

18 79-82

利用微波测量煤粉流量的研究

周 镭

(西北纺织学院自动化系, 710048, 西安; 33岁, 女, 讲师)

FM

TK 227.1

A

摘 要 论述了用微波法对煤粉流量进行测量的原理、测量仪器及试验结果。实验结果表明, 用微波法对煤粉流量的测量是可行的。

关键词 煤粉流量; 微波; 测量

分类号 TN911.71

火力发电厂, 锅炉

在火力发电厂中煤粉的用量非常之大。考核锅炉的煤耗指标, 节约煤粉的用量, 一直是人们关注的研究课题。目前, 国外利用放射性方法进行测量。但这种方法容易产生放射性污染, 对防护、维修要求较高。我国大多数火力发电厂没有进行这方面的计量工作。为了解决这一问题, 我们做了大量的实验, 认为用微波测量煤粉流量是可行的。

1 测试原理

无损介质常称为优良介质或理想介质, 其特征是 $\sigma=0$ 。因此, 无损介质的特征阻抗可依据真空介质的有关参数来表示, 即

$$\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_r \epsilon_0}} = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_r}} (\Omega),$$

衰减常数 α 为零, 相位常数为

$$\beta = \omega \sqrt{\mu \epsilon},$$

相位速度表示为

$$V_p = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}}.$$

由此可见, 电磁波在理想电介质中传播时, 没有能量损耗。当电磁波在有损介质 ($\sigma \neq 0$) 中传播时, 由于电导率而引起波的色散。这种色散使得在时域中的一般解成为不可能, 除非用傅里叶展开的方法。下面仅给出频域(移态)时的解。

在频域中的电波和磁波方程式可表示如下:

$$\nabla^2 E = j\omega\mu(\sigma + j\omega\epsilon)E,$$

$$\nabla^2 H = j\omega\mu(\sigma + j\omega\epsilon)H.$$

对于正 Z 方向的一维空间, 它们变为

$$\frac{\partial^2 E_z}{\partial Z^2} = j\omega\mu(\sigma + j\omega\epsilon)E_z,$$

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial Z^2} = j\omega\mu(\sigma + j\omega\varepsilon)H_z,$$

其复频解为

$$E_z = E_0 e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta Z),$$

$$H_z = \frac{E_0}{\eta} e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta Z).$$

$$\text{式中 } \nu = \sqrt{j\omega\mu(\sigma + j\omega\varepsilon)} = \alpha + j\beta,$$

$$\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}.$$

可见,它是一个衰减的正弦(或余弦)波,其振幅沿波传播方向按指数规律衰减,衰减的速度决定于因子 α ,故 α 称为衰减因数。 α 除与频率有关外,还与 ε, μ 有关。不难理解,波衰减的原因是由于波的能量被介质吸收,其能量随波的传播而逐渐减少所致。

煤粉是一个有损耗介质,当波在其中传播时,电磁波的能量将被其吸收一部分,当选择合适的频率时,煤粉对波吸收的能量最大,而且吸收的能量还随煤粉的浓度增加而增加。利用这一原理,我们可以测量发电厂锅炉的煤粉流量。

我们设计的测试电路分两部分:微波电路和信号处理电路。

2 微波电路

微波电路由发送部分和接收部分组成:发送部分包括微波信号源、T型接头、隔离器、喇叭发射天线和检波器(1);接收部分由喇叭接收天线、隔离器和检波器(2)组成(图1)。把发送与接收天线安装于输送煤粉管道两侧,夹在天线中间的管道用 σ 很小的材料制成,以减少对微波能量的吸收。

