

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 2004—2022

医用离心机校准规范

Calibration Specification for Medical Centrifuges

电子受控文件

ZCJZ/BZ-YL155

山东中测校准质控技术有限公司

2022-12-07 发布

2023-06-07 实施

国家市场监督管理总局 发布

医用离心机校准规范

Calibration Specification for

Medical Centrifuges

JJF 2004—2022

归口单位：全国惯性技术计量技术委员会

主要起草单位：中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所

扬州英迈克测控技术有限公司

南京市计量监督检测院

中国船舶重工集团公司第七五〇试验场

参加起草单位：云南省计量测试技术研究院

湖南赫西仪器装备有限公司

陕西省计量科学研究所

本规范委托全国惯性技术计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

董雪明（中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所）

陈启山（扬州英迈克测控技术有限公司）

崔 磊（南京市计量监督检测院）

张荣阁（中国船舶重工集团公司第七五〇试验场）

参加起草人：

杨 波（云南省计量测试技术研究院）

寻继勇（湖南赫西仪器装备有限公司）

杨刚炜（陕西省计量科学研究所）

市场监管总局

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 转速范围	(2)
5.2 转速示值相对误差	(2)
5.3 转速稳定度	(2)
5.4 升降速时间	(2)
5.5 定时相对误差	(2)
5.6 噪声	(2)
5.7 温度偏差	(2)
5.8 试液温升	(2)
5.9 升降温速率	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 校准环境条件	(2)
6.2 测量标准及设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准项目	(3)
7.2 校准方法	(4)
8 校准结果表达	(6)
9 复校时间间隔	(7)
附录 A 校准证书内页格式	(8)
附录 B 医用离心机主要参数的测量不确定度评定示例	(9)
附录 C 无线法测量医用离心机	(12)

引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成制定本规范的基础性系列规范。本规范参照了 GB/T 30099—2013《实验室离心机通用技术条件》、JJG 972《离心式恒加速度试验机》和 YY/T 0657—2017《医用离心机》相关技术要求。

本规范为首次发布。

市场监管总局

医用离心机校准规范

1 范围

本规范适用于转速范围在（20～100 000）r/min 且有观察窗的医用离心机校准。没有观察窗或者不方便直接测量的医用离心机校准，推荐参考附录 C 的方法。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 972 离心式恒加速度试验机

GB/T 30099—2013 实验室离心机通用技术条件

YY/T 0657—2017 医用离心机

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语

3.1 医用离心机 medical centrifuge

在医学、生物学和药理学等领域广泛使用的一种可以以不同的角速度绕回转轴稳速旋转的标定或试验设备。

3.2 满载 full-load

医用离心机在最大负载情况下的运转。

3.3 空载 no-load

医用离心机在无负载情况下的运转。

4 概述

医用离心机是利用旋转运动的离心力以及浮力密度的差异进行分离、浓缩和提纯生物样品中各成分的设备。它通常由转动装置、速度控制系统、离心室、离心转盘及底座等组成，广泛应用于医学、生物学和药理学等相关实验室和血站、体检中心、医院等医疗机构中。

医用离心机种类较多，有很多种分类方法：按结构可以分为台式医用离心机和立式医用离心机（也称落地式医用离心机）；按有无温度控制系统可以分为冷冻医用离心机（也称低温医用离心机）和常温医用离心机；按离心方法可以分为制备型医用离心机和分析型医用离心机；按速度可以分为低速医用离心机、高速医用离心机和超速医用离心机，见表 1。

表 1 医用离心机按照速度分类

分类	转速范围
低速医用离心机	$n < 10\,000 \text{ r/min}$
高速医用离心机	$10\,000 \text{ r/min} \leq n \leq 30\,000 \text{ r/min}$
超速医用离心机	$n > 30\,000 \text{ r/min}$

5 计量特性

5.1 转速范围

在满载条件下，转速满足最大允许误差要求的最低、最高转速确定的范围。

5.2 转速示值相对误差

在满载条件下，低速医用离心机的转速示值相对误差应不超过 $\pm 2.5\%$ ；高速医用离心机、超速医用离心机的转速示值相对误差应不超过 $\pm 1.0\%$ 。

