



转台角速度的测量

于治会

(沈阳市新乐电工厂)

对于高转速的测量,国内外采用的测量仪器和方法很多,测量精度也很高。但对于低转速的测量(如低于2转/秒的角速度)就较困难。虽然随着新技术的飞跃发展,相应出现了各种不同的转台和摇摆台,角速度范围为0.005度/秒~720度/秒。但目前国内外仍多采用机械秒表计时和用肉眼观测转过角度的方法测量转台角速度。对低于0.2度/秒和高于20度/秒的角速度难于准确观测,且很难判定转台旋转的稳定性。为此本文介绍几种测量方法供参考。

一、角速度的测量方法

1. 测速原理:对于转动稳定的转台,其角速度 ω 可由下式计算:

$$\omega = \frac{N}{t} \quad (1)$$

式中, N 是转台转过角度(度); t 为转台转过角度 N 所用时间(秒)。

测量角速度的相对误差取决于判读角度的误差 ΔN 和计时器的行程误差,后者与计时长短成比例,故计时综合误差 Δt 为:

$$\Delta t = \sqrt{a^2 + (bt)^2} \quad (2)$$

式中, a 为开、停计时器误差; b 为计时器行程误差; t 为测量角速度(取样)时间。因此测量角速度的相对误差为:

工作成败的关键。

参 考 文 献

- [1] Захарьевский А. Н. Интерферометры 1952年
[2] Коломий уов Ю. В. Интерферометры Основы

$$\delta = \sqrt{\left(\frac{\Delta N}{\omega t}\right)^2 + \left(\frac{a}{t}\right)^2 + b^2} \quad (3)$$

若计时器精度和转台各档速度及视差已知,由(3)式可得测量时间为:

$$t = \frac{\sqrt{\left(\frac{\Delta N}{\omega}\right)^2 + a^2}}{\sqrt{\delta^2 - b^2}} \quad (4)$$

当角速度较低时, $\frac{\Delta N}{\omega} \gg a$, 则测量角速度与测量时间的长短有关,即:

$$t \approx \frac{\Delta N}{\omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{\delta^2 - b^2}} \quad (5)$$

在目测范围内(低于20度/秒),测量角速度均与测量时间有关,测量时间要长一些。

当角速度较高时, $\frac{\Delta N}{\omega} \ll a$, 则测量角速度与测量时间无关,即:

$$t \approx \frac{a}{\sqrt{\delta^2 - b^2}} \quad (6)$$

2. 光线反射放大法:当转台角速度小于0.2度/秒时,因转台转动缓慢,目测转角误差较大,故可采用该法测量角速度,这种方法可将转速和角刻度放大,便于观测。

光线反射放大测量装置由铝制测量圆盘和直流检流计的刻度尺两部分组成(见图1、2),所取 L 值由检流计刻度尺的光学参数决

инженерной Теории и при менение, 1976 年

- [3] Bruce C. F. The effects of collimation and oblique incidence in length interferometers. Australian Journ of Phys 1955, 8
[4] Tanner L. H. The design of laser interferometer for use of fluid mechanics.

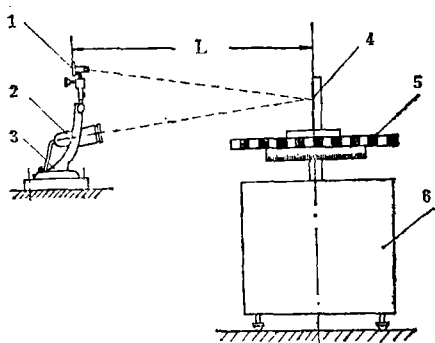


图1 光线反射放大法测角速度原理图
1—刻度盘；2—光源；3—支架；4—反光镜；
5—测量圆盘；6—转台

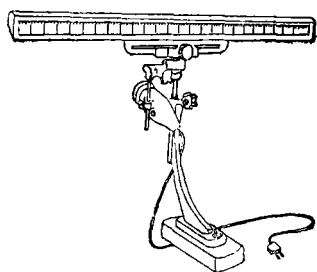


图2 刻度尺

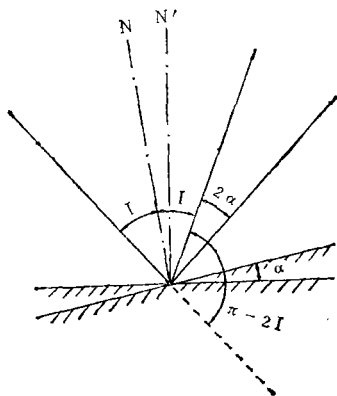


图3 光杠杆原理图

定；刻度尺的刻度是按转台旋转角度分划（非均匀刻度）。

由刻度尺的光源发出的光线，经测量圆盘上的反射镜又反射到刻度尺上。当转台以角速度 ω 旋转时，则反射光线以 2ω 的角速度转动，并以光点（或线）在刻度尺上移动的角度测出。

