



离心机使用及注意事项

培训人：黄罗丹、崔岩

主要内容

一、离心机概述及分类

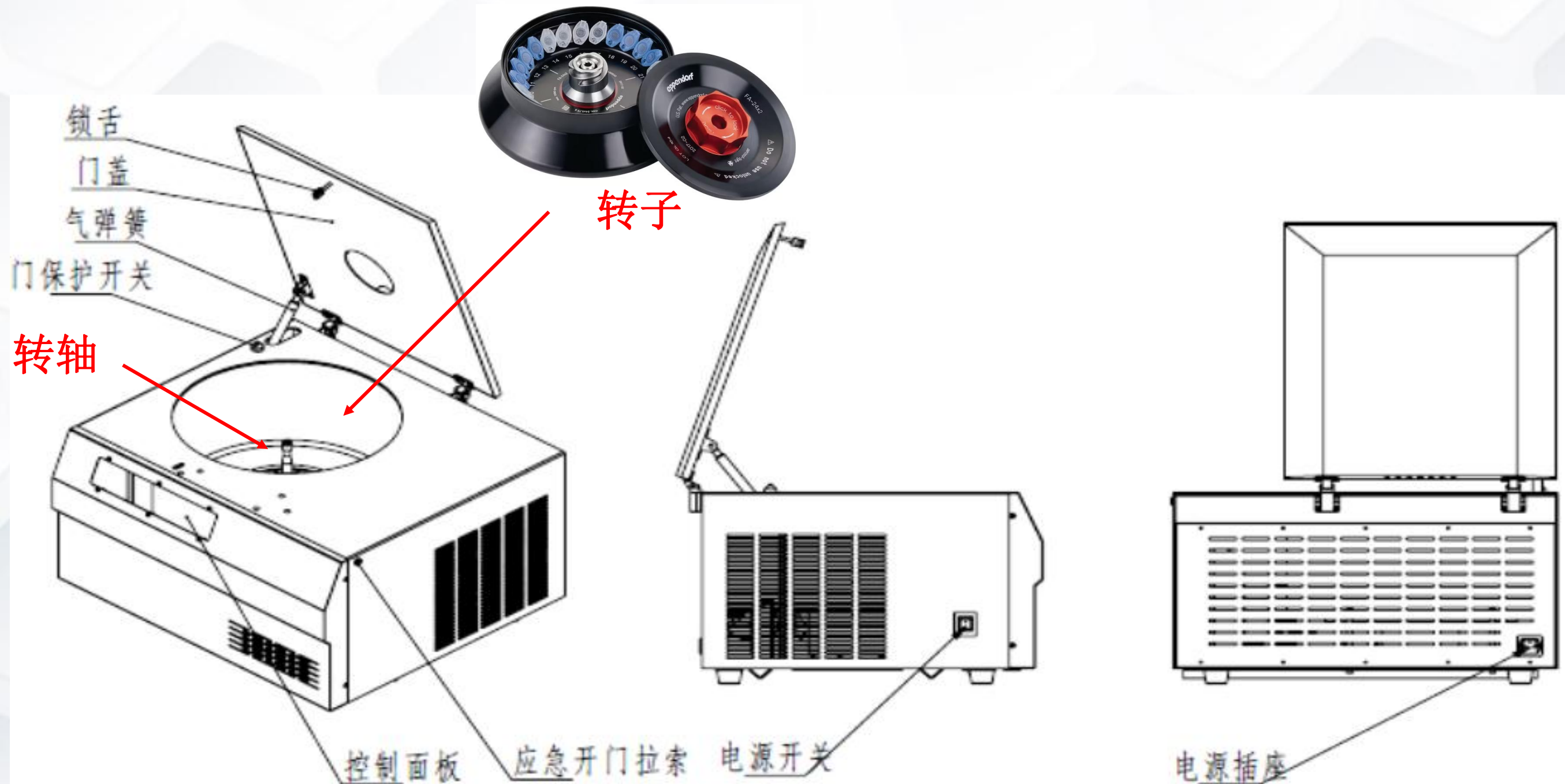
二、基本操作规程及注意事项

三、离心机的日常维护

四、事故处理

离心机基本构造

主要由电机驱动系统、制冷系统（带制冷功能的才有）、机械系统、转子（转头）和系统控制等几部分组成；可简单分为主机和可拆卸的转子两部分



离心机工作原理

离心机是一种常见的实验室设备，用于在离心力作用下分离混合物中的成分。

离心力的产生：离心机内部装有一个旋转部件，通常是一个离心转子。当离心机启动时，电机驱动转子快速旋转，产生离心力。在离心过程中，根据其密度和大小，样品中的不同成分会分层沉降，形成不同的层次或沉淀。通常，较重的成分会沉降到离心管底部，而较轻的成分则位于上层。基于离心力的运动原理，根据不一样品的密度和大小差异，实现混合物分离的目的。

离心机在生物化学、分子生物学、药学、环境科学等领域广泛应用，用于分离和纯化细胞、蛋白质、核酸、颗粒等样品。

离心力与转速

- RCF (relative centrifugal force), 单位为重力加速度 (g)

- RPM (revolutions per minute)

- 转换关系: $g = r \times 11.18 \times 10^{-6} \times \text{rpm}^2$

- r 为有效离心半径, 单位为厘米

- 离心力与半径及转速的平方成正比

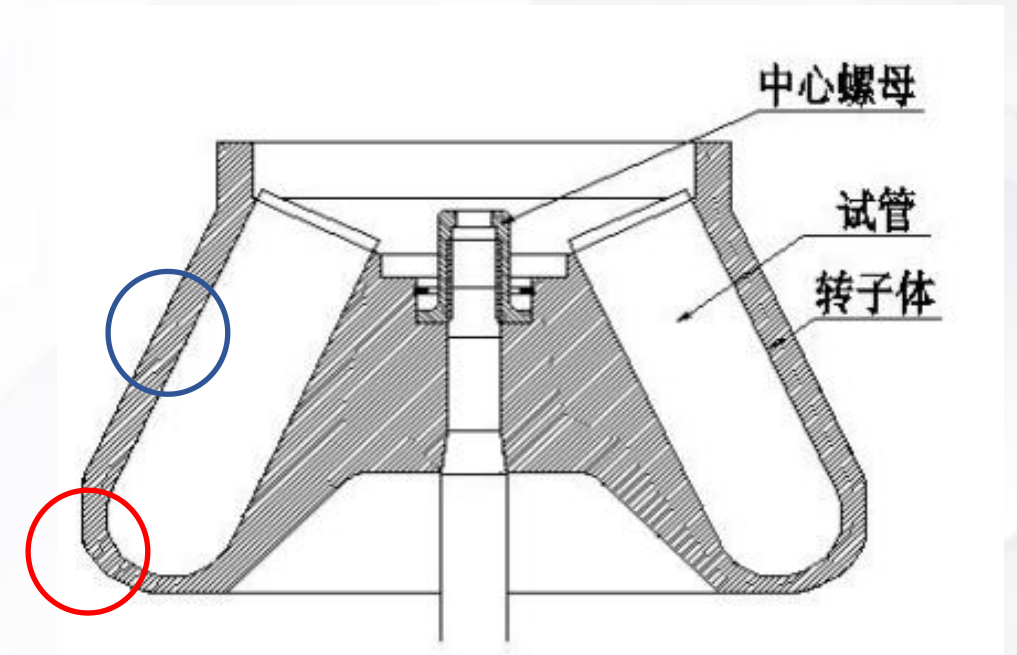
- 离心管中不同位置受力不同

- 转子标注的最大离心力一般是指在最大转速时离心管底的受力

- 举例: 已知转速为3000 rpm, 有效离心半径为15 cm, 则离心力

$\text{RCF} = 15 \times 11.18 \times 10^{-6} \times 3000^2 = 1509.3 \text{ } g$; 当转速升至9000 rpm, $\text{RCF} = 1509.3 \times (9000/3000)^2 = 13583.7 \text{ } g$

