

高等学校交流讲义

起重运输机的液力传动

上海交通大学起重运输机械教研组编

只限学校内部使用



中国工业出版社

本书共分四篇，分别叙述了液压传动、透平传动及液压桥式起重机的
原理、各部件的结构、设计与计算，本书可作为高等学校起重运输机械专
业的交流讲义，亦可供有关工程技术人员参考。

起重运输机的液力传动

上海交通大学起重运输机械教研组编

*

第一机械工业部教材编审委员会编辑（北京复兴门外三里河第一机械工业部）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $16^{3/4}$ ·插页1·字数385,000

1962年2月北京第一版·1962年4月北京第二次印刷

印数1,101—3,160·定价（10-6）2.00元

*

统一书号：K15165·266（一机-29）

前 言

本书是根据起重运输机械专业的“起重运输机的液力传动”课程的教学大纲编写的。该大纲在1961年4月初的起重运输机械专业教材选编会议上，曾由与会的上海交通大学、大连工学院和武汉水运工程学院的代表们认为基本上符合起重运输机械专业的要求。

根据起重运输机械专业的教学计划，“起重运输机的液力传动”这门课程是在学生学完“起重机械”和“连续运输机”等几门主要专业课程之后讲授的。它讲述液力传动——液压传动和透平传动的工作原理。组成部分和设计计算方法，目的在于使学生能在最适当的条件下把液力传动应用于起重运输机，以设计出新的、更加完善的起重运输机来。

本书共分四篇十四章，除第一篇概论之外，其余各篇分别讨论液压传动、透平传动和液压与气压操纵。其中，第四篇液压和气压操纵不包括在教学大纲规定的内容之内，只供学生在进行有关的设计时参考之用，因而在讲授时可以省略。

本书初稿由钟廷修编写，并从1959年起在上海交通大学的起重运输机专业使用过三次。这次出版略作修改整理和补充，由我组的液力传动教学小组全体同志负责进行。书中部分插图由我校学生协助描绘。

由于时间仓促和编者水平所限，书中错误和不妥之处在所难免，希望使用本书的各校师生批评指正。

上海交通大学起重运输机械教研组

1961年5月

目次

前言	1
----	---

第一篇 概論

第一章 液压傳动及操纵概述	1	第二章 工作液体和液体力学的簡要知識	11
§ 1 机器的傳动及操纵的概念	1	§ 1 流体的概念和基本性質	11
§ 2 起重运输机械的傳动装置	1	§ 2 液力傳动系統所采用的工作液体	13
§ 3 液力傳动的分类	2	§ 3 水静压力及其特性巴斯噶定律	15
§ 4 汽車式装卸机的液压傳动系統	4	§ 4 曲面上的液体压力	16
§ 5 透平傳动装置的典型結構和簡單工作原理	8	§ 5 液体运动方程式	17
§ 6 起重运输机械的操纵机构	10	§ 6 实际液体运动时的能量損失	17
		§ 7 欧拉渦輪机械基本方程式	18

第二篇 液压傳动

第三章 液压缸	21	第五章 控制和調节装置——閥装置	71
§ 1 液压缸的构造要点	21	§ 1 安全閥和溢流閥	71
§ 2 液压缸的設計要点	23	§ 2 减压閥	76
§ 3 液压缸的强度計算	26	§ 3 增压器	73
§ 4 液压缸的材料和工艺条件	27	§ 4 压力繼动器	73
第四章 泵和液压发动机	28	§ 5 节流閥	79
§ 1 齿輪泵	29	§ 6 控制液体流动方向的閥装置	82
§ 2 齿輪泵的力学分析	30	§ 7 滑閥分配装置的设计原則	87
§ 3 叶片泵	33	§ 8 液压随动装置	89
§ 4 徑向柱塞泵和徑向柱塞式液压发动机	38	第六章 液压系統的輔助装置	94
§ 5 徑向柱塞泵(液压发动机)的运动分析	41	§ 1 儲能器	94
§ 6 徑向柱塞泵的流量和流量的不均匀性	42	§ 2 滤油器	97
§ 7 力和功率的計算	44	§ 3 油箱	99
§ 8 軸向柱塞泵和軸向柱塞式液压发动机	46	§ 4 密封	100
§ 9 空間(球面)曲柄連杆机构的軸向柱塞泵	50	§ 5 油管和管子附件	103
§ 10 柱塞泵的分配装置	52	第七章 起重运输机械液压傳动系統的设计和計算	106
§ 11 柱塞泵的设计計算方法(举例說明)	55	§ 1 从动部件的类型选择	107
§ 12 柱塞泵(液压发动机)的材料和工艺条件	61	§ 2 确定液压系統工作压力的原則	107
§ 13 液压泵的特性、泵的选择	62	§ 3 調速和逆轉方案的确定	108
§ 14 液压发动机	63	§ 4 管路(液流)分支和功率分配	113
§ 15 大力矩液压发动机的計算例题	70	§ 5 分配装置的操纵	117

§ 6 液压传动系统的卸载和防止过载.....119	§ 9 9-151 型液压挖掘机的液压传动系统.....123
§ 7 典型液压传动系统的分析.....120	§ 10 3H10/75 型步行式挖掘机液压步行机构的液压传动系统.....125
§ 8 门座起重机的液压变幅机构的液压传动系统.....122	§ 11 液压传动系统的计算.....130

