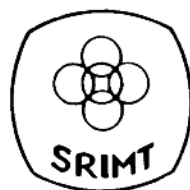


1977—1983

研究报告

Papers
&
Reports
on
Research
Work



电 子
工业部上海微波技术研究所

序 言

所技术委员会编辑组编辑出版了我所建所以来(1977~1983年)科研成果的《研究报告》，汇集了我所微波无源遥感，数传通信，微波、毫米波仪器，计算机辅助设计，软件开发，“软科学”等方面以及在有关刊物或学术会议上发表过的文章共41篇。这是一件很有意义的工作；注意将实践了的东西上升到理论高度加以总结，既能提高理论水平，又能活跃学术思想，进行必要的交流，培养严谨治学的科学态度。应坚持下去，每年出版一次。

我们面临着一种新的技术革命热潮，要抓住时机迎接挑战。通过微电子技术、生物工程、光纤通信、海洋工程、新能源和新材料等新技术的广泛应用，新的科学技术即将面临重大突破，将带来社会生产力和社会生活等方面的变化，就是从工业社会转入到信息社会。全所的科研人员都应该解放思想，开阔眼界，跟上形势，跟上时代，立足于本职工作，努力掌握毫米波新技术，精心设计国防配套工程；并大力开发投资类产品，努力完成目前承担的微机化“三遥”系统工程，广泛为国民经济建设服务。我们要团结一致，以科研为主导，以经营为手段，以提高社会经济效益为目的，高瞻远瞩，奋发进取，开创我所科技工作的新局面。

王 作 彬

1984年4月

《研究报告》编辑组

组 长：曾乃瑜

成 员：(以姓氏笔划为序)

王者铭 姜可正 姜国雄

高永安 黄伟嘉

插图绘制：侯宪华 朱春燕

封面设计：王大宙

目 录

微波与毫米波技术

1. 双参考温度式微波辐射计.....曾乃瑜 唐鸿来 吴贤静 任登科 施裕新(1)
2. X 波段恒温参考噪声源.....何关元 任登科 施裕新 叶静娟(9)
3. 微波辐射计系统设计的一些问题(摘要).....吴贤静(11)
4. 双参考微波辐射计的自校法.....唐鸿来(12)
5. 用 K_a 波段辐射计对海上船只的遥感研究.....任登科执笔(18)
6. K_a 波段微波噪声源的研制.....陈尧瑞(27)
7. K_a 波段透镜天线.....陈克勤(31)
8. K_a 波段辐射计用极化转换器设计.....施裕新(36)
9. K_a 波段鳍状线耿氏振荡器.....邵幼鹏(41)
10. 国外微波辐射计研制动态报告(摘要).....张从麟 王海翔(44)
11. 微波自动门.....彭 琴 戴由良(45)
12. WZ-QN 型微波热疗机.....徐松涛 林伟民(47)
13. 毫米波鳍状线集成电路.....王焕卓(50)
14. 四氟型毫米波介质基片及其应用.....许国大(71)
15. 亚毫米波技术研究与测试设备的发展动态(摘要).....
.....张金宝 沈明珍 姚顺英 黄伟嘉(76)

通信技术

1. 119 气象雷达图象传输无线收发讯机.....章博华 武 斌(78)
2. 矿山电机车无线遥控设备(摘要).....502 研制组(80)
3. 三分贝微带电桥.....姜可正(83)
4. 用于双工器的梳状线带通滤波器.....方伦宝(95)
5. 解决发射机在低高温环境下自激的几点措施.....郎明宽(101)
6. 单片集成锁相环解调 FSK 信号.....朱圣庆(104)

仪器与测量

1. 地下异物探知器的研制.....姜可正 张金伯 和聚平 马小春 黄新荣(115)
2. W波段波导测量线.....姜可正 张俊良(118)
3. 在超高频波段上测量介质相对介电常数的实验方法.....姜可正(121)
4. 圆波导衰减阻膜的设计.....徐念增(127)
5. 超高频振荡器的研制.....郭志明(134)

6. 100MHz 晶振噪声分析及瞬稳估算..... 吕景仰 (137)
7. 30W同轴负载的研制..... 竺有国 (145)
8. 2441 型, 2460 型通过式功率计..... 李纪嵩 (148)

微机应用

1. 16位双微机系统的硬件研究..... 姜国雄 何伟民 丁开竞 (149)
2. 一个简单易行的 EPROM 编程器..... 姜国雄 何伟民 丁开竞 (161)
3. 具有可编程序功能的计算器在编程中的应用(摘要)..... 曾春灵 (168)

