.2 变传动比转动机构	(1824)
第二十章 导轨	(1714)	2 非匀速转动机构	(1828)
1 导轨及其常用材料的种类和特 点	(1714)	2.1 非圆齿轮机构	(1828)
2 导轨的结构	(1717)	2.2 双曲柄机构	(1829)
2.1 滑动导轨	(1717)	2.3 转动导杆机构	(1830)
2.2 滚动导轨	(1723)	2.4 组合机构	(1830)
3 滑动导轨与滚动导轨的计算 ..	(1730)	3 往复运动机构	(1831)
3.1 滑动导轨的压强及支反力、支反 力矩的计算	(1730)	3.1 曲柄摇杆往复运动机构	(1831)
3.2 滚动导轨的计算	(1732)	3.2 双摇杆往复运动机构	(1832)
第二十一章 机座与箱体	(1741)	3.3 滑块往复运动机构	(1833)
1 机座与箱体常用材料	(1741)	3.4 凸轮式往复运动机构	(1834)
2 机座与箱体的形状设计	(1742)	3.5 齿轮式往复运动机构	(1835)
		4 实现预期轨迹的机构	(1836)
		4.1 直线机构	(1836)

4.2 特殊曲线绘制机构	(1837)	分析	(1893)
4.3 机械加工非圆机构	(1839)	第四章 平面连杆机构	(1903)
4.4 工艺轨迹机构	(1841)	1 四杆机构的结构及运动特性 ..	(1903)
5 间歇机构	(1842)	2 四杆机构的动力特性	(1903)
5.1 槽轮型间歇机构	(1842)	3 平面连杆机构的设计	(1912)
5.2 棘轮型间歇机构	(1844)	3.1 几何法设计平面连杆机构	(1912)
5.3 凸轮型间歇机构	(1845)	3.2 分析法设计平面连杆机构	(1918)
5.4 不完全齿轮型间歇机构	(1847)	3.3 实验法设计平面连杆机构	(1940)
5.5 利用特殊轨迹的近似间歇机 构	(1848)	第五章 空间连杆机构	(1941)
5.6 其它型间歇机构	(1848)	1 空间连杆机构的应用	(1942)
6 差动机构	(1850)	2 空间四杆机构的运动分析	(1944)
6.1 差动螺旋机构	(1850)	2.1 空间RSSR四杆机构	(1945)
6.2 差动轮系	(1851)	2.2 空间RSSP四杆机构	(1948)
6.3 差动连杆机构	(1852)	2.3 空间RSCS四杆机构	(1948)
7 单向机构	(1853)	3 空间四杆机构的设计	(1949)
8 换向机构	(1855)	3.1 按从动杆两个极限位置设计 ..	(1949)
9 伸缩机构	(1858)	3.2 按主动杆和从动杆三组对应位 置设计	(1949)
10 夹持机构	(1860)	3.3 按给定函数关系设计	(1950)
11 行程放大机构	(1861)	第六章 凸轮机构	(1951)
12 增力冲压机构	(1864)	1 凸轮机构的特点、基本术语及 一般设计步骤	(1951)
13 行程可调机构	(1865)	2 凸轮机构的基本型式及封闭方 式	(1953)
13.1 滑块移动行程调节机构	(1866)	3 凸轮机构推杆运动规律	(1958)
13.2 间歇运动转角可调机构	(1867)	4 凸轮机构的压力角	(1971)
13.3 摆角调节机构	(1868)	5 基圆半径	(1973)
14 定位联锁机构	(1869)	6 凸轮廓线的最小曲率半径	(1976)
15 过载保险机构	(1871)	7 滚子半径及直动平底推杆基本 尺寸的确定	(1977)
16 机器人机构	(1873)	8 凸轮廓线作图法设计	(1977)
17 联轴机构	(1875)	9 凸轮廓线解析法设计	(1980)
18 急回机构	(1876)	10 凸轮结构	(1986)
19 振动机构	(1878)	11 常用材料、强度、精度	(1987)
19.1 弹性连杆式振动机构	(1878)	12 凸轮工作图	(1989)
19.2 惯性式振动机构	(1880)	第七章 行星与差动轮系	(1991)
20 气、液驱动连杆机构	(1882)	1 概述	(1991)
20.1 单缸气、液驱动连杆机构	(1882)	2 行星齿轮传动的传动比	(1993)
20.2 双缸气、液驱动连杆机构	(1883)	2.1 用转化机构法计算传动比	(1993)
20.3 三缸气、液驱动连杆机构	(1884)	2.2 行星轮转速的计算	(1994)
第三章 平面机构的运动分析	(1885)	3 行星齿轮传动的效率	(1995)
1 图解法作平面机构的位置分析	(1885)	3.1 行星轮系的效率	(1995)
2 速度瞬心法求速度	(1886)		
3 矢量方程图解法	(1889)		
4 图解复数法作平面机构的运动			