第三篇 透平传动

第八章 透平联轴器的基本特性.....136	§ 1 透平变矩器的力矩方程式.....183
§ 1 透平联轴器的力矩方程式.....136	§ 2 透平变矩器循环圆内的能量损失.....187
§ 2 透平联轴器循环圆内的能量损失.....138	§ 3 透平变矩器循环圆中子午面分速度大小表达式.....189
§ 3 透平联轴器循环圆内的能量平衡方程式.....139	§ 4 透平变矩器的特性曲线.....193
§ 4 透平联轴器的特性曲线.....142	§ 5 透平变矩器的通用特性曲线.....195
§ 5 透平联轴器的通用特性曲线.....145	§ 6 透平变矩器的调节.....197
§ 6 环流和叶片之间的动力作用.....148	§ 7 透平变矩器和内燃机的联合特性曲线.....200
§ 7 透平联轴器的调节.....149	第十一章 透平变矩器的结构.....203
§ 8 在不完全充满条件下环流的构造.....152	§ 1 透平变矩器的分类.....203
§ 9 透平联轴器和原动机共同工作时的联合特性曲线.....154	§ 2 透平变矩器的典型结构型式.....207
§ 10 透平联轴器在不同工作状态下的特性曲线.....157	§ 3 透平变矩器在挖掘机——起重机上的应用.....213
第九章 透平联轴器的结构、计算和应用.....158	第十二章 透平变矩器的计算.....218
§ 1 标准型透平联轴器.....159	§ 1 按相似法计算透平变矩器.....218
§ 2 安全式透平联轴器.....159	§ 2 透平变矩器的液力计算.....220
§ 3 可调节式透平联轴器.....162	§ 3 透平变矩器工作轮的比转速的选择.....221
§ 4 具有折迭式叶片的透平联轴器.....167	§ 4 循环圆主要尺寸的确定.....223
§ 5 双循环通道的透平联轴器.....169	§ 5 工作轮进出口处的收缩系数值的选择.....225
§ 6 透平联轴器在起重运输机上的应用.....171	§ 6 泵轮叶片主要几何参数的确定.....227
§ 7 透平联轴器的计算.....180	§ 7 涡轮叶片主要几何参数的确定.....227
第十章 透平变矩器的基本特性.....183	§ 8 导向轮叶片主要几何参数的确定.....229
	§ 9 透平变矩器的计算例题.....231
	§ 10 用等倾角仿形法设计工作轮的叶片.....236

第四篇 液压和气压操纵

第十三章 液压操纵机构.....240	§ 1 9-302 型挖掘机——起重机的气压操纵系统.....247
§ 1 9-1003 型挖掘机的液压操纵机构.....240	§ 2 气压操纵机构的设备和部件.....248
§ 2 有泵液压操纵机构的部件.....242	§ 3 气压操纵机构主要部件的计算原则.....255
§ 3 液压操纵机构的计算.....245	
第十四章 气压操纵机构.....247	
附录.....256	
参考文献.....265	

第一篇 概論

第一章 液压傳动及操纵概述

§1 机器的传动及操纵的概念

机器中的傳动装置是指用来在空間上傳递能量給工作构件，并且还兼有某些其他职能的装置。这些职能是：

1. 能量的分配；
2. 变速、增速或减速；
3. 調速；
4. 变换运动形式，例如将迴轉运动变换为直綫运动、螺旋运动，或者相反；
5. 調換运动方向。

按工作原理的不同，可将傳动分为以下的二种型式：

1. 机械能直接傳遞的傳动——机械傳动；
2. 机械能轉換为电能及相反变换的傳动——电傳动^①。

机械傳动又可分为：

1. 嚙合傳动，如齿輪傳动等；
2. 摩擦傳动，如皮带傳动等；
3. 液力和气力傳动。

操纵机构和傳动装置不同，它并不直接参与傳遞能量給工作构件，而仅只是通过对傳动装置（具体的，离合器）和制动装置的作用来影响机器的运动状态^②。

因此，操纵机构的特点为：

1. 傳动的功率較小；
2. 操纵机构照例是随动作用的。

按工作原理的不同，操纵机构可分为如下的几种型式：

1. 杠杆式操纵机构；
2. 液力操纵机构；
3. 气压操纵机构；
4. 电气操纵机构。

此外，还有一些复合式操纵机构，如电气——液力操纵和电气——气压操纵等。

§2 起重运输机械的传动装置

近代起重运输机械的机构，一般地，都由下列几个部分組成的：工作装置，原动机，傳动

① “电傳动”这个术语应用并不普遍。

② 約定：“操纵机构”这个概念，并不把电傳动，液力傳动和气力傳动的控制与調节装置包括在內。

裝置,制動裝置和操縱機構。

傳動裝置的選型和結構在很大的程度上決定於工作裝置的載荷特點和運動特征,以及原動機的工作特性。

大多數起重機械都有劇烈變化的載荷特點和反復短暫的工作循環,以及伴隨而來的巨大的慣性動載荷的作用。

大部分近代起重運輸機械都採用電力驅動。而且由於電力工業發展的結果,主要地都使用交流電源。交流電動機的缺點是調速不便,和對於鼠籠電動機來說,起動困難。

由於能源的緣故,大量流動式起重機械均採用熱力原動機,其中尤其是內燃機。內燃機的缺點是:逆轉不便,不能有載起動和過載能力小等。

除此之外,在熱力原動機驅動的中小型起重機械當中,往往要求用一台原動機來集中驅動幾個工作裝置。

由此可見,傳動裝置在起重運輸機械當中起着重要的、多方面的作用。即便是對於電力驅動的起重運輸機械,也需要利用傳動裝置來實現減速、調速和變換運動形式。

不僅如此,傳動裝置的自重和成本對於起重運輸機械的經濟指標亦有重大的影響。

因此,傳動裝置是大多數起重運輸機械的主要組成部分之一。

現代起重運輸機製造業主要採用嚙合傳動。它的優點是工作可靠和效率較高;缺點是結構複雜、沉重且不易調速,因而有時就應採用液力傳動和電傳動來代替或補充。

§3 液力傳動的分類

在液力傳動中是借液體作為傳遞能量的工質的傳動機構,其中至少要有一個“構件”是液體的傳動裝置,才得稱為液力傳動。

液力傳動又可分為兩種:

1. 容積式液力傳動,或稱為液壓傳動;
2. 動力式液力傳動,或稱為透平傳動。

液體雖然沒有一定的幾何形狀,但是有幾乎不變(準確地說,變化很小)的體積。因而當它容納於密閉的幾何形體之中時,就可用以傳遞壓力;並當高壓液體在幾何形體(管路,液壓缸……等)內被迫移動時,就將傳遞機械能,這就是液壓傳動的基本工作原理。

具體的講,圖 1-1 就是液壓傳動的原理簡圖。某種結構型式的液壓泵 1 (主動部件) 從油箱 6 吸入液體,而提高了壓力的液體從泵流經分配裝置 2,進入液壓缸 3 (從動部件) 的某一腔內,使活塞在載荷的作用下發生移動。

不工作腔內的液體亦經分配裝置 2 泄入油箱中去。若分配裝置轉換液流的方向,則活塞反向運動。

如果從動部件是迴轉式液壓發動機,而非液壓缸,那末液壓傳動就是迴轉式而非往復式的。

如果液力傳動的傳動構件之間不是幾何連接,而是動力連接,那麼這種液力傳動就稱為動力式液力傳動或透平傳動。

透平傳動實際上是一組離心泵——渦輪機系統(圖 1-2)。離心泵(主動部件)帶動液體旋轉,從泵流出的高速液體推動渦輪機(從動部件),從而實現機械能的傳遞,這便是透平傳動的基本工作原理。