结构与工艺

1. WJ3710 型 K_a 波段精密衰减器结构设计(摘要)..... 董光正 (169)
2. 精密读数机构传动精度的计算与检测(摘要)..... 金熙杰 (171)
3. 用于电子仪器的齿轮精度与检验(摘要)..... 金熙杰 (173)
4. 天线阵板胶合层压工艺的探讨(摘要)..... 张孝华 顾美兴 (176)
5. 分立元件单元电路的灌封技术..... 张孝华 (178)

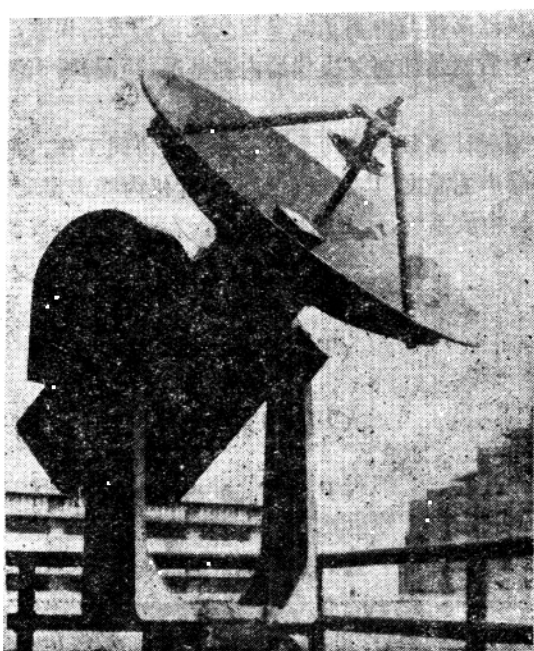
管理科学

1. 关于我所规划的一些看法与建议(摘要)
.... 缪德康 王海翔 黄伟嘉 张金宝 陈渊喜 赵银莲 沈明珍 姚顺英 (179)
2. 试论中小开发型研究所的经营和选题..... 凌兴发 (180)
3. 标准化学科特征及对企业标准化人员的要求(摘要)..... 李文元 (183)
4. 试谈技术情报研究工作..... 黄伟嘉 (186)

双参考温度式微波辐射计*

曾乃瑜 詹鸿来 吴贤静 任登科 施裕新

本文介绍了双参考温度式辐射计的特点及工程设计原则,重点分析了X波段微波辐射计的定标与自校,并提供了该辐射计在遥感应用中的一些实验数据。



WF101A 型

X波段双参考温度式微波辐射计

微波辐射计可用于大气与气象观测,它与气象雷达一起配合使用提供了一百公里内的降雨量的观察数据。此外还可以用于地物微波辐射的测试,是微波遥感科研工作中重要的仪器。

多数微波辐射计的精度受到仪器高频、中频及低频部件与电路的稳定性限制,不可能很高,而双参考温度式辐射计利用连续比较输入信号与内部基准信号的方法,自动调节视频放大器的增益,使辐射计的整机增益能保持相对固定,从而消除了仪器高频、中频部件参数变

* 在中国空间科学学会第一届全国学术会上宣读(1983年9月)

化对辐射计指示的影响,辐射计的稳定性大为提高,目前美国发射的地球资源卫星及气象卫星上所用的微波辐射计广泛使用双参考温度的体制。(1)

双参考温度式辐射计主要的优点是:(1)输出特性的温度稳定性好。(2)输出特性的线性动态范围宽。(3)对高频系统元器件的要求较低。(4)便于定标与自校。但是这种辐射计对低频与直流放大部分的稳定性要求较高,这个问题经过采取工程技术措施认真加以解决后,辐射计的观测精度便可提高到实际使用的要求。

设 计 原 则

双参考温度式辐射计的作用原理早于一九六八年就发表在 J. P. Hach 的文章中(2),近几年来虽有不同程度的改进,但是其基本原理都是将天线接收到的微弱功率信号的直接测量,转化为对仪器内部两个不同温度的基准(恒温)噪声源信号的间接比较。由于自动增益电路的连续调整作用,补偿了仪器高频与中频系统参数变化而造成的误差,因此双参考温度式辐射计在工程设计上的主要矛盾就是如何解决仪器内部基准(恒温)噪声源和低频信号处理电路参数的稳定性问题。