光线转动角速度的倍增是根据光杠杆原理

实现的，如图3。当平面镜转动 α 角时，反射光线转动了 2α 角，转动方向与平面镜的转动方向相同。至于圆盘刻度放大是因为刻度尺距转台轴线的距离 L 比转台半径 R 扩大了 $\frac{L}{R}$ 倍，

所以刻度尺的刻度比转台刻度扩大了约 $\frac{L}{R}$ 倍

（因检流计直刻度 R 为非均匀刻度）。由于角速度和圆盘刻度扩大了，低角速度就容易观测。

根据(3)式，测量角速度的相对误差为：

$$\delta = \sqrt{\left(\frac{\Delta N}{\omega t}\right)^2 + \left(\frac{a}{t}\right)^2 + b^2 + c^2} \quad (7)$$

式中， C 为安装和分划刻度的综合误差（可控制小于0.5%），测量时间由(5)式确定。

3. 光电法：当转台角速度大于20度/秒时，目测来不及读数，需要采用光电法，即用JSS-2型数字测速仪（或数字频率计）测量。其原理是将光电传感器正对测量圆盘外沿黑白相间的反光标记。由光源射出的光线通过半透镜转折 90° ，再通过凸透镜聚焦在反光标记上，在其上反射的光线再通过透镜，一部分照射到光敏晶体管3DV上，它接收光信号后输出相应的光电脉冲，再经过电子线路放大、整形输出大约8伏的方波信号，送到JSS-2型数字测速仪，如图4所示。

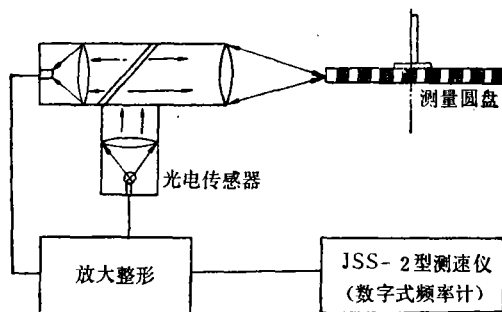


图4 光电法测角速度原理图

采用这种办法测量的角速度为：

$$\omega = \frac{N \times 360}{n \cdot t} \quad (8)$$

式中， N 为测速仪指示数； n 为测量圆盘所涂

黑色标记的个数(即转 360° 时光电传感器输出的脉冲个数); t 为取样时间(秒)。

要注意所涂反光标记数目应符合下述原则:黑(白)标记宽度要大于光电传感器聚焦在反光标记上光点的直径,以便使光电传感器能够准确输出光电信号。若光点直径为 d (毫米),则所涂黑色标记的数目为 $n = \pi R' / (d + 1)$ 。适当调整聚焦光点,可使 $d \leq 2$ 毫米,则对于半径 $R' = 200$ 毫米的测量圆盘,可涂 200 个黑色标记(黑白标记等距离)。

JSS-2 型测速仪的测量误差为石英晶体振荡频率准确度加数字测速仪的计数误差(± 1),而在正常温度范围内,石英晶体振荡器的准确度为 1×10^{-4} ,仔细调节光电传感器的光点,使记数误差很小,可不计。根据公式(8),则测量角速度的相对误差等于

$$\delta = \pm \frac{1}{N} = \pm \frac{360}{\omega n t}$$

二、检查旋转稳定性的方法

所谓转台旋转稳定性就是实际角速度相对于标称角速度的变化情况。采用测速陀螺可以检查转台旋转的稳定性。

对于 $0.05^\circ/\text{秒} \sim 20^\circ/\text{秒}$ 的转速,可采用微分陀螺来检查。将陀螺固定在转台台面上,如图 5 所示。绕主轴 $X-X$ 高速旋转的转子装在环(陀螺房)上。环可以绕 $Y-Y$ 轴转动,并受弹簧的制约。为了消除自由振动,在基座和 Y 轴之间装有阻尼器。当基座以任意角

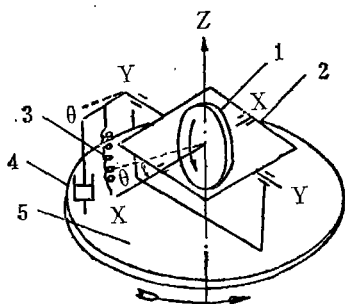


图 5 速度陀螺测速原理
1—转子; 2—内环(陀螺房); 3—弹簧; 4—阻尼器; 5—基座

速度 ω 绕 $Z-Z$ 轴转动时,将产生与角速度成正比的陀螺力矩,并使陀螺动量矩转一角度 θ 。经过一段时间后角速度陀螺的振荡消失,这时 θ 角转换成电信号,由安装在环轴和基座上的电位计输出,用多量程直流电压表指示。当转台转速稳定时,电压表指示稳定;当转台转速波动时,电压表指示不稳。这种方法的检查精度低于 5%。

对于 $20^\circ/\text{秒} \sim 360^\circ/\text{秒}$ 的转速,可采用转子振动陀螺。同样把陀螺固定在转台台面上,其结构原理如图 6 所示。转子 1 通过扭转弹簧 2 与圆盘 3 相联,圆盘 3 与自转轴 4 固联,而