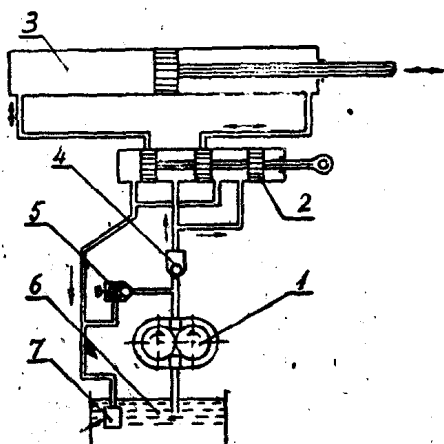


图 1-1 液压傳动的原理图

1—液压泵；2—分配装置；3—液压缸；4—单向阀；
5—安全阀；6—油箱；7—滤油器。

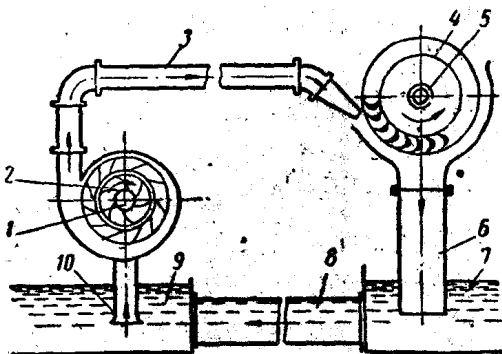


图 1-2 透平傳动的原理图

1—泵轴；2—离心泵；3、6、8 和 10—管子；
4—涡轮机；5—涡轮机轴；7 和 9—槽。

在构造上如把泵輪和渦輪安置于一个外壳之内，并省去連通管路，这便是透平联軸器（图 1-3）；若于泵輪和渦輪之間隔以固定的导向輪，那就成为透平变矩器（图 1-4）。

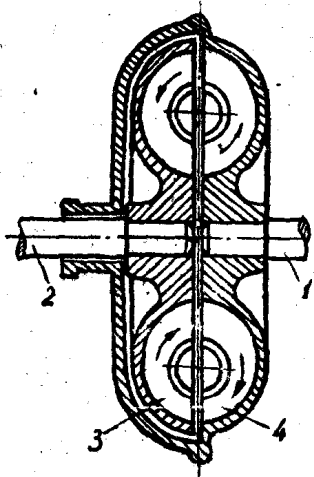


图 1-3 透平联軸器

1—主动軸；2—从动軸；3—渦輪；4—泵輪。

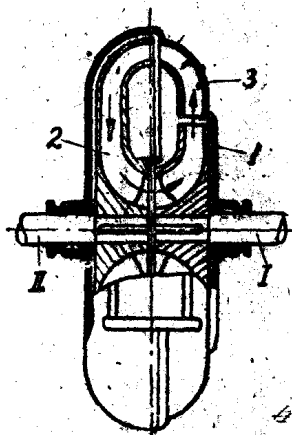


图 1-4 透平变矩器

I—主动軸；II—从动軸；1—泵輪；2—渦輪；
3—导向輪。

对于起重机械來說，液压傳动的主要优点是：

1. 在很多情况下可以簡化机构，这对于受巨大載荷作用的往复运动的机构尤其如此。
2. 主动部件和从动部件在空間上可以分离。

由此，往往就能簡化机器的結構。

3. 便于調換运动方向；而且能够在很广的范圍内进行无級的、自动的調速，因此，便可获得良好的、“軟”的特性曲綫。

4. 由于工作液体的彈性較大和运动零件的慣性較小，因而工作平稳无冲击。

5. 易于防止过载；并且摩擦表面能保証自行潤滑。由此便能大大提高机器的可靠性和延长零件的工作寿命。

6. 操纵方便;且易于实现自动工作循环。

由于上述的优点,液压传动便在下列三方面得到应用:

1. 在内燃机驱动的起重机械中,用以进行功率分配和改善原动机的工作特性;
2. 在短行程往复运动的机构当中,主要用以简化结构;
3. 在电动机驱动的其他机构当中,用以一方面降低对电动机的要求,简化电气设备;另一方面改善机器的工作特性,提高自动化程度和延长使用寿命。

它的主要缺点是系统的效率较低;部件的加工精度较高和工作过程中管路的振动(主要由于流量脉动的缘故)。

由于上述的缺点,因而就阻碍液压传动得到更迅速的推广。

透平传动的主要优点则为:

1. 可以在很广的范围内调节运动速度;
2. 可以防止过载;
3. 大大减少不稳定工作状态下在传动装置中所产生的动力载荷;
4. 能够消除来自内燃机方面的扭转振动和来自工作装置的冲击震动。

因此就将大大增长原动机和工作装置的工作寿命。

5. 操纵方便。这就能改善司机的工作条件。

由于上述的优点,透平传动装置便在下列两方面得到应用:

1. 在内燃机驱动的起重机械当中,用它来改善机器的工作特性和简化机器的结构;
2. 在电动机驱动的起重机械当中,用它来改善机器的工作特性,和使之能采用结构简单、价格便宜的电动机。

由于液压传动和透平传动在工作原理和结构方面的巨大差别,因而我们在两个独立篇幅之内加以讨论。先讨论液压传动;后面是透平传动。

在此之前,本章还将介绍液压传动的简单应用实例,和解释透平传动装置的简单工作原理,以便读者领会专门篇幅的内容。

§4 汽车式装卸机的液压传动系统

装卸机,尤其是汽车式装卸机的液压传动系统是最简单的,也是最典型的液压传动系统之一。因而最好先通过对汽车式装卸机液压传动系统的解说,来概括地、也是初浅地说明一下起重机械液压传动系统的组成部分。

为了更好地了解汽车式装卸机的液压传动系统,我们就应该了解这种设备的构造和工作原理;但又为了节省篇幅,我们仅只举例说明。其实各种汽车式装卸机的构造、工作原理和液压传动系统在原则上是相同的。

我们以苏联产品,4001型汽车式装卸机(图1-5)作为例子,这种装卸机的主要技术特性如下:

起重量: 5000 公斤;