由于双参考温度式辐射计高频系统两个微波开关的协同工作,把被测输入温度 T_A 、机内“高温”,“低温”基准噪声源温度 T_H 、 T_L 与辐射计机内噪声温度 T_{RN} 叠加在一起,按一定时序关系加到混频器、中放系统,经线性变换后,在平方律检波器上得到复合时序信号 $V_d(t)$ 如下式所示:

$$V_d(t) = C_d G K B \begin{cases} (T_A + T_{RN}) & \text{当 } 0 \leq t < \frac{\tau_s}{2} \\ (T_H + T_{RN}) & \text{当 } \frac{\tau_s}{4} \leq t < \frac{3\tau_s}{4} \\ (T_A + T_{RN}) & \text{当 } \frac{\tau_s}{2} \leq t < \frac{3\tau_s}{4} \\ (T_L + T_{RN}) & \text{当 } \frac{3}{4}\tau_s \leq t < \tau_s \end{cases} \quad (1)$$

式中,

C_d ——平方律检波器的增益系数(伏/瓦),

G ——辐射计高频和中频系统的功率增益,

K ——Boltzman 常数(1.38×10^{-23} 焦耳/K),

B ——检波前的带宽(赫),

T_A ——天线接收信号送到接收机的等效功率温度(K),

T_{RN} ——接收机的内部噪声温度(K),

T_H 与 T_L ——机内“高温”和“低温”基准噪声源的等效噪声温度(K),

τ_s ——AGC 同步检波器的开关信号周期(秒)。

$V_d(t)$ 电压经交流耦合到增益(G_v)可控的视频放大放大后,所得的时序信号电压 $V_v(t)$ 为:

$$V_v(t) = \frac{1}{4} G_v C_d GKB \begin{cases} (2T_A - T_H - T_L) & \text{当 } 0 \leq t < \frac{\tau_s}{4} \\ (3T_H - T_L - 2T_A) & \text{当 } \frac{\tau_s}{4} \leq t < \frac{\tau_s}{2} \\ (2T_A - T_H - T_L) & \text{当 } \frac{\tau_s}{2} \leq t < \frac{3}{4}\tau_s \\ (3T_L - T_H - 2T_A) & \text{当 } \frac{3}{4}\tau_s \leq t < \tau_s \end{cases} \quad (2)$$

$V_v(t)$ 再分别加到两只并联的同步器(信号同步检波器与 AGC 同步检波器)上。
以信号同步检波器为例,其电路设计见图 1:

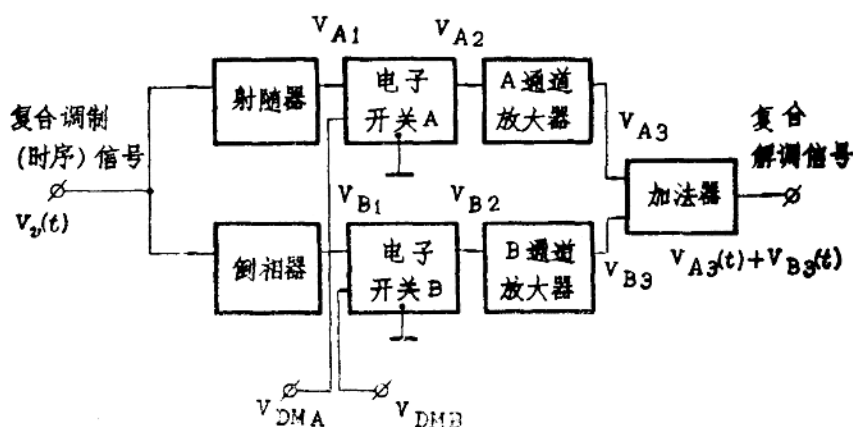


图 1 信号同步检波器电路原理

经过低噪声视放级线性放大后的复合时序信号分别加到射随与倒相级得到二个幅度相等、但是相位相反的复合时序信号 V_{A1} 与 V_{B1} ，再分别加到电子开关 A 与电子开关 B，电子开关对复合时序信号的同步解调作用，实际上是依靠与形成复合调制信号相同的时基信号，轮流地把复合调制信号对地短路或无耗传输而完成的。当 V_{DMA} 为高电平时， V_{A2} 箝位于约 0.1 伏的固定电平；而当 V_{DMA} 为零电平时， V_{A2} 信号的幅度与相位基本上与 V_{A1} 相同。同理 V_{B1} 调制信号与 V_{DMB} 一起解调作用后，得到 V_{B2} 的解调信号加到 B 通道放大器。A、B 两个通道放大器的作用是保证二路解调信号的输出 V_{A3} 与 V_{B3} 幅度相等而相位相反。最后通过加法电路把 V_{A3} 与 V_{B3} 中有关接收机内部噪声电压的成份 T_{RN} 全部抵消，得到了叠加在一起的解调信号 $V_{A3}(t) + V_{B3}(t)$ ，再经过积分以后，即可得到辐射计的亮温指示输出电压(直流)。

$$V_{SIG} = \frac{G_{SIG}}{\tau_s} \left[\int_{\tau_s/4}^{\tau_s/2} V_v(t) dt + \int_{3/4\tau_s}^{\tau_s} V_v(t) dt - \int_0^{\tau_s/4} V_v(t) dt - \int_{\tau_s/2}^{3/4\tau_s} V_v(t) dt \right] \\ = \frac{1}{4} G_{SIG} G_v G C_d K B (T_H + T_L - 2T_A) \quad (3)$$

