

安全型液力联轴器

上海煤矿机械研究所编

煤炭工业出版社

73.25
115.1

安全型液力联轴器

上海煤矿机械研究所编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书系统介绍液力联轴器的的工作原理、结构类型、试验检定和维修使用注意事项；着重阐述安全型液力联轴器的结构、使用范围、基本计算程序、主要性能参数的分析和设计选型。书中扼要介绍国外有代表性的安全型液力联轴器的系列参数。

本书供从事液力联轴器研究、设计、制造的工程技术人员使用，也可供使用单位的技术人员参考。

安全型液力联轴器

上海煤矿机械研究所编

(根据原燃料化学工业出版社纸型重印)

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路11号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $5^{1/8}$

字数111千字 印数1—16,050

1977年2月新1版 1977年2月第1次印刷

书号15035·2067 定价0.54元

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

前 言

液力联轴器是一种液力传动装置。它能够有效地控制机器的过载，使之平稳起动、运转，在多台电动机传动系统中还能均衡各电动机的载荷。因此，在采煤、运输、破碎和起重等设备中广泛采用。特别是安全型液力联轴器，在我国使用更广。

我们遵照伟大领袖毛主席关于“要认真总结经验”和“洋为中用”的教导，对安全型液力联轴器的实验分析和设计研究工作进行了初步总结，并在此基础上写成这本书，供科研、设计和使用单位参考。本书所反映的一些成果，也是在兄弟单位的协作之下取得的。由于我们的水平所限，书中不妥甚至错误之处在所难免，请同志们批评、指正。

本书由吴中瑜同志执笔。

一九七三年九月

30055

目 录

第一章 液力联轴器的的工作原理	1
第一节 概述	1
第二节 传动原理	6
第三节 转矩公式	9
第四节 液力联轴器的特性曲线	14
第五节 液力联轴器的分类	17
第六节 安全型液力联轴器的用途	27
第二章 安全型液力联轴器的结构研究	37
第一节 环流	37
第二节 静压倾泄式液力联轴器	40
第三节 动压倾泄式液力联轴器	49
第四节 延充式液力联轴器	56
第五节 阀控延充式液力联轴器	72
第三章 安全型液力联轴器的设计要点	92
第一节 结构形式和断面参数	92
第二节 作用直径	95
第三节 叶片系统	97
第四节 几种参数的计算方法	103
第五节 过热保护塞和密封装置	105
第四章 液力联轴器的试验及使用注意事项	115
第一节 性能测试	115
第二节 实验研究方法	135
第三节 使用注意事项	138
附录 几种液力联轴器简介	141
一、静压倾泄式液力联轴器	141
二、动压倾泄(延充)式液力联轴器	147

第一章 液力联轴器的工作原理

第一节 概 述

利用液体来传递功率(转矩)的装置叫做液力传动装置。它分容积式(油泵、油马达)和动力式两大类。

容积式液力传动装置利用液体的静压力来传递转矩;动力式液力传动装置是利用液体的动压力(即冲击力)进行工作的。

动力式液力传动装置又分为两类:一类是液力联轴器;另一类是液力变矩器。它们的区别在于,前者的输入和输出转矩相等,即不能改变原动机的输出转矩;而后者可以改变原动机的输出转矩。由于液力联轴器的效率很高(0.95~0.98),结构较简单,因此应用很广。

液力联轴器和一般联轴器一样,是安装在电动机和负载(减速机或工作机器)之间的一种传动部件。液力联轴器和挠性联轴器的工作原理见图1。它们都是由与电动机轴连接的主动轮1、与负载轴连接的从动轮2以及“键”3三个基本构件组成。但挠性联轴器通过固体“键”(橡胶带)将主动轮转矩传给从动轮,液力联轴器则通过液体“键”来传递转矩。