- 应以离心力RCF, 而不是转速RPM作为统一参数



离心机的分类

- 按最大转速/离心力划分：

低速离心机：<8000 rpm, 10000 g

高速离心机：10000 ~ 25000 rpm, <50000 g

超速离心机：30000 ~ 150000 rpm, ≥ 505000 g

- 按工作温度划分：

- 常温
- 制冷

- 按安放位置划分：

- 桌面，落地

- 按大小/离心容量划分：

- 掌上、微型、中型、大容量、超大容量

- 按用途划分：

- 制备式，分析式



① eppendorf
迷你掌上离心机

② eppendorf
常温小容量离心机

③ eppendorf
冷冻微型离心机



④ eppendorf
常温中等容量离心机



⑤ eppendorf
冷冻大容量离心机



⑥ eppendorf
落地式高速冷冻离心机



⑦ eppendorf
落地式超速冷冻离心机

超速离心机 vs 常规离心机

一、离心速度

最大区别在于离心速度。超速离心机的最高转速可达30000 rpm以上，而常规离心机一般转速范围为5000 rpm至20000 rpm。超速离心机离心速度更高，可以更快速地分离出更小的细胞和微粒。

二、温控系统

超速离心机都带有温控系统

三、真空系统

超速离心机引入了真空系统，其目的是减少转头在高速运转时空气与转头间发生摩擦而产生的阻力和热量。

- 门盖设计不同
- 程序运行前有抽真空步骤
- 程序结束后，去真空后才能打开门盖

四、离心管和转头

超速离心机使用的离心管和转头通常比常规离心管和转头的耐受力更高，对材质和工艺的要求更高。

五、应用范围

超速离心机适用于对离心力有更高要求的实验。



贝克曼Optima MAX-TL 台式超速离心机
最大离心速度：657,000 g/120,000 rpm
最大容积：40.8 ml



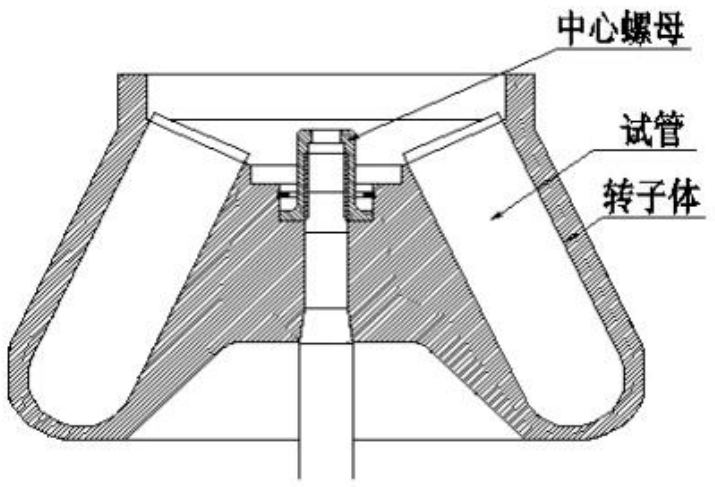
贝克曼 Optima XE 超速离心机
最大离心速度：802,400 g/100,000 rpm
最大容积：1,500 ml

离心机转子及更换工具

常见类型为固定角转子和水平转子（又称吊桶转子、摇摆转子），不常见的有垂直转子、连续流动转子、区带转子。

气密性 (aerosol-tight) 转子：能防止气溶胶泄露，用于有感染风险的样品的离心。

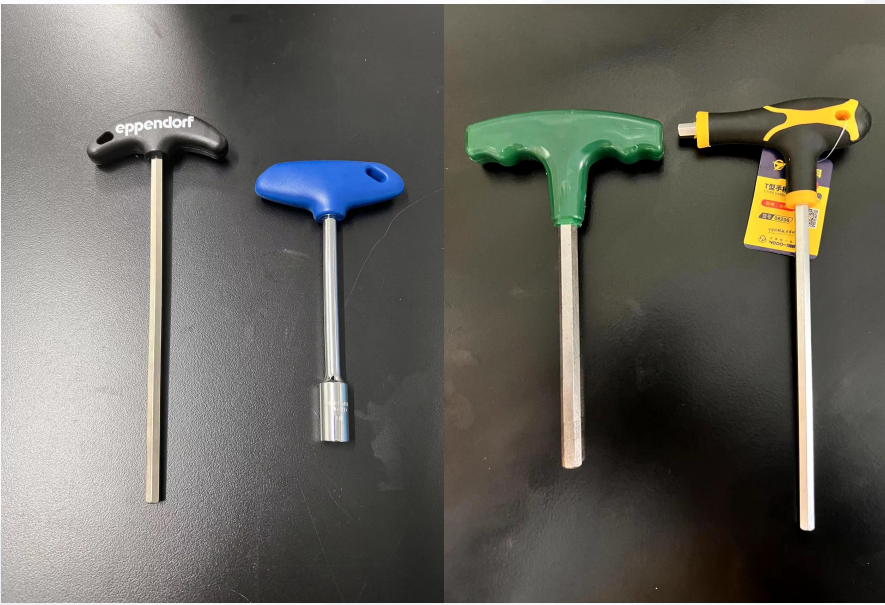
角转子



水平转子



(注意：不同品牌离心机转子的中心螺母设计及尺寸不同，安装拆卸时需使用对应品牌附带的T型扳手)