式中 G_{SIG} 为信号同步检波器各级总的电压传输系数。

同理, AGC 通道的平均输出电压 V_{AGC} 计算出如下:

$$V_{AGC} = \frac{1}{4} G_{AGC} G_V G_d GKB (T_H - T_L) \quad (4)$$

上式中 G_{AGC} 为 AGC 回路中的电压增益系数。AGC 回路的作用是通过自动调整, 使 V_{AGC} 保持恒定, 并等于已知的直流基准电压 V_R , 即:

$$V_R = \frac{1}{4} G_{AGC} G_V C_d GKB (T_H - T_L) \quad (5)$$

合并(3)式与(5)式, 可得双参考温度式辐射计的输出特性(即天线亮温 T_A 与输出电压 V_{SIG} 的关系式)为:

$$V_{SIG} = \frac{V_R G_{SIG}}{G_{AGC}} \left(\frac{T_H + T_L - 2T_A}{T_H - T_L} \right) \quad (6)$$

从(6)式中看出只有当 V_R 、 G_{SIG} 、 G_{AGC} 、 T_H 与 T_L 为恒定值时, 输出特性才是理想的线性方程, 即: $V_{SIG} = ST_A + V_0$ (7)

其中 V_0 为输出特性方程的起始值(当 $T_A = 0$ 时的输出指示电压)

$$V_0 = \frac{V_R G_{SIG} (T_H + T_L)}{G_{AGC} (T_H - T_L)}$$

而输出特性方程的斜率

$$S = \frac{-2V_R G_{SIG}}{G_{AGC} (T_H - T_L)}$$

图 2 表示出双参考温度式辐射计输出指示电压与天线视在亮温的关系。

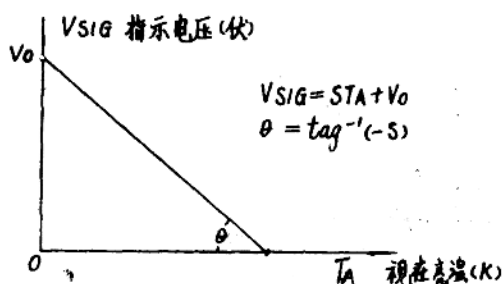


图 2 双参考温度式辐射计的输出特性

以上分析说明: 以工程的观点具体设计双参考温度式辐射计时, 重要的任务就是要能保持恒温噪声源的参数值 T_H 、 T_L 与低频信号处理电路的参数值 V_R 、 G_{SIG} 、 G_{AGC} 在各种工作环境条件下的稳定。在实际应用中, 由于仪器平方律检波器及视频放大系统存在非线性失真, 即使上述五个参数值为恒定, 辐射计的输出特性会引起大约 1~2% 的非线性误差。同时由于 V_R 、 G_{SIG} 、 G_{AGC} 、 T_H 与 T_L 参数值的温度漂移与非可逆性残余变化等因素的影响, 所以在长时期观察过程中辐射计的指示总存在着一定程度的非稳定性漂移误差。在设计上采用低漂移的对称式运算放大器、高稳定性的稳压电源与高稳定性的恒温基准噪声源结构等技术措施, 可使非稳定性漂移减少到 $\pm 3K$ 以内。

定标与自校

(1) 辐射计的定标

微波辐射计的正确定标是保证测量数据准确的重要步骤。当然,这种定标的前提必须是辐射计系统的性能在各种工作环境条件下达到了稳定与可靠。理想的定标方法就是对整套辐射计直接定标,但是分段的间接定标方法在一定的误差条件下仍有实用意义。