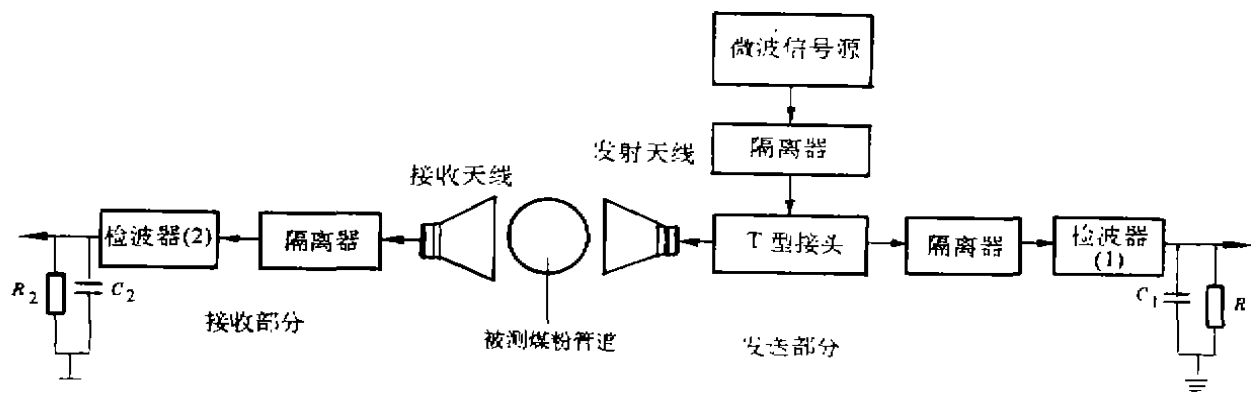


图 1 微波电路

Fig. 1 Microwave Circuit

微波信号源产生的微波信号经隔离器和 T 型接头分两路传送至发送天线和检波器(1)。

电路中采用的 T 型接头是 H 面 T 形接头(并联 T 形)。H 面 T 形接头是边臂的轴线与主波导的电场 E 并联或者与主波导的磁场 H 平行的一种 T 形接头(图 2)。对于 H 面 T 形接头,如果两个同相波分别从共线臂的端口 1 和端口 2 输入,那么在端口 3 的输出波在相位上与输入波同相,振幅为两个输入波相加。相反,如果波从端口 3 输入,那么波分成相等的两个部分由端口 1 和端口 2 输出,其相位相同,振幅也相同。H 面 T 形接头在这里由端口 3 接收微波信号源经由隔离器传输来的微波信号,而由端口 2 传送到发射天线,由端口 1 经隔离器输向检波器(1)。输向端口 1 和端口 2 的信号振幅相等,相位相同。

喇叭发送天线接收由 T 形接头传送过来的微波信号,以较窄的波束向煤粉管道发射出去。为了得到较窄且较高方向性的波束,以使微波能量更加集中,将波导口逐渐扩张成喇叭。如果在 H 面内将矩形波导的宽边 a 逐渐扩张到 a' ,那就得到了如图 3 所示的 H 面喇叭。喇叭中的场(来自于输入波导)是

具有圆柱形等相面的柱面波, 为使口径面上的口径场是近似同相的, 张口必须很小。只要口径边缘处的相位误差不超过 $\pm \frac{\pi}{4}$, 喇叭的增益和辐射图便非常接近于同相口径场的情况, 由此可得

$$K_0(R_2 - R_1) \leq \frac{\pi}{4}。$$

式中 $K_0 = \omega(\mu_0 \epsilon_0)^{\frac{1}{2}}$ 推导得出, $\tan \frac{\psi}{4} \leq \frac{x_0}{4a'}$ 。

如果喇叭的长度固定, 那么稍微增大它的张角 (从而产生较大的相位误差), 可以得到较大的增益。这是因为增大口径宽度能够更多地补偿由于较大相位误差所带来的增益减小。我们发现, 当喇叭的长度固定时, 最大增益出现在口径宽度 a' 一直增大到使相位误差约为 0.75π 时。

微波隔离器是非可逆传输元件, 在传输线上它被用来隔离从其他元件来的反射波分量。理想的隔离器应当完全吸收在某一方向的传输功率而在相反的方向则无损传输。所以隔离器通常称为单行线。在这里, 隔离器用于改善微波振荡器的频率稳定性和防止不必要的反射波分量。接收天线是与发射天线一样的喇叭天线, 它接收发射天线发射的信号, 经隔离器传送到检波器 (2)。检波器是对微波信号进行检波, 提取其包络的电路。检波器 (1) 用来对由 T 形接头经隔离器传输来的未衰减的信号进行检波, 作为测量的基准。接收天线接收衰减了的微波信号, 由检波器 (2) 进行检波。 $R_1 C_1, R_2 C_2$ 为滤波电阻、电容。

