

液力偶合器技术及应用资料

广东省技术推广站 编印
中德合资福伊特中兴液力传动有限公司

一九九五年十一月

目 录

一、前言	(1)
二、液力耦合器技术	(2)
(一) 液力耦合器概况	(2)
(二) 限矩型液力耦合器技术	(7)
1. 基本原理	(7)
2. 组成结构	(10)
3. 应用范围	(10)
(三) 调速型液力耦合器技术	(11)
1. 基本原理	(11)
2. 组成结构	(15)
3. 应用范围	(15)
4. 调节风机、泵类流量	(15)
三、液力耦合器应用情况	(20)
(一) 限矩型液力耦合器	(20)
1. 节电效果	(20)
2. 应用实例	(20)
(二) 调速型液力耦合器	(22)
1. 节电效果	(22)
2. 应用实例	(22)
3. 水泥行业应用液力耦合器	(44)
四、应用液力耦合器应注意的问题	(50)

前 言

我国的工农业生产中拖动设备的用量大、耗电高，“大马拉小车”的现象较普遍，特别是一部分机电设备如风机、水泵类耗电更为突出。如果在这些设备上使用节电的传动装置，将会产生明显的社会效益。

液力偶合器作为一种高效节电的柔性传动装置已被广泛应用在国民经济各个部门，由于它能适用于大功率高转速的工况，又具有节电、改善工艺条件等优点，八十年代后液力偶合器较快地进入了我国电力、化工、石油、冶金、采矿、国防、纺织、建材、轻工及农业等生产部门，取得了显著的效益。

我省中外合资福伊特中兴液力传动有限公司已研制生产出规格齐全的液力偶合器产品，并按德国Voith公司图纸资料生产出口，具有较大的生产规模，为在我省大面积推广这项技术创造了条件。为了配合省经委、省三电办积极做好液力偶合器的推广使用工作，我们根据《广东省节约用电管理实施办法》中关于液力偶合器应用的规定，将液力偶合器的技术原理及应用实例等资料汇编成册，供有关技术人员学习参考。本资料技术部分由福伊特中兴液力传动有限公司提供，应用实例由李艳芳高级工程师等收集整理，另外部分应用工厂、企业也为推广应用这一成熟技术提供了大量的技术资料和数据，在此一并表示衷心的感谢。还希望各应用单位的工程技术人员能及时将应用情况向我们反馈，以便更好地总结经验，使液力偶合器在更多的适用设备中得到推广应用。

参加编写的工作人员有：李艳芳、叶国强、刘东华等。

广 东 省 技 术 推 广 站

中德合资福伊特中兴液力传动有限公司

一九九五年十一月

液力耦合器技术

一、液力耦合器概况

液力耦合器是液力传动元件，包括有限矩型、调速型、液力耦合器传动装置、液力减速器，在这里我们只着重介绍限矩型（Y O X）和调速型（Y O T）液力耦合器的有关技术。

（一）传动的种类：

一切已经发展和定型的机器，都由三个根本不同的部分——发动机、传动机构和工作机构构成，缺一不可。

传动机构是现代机器的重要而不可缺少的组成部分，它除用来传递动力外，还可调节或变换发动机的性能，以满足工作机的各种要求。

现有传动机构按其传递能量的方式大致分为三种型式：

1. 机械传动； 2. 电力传动； 3. 流体传动。

流体传动包括液压传动、液力传动、液体粘性传动三大类：

（1）液压传动——凡是主要依靠工作液的压能（ p/r ）的变化来传递或变换能量的液体元件称液压元件。如：液压泵和液压马达等。传递系统中有一个以上环节是采用液压元件来传递动力时，称做液压传动。

（二）液力传动——凡是主要依靠工作液的动能（ $V^2/2g$ ）的变化来传递或变换能量的液体元件称为液力元件。如：各种型式的液力耦合器、变矩器、液力减速器等。在系统中若有一个以上的环节是采用液力元件来传递动力的叫做液力传动。

（3）液粘传动——液体内摩擦定律基础上，依靠在两片有相对速度差的平行平板内粘性液体的速度梯度，由液体层间内摩擦剪切力来传递动力和调节速度。如液粘离合器（液粘调速器）就起源于湿式摩擦离合器的基础上，美国道奇公司生产的CST装置就属这类传动原理。

（二）液力传动的发展和应用

液力传动在外国于1905年就进入现代化机器，因为它能适用于大功率高转速的工况，效

率高，又有较高的经济性，使用可靠，使它能在很多机械中迅速地取代了机械、电气传动而进入各个工业部门。如起重运输机械、冶金矿山机械、电力设备、船舶工业、交通运输机械、化工机械、建筑、建材机械、食品机械、纺织机械、工程机械、游乐机械等设备。

目前世界上较有名的液力机械生产厂家有：德国的 VOITH 公司，年产 3 万台，英国 FUIDRVE 公司、美国 ALLISOH 公司、日本三菱公司等，年产量也逾万台。

据英国液力驱动公司统计，偶合器在国民经济各部门使用数量占总数量的百分比是：

矿 山	钢铁工业	石油化工	发 电 厂	船 舶	其它工业
40%	11.98%	7.92%	11.96%	8.6%	19.44%

各工作机应用液力偶合器的百分比是：

带式运输机	泵 类	风 机	绞 车	破碎机、研磨机、提料机	船 舶	其 它
34.35%	16.8%	13.05%	8.06%	7.91%	5.27%	14.56%

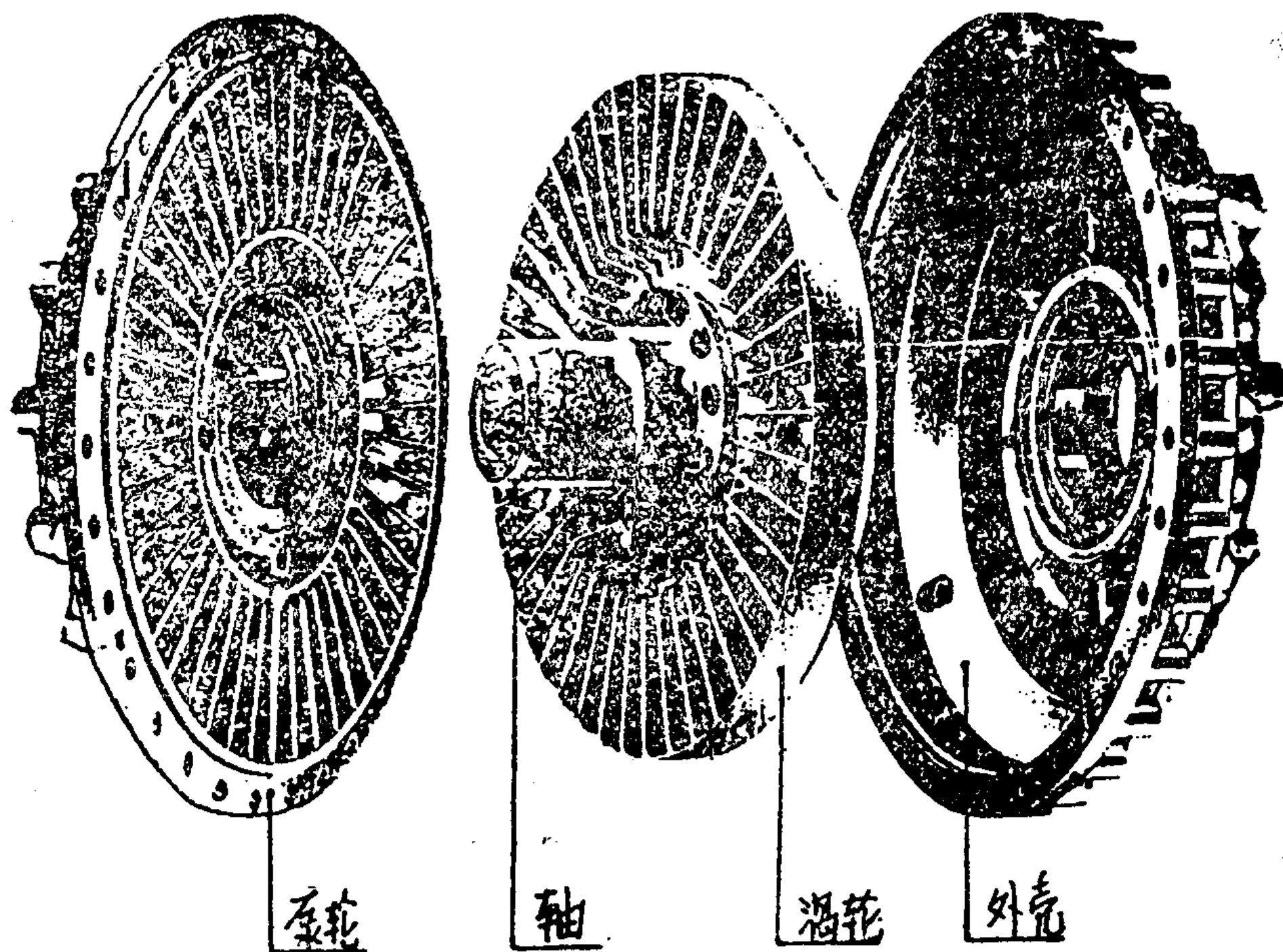
液力传动在我国始于1958年，开始多用于煤矿的刮板输送机上。但由于液力传动有其独特的优点，所以发展得很快，特别自1980年后，以较快速度进入上述的各个机械行业领域。目前全国也有大小20多家生产液力机械的专业厂，但有较大规模的，全国只有5、6家。广东福伊特中兴公司生产的YOX系列限矩型液力偶合器有19个基本规格，165个品种；YOT系列调速型液力偶合器有两个种类共23个规格，产品除供国内使用外，还出口至巴基斯坦、菲律宾、马来西亚、泰国、澳大利亚、新加坡、香港、台北等国家和地区。在同行业中产品规格属较齐全、产品质量较好的厂家，特别是与世界上最大最有实力的德国Voith公司合资后，无论技术、设备、管理都有更大的发展和更高的水平。