直接定标方法就是把整套辐射计系统对准标准噪声源的辐射目标,根据接收测量的数据定出辐射计的读数。要实现正确的直接定标必须解决许多测量条件问题,首先要解决标准噪声源的精确性、均匀性与稳定性问题;其次要解决背景辐射温度的影响问题;还要解决辐射计天线失配影响等问题。为此需要较为昂贵复杂的设备以实现技术上的保证。微波辐射计的直接定标方案设想如下:在一个较大的真空室里把微波辐射计天线与接收机可靠地固定,在离开天线馈源距离为 $D \approx 20\lambda$ 的地方放置面积为 $S \geq 4D^2 \tan^2 \frac{\theta}{2}$ 的标准噪声源(可以用微波黑体吸收负载浸在液氮中制成,或用微波黑体吸收材料紧贴在电控的半导体致冷剂上制成),在真空室四周铺设液氮(或液氮)的致冷金属管以减少背景的热辐射对标准噪声源的影响。如果微波黑体的辐射系数与表面温度可以精确地测量出来,那末标准噪声源的准确性就可以计算出来。图3给出直接定标的示意图。

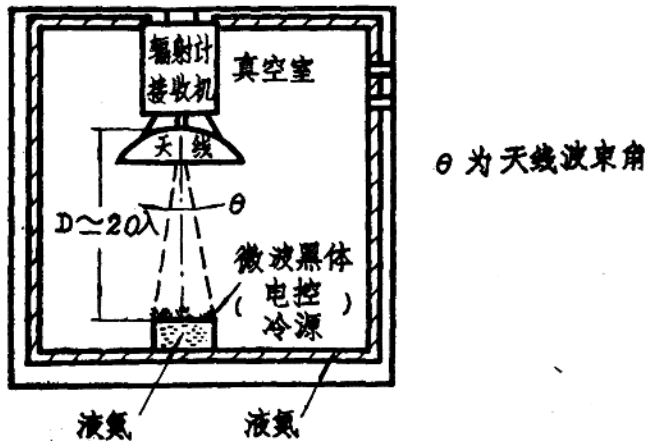


图3 微波辐射计的直接定标法示意图

间接定标法就是把辐射计的天馈线与接收机分开定标,这种定标的原理基于把辐射计天馈线视为一个无源四端网络,天馈线的损耗、驻波比等性能都可以用图4所示等效四端网络来表征。

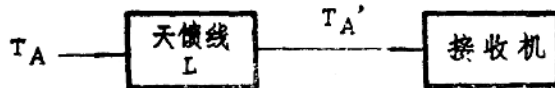


图4 辐射计天馈线系统的等效网络

当天线接收的视在温度为 T_A 时,由于天线的损耗与驻波比等因素使 T_A 信号送到接收机输入端变为 T'_A 。

$$T'_A = \frac{T_A}{L} + \left(1 - \frac{1}{L}\right)T_0 \quad (8)$$

式中: L 为天线的等效损耗

T_0 为天线的工作环境温度(K)

由(8)式可以计算出:

$$T_A = LT'_A + (1-L)T_0$$

而接收机的间接定标采用标准噪声源串接精密衰减器的对比方法(图5)是十分容易实现的



图5 辐射计的间接定标法

标准噪声源输出端口与精密衰减器之间有隔热的不锈钢波导的衰减量,应计入精密衰减器的衰减量中,精密衰减器与接收机直接连接,由

$$T'_A = \frac{T_A}{L} + \left(1 - \frac{1}{L}\right)T_0$$

则,

$$\Delta T'_A = -\frac{(T_A + T_0)}{L^2} \Delta L + \frac{\Delta T_A}{L}$$

$$\frac{\Delta T'_A}{T'_A} = \frac{-(T_A + T_0)}{T_A + (L-1)T_0} \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta T_A}{T_A + (L-1)T_0}$$

对于 $L \approx 1$ 即小衰减量时, $T'_A \approx T_A$

$$\frac{\Delta T'_A}{T'_A} \approx \pm \left\{ \left| \frac{-(T_A + T_0)}{T_A} \frac{\Delta L}{L} \right| + \left| \frac{\Delta T_A}{T_A} \right| \right\} \quad (9)$$

以 $\frac{\Delta L}{L} = 0.005$, $\Delta T_A = 1K$, $T_A = 91.03K$, $T_0 = 290K$ 代入(9)式中可计算得此法的最大误差为:

$$\left[\frac{\Delta T'_A}{T'_A} \right]_{\max} \approx \pm \left| \left(1 + \frac{290}{91.03} \right) 5 \times 10^{-3} + \frac{1}{91.03} \right| \approx \pm 3\%$$

由此可见利用标准噪声源与精密衰减器的间接定标法对辐射计接收机单独定标还是比较精确的。显然这种间接定标法比前述直接定标法要经济得多,比较适用于工程定标。

(2) 辐射计的自校

双参考温度式自动增益控制微波辐射计在设计原理上具备良好的线性输出特性,同时又有两个恒温噪声源,因此只要在设计信号处理电路时稍加改进即可实现辐射计自校,有了自校能力就可以消除由于使用环境的变化致使定标后的辐射计产生附加误差。