液力联轴器的工作原理,可用这样一个实例来说明。将两台风扇面对面地摆在一起,开动风扇1时,一股风(气流)吹动另一台风扇2的叶片旋转,也就是通过空气来实现转矩

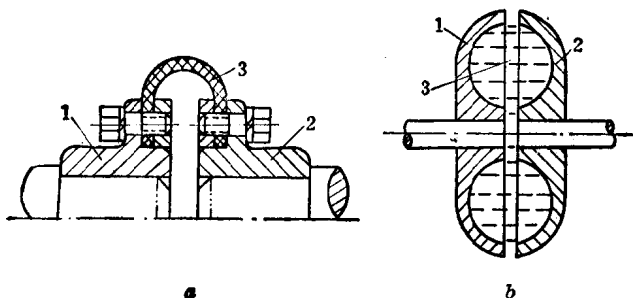


图 1 挠性联轴器和液力联轴器的比较

a-挠性联轴器；b-液力联轴器

的传递(图 2, a)。不过,空气很轻,吹风的力量是很小的,如果真采用这种空气“键”来设计一个传动装置,尺寸将是很大的。据估算,如用转速为 1450 转/分的电动机来传递 40 瓩的功率,这种风力联轴器的直径将达 1.6 米,比同功率电动机的直径要大好几倍。这是不可能实际应用的。假如将风扇置于水中(图 2, b),由于水的重量约为空气的 1000 倍,因此同一个装置所产生的液流,其冲击力也约为气流的 1000 倍。据估算,传递上述功率的水力联轴器的直径约为 0.4 米,即

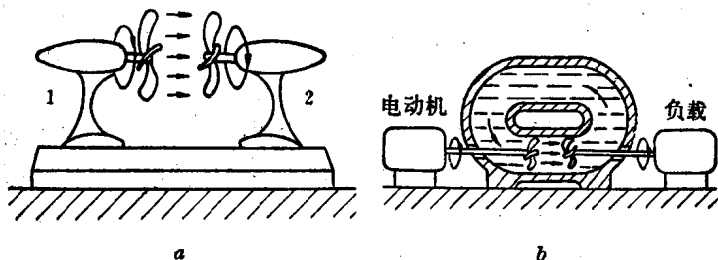


图 2 液力联轴器的工作原理示意图

a-用空气传递转矩；b-用水传递转矩

相当于风力联轴器的 $1/4$ 。由此可见，利用液体的冲击力来进行传动是切实可行的。

从历史上看，液力联轴器也是从离心泵和涡轮机的工作原理中得到启发而创制出来的。图3是液力传动工作原理。发动机1带动离心泵，工作轮2就通过进水管11从水槽10中吸水。经过离心泵增压的水，由管路3输入水轮机冲动涡轮7，从而驱动负载(螺旋推进器)6。高压水通过涡轮后的压力降低，经尾水管9流回水槽中。这样，离心泵和水轮机便组成一个传动装置。其中，离心泵将输入的机械功转换为液体的能量，而水轮机则将液体的能量还原为机械功输出。就原理来说，离心泵和水轮机是一样的，只是两者的进水口和出水口互相交换而已。这种传动方式对于有离心泵操作经验的工人是很容易理解的。同理，水泵在运转时，如将同一网路

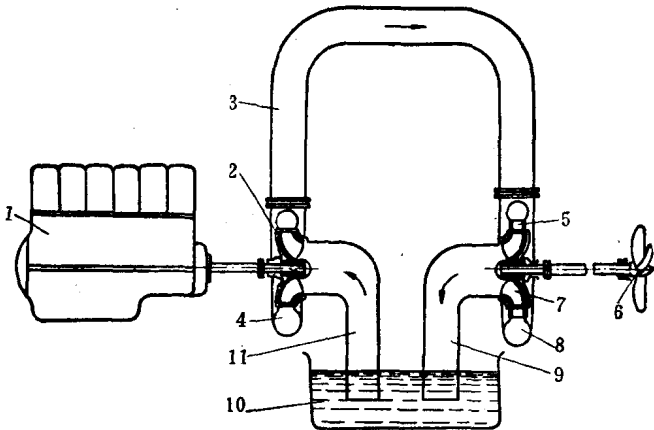


图3 液力传动原理示意图

1-发动机；2-离心泵工作轮；3-连接管路；4-离心泵涡壳；5-导水管；6-螺旋推进器(负载)；7-水力涡轮；8-水轮机涡壳；9-水轮机尾水管；10-水槽；11-离心泵进水管

