

一种不用章动馈源的圆锥扫描 自跟踪接收天线*

周文甫 章日荣

(石家庄通讯研究所, 石家庄)

摘要 本文介绍了一种不用章动馈源的圆锥扫描自跟踪接收天线, 用于对线极化信标跟踪时, 避免了使用结构复杂的章动旋转关节, 不但成本低而且稳定性也较好。馈源和天线的实测值表明: 波束偏轴角的均匀性和极化性能良好, 在对线极化信标跟踪时, 天线姿态平稳、捕获目标快而准, 获得了令人满意的跟踪效果。

关键词 章动馈源; 圆锥扫描; 自跟踪天线; 反射腔

1. 引言

选用带反射腔的振子作馈源的圆锥扫描自跟踪接收天线, 在对线极化信标进行跟踪时, 与自收自发的雷达天线不同, 不能采用旋转振子, 因为振子旋转将产生附加调制, 这是不允许的。国外有人采用章动振子馈源^[1], 但由于章动关节国内尚未解决, 并且章动旋转关节在结构上非常复杂, 因此我们选用了可以代替振子章动的馈源, 即在反射腔一边适当的位置上开若干个槽洞, 利用槽洞的电磁场泄漏实现偏轴波瓣。当基准电动机 (Tzk-305型三相空心轴磁滞同步电动机) 直接带动反射腔旋转 (频率 25Hz) 时, 天线的偏轴波瓣绕抛物面轴线以相同频率旋转, 即形成锥扫波束。当目标在抛物面轴线方向时, 雷达接收信号幅度是不变的, 而目标偏离抛物面轴线方向时, 产生一个 25Hz 的角跟踪误差信号。与章动馈源相比, 该方案具有成本低, 重量轻, 稳定性好等特点。由于通过接收天线的功率很小, 因而信号线和基准信号线可分别用软电缆和多芯软线顺支杆引出, 避免了从抛物面中心伸出的刚性长套筒在馈源旋转过程中带来的附加噪声。

2. 工作原理

代替章动馈源的馈源如图 1 所示。在对称振子的激励下, 同轴反射腔内将激励起同轴线中的最低高次模 TE_{11} 模, 其场分量为^[2]

$$E_r = \pm V_k^* \frac{1}{r} z_1 \left(\frac{\mu_k}{b} r \right) \sin \phi$$

$$E_\phi = V_k^* \frac{\mu_k}{b} z_1' \left(\frac{\mu_k}{b} r \right) \cos \phi$$

$$E_z = 0$$

* 1987年1月9日收到, 1988年3月15日修改定稿。

$$H_r = -I_k^* \frac{\mu_k z_1'}{b} \left(\frac{\mu_k r}{b} \right) \cos \phi$$

$$H_\phi = \pm I_k^* \frac{1}{r} z_1 \left(\frac{\mu_k r}{b} \right) \sin \phi$$

$$H_z = -\frac{j}{y} \frac{\lambda}{\lambda_{c,k}} V_k^* \frac{\mu_k z_1}{b} \left(\frac{\mu_k r}{b} \right) \cos \phi$$

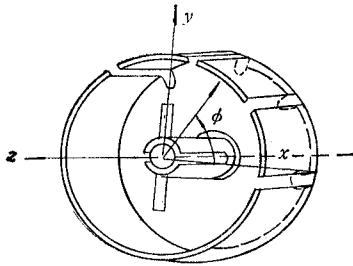


图 1 同轴反射腔

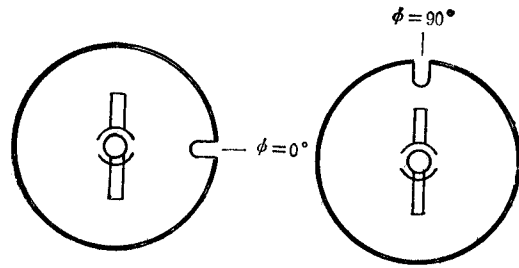


图 2 单槽洞反射腔

同轴腔尺寸的选择应保证 TE_{11} 模能传播,其他高次模不能传播,反射腔壁上的纵槽切割由磁场 H_z 产生的电流,引起泄漏;如果将纵槽向腔底延伸,形成腔底洞,此洞切割 H_r 分量,当 $\phi = 0^\circ$ 时, $H_z = H_{zmax}$, $H_r = H_{rmax}$,因而,由槽和腔底洞引起的泄漏最大.反之,当 $\phi = 90^\circ$ 时, $H_z = 0$, $H_r = 0$,因而,由槽和腔底洞引起的泄漏最小,如图 2 所示.