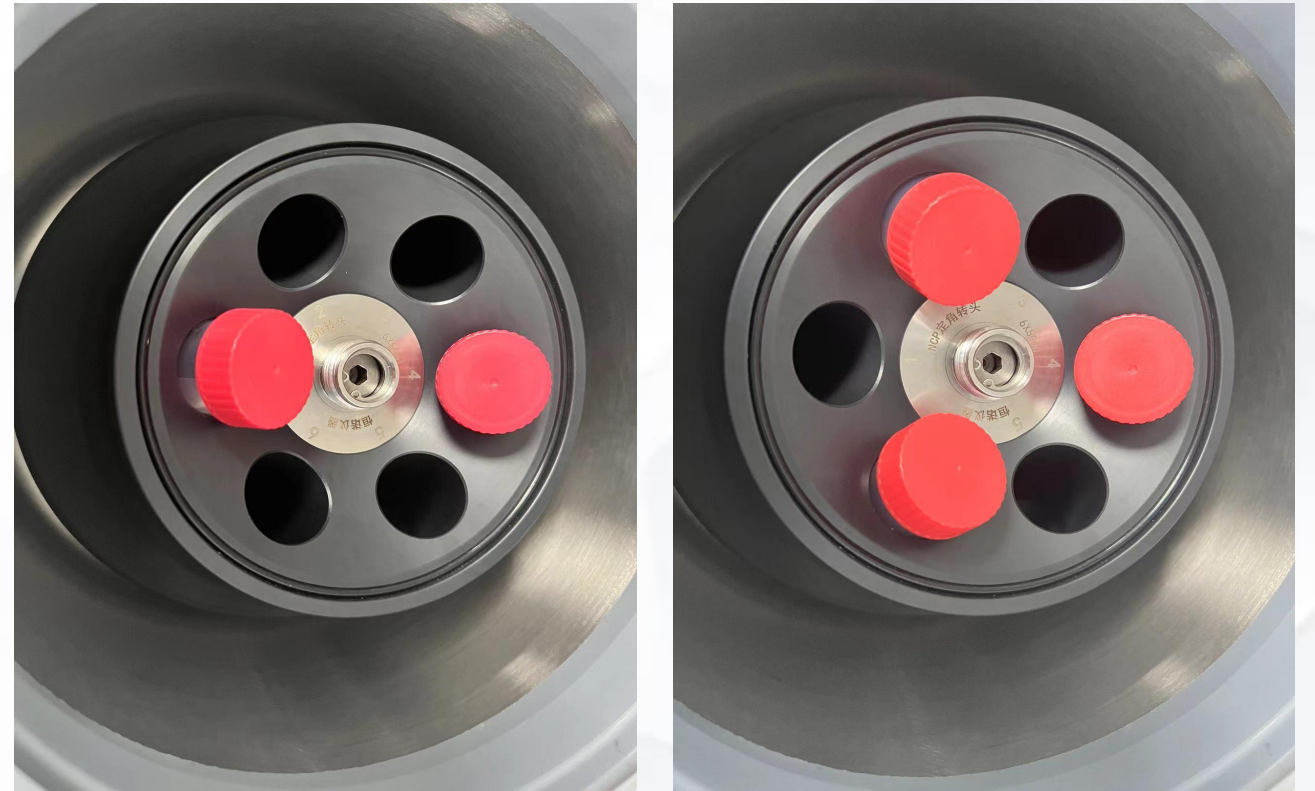


离心管配平及放置

1.离心管的配平

离心速度越高，对配平的要求越高！

重量偏差不得超过离心机说明书上所规定的范围。低速离心重量偏差一般不超过1g，高速离心($\sim 15000 \times g$)要求偏差不得超过0.1g，超速离心必须称量离心管（含样品；吊桶类转子应带着吊桶一起称重），偏差不应超出0.01g量级。离心失衡超出许可范围，一般都会自动停转。离心机抖动及异常噪音意味着未配平，应及时停止，配平后再继续。超速离心时，离心管装载量不能过低，否则易变形，无盖离心管无需装满。



2.离心管的放置

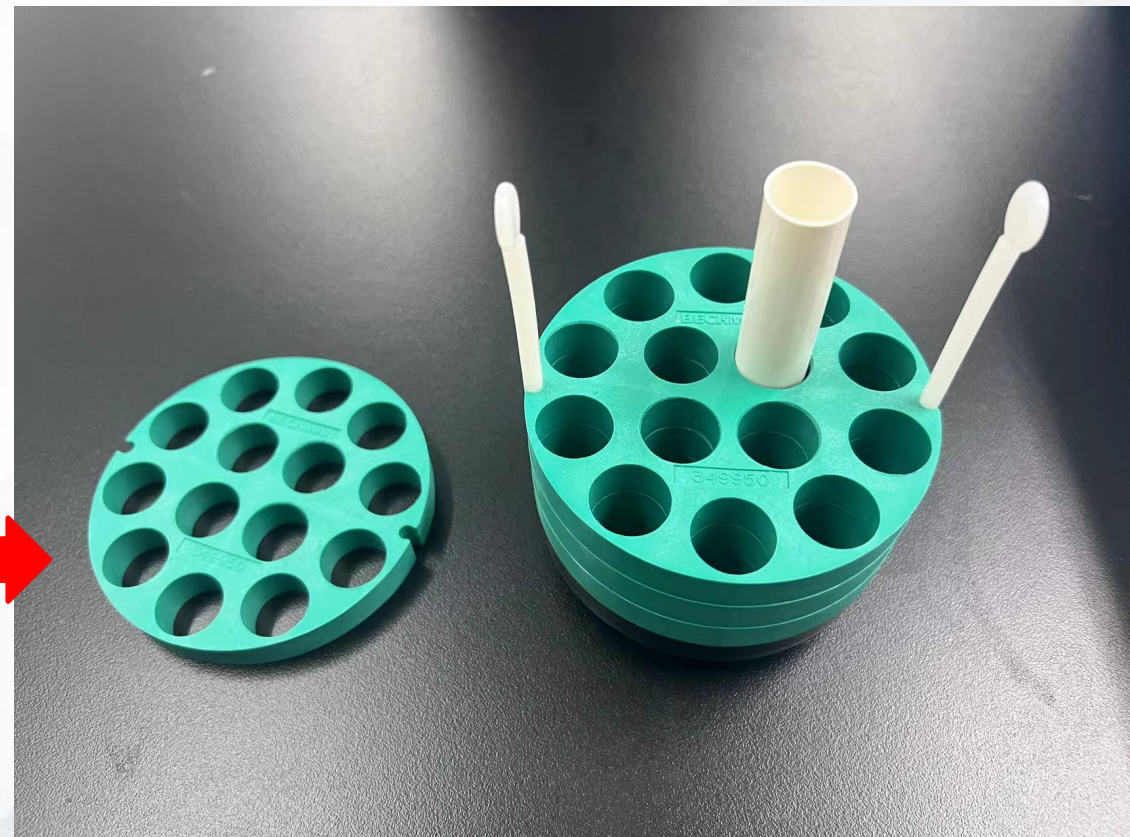
离心时离心管应遵循轴对称或中心对称放置，管子放置时白面书写区朝内，透明面朝外离心后更容易观察到沉淀。

吊桶转子的提篮配平



离心管适配器要旋转到中心对称的位置,样品按对称管孔放置;
(有的离心机要求, 离心时, 未放入样品管的吊桶不应拿下)

(部分品牌如贝克曼的离心管适配器可根据需要拆装增减模块高度)