中另一台未开动的水泵的出口闸门打开，该水泵将因高压水倒灌而转动。

然而，由离心泵和水轮机组成的传动系统的效率是很低的。因为，即使是先进的离心泵，其效率也不过85%左右。两台离心泵串联的效率为 $0.85 \times 0.85 \approx 0.72$ 。假定连接管路中的功率损失为3~5%，该传动系统的总效率将低于70%。这显然不能采用，何况这种传动系统是笨重、庞大的。为此，人们经过了一系列改革，将功率损失较大的涡壳4、8和导水轮5取消，并将工作轮2、7尽量靠拢，以使管路缩到最短。这样便得到了效率高达95~98%的液力联轴器。

图4是一种原始液力联轴器的结构型式；1、2是工作轮，3是外壳，其特点是工作轮具有心环4。两工作轮的心环合在一起，形状象一个轮胎。心环是由水泵工作轮演变过来的，后来的实践证明，心环是多余的，因此在设计时就多被取消了，但老式结构中仍有保留心环的。取消心环不仅对液力联轴器的工作没有不良影响，且使工作轮的结构工艺性能得到改善，并为后来安全型液力联轴器的发展解除了束缚。

现在我们已得到一个初步认识，即液力联轴器虽然与一般联轴器有一些共同点，但由于连接两工作轮的是液体“键”，确切地说是液体动力“键”，因而其结构与一般联轴器是很不相同的。液体动力“键”容许主、从动轮之间有滑差，这是液力联轴器与一般联轴器的本质差别。以后将看到，正是由于主、从动轮之间可以打滑，液力联轴器才具有一些重要的优点和用途。可想而知，液力联轴器有其特殊的用途，并不是用来取代一般联轴器的。

正因为液力联轴器不能补偿电动机轴与负载轴间的错位，在应用液力联轴器时，一般仍须采用弹性或挠性联轴器。

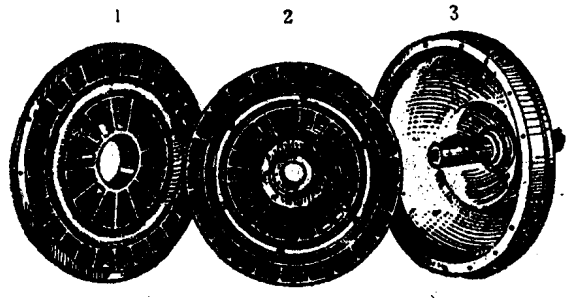
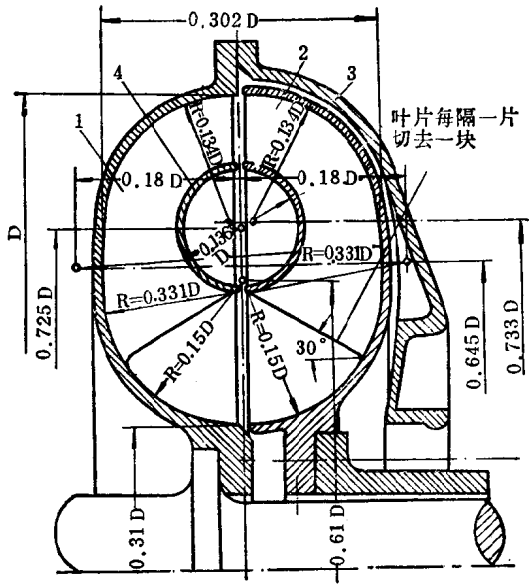