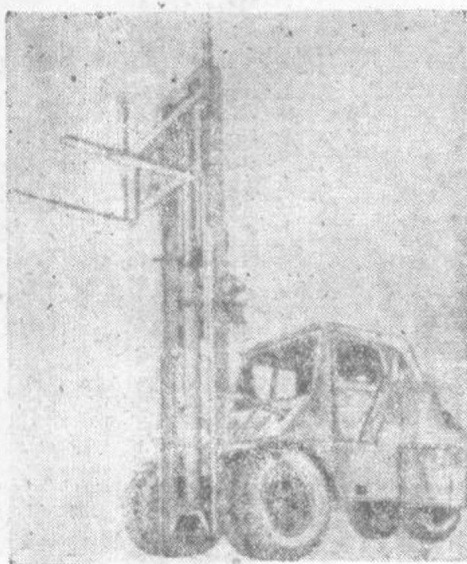


图 1-5 4001 型汽车式装卸机

起升高度: 4 米;
最小轉弯半徑: 4 米;
最大起升速度: 8.5 米/分;
装卸机重量: 7300 公斤。

这种汽車式装卸机的原动机是 ΓA3-51 型汽車发动机。

图 1-5 是 4001 型汽車式装卸机的外形图; 而图 1-6 是它的簡图。

4001 型装卸机的底盘只有三个支承: 二个前支承支持在前驱动桥上; 而底盘的后支承則为和后桥铰接的单支承 (图 1-7)。三支承的优点是轉弯半徑小。

发动机安置在底盘的右前方, 扭矩就由发动机的曲軸通过离合器、变速箱、万向鉸链和主傳动装置一直傳遞到前驱动桥的驱动輪上。由于装卸机在工作时, 前軸載荷很大, 所以前輪做成双輪, 而后輪則为单輪的。

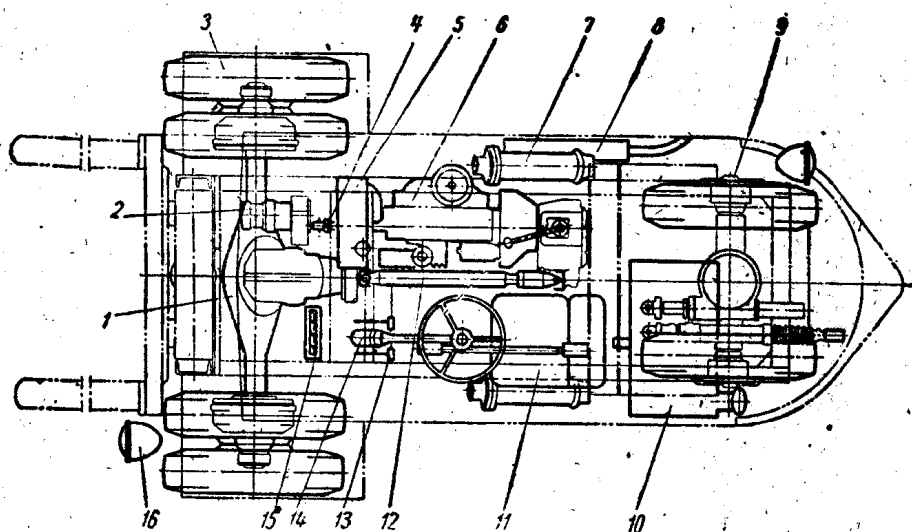


图 1-6 4001 型汽車式装卸机的簡图

- 1—前桥; 2—Л1Ф 型液压泵; 3—輪子; 4—万向联轴器; 5—水箱; 6—发动机和主离合器;
7—傾斜液压缸; 8—消声器; 9—輪殼; 10—油箱; 11—駕駛座; 12—万向軸; 13—踏板;
14—方向盘; 15—指示仪表; 16—車灯。

照例亦是采用方向盘来操縱装卸机的运行方向。然而由于装卸机的起重量和自重都很大, 因而迴轉方向盘所需要的力也很大, 这就大大地影响了装卸机的灵活性, 并恶化司机的工作条件。基于改善机器灵活性和司机工作条件的願望, 已在装卸机的运行方向操縱系統中, 成功地增添了液压加力器 (图 1-7 的部件 1)。由于采用了液压加力器, 还可隔离行輪在路面上运行时产生的剧烈振动, 使之不致傳到方向盘上去。

望远鏡式貨物升降机构 (图 1-8) 安装在底盘的前部驱动輪之間。它的下面与装卸机的底盘鉸接, 而中部則和摆动机构的拉杆相鉸接, 以便工作中能任意前后摆动。摆动机构的簡图示于图 1-9。

叉形托架的升降, 框架的摆动, 有时还有工作装置的动作 (图 1-10), 以及装卸机的运行等动作的組合就形成了装卸机的完整工作循环。

上述的工作运动, 除了装卸机的运行之外, 全部采用液压傳动。其实就是运行机构也需要利用液压加力器来进行操縱。

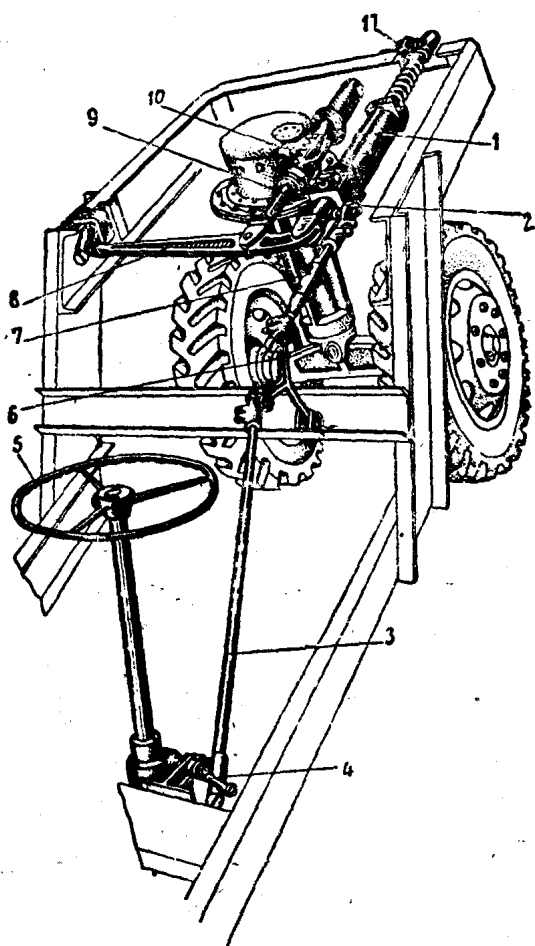


图 1-7 4001 型汽車式裝卸機的轉向操縱機構
1—液压加力器；2—球形指銷；3—縱向轉向拉杆；4—轉向臂；5—方向盤；6—雙臂拉杆；7—水平拉杆；8—橫向拉杆；9—齒條；10—齒輪；11—支座。

