

地物的微波辐射与红外辐射 的对比试验*

黄扬 耿淮滨 李聪敏

(中国科学院遥感应用研究所)

1985年6月14日收稿

一、试验概况

1980年9月在天津-渤海湾地区的环境遥感试验中,我们在米-8直升机上安装了中国科学院长春物理研究所研制的10厘米微波辐射计和日本制红外辐射计(ER-2007型),

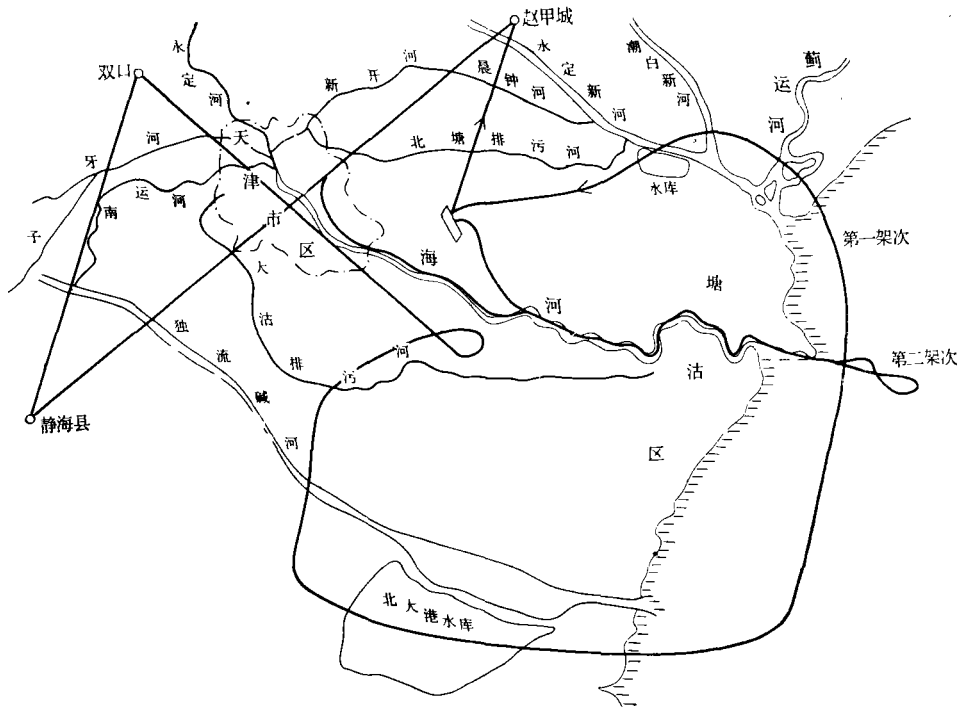


图1 飞行路线图

Fig. 1 The flight line of airborne experiment.

* 本试验是由中国科学院遥感应用研究所和长春物理研究所共同进行的。10厘米微波辐射计研制组全体同志和遥感应用研究所的杨超武、冯勇进、史跃远和耿淮滨同志参加了试验;童庆禧和张俊荣同志参加并指导了本试验。

本文中的微波辐射资料由长春物理研究所遥感室提供。

用航空遥感方法同时测试了地物的 10 厘米微波辐射特性和红外辐射特性,并用红外辐射计作本试验的定位依据.飞行分两架次进行,第一架次在 9 月 10 日上午 5 时 30 分至 7 时 30 分,第二架次在 9 月 11 日 12 时 50 分至 15 时 50 分.两次飞行路线如图 1 所示.第二架次还在海河入海口灯标处,从 200 米高度爬高到 3000 米,并记录了 200、1000、1500、2000 和 3000 米各高度的海面辐射温度.在这两次试验中,飞机的巡航高度为 200 米,巡航速度为 150 公里/小时.所经地面目标有海面、海河、田地、工厂、村庄和市区沼泽等各种地物.