3.2 差动轮系的效率	(1996)	2.2 结构参数和尺寸	(2065)
4 行星齿轮传动的齿数选择	(1997)	2.3 结构设计要求和设计示例	(2065)
5 渐开线少齿差行星齿轮传动	(1999)	第十三章 机器人操作手	(2069)
6 摆线针轮行星传动	(2005)	1 概述	(2069)
第八章 组合机构	(2006)	1.1 机器人操作手的组成	(2069)
1 机构的基本组合方式	(2006)	1.2 机器人操作手的主要参数	(2070)
2 齿轮连杆机构	(2007)	2 手部机构——夹持器	(2071)
3 凸轮连杆机构	(2010)	2.1 夹持类手部	(2071)
4 凸轮齿轮机构	(2011)	2.2 吸附类手部	(2074)
5 联动凸轮机构	(2011)	3 腕部机构	(2075)
第九章 槽轮机构	(2013)	4 臂部机构	(2078)
1 类型与功用	(2013)	5 机器人操作手的运动学分析	(2081)
2 槽轮机构设计要点	(2014)	5.1 数学基础	(2082)
第十章 棘轮机构	(2019)	5.2 操作手的运动方程	(2083)
1 类型与功用	(2019)	5.3 操作手的逆运动学问题	(2086)
2 齿式棘轮机构设计要点	(2019)	5.4 操作手的雅可比矩阵	(2088)
3 摩擦式棘轮机构设计要点	(2021)	5.5 操作手的逆雅可比矩阵	(2092)
第十一章 不完全齿轮机构	(2023)	5.6 运动变换方程	(2092)
1 组成及结构型式	(2023)	第十四章 送料装置及其示例	(2092)
2 啮合过程	(2024)	1 料斗装置示例	(2093)
3 主动轮首末齿齿顶高系数	(2026)	2 定向装置示例	(2096)
4 完全齿数的可行域	(2027)	3 隔料机构示例	(2099)
5 锁止弧	(2053)	4 分配机构示例	(2101)
6 几何计算示例	(2056)	5 汇合机构示例	(2103)
第十二章 分度定位机构	(2059)	第十五章 连杆曲线	(2105)
1 蜗形凸轮分度定位机构	(2059)	1 连杆曲线及其方程	(2105)
1.1 机构的组成	(2059)	2 连杆曲线的多重生成与同源	
1.2 结构参数和尺寸	(2060)	机构	(2107)
1.3 结构设计要求和设计示例	(2062)	3 连杆曲线的性质	(2108)
2 圆柱凸轮分度定位机构	(2065)	4 连杆曲线的应用	(2110)
2.1 机构的组成	(2065)	本篇参考文献	(2113)

续表

D	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	螺钉孔		l		h	r	b	c
					d ₁	个数	min	max				
190	260	165	225	188	18	6	12	45	16	8	15	1
200	270	175	235	197	18	6	12	45	16	8	15	1
210	280	185	245	207	18	6	12	45	18	8	25	1.5
215	285	190	250	212	18	6	12	45	18	8	25	1.5
225	295	200	260	222	18	6	12	45	18	8	25	1.5
230	300	205	265	227	18	6	12	45	18	8	25	1.5
240	330	215	285	237	22	6	12	45	20	8	25	1.5
250	340	225	295	247	22	6	12	45	20	8	25	1.5
260	350	235	305	257	22	6	12	50	20	10	25	1.5
270	360	245	315	267	22	6	12	50	20	10	25	1.5
280	370	255	325	276	22	6	12	50	20	10	25	1.5
290	380	265	335	286	22	6	12	50	22	10	25	1.5
300	390	275	345	296	22	6	12	50	22	10	25	1.5
310	400	280	355	306	22	8	20	50	22	10	25	1.5
320	410	290	365	316	22	8	20	50	22	10	25	1.5
340	430	310	385	336	22	8	20	50	22	10	25	1.5
360	450	330	405	356	22	8	20	50	22	10	25	1.5
380	470	350	425	376	22	8	20	50	22	10	25	1.5
400	490	370	445	396	22	8	20	50	22	10	25	1.5

第十一章 润滑剂与润滑装置

1 润滑剂种类及其选择

凡是能起减摩作用的介质(可为气体、液体、半液体和固体),均可用作润滑剂。常用的润滑剂有矿物油(普通矿物油、含添加剂的矿物油)、合成油、润滑脂、固体润滑剂以及水基液体(如油包水乳化液)等。

润滑剂类型的选择,应根据机器摩擦部位的具体要求并结合其特性进行。润滑剂的特性见表4.11-1,表4.11-2则为这些特性对摩擦副的重要程度。例如,装配时加入少量普通矿物油,这是最简单、最价廉的润滑方式,如能满足要求,则应优先选用。要求具有密封性,而对冷却无特殊要求时,宜选用润滑脂。温度变化范围大或有特殊要求,宜选用合成油。不允许有污染或温度过高、过低,因而不能采用任何一种液体或润滑脂时,最好选用固体润滑剂。

2 润滑油

2.1 润滑油的粘度、粘温粘压特性及单位换算

流体(包括润滑油)的粘度,是流体粘滞性的度

量,用以标志流体内摩擦阻力的大小。凡是服从牛顿粘性定律的流体,称为牛顿流体。一般工况下的绝大多数润滑油,均属于牛顿流体。牛顿粘性定律表示为:

$$\tau = \mu \frac{du}{dz} \quad (4.11-1)$$

式中 τ 为剪应力,即流体层间单位面积上的摩擦阻力; $\frac{du}{dz}$ 为剪应变率,即流体沿其厚度方向(z 向,即垂直于运动的方向)的速度梯度; μ 为比例常数,定义为流体的动力粘度。