（三）液力偶合器的基本知识

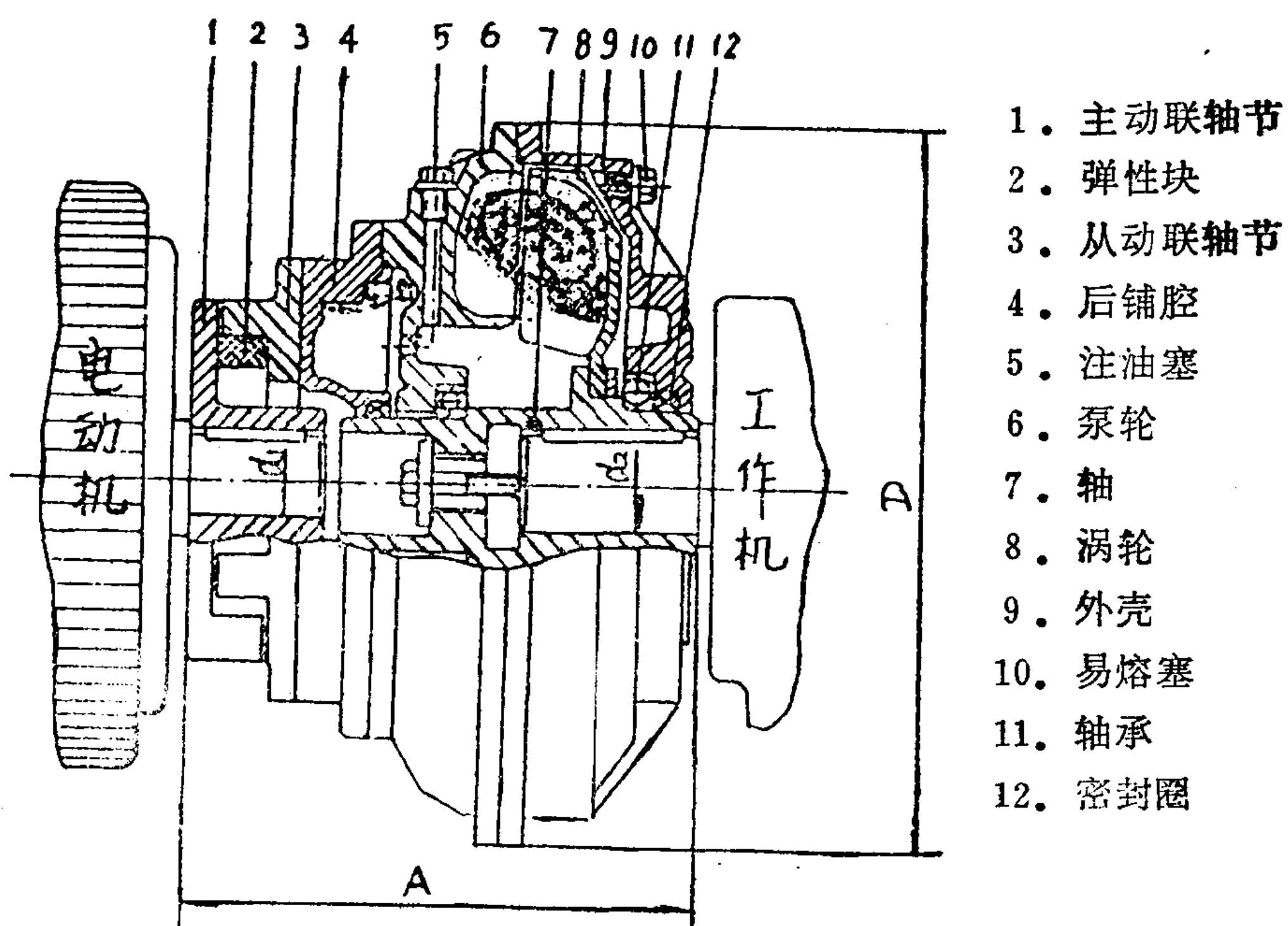
液力偶合器是一种应用很大的传动元件，它置于动力机与工作机之间，起传递动力之用，具有一般联轴器没有的特点，如：改善电动机起动性能，过载保护、功率平衡、无级调速等，所以按国标GB 5837—86的规定，称为液力偶合器。

1. 液力偶合器的系列化

按〔GB 5837—86液力偶合器型式和基本参数〕规定以其工作叶轮的有效直径D大小分成以下的规格，单位mm，共有23种。125、140、160、180、200、220、250、280、320、360、400、450、500、560、650、750、875、1000、1150、1320、1550、1800、2060。



图一 YOX限矩型液力耦合器主要结构分解图



图二 YOX限矩型液力耦合器结构简图

有时也按用户要求进行非标设计。

2. 液力耦合器的分类

限矩型液力耦合器 (安全型、常充型)	{	单腔外轮驱动型 (yox)
	{	单腔内轮驱动型 (yoxn)
	{	双腔外轮驱动型 (yoxs)
	{	双腔内轮驱动型 (yoxsn)
	{	带制动轮外轮驱动型 (yoxz)
	{	带制动轮内轮驱动型 (yoxnz)
调速型液力耦合器	{	出口调节箱体式 (yoTcs)
	{	出口调节箱座式 (yoTck)

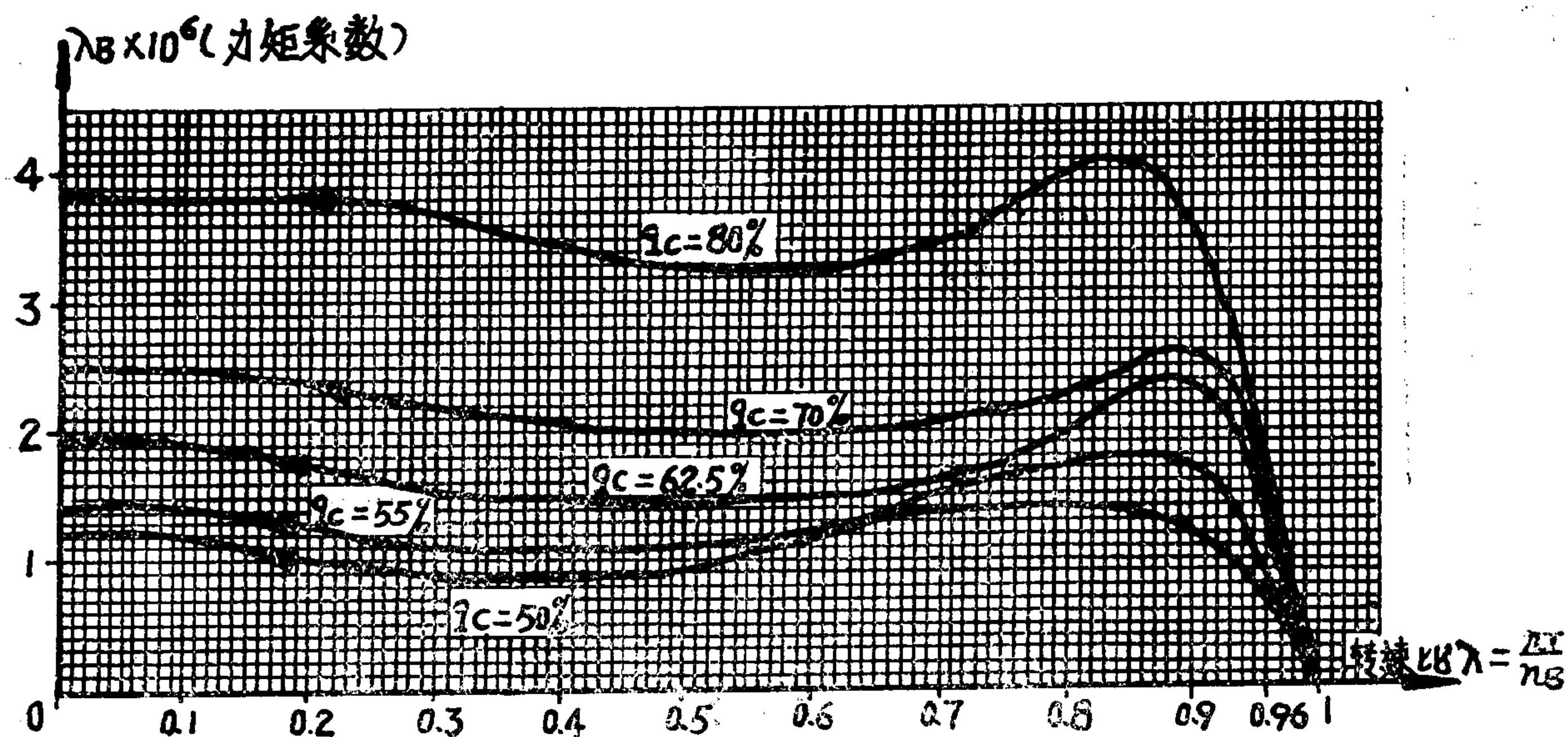
4. 液力耦合器的基本性能参数:

yox系列限矩型 液力耦合器原始特性曲线 (图三)