5.3 转速稳定度

医用离心机在满载和规定转速条件下，转速稳定度应不超过 1.0% 。

5.4 升降速时间

医用离心机在满载条件下，从最低转速升到最高转速时间应不超过 7 min ；从最高转速降到最低转速的时间应不超过 10 min 。

注：不同速度、不同容量的医用离心机要求不一定相同，如果有特殊要求，则按照其要求执行。

5.5 定时相对误差

医用离心机在空载条件下，定时相对误差应不超过 $\pm 1\%$ 。

5.6 噪声

医用离心机噪声应不超过 70 dB (A) 。

5.7 温度偏差

温度偏差应不超过 $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

5.8 试液温升

医用离心机按照要求运行一定时间（如超速医用离心机运行 10 min ，高速医用离心机运行 15 min ，低速医用离心机运行 20 min ）后，超速医用离心机、高速医用离心机的试液温升均应不超过 $12 \text{ }^\circ\text{C}$ ；低速医用离心机的试液温升应不超过 $10 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

5.9 升降温速率

在正常的实验室环境温度条件下，医用离心机的离心腔温度从室温（如 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ）降到 $4 \text{ }^\circ\text{C}$ 应不超过 20 min ；离心腔温度从 $4 \text{ }^\circ\text{C}$ 升到室温的时间应不超过 15 min 。

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 校准环境条件

温度： $15 \text{ }^\circ\text{C} \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ；

相对湿度：20%~80%。

6.2 测量标准及设备

校准用标准装置及配套设备如表 2 所示。

表 2 校准用标准装置及推荐技术指标

序号	校准用标准装置及配套设备		用途
1	转速测量仪 (具备同步 计时功能)	测量范围：20 r/min~10 000 r/min 0.2 级 计时误差：±0.5 s	转速范围 转速示值相对误差 转速稳定度 升降速时间 定时相对误差
		测量范围：≥10 000 r/min 0.1 级 计时误差：±0.1 s	
2	声级计	2 级	噪声
3	温度测量仪 (具备同步 计时功能)	测量误差：±0.5 ℃ 计时误差：±0.1 s	温度偏差 升降温速率

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目如表 3 所示。

表 3 校准项目一览表

序号	校准项目		校准方法
1	转速范围	最低转速	7.2.1
		最高转速	
2	转速示值相对误差		7.2.2
3	转速稳定度		7.2.3
4	升降速时间	升速时间	7.2.4
		降速时间	
5	定时相对误差		7.2.5
6	噪声		7.2.6
7	温度偏差 *		7.2.7
8	试液温升 *		7.2.8
9	升降温速率 *	降温速率	7.2.9
		升温速率	

注：带星号“*”的校准项目仅适用于冷冻医用离心机（低温医用离心机）。

7.2 校准方法

7.2.1 转速范围

7.2.1.1 最低转速

在满载条件下，控制医用离心机以最低转速工作，当转速达到设定值后，记录转速测量仪的测量值，共记录 10 次，取其平均值。满足 5.1 要求的平均值作为该医用离心机的最低转速。

7.2.1.2 最高转速

在满载条件下，控制医用离心机以最高转速工作，当转速达到设定值后，记录转速测量仪的测量值，共记录 10 次，取其平均值。满足 5.1 要求的平均值作为该医用离心机的最高转速。

7.2.2 转速示值相对误差

在满载条件下，至少选取包括上限值和下限值在内的 5 个校准点，分别计算每个转速点的转速示值相对误差。

按照选定的校准点分别控制医用离心机，当转速达到设定值后，记录转速测量仪的测量值，共记录 10 次，则该校准点的转速相对误差按公式 (1) 计算：

$$\delta = \frac{\bar{n} - n_0}{n_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

δ ——医用离心机的转速示值相对误差；

n_0 ——医用离心机的设定转速，r/min；

\bar{n} ——转速测量仪 10 次测量值的平均值，r/min。

取上述转速相对误差中的最大值作为该医用离心机的转速相对误差。

7.2.3 转速稳定度

在满载条件下，在医用离心机最高转速下进行校准。当转速达到设定校准点后，利用转速测量仪每隔 2 min 测量并记录一次数据，共记录 10 组数据，其稳定度按公式 (2) 计算。

$$S_n = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{\bar{n}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

