

逯建英 编著

实验室离心机结构原理 与维修



科学普及出版社

T0051.8
3714

实
北

973145

实验室离心机 结构原理与维修

5

逯建英 编著

科学普及出版社

内 容 提 要

随着科学技术的发展,离心机已进入我国的科研、生产的各个领域,遍布全国各地,并成为常备仪器,被列为国家 23 种统管大型仪器之一。但至今该方面的系统资料、书籍仍欠缺,严重影响仪器的使用。作者针对这种情况,总结多年研制、维修多国离心机实践的经验,从物理概念的角度系统地介绍了离心机的分类、基本结构、工作原理、控制和技术说明,并对真空、制冷系统做了介绍。同时,对故障的诊断和排除也做了阐述。

(京)新登字 026 号

实验室离心机 结构原理与维修

逯建英 编著

责任编辑:张 楠

封面设计:王庭福

技术设计:孙 俐

科学普及出版社出版(北京海淀区魏公村白石桥路 32 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国科学院印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:12.875 字数:321 千字

1993 年 10 月第 1 版 1993 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:19.80 元

ISBN 7-110-02737-6/TH·85

前 言

本书是作者在 20 年从事离心机科研和维修工作的基础上编写的。目的在于较全面地介绍各类实验室离心机的原理、结构和维修技术。此书系从事实验室离心机科研、生产及维修方面的科技人员和大专院校师生的一本有实用价值的参考书。

本书除了详细地介绍了国内外各厂家生产的实验室离心机的基本机械结构、电控制外,还详细阐述了实验室离心机的分类及有关的技术概念。这些概念从物理学角度叙述,力图准确和统一。读者在实际工作中可用以参考。

目前,各种结构、型号的离心机在我国的科研实验室和工厂中得到充分的应用,其数量相当大,而从事此方面的科技人员的实际理论水平又因其资料的短缺受到限制。为了提高从事实验室离心机科技人员的理论水平,更好地为社会主义建设事业服务,作者在研制 CL-60 型超速离心机和维修各种型号离心机的实践基础上编写了此书,相信读者在读完本书后,将得到有益的启发。

本书在编写过程中得到了中国仪器进出口总公司北京日立离心机服务站,中国科学院生物物理研究所毕坎华同志,北京中国康复研究中心曾幼州同志等各位的大力协助,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促,水平所限,本书难免存在一些缺点和错误,恳请读者批评指正。

编著者

1991 年 2 月

10-1176-01

目 录

一、概述	(1)
二、离心原理	(5)
三、结构原理	(8)
(一)低速离心机	(8)
1. 台式(桌上)低速离心机	(8)
2. 低速大容量冷冻离心机	(9)
(二)高速离心机	(15)
1. 电机直接驱动型离心机	(16)
2. 电机皮带驱动型离心机	(17)
3. 电机—齿轮变速型高速冷冻离心机	(17)
4. 感应变频电机直接驱动型离心机	(23)
(三)超速离心机	(26)
1. 驱动单元	(28)
2. 离心转头	(49)
3. 离心试管	(59)
4. 离心室	(64)
5. 真空系统	(66)
6. 油循环系统	(74)
7. 冷却系统	(77)
8. 温度的测量与控制	(78)
9. 速度控制线路	(94)
四、制备离心机的安装	(127)
(一)条件要求	(127)
(二)整机安装调试	(128)
(三)应注意的几个问题	(129)
(四)区带离心转头的安装与操作	(129)
五、离心机的选购与管理	(131)
六、离心机的维护与故障的排除	(132)
(一)驱动单元的故障与排除	(132)
(二)真空系统的故障与排除	(140)
(三)水冷却系统	(145)
(四)离心转头的保养	(146)
(五)制冷系统的维修	(149)

(六)电路控制系统的维修.....	(157)
七、例子	(160)
(一)贝克曼 J2-21 高速冷冻离心机	(160)
(二)MSE PrepSpin 75 制备超速离心机	(168)
附表 1 国产高速冷冻离心机性能一览表	(186)
国外高速冷冻离心机性能一览表.....	(187)
附表 2 离心转头技术数据一览表	(190)
附表 3 制冷系统参数表	(200)

一、概 述

离心机是绕固定旋转轴旋转的物体受离心力产生模拟地球重力场的作用,使物体做沉降运动,从而对物质中的不同密度、不同分子量的级分进行分离的仪器设备。应用离心沉降进行物质的分析和分离的技术就称为离心技术。目前各种离心机和离心技术已广泛地应用到科学研究和生产部门,并已成为现代科学研究重要仪器设备之一。本书主要介绍实验室制备离心机的结构、工作原理、控制方法,在此基础上对仪器的使用保养和故障的排除进行说明。