动力粘度的单位为 $N \cdot s/m^2$, 写为 $Pa \cdot s$ (帕·秒)。因通常测量流体的粘度计不是直接测得流体的动力粘度,而是测定动力粘度 μ 与该流体密度 ρ 的比值。该比值称为运动粘度 ν , 即

$$\nu = \mu / \rho \quad (4.11-2)$$

运动粘度的单位为 m^2/s , 常用 mm^2/s 。

由于润滑油的粘度对摩擦副间的润滑作用有很大影响,故绝大多数润滑油均以某一温度下的粘度

表 4.11-1 各类润滑剂的特性⁽¹⁷⁾

特性	液 体			润滑脂	固体润滑剂
	普通矿物油	含添加剂的矿物油	合成油		
1 边界润滑性	还好	好到极好	差到极差	好到极好	好到极好
2 冷却性	很好	很好	还好	差	很差
3 抗摩擦和摩擦力矩性	还好	好	还好	还好	差到还好
4 粘附在轴承上不泄失的性能	差	差	很坏到差	好	很好
5 密封防污染物的性能	差	差	差	很好	还好到极好
6 使用温度范围	好	很好	还好到极好	很好*	极好
7 抗大气腐蚀性	差到好	极好	差到好	极好	差
8 挥发性 (低为好)	还好	还好	还好到极好	好	极好
9 可燃性 (低为好)	差	差	还好到极好	还好	还好到极好
10 配伍性	还好	还好	很坏到差	还好	极好
11 价格	很低	低	高到很高	还比较高	高
12 决定使用寿命的因素	变质和污染	主要是污染	变质和污染	变质	磨损

注：* 决定于稠化前的基础油。

表 4.11-2 润滑剂特性对各种机械(或仪表)零部件的重要程度

零部件类型	普通滑动轴 承	滚动轴承	封闭的 齿 轮 箱	开式齿轮、钢 丝 绳、链条等	钟表和仪器 支 承	铰链、滑 块、滑键等
1 边界润滑特性	+	++	+++	++	++	+
2 冷却性	++	++	+++	-	-	-
3 抗摩擦和摩擦力矩	+	++	++	-	++	+
4 粘附不泄失性	+	++	-	+	+++	+
5 密封防污染物的能力	-	++	-	+	-	+
6 使用温度范围	+	++	++	+	-	+
7 抗腐蚀性	+	++	-	++	-	+
8 抗挥发性	+	+	-	++	++	+

注：润滑剂每一特性的相对重要程度用“+++” (=非常重要) 到“-” (=较不重要) 来表明。

的近似值作为该油的牌号。按国家标准的规定，以油在40℃ (或100℃) 时的运动粘度值 (mm²/s) 为润滑油的粘度牌号。如 L-AN32 油的运动粘度 (40℃下) 为 32±3.2mm²/s; 100号普通开式齿轮油 100℃时的运动粘度为 90~110mm²/s。

测量粘度的方法很多。按GB265规定，石油产品运动粘度的测定，系采用如图4.11-1所示毛细管粘度计，在一定温度下 (40℃或100℃) 记录油面从刻线A流到刻线B的时间t，然后用已知的粘度计常数C乘以时间t，即得该被测油的运动粘度。

润滑油的粘度随温度的升高而降低，其关系有不同的经验表达式⁽¹⁸⁾或线图，其中常用的有ASTM (美国材料试验学会) 线图，其关系式为：

$$\log \log(v+0.6) = A - B \log T \quad (4.11-2)$$

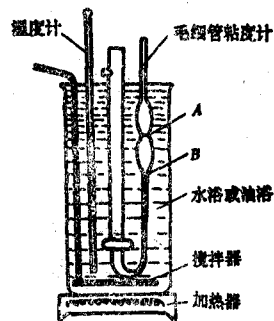


图 4.11-1 毛细管粘度计

式中 ν 为运动粘度; T 为温度; A 、 B 为 由具体油品决定的待定常数。一些典型油品的 ASTM 粘温关系见图 4.11-2。

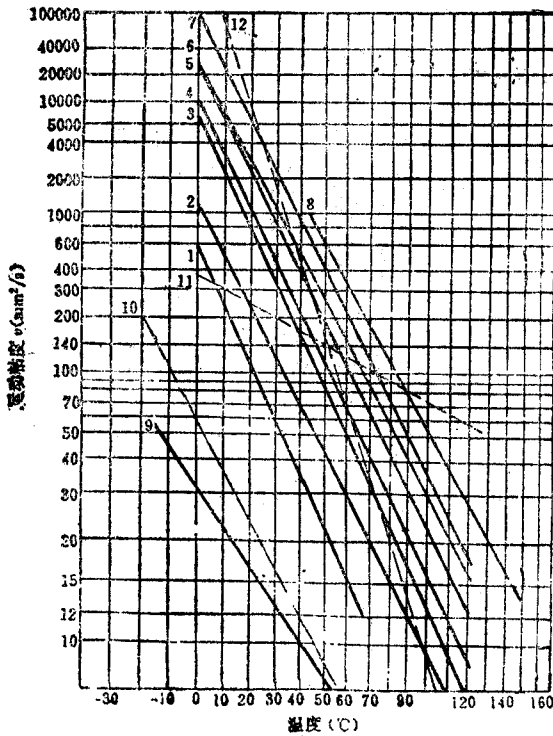


图 4.11-2 润滑油粘温对数关系图 (ASTM 线图) (15)

- 1—32 汽轮机油; 2—L-AN68 全损耗系统用油;
- 3—11 号汽缸油; 4—HQB15 汽油机润滑油;
- 5—双曲线齿轮油; 6—28 号轧钢机油;
- 7—夏用汽车齿轮油; 8—52 号汽缸油;
- 9—N10 主轴油; 10—双酯; 11—硅油;
- 12—氟油