充油率: $q_c = 80\%, 70\%, 62.5\%, 55\%, 50\%$

工作介质: 20# 汽轮机油, 油的重度: $\gamma = 830 \text{ kg/m}^3$ (75℃时)

试验温度: $T = 70^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$



(图三)

(1) 额定力矩系数 λ_B (min^2/m)

λ_B 是表示液力偶合器传递力矩大小的能力，与偶合器设计的腔型结构有关，液力偶合器传递力矩（功率）的计算公式：

$$M = \lambda_B \cdot \gamma \cdot n_B^2 \cdot D^5 \dots\dots\dots (1)$$

$$N = \lambda_B \cdot \gamma \cdot n_B^3 \cdot D^5 / 975 \dots\dots\dots (2)$$

式中：M——泵轮从动力机上取得的额定力矩，即偶合器能传递的力矩（Kgf·m）

N——偶合器传递的功率（KW）

λ_B ——偶合器的力矩系数（min²/m）

γ ——工作液的重度（kg/m³，工作液为20#透平油时，为860Kg/m³）

n_B ——泵轮的转速，亦即原动机输入偶合器的转速（rpm）

D——偶合器叶轮有效直径（m）

（2）滑差 S（%）

$$S = (n_B - n_T) / n_B \dots\dots\dots (3)$$

式中： n_T ——涡轮转速，即偶合器输出转速（rpm）

（3）效率： η

$$a) \text{ 限矩型偶合器的效率: } \eta = 1 - S = n_T / n_B = i \dots\dots\dots (4)$$

b) 调速型偶合器的效率： η_s

在这里必须指出的是，调速型偶合器与透平式风机，水泵匹配使用时，任意点转速下损失的效率的相对值并不等于该工况的转速比，这点与限矩型偶合器对恒力矩载荷匹配使用时的效率概念 $\eta = i$ 的规律不同，调速型液力偶合器在低转速比时，虽然效率低，但由于输入功率小，使其损失功率相对来说也是很小的，最大损失功率发生在 $i = 0.66$ 点，其值 $N_s = 0.148 N_e$ 。

对于调速型液力偶合器，必须引入一个“相对效率”的概念。

$$\eta_s = (i^2 - i^3) / i e^3 \dots\dots\dots (6)$$

$$N_s = (i^2 - i^3) \cdot N_e / i e^3 \dots\dots\dots (7)$$

式中： η_s ——调速型偶合器相对效率

N_s ——任意工作点的损失功率（KW）

N_e ——额定功率（KW）

i ——任意工况点转速比

$i e$ ——额定点转速比 $i e = 0.97$

(4) 转速比: i

$$i = n_T / n_B = \eta = 1 - S \quad \dots\dots\dots (8)$$

(5) 波动比: e

$$e = M_{\max} / M_{\min} = \lambda_{B\max} / \lambda_{B\min} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中: $M_{\max}$ ——为限矩型耦合器原始特性曲线中 $i = 0 \sim 0.9$ 平缓部分的最大力矩值。

$M_{\min}$ ——为限矩型耦合器原始特性曲线中 $i = 0 \sim 0.9$ 平缓部分的最小力矩值。

(6) 过载系数 T_g

$$T_g = M_{\max} / M_e = \lambda_{B\max} / \lambda_B \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中 M_e ——为耦合器的额定力矩值 ($Kgf \cdot m$)

过载系数分起动过程中过载分数, $T_{g起} = 1.4 \sim 1.8$; 制动过程中过载系数, $T_{g过} = 2 \sim 2.5$

(7) 导管开度 $K\%$

是调速型耦合器导管运动行程与导管全行程的比值。 K 值越大, 耦合器的工作腔内充油量越多, 输出的转速和力矩越大。

(8) GB 5837—86〔液力耦合器型式和基本参数〕的规定值

规格型号	泵轮力矩系数 λ_B	滑 差 S	效 率 η	过载系数 T_g	波动比 e
YOX 限矩型	充液率 $q_c = 80\%$ 时 $\geq 1.6 \times 10^{-6}$	$\leq 4\%$	≥ 0.96	$T_{g起} = 1.4 \sim 1.8$ $T_{g过} = 2 \sim 2.5$	≤ 1.6
YOT 调速型	导管开度 $K = 100\%$ 时 $\geq 1.7 \times 10^{-6}$	$\leq 3\%$	≥ 0.97	—	—

表中: $q_c = q / q_0$, q_c —充液率, q ——实际充液量, q_0 ——总充液量,

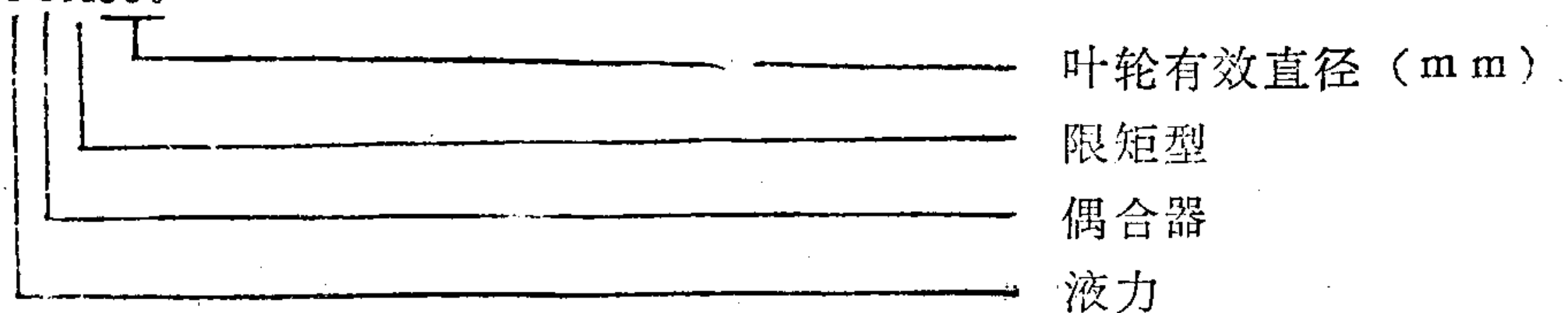
λ_B , S , η 之值为额定工况点之值。

二、限矩型 (YOX) 液力耦合器技术

(一) 基本原理

1. 代号的含义

YOX560



2. 工作原理 (以Y O X限矩型结构为例, 图一、图二)

液力耦合器主要由泵轮和涡轮、外壳、主轴等构件组成, 输入轴和泵轮联接, 输出轴与涡轮联接, 泵轮与涡轮均为具有径向叶片的叶轮。由其叶片的凹腔部分所形成的园环状腔为工作腔, 供工作液在其中循环流动, 传递力矩。

其工作原理是: 耦合器的泵轮从原动机中得到能量, 在离心力的作用下, 工作油被迫向泵轮外缘流动, 使工作油的速度、压力增大, 这样就把泵轮得到的机械能变成液体能量, 当工作油沿着涡轮叶片间流道流动时, 推动涡轮叶片转动, 涡轮又把工作油的能量变成机械能输出, 带动工作机工作, 就这样不断循环, 实现了能量的传递。

举个简单的例子, 把两个电风扇相对靠得很近, 其中一台接通电源, 另一台不通电, 当接通电源的一台转动时, 产生的风量就会带动另一台风扇转动, 接通电源的风扇相当于耦合器的泵轮, 另一台相当于涡轮, 空气相当于工作油。

3. 限矩型液力耦合器的种类:

(1) Y O X型 (基本型、单腔型外轮驱动式) 图四

(2) Y O Xs (双腔型外轮驱动式) 图六

该种结构适于安装在: 安装中心低, 传递功率又较大的设备上。Y O Xs传递功率比同一规格的单腔型耦合器大一倍。

(3) Y O Xn (单腔型内轮驱动式) 图五

该种结构带有一皮带轮, 通过皮带与工作机的从动皮带轮联接。

(4) Y O Xsn (双腔型内轮驱动式) 图七

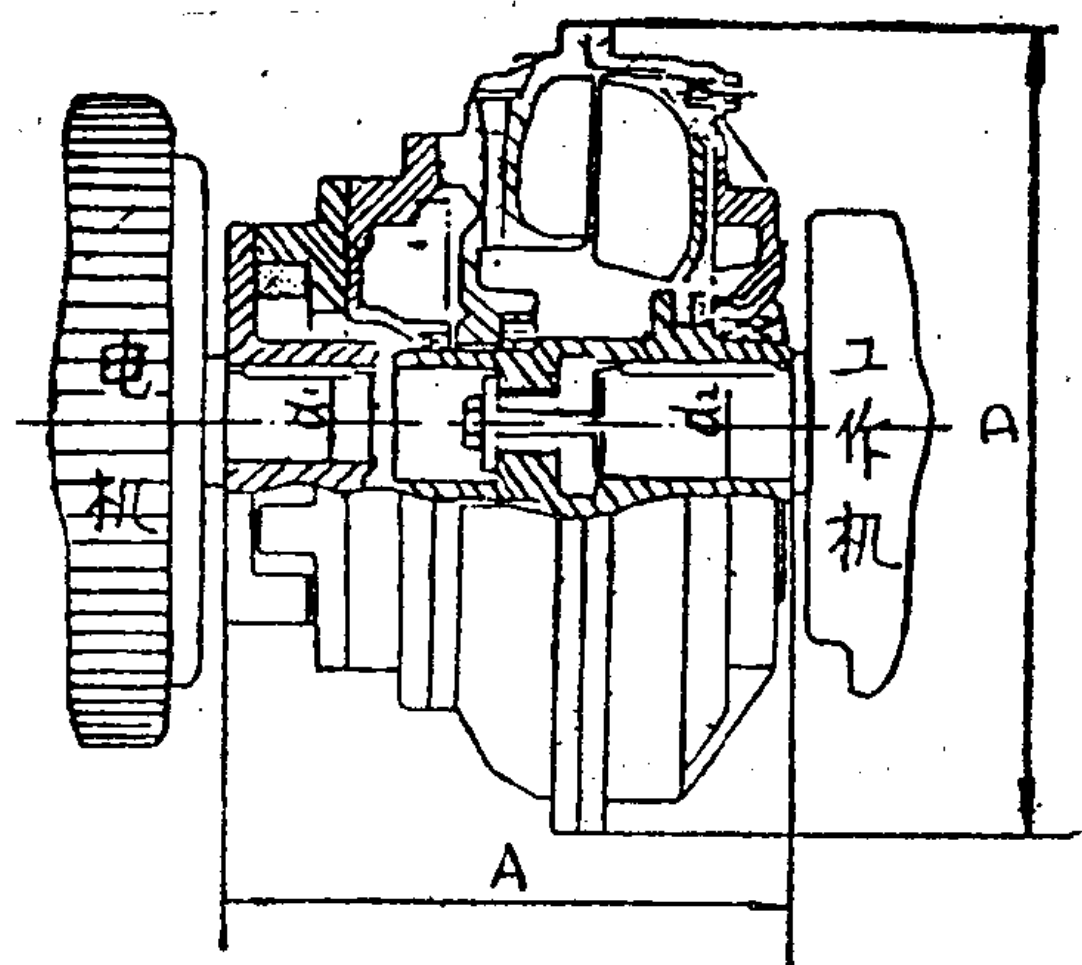
(5) Y O Xnz (单腔型内轮驱动式, 带制动轮) 图八

该种结构适用于带有制动结构的设备上, 对使用垂直轴减速器的高强度胶带输送机和大倾角上行胶带输送机的驱动单元尤为适用。可以使结构简单紧凑。

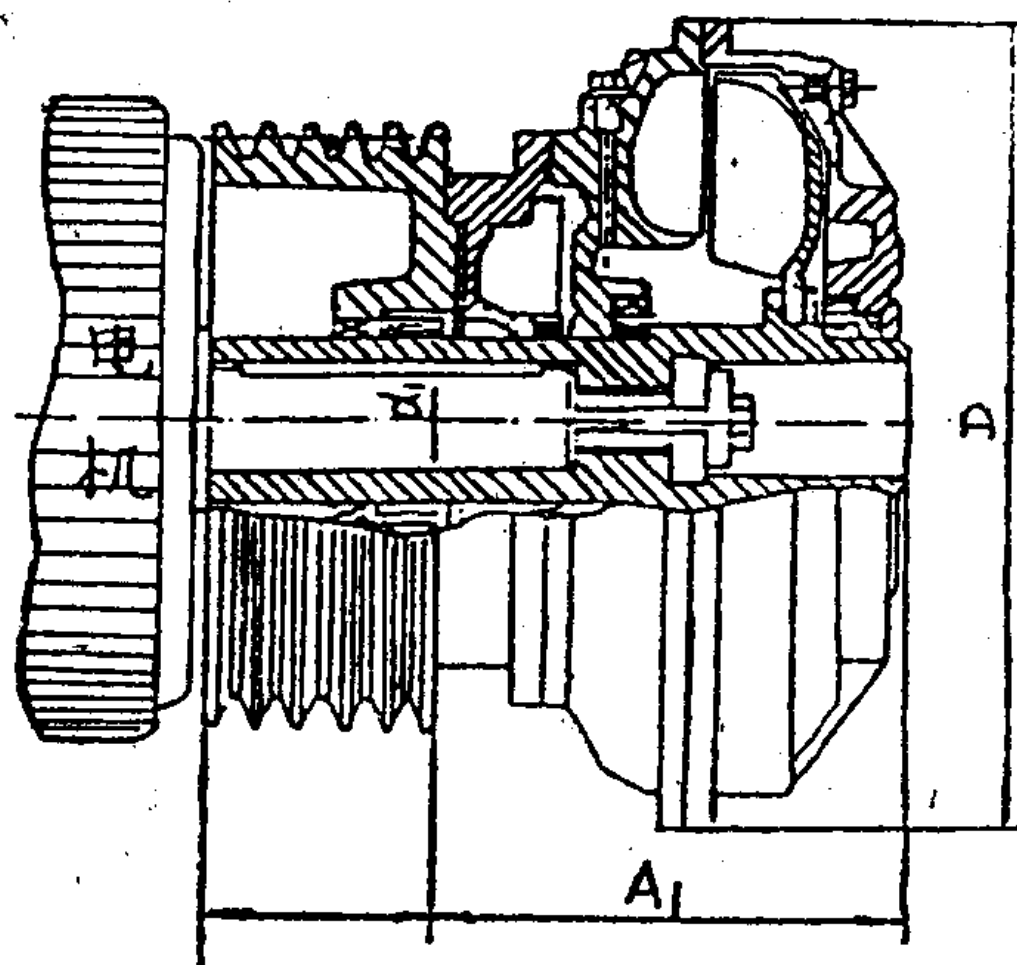
4. 限矩型液力耦合器的优点:

(1) 提高鼠笼式电机的起动能力, 利用电机尖峰力矩作起动力矩。

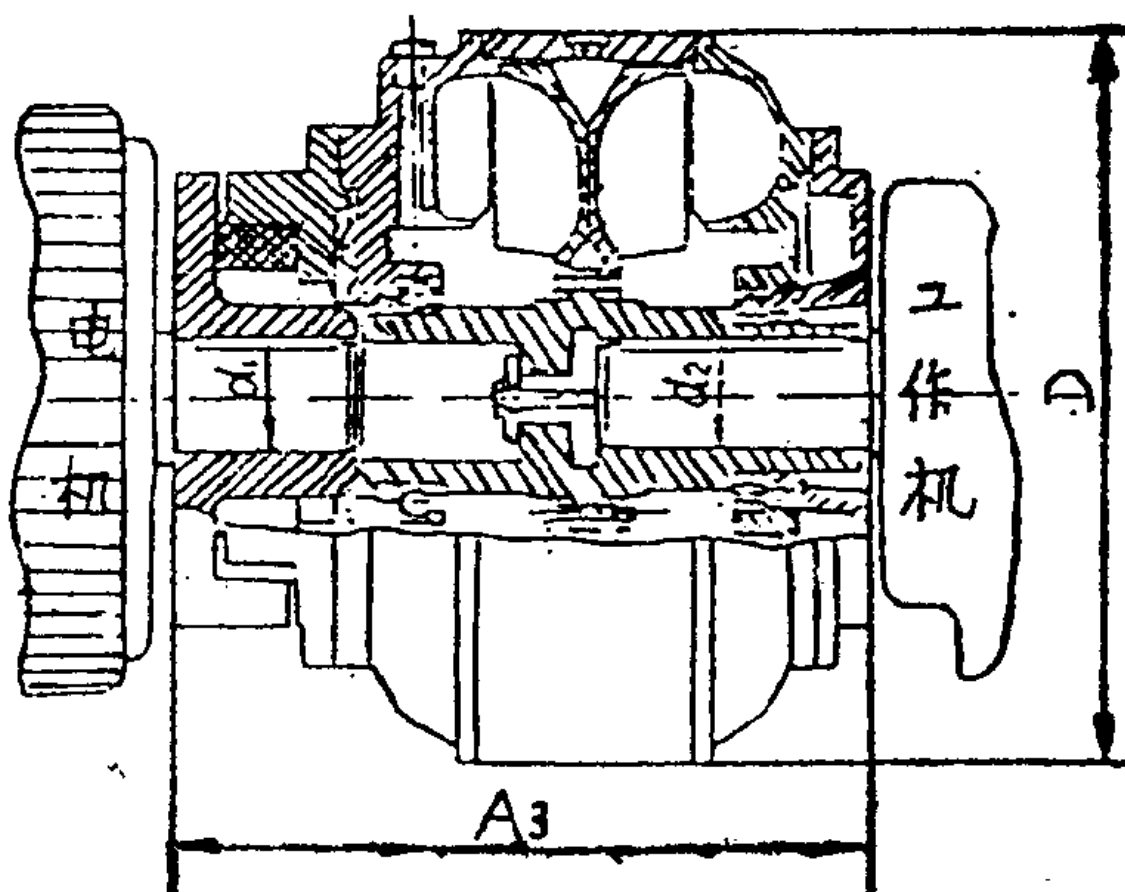
图四 YOX型



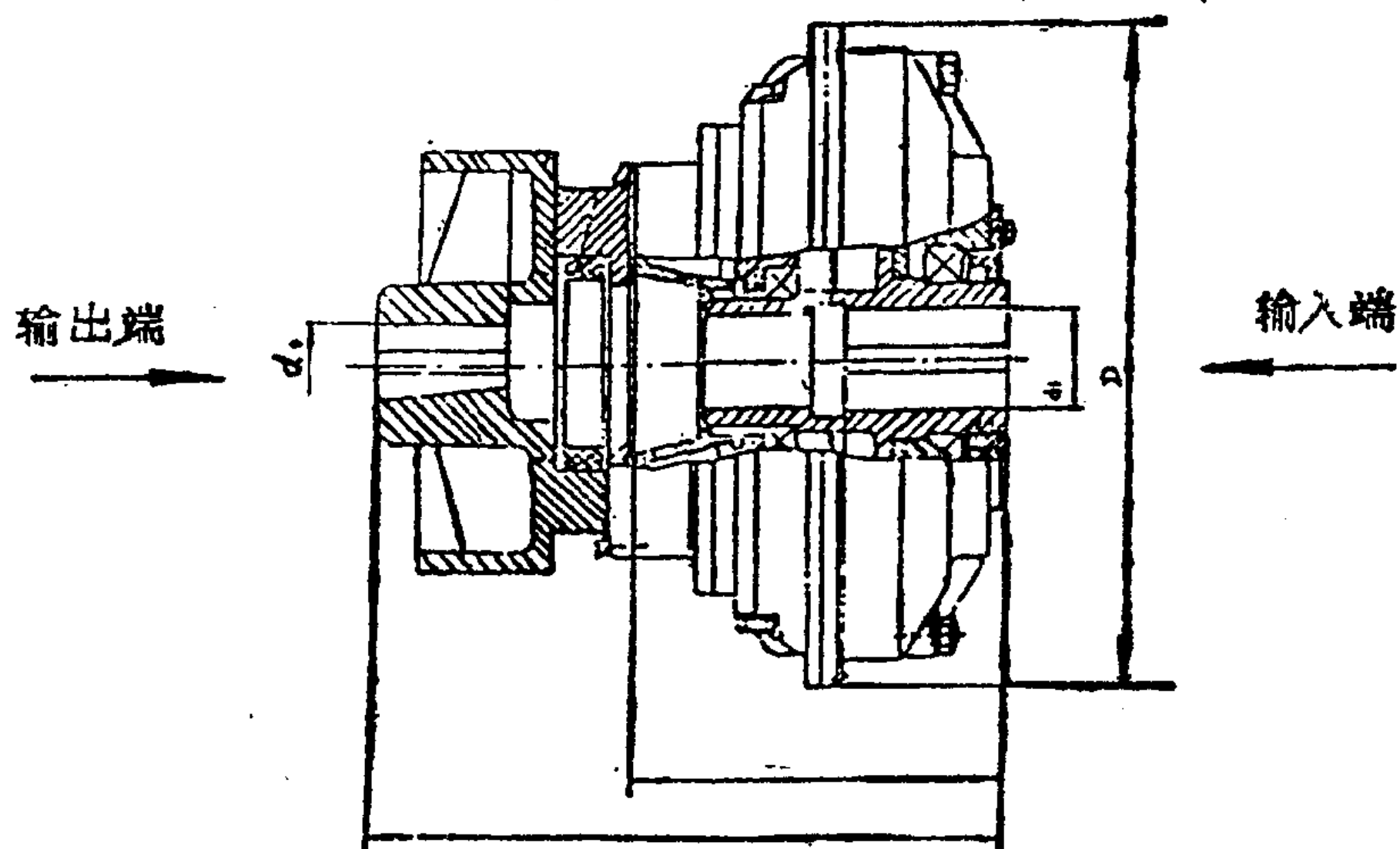
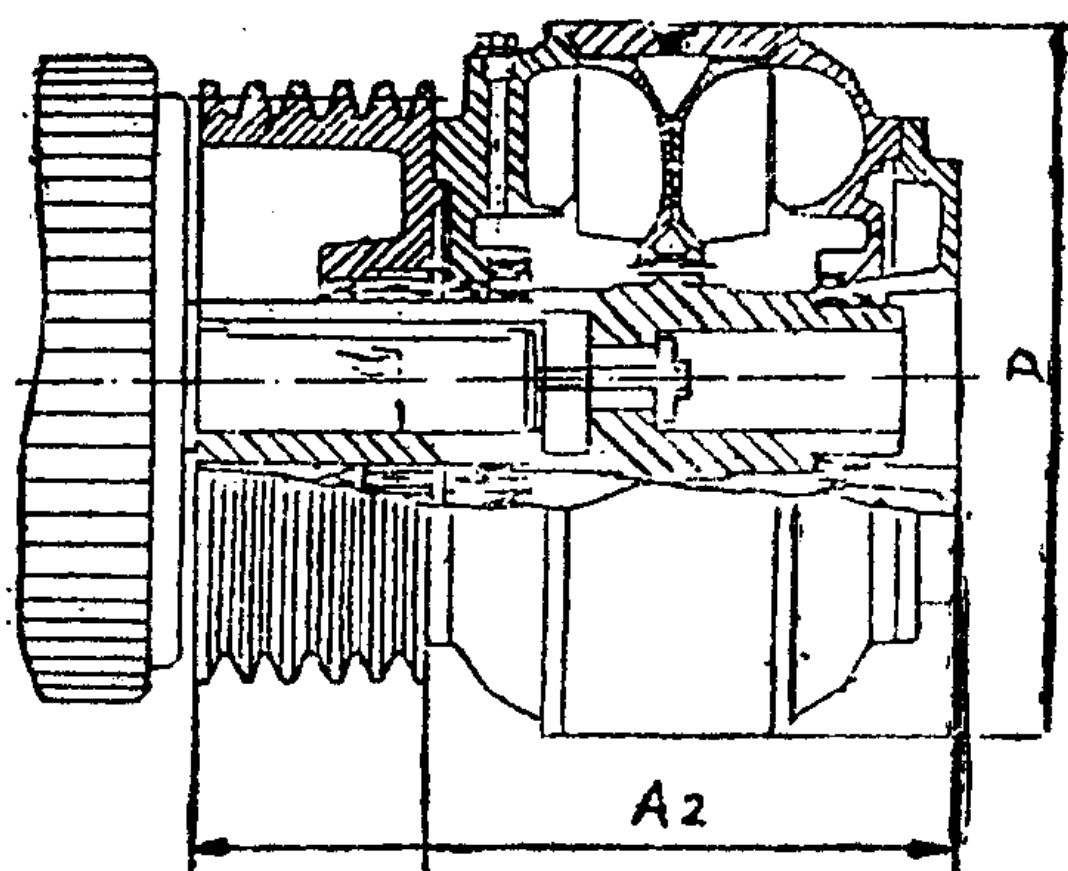
图五 YOXn型



图六 YOXs型



图七 YOXsn型



图八 YOXnz型

(2) 能使电机空载起动，降低起动电流的持续时间和减少起动电流的平均值，从而减少对电网的冲击电流。

(3) 防止动力过载,不会使电机烧毁和损坏工作机械。

(4) 多机驱动时,可以均衡各电机的负荷,减少起动电流,减少对电网的冲击电流。

(5) 吸收和隔离扭振和冲击,延长机器的使用寿命。传动效率高,一般在 $0.96\sim 0.97$ 。

(6) 长期使用无需特殊维护,无摩擦传递扭矩,使用寿命长。

(7) 有节能效果,在重载起动时,可用结构简单的鼠笼式电机取代复杂价昂的绕线式电机,基础投资小,有较高经济效益。

(二) 限矩型液力耦合器的结构(如图二)

主动部分:由联轴节、后铺腔、泵轮、外壳组成与电动机联接。

从动部分:由涡轮、轴组成,与工作机联接。

辅件:有轴承、密封件、注油塞、易熔塞、螺栓等。主动与从动部分由工作液联接。耦合器随电动机可正转反转运行,安装时也可水平、垂直位置安放。

(三) 限矩型耦合器的应用范围

限矩型耦合器最适用于需要重载起动和过载保护的机械,完全可以解决“大马拉小车”的不合理拖动状态,如用液力耦合器作传动装置时,按经验,一般电机的功率为负载额定值的 $1.1\sim 1.2$ 倍就能起动。或可按(图九)所示方法去选电机型号,即所选的驱动电机其尖峰力矩大于工作机工况负载的最大力矩就成了。所以鼠笼式电动机——液力耦合器——工作机是一种较佳的传动形式。

限矩型液力耦合器多用于以下机械的驱动单元中:

(1) 冶金设备:推焦机、推钢机、推渣机、校直机、离心浇注机、电动堵眼机、混和机。

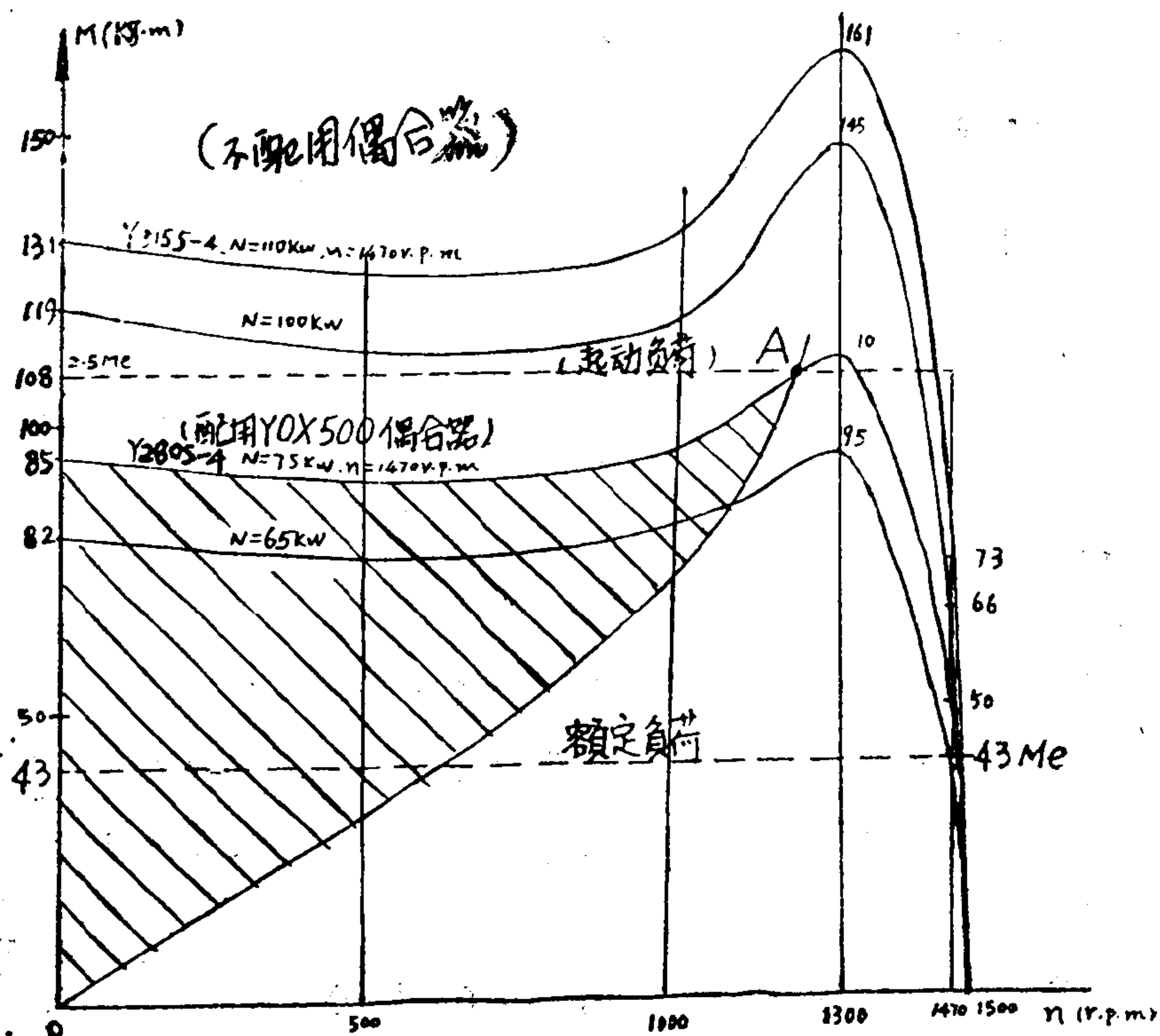
(2) 矿山机械:钻采机械、各种破碎机、球磨机、分离机、矿山泥浆泵、斗轮挖掘机、筛选机。