离心力的现象常表现在日常生活当中,比如,下雨天,如果把雨伞旋转,雨水就会沿着伞的外圈切线方向甩出;公共汽车转弯时,乘客就有向外倾斜的感觉,而这种感觉随着转弯车转的弧度(半径)、速度大小的不同,感觉倾斜程度也不同。医院中使用的手摇离心机也是利用离心力这一现象的原理制成的,它由一个手柄旋转通过齿轮变速带动旋转的吊筒甩平运转,从而使装在吊筒中的温度计的水银受到模拟重力场的作用而下降。

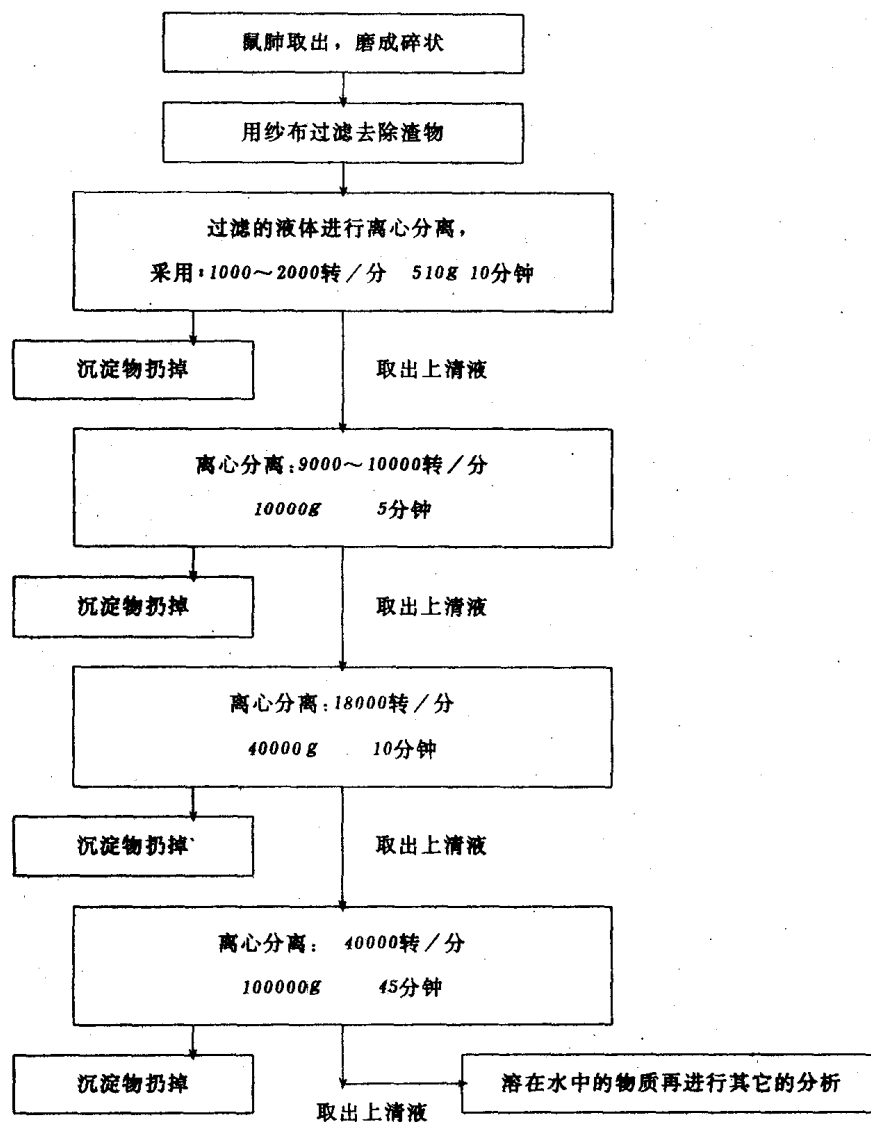
离心力——是物体作曲线运动时,由于惯性而产生离开圆心的作用力。离心力早已被人们发现,并由此研制成各种用途的机器设备,应用到生活、生产和科学研究当中。洗衣服时,把湿衣服的水分甩掉,通常叫做“甩干机”;糖厂用离心机纯化蔗糖;奶品厂从奶中分离奶油;冶炼厂分选精矿;输血站对血液成分进行分离……,这些都是靠旋转时所形成的离心力(场)对物质进行的分离、浓缩、精取。

随着人类的进步、科学技术的发展,需要分离的物质越来越多,而各种物质的成分是不相同的,因而需要的离心力也有所不同。特别是近代的细胞生物学和分子生物学对离心机和离心技术提出了更高的要求。