S_n ——医用离心机的转速稳定度；

n_{\max} ——10 组测量值中的最大值，r/min；

n_{\min} ——10 组测量值中的最小值，r/min；

\bar{n} ——10 组测量值的平均值，r/min。

取上述转速稳定度中的最大值作为该医用离心机的转速稳定度。

7.2.4 升降速时间

7.2.4.1 升速时间

1) 在满载条件下，设定医用离心机的最低、最高转速，并记录。

2) 控制医用离心机到最低转速并保持转速稳定。

3) 控制医用离心机从最低转速升到最高转速，用转速测量仪（具备同步计时功能）同步测量医用离心机从最低转速升至最高转速时所需的时间，记为 Δt_s ，即为升速时间。

7.2.4.2 降速时间

1) 在满载条件下，设定医用离心机的最低、最高转速，并记录。

2) 控制医用离心机到最高转速并保持转速稳定。

3) 控制医用离心机从最高转速降到最低转速，用转速测量仪（具备同步计时功能）同步测量医用离心机从最高转速降至最低转速时所需的时间，记为 Δt_j ，即为降速时间。

7.2.5 定时相对误差

在空载条件下，选择给定时间为 t_{sd} ，按该给定时间控制医用离心机工作，用转速测量仪（具备同步计时功能）同步记录实际运行时间为 t_{cl} ，定时相对误差 Δt 按式（3）计算。

$$\Delta t = \frac{t_{sd} - t_{cl}}{t_{sd}} \times 100\% \quad (3)$$

7.2.6 噪声

在满载条件下，设定医用离心机转速为最高转速，控制其正常工作，在距医用离心机盖板上面和侧面（包括前、后、左、右）各 i m 处，分别用声级计进行 5 次测量。

分别计算上面和侧面各自 5 次测量结果的平均值，取其中最大值作为该医用离心机噪声。

7.2.7 温度偏差

1) 选取不少于 5 个温度点，必须包含最低和最高温度点。

2) 将装有满载转头的医用离心机控制到最高转速工作。

3) 将医用离心机离心腔温度按照选定的温度点分别设置，在每个设置条件下，当温度显示达到设定值后，记录医用离心机温度显示值和温度测量仪的测量值，每隔 2 min 记录一组，共记录 10 组。

4) 控制医用离心机到下一个温度点，重复 3)。

5) 重复 4) 直到设定温度点全部测量完成，停止医用离心机工作。

计算每个设定温度点下温度测量仪的测量值的平均值，减去对应的医用离心机温度显示值的平均值，记为该温度点的温度偏差。

取上述温度偏差中的最大值作为该医用离心机的温度偏差。

7.2.8 试液温升

取与环境温度相同的试液（如水）放入医用离心机配套的离心管（瓶）内，用温度测量仪（具备同步计时功能）进行测量，记录当前温度值作为初始温度值。启动医用离心机以最高转速按 5.8 规定的运转时间运行，到达规定运转时间后测量试液温度，该温度值与初始温度值之差，记为该医用离心机的试液温升。

7.2.9 升降温速率

7.2.9.1 降温速率

在满载条件下，设定医用离心机第一个温度点，启动并控制医用离心机到该温度点。当温度达到设定值时，用温度测量仪（具备同步计时功能）测量此时温度，记为 T_{j1} 。

设定第二个温度点，启动并控制医用离心机工作，用温度测量仪（具备同步计时功能）同步记录医用离心机从第一个温度点降到第二个温度点所需的时间，记为 t_{wj} 。当温度达到设定值时，用温度测量仪（具备同步计时功能）测量此时温度，记为 T_{j2} 。

医用离心机降温速率 v_{wj} 按式（4）计算：

$$v_{wj} = \frac{|T_{j2} - T_{j1}|}{t_{wj}} \quad (4)$$

7.2.9.2 升温速率

在满载条件下，设定医用离心机第一个温度点，启动并控制医用离心机到该温度点。当温度达到设定值时，用温度测量仪（具备同步计时功能）测量此时温度，记为 T_{s1} 。

设定第二个温度点，启动并控制医用离心机工作，用温度测量仪（具备同步计时功能）同步记录医用离心机从第一个温度点升到第二个温度点所需的时间，记为 t_{ws} 。当温度达到设定值时，用温度测量仪（具备同步计时功能）测量此时温度，记为 T_{s2} 。