试验目的: ①试验 10 厘米微波辐射计的性能,②了解各种地物的微波和红外辐射特性,③对红外和微波辐射特性进行对比分析.

二、试验结果

1. 海水的辐射温度

第一架次在距海岸 5 公里的海面上沿海岸线飞行约 40 公里,第二架次沿海河向海面深入约 20 公里,总计在海面上空飞行 60 公里左右.海面的微波和红外辐射温度如图 2 所示.从图 2 可以看出,微波曲线成锯齿状,起伏幅度在 8—14K 之间,无明显规律.用统计方法求出本次试验的海水微波辐射温度为 111K ($\lambda = 10$ 厘米),河口附近海水的微波辐射温度较高,约为 122K 左右.红外辐射温度曲线比较平滑,只有噪声引起的微微抖动,红外辐射温度约为 293.7K 左右.可见海水的红外辐射温度远远高于海水的微波辐射温度.

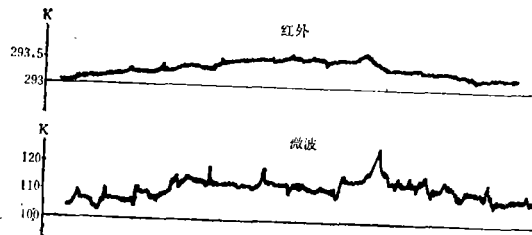


图 2 海水的微波与红外辐射温度图

Fig. 2 The curves of microwave and infrared radiation from the sea.

在飞行中多次通过河口地区.表 1 为河口地区的微波和红外辐射温度.图 3 为独流减河河口的辐射温度曲线.在河口地区,由于河水的注入使得周围水域海水的含盐量降低.据测量,海水的介电常数为 66, $\text{tg } \delta$ 为 0.9—1.1 左右,河水的介电常数为 70, $\text{tg } \delta$ 在 0.6 以下.介质材料的介电常数低者,微波辐射温度高.由于海水的传导特性比淡水好,也就是说,海水的辐射温度实际上低于河水的辐射温度.因此,在河口附近,由于河水的注入和扩散,其微波辐射温度高于周围海水的微波辐射温度.

红外波对水的含盐量不敏感,而对水的物理温度敏感,在河口附近由于河水水温高于

表 1 河口地区的辐射温度
Table 1 The radialization from river mouth areas

名 称	微 波			红 外		
	温度范围 (K)	温差 (K)	河口宽度 (米)	温度范围 (K)	温差 (K)	河口淡水扩散 范围(米)
独流减河口	110—116	6	5800	293—293.5	0.5	4640
海河口	110—122	12	6080	293.2—294	0.8	8750
蓟运河口	110—118	8	3500	293.5—294	0.5	5000

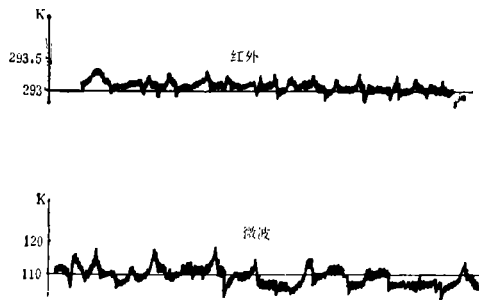


图 3 独流减河的微波与红外辐射温度曲线

Fig. 3 Microwave and infrared radialization curves from Dulunjin River.

海水,因此,红外辐射温度高。

从表 1 可以看出,在海河口处,微波辐射温度的增量最大为 12K,红外的温度增量最大为 0.19K。换言之,淡水扩散范围为 8750 米,同天津附近其它河流相比,海河向海洋排入的淡水最多,即流量最大。

在岸边,海水深度对红外温度的影响比微波温度大。

2. 海河的辐射温度

第二架次飞行试验的目的,是测试海河上、下游微波与红外辐射温度的差别。

在本次飞行中(12:50—15:50),在市区河段海河水的红外辐射温度比较高,约为 299—300K,河水的平均温度由上游向下游逐渐降低,到海河口北洋码头附近,水温降至 297.5K 左右。这一温度变化与用船在水面上测得的温度变化一致。