润滑油的粘度随温度升高而变小的性质, 称为粘温特性, 是评价润滑油品质的主要指标之一, 其具体指标有粘度指数 (VI 值) 和粘度比两种。粘度指数的确定方法, 是将待测的油品与两种标准油品进行对比。两种标准油的 VI 值分别规定为 100 (选定粘温特性好的烷基原油制润滑油) 和 0 (选定粘温特性差的环烷基原油制润滑油), 还使它们在 100℃ 时的运动粘度与待测油 (试油) 相等, 再根据它们在 40℃ 时的不同粘度按下式计算待测油的粘度指数:

$$VI = \frac{L-U}{L-H} \times 100 \quad (4.11-3)$$

式中 L 、 H 和 U 分别为 $VI=0$ 、 $VI=100$ 的标准油和待测油在 40℃ 时的运动粘度值, 见图 4.11-3。粘度指数超过 100 则按下式计算 (15);

$$VI = \frac{10^N - 1}{0.00715} + 100 \quad (4.11-4)$$

$$N = \frac{\lg H - \lg U}{\lg U'}$$

式中 U' 为待测油 100℃ 下的运动粘度 (mm^2/s)。

粘度比为同一润滑油的低温粘度与高温粘度的比值, 用 ν_{40}/ν_{100} 、 ν_{50}/ν_{100} 、 ν_{-20}/ν_{50} 等符号表示。粘度比小, 表示粘温特性好。实用中, 可对润滑油的粘度比提出要求, 如 20 号航空润滑油要求粘度比 $\nu_{50}/\nu_{100} < 7.8$, 10 号汽油机润滑油 $\nu_{50}/\nu_{100} < 7.0$ 等。

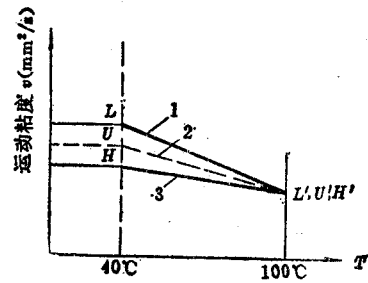


图 4.11-3 粘度指数示意图
1—低标准油, 粘度指数 $VI=0$, 2—待测油,
3—高标准油, 粘度指数 $VI=100$

润滑油的粘度会随压力的升高而增大, 但只有压强超过 20MPa 时的影响才明显。其间的关系有不同的经验关系式, 其中较常用的为:

$$\mu_p = \mu_0 e^{a p} \quad (4.11-5)$$

式中 μ_p 为润滑油在压强 p 时的动力粘度; μ_0 为润滑油在大气压下 (1 大气压 (atm) = $1.01325 \times 10^5 \text{Pa}$) 的动力粘度; $e=2.718$, 为自然对数的底; a 为润滑油的粘压系数, 其值随油品和温度而变, 一般矿物油为 $(1\sim 3) \times 10^{-8} \text{m}^2/\text{N}$ 。如 L-AN15 油 50℃ 时的粘度为 $11 \text{MPa}\cdot\text{s}$, $a=1.3 \times 10^{-8} \text{m}^2/\text{N}$, 100℃ 时的粘度为 $3.0 \text{MPa}\cdot\text{s}$, $a=1.1 \times 10^{-8} \text{m}^2/\text{N}$; 变压器油 50℃ 时的粘度为 $7.3 \text{MPa}\cdot\text{s}$, $a=1.6 \times 10^{-8} \text{m}^2/\text{N}$, 100℃ 时的粘度为 $2.2 \text{MPa}\cdot\text{s}$, $a=1.2 \times 10^{-8} \text{m}^2/\text{N}$; 齿轮油 (美国规格 SAE140) 100℃ 时的粘度 $35 \text{MPa}\cdot\text{s}$, $a=1.39 \times 10^{-8} \text{m}^2/\text{N}$ 。

动力粘度和运动粘度的法定单位与曾经习惯使用的物理制单位和工程制单位等非法定单位的换算见表 4.11-3。换算时, 将非法定单位与表中给出的系数相乘, 即为法定计量单位。另外, 过去还曾使

用过条件粘度单位，即采用相对粘度计测定润滑油的粘度，使用的粘度计有恩氏 (Engler)、雷氏 (Redwood) 和赛氏 (Saybolt) 三种，所测得的粘度也相应称为恩氏度 (用符号 E_r 表示)、雷氏秒

(雷氏 I 号秒的符号为 R，雷氏 II 号秒用符号 RA) 和赛氏秒 (赛氏通用秒的符号为 SUS，重油用 SFS)。条件粘度单位与法定单位的换算关系如图 4.11-4 所示。

表 4.11-3 粘度单位换算

名称	非法定单位	系数	名称	非法定单位	系数
动力粘度 (Pa·s)	泊 (P, =1dyne·s/cm ²)	0.1	运动粘度 (mm ² /s)	斯 (St, 也有曾译为沱)	100
	厘泊 (cP)	0.001		厘斯 (cSt)	1
	公斤力·秒每平方米 ($\frac{kgf \cdot s}{m^2}$)	9.807		平方英寸每秒 (in ² /s)	645.2
	雷恩 (Reyn, =磅力·秒每平方米寸)	6895		平方英尺每秒 (ft ² /s)	9.29×10^4
	磅力·秒每平方英尺 ($\frac{lbf \cdot s}{ft^2}$)	47.88			

注：通常润滑油的密度 $\rho=0.7\sim 1.2g/cm^3$ ，矿物油的密度的典型值为 $0.85g/cm^3$ ，故近似计算时可取 $1cP \approx 0.85 \times (1cSt)$ 。