图 4 一种原始型液力联轴器的断面几何形状

第二节 传动原理

液力联轴器由工作轮1、2，外壳3，出轴4，轴承5，密封6等零件构成(图5,a)。在液力联轴器中充有工作液体(矿物油)。和电动机轴连接的工作轮1，其功用是将输入

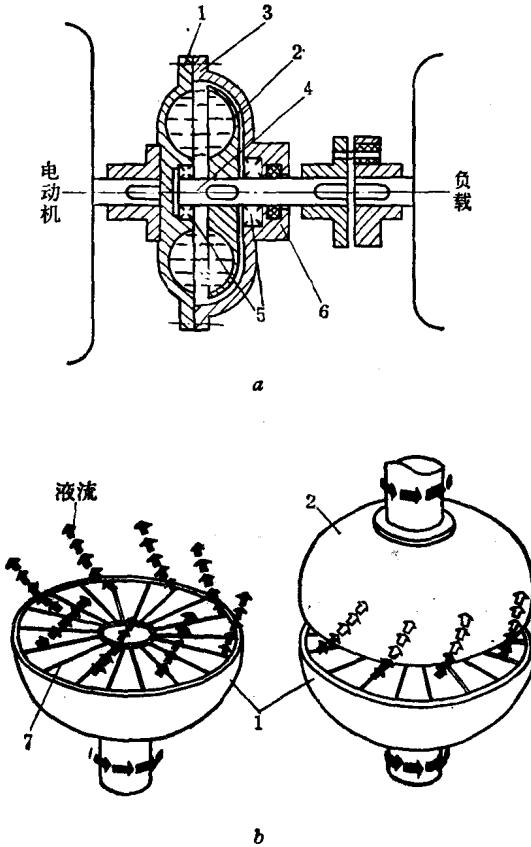


图5 液力联轴器的基本结构

的机械功转换为工作液体的动能，即相当于离心泵工作轮，称为泵轮。工作轮 2 的作用相当于水轮机工作轮，称为涡轮，它将工作液体的动能还原为机械功，并通过出轴 4 驱动负载。外壳 3 与泵轮连接形成容纳工作液体的“容器”。用密封 6 防止工作液体从出轴间隙泄漏。泵轮和外壳等构成液力联轴器的主动转子；涡轮和出轴等构成从动转子。从动转子通过两个滚动轴承 5 支承于主动转子内。

在两个工作轮的环状腔室即工作室中，具有很多通常位于轴面上的平面叶片 7（图 5, b）。电动机带动泵轮时，其中的工作液体跟随叶片一道旋转，形成一股液流；这股旋转液流即冲动涡轮旋转，于是便实现了从泵轮到涡轮的液体动力传动。

环流转矩是怎么产生的呢？

泵轮旋转时，其中的工作液体被叶片夹持旋转而产生离心压力，造成箭号所示的环流（图 6, a）。涡轮旋转时，其中的液体产生对抗此环流的离心压力。只要泵轮转速 n_1 大于涡轮转速 n_2 ，环流总是存在的。因此工作液体作复合运动：一面作圆周（牵连）运动，一面作环流（相对）运动。实际上，液流如同绕在轮胎上的绳索 3 一样（图 6, b）。

因为泵轮转速 n_1 大于涡轮转速 n_2 ，工作液体即将进入泵轮时的圆周速度等于涡轮出口 2 的圆周速度 u_2 ，但小于泵轮进口 1' 的圆周速度 u_1' （图 6, a）。因此，液体进入泵轮时便在叶片正面（向着旋转方向的一面）的压迫下突然加速（圆周速度增大 $\Delta u'$ ），而液体则以圆周（切向）惯性力 F_1 （图 6, c）反方向冲击叶片的正面。由于环流在泵轮中的方向是离心的，液体在进入泵轮后继续不断地获得圆周加速度，而在整个泵轮流程中，连续以逆旋转方向的圆周惯性力 P_1 冲击着叶