自 1926 年 T·Svedberg 研制出世界上第一台油涡轮超速离心机以来,至今已有 60 多年的历史,现在已有各种结构形式、各种转速、各种零配附件的仪器设备,并已广泛地应用到科学研究和生产的各个领域。

对不同的样品进行分离所需要的离心机也不同。对微生物细胞、血液中的血球和血清等,分离物质颗粒的直径在 $1\sim 50\mu\text{m}$,进行分离需用低速离心机,转速大约在 $4000\sim 7000$ 转/分,离心力约为 $2000\sim 9420g$,这类离心机有:桌上小型低速离心机、台式低速离心机,还有低速大容量的离心机;分离细胞膜、动植物组织内的病毒,直径约为 $0.1\sim 1\mu\text{m}$ 的物质,就需要高速冷冻离心机,转速约为 $10000\sim 20000$ 转/分,离心力约为 $10000\sim 100000g$;分离各种蛋白质、DNA、RNA、酵素等,直径约为 $0.002\sim 0.1\mu\text{m}$ 的物质,就需要超速离心机,转速在 40000 转/分以上,离心力要在 $100000\sim 400000g$ 以上的离心机。

下面以一个例子说明在不同的情况,使用不同的转速(不同的 g 值),对不同的物质颗粒进行不同的离心分离。在此所使用的 $g=9.8\text{米}\cdot\text{秒}^{-2}$ 是地球重力场值。



分离的样品不同,所使用的离心机转数(离心力)也不相同,那么根据离心机的转速如何进行分类呢?习惯上把每分钟旋转几千转的叫做“低速离心机”;每分钟 10000~20000 转的叫做“高速离心机”;每分钟 30000 转以上(100000g 以上)的叫做“超速离心机”。超速离心机按用途又把附有光学系统能用于成分分析、具有测定“沉降速度(在离心场中沉淀的快慢)”来计算分子量等功能的称做“分析用超速离心机”;把不带光学系统而只用于分离、浓缩、精取的称做“制备用超速离心机”。一般“分析用超速离心机”可进行制备离心实验,而“制备用超速离心机”也常把要分离的物质按其沉降的位置与已知密度的物质相比较,以确定其密度、分子量,从而代替部分“分析用超速离心机”的工作。近些年来,新型的“制备用超速离心机”又备有光学分析附件,兼顾两种超速离心机的工作性能(从国外购进的这种结构仪器利用率相当低)。

目前各型号的离心机除驱动动力源及结构有所差异外,其它各附属部件原理及安全措施基本是相同的。只要我们采用的动力源和机械结构设计合理,无论采用何种手段均能达到平稳、安全运转的目的。因为根据采用的动力源及机械结构上的不同,可以有各种不同类型结构的离心机。

1926 年 T·Svedberg 设计了“油涡轮超速离心机”,离心转头采用铬镍钢做成椭圆球形,高压油喷射在转子轴端叶片上使之转动。1935 年 Bemis 和 E·G·pickels 制做了压缩空气作为动力的“风动(空气涡轮)超速离心机”。离心转头采用铝镍合金制成,用一根钢丝(直径为 2.5mm)穿过油润滑的垂直轴承,其下端卡住离心转头,可以垂直旋转,上端与直径为 4.5 厘米的空气涡轮相接,有上下两涡轮叶片,对着叶片装有二排相反的空气喷嘴,上面的空气喷嘴喷射压缩空气可使离心转头向相反方向转动,可使离心转头减速直到静止。对着涡轮的底部有向上喷出的压缩空气可使涡轮与离心转头托起,使离心头垂直悬吊于真空室中。1940 年 T·Svedberg 总结上述工作,写出了第一本《超速离心机》。1950 年 E·G·Pickels 研制了“高速电机齿轮传动的超速离心机”。原理是:高速伺服电机带动一对增速齿传动变速,通过一定的齿比使一挠性轴带动离心转头在真空离心室中旋转。1969 年 F·Rohonic 研制成“异步电机(2800 转/分)一齿轮皮带一齿轮传动的超速离心机(3170 型)”。

上述风动结构的离心机,须要空气压缩机,体积庞大,噪声大;电机齿轮传动的离心机对机械结构、材料都有较高的要求,而且对高速电机技术要求也较高,因而存在一定的弊病。为了简化机械结构,70 年代后期英国密斯仪(MSE)公司首先将变频感应电机驱动结构的离心机——“Centriscan75”型分析用超速离心机销售给我国。该离心机的驱动系统取消了齿轮箱,电机没有碳刷,并把转动系统的真空密封、驱动电机、驱动轴与离心室做成一个真空整体,转速调节依赖于供电电源的频率变化,结构简单。80 年代,美国贝克曼公司、日本日立工机(HITACHI)先后也制造了同类型的离心机,并相继进入我国科学研究各个领域。