X 波段微波辐射计具有三种工作状态:(1)测量状态(2)起点自校状态(3)定点自校状态。这三种工作状态可以通过辐射计控制面板上的工作种类开关转换选择。

在起点自校时,将等效天线温度 $T_A = \frac{T_H + T_L}{2}$ 的信号送入信号处理电路,让辐射计控制

器数字显示出相应于 $T_{A1} = \frac{T_H + T_D}{2}$ 的固定读数。而在定点自校时，将 $T_{A2} = T_L$ 的信号输入信号处理电路，此时辐射计控制器面板上就显示出相应于 T_L 温度的固定读数，如存在漂移误差时，可利用自校旋钮消除该漂移值。

本设计上选 $T_H = 397.2K$ ， $T_L = 324.8K$ ，此时 $T_{A1} = 361K$ ， $T_{A2} = 324.8K$ 。

由于双参考温度式辐射计的输出信号符合(7)式所示的线性规律：

$$\text{即 } V_{sig} = S T_A + V_0$$

因此利用图6所示两点自校方法完全可以消除由于各种不稳定因素所造成的输出指示误差，以保证输出特性的 S 与 V_0 值符合定标时确定的数值。

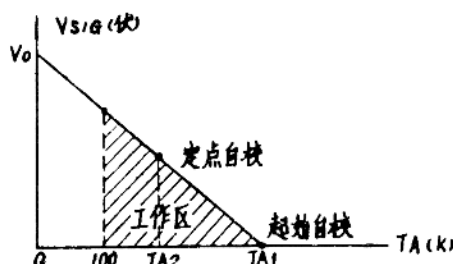


图6 自校与测量曲线

传统的自校方法大多采用内附的专用噪声源对比较准，这样就需另外增加一个波导转换开关以及作为校准对比用的恒温噪声源。本双参考温度式辐射计由于在电路设计上的特殊考虑，不需要再另加专用校准噪声源和波导开关，却也可以达到准确自校的效果。这是本辐射计在设计方案上的一个特点。

遥感观测数据

1. 对降雨的初步观测试验

X波段辐射计于一九八一年七月十四日至七月二十九日在南京气象学院电子大楼四楼东平台上观测降雨情况如下：

(1) 在五次的降雨观测中均发现降雨前后辐射计的亮温变化量约为 $50K \sim 170K$ ，在降雨期间，天线亮温指示明显升高，说明利用本辐射计观测远空降雨是十分灵敏的。

(2) 用辐射计观测到的各个方位的降雨区域与气象雷达指示的降雨目标区完全一致，其中有几次降雨的观测是先由辐射计获得预报，然后由711型气象雷达证实的。

(3) 用本辐射计观测到的最大降雨距离达到120公里(距离数值系由711气象雷达测得)，降雨前后的亮温度差别为 $113.6K$ ，所测方向的仰角与方位角与气象雷达观测的数值是一致的。

2. 用两种极化对水塘表面的观测

对一个深度为 $40 \sim 50$ 厘米，其中有四分之一面积为浮萍与水草的水塘的观测结果如下：

用水平极化观测时，水塘的辐射亮温指示约为 $165K$ ；换用垂直极化观测同样水塘时，辐射计的亮温指示为 $223K$ 。说明两种极化对水面观测的亮温度有着明显的差异，(差值达 $58K$) 这与遥感理论分析的结果也是吻合的⁽³⁾。同时也证明用本辐射计接收不同极化型式的目标亮

温时能够明显地反映出差别。

3. 短期稳定性的观测

在夏季期间,本辐射计连续对定点天空观察 32 小时,在观测过程中,天线的输出温度约有 10K 的波动,但是辐射计接收机内部的自校电路的输出在 32 小时内始终稳定(变化量优于 $\pm 0.5\text{K}$),证明了天线视在亮温的波动主要是因外部的变化而引起的。在观察期内,由于天气日夜的温度变化和湿度变化(午夜后到清晨尚有雾),白天空气中的各种污染必然致使天线亮温度产生变化。但是对晴空的观测,由于此时被测目标的辐射亮温度较低(实际观测结果证明晴空的亮温度远低于 100K),而本辐射计受天线设计参数的限制,在观测时若不加修正必然会有较大的误差。

结 论

按本文所介绍的双参考温度式辐射计设计原理,经过研制的实践证明:即使辐射计整机未采取机箱恒温措施,在 $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 的工作环境下辐射计本身的总误差仍可达到 $\pm 5\text{K}$ 以内,为较高精度微波辐射计的研制提供一个可行的技术途径。