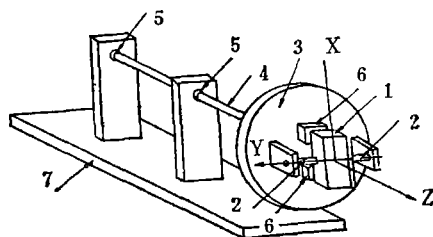


图 6 转子振动陀螺原理图
1—转子; 2—扭转弹簧; 3—圆盘; 4—转轴;
5—高速轴承; 6—转换器; 7—基座

自转轴 4 又通过高速轴承与运动物体相联。由电机或其它方法带动,使圆盘相对于运动物体绕自转轴作等速运动,其自转角速度为 Ω 。若运动物体又绕 OX 轴以角速度 ω 转动,由于哥氏加速度的影响,将引起一个周期性的陀螺力矩,沿着扭转弹簧 2 的转动方向作用在转子上,引起转子相对于圆盘作周期性振荡,因而称之为振动转子。在实际结构中,转子及圆盘尺寸很小,均浸在阻尼液中。在振动转子与圆盘之间还有电容或其它形式的转换器 6,它可以用来测量振动转子与圆盘之间的相对夹角。可以证明,由转换器测得的相对转角与运动的角速度成比例。转换器输出信号可以用电压表或记录仪显示。当转速稳定时,指示仪表显示稳定;当转速不稳时,指示仪表显示波动。这种方法的检查精度达 15%。

对带有摇摆的转台,由于一般情况其旋转和摆动在机械结构上是独立的,所以可以分别

测量摇摆角度和旋转角度,也可以进行综合相对和绝对测量。

参 考 资 料

[1] 中国计量科学研究院, 转速测量技术

- [2] М. М. 波各丹诺维奇, 陀螺仪表装置理论
[3] М. П. ПАВЛОВ, Техника измерения скоростей и вращений
[4] А. М. 屠利庆, 非电量电测法

深部X射线治疗机吸收剂量的测定

罗 彩 廷

(四川省计量测试研究所)

一 前 言

对于深部X射线治疗机吸收剂量的测定,采用经国家照射量基准标定过的法莫(Farmer) 0.6cc 指型电离室,置于垂直射线束轴的水模中,沿射线束轴方向测量出在不同深度处的量值,乘以在所测条件下与半值层(HVT)有关的伦琴拉德转换系数F值,从而可得到沿射线束轴方向不同深度处水的吸收剂量值。水模除去再测出相应位置的照射量,半值层。对一定的光机由这些实数据,经过计算可以得到反散射因子(BSF)、组织空气比(TAR)以及百分深部剂量(%DD)。在此基础上如再次测定治疗机的吸收剂量时,对不同深度各点的剂量值就不必重新一一进行测量,只需在相应条件下,测出参考点、校准点等中任一实测的剂量值,完全可以使用这些已得结果按公式算出。经实测验证与直接测出值吻合较好。本文目的在于在直接测试方法的基础上,介绍几种简易的测试方法。

二 测试方法

(一) 原理简述

在X射线照射下,人体中某一部位的吸收剂量,一般不便直接插入电离室进行测量,特别是对于常规校准测定。我们采用熟知的材料,将指型电离室置于水模体中进行测量的方法。也可用MiXD、聚苯乙烯等制成模体。按下式

计算水模体中的吸收剂量D:

$$D = X \cdot F^{1)} \quad (1)$$

式中D为当电离室为水代替,并用相同辐射(同样监测器读数)时,水下d厘米处(即电离室中心位置)的吸收剂量,专用单位拉德(rd); $X = R \cdot N \cdot K$ 为照射量,单位伦琴(R),R系指在测量条件下(温度为 $t^{\circ}\text{C}$,气压为 P_{mmHg})剂量计读数,N为国家基准在标准条件下给出的X射线辐照量校正系数,K为非密封电离室对测量时的温度气压校正系数;F为X射线的伦琴—拉德转换系数,单位以rd/R表示,其大小随辐射质而改变。本文引用ICRU(23)报告推荐值,绘成参考曲线(见图1),根据实测半值层(HVT)从曲线上查得。

对于一台X射线治疗机,得到百分深度剂量表、组织空气比以及测出半值层等,可通过以下熟知的公式,求得沿射线束轴方向任何深度处的吸收剂量。几个计算式如下:

$$D_0(d) = \frac{D(d_c) \times 100^{-2)}}{P(d_c)} \quad (2)$$

$$D(d) = \frac{D_0(d) \cdot P(d)}{100} \quad (3)$$

$$D_0(d) = X \cdot F \cdot \text{BSF} \quad (4)$$

式中 $D_0(d)$ 、 $D(d_c)$ 、 $D(d)$ 分别表示参考点吸收剂量、校准点吸收剂量和任意深度的吸收剂量; $P(d_c)$ 表示校准点百分深度剂量; $P(d)$ 为任意深度的百分深度剂量;BSF为反散射因子。

(二) X射线吸收剂量的测定方法