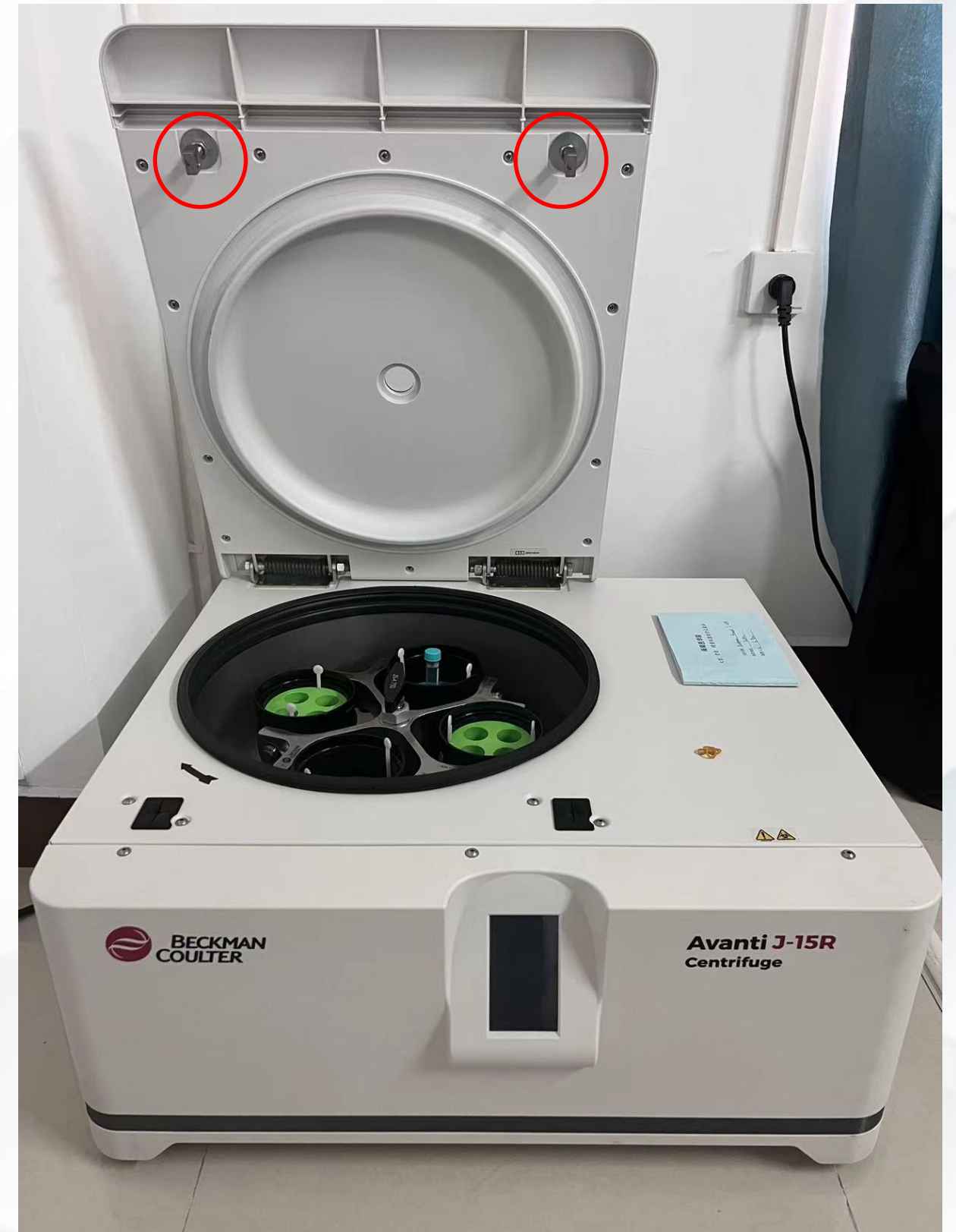
离心机基本操作步骤

- ① 打开电源开关，打开离心机的门取出转子盖；
- ② 将离心样品配平，以中心对称的方式装载到转子中；
- ③ 拧紧转子盖，关闭离心机门盖，确认离心机门锁扣已平衡关上；
- ④ 设置离心参数：离心速度（RPM/RCF），离心时间，离心温度（若离心条件要求低温需提前打开机器预冷）以及选择加速和减速速率(常0-9档，一般设定最高，如有特殊要求，可适当降低)；
- ⑤ 确认所有参数无误，按START键开始；
- ⑥ 离心完毕后，打开离心机，取出样品（若是低温离心，在离心机未完全干燥之前，不要盖上离心机的门盖及转子盖）；
- ⑦ 使用完毕后，填写仪器使用记录（如果有要求）。



离心机门盖注意事项

- Beckman离心机门盖特点
 - 有两个锁舌（**红圈处**）。关闭门盖时，需双手同时用力按压门盖两侧，确保左右锁舌都卡死，否则不会运行
- 运行前正确关闭门盖
 - 双手平行按压门盖两侧；**预制冷时也要关闭门盖**
- 完全停止后才能打开
 - 点击“Open”时，有些离心机的门盖会自动弹开，开门前应保持距离以免受伤
- 冷冻离心机使用后，门盖要打开晾干冷凝水，或擦干
- 不用时，门盖要掩上，但不宜关闭（弹簧、锁舌受力情况）



离心机、转子以及适配器的选择

- 常温，冷冻
- 需要的离心力
- 角转子，水平转子（沉淀位置不同，可能对后续实验影响很大）
- 样品容积、数量
- 现有的离心机型号、配备的转子型号和离心管适配器（见后）

转子注意事项

- ① 高速离心时要特别注意适配的管底类型（圆底管/锥底管）
- ② 安装转子时，螺母必须旋紧。长期不更换的转子要经常检查是否有松动，长期不用的离心机，最好将转子取下保存
- ③ 转速/离心力设置不能超过转子的最大转速/离心力
 - ◆ 离心机如果能自动识别转子，设置超出最大转速时，会在识别出正确转子后自动降为最大速度
 - ◆ 离心机如果不能自动识别转子，设置的转子型号必须与实际所用转子一致（具体见下一张PPT）
- ④ 转子盖必须旋紧。
 - ◆ Eppendorf的新型转子盖都采用卡扣设计，旋转听到咔嚓一声，并且不能再旋为止

转子型号必须设置正确

使用前确认仪器所安装转子和设置的型号是否一致以及可承受最高转速；



NO.1

容量：500ml×4

转速：4000r/min

离心力：3220×g

[点击查看适配转子](#)



NO.3

容量：10ml×12

转速：12000r/min

离心力：14800×g

适配器：1.5ml、5ml



转子型号设置错误，可能导致超出转子最高转速，易造成转子及转轴损坏；

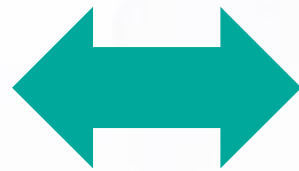
另外，可能导致实际离心力与预设不符，造成实验失败，甚至导致离心管破裂，轻则样品外溢污染或腐蚀离心机内腔，产生气溶胶逃逸等，重则引起转子轴弯曲或断裂，使仪器无法继续使用甚至是造成安全事故。