显然,对于 $\phi = 0^\circ$ 和 $\phi = 90^\circ$ 两种极端情况下,由于槽洞引起的电磁场能量的泄漏的差异太大,直接反应在馈源的 $\phi = 0^\circ$ 时的 H 面和 $\phi = 90^\circ$ 的 E 面方向图的波瓣偏轴角极不均匀,这是跟踪所不允许的.如果用多个分布在适当位置上的槽洞代替一个槽洞,无论对于 $\phi = 0^\circ$ 时的 H 面,还是 $\phi = 90^\circ$ 的 E 面方向图,由于槽和洞总是介于 $\phi = 0^\circ$ 和 $\phi = 90^\circ$ 之间,因而两种情况引起泄漏差别减小,从而大大地改善了 $\phi = 0^\circ$ 的 H 面和 $\phi = 90^\circ$ 的 E 面方向图偏轴角的均匀性,如图 3 所示. 此方案实现了偏轴角均匀性良好

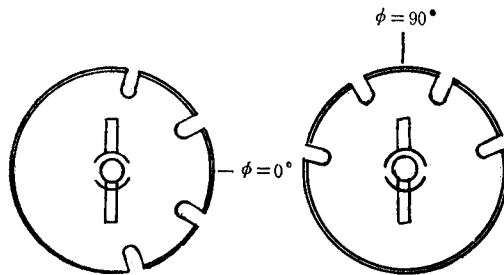


图 3 多个分布槽洞反射腔

的圆锥扫描.

3. 实验结果

如果将图 2 所示的腔底洞堵死,只留槽,此时测量的馈源 $\phi = 0^\circ$ 时的 H 面方向图示于图 4;而在把图 2 的腔底洞打开后,对应于 $\phi = 0^\circ$ 和 90° 的两种状态测量的馈源方

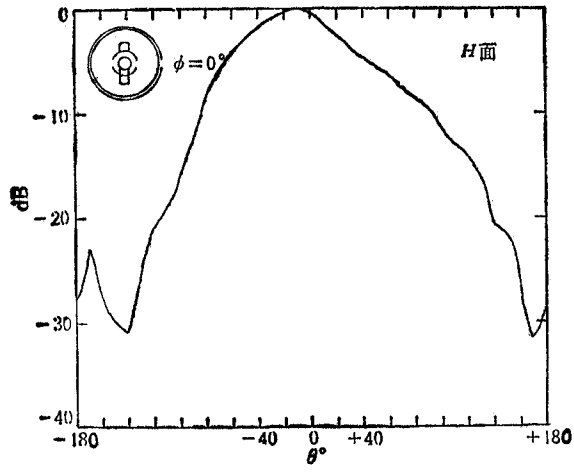
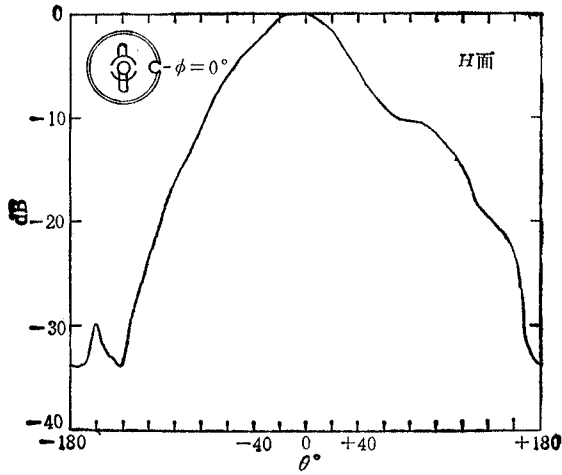
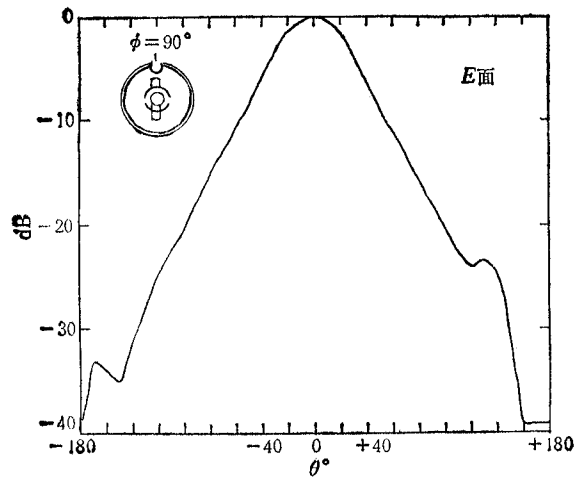