医用离心机升温速率 v_{ws} 按式（5）计算：

$$v_{ws} = \frac{|T_{s2} - T_{s1}|}{t_{ws}} \quad (5)$$

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书或校准报告上反映。校准证书或报告至少应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”或“校准报告”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性或应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 校准装置的溯源性及有效性标识；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；

- m) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- n) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。送校单位可根据实际使用情况自主决定。

市场监管总局

附录 A

校准证书内页格式

证书编号：

校准环境条件	温度： 相对湿度：	℃ %	地点： 其他：
序号	校准项目	校准结果	

校准员：

核检员：

附录 B

医用离心机主要参数的测量不确定度评定示例

B.1 转速示值相对误差

B.1.1 转速示值相对误差的测量模型

$$\delta = \frac{\bar{n} - n_0}{n_0} \times 100\% \quad (\text{B.1})$$

式中：

δ ——医用离心机的转速示值相对误差；

n_0 ——医用离心机转速的给定值，r/min；

\bar{n} ——医用离心机转速测量值的平均值，r/min。

转速示值相对误差的测量不确定度传播模型为：

$$u_c^2 = c_1^2 u^2(n_0) + c_2^2 u^2(\bar{n}) \quad (\text{B.2})$$

式中：

$$c_1 = -\frac{\bar{n}}{n_0^2}；$$

$$c_2 = \frac{1}{n_0}。$$

B.1.2 标准不确定度评定

B.1.2.1 测量不确定度来源

- 1) 转速测量仪引入的不确定度；
- 2) 测量重复性引入的不确定度。

B.1.2.2 不确定度分量

- 1) 转速测量仪测速引入的不确定度 u_1

以某型转速测量仪为例，由计量部门的检定（或校准）证书得到，其测量不确定度为 0.2%， $k=2$ ，按 B 类评定，假设为均匀分布，则不确定度分量为

$$u_1 = \frac{0.2\%}{2\sqrt{3}} = 5.77 \times 10^{-4}$$

- 2) 测量重复性引入的不确定度 u_2

平均转速 \bar{n} 通过 m 次测量得到，按 A 类评定，不确定度分量 u_2 按式 (B.3) 计算：

$$u_2 = \frac{u(\bar{n})}{\bar{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\bar{n} - n_i)^2}{m(m-1)\bar{n}^2}} \quad (\text{B.3})$$

利用实验室对某型医用离心机多次校准数据得到： $u_2 = 1.2 \times 10^{-4}$ 。

B.1.3 合成标准不确定度

转速示值相对误差的合成标准不确定度按式 (B.4) 计算：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 5.9 \times 10^{-4} \quad (\text{B. 4})$$

B.1.4 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则转速示值相对误差的扩展不确定度为：

$$U = ku_c \quad (\text{B. 5})$$

B.2 升降速时间

B.2.1 升降速时间的测量模型

$$\Delta t_{s,j} = t_2 - t_1 \quad (\text{B. 6})$$

式中：

$\Delta t_{s,j}$ ——医用离心机的升速时间或者降速时间；

t_1 ——医用离心机升速或者降速开始的时刻；

t_2 ——医用离心机升速或者降速完成的时刻。

升降速时间的测量不确定度传播模型为：

$$u_c^2 = c_1^2 u^2(t_1) + c_2^2 u^2(t_2) \quad (\text{B. 7})$$

式中：

$$c_1 = -1;$$

$$c_2 = 1。$$

B.2.2 标准不确定度评定

B.2.2.1 测量不确定度来源

1) 转速测量仪计时引入的不确定度；

2) 测量重复性引入的不确定度。

B.2.2.2 不确定度分量

1) 转速测量仪计时引入的不确定度 u_1

以某型转速测量仪为例，由计量部门的检定（或校准）证书得到，其测量不确定度为 0.5 s， $k=2$ ，按 B 类评定，假设为均匀分布，则不确定度分量为：

$$u_1 = \frac{0.5 \text{ s}}{2\sqrt{3}} = 0.144 \text{ s}$$

2) 测量重复性引入的不确定度 u_2

利用实验室对某型医用离心机多次校准数据得到： $u_2 = 0.02 \text{ s}$ 。则

$$u(t_1) = u(t_2) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.15 \text{ s}$$

B.2.3 合成标准不确定度

升降速时间的合成标准不确定度按式 (B.8) 计算：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(t_1) + c_2^2 u^2(t_2)} = 0.21 \text{ s} \quad (\text{B. 8})$$