本所研制的 WF101A 型 X 波段微波辐射计达到的主要技术指标如下:

- | | |
|----------------|---|
| 1. 工作频率: | 9375MHz |
| 2. 温度分辨率: | 优于 0.8K (积分时间 1 秒) |
| 3. 线性动态范围: | 100~360K |
| 4. 测温误差(经修正后): | 优于 $\pm 5\text{K}$ ($-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$) |
| 5. 天线波束宽度: | 小于 2.8° |
| 6. 天线增益: | 大于 34 分贝 |
| 7. 天线旁瓣衰减: | 大于 16 分贝 |
| 8. 极化型式: | 水平与垂直极化任选 |
| 9. 仰角: | $-5^{\circ}\sim 90^{\circ}$ |
| 10. 方位角: | $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ |
| 11. 平均功耗: | 小于 150 伏安 |
| 12. 接收机重量: | 小于 22 公斤 |
| 13. 环境性能: | 符合 SJ944-75 的第二组规定 |

致 谢

X 波段微波辐射计的研制工作,得到了南京工学院无线电系,华师大物理系,航天部 23 所的大力协作,文本所引用实验数据得到南京气象学院的帮助,局沈宜春副总工程师及上海电子物理研究所所长孟侃教授对全文作了精心指导,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] S194 Sensor Performance Evaluation Final Report, NASA-CS-141752 (1975).
- [2] J. P. Hach, "A very sensitive airborne microwave radiometer using two reference temperatures," Proc. IEEE Trans-MTT, Vol MTT-16, No. 9 (1968).
- [3] Robert G. Reewes: "Manual of Remote Sensing" (汤定元等译:遥感手册第一分册)(1979).

X 波段恒温参考噪声源

何关元 任登科 施裕新 叶静娟

本文叙述X波段恒温参考噪声源的工作原理、技术设计及定标结果。在X波段双参考辐射计中使用的情况表明,噪声源的精度较高、性能稳定。

概 述

恒温参考噪声源是辐射计的关键部件之一。辐射计的校准精度取决于参考噪声源的精度及辐射计本身的稳定性。图1给出双参考改进型迪克式辐射计的方框图,图中 T_H 、 T_L 为高温、低温参考噪声源,两者均为加热型,用作整机内部的噪声参考标准。

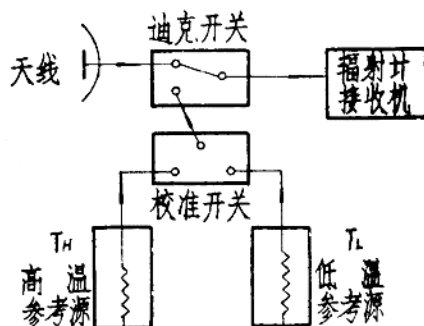


图1 双参考改进型迪克式辐射计

工作原理与技术设计

参考噪声源的基本元件是电阻,由电阻作为噪声源时,它的输出有效噪声温度与电阻本身的物理温度有关。本设计要求对电阻稳定加热,构成微波热噪声源,图2为基本工作原理方框图^[8]。

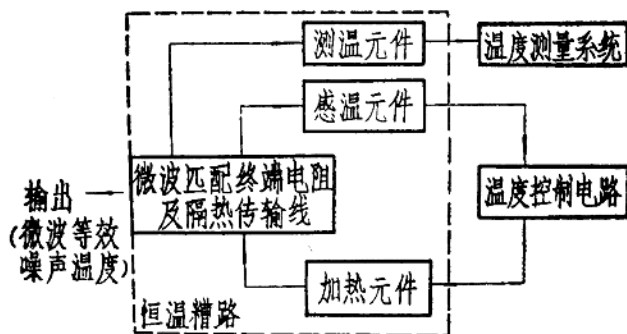


图2 恒温噪声源工作原理图

由图 2 可知,微波热噪声源由微波匹配终端电阻为主体的微波部分、温度控制回路及恒温槽组成。微波部分由一个温度为 T 的匹配终端电阻及一个具有分布温度与传播常数的隔热传输线构成,见图 3。本设计采用 50 欧姆微带电阻作为匹配终端,经微带同轴转换、同轴锥体变换过渡到由薄壁不锈钢制成的 50 欧姆标准传输线,最后经精密同轴接头转标准波导,由 BJ-100 波导口输出。设计中采用电阻区及隔热传输区分段温度控制的连续控制桥路,温控精度优于 $\pm 0.1^\circ\text{C}$,感温元件为铂电阻。噪声源的恒温槽路为特殊的杜瓦瓶结构。