除上述几种结构外,还有一种结构是采用强大的电磁场力把离心转头在真空室中悬浮起来,使之可以旋转,随磁场频率的变化离心转头做变速旋转。这种结构通常称为“磁悬浮超速离心机”。这种结构的离心机,因为离心转头所受阻力只是真空室中残存的气体,在开始转动时利用真空室中底部的空气涡轮加速离心转头,当达到所需转速后,利用电磁力将离心转头脱开辅助系统,可长时间运转。旋转的稳定度、精度依赖于电源频率的精度。因为电源频

率自身的精度很高,所以运转的精度也高,特别适用于做长时间的平衡试验。但是至今,这种驱动结构的离心机没有产品出售。

近些年来,由于试验样品的量较少,小型微量的低速、高速、超速的台式离心机也相应发展起来。

由上概述,离心机可根据转速、驱动方式、用途进行如下分类:

(1)按转速来分类

低速离心机:低速离心机、低速冷冻离心机

高速离心机:高速离心机、高速冷冻离心机

超速离心机

(2)按用途来分类

可分为制备用离心机、分析用离心机、特殊用途的离心机 3 种。

(3)按驱动方式来分类

分为空气涡轮驱动型、油涡轮驱动型、电机齿轮增速驱动型、电机—皮带—齿轮两级增速驱动型、变频感应电机直接驱动型。

我国的离心机研制工作开始于 60 年代,研制成了 10000 转/分(LD10—2.4)电机直接带动的离心机,同时期对空气涡轮型的超速离心机也做了大量工作。1975 年,中国科学院生物物理所研制成我国第一台电机—齿轮传动型的制备超速离心机装置,采用铝固定角度转头最高转速为 60000 转/分,获得最大离心力为 300000g。随后,1979 年研制了“CL—60”制备超速离心机,并通过了样机鉴定,其最高转速 60000 转/分,最大离心力为 328000g。1979 年生物物理研究所与国营长平机械厂协作,在“CL—60”的基础上,进行了较大改进,生产了“CL—60B”超速离心机,同时对铝固定角度转头做了飞裂破坏实验;钛固定角度转头做了超转速实验,取得了一些重要数据,为我国进一步研制各种离心机打下了基础。之后,湘西仪器仪表总厂机械仪器厂也生产了“CL—50”型超速离心机,对 50000 转的铝角转头做了改进。

目前,我国已能生产 60000 转/分制备超速离心机、20000 转/分高速冷冻离心机、低速大容量冷冻离心机和台式高速冷冻离心机。虽然现在这些产品在质量和性能方面与国外同类产品相比,还相差一定距离,但相信国产的离心机终将替代进口的离心机。

二、离心原理

地球上的一切物体,都受到地球的吸引。物体受到的重力就是由于地球吸引而产生的,重力的方向总是竖直向下的,所以地球表面是一个重力场,物体受重力的作用由高处向低处降落,这就是重力沉降现象。根据力学定律,物体和混合液中的溶质颗粒下沉的快慢和它们本身的质量大小成正比。当混合液中的溶质颗粒很小并在静止不动时,仅利用重力的作用来观察它们的沉降速度是不可能的,就必须人为地模仿重力场的作用加在颗粒上,加快沉降的速度,用适当的时间达到沉降的目的。这种人为的力就是旋转物体所受的离心力,只要我们控制离心的转速和颗粒在运转中至中心轴的距离,就可控制颗粒所受的离心力,这样就可以使颗粒按照我们的要求进行沉降。

1. 重力场中溶质颗粒的沉降

在重力场中溶质颗粒的沉降受下边几个因素的影响。

(1) 介质的浮力

根据阿基米德定律:“浸在液体里的物体受到向上的浮力,其大小等于物体排开液体的重量”。

$$\text{浮力的大小应为: } \text{浮力} = \frac{m}{\rho} \times \rho_0 \quad (2-1)$$

式中 m ——物体的质量; ρ ——物体的密度; ρ_0 ——介质的密度。

那么,物体在介质中的有效质量应该是物体质量减去其所受的浮力,即:

$$\text{有效质量} = m - \left(\frac{m}{\rho} \times \rho_0\right) = m\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \quad (2-2)$$

由式子可知,物体在介质中,因介质的密度不同可以分为3种情况,因而表现为3种现象:

- ① $\rho = \rho_0$ 时,物体受力为零,物体在介质中不沉不浮,为静止状态;
- ② $\rho > \rho_0$ 时,物体受正向(下沉)力,物体在介质中表现为下沉;
- ③ $\rho < \rho_0$ 时,物体受一负向(上浮)力,物体在介质中表现为上浮。

(2) 介质的阻力 物体在介质中进行沉降或漂浮运动时,物体将与介质分子摩擦而产生阻力,阻力的大小与物体运动速度成正比,可用式子表示为:

$$\text{阻力} = f \frac{dx}{dt} \quad (2-3)$$

dx/dt 是物体运动速度, f 是摩擦系数。

由上式可进行如下分析:物体在重力场作用下在介质中刚开始沉降时,速度很小,阻力也很小,物体表现为加速运动。随时间延长速度逐渐增加,阻力也相应增加,经一定时间后阻力等于物体所受的重力时,物体的加速度变为零,此时物体的速度为等速运动。我们把物体等速沉降运动时的速度称为沉降速度。同样,称物体等速漂浮运动时的速度为漂浮速度。所

受阻力等于物体所受重力时可用下式表示：

$$m(1 - \frac{\rho_0}{\rho}) = f \frac{dx}{dt} \quad (2-4)$$

(3)扩散现象 在介质中,溶质分子在不同区域存在浓度差别时,高浓度区的溶质分子就会向低浓度区移动,这种溶质分子的移动称为扩散现象。样品颗粒在介质中重力沉降时,随着颗粒下沉在上部将出现一个纯介质区,这个纯介质区与下面的含有颗粒的介质的交界处称为界面区,而上面的纯介质区称为溶剂区,下面含有样品颗粒的介质区称为溶液区。为了很快形成界面,并在短时间内在界面扩散还不太大之前完成沉降,就要依靠离心机通过增加沉降速度的方法使沉降分离获得成功。

2. 离心力场中颗粒的沉降

在离心机中,转头携带颗粒绕驱动轴旋转。由物体的圆周运动,我们知道颗粒受到一个离心场的作用,此离心力场可用下边式子表示:

$$\text{离心力场} = \omega^2 \cdot r \quad (2-5)$$

式中 ω ——旋转角速度,弧度/秒; r ——颗粒在转头里,颗粒距轴中心的距离,厘米。

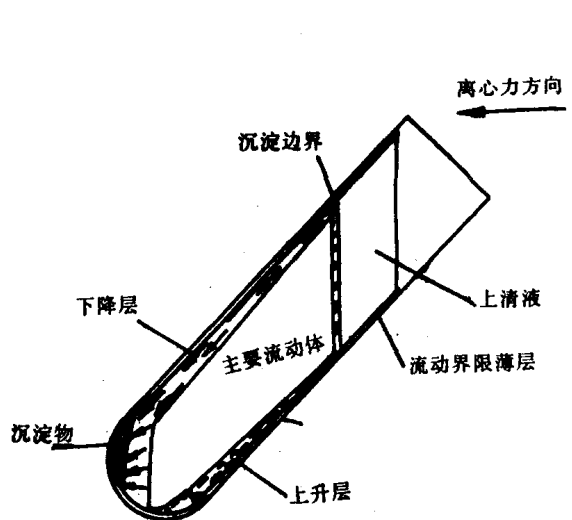


图 2-1 在固定角度转头颗粒沉淀的示意图

由上分析可知,颗粒在离心力场中共受 4 种力的作用:离心力、重力、浮力和摩擦力。在实际离心过程中, $g \ll \omega^2 \cdot r$,因而物体重力可以忽略不计;物体在沉降的过程中摩擦系数很小,阻力在一般分离实验中也可以忽略不计,那么物体所受的力主要是离心力和浮力,表示为

$$F = \omega^2 \cdot r \cdot m - \frac{m}{\rho} \cdot \rho_0 = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad (2-6)$$

但在实际应用上,为了使离心力场与重力场相比较,又提出相对离心力(简称 RCF)的概念。表示式为:

$$RCF = \omega^2 \cdot r / 9.8 \text{ 米/秒}^2 \quad (2-7)$$

可化简为:

$$\begin{aligned} RCF &= \omega^2 \cdot r / 9.8 \text{ 米/秒}^2 \\ &= (2\pi \cdot N / 60)^2 \cdot r / 9.8 \text{ 米/秒}^2 \\ &= 0.000112 \times r \cdot N^2 \end{aligned}$$