转子盖必须旋紧

启动前确保转子盖是否已旋紧和扣实，以确保离心过程不会松动；



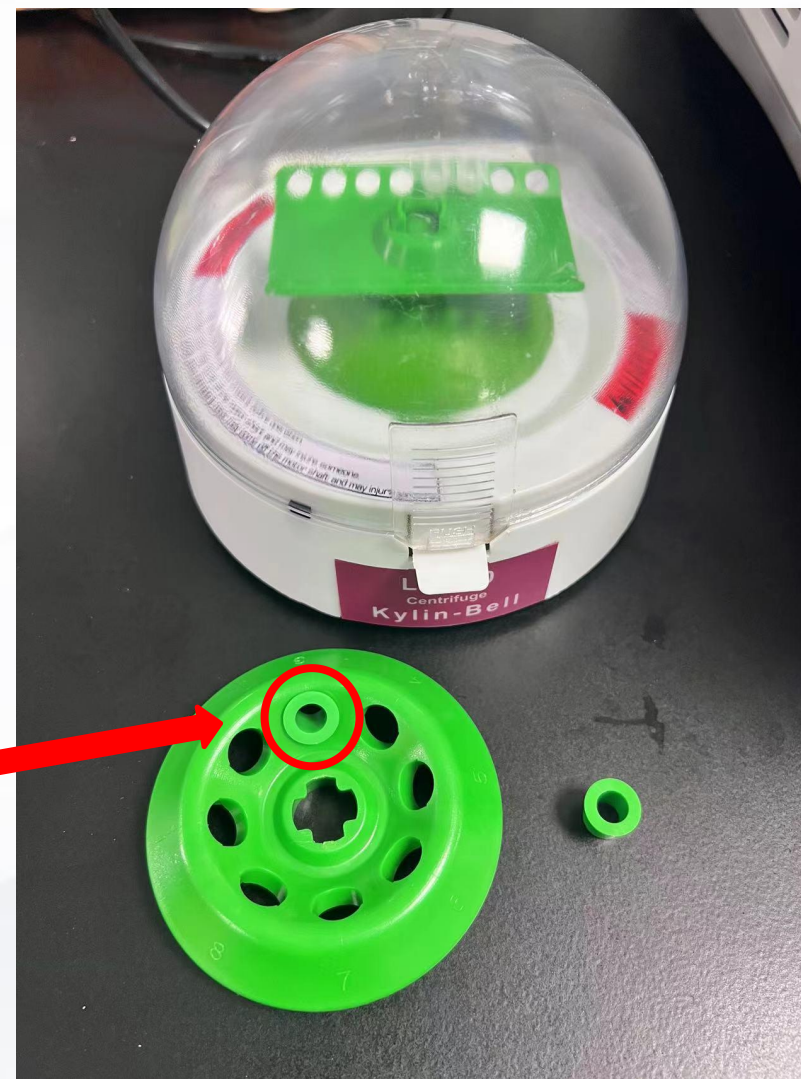
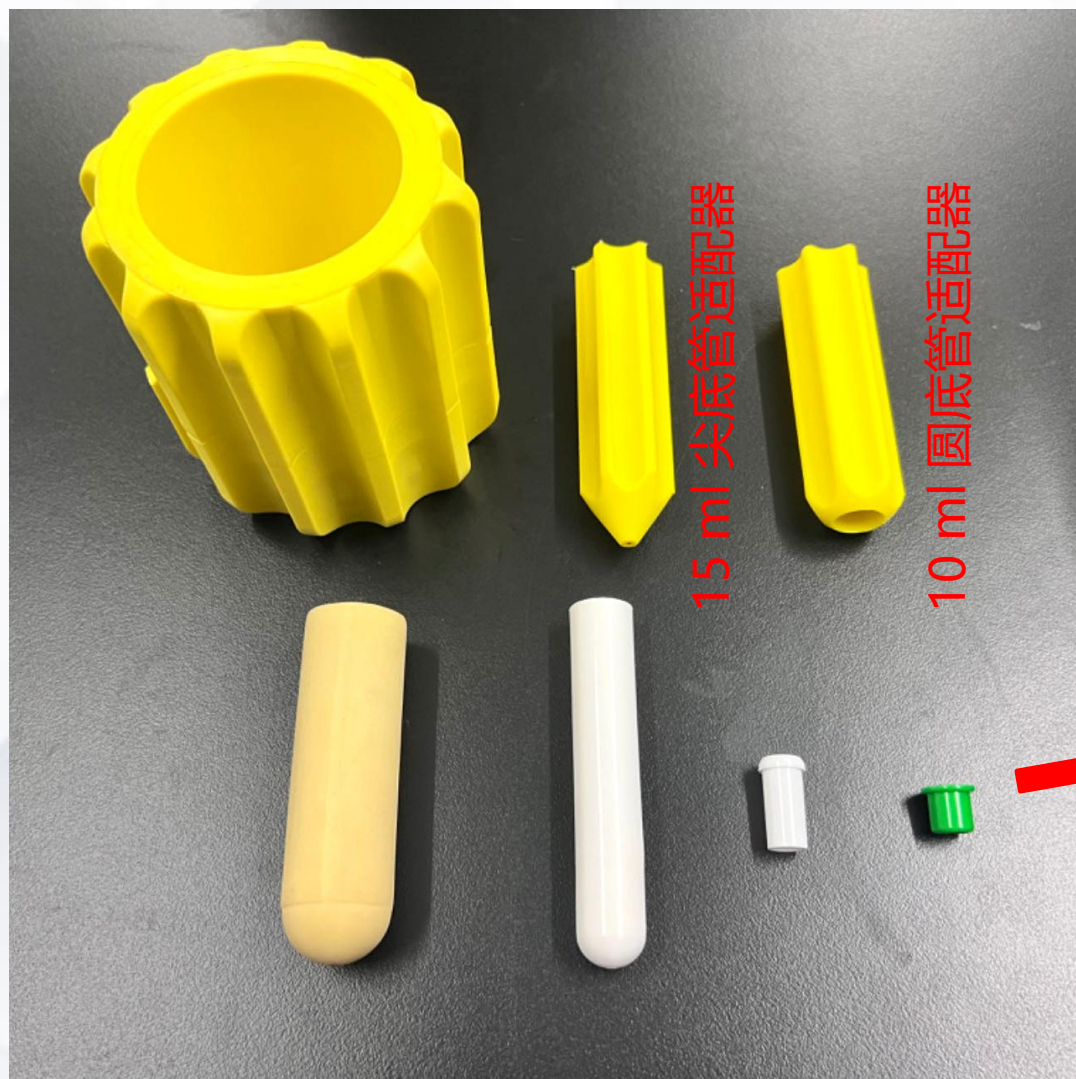
水平转子无转子盖，则应确保离心机门盖已盖实。



使用时转子盖未旋紧，在高速离心过程中易造成转子盖松脱飞出，损坏转子和离心腔，在极高转速下甚至会撞破离心机门盖，危及实验人员的生命安全和造成实验室公共财产损失。

离心管适配器

- 不同品牌离心机往往配有对应转子型号的适配器，使转子能适用于更小的离心管。
- 特别要注意的是使用前要确认适配器的底是否与转子管孔底座匹配，离心管是否与适配器管孔底座匹配。



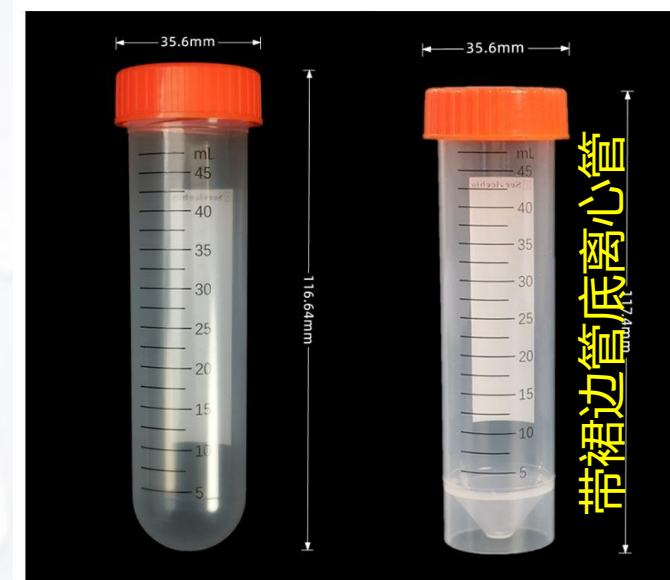
(例：恒诺离心机的10 ml 圆底管适配器，不能用于15 ml的尖底离心管，管底不匹配会突出一截)

离心管的选择

- 根据离心容量、离心力及可利用的转子和离心管适配器，选择合适的离心管或离心瓶
- 普通的离心管及高速专用的离心管，各种型号离心瓶
- 高速离心时，离心管底必须与转子（或适配器）的管孔底座匹配（圆形底/锥形底/平底）；带裙边管底离心管一般不用于离心
- 使用前应确认所使用离心管的完好以及管可承受最高离心力，严禁超速过载运转
 - 15/50ml普通离心管耐受力一般在**12000-15000 g** 之间，1.5/2ml普通离心管耐受力一般在**12000-20000 g** 之间
- 强腐蚀性物品、有机溶剂一般不可离心；必须离心时，要格外注意离心管材料的兼容性



(例：Bioland的PP/PC材质圆底高速离心管可用于50000 g 的冷冻或非冷冻离心机)