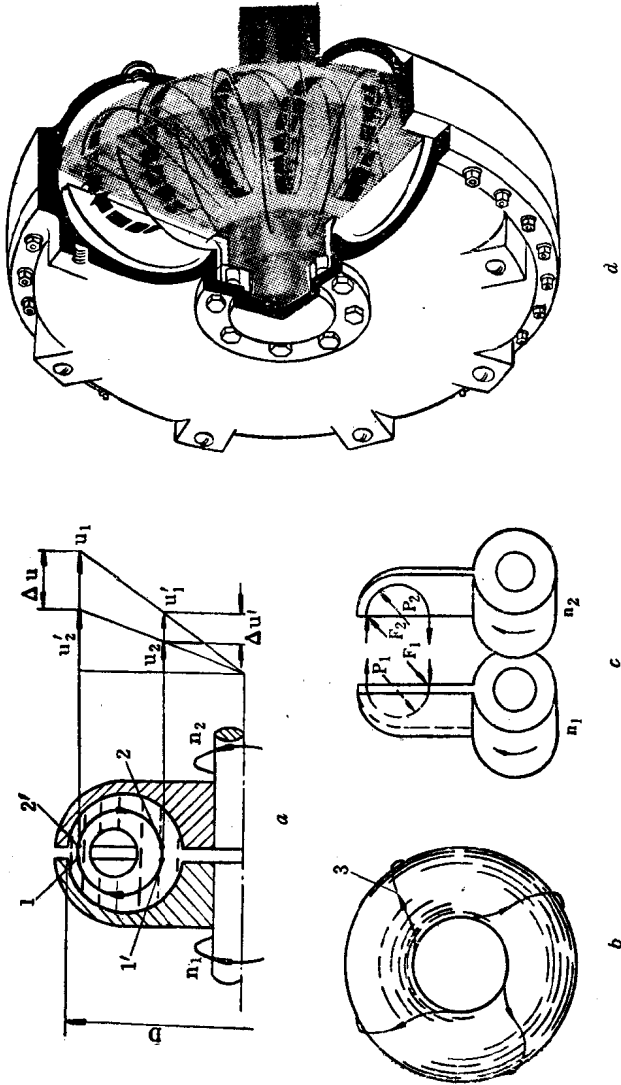


图 6 环流转矩的产生原理

片。电动机的转矩即用于平衡泵轮中液流的这种圆周动压力 (F_1, P_1) 所形成的转矩。电动机的输出功率除去损失部分之外, 其有效部分主要即耗于泵轮中液流的加速。

工作液体由泵轮出口 1 流出时的圆周速度 u_1 大于涡轮进口 2' 的圆周速度 u_2' , 因此当它进入涡轮时便在叶片的作用下突然减速 (减小 Δu), 而液体则以顺旋转方向的圆周惯性力 F_2 冲击叶片的背面。由于环流的方向在涡轮中是向心的, 因此在整个涡轮的流程中液体在叶片的强制下不断地减速, 即以其圆周惯性力 P_2 连续冲击叶片的背面。液流的动压力 F_2, P_2 就形成驱动负载的涡轮转矩, 称为环流转矩。

工作液体在液力联轴器中的运动轨迹见图 6, d 。

由此可以归纳出工作液体与叶片相互作用的规律: 以电动机旋转方向为正方向, 当泵轮转速 n_1 大于涡轮转速 n_2 时, 在旋转叶片栅中的离心液流产生负转矩, 向心液流产生正转矩。

第三节 转矩公式

上一节讨论了产生环流转矩的力学过程, 下面导出它的方程式。

如上所述, 工作液体在液力联轴器中作复合运动: 一面作牵连 (圆周) 运动, 一面作相对运动。

泵轮的叶片一般是位于轴面上的平面叶片。因此, 工作液体的相对运动就是环流运动。

如图 7, a , 液体的绝对速度

$$\bar{V} = \bar{u} + \bar{W}$$

式中 \bar{u} —— 牵连 (圆周) 速度;
 \bar{W} —— 相对速度。

这个由牵连速度、相对速度及绝对速度构成的三角形称为速度三角形。由于叶片一般为径向(即位于轴面上的平面)叶片,因此 $\bar{w} \perp \bar{u}$, 即速度三角形为直角三角形。图7, b是泵轮出口1和涡轮出口2的速度三角形。