图4 单槽馈源方向图



(a)



(b)

图5 单槽洞馈源方向图

向图分别示于图 5(a) 和(b).

从图 4 和图 5 可以看出,开一个槽的反射腔与开一个槽洞的反射腔相比,波瓣偏轴角差别较小,显然,这说明槽引起的泄漏是主要的,而腔底洞引起的泄漏是较小的,对偏轴角均匀性的改善仅起辅助作用.

从图 5 可以看出,反射腔壁上开一个槽和洞时, $\phi = 0^\circ$ (或 180°) 时的 H 面波瓣偏轴角较大,而 $\phi = 90^\circ$ (或 270°) 时的 E 面波瓣偏轴角几乎等于零,结果证实了上面的分析.

对应图 3 的两种情况,测量的馈源方向图分别表示在图 6 (a)和(b)中, E 面和 H 面的偏轴角几乎相等,这表明偏轴角的良好均匀性得到实现.

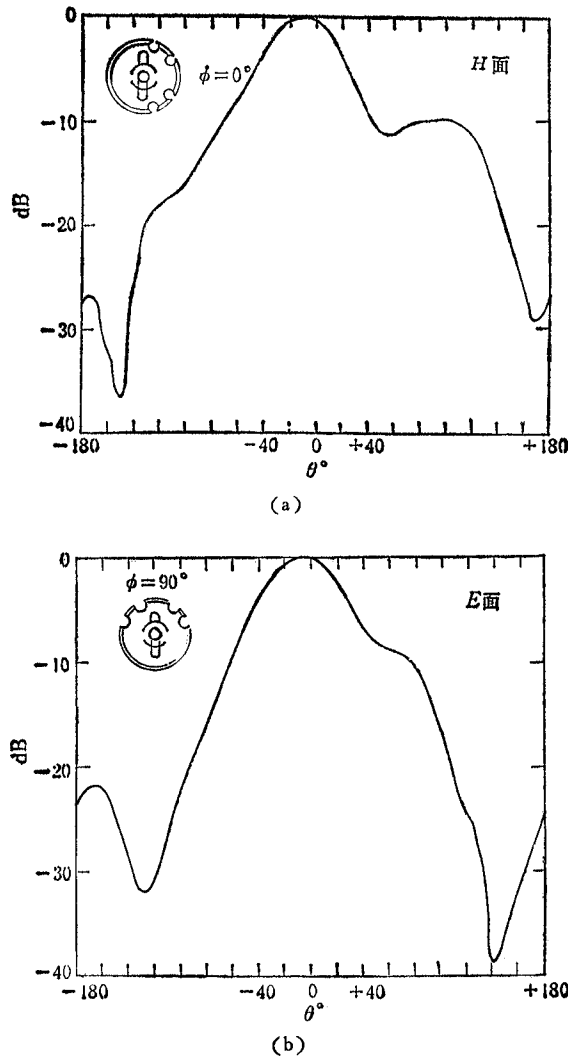


图 6 四分布槽洞馈源方向图

采用上述馈源的圆锥扫描自跟踪抛物面天线如图 7 所示,天线口径 $D = 1.5\text{m}$, 焦距 $F = 0.45\text{m}$. 频率为 1680MHz 时,天线方向图的测量值如图 8 所示.