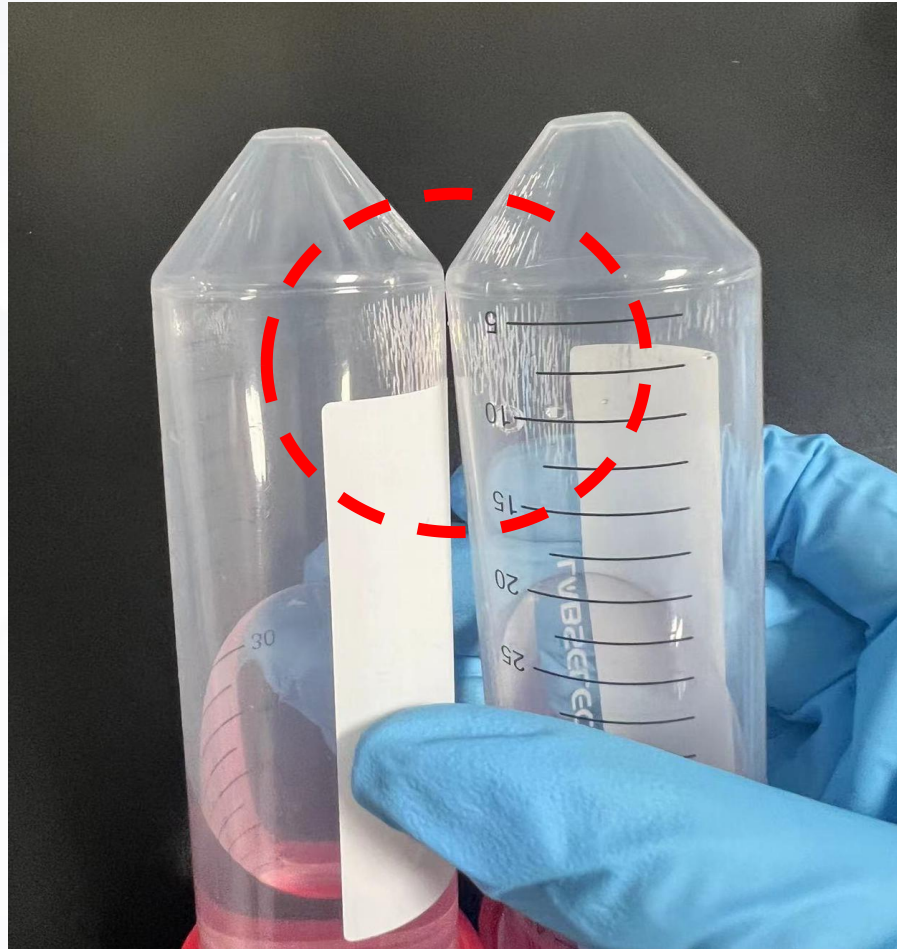


(例：Servicebio的普通离心管官方标明的最大耐受离心力为17500 g)

离心管的耐受力及测试

- 正式实验前，最好用RO水实测离心管的耐受力
- 耐受力与装载量密切相关
 - 标注的耐受力为额定装载量时的耐受力。降低装载量时，可以稍提高离心力，但必须实测，且不易提高过多；速度过高，管盖处有断裂风险，脱落后会造成离心机失衡。离心机在高速运行时突然失衡，有可能导致离心机损毁。跟启动加速时失衡不一样，加速时失衡会自动停转，一般不会造成严重损坏。不建议超出标注的耐受力！
 - 超出额定装载量时，要降低离心速度，否则易出现管变形、漏液、甚至管破裂、断裂等情况，可造成严重事故。

离心管的破裂风险



转速过高时，可导致离心管形变甚至破裂、液体泄露，严重时可导致离心机损坏。

(以上图片皆为未超出离心管标注耐受力时出现的情况)

中心目前已购离心机一览

① 其林贝尔 LX400
迷你掌上离心机



转子：1.5mlx8孔，
0.2ml 8联管x2
(最大转速：6000转/分钟)

② eppendorf 5425R 高
速冷冻离心机



转子型号：FA-24x2
1.5mlx24孔
(最大RCF：21300×g)

③ 卢湘仪 TG18.5 台
式高速离心机



转子型号：NO.3/NO.4/NO.7
8x15ml/6x50ml/24x1.5ml
(最大RCF：14800×g/13000×g/16110×g)

④ 卢湘仪 TD5Z
多管架自动平衡离心机



转子型号：水平转子NO.1
12x50ml/36x15ml
(最大RCF：3220×g)

⑤ eppendorf 5810R 高速冷冻离心机
(细胞房)



转子型号：S-4-104/FA-45-30-11/FA-45-6-30
(最大RCF：3214×g/20817×g/20133×g)

⑥ 恒诺 GX16R 低
温高速离心机



转子型号：6x50ml
(最大RCF：16980×g)

⑦ BECKMAN Avanti J-15R
多管架自动平衡离心机



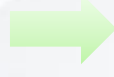
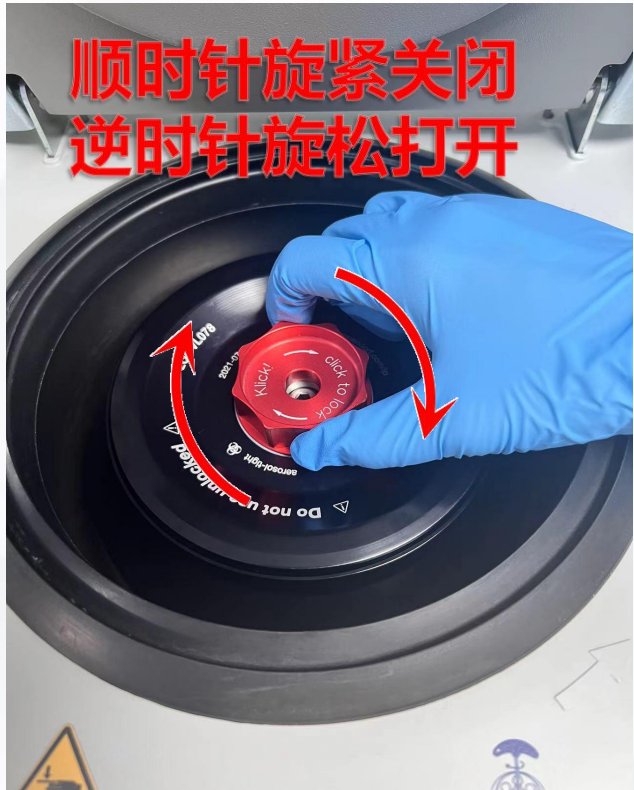
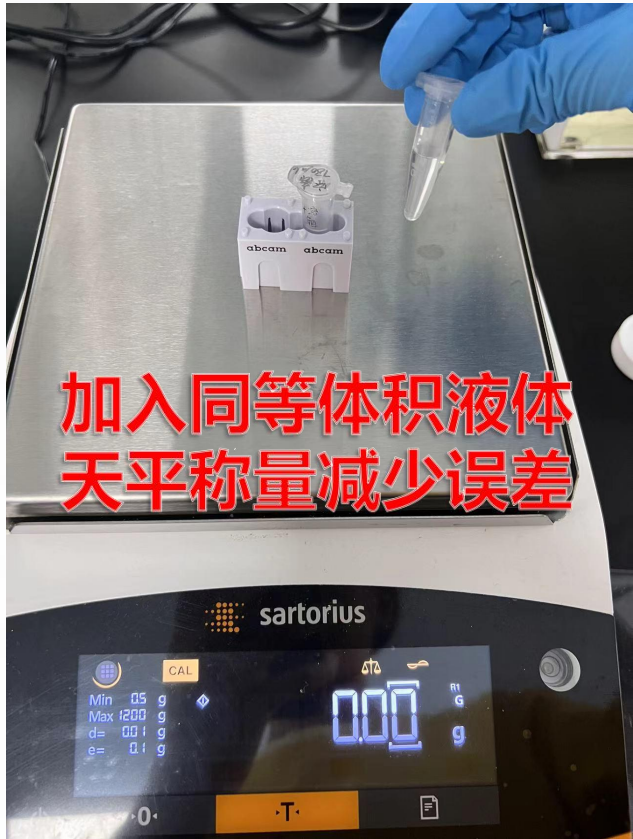
转子型号：JS-4.750
(最大RCF：5250×g)

