

综放工作面自动矫直系统的研究

张 纯, 张纯宪, 陈立民

(兖矿集团有限公司, 山东 邹城 273500)

[摘 要] 介绍综放工作面自动矫直系统的基本原理、工作面弯曲度计算方法、实现自动矫直方法等。

[关键词] 综放工作面; 自动矫直; 基本原理; 弯曲度计算方法

[中图分类号] TD679

[文献标识码] B

[文章编号] 1006-6225 (2009) 04-0031-02

Research on Automatic Straightening System of Fully Mechanized Caving Mining Face

随着我国煤炭开采强度的增大, 主要煤炭集团公司的工作面装备水平与发达国家差距越来越小, 电液控支架装备的工作面越来越多。但电液控支架的步距不可避免的存在累积误差, 造成工作面出现弯曲, 必须人工找直, 这种状况与自动化工作面的装备极不相称。因此, 研制自动化工作面倾向弯曲矫直系统是非常必要的。目前仅有澳大利亚联邦设计院和中国兖矿集团等个别单位, 开始研究综放工作面自动矫直系统。

1 光纤陀螺的基本原理

光纤陀螺分为干涉型和谐振型 2 种, 谐振型陀螺有一些难以解决的技术难题, 离实用还有一段距离, 因此现投入实际应用的光纤陀螺均为干涉型。干涉型光纤陀螺是利用萨格奈克 (Sagnac) 效应, Sagnac 效应指的是同一光路中沿两相反方向传输的光的传播光程差 ΔL 与其旋转角速度 Ω 的关系。对 Sagnac 效应的严格分析计算必须运用广义相对论在加速参照系中进行。

设一半径为 R 的圆盘绕垂直于盘面的轴以角速度 Ω 顺时针方向旋转, 如图 1 所示。若将圆盘置于真空中, 圆周上任一点 1 沿圆周顺时针和逆时针方向发出同样光子。当 $\Omega=0$ 时, 两路光在相同时间 $t=2\pi R/c$ (c 为真空中光速) 经相同光程 $2\pi R$ 而同时回到点 1 位置。当 $\Omega \neq 0$ 时, 沿逆时针 ($c\omega$) 方向传播的光沿圆周传播一周再回到 1 点时其所经实际光程 $L_{c\omega}$ 必然大于 $2\pi R$, 它的值为:

$$L_{c\omega} = 2\pi R - R\Omega \quad t_{c\omega} = c_{c\omega} t_{c\omega} \quad (1)$$

式中, $R\Omega$ 为圆盘的线速度, $t_{c\omega}$ 是光子通过光程 $L_{c\omega}$ 所用时间, $c_{c\omega}$ 为逆时针方向的光速。同样, 沿顺时针方向 ($c\omega$) 传播的光经一周回到 1 点时其

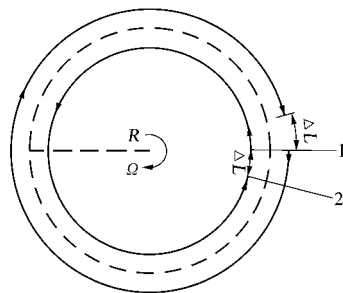


图 1 干涉型光纤陀螺的 Sagnac 效应

实际光程 $L_{c\omega}$ 必然大于 $2\pi R$ 。

$$L_{c\omega} = 2\pi R + R\Omega \quad t_{c\omega} = c_{c\omega} t_{c\omega} \quad (2)$$

由式 (1) 和式 (2) 可以解出光沿两不同方向传播的时间差。

$$\begin{aligned} \Delta t &= t_{c\omega} - t_{c\omega} = \frac{2\pi R}{c_{c\omega} - R\Omega} - \frac{2\pi R}{c_{c\omega} + R\Omega} = \\ &= 2\pi R \left[\frac{2R\Omega - (c_{c\omega} - c_{c\omega})}{(c_{c\omega} - R\Omega)(c_{c\omega} + R\Omega)} \right] \approx \\ &= 2\pi R \left[\frac{2\pi\Omega - (c_{c\omega} - c_{c\omega})}{c_{c\omega} \cdot c_{c\omega}} \right] \end{aligned} \quad (3)$$

在真空中 $c\omega = c\omega = c$ 所以上式可简化为:

$$\Delta t \approx 2\pi R \frac{2R\Omega}{c^2} = \frac{4A\Omega}{c^2}$$

其中 $A = \pi R^2$ 为圆盘面积。在时间 Δt 内两光的光程差 ΔL 为:

$$\Delta L = c\Delta t = (4A/c)\Omega$$

在折射率为 n 的介质中, 光的传播速度必须考虑介质中的光速 c/n 和介质切向速度 $R\Omega$ 的相对论修正, 所以 $c_{c\omega}$ 和 $c_{c\omega}$ 分别为:

$$\begin{aligned} c_{c\omega} &= (c/n + R\Omega) / (1 + R\Omega / nc) = \\ &= c/n + R\Omega (1 - 1/n^2) + \dots \\ c_{c\omega} &= (c/n - R\Omega) / (1 - R\Omega / nc) = \end{aligned} \quad (4)$$