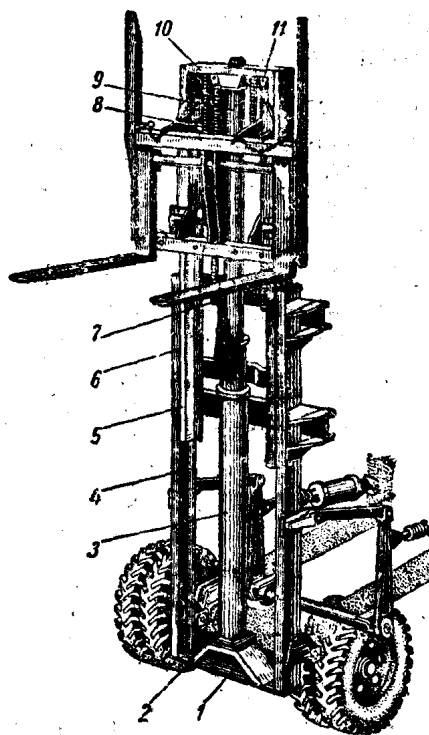


图 1-8 4001 型汽車式裝卸機的起升機構
1—下橫梁；2—梁；3—起升液壓缸；4—導向滾輪；5—內框架；6—外框架；7—鏈條的固結架；8—鏈條；9—柱塞；10—內框架的梁；11—導向輪支撐。

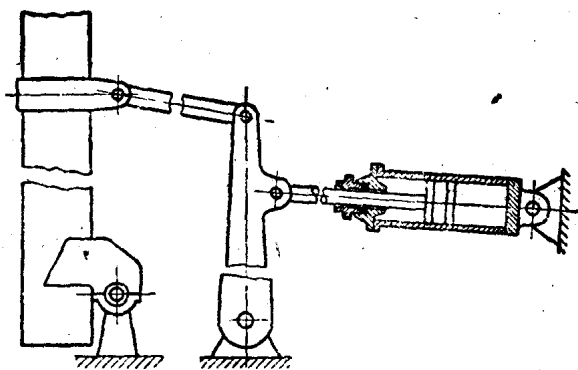


图 1-9 4001 型汽車式裝卸機的摆动機構

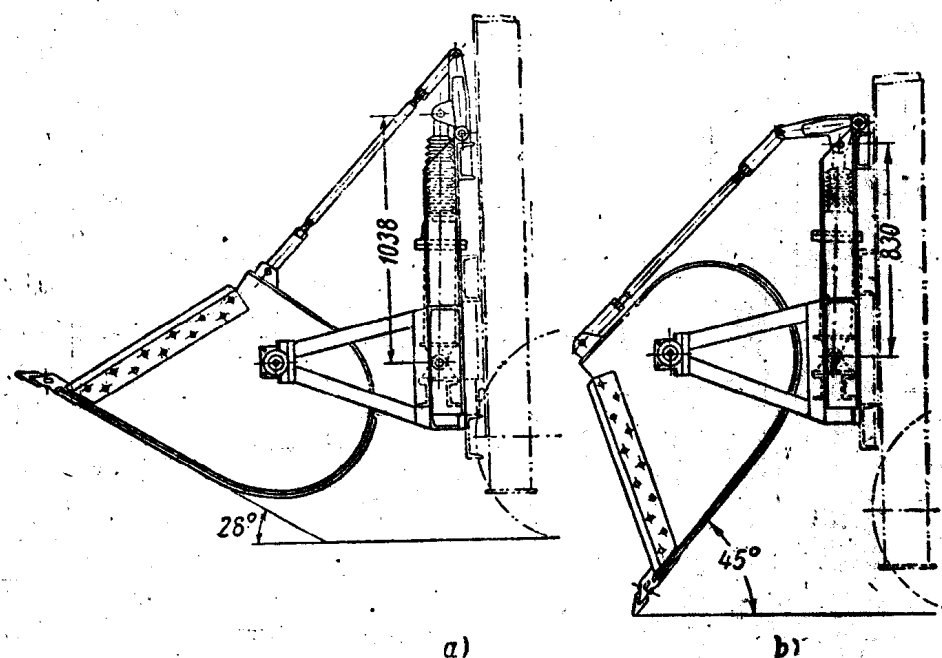


图 1-10 4001 型汽车式装卸机的铲斗工作装置
a—斗提起；b—斗倾斜。

以下我们就将解说这种型号的汽车式装卸机之液压传动系统。

图 1-11 是这种装卸机的液压传动系统简图。它包括了两个独立的系统：第一液压传动系统用以传动载货升降机的两个机构——升降和摆动机构的液压缸，必要时还可用以驱动工作装置；而功率较小的第二液压传动系统，则只用以驱动液压加力器。

升降机构的液压传动系统包括如下的几个基本部件和附件：液压泵 8，具有安全阀 10 的分配装置 11，节流阀 7，液压缸 4，以及油箱 17 和连接管路。

泵输油入分配装置，后者的滑阀位置决定着油的流动方向和液压缸的工作状况。用手推移滑阀，则相应的液压缸就实现预期的动作。在事故情况下，液压上升，从而打开安全阀，液体就溢流导入油槽去了。当所有滑阀都处于中间位置时，则液体畅然流入油槽。这时泵处于空载状态。

单向节流阀 7 用以减缓重物的下降速度。它的构造和工作原理表示在图 5-19。

摆动机构的两个液压缸 16 均由双作用滑阀 14 (图 1-11) 来操纵。不仅如此，它们还共用一个管路，从而保证了液压缸的同步运动。在液压缸的前腔管路中，亦安置了一个单向节流阀 15，以保证当框架朝前运动时，速度不致于太高。