⑧ BECKMAN Allegra 64R 高速
冷冻台式离心机

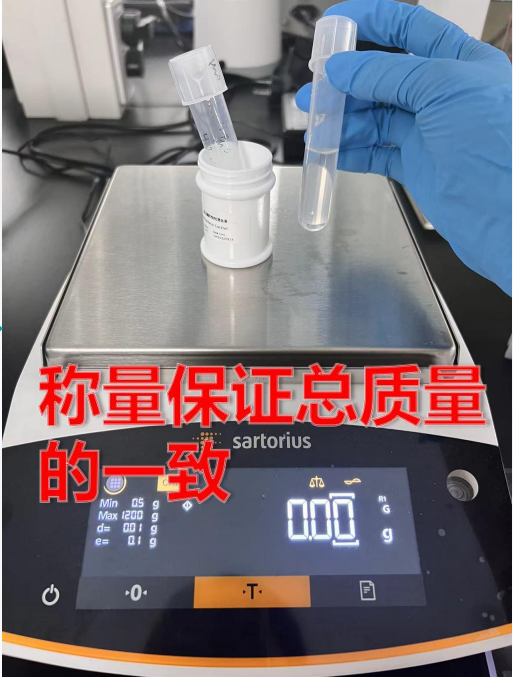
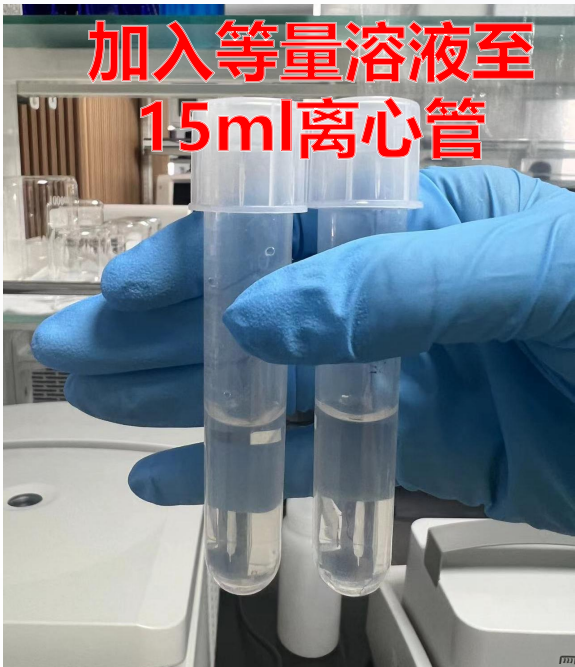
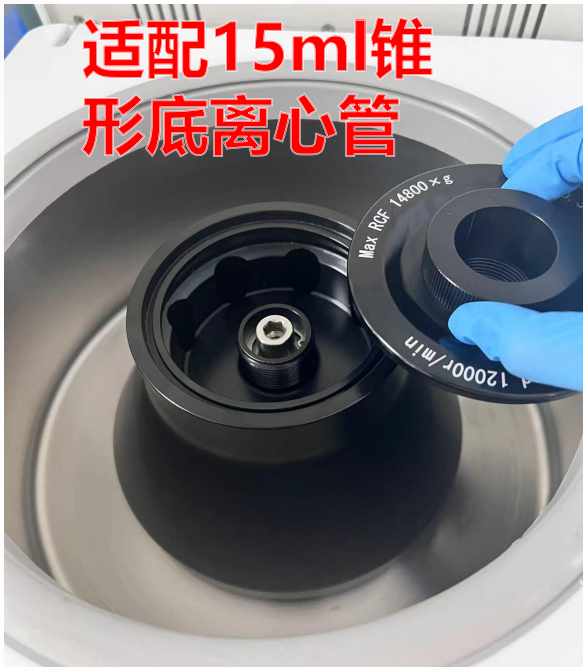
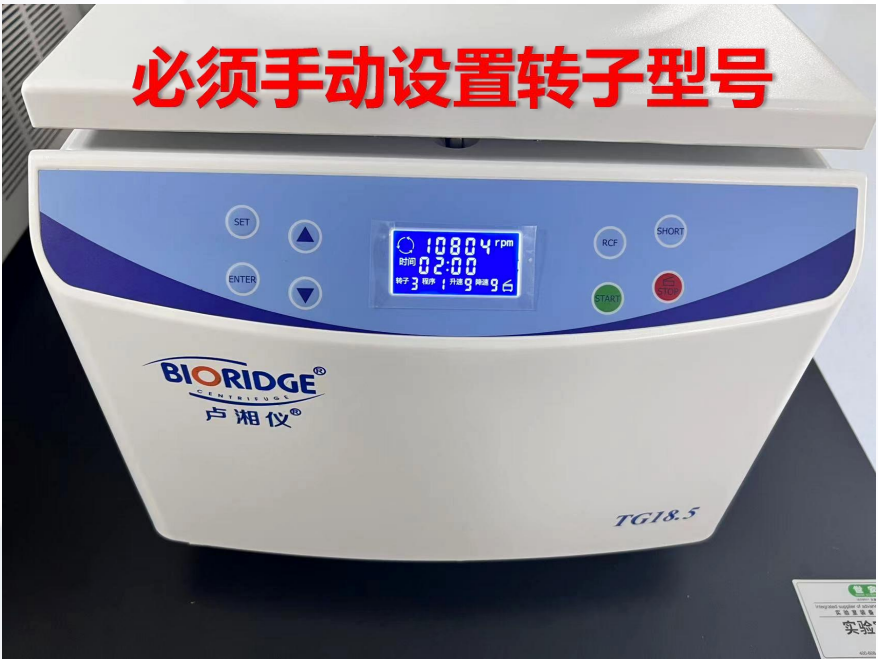


转子型号：F2402H/F0850/S0410
(最大RCF：61970×g/29220×g/10733×g)

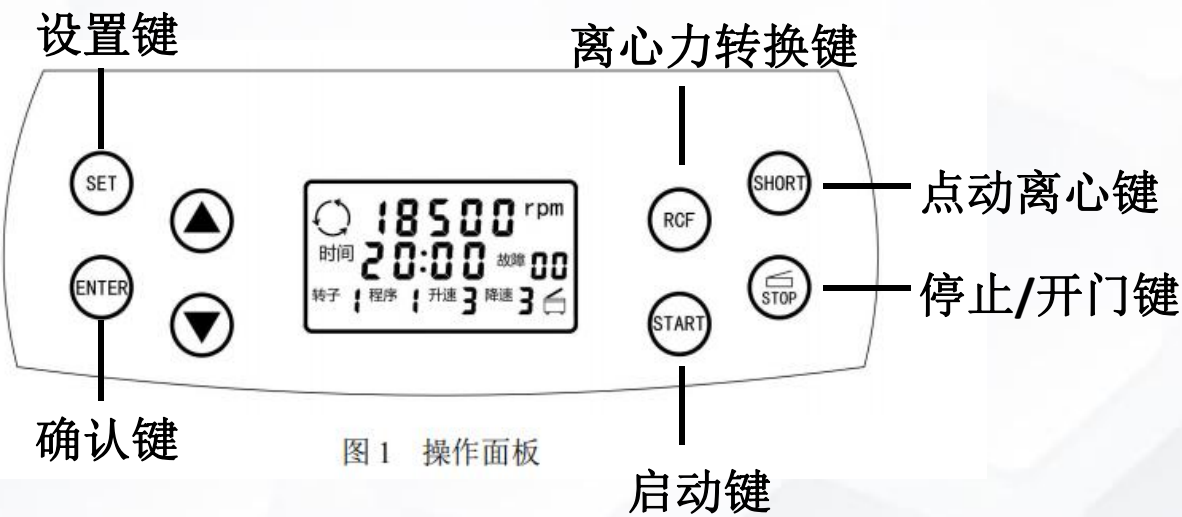
示例：① Eppendorf 5425R 冷冻微型离心机使用流程



② 卢湘仪TG18.5 台式高速离心机使用流程

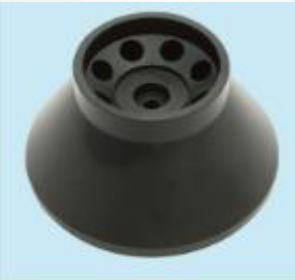


点击START启动离心



(三种转子，分别安装在5台离心机上，未配置适配器)