[收稿日期] 2009-07-20

[作者简介] 张 纯 (1965-), 男, 山东梁山人, 电气高级工程师, 现任兖矿集团公司综机管理中心副总工程师。

$$(c/n) - R\Omega (1 - 1/n^2) + \dots \tag{5}$$

将上两式代入式 (3) 并略去含 $R\Omega / nc$ 的二阶以上项, 可得到与真空中完全相同的结果。

$$\Delta t = 4A/c^2\Omega$$

如果介质是一根绕成 N 匝的光纤环, 则有:

$$\Delta t = (4AN/c^2)\Omega \tag{6}$$

它所对应的相位差为:

$$\Delta\phi = 2\pi\Delta t(c/\lambda_0) = (8\pi AN/c\lambda_0)\Omega \tag{7}$$

若长度为 L 的光纤, 绕成直径为 D 的圆环, 则有 $A = \pi D^2/4$, $N = L/\pi D$, 相应的有:

$$\Delta\phi = (2\pi LD/\lambda_0 c)\Omega \tag{8}$$

式中, λ_0 为光源波长。

以 Sagnac效应为基础的 Sagnac干涉仪最简结构如图 2 测量相位差 $\Delta\phi$ 就能决定旋转角速度 Ω 。

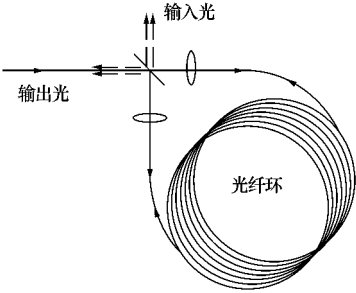


图 2 Sagnac干涉仪最简结构示意图

对光纤环半径一定的旋转传感器, 可以通过增加光纤匝数, 即光纤总长度来提高灵敏度, 但不能无限制地增加光纤长度。一方面由于光纤具有一定的损耗, 所以光纤一般限制在几千米; 另一方面, 光纤越长, 系统保持其互易性越困难, 同时噪声源也越多。

为了解决光纤陀螺仪的灵敏度和噪声之间的矛盾, 人们提出了许多解决办法。

2 工作面弯曲度计算方法

工作面自动矫直系统采用单轴光纤陀螺仪作为敏感元件检测角速度, 通过 CPU 计算出每个支架的相对坐标, 最终得到每个支架的偏移量作为矫直的依据。

假如采煤机在一个支架长度内以均匀线速运动, 那么对工作面弯度的测量, 可以转化为陀螺在任一时刻 i 的角速度 Ω_i 的测量。

对图 3所示的挠曲轨迹, 如陀螺以恒定线速度 V 在挠曲面上滑动, 在足够小的时间间隔 Δt 内经过 i 和 $i+1$ 两点, 该两点坐标之间的关系可以用以下公式近似表示:

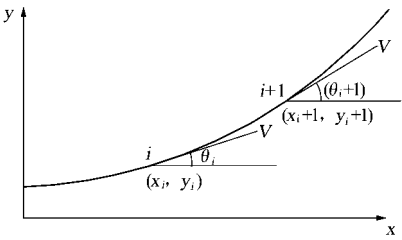


图 3 采煤机轨迹计算示意

$$x_{i+1} = x_i + V \cdot \Delta t \cdot \cos\theta_{i+1} \tag{9}$$

$$y_{i+1} = y_i + V \cdot \Delta t \cdot \sin\theta_{i+1} \tag{10}$$

$$\theta_{i+1} = \theta_i - \Omega_i \cdot \Delta t \tag{11}$$

这样, 如给定陀螺在初始时刻的方向角, 利用公式 (9), (10), (11) 进行迭代计算, 便可以求出陀螺的运行轨迹, 即采煤机的运行曲线。

以曲线的两端为基准, 划一条虚拟线, 就得出每一支架的偏移量, 如图 4所示, 水平偏移量误差 $< 100\text{mm}$ (5m/m 全程), 水平偏移量分辨率为 1mm 。

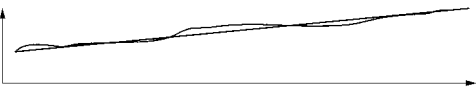


图 4 每一支架的偏移量

3 实现工作面自动矫直

通过在采煤机上安装一套水平光纤陀螺仪, 在采煤机割煤过程中自动测定出与各个支架对应点的输送机的相对偏移量, 并把有关信息借助 EICK-HOFF采煤机的通讯装置通过采煤机拖移电缆专用通讯线传输给电液控系统的主机, 电液控系统的主机根据接收到的信息, 在下一循环自动控制支架的前移步距, 从而达到工作面自动矫直的目的。

自动矫直过程: 以采煤机从机头向机尾割煤为例, 从机头开始记录每一架的绝对偏移量, 直到采煤机运行到机尾, 开始计算每一个支架的相对偏移量。计算出的相对偏移量在采煤机返回时, 逐架将相对偏移量由矫直装置通过采煤机 IPC传输到支架电液控系统, 支架电液控系统根据每个支架的偏移量大小和方向, 来调整每个支架的移架步距, 即, 每次矫直的数据均为上一硐割煤检测的数据。两硐相邻有效数据, 支架电液控制系统只采用一次 (避免重复矫直), 最终达到工作面矫直的目的。

支架矫直装置计算后的数据不受工作面调伪倾斜、调面的影响, 支架电液控制系统正常使用。