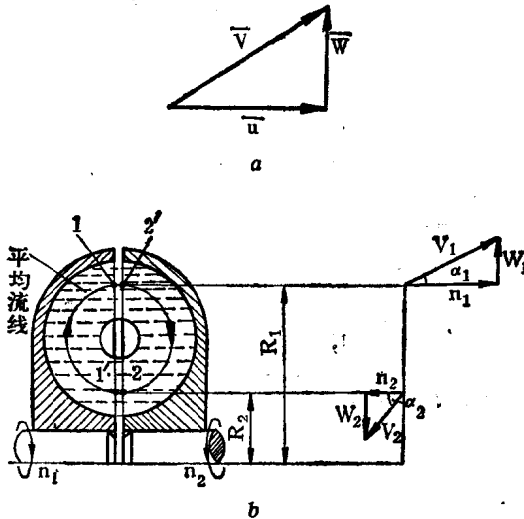


图7 工作轮出口的速度三角形

R_1 -泵轮出口的平均半径; R_2 -涡轮出口的平均半径; u_1 -泵轮出口的圆周速度; w_1 -泵轮出口的相对速度; v_1 -泵轮出口的绝对速度; u_2 -涡轮出口的圆周速度; w_2 -涡轮出口的相对速度; v_2 -涡轮出口的绝对速度

由动量矩定理可导出环流转矩方程

$$\begin{aligned} M_{\text{环}} &= Q\rho\omega_i(R_1^2 - R_2^2i) \\ &= Q_m\omega_i(R_1^2 - R_2^2i) \end{aligned} \quad (1)$$

或

$$M_{\text{环}} = Q_m(R_1u_1 - R_2u_2) \quad (1')$$

式中

Q ——环流的体积流量;

Q_m ——环流的质量流量;

ρ ——工作液体的密度；

ω_1 ——泵轮角速度。

式(1)和式(1')适用于轴面上的平面叶片结构。

由式(1)可知，当 ω_1 、 i 和 Q_m 一定时，环流转矩仅取决于工作轮出口半径，而与工作轮进口半径等参数无关。现以减小涡轮半径为例来解释这个问题。涡轮半径减小时，涡轮进口圆周速度 u_2' 相应减小，而泵轮和涡轮的出口圆周速度 u_1 、 u_2 不变(图8)。这时，液流在涡轮进口处的圆周速度降 $\Delta u_1(u_1 - u_2')$ 增大，而涡轮进出口圆周速度降 $\Delta u_2(u_2' - u_2)$ 减小；即液流对叶片端部的冲击增大，对叶片背面的冲击减小。但 Δu_1 和 Δu_2 改变量的绝对值相等，液流通过涡轮时总的圆周速度降 Δu 保持不变，即 $\Delta u = \Delta u_1 + \Delta u_2 = u_1 - u_2$ 。因此，总的环流转矩不受涡轮半径变化的影响。这是在 Q_m 一定的条件下得出的结论。实际上，

改变与工作室有关的工作轮的任何尺寸，都或多或少地使流道断面积、流道阻力及惯性液流(参阅第三章)等发生变化。也就是说，工作轮进口半径及其它尺寸对环流转矩的影响，已包含在式(1)的 Q_m 中。

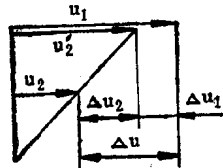


图8 涡轮中的圆周速度降

环流转矩随泵轮出口半径的增大而增大。一般将泵轮的最大有效直径(即叶片的最大直径)作为液力联轴器的特征尺寸，称为作用直径。图9是各种条件下的作用直径 D 。

液力联轴器的传动转矩，实际上包括环流转矩、液体摩擦转矩和轴承及密封摩擦转矩等三部分。

1. 轴承及密封摩擦转矩

轴承及密封摩擦转矩一般不超过总传动转矩的1%，因