NO.3
容量: 15ml×8
转速: 12000r/min
离心力: 14800×g
适配器: 1.5ml、5ml



NO.4
容量: 50ml×6
转速: 12000r/min
离心力: 13000×g
适配器: 15ml、20ml



NO.7
容量: 1.5/2.2ml×24
转速: 13200r/min
离心力: 16110×g
适配器: 0.2ml、0.5ml

转轴已经生锈，长期使用应留意转轴承受力是否变差！

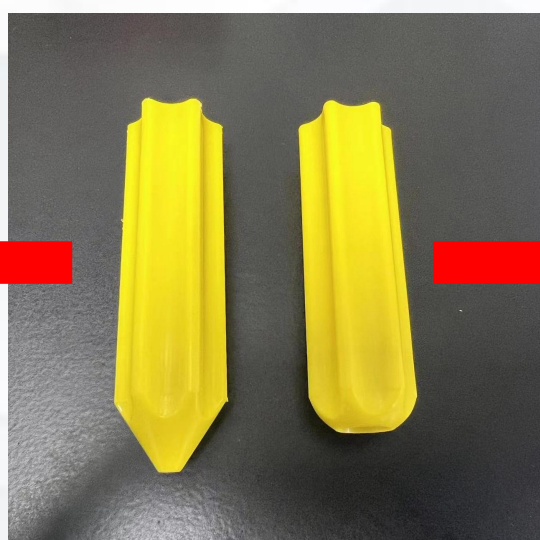
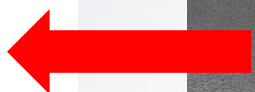
③恒诺低温高速离心机 GX16R（触控屏）



转子容量：6x50ml
(最大离心速度：16980×g /12000rpm)



电磁阀补热噪音很大，降温快，长间隔不用时最好关机；
超过20 min无操作会进入节能状态，压缩机制冷和电磁阀补热都会自动关闭，应及时取走样品。



(配有尖底15ml/圆底10ml两种离心管适配器)

④卢湘仪 TD5Z 多管架自动平衡离心机（低速常温）



转子型号：水平转子NO.1
(最大RCF：3220× g)



可适配15ml和50ml管
吊桶也可以放入500ml大容量离心瓶



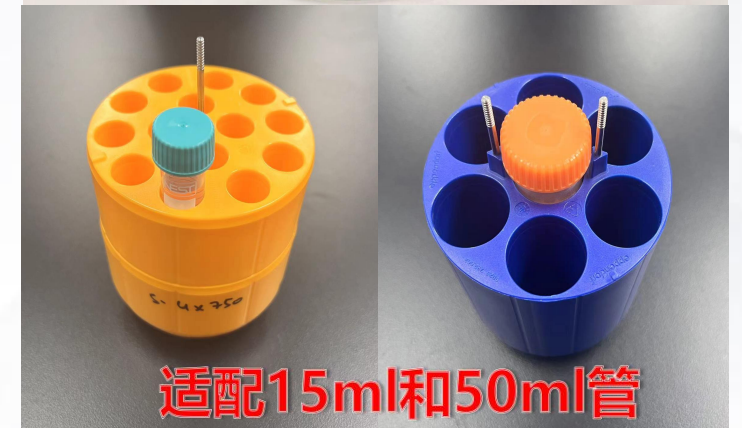
编号	1136218
材质	PPCO
容量 (ml)	500
尺寸 (O.DxH,mm)	69.5x170.2
最大离心力 (xg)	15000
最小包装 (支)	12



⑤eppendorf 5810R 高速冷冻离心机 (细胞房)



水平转子S-4-104
(最大离心速度: $3214 \times g$ / 3900rpm)



适配15ml和50ml管



适配50ml尖底离心管

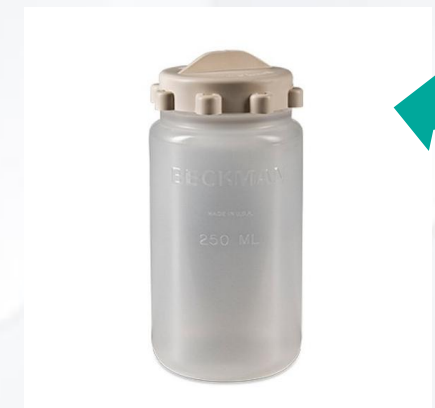
(图左) 固定角转子FA-45-30-11
1.5ml/2mlX30孔
(最大离心速度: $20817 \times g$ / 13700rpm)

(图右) 固定角转子FA-45-6-30
50mlx6孔 (含15ml管适配器)
(最大离心速度: $20133 \times g$ / 12100rpm)

⑥贝克曼 Avanti J-15R 多管架自动平衡离心机（可制冷）



适配15ml和50ml离心管
吊桶也可以放入大容量离心瓶及适配器



(例: Beckman 贝克曼 356011
250 mL PP离心瓶带旋盖)

JS-4.750 吊桶式转头
最大容量: 4 x 750 ml
最大离心速度: 5,250xg/4750rpm

⑦贝克曼 Allegra 64R高速冷冻台式离心机



F2402H 定角转头
24×1.5ml / 2.0ml
最大离心速度: $61970 \times g$ /
26000rpm



S0410 水平转头
4x10ml
最大离心速度: $10733 \times g$ /
10000rpm



F0850 定角转头
8x50ml
最大离心速度: $29220 \times g$ /
16500rpm
(只能放入4只普通50ml离心管)

适配50ml圆底离心管

离心机的日常维护

- ① 日常使用时离心机机体和腔内需保持干燥，使用完毕后可通过打开盖门自然蒸发或用干燥棉纱布擦干后再将盖门关闭；
- ② 定期清洁保养：清洁使用中性清洁剂或蒸馏水，转子使用无水乙醇或蒸馏水；环境潮湿离心腔易生长霉菌要经常清理；
- ③ 有样品泄露污染时要及时清除，必要时将转子取下，进一步清理消毒；
- ④ 定期检查维护：首先，检查转子是否有松动、磨损或裂纹等现象。其次，检查离心机的密封性能，如密封圈是否完好，有无磨损、腐蚀、漏气、漏液现象。此外，还需检查电源插头和电线等是否正常，留意日常使用过程中是否有异常噪音、振动等情况。如有异常，应及时上报，停机检查或请专业人员进行维修。
- ⑤ 使用完毕后应关闭仪器和切断电源。

事故处理

①实验室突发断电，仪器正在使用，或使用完后样品未取出，通电重启后机盖无法打开。



立即切断电源，待恢复电源后重启打开机盖取出样品；或通过查询使用说明书故障号、上报负责人和电话咨询官方客服，在其指导下安全操作打开机盖。

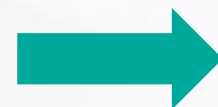
②离心过程中离心管发生破裂，样品外溢至转子或离心腔中。



尝试按FASTSTOP停止离心，若无法停止则切断电源，让机器静置30min左右再打开。若样品带有感染性或腐蚀性，用75%乙醇彻底清洗消毒转子和离心腔。

里面的细菌团等污染物要用刷子刷干净

③离心过程中转子盖松动脱落或转子松动发生脱落。



处理方法同②离心管破裂，该情况在高速离心的条件下通常会造成转子或离心腔损坏，在确认实验人员安全后应尽快上报，联系工程师检查维修，及时更换损坏零件。

思考题：

前边提过了离心力的转换关系：

$$g = r \times 11.18 \times 10^{-6} \times \text{rpm}^2$$

日常实验最常用到的桌面微型离心机，安装的转子一般是适用于1.5ml/2ml离心管，其有效离心半径一般是多少？当RCF=RPM时，RPM大致是多少？？

THANKS!