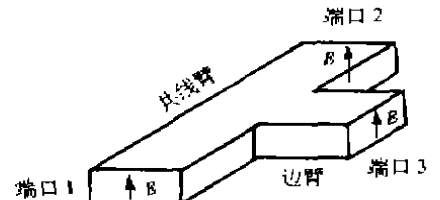


图 2 H 面 T 形接头

Fig. 2 T Shape Connector of H plane

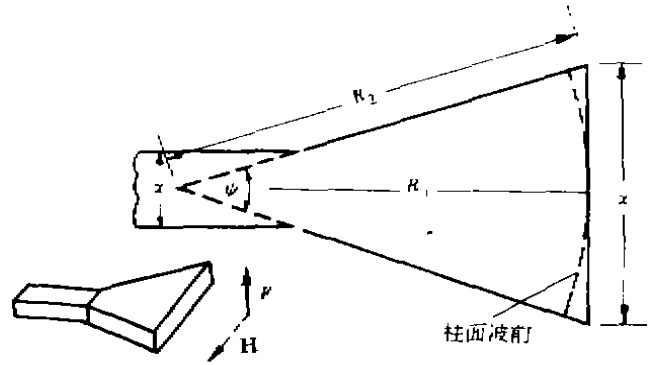


图 3 H 面喇叭

Fig. 3 Horn of H Plane

3 信号处理电路

信号处理电路如图 4 所示。电路由 4 部分组成: 减法电路、放大电路、记录仪和报警电路。

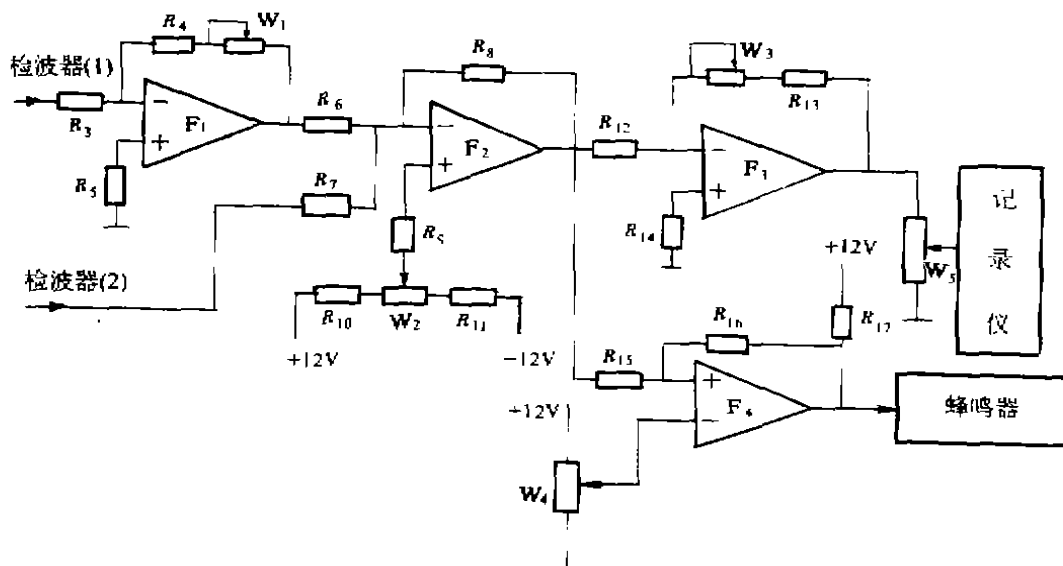


图 4 信号处理电路

Fig. 4 The Circuit of Processing Information

3.1 减法电路和放大电路

F_1, F_2 构成减法电路, F_2 输出的信号为相减后的信号, 该信号电压反映了煤粉对微波能量吸收的大小, 也是测量煤粉流量的依据。 R_9, R_{10}, R_{11} 和 W_2 为调零电路, W_1 和 W_3 为放大倍数调整电路。当没有煤粉输送时, F_2 的输出为零, 如不为零, 可调整 W_1 和 W_2 。 F_3 为放大电路, 放大倍数由 W_3 调整, 以提供记录仪所需的电压。输给记录仪的电压由 W_3, W_5 调整。

3.2 记录仪

采用西安仪表厂生产的长图式记录仪, 作为测量的记录仪表。由该仪器绘制时间与电压(代表煤粉流量)的关系曲线。

3.3 报警电路

当煤粉流量少于某一定值时, 报警电路输出低电平驱动蜂鸣器, 提醒增加煤粉。 F_4 组成比较电路, W_4 可调整比较的基准电压。

4 实验结果及结论

用上述仪器在秦岭电厂 4 号炉 4 号角二层给粉机的输送管道上做了多次实验, 得出记录仪绘制的曲线。观察曲线 100 T₂ 段, 得出如下结论: ①曲线纵坐标大小反映了给粉量的大小, 给粉量减小, 曲线纵坐标减小, 停给粉机(给粉量为 0), 纵坐标为零; ②曲线纵坐标表示微波能量为煤粉吸收的大小, 所以, 煤粉对微波能量吸收的大小可用以测量煤粉流量; ③由于煤粉量的传输在给粉机转速一定时不完全是定值, 所以, 曲线是脉动的。

必须指出, 上述曲线纵坐标表示电压大小, 为了将纵坐标转化为煤粉流量, 就要进行标定。为了进行这一工作, 我们制做了一个模拟给粉机, 以便对给粉量的大小进行测量。通过模拟机我们将曲线的纵坐标转化为煤粉流量, 达到测量煤粉流量的目的。

参 考 文 献

- 1 尚洪巨. 微波网络. 北京: 北京理工大学出版社, 1988
- 2 顾茂章, 张克潜. 微波技术. 北京: 清华大学出版社, 1989

A Study on the Measurement of Coal Powder Flow with Microwave

Zhou Lei

(Department of Automatic, Northwest Textile College, 710048, Xi'an)

Abstract The measuring principles, instruments and test results for measuring the coal powder flow with microwave are discussed. The tests show that it is feasible to measure the coal powder flow with microwave.

Key words coal powder flow; microwave; measurement