(3) 起重运输机械:带式输送机、链式输送机、刮板输送机、斗轮堆取料机、桥式起重机、门式起重机的行走回转部分;提升机、螺旋输送机、电动滚筒。

(4) 工程机械:挖掘机、搅拌机、卷扬机、建筑建材机械、塔式起重机、预加水成球机、球磨机、破碎机。

(5) 电力设备:锅炉碎渣机、挖泥机、螺旋推进器、化工、船舶机械。

(6) 其它:皮革机械、拉丝机、食品机械、纺织机械、造纸机械、电线打蜡机、大型游乐机、离心机、炼胶机、注塑机。

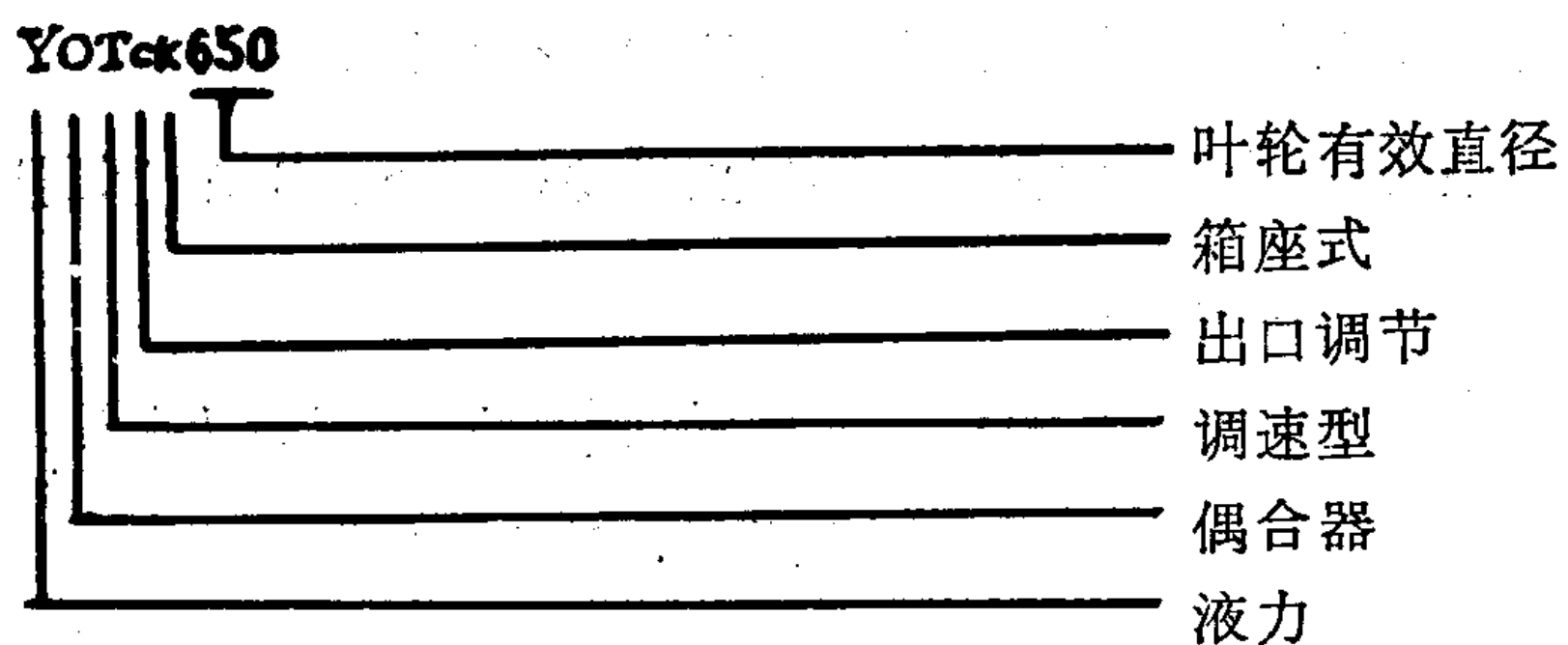


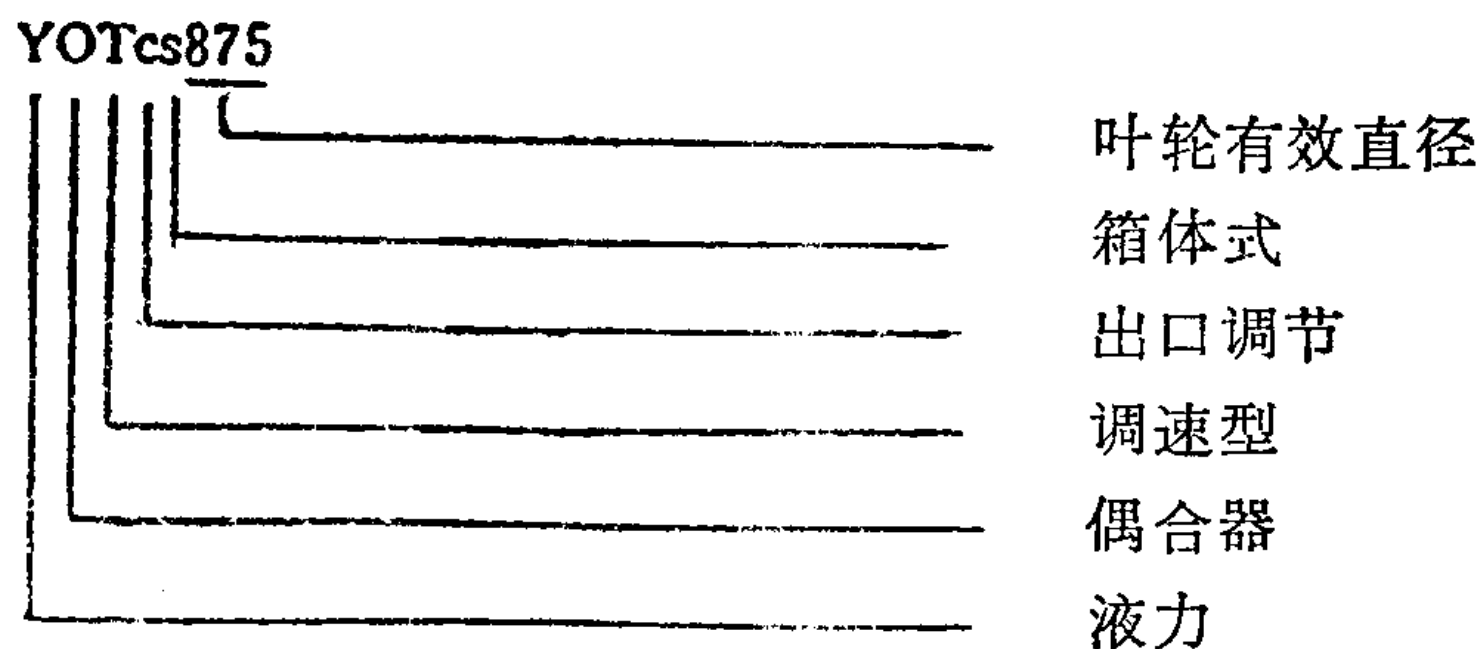
图九 14吨球磨机驱动电机方案比较

三、调速型液力耦合器技术

(一) 基本原理

1. 代号含义





2. 调速型液力耦合器的种类:

(1) YOTck出口调节箱座式调速型液力耦合器 (图十)

YOTck箱座式调速型液力耦合器, 自身带有供油系统, 所以调速灵敏; 结构简单, 尺寸小, 价格低廉, 适用于转速较低, 中、小功率需要调节流量的风机、水泵上($N \leq 500 \text{KW}$ 时, $n \leq 1500 \text{rpm}$)。

(2) YOTcs出口调节箱体式调速型液力耦合器 (图十一)

YOTcs箱体式调速型液力耦合器输入, 输出端均为内支承, 刚性好, 运转精度高, 密封性好, 所以它适用于高转速、大功率、环境较恶劣、需要调节流量的风机、水泵上, 煤矿的输送机上。

3. 应用调速型液力耦合器的优点:

除具有YOX限矩型的优点外, 还有:

(1) 调速型液力耦合器与鼠笼式电动机相匹配, 在电机转速不变情况下, 可对工作机进行无级调速。应用在风机、水泵时与节流调节或恒速运行相比, 可显著地节约能源, 特别是用于透平式风机、水泵, 节能效果更为显著, 可达20%~40%。

(2) 可起液体离合器作用, 便于在电机不停止转动情况下使工作机频繁起动和制动。

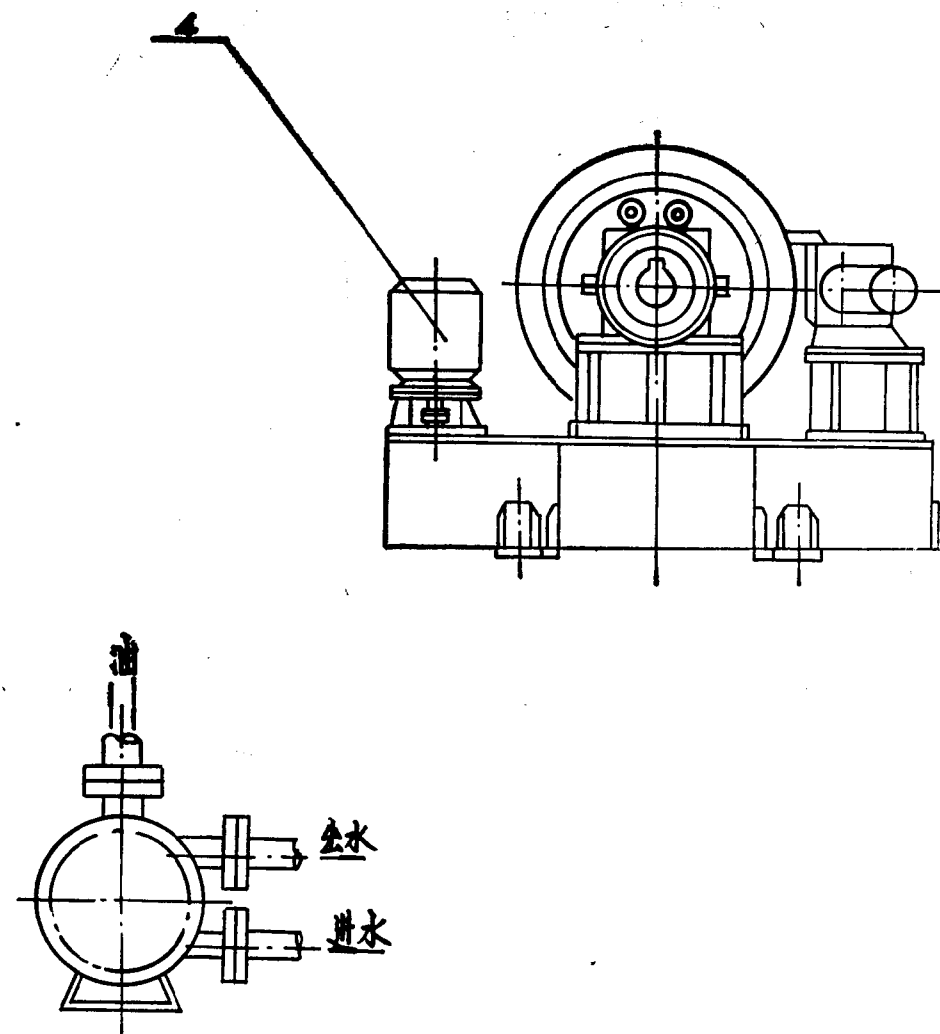
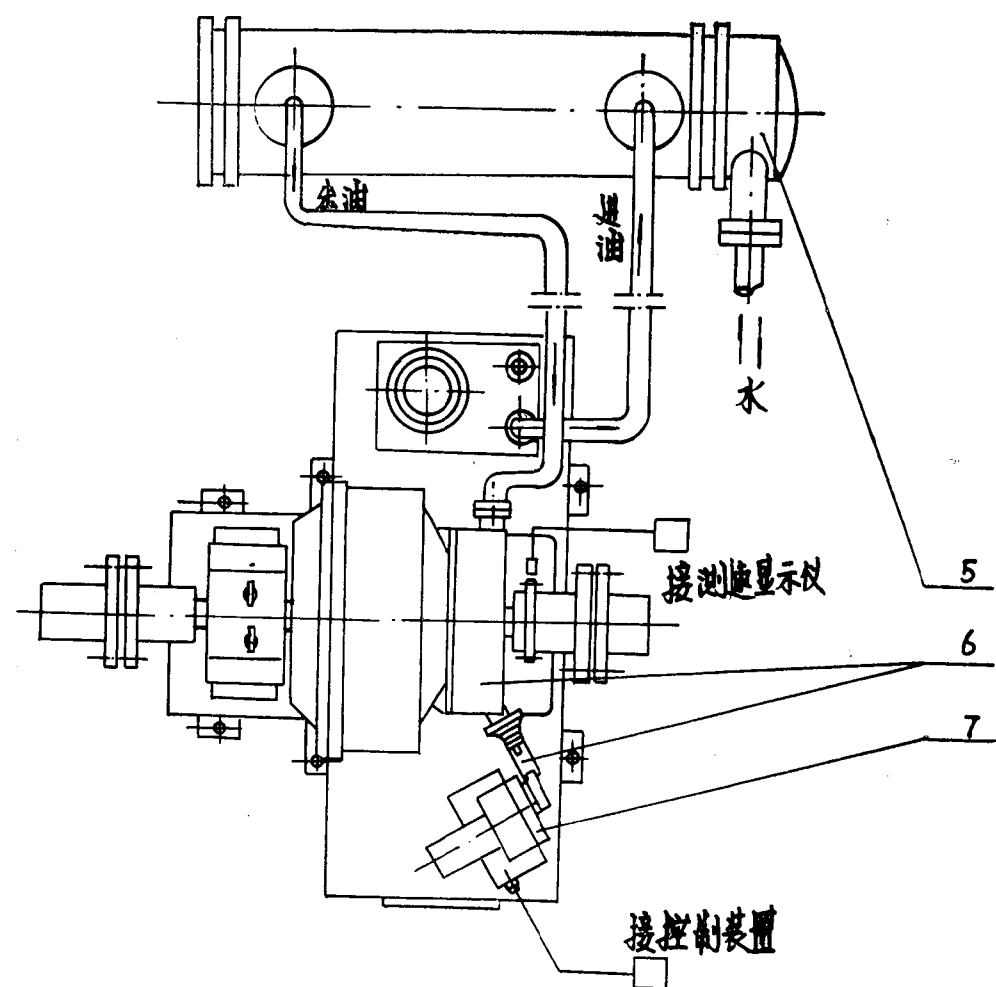
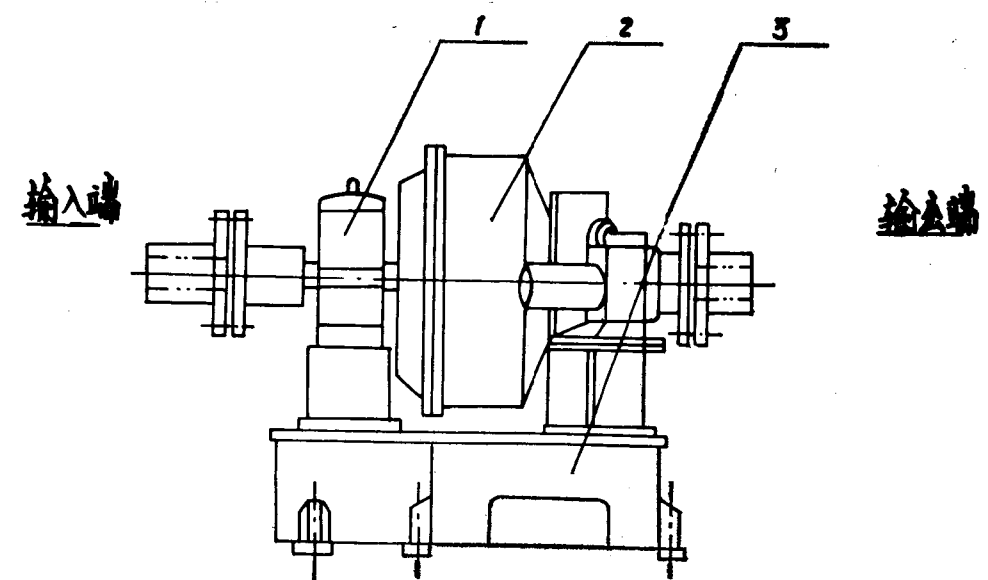
(3) 无级调速, 易于实现摇控或自动控制。