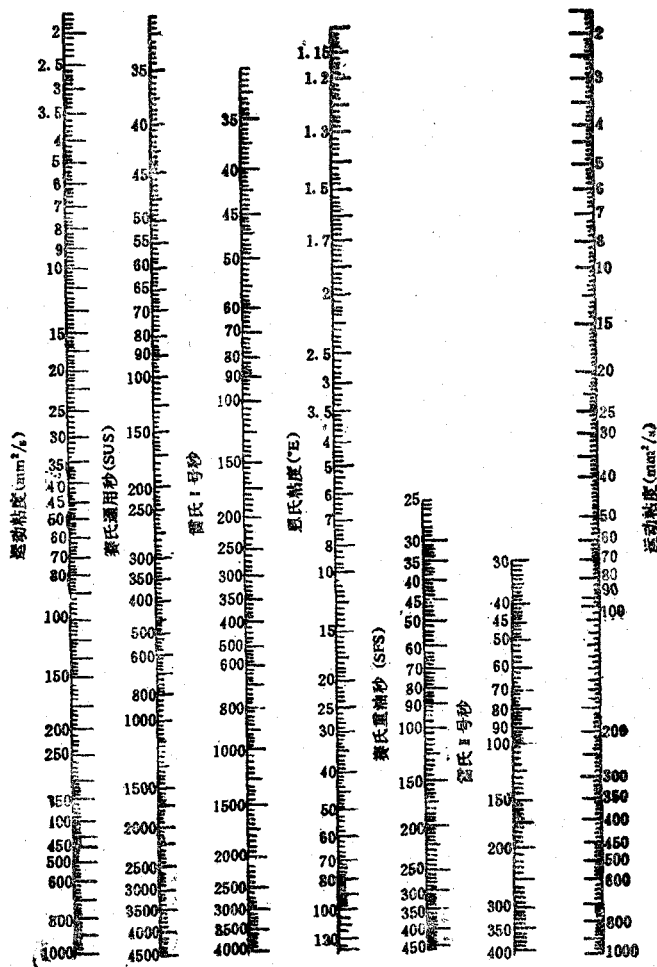


图 4.11-4 运动粘度 (mm²/s) 与条件粘度单位的换算

2.2 润滑油的性能指标

润滑油的性能和质量指标,除粘度和粘度指数外,还有如表4.11-4所列其他指标。

表 4.11-4 润滑油的性能指标^①

指标	含 义	指标	含 义
凝 点	将油在规定的试验条件下冷却,使盛油的试管倾斜45°,保持1分钟,试油尚未流动的最高温度,称为凝点。这是润滑油低温流动性的指标,它将直接影响机器在低温下的起动力能和磨损情况,也影响油料的贮运。加入降凝剂可降低润滑油的凝点。凝点的测定方法见GB510	抗氧化安定性	SY2675规定。一般是在规定条件下使油氧化后,测其酸值和沉淀物含量,以判断抗氧化安定性的优劣
闪 点	在规定的试验方法和仪器中,将油加热,当油蒸汽与空气混合达到一定浓度,一遇火焰即瞬时闪火的最低温度,称为闪点。如果闪火时间为5秒以上,此时的温度称为燃点。根据测定方法的不同,油品的闪点分开口闪点(用开杯法,GB267)和闭口闪点(用闭杯法,GB261)两种。在闭口仪器中,由于油蒸汽不易扩散逸出,测得的闪点比开口闪点低。闪点是判断油品馏分轻重(馏分轻则挥发性大)和着火危险性的指标。对于高温下工作的机器,此指标十分重要。通常应使工作温度低于油的闪点30~40℃	抗 泡 性	润滑油的抗泡性,以油品生成泡沫的倾向及泡沫的稳定性来评定。油在循环系统中,因搅动和空气混入而产生的泡沫,如不及时消除,将影响冷却效果,同时会使管路产生气阻、供油量降低、油箱溢油,甚至出现油泵抽空等。其测定法由SY2669规定,用起泡倾向性(FT)和泡沫稳定性(FS)表示
酸 值	酸值是中和1克润滑油中的酸所需的氢氧化钾的毫克量(mgKOH/g),常用来作为限制润滑油腐蚀性的指标之一,也常用来判断油品的报废程度。由于酸值只反映含酸的量,而不能反映酸的性质和使用因素的影响,故不可只用酸值的大小来预计特定使用条件下润滑油的腐蚀情况	润 滑 性 能 (承 载 能 力)	润滑油降低摩擦、减缓磨损的能力,统称为润滑性能,是其粘性、油性和极压性的综合反映,后者指润滑油在摩擦表面形成和保持边界膜(吸附膜或反应膜)的能力。评定润滑性能的方法很多。目前采用“承载能力”表示润滑油的润滑性能。但承载能力(或称油膜强度)只表示其防止摩擦表面出现擦伤、粘结等磨损形式的能力。所用的试验方法有四球机法(详见GB1342)和梯姆肯(Timken)法(详见SY2685)。四球机试验的具体指标有:综合磨损值(ZMZ,其含义为各次试验的单位相对磨痕承受负荷的平均值,此值愈大,表明该油的油膜承载能力强,抗磨损性能好);烧结负荷P _B ,即指在试验条件下,使钢球发生烧结的最低负荷(N),表示润滑油的极限工作能力(极压性),即超过此负荷润滑油完全失去效用;磨斑直径,指在规定负荷下,经过规定时间的试验所磨出的磨斑直径(属低负荷长时间磨损试验)。梯姆肯试验机的摩擦副为一钢质圆环(转动件)及钢质长方块(静止件),加试油后逐级加载运转,当出现卡咬现象时即为卡咬载荷
水溶性酸或碱	检验的目的,是定性地检查油品中是否有水溶性酸(无机酸及低分子有机酸)或水溶性碱。在一般润滑油中,如发现水溶性酸或碱,则应禁止使用,以免腐蚀机器、加速油的变质和降低绝缘性能。对含碱性添加剂(如烷基酚钡盐)的油,允许呈碱性反应	残 炭	在试验条件下,把油品加热至高温,经蒸发分解,最后在仪器内剩余的黑色焦炭状残余物,即为残炭。残炭值,用其占试油重量的百分率表示,它标志油品的精制程度,其值过高,在使用中会加速机器磨损或形成大量积炭堵塞油路。试验方法有康氏法(GB268)和电炉法(SY2611)
腐 蚀 试 验	将规定牌号和尺寸的金属片(如铜、钢片)浸入油中,在100℃或其他规定的温度下保持一定时间(通常为3小时),取出时观察其表面颜色变化,以判断该油的腐蚀性。在标准中(SY2620)规定了试验条件和判断合格与否的指标。本试验用以预测润滑油在润滑金属零件时有无腐蚀性	灰 分	灰分是油品在规定温度下煅烧后所剩下的残留物,以其占试油重量的百分率表示,是润滑油的精制指标之一。灰分大,使油在使用中易形成积炭和结焦,增加零件磨损。可检查油在加入添加剂前后的变化,以保证有足够的添加剂。检查方法见GB508
抗 氧 化 安 定 性	润滑油抵抗氧化的能力,称为抗氧化安定性。常温下,矿物润滑油均很安定(贮存6~8年,质量指标无明显变化)。但在高温下,则氧化速度加快,使油颜色变黑,粘度改变,酸性物质增多,并产生胶状沉淀物。故抗氧化安定性是决定润滑油在使用期限内是否易变质和使用寿命的重要因素。润滑油和变压器油抗氧化性的测定方法由SY2652、SY2670、		