B.2.4 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则升降速时间的扩展不确定度为：

$$U = ku_c \quad (\text{B. 9})$$

B.3 温度偏差

B.3.1 温度偏差的测量模型

$$\Delta T_{pc} = T_{cl} - T_{xs} \quad (\text{B. 10})$$

式中：

ΔT_{pc} ——医用离心机的温度偏差；

T_{cl} ——医用离心机测量温度值；

T_{xs} ——医用离心机当前显示温度值。

温度偏差的测量不确定度传播模型为：

$$u_c^2 = c_1^2 u^2(T_{cl}) + c_2^2 u^2(T_{xs}) \quad (\text{B. 11})$$

式中：

$$c_1 = 1;$$

$$c_2 = -1。$$

B. 3. 2 标准不确定度评定

B. 3. 2. 1 测量不确定度来源

- 1) 医用离心机温度给定引入的不确定度；
- 2) 温度测量仪引入的不确定度；
- 3) 测量重复性引入的不确定度。

B. 3. 2. 2 不确定度分量

- 1) 医用离心机温度给定引入的不确定度 u_1

以某型医用离心机为例，由计量部门的检定（或校准）证书得到，其温度测量不确定度为 $1.2\text{ }^\circ\text{C}$ ， $k=2$ ，按 B 类评定，假设为均匀分布，则不确定度分量为：

$$u_1 = \frac{1.2\text{ }^\circ\text{C}}{2\sqrt{3}} = 0.346\text{ }^\circ\text{C}$$

则

$$u(T_{xs}) = u_1 = 0.346\text{ }^\circ\text{C}$$

- 2) 温度测量仪引入的不确定度 u_2

以某型温度测量仪为例，由计量部门的检定（或校准）证书得到，其测量不确定度为 $0.5\text{ }^\circ\text{C}$ ， $k=2$ ，按 B 类评定，假设为均匀分布，则不确定度分量为：

$$u_2 = \frac{0.5\text{ }^\circ\text{C}}{2\sqrt{3}} = 0.144\text{ }^\circ\text{C}$$

- 3) 测量重复性引入的不确定度 u_3

利用实验室对某型医用离心机多次校准数据得到： $u_3 = 0.018\text{ }^\circ\text{C}$ 。则

$$u(T_{cl}) = \sqrt{u_2^2 + u_3^2} = 0.148\text{ }^\circ\text{C}$$

B. 3. 3 合成标准不确定度

温度偏差的合成标准不确定度按式 (B. 12) 计算：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(T_{cl}) + c_2^2 u^2(T_{xs})} = 0.38\text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{B. 12})$$

B. 3. 4 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则温度偏差的扩展不确定度为：

$$U = k u_c = 0.76\text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{B. 13})$$

附录 C

无线法测量医用离心机

C.1 概述

采用光电式转速仪测量医用离心机的转速是一种通用的直接测量的方式。市场上既有带观察窗的医用离心机，也有大量无观察窗的医用离心机。对无观察窗的医用离心机校准，目前大部分计量人员采用打开医用离心机门盖，人为使门盖自锁失效等办法来进行测量。这种测量方法不仅带来很大的危险性，而且与医用离心机实际工况有所不同，校准结果不一定可靠和真实。下面介绍一种无线法测量医用离心机主要技术指标的方法。

C.2 转速测量原理

医用离心机在工作时都会产生一定的振动并传递到壳体等部位。振动信号的频率取决于其转速的大小。转速与振动频率有下列关系：

$$n = 60 \times f \quad (\text{C.1})$$

式中：

n ——医用离心机的转速，r/min；

f ——振动信号的频率，Hz。

因此采用振动传感器测试医用离心机外壳（上盖或其他有振动的部位）的振动，并对采集到的振动信号进行 FFT 变换，分析出其基频值，即可解算出医用离心机的实际转速。

检测设备要求：

振动传感器频率范围：0.3 Hz~5 kHz（±3 dB）；

动态信号分析仪：分析频宽不低于 5 kHz，频率示值误差及频率分辨力误差小于 0.01%。

C.2.1 转速测量方案

利用振动法测量转速有两种方案，一种是利用常规的振动传感器测量，通过数据采集器，再经计算机采集分析软件处理，可以得到转速范围、转速相对误差、转速稳定性和升降速率等参数，如图 C.1 所示。第二种方案是利用无线振动传感器测量，通过 WIFI 或者蓝牙方式，最后经过计算机采集分析软件处理，也可以得到转速范围等参数，测量结果可以通过手机 APP 处理，如图 C.2 所示。根据需求，可以选择两种方案中的一种进行医用离心机转速等参数的测量。