式中 r ——离心半径,厘米; N ——旋转速度,转/分。

在离心力场中沉降飘浮与溶质中颗粒大小及密度有关,有的颗粒就沉在管底,有的颗粒

就上浮。在固定的角度转头里颗粒的沉降、上浮,见图 2-1。

沉降速度

当转头旋转时,颗粒在离心力场的作用下将沿着离心力的方向发生沉降。其沉降速度的理论主要来源于斯托克斯(Stokes)定律。在离心力场中用公式表示为:

$$v = \frac{\omega^2 \cdot r(\rho - \rho_0)d^2}{18\eta(f/f_0)}$$

式中 d ——沉降颗粒的半径; η ——液体介质的粘度; f/f_0 ——椭球粒子与相同球形粒子的摩擦阻力之比。

根据上面的公式我们可以看出如果颗粒的大小、颗粒密度和颗粒形状有差异,就会表现不同的沉降速度,利用沉降速度的不同就可以对各种颗粒进行分离。当颗粒在溶剂中沉降,开始为加速运动,随着颗粒沉降速度的增加所受摩擦阻力亦增加,当摩擦阻力与离心力相等时表现为恒速运动。两个作用力可用下式表示:

$$m(1 - \frac{\rho_0}{\rho}) \cdot \omega^2 \cdot r = f \cdot \frac{dr}{dt}$$

在离心过程中颗粒所距中心轴的距离 r 是一个变值,随 r 的增大离心力场也增大,颗粒的沉降速度也增大。对上式进行移项可写成:

$$\frac{dr}{dt} / \omega^2 \cdot r = m(1 - \frac{\rho_0}{\rho}) / f$$

对于一定颗粒来讲, ρ 、 m 是定值,而对一定的溶剂来说, ρ_0 、 f 是定值,这样 $m(1 - \frac{\rho_0}{\rho}) / f$ 是一定值,所以 $\frac{dr}{dt} / \omega^2 \cdot r$ 也为一定值。将 $\frac{dr}{dt} / \omega^2 \cdot r$ 用 S 表示, S 值称为该颗粒在该溶剂中的沉降系数,其物理意义是单位离心力场下的沉降速度,单位是秒,通常定义 10^{-13} 秒为一个 Svedberg 单位即 $1s$ 。沉降系数反映的是一定条件下的颗粒的物理性质,由方程式可以看出,沉降系数与溶剂的密度、摩擦系数(粘度)有关,所以 S 值和温度也有关系,也就是说不同溶剂实验温度可以得到不同的 S 值,为了统一就须要有一个 S 表示的标准条件,又定义纯水在 20°C 时样品颗粒的沉降系数为 S_{20w} 。简单分子的沉降系数和它的浓度无关,但许多生物大分子的 S_{20w} 值与测试时的浓度有关,所以 S 值又多采用 S_{20w} 来表示,即在 20°C 以水为溶剂时浓度趋于零的沉降系数。

三、结 构 原 理

样品绕固定轴旋转的动力单元、装载样品旋转的离心转头、运转状态的电控制系统及其机架组成一个整体,它们是各种形式离心机的最基本组成部分。在此基础上,根据转速的高低,运转条件的要求,又派生了附加的结构系统。结构的不同,体积大小不同,组成了各种形式的离心机。共有的技术指标为:最高转速、最大离心加速度、最大离心容量。根据离心机的结构,离心要达到的目的要求,除上边3个技术指标外还有:转速控制精度、真空度、温度控制范围与精度、时间范围等,并对附件如:离心转头的寿命和最高转速、容量、离心力,驱动系统的寿命和最高转速等均做了明确的规定。80年代新技术在离心机上的应用,促进了离心机性能上的扩展。微机控制的驱动方式、各个运转状态中参数的数字显示、故障诊断显示的代码、各种保护措施均在离心机的性能上得到了应用及发展,并成为考核每台离心机技术、性能的指标。根据这些性能指标可以评价一台离心机的优劣。更重要的是,我们把对离心机的实际应用作为今后对仪器进行选购的主要依据。

下面我们先从最简单的低速离心机谈起。

(一) 低 速 离 心 机

最早使用的离心机是手摇式离心机,它由一个手摇柄通过齿轮变速可获得每分钟上千转的转速,可用于一般的沉淀分离。目前有的医院仍用此结构的离心机将体温计的水银柱甩下来。而在实验室中,手摇式离心机早已被电动机做动力的低速离心机所代替,这种离心机速度可达4000~10000转/分,并连续可调。根据外形尺寸和处理样品容量的多少可分为台式微量低速离心机和立式大容量低速离心机。低速离心机也有带冷冻系统的,以适应生物、医学制备需要。

1. 台式(桌上)低速离心机

这种离心机外形尺寸小,重量轻,放在桌上适用于少量样品的制备。机械结构简单,有一个伺服电机带动一离心转头做低速旋转。离心转头有固定角度转头和吊桶水平转头。机械结构见图3-1所示。