续表

指标	含 义	指标	含 义
水分	水分用以表示油中含水量的多少, 以重量的百分率表示(指定量测定)。水分的存在, 会使油的质量变坏, 锈蚀机械零件。在循环系统(液压系统或润滑系统)中, 水导致气泡造成气阻, 对变压器油则使绝缘性降低。对有添加剂的油, 水分会引起添加剂水解, 在低温下结冰而堵塞油路。水分一般是因贮运不当而混入的, 但也会从潮湿的空气中吸取。油品的水分测定法定性(SY2613)和定量(GB260)两种。为防止水的锈蚀作用, 对常与水汽接触的润滑油(如汽轮机油、汽缸油等)或兼有防护作用的封存油, 都加有防锈添加剂	抗乳化度	抗乳化度是指在试验条件下, 油同水蒸汽形成的乳油液静置后达到完全分层所需的时间, 以分钟表示, 又称破乳化时间。破乳化时间短, 说明油的抗乳化性良好, 能够保证如汽轮机油、液压油在循环系统中正常工作。测试方法按SY2610规定
		机械杂质	一般要求油中不含机械杂质(砂土、铁锈、棉线、木屑等)。机械杂质会增加机械磨损, 堵塞滤油器和油路。检测方法按GB511进行
		倾点	试油在规定的条件下冷却时能够流动的最低温度, 称为倾点。它是润滑油低温流动性的重要指标。倾点的测定方法见GB3535—83

注: ①粘度与粘度指数见上节。

2.3 润滑油添加剂

在油品中加入各种效能的添加剂, 是改善和提

高其性能和质量的有效而经济的手段。常用润滑油添加剂见表4.11-5。

表 4.11-5 常用润滑油添加剂

组 别	名 称	统一代号*	用 途
一、清净分散剂(原称浮游多效剂)	1. 中灰分低碱性石油磺酸钙	T101	用于汽油机、柴油机润滑油中, 以减缓发动机中的积炭、漆膜、油泥的生成, 且有将其从表面上洗涤下来的作用
	2. 高灰分中碱性石油磺酸钙	T102	
	3. 高碱性石油磺酸钙	T103	
	4. 烷基酚钡与烷基酚硫磷锌盐	T104	
	5. 烷基酚钡	T105	
	6. 硫磷化聚异丁烯钡盐	T108	
	7. 烷基水杨酸钙	T109	
	8. 烷基酚钙	T110	
	9. 环烷酸镁	T111	
	10. 单丁二酰亚胺	T113A	
	11. 双丁二酰亚胺	T113B	
	12. 硫化烷基酚钙	T115	
二、抗氧抗腐剂	13. 硫磺烷基酚锌盐	T201	主要用于发动机润滑油中, 减缓润滑油在高温下的氧化过程和对零件的腐蚀, 也用于机床液压油
	14. 硫磷丁辛醇锌盐	T202	
	15. 硫磷化烯烃钙盐	T203	
	16. 硫磷化脂肪醇锌盐	T204	
三、抗磨剂(极压抗磨剂)	17. 氯化石蜡	T301	主要用于齿轮油中, 减缓极压条件下的磨损, 由于硫、磷等活性物质有腐蚀金属表面的副作用, 故不宜用于非挤压情况
	18. 二苯基二硫化物	T302	
	19. 硫化三聚异丁烯	T303	
	20. 亚磷酸二正丁酯	T304	
	21. 硫磷酸含氮衍生物	T305	
	22. 二聚酸加磷酸脂	T306	
	23. 环烷酸铅	T307	
	24. 硫化异丁烯	T308	