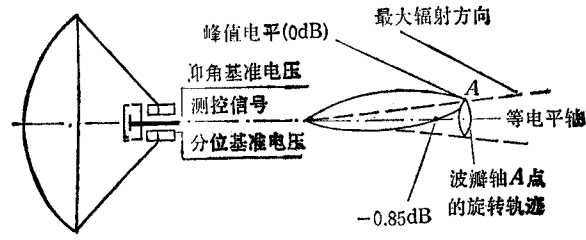


图 7 天线示意图

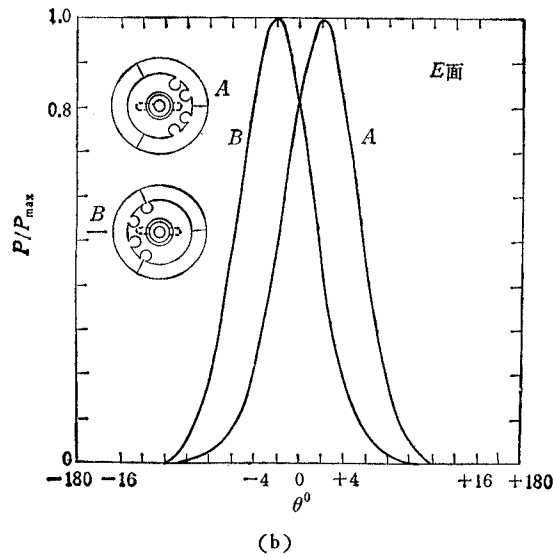
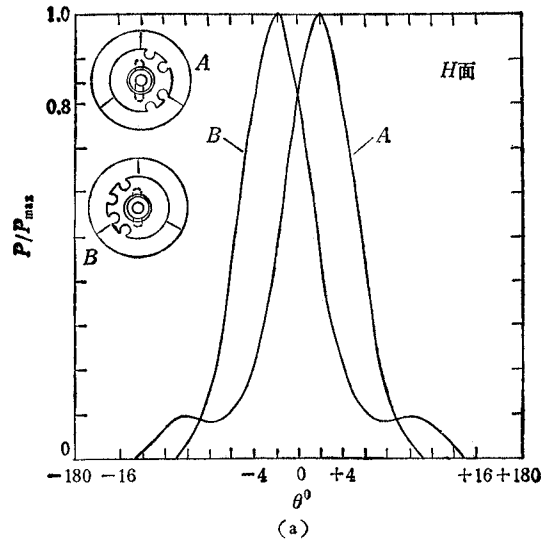


图 8 天线方向图

H 面的其他副瓣 $P/P_{\max} \leq 0.02$ (-17dB 以下), E 面副瓣 $P/P_{\max} \leq 0.0025$ (-26dB 以下), 这些副瓣几乎与横轴重合, 故在图 8 中未画出这些副瓣。

5. 结论

本文对一种不用章动馈源的圆锥扫描自跟踪天线作了实验测量和定性分析。实验结果与定性分析一致,可供工程设计参考。进行了静、动态跟踪实验。跟踪动目标(汽球)时,天线姿态平稳,捕获目标快而准,跟踪效果是令人满意的。

在国内章动馈源尚未解决,在国外虽已经实现,但结构非常复杂,而且在长期使用中,难以保持结构稳定。因此上述代替章动馈源的馈源在经济上和稳定性上都有显著的优越性。

参 考 文 献

- [1] H. Jasik, *Antenna Engineering Handbook*, McGraw-Hill, New York, 1961, pp.26-27
- [2] 黄宏嘉,微波原理(卷1),科学出版社,1963年,第一版,第180页。

A CONSTANTLY POLARIZED CONICAL-SCANNING ANTENNA WITHOUT NUTATING FEED

Zhou Wenpu, Zang Rirong

(Shijiazhuang Communications Laboratories, Shijiazhuang, Hebei)

ABSTRACT In this paper, a scheme of an auto-tracking antenna is given to replace the complex nutating conical-scan antenna. The measured values of the feed and antenna show that the angles of the beam deviated from the antenna axis in any plane are almost the same and the polarization performance is excellent. In tracking the signal target with linear polarization, the target is caught out quickly and exactly, and the situation of the antenna is stable.

KEY WORDS Nutating feed; Conical scanning; Auto-tracking antenna; Reflection cavity