

文章编号: 1005-0523(2008)01-0065-03

微波波导在码头岸边集装箱装卸桥信号传输的应用

谢世明, 何斌, 岳继光

(同济大学嘉定校区电信学院过控实验室, 上海 201804)

摘要: 基于微波波导的无线通讯方法在码头岸边集装箱装卸桥(岸桥)信号传输中的应用, 并能提供超过 100 Mbit/s 的通讯速率, 具有强抗干扰性, 能满足岸桥对于无误差高速通信的要求, 对于岸桥监控信号传输提供了一种新的选择。

关键词: 微波波导; 岸桥; 高速通信

中图分类号: TN92

文献标识码: A

集装箱运输船舶的大型化、特别是超巴拿马船型的发展, 对岸边集装箱起重机提出了更新更高的要求。码头岸边集装箱装卸桥(以下简称岸桥)作为集装箱货物运输过程中的最主要的装备之一, 正是在这种环境下得以发展、更新换代, 其工作的可靠性、装卸效率的高低直接影响一个码头的经济效益, 岸桥伴随着集装箱运输船舶大型化的蓬勃发展和技术进步而在不断更新换代, 科技含量越来越高, 正朝着大型化、高速化、自动化和智能化, 以及高可靠性、长寿命、低能耗、环保型方向发展。

但是目前, 岸桥也面临着两个发展的瓶口, 其一, 随着起升速度从巴拿马型岸桥的 50/120 m/min 增加到现在的 90/200 m/min, 电动机的功率已经大到 690 kW × 2, 若选为交流电机, 则是目前起重用变频电动机的最大规格了, 正逼迫电动机供货商研制开发更大容量的电动机。其二, 小车速度已从常规巴拿马型的 120 m/min 增加到现在的 240 m/min, 并正在向 300 ~ 350 m/min 的速度发展。它将带来如拖令小车厢供电电缆以及监控信号传输如何适应高速度等一系列新问题。

本文正是在这一背景下, 研究通过以基于轨道波导的无线通讯方式来代替传统的电缆传输信号, 发挥无线的优势并实现高速无误差信号的传输。

1 数学推导

机器人、起重机和各式各样其它机器都拥有一个或多个可移动的部分。可移动的那部分拥有如引擎、传感器、激发设备等需要和基站的电脑、PLC, 或者可移动的远程遥控控制器相通信, 而在其它的一些应用中, 基站也有可能是和无人驾驶的车辆通信^[1]。

传统上, 这些通信的方式都是使用线缆的, 因此这些系统也受制于弯曲圈数、加速度、传输速率, 以及线缆的磨损^[1]。也有一些应用使用无线方式的通讯, 如遥感勘测和远程遥控。这些应用使用 1 GHz 下的某些专属频率, 无线局域网(IEEE802.11), 当前, 也有基于蓝牙通信的实验, 他们使用的频率段供多个使用者共享。但是, 他们有低吞吐量, 信号损耗和较大的信号延迟这些缺点, 虽然这些对于他们本来的一些应用并无多大影响^{[2][3]}。一旦我们使用无线传输应用在控制方面时, 就要考虑低损耗($< 10E-6$), 低传输延迟($< 500 \mu s$), 在这种情况下, 我们要专用频道来满足这个需求。

收稿日期: 2007-10-18

基金项目: 上海市科委重大科技攻关项目(06DZ11202)

作者简介: 谢世明(1983-), 男, 江西赣州人, 在读硕士, 主要从事过程控制方向研究。

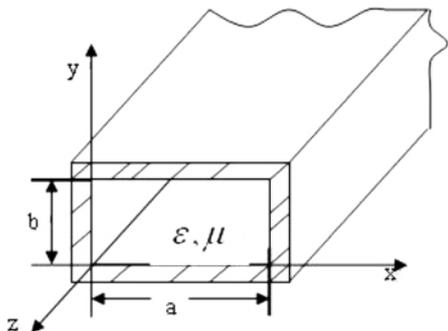


图1 微波波导模型

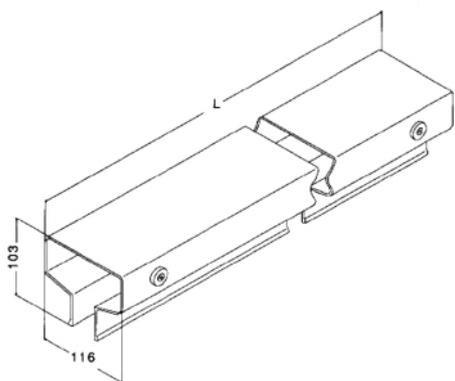


图2 微波通道模型

微波通道,如图2所示.细小的槽缝允许一个相关的天线耦合射频信号的进出.这个天线可以附在一个可移动的子单元上来方便移动部件的激发^[4].

图1所示模型传输型TE导模的场分量为

$$E_x = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{j\omega\mu n\pi}{k_c^2 b} H_{mn} \cos \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} e^{j(\omega t - \beta z)}$$

$$E_y = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{j\omega\mu m\pi}{k_c^2 a} H_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b} e^{j(\omega t - \beta z)}$$

$$E_z = 0$$

$$H_x = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{j\beta m\pi}{k_c^2 a} H_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b} e^{j(\omega t - \beta z)}$$

$$H_y = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{j\beta n\pi}{k_c^2 b} H_{mn} \cos \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} e^{j(\omega t - \beta z)}$$

$$H_z = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} H_{mn} \cos \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b} e^{j(\omega t - \beta z)}$$