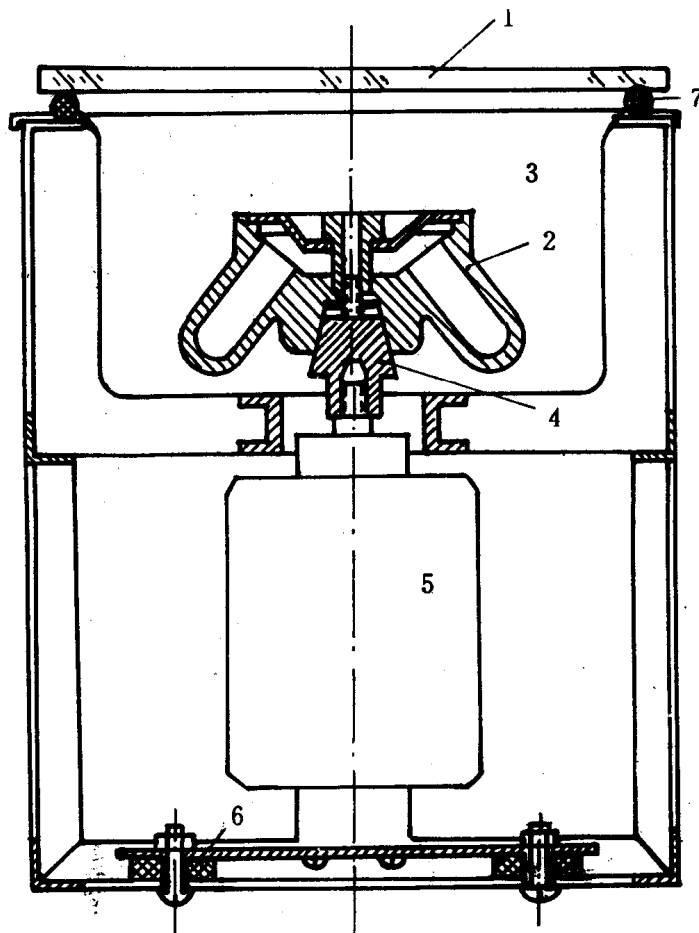


图 3-1 台式微量离心机结构示意图

1—离心室盖；2—转头；3—离心室；4—连结轴头；
5—电机；6—减震器；7—O 型圈。

为了满足某些生物样品对温度的要求，在台式低速离心机的基础上，加上一整套制冷系统，就构成了台式低速冷冻离心机。这也是目前世界离心机发展的一个趋势。台式冷冻离心机的机械结构见图 3-2 所示。