可更换式工作装置的液压缸 5 由滑阀 12 操纵。该液压缸的动作状况类似于摆动液压缸。

到此为止，我们对汽车式装卸机的液压传动，也可以说对起重机械的液压传动有了一个初浅的印象，这对我们学习以后的课程内容是有益的。

学习了这一节之后，我们就可以认识到，起重机械的液压传动系统，也可以说任何液压传动系统都是由以下几个部分组成的：

1. 主动部件：液压泵，用以将机械能传递给液体；

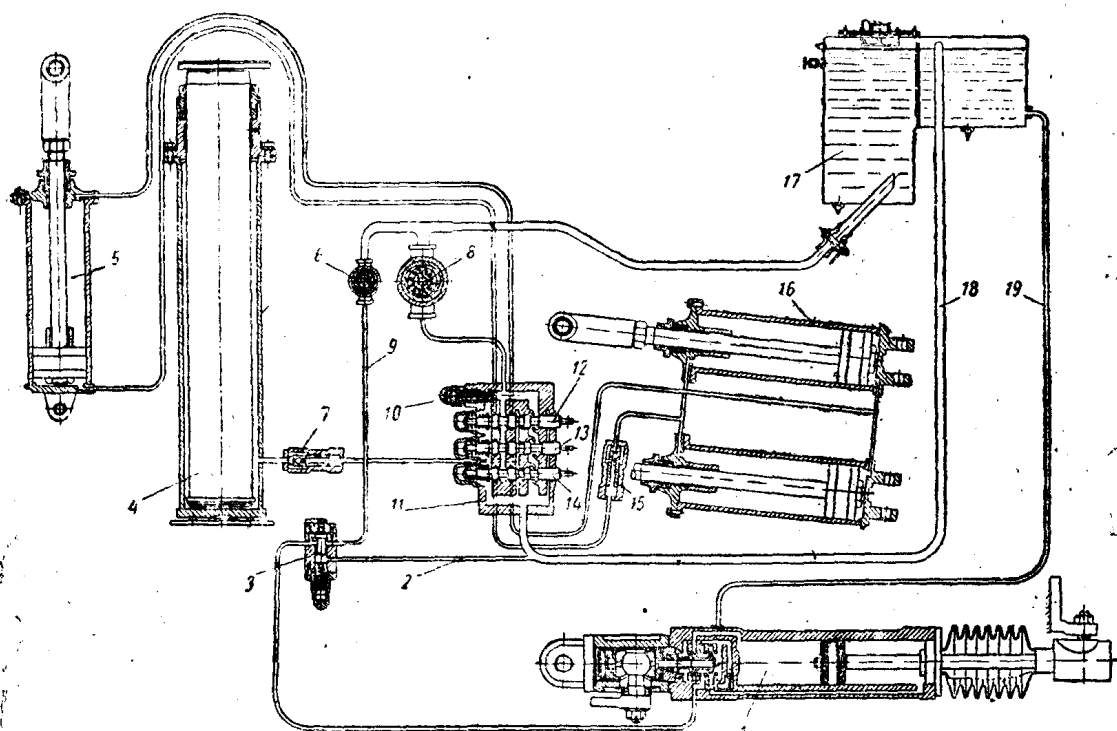


图 1-11 4001 型汽車式裝卸機的液壓傳動系統

1—液壓加力器；2、9、18 和 19—連接管路；3—安全閥；4—起升液壓缸；5—工作裝置液壓缸；6—供給加力器的液壓泵；7—單向節流閥；8—主液壓泵；10—安全閥；11—分配裝置；12、13 和 14—滑閥分配裝置；15—單向節流閥；16—擺動液壓缸；17—油箱。

2. 控制和調節裝置: 控制液壓和流量以及液流方向;

3. 工作部件: 接受液體傳送的能量以做功;

4. 輔助裝置: 包括工作液體和管路以及其他。

因此, 我們在後面就將比較全面地討論這些部件和附件的結構、工作原理和設計計算; 然後才研究系統的設計計算。

§5 透平傳動裝置的典型結構和簡單工作原理

如已說過, 依照構造的不同, 透平傳動裝置可分為兩種類型, 透平聯軸器 (圖 1-3) 和透平變矩器 (圖 1-4)。

透平聯軸器是最簡單的液體動力傳動裝置。它是由兩個主要零件組成的: 固定在主動軸 1 上的泵輪 4 (主動輪); 和固定在從動軸 2 上的渦輪 3 (從動輪)。工作輪之間并無機械連系, 且以 3—15 毫米的間隙彼此隔開。工作輪的葉片通常是平面徑向式的。

圖 1-12 是透平聯軸器各主要零件的圖象。而圖 1-13 是它的外貌。

外力轉動泵輪, 使充填在泵輪之內的工作液體隨之旋轉。由於離心力的作用, 就使液體沿徑向葉片之間的通道向外流動, 并于外緣流入渦輪; 同時, 由於連續性的緣故, 在靠近旋轉軸線的泵輪內緣, 液體從渦輪流返泵輪。於是, 在兩只工作輪所組成的循環圓內的工作液體, 除了繞工作輪軸線 O_1 進行旋轉運動之外, 還繞軸線 O_2 進行環流運動 (圖 1-14)。因而, 液體質點的絕對運動是螺旋運動。進行螺旋運動的液體質點在泵輪中被加速和增壓; 而當進入

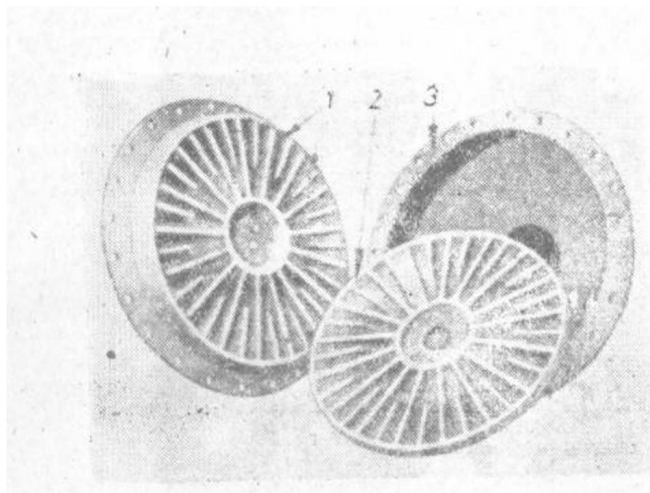


图 1-12 拆卸状态的透平联轴器

1—泵輪；2—渦輪；3—外壳。

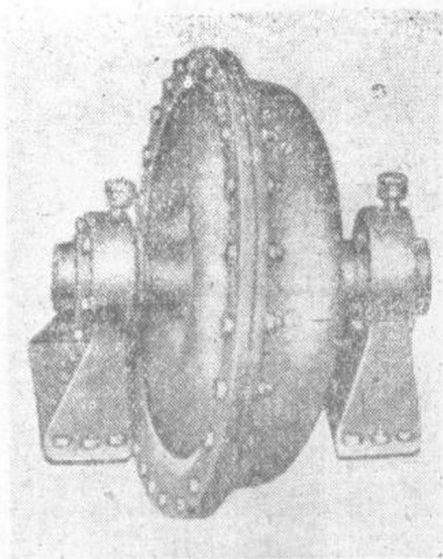


图 1-13 透平联轴器的外貌

渦輪之后,就推动后者的叶片使之旋轉,并因而被减速和降压,这样一来,就实现了机械能的傳遞。

提醒一下,液体質点进行螺旋运动,即透平联轴器实现机械能傳遞的先决条件是泵輪和渦輪之間存在轉速差。当它們的轉速相等时,液体的环流运动就消失了,机械能的傳遞也就停止了,以后还可以看到,轉速差的大小同时决定了能量傳遞的大小。