矩形波导截面尺寸的首要条件是保证只传输主模TE₁₀模,为此应该满足关系

$$\left. \begin{matrix} \lambda_{cTE_{20}} \\ \lambda_{cTE_{10}} \end{matrix} \right\} \lambda < \lambda_{cTE_{10}}$$

$$\text{即} \left. \begin{matrix} a \\ 2b \end{matrix} \right\} \lambda < 2a$$

于是得到

$$\lambda/2 < a < \lambda$$

$$0 < b < \lambda/2$$

若考虑到损耗要小,由导体损耗公式可知 *b* 应当小;但考虑到传输功率要大,由矩形波导的传输功率公式可知 *b* 应当大.综合考虑抑制高次模,损耗小和传输功率等条件,矩形波导的截面尺寸一般选择

$$a = 0.7 \lambda$$

$$b = (0.4 \sim 0.5 a)$$

波导尺寸确定后,其工作频率范围便可确定,为使功耗不大,并不出现高次模,其工作波长范围选取

$$1.05 \lambda_{cTE_{20}} \leq \lambda \leq 0.8 \lambda_{cTE_{10}}$$

即 $1.05 a \leq \lambda \leq 1.6$

按照如上推导,通道的高度和宽度成一定比例.波导选择了2.4 GHz作为载波频率,波导宽度为116 mm,波导高度为57 mm,通道高度为103 mm.

在这个尺度下的波导的优势是可以很好的通过预定的波模,又对其他高次模有很强的限定作用.

2 试验

我们在波导通道的截止端使用了微波吸收材料,在另外一端,用了一个金属触发器来反射微波.经过验证在这种情况下,TE₁₀微波的信号可通过整个通道.

在本论文中,我们提出了使用微波通信的方式代替线缆通信,为了避免连接部件,电子元件,以及其他同频带通信的干扰作用,因此使用了波导的技术,由于通道的尺度是和波长成一定比例的,在使用2.4 GHz载波后,我们使用了波导参数为:波导宽度为116 mm,波导高度为57 mm,通道高度为103 mm.

TE₁₀(*m* = 1, *n* = 0)模的场分量可求得为

$$E_y = \frac{-j\omega\beta a}{\pi} H_{10} \sin \frac{\pi x}{a} e^{-j\beta z}$$

$$H_x = \frac{-j\beta a}{\pi} H_{10} \sin \frac{\pi x}{a} e^{-j\beta z}$$

$$H_z = H_{10} \cos \frac{\pi x}{a} e^{-j\beta z}$$

$$E_x = E_z = H_y = 0$$

由上反射存在,TE₁₀以驻波形势传播,而一个影响突出的问题是模块之间的电磁传输效率会随着模块长度而改变,由于电磁信号反射而产生的驻波,以及在信道里由于移动天线的运动而导致的不稳定的传输效果.特别在离发射点不到1 m处,驻波发生了特别明显的作用.

为了减小材料对于驻波的作用, 我们做了一些试验, 使用一些不同吸收能力的材料的, 如下所示.

吸收材料	驻波比
Eccosorb LS - 24 - PUC	2.4
Conducting rubber foam	2.9
Eccosorb FGM - U - 40 - SA	3.0
Eccosorb VHP - 8	3.5

同时为测量波导的泄露可能潜在地影响到其他的微波通讯问题, 我们做了如下这个实验.

在该试验中, 一端由吸收材料 LS - 24 - PUC (是我们能用到的比较好的一种吸收材料) 封住后, 使用 2.4 GHz 的频率来通信, 在通道内外侧测量了信号的强度, 试验结果证明了波导技术能很好地将微波波导通道与外界相互隔离开来.

位 置	能量泄露(db)
开始端	23 - 24
距开始端 30 mm 处	27 - 28
结尾端	24 - 25
距结尾端 30 mm 处	29.3 - 30.7

3 结论

从推导及相关试验, 我们可以看到, 微波波导很

重要的一个特性是其本身的传输不会受到外界的干扰, 同时对外界的干扰也很小, 因此能很好的应用于码头岸边集装箱装卸桥.

在波导本身, 通道的尺寸, 结尾端得吸收材料, 天线的设计, 均在一定程度上影响了微波波导的表现性能. 因此对这三个方面进行设计的改进, 能不断提高微波波导的性能.

在以后, 项目主要会集中于波导的传输协议问题, 测试不同的协议将如何影响波导的传输性能以及在岸桥小车的移动通讯中使用什么响应的协议.

参考文献:

- [1] J. R. Pyle. The cutoff wavelength of TE₁₀ mode in ridged rectangular waveguide of any aspect ratio [J]. IEEE Transactions Microwave Theory Technology, 1966: 14 (4): 175 - 183.
- [2] Harald Dalichau. Adapters and vehicle - couplers for slotted waveguide systems Frequenz [J]. IEEE Transactions Microwave Theory Technology 1982: 36(6): 169 - 175.
- [3] J. Bretting, H. Dalichau, H. Groll, K. Petermann and J. Siegel. Transmission Lines and Waveguides [J]. in H. H. Meinke and F. W. Gundlach, "Taschenbuch der Hochfrequenztechnik" 2nd edn. John Wiley & Sons, 1962: 348 - 398. Springer - Verlag.

The Application of Microwave Guide in the Signal Transmission in Quayside Container Cranes

XIE Shi - ming, HE Bin, YUE Ji - guang

(Control Engineer & Control Theory Department, School of Electronic and Information, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: In this paper, we discuss an application of wireless communication based on microwave guide in the signal transmission in quayside container cranes with a throughput of at least 100 Mbit/s with interference - resistance. It can meet the demand of inerrancy broad band communication and provide a new choice for the monitor signal transfer of the cranes.

Key words: microwave guide; quayside container cranes; broad band communication

(责任编辑: 王建华)