续表

组 别	名 称	统一代号*	用 途
四、油性剂	25. 硫化鲸鱼油	T401	增大油膜强度以降低零件的摩擦和磨损,也用于如导轨油中,加入后有利于防止爬行。但只限于中等载荷和温度低于120~200℃,再高温将失效分解
	26. 二聚酸	T402	
	27. 硫化棉子油	T404	
	28. 硫化烯烃棉子油	T405	
	29. 苯三唑十八胺盐	T406	
五、抗氧防胶剂(抗氧化剂)	30. 2, 6二叔丁基对甲酚	T501	用于液体燃料及润滑油中,减缓油品的氧化倾向,但无抗腐作用
	31. N苯基N'仲丁基对苯二胺	T502	
	32. 叔丁基甲酚	T504	
六、增粘剂(粘度指数改进剂)	33. 聚正丁基乙烯基醚	T601	能增大润滑油在较高温度时的粘度,如机床液压系统及野外作业的汽车等用油
	34. 聚甲基丙烯酸酯	T602	
	35. 聚异丁烯	T603	
	36. 乙烯丙烯共聚物	T604	
七、防锈剂	37. 石油磺酸钡	T701	主要用于防锈油和汽轮机油中,防止零件生锈
	38. 石油磺酸钠	T702	
	39. 十七烯基咪唑啉的十二烷基丁二酸盐	T703	
	40. 环烷酸锌	T704	
	41. 二壬基萘磺酸钡	T705	
	42. 苯骈三氮唑	T706	
	43. 亚硝酸钠	T707	
	44. 磷酸咪唑啉盐	T708	
	45. 氧化石油脂钡皂	T743	
	46. 烯基丁二酸	T746	
八、降凝剂	47. 烷基萘	T801	降低润滑油的凝点
	48. 醋酸乙烯酯、乙烯与 α -烯烃的三聚物	T802	
	49. 聚 α -烯烃	T803	
	50. 乙烯-醋酸乙烯酯共聚物	T804	
九、抗泡剂	51. 二甲基硅油		减少润滑油在润滑系统中产生泡沫的倾向,如液压油、内燃机油

注: *T代表“添加剂”,百位数表示组别,后两位数表示添加剂的牌号。

2.4 常用润滑油及其选用

润滑油的品种虽多,但一般均由基础油和一定的添加剂组成。基础油分矿物油和合成油两大类。矿物油是石油经减压蒸馏所得的馏分油或残渣油,再经一系列的精制过程制成的。合成油则以利用人工合成制造出的酯类、硅酮、氟氯化碳、合成烃……等化合物为原料作出的润滑油的统称。各基础油的性能比较见表4.11-6,常用润滑油的主要性质和应用见表4.11-7,润滑油一般按品种和粘度等级选

定。选择时应考虑:1.工作条件,即摩擦副的工作温度、速度、荷载、环境(潮湿、尘垢、腐蚀、辐射等)、表面粗糙度、位置(是否易流失、外露等);2.润滑油的品名,因品名表明了该油品适于何种机械,如齿轮油用于齿轮传动,汽轮机油用于汽轮机。必须注意,不可把不同品名而有相同粘度的油等同看待或混用,特别是对于有特殊要求的摩擦副(具体摩擦副的推荐用油,如滚动轴承、滑动导轨等可参见本篇有关章节)。

表 4.11-6 几种基础油主要性能的比较

性能	双酯	多元醇 酯、复酯	磷酸酯	甲基 硅油	甲基苯 基硅油	甲基氯 苯基硅 油	硅酸脂	烷撑聚 醚(加有 抑制剂)	氟油	聚苯醚	矿物油
无氧时最高使用温度 (°C)	250	300	120	220	320	305	300	260	300	450	200
有氧时最高使用温度 (°C)	210	240	120	100	250	230	200	200	300	320	150
由于粘度增大所容许 的最低使用温度(°C)	-35	-65	-55	-50	-30	-65	-60	-20	-50	0	0~ -50
密度(kg/l)	0.91	1.01	1.12	0.97	1.06	1.04	1.02	1.02	1.95	1.19	0.88
粘度指数	145	140	0	200	175	195	150	160	-25	-60	0~140
闪点(°C)	230	255	200	310	290	270	170	180		275	150~ 200
自然点	低	中等	很高	高	高	很高	中等	中等	不燃	高	低
边界润滑性能	好	好	很好	一般, 但钢对 钢时差	一般, 但钢对 钢时差	好	一般	很好	很好	一般	好
毒性	轻微	轻微	有一定 毒性	无毒	无毒	无毒	轻微	低		低	轻微
适应的橡胶	丁腈胶 硅橡胶	硅橡胶	丁橡胶 乙丙胶	氯丁胶 氟橡胶	氯丁胶 氟橡胶	氟橡胶 硅橡胶	氟橡胶 硅橡胶	丁腈胶	硅橡胶	在很高 温度下 无适应 的橡胶	丁腈胶
对金属的作用	轻微腐 蚀非黑 色金属	热的时候 腐蚀某些 非铁金属	有水时 腐蚀性 增大	不腐蚀	不腐蚀	有水时 腐蚀黑 色金属	不腐蚀	不腐蚀	不腐蚀 铝镁以 外的金属	不腐蚀	油纯净 时不腐 蚀
相对于矿物油的价格	5~20	10~50	10	25	50	60	10~40	5	200~600	250	1
用途示例(作为右列 油的基础油)	喷气发动 机油, 精 密仪表 油, 高温 液压力油	高温燃气 轮机油, 极端温度 下液压力油	难燃液 压油, 高 压压缩 机油	特殊用途 润滑脂, 阻尼液	高温润滑 脂	高低温 仪表压 油, 液 压油	高温液 压油, 液 压油	喷气发动 机油、齿 轮油、真 空泵油、 刹车油	火箭、制 氧、原子 能工业中 的润滑剂	核反应 堆润滑 油、液 压油	