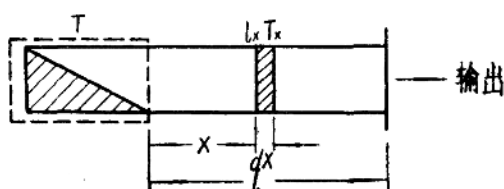


图 3 微波热噪声源的微波部分

定标及使用结果

X 波段参考噪声源由中国计量科学研究院无线电室检定定标,结果如下:

输出噪声温度 $T = 398.4\text{K} \pm 2\text{K}$

输出噪声温度稳定性 ΔT 优于 $\pm 0.5\text{K}$

校准频率 $f_0 = 9370_{\text{MHz}}$

经 X 波段双参考辐射计长期使用,性能稳定可靠,辐射计整机起伏达到小于 1K 的指标。

驻波比改进

X 波段参考噪声源的输入驻波比,在校准频率上,小于 1.08,在 $f_0 \pm 150_{\text{MHz}}$ 范围内,小于 1.2。为了增加辐射计的带宽、提高灵敏度,并与国内集成中频放大器的带宽水平相适应,噪声源微波部分经改进,已实现在 $9 \sim 10_{\text{GHz}}$ 范围内输入驻波比小于 1.2^[2]。

致 谢

南京工学院协作试制微带电阻,上海计量局对热电偶进行定标,中国计量科学研究院对噪声源进行定标,在此表示感谢。驻波比的改进由上科大陈七一在毕业设计中完成。

参 考 文 献

- [1] Daniel H. Hornhostel, " Hot and Cold Body Reference Noise Generators, " IEEE Trans. on IM-23, No. 2, 1974. 6, pp. 120-131
- [2] 陈七一, "微波噪声源", 上科大毕业设计论文, 1983. 7.

微波辐射计系统设计的一些问题

(摘 要)

吴 贤 静

本文讨论了微波辐射计系统设计中的一些问题，包括微波辐射计的类型选择、灵敏度公式中各参数选择、结合双参考辐射计推导了系统稳定度公式，及影响稳定度有关元件指标要求、对辐射计的一些主要部件（如天线、中频放大器、低频放大部分、平方律检波器、锁式开关等）的要求作了说明或计算，最后对标定问题进行了一般性的探讨。

双参考微波辐射计的自校法

詹 鸿 来

双参考温度式微波辐射计采用了自动增益控制(A G C)电路可减小视频放大器前端各个参数变动的影响。但在长期工作中,由于多种因素对被测值的重复性和稳定性仍有影响,为进一步消除整个辐射计系统“增益波动”的影响,提高辐射计在使用时的稳定性和可靠性,本文提出了一种利用辐射计内部的两个参考噪声源组成两种自校工作状态。

最后附有测试数据。

众所周知,微波辐射计的温度分辨率可由下式表示:

$$\Delta T_{\min} = \sqrt{T_{\text{rms}}^2 + \Delta T_s^2} \quad (1)$$

式中:

$\Delta T_{\min}$ ——辐射计最小可测信号温度(K)

ΔT_{rms} ——辐射计内部噪声所引起的波动均方根值(K);

ΔT_s ——辐射计由于“增益”不稳定性所引起的波动值(K)。

从式(1)中看出:(1)当 $\Delta T_s \rightarrow 0$,即辐射计具有高稳定性时, $\Delta T_{\min} \approx \Delta T_{\text{rms}}$ 。此时,最小可测信号温度为辐射计的极限灵敏度,目前有可能做到小于0.1K的指标。(2)当 $\Delta T_s \gg \Delta T_{\text{rms}}$ 时,则 $\Delta T_{\min}$ 就要由 ΔT_s 的大小来决定,从而降低了测试精度,使应用受到限制。

本文为解决辐射计在测量中的稳定性和重复性,提出在设计双参考温度式辐射计时,除利用两只参考噪声源作A G C环路的基准外,还用来组合成输出电压与被测温度对应曲线上的两个自校正基点。所增加的自校功能就大大地提高现有辐射计的工作可靠性。

两点式自校准方案的基本出发点是建立在辐射计的输出特性为线性方程的基础上。

由A G C控制的视放增益 G_0 去稳定信号检波器支路的输出,可推得辐射计的输出特性方程为:

式中:

$$V_{\text{sig}} = \frac{V_0 G_{\text{sig}}}{G_{\text{agc}}} \frac{(T_H + T_L - 2T_A)}{(T_H - T_L)} \quad (2)$$

V_{sig} ——辐射计输出电压;

V_0 ——A G C环路基准电压;

G_{sig} ——信号同步检波器增益;

G_{agc} ——A G C同步检波器增益;