(4) 电机可空载起动, 对于大容量设备还可降低电机容量克服“大马拉小车”现象。

(5) 操作简便, 维修方便, 可长期无检修运行, 对使用环境无特殊要求, 提高设备的利用率和使用寿命。

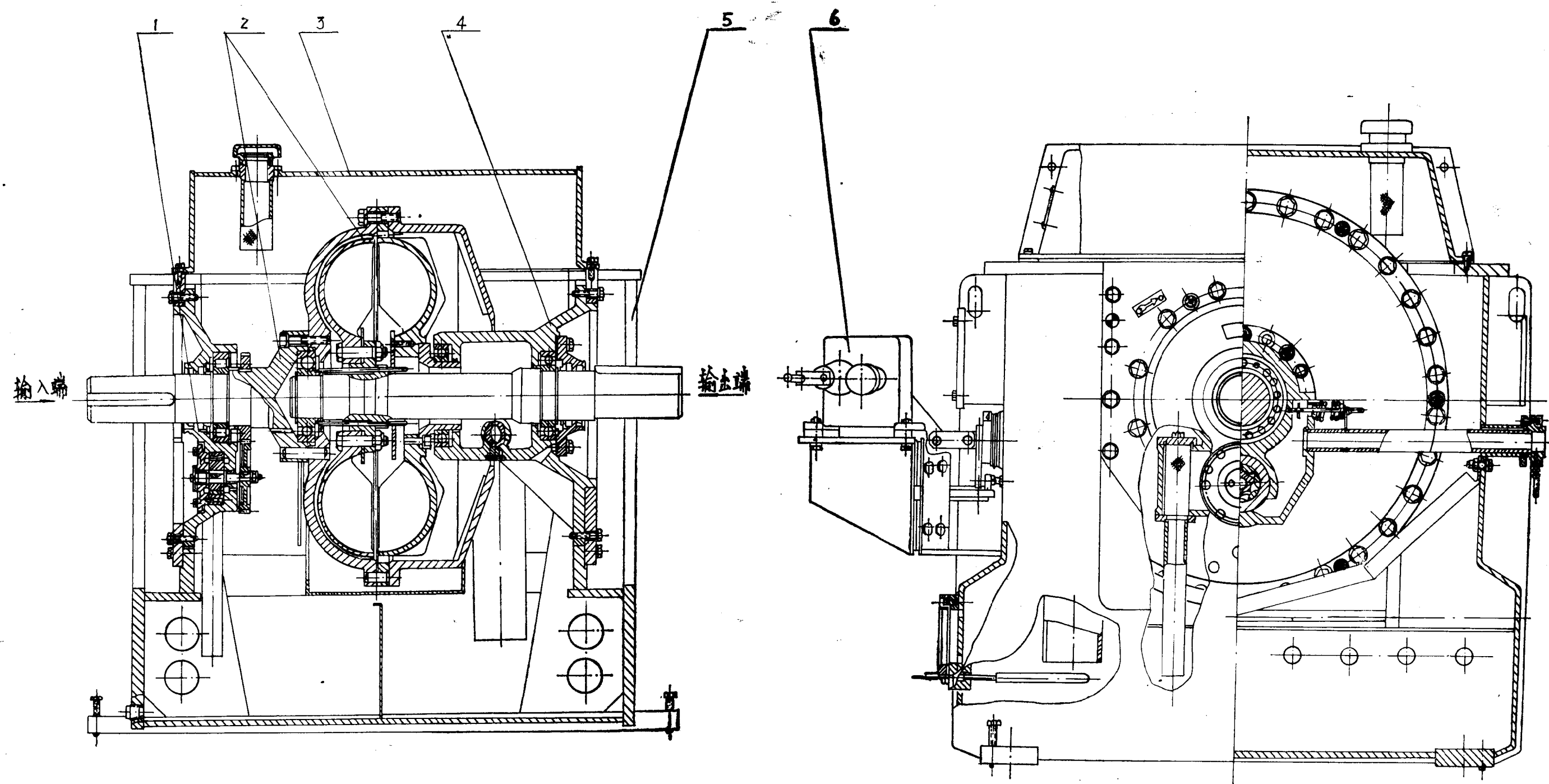
(6) 无级调速可减小噪音, 有利于工人身体健康, 符合工业环保要求。

(7) 初始投资少, 作为调速装置, 与交一直流机组、绕线电机串级可控硅调速、变频



1. 轴承座 2. 旋转部分 3. 油箱 4. 供油部分
5. 油冷却器辅助系统 6. 进排油部分 7. 电动执行器

图十 YOTck结构简图



1. 供油部分 2. 旋转部分 3. 箱盖 4. 进排油部分 5. 箱座 6. 电动执行器

图十一 YOTcs结构简图

调速等方式相比，初始投资少，运行费用低，工作可靠，易于保养，特别是调速型能用于高压电机，大功率、高转速设备的调速，其优越性是其它调速方式所不能相比的。

（二）调速型液力耦合器的结构（图十、图十一）

无论YOTck型或YOTcs型调速型液力耦合器其结构主要由以下各部分组成：

（1）旋转部件：

主动部分：泵轮、背壳、外壳、输入轴组成；用一组弹性柱销联轴器与电动机联接。

从动部分：涡轮，输出轴，用一组弹性柱销联轴器与工作机联接。

（2）供油部分：包括供油泵、吸油管等。

（3）进排油部分：包括导管、导管壳体、进油管、排油管等。

（4）油箱

（5）仪表盘：包括进出口油温度计、压力表等。

（6）电动执行器，电动操作器、安装支架等。

（7）配备油冷却器辅助系统和自动测速装置。

调速型液力耦合器结构较复杂是由它的功能所决定的，它传递动力的工作原理是和YOX限矩型液力耦合器相同，不同的是限矩型不能长期在低速工况下工作，而调速型耦合器是可以无级调速，要调速就得改变工作腔的充油量，所以必须有供油和进排油系统；因为耦合器要在各种转速下工作，如在低速工况时，工作油就会发热，耦合器长期运行的工作油温不能高于88℃，所以需配备油冷却系统；为了便于调节转速和实现自动控制，要配备电动执行器，电动操作器等仪表和一些监测仪器等。

（三）调速型液力耦合器应用范围

调速型液力耦合器大多用于需要调节流量的风机、水泵上。

（1）风机类：转炉排烟风机，电炉除尘风机，高炉鼓风机和引风机，空调风机，吹粉风机，预热循环风机，烧结风机，通风机，水泥立窑鼓风机，水泥转窑窑尾风机，回转干燥风机等。

（2）泵类：锅炉给水泵，循环泵，冷凝泵，输油泵，输送泵，泥浆泵，灰渣泵，减压泵，增压泵，给水泵等。

（3）需要调速的胶带输送机，球磨机，离心卷取机械及污水曝气器等。

（四）调节风机、泵类流量的办法

风机，水泵多与交流电动机匹配，特别对于大型风机和泵类，交流电动机起动困难，不