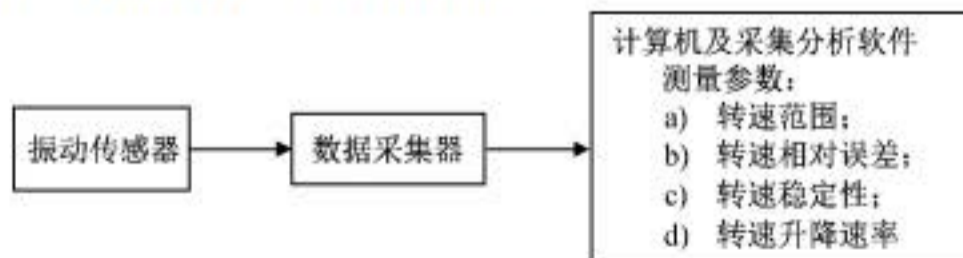


图 C.1 常规振动法测量转速方案



图 C.2 无线振动法测量转速方案

振动传感器敏感离心机工作时产生振动，通过数据采集器将振动信号进行 FFT 分析，直接换算为转速信号。

直接通过无线振动传感器（内部自带数据采集），将信号通过 WIFI 或蓝牙连接到计算机，也可以直接通过蓝牙和手机 APP 软件接入到手机中，进行 FFT 分析，换算为转速信号。

以上均可以通过网络上传到测试中心。

C.2.2 转速测量范围

根据振动传感器的频率范围和动态信号分析仪的分析频宽，采用振动法测量转速时转速上限通常可达到 300 000 r/min，远高于目前常用超速医用离心机的转速上限 100 000 r/min。对应的精度要求也远高于医用离心机转速误差的要求。

使用该方法时注意以下几点：

1) 医用离心机在低速转动时振动量比较小，宜采用高灵敏度传感器；转速较高时，振动量变大，传感器灵敏度适中即可。可以考虑提供 2~3 种不同灵敏度的传感器，以适应不同的医用离心机。

2) 对于振动比较小的医用离心机，在配置灵敏度高的振动传感器时，也要注意选择振动量相对较大的部位来拾取振动信号，以提高信噪比。

3) 对具有冷冻功能的医用离心机，由于有压缩机运行的影响，也会产生一定的振动。压缩机产生的振动频率一般是固定的，可以在分析时单独解算出来。如无特别要求，也可以在测量转速时，暂停压缩机的工作。

C.2.3 转速相对误差

低速医用离心机的转速相对误差应不超过 $\pm 2.5\%$ ；高速医用离心机或超高速医用离心机的转速相对误差应不超过 $\pm 1.0\%$ 。动态信号分析仪频率示值误差及频率分辨力误差小于 0.01% ，对应的转速相对误差小于 0.6% ，符合校准要求。

C.2.4 转速稳定度

用动态信号分析仪连续采集振动信号，对采集到的数据分段进行自谱分析，得到一系列转速数据，可用于计算转速稳定度。

C.2.5 升降速率

用动态信号分析仪连续采集振动信号，分段进行自谱分析，并计算出最低转速到最高转速，或最高转速到最低转速的时间，并得到转速升降速率。

C.3 温度测量

C.3.1 温度测量方案（见图 C.3）

将无线温度传感器放置在医用离心机内的试管中（防水），盖上医用离心机盖，进行温度项目测试；无线温度传感器每隔一段时间（如 1s）记录一个温度点。测试结束后，通过蓝牙将测试的结果传送到手机 APP 或者计算机中。通过对测量的数据进行读取并分析，即可得到所需要测量的医用离心机温度范围、温度偏差、试液温升、升降温速率等参数。



图 C.3 温度测量方案

C.3.2 技术指标

- 1) 温度范围：-40 °C ~ +85 °C；
- 2) 温度测量误差：0.1 °C ~ 0.5 °C。