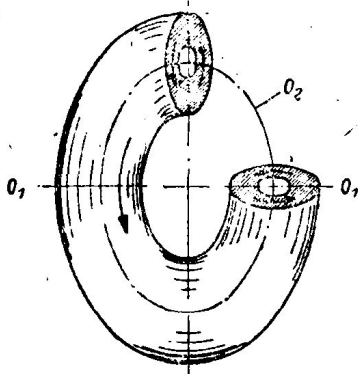


图 1-14 工作液体的螺旋运动

在运动稳定的条件下,如果忽略联轴器外壳的空气阻力,那末显然,作用在泵輪(近似地,作用在主动軸)上的力矩应等于作用在渦輪(近似地,作用在从动軸)上的力矩。

透平变矩器(图 1-4)除了泵輪 1 和渦輪 2 之外,还有固定的导向輪 3。由于存在导向輪,因而工作輪的叶片最好做成弯曲的。

图 1-15 是透平变矩器各主要零件的图象。讀者今后将会知道,图中所表示的是一种具有向心

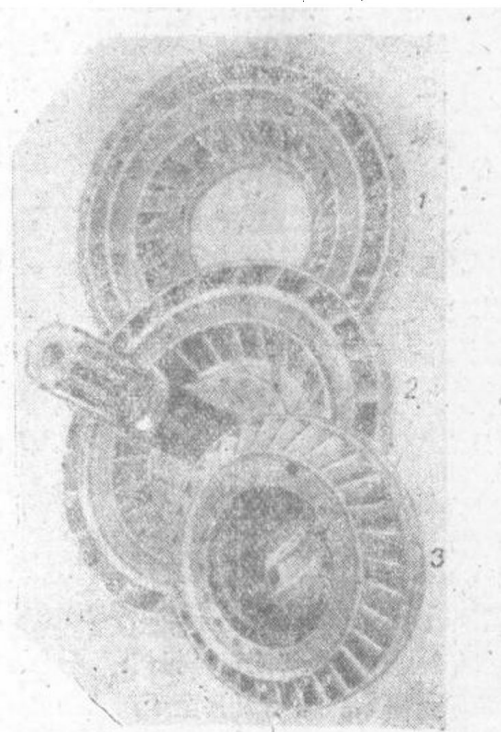


图 1-15 拆卸状态的透平变矩器

1—泵輪；2—渦輪和傳出从动輪；3—导向輪和自由行程装置。

渦輪的复合式透平變矩器。

在透平變矩器中，液體質點的絕對運動亦是螺管運動。進行螺管運動的液體質點在泵輪中被加速增壓，進入導向輪受變速，然後再進入渦輪中被減速降壓。這樣一來，就實現機械能的傳遞。

由於固定導向輪的作用，因而主動輪和從動輪（近似地，主動軸和從動軸）上的力矩不相等。兩者之差就等於導向輪所受的力矩值。

顯然，可以把透平聯軸器和透平變矩器的結構特點綜合起來，制成新型的透平傳動裝置——复合式透平變矩器。在這種裝置中，導向輪裝在滾柱支承上，因而在某些情況下，它可以保持不動；而在另外的情況下，則進行旋轉。對前一種情況，即當導向輪固定的情況下，傳動裝置具有透平變矩器的一切特性；而對後一種情況，傳動裝置變成透平聯軸器，並具有它的一切特性。

綜合上述，可以用一句話加以概括：泵輪旋轉，就驅使循環圓中的液體進行環流運動（螺管運動）；在進行螺管運動中，液體質點和固體葉片相互作用，並從而實現能量交換。

根據水力學的原理，液體環流運動的形成是容易理解的。但是在質點的運動過程中，它和葉片的相互作用卻是比較複雜的。因而必須充分加以討論分析。

§6 起重運輸機械的操縱機構

操縱機構的正確設計對改善司機工作條件，增加機器的靈活性，減少運動轉換過程中的動力現象，以及與此有關，對提高機器的生產率有很大的影響。

直到不久之前，起重機械還僅只流行以下的二種操縱機構：

1. 對於熱力原動機驅動的起重機械，通用手動操縱機構；
2. 對於電動機驅動的起重運輸機械，則無例外地運用电磁鐵操縱。

杠桿操縱機構的優點是：1. 結構簡單；2. 感覺靈敏。不過缺點很大：人力操縱，因而作用力有限；司機的工作條件很差。

电气操縱緊湊、靈敏而且易于自動化，可惜動作過於猛烈。

因而在現代的起重運輸機械當中，便采用液力和气压操縱機構或复合的电气——液力和电气——气压操縱機構來代替杠桿操縱機構和部分地代替电气操縱機構——电磁鐵。

液力和气压操縱機構的共同優點是：

1. 操縱構件的隨動作用。因而比之杠桿操縱機構，它們可以大大改善司機的工作條件；比之电磁鐵操縱，它們的接合比較平穩。
2. 動作比杠桿操縱機構靈敏；工作比电磁鐵可靠。

進一步，比之气压操縱，液力操縱的優點是：1. 可以實現高壓（如可達 100 公斤/厘米² 或更多）；2. 效率較高；3. 能自行潤滑摩擦表面。缺點則為：1. 漏油會弄髒機器；2. 氣候影響較大，因而有時甚至於需要隨着季節更換工作液體。

與此相反，气压操縱機構：1. 接合更加平穩；2. 工作不受氣候影響；3. 漏氣不會弄髒機器。因此，近來有時甚至於用气压操縱代替液力操縱。它的缺點是：1. 壓力不可能太高（通常僅為 7~8 公斤/厘米²），所以气压部件的尺寸較大；2. 空氣壓縮機和儲氣筒的體積比較大；3. 低溫工作不可靠。