2. 低速大容量冷冻离心机

低速大容量离心机通常都带有冷冻系统以适应样品对温度的要求。大容量的吊筒甩平

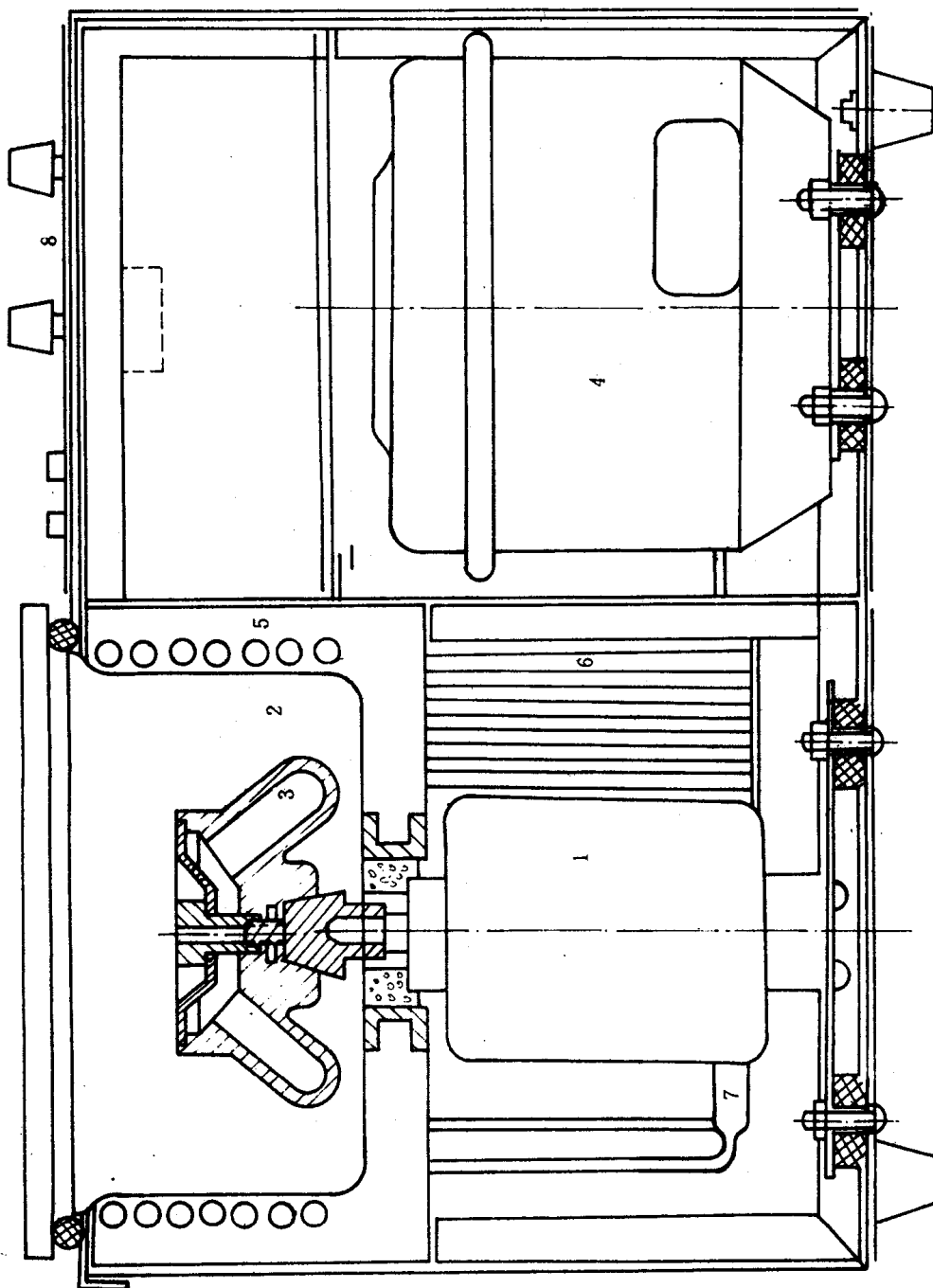


图 3-2 台式冷冻离心机结构示意图

1—电机；2—转头；3—离心室；4—冷冻压缩机；
5—冷冻排管（蒸发器）；6—冷凝器；7—干燥过滤器；8—控制面板。

转头一次可以处理 6000 毫升样品,还可以直接用离心袋装和瓶装样品,适用于血库、医药、食品和工业实验室分离大量样品。多离心管的转头一次可离心 168 个样品,主要适用于临床分析、放射免疫及生化分析。

低速大容量冷冻离心机的机械结构和组成与台式冷冻离心机相同。只是各组成单元的尺寸及功率要远远大于台式冷冻离心机。目前出售的低速大容量冷冻离心机,除伺服电机直接驱动离心转头旋转外,还有美国贝克曼公司生产的 J6 伺服电机——皮带增速型和 J6M 的变频感应电机——皮带增速型低速大容量冷冻离心机。

市场上出售的低速大容量冷冻离心机,一次处理容量最大的是法国乔恩(Jouan)公司生产的 LR5·22 型,最佳工作状态是 4650 转/分时,容量为 1500 毫升×6,离心加速度为 7100g(采用 CL6 转头)。现将它的性能、机械结构做一简单介绍。

性能指标:

- (1)采用脚踏开关来控制离心室盖打开。
- (2)控制面板可以 360°转动,操作者在不同方位均可对运转状态进行监视。
- (3)设定数值与实际工作数值同时显示在控制面板上,易于二者间的比较。
- (4)有 100 个控制程序,可供多个操作者自由选用,便于实验的重复。
- (5)采用 CL6 转头,最大容量可达 1500 毫升×6,转速为 4650 转/分,离心力为 7100g。
- (6)有 7 种故障诊断显示。
- (7)为了更适合血液的处理,配有 2 种血袋适配器,做为血袋载体。
- (8)在大负载的情况下,为了满足温度的控制要求,制冷系统采用双压缩机并联同时动作的控制系统,图示见图 3-3。

机械结构示意图见图 3-4。

最大允许不平衡量为 300g 的 HITACHI 生产的产品为 CR7B3 和 CR7B2,其示意图见图 3-5。

CR7B3 的性能:

最高转速	5000 转/分
最大离心力	7290g(采用 RR5S2 转头)
驱动系统	平衡检验直接驱动系统
速度控制范围	1000~5000 转/分
温度调整范围	-9~40℃
时间控制	0~99 分 59 秒或手动控制
存储程序	9 种
最大允许不平衡量	300g