注：合成油的种类很多，其他如合成烃润滑油以及三嗪、乙基硅油等。

表 4.11-7 常用润滑油的性质和应用

名称	代号 ^②	运动粘度(mm ² /s)			倾点(或 凝点) ^① ≤ (°C)	闪点 (开口) ≥ (°C)	残炭 ≤ %	灰分 ≤ %	机械 杂质 ≤ %	酸值 (mgKOH /g)	主要应用
		40°C	50°C	100°C							
L-AN全损耗系统 用油(GB443-89)。 注：用以代替机械 油(GB443-84)， 代号栏中方括号 内为相应的机械 油代号	L-AN5 [N5]	4.14~ 5.06			-5	80	—	—	无	报告 (GB 4945)	超高速纺织机械、高 速轻载荷机械、调配高 速切削油的基础油。注 意：L-AN油只适于对 润滑油无特殊要求的全 损耗系统，不适于循环 润滑系统

续表

名称	代号 ^②	运动粘度 (mm ² /s)			倾点 (或凝点) ^① ≤ (°C)	闪点 (开口) ≥ (°C)	残炭 ≤ %	灰分 ≤ %	机械杂质 ≤ %	酸值 (mgKOH/g)	主要应用
		40°C	50°C	100°C							
L-AN 全损耗系统用油 (GB443-89)。注: 用以代替机械油 (GB443-84), 代号栏中方括号内为相应的机械油代号	L-AN7 (N7)	6.12~ 7.48			-5	110	—	—	无	报告	15000r/min 以上的细纱锭子, 高速轻载荷机械 (如高速车床、内圆磨床砂轮架主轴) 轴承、0.5kW 以下小型电机
	L-AN 10 (N10)	9.0~ 11.0			-5	130	—	—	无		10000~13000r/min 的细纱锭子、轻型针织机、5000~8000r/min 以上小型电机、测量仪器、缝纫机、有色金属冷轧工艺润滑油的基础油
	L-AN 15 (N15)	13.5~ 16.5			-5	150	—	—	0.005		用于纺织工业中 10000r/min 以下的轻负荷机械 (如粗纱锭子、滚纱机锭子主轴、络经机、织布机等), 机械工业中 1500~5000r/min 的轻载机械, 如小型电机、鼓风机。还可作淬火油、擦枪油、切削用乳化油和防锈油的基础油。普通低压设备中的液压油 (液压千斤顶、液压打包机)
	L-AN 22 (N22)	19.8~ 24.2			-5	150	—	—	0.005		用于转速 1500r/min 以上的中小型机床齿轮箱; 滑动速度为 0.5m/s、载荷 0.1MPa 以下的机床水平导轨、小型木材加工机械齿轮箱、粗纺机、织布机、100kW 以下的 1000~5000r/min 的电动机、空气压缩机、风动工具; 淬火油; 切削油的基础油
	L-AN 32 (N32)	28.8~ 35.2			-5	150	—	—	0.007		相当于旧标准 GB443-64 的 30 号机械油 (HJ-30), 用于各种中型机床的齿轮箱、丝杆、轴承座; 织布机、梳棉机、拼条机; 造纸工业的纸浆机、滚筒机; 中型木工机械; 铸造机械; 锻造机械; 播种机、粉碎机、榨糖机; 1000r/min 左右的鼓风机、离心泵、小型水轮机; 1000r/min 以下 100~400kW 之间的电机
	L-AN 46 (N46)	41.4~ 50.6			-5	160	—	—	0.007		

续表

名称	代号 ^②	运动粘度(mm ² /s)			倾点(或凝点) ^① (≤)(°C)	闪点(开口) (≥)(°C)	残炭 ≤ %	灰分 ≤ %	机械杂质 ≤ %	酸值 (mgKOH/g)	主要应用
		40°C	50°C	100°C							
L-AN 全损耗系统用油 (GB443—89) 注: 用以代替机械油(GB443—84), 代号栏中方括号内为相应的机械油代号	L-AN 68 [N68]	61.2~ 71.8			-5	160	—	—	0.007	报告	相当于旧标准GB443—64的40号机械油(HJ—40), 用于低速重型机床; 吊车减速器, 输送机减速器; 大型木材加工机械; 锻压设备、冲床、剪床; 空压机; 中型矿山机械、卷扬机, 纺织机械中的滑动轴承; 100~1000kW的电机; 收割机
	L-AN 100 [N100]	90.0~ 110			-5	180	—	—	0.007		用于低速重载时开时停的重型机械, 重型机床; 大型低速电机; 造纸工业的磨碎机、脱水机、干燥机, 3000t以下锻压机、电梯减速器、剪板机
	L-AN 150 [N150]	135~ 165			-5	180	—	—	0.007		用于巨型机床、制管机、小型轧钢机
主轴油 (SY1229—82)	N2	2.0~ 2.4	1.7~ 2.0		(-15)	60 (闭口)			无	100°C 氧化后 0.2	由精制轻质矿物油加入抗氧化、防锈、抗磨等添加剂制成。主要用于精密机床主轴滑动轴承(各类磨床)。轴承与主轴间间隙愈小应选粘度愈低的油, 如间隙为0.002~0.006mm用N2, 0.006~0.008mm用N5, 0.008~0.01mm用N7, 0.01~0.02mm用N15。如为静压滑动轴承, 还与节流器有关, 小孔节流用N2(50%) + N5, 毛细管和薄膜反馈节流用N15。
	N3	2.9~ 3.5	2.4~ 2.9			70					
	N5	4.2~ 5.1	3.3~ 4.0			80					
	N7	6.2~ 7.5	4.8~ 5.7			90					
	N10	9.0~ 11.0	6.8~ 8.4			100					
	N15	13.5~ 16.5	9.8~ 11.8			110					
	N22	19.8~ 24.2	13.9~ 16.6			120					
	导轨油 (SY1228—82)	N32	28.8~ 35.2			(-10)	170			无	
	N68	61.2~ 74.8				190					
	N100	90~ 100				190					