液力操縱機構又分為有泵操縱和無泵操縱兩種。液力操縱機構和小功率的液壓傳動裝

置在結構上并无太大的区别。气压操纵机构的許多部件亦和液压部件近似。因而我們只是在最后(第四篇)才簡要地介紹一下它們的构造要点和設計計算原則。

第二章 工作液体和液体力学的簡要知識

§1 流体的概念和基本性質

我們是这样来理解流体的: 不論作用在质点系統上的力是如何的小, 都会引起其中各点彼此間的相对位移; 同时, 在外力作用下变换了相互位置的流体质点, 在外力取消之后, 并不恢复其原有位置。通俗地說: 流体的质点具有极大的流动性, 因而流体并无独立的形状, 它的形状随所处容器而异。

流体又可分为液体和气体。液体的特点是几乎不可压缩。液体力学只研究液体。

下面我們討論液体的若干基本性質:

1. 液体的密度和重量

单位容积中液体的质量称为液体的密度, 以 ρ 表示之:

$$\rho = \frac{m}{v} \text{ 公斤-秒}^2/\text{厘米}^4. \quad (2-1)$$

液体的密度与温度有关, 温度为 $t^\circ\text{C}$ 时密度 ρ_{t_0} 为:

$$\rho_{t_0} = \frac{\rho_{15^\circ}}{1 + \beta_t(t - 15^\circ)} \text{ 公斤-秒}^2/\text{厘米}^4, \quad (2-2)$$

式中 ρ_{15° —— 温度为 15°C 时的液体密度, 公斤-秒²/厘米⁴;

β_t —— 液体体积随温度变化的体积膨胀系数。

系数 β_t 的数值随 ρ_{15° 而定, 对于液力传动系統所采用的矿物油, 可取其約等于

$$\beta_t = 0.00065.$$

由于在一般的温度和压力下, 温度改变对液体的密度影响不大, 因而在通常的計算中, 可以认为密度与温度无关。

但是, 也不能不注意到在某些情况下, 液体的膨胀并不能略而不計, 例如: 被封闭在液压缸內的液体, 由于热膨胀的关系, 很可能使管路以及液压缸破裂。

液体的密度同时也与压力有关。密度随压力而变化的大小取决于体积压缩系数 β_p 的数值。当温度不变, 而压力增量为 p 时, 液体的密度为:

$$\rho_{tp} = \frac{\rho_{t_0}}{1 - \beta_p p} \text{ 公斤-秒}^2/\text{厘米}^4, \quad (2-3)$$

式中 ρ_{t_0} —— 压力变化之前, 液体的密度, 单位同上。

对于液力传动系統所采用的矿物油, 当压力在 100 公斤/厘米^2 以下时, 体积压缩系数約等于:

$$\beta_p = 0.000062 \text{ 厘米}^2/\text{公斤}.$$

与其相当的彈性系数

$$E = \frac{1}{\beta_p} = (1.6 \sim 1.7) \times 10^4 \text{ 公斤/厘米}^2.$$

彈性系数对于計算液压冲击的大小, 工作的稳定性和液压系統的振动, 以及远距离液压操纵机构的灵敏度有重大的意义。

除此之外, 在大多数情况下, 由于体积压缩系数很小, 因而在实际上可以认为密度与压

力无关。

重度即为液体单位容积的重量:

$$\gamma = \frac{G}{v} \text{ 公斤/厘米}^3. \quad (2-4)$$

因此,重度和密度的关系为

$$\gamma = \rho g, \quad (2-5)$$

式中 g ——重力加速度。

2. 粘性

当流动时在流体内部产生摩擦力的性质称为内摩擦或粘性。

粘性可以用动力粘性系数 μ 来表征。

在工程度量制度中,动力粘性系数的单位为公斤-秒/米²;在物理度量制度中,它的单位则为达因-秒/厘米²,并称为泊。因为泊的值很大,所以一般采用较小的单位——厘泊(0.01泊)。动力粘性系数的工程单位和物理单位之间的关系如下:

$$1 \text{ 公斤-秒/米}^2 = 98.1 \text{ 泊} = 9810 \text{ 厘泊};$$

$$1 \text{ 厘泊} = 0.01 \text{ 泊} = 0.000102 \text{ 公斤-秒/米}^2.$$

在计算中,时常以运动粘性系数 ν 来代替动力粘性系数。而

$$\nu = \mu / \rho. \quad (2-6)$$

在工程度量制度中,运动粘性系数的单位为米²/秒;而在物理度量制度中,则为厘米²/秒,并称之为“斯”。

直接测定 μ 或 ν 是困难的,因之实际上一一般都利用粘度计,使液体流过小孔,来测定其粘性。

在苏联,用恩格拉粘度计来测定粘性。由此测出的液体粘性就以“恩格拉度”(°E)或“恩格拉秒”(″E)度量之。

200 厘米³的试验液体,流过孔径为 2.8 毫米的细管所需时间称为该液体的恩格拉秒粘性;200 厘米³的 20°C 水流过同一细管所需时间称为仪器常数;用它除以恩格拉秒,所得之比值就称为该液体的恩格拉度粘性。

把恩格拉度转换为运动粘性系数 ν 一般采用下列的简化公式:

$$\nu = 10^{-4} \left(0.0731^\circ\text{E} - \frac{B}{^\circ\text{E}} \right) = 10^{-4} \left(0.0731^\circ\text{E} - \frac{0.0631}{^\circ\text{E}} \right) \text{ 米}^2/\text{秒}. \quad (2-7)$$

公式(2-7)的右项适用于粘性大于 2°E 的情况;在粘性不大于 2°E 时,应当按表 2-1 引用 B 值。

表 2-1 系数 B 的数值

°E	2.0	1.8	1.6	1.4	1.15
B	0.062	0.0595	0.0570	0.0540	0.0550

液体的粘性与温度、压力有关。

温度愈高,粘性愈小。在工程计算中,可采用下面的公式:

$$\mu_t = \mu_{20} \left[\frac{20}{t} \right]^k \text{ 公斤-秒/米}^2, \quad (2-8)$$

式中 μ_t —— $t^\circ\text{C}$ 时液体的动力粘性系数,单位同上;

μ_{20} ——20°C 时的动力粘性系数;