在海河上游,河面较狭,微波辐射计天线的波束角较宽,当飞行高度为 200 米时,辐射计的地面分辨率为 56 米,加上飞行过程中飞机的摆动,故未取得海河上游较稳定的微波辐射温度曲线。在东洋场附近海河河面的微波辐射温度约为 128K 左右,向下游方向逐渐降低,到海河口处时微波辐射温度为 120K 左右。

比较两次飞行:第一次飞行(5:30—7:30)测得河水的红外温度为 193K 左右,周围目标呈低温,水呈高温。第二次飞行(12:50—15:50)测得河水的红外温度为 298.5K 左右,周围目标呈高温,水呈低温。两次飞行,河水的微波辐射温度均在 128K 左右,目标呈高温,水呈低温。

在泥窝村附近河面,由于村庄的影响,红外辐射温度和微波辐射温度略为上升。河岸上的工厂或桥梁在红外和微波辐射曲线上都有明显反映(图 4)。如解放桥全部是金属结

构,它在微波温度曲线上呈低温尖脉冲;四新桥是水泥结构,呈高温尖脉冲。桥周围水面的微波温度变化不大。解放桥和四新桥的红外温度呈高温尖脉冲。流经第一发电厂排污口附近的海河河水的红外温度明显升高(约升高 3K 左右),微波辐射温度则无明显上升。

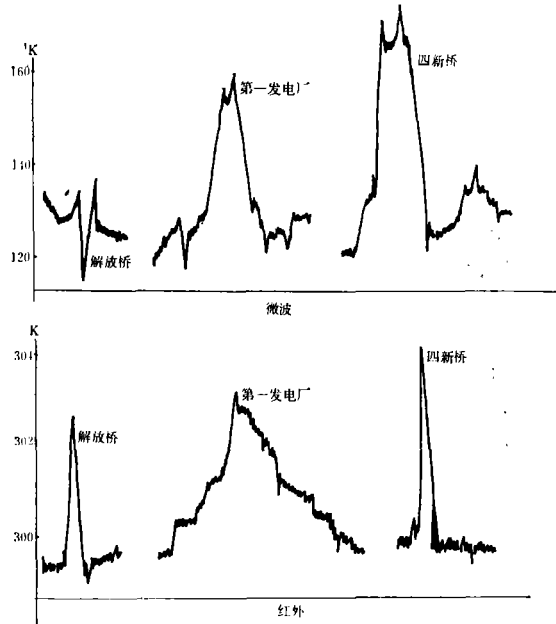


图 4 工厂、桥梁的微波与红外辐射曲线

Fig. 4 Radialization from bridge and factory

小河沟和水渠在微波辐射温度曲线上呈低温尖脉冲。脉冲幅度与河岸上地物的微波温度、河水本身的微波温度、河的宽度以及辐射计的地面分辨率有关。辐射计所记录的每一点的温度是分辨单元内所有地物的平均温度。如果河沟太小,不能充满辐射计的天线波束,则测得的微波温度将高于水的实际温度。本次试验所用的微波辐射计天线波束角(半功率点)为 10° ,飞行高度 200 米,地面的分辨单元为 56 米。试验区内大部分的小河、水沟的宽度都小于 56 米,因此,小河、水沟的微波辐射温度曲线,呈参差不齐的尖脉冲。

红外辐射温度的测试原理和微波相同,但红外温度辐射计的视场角很小,只有 2° ,在飞行高度为 200 米时,地面的分辨率单元为 7 米。因此,红外测温仪一般都能测得小河和水沟中水的红外温度。对于小于 7 米的小水沟,红外测温仪同样也只能获得水和河岸的平均温度。

3. 农田的辐射温度

(1) 干地的辐射温度 干地是指从飞机上往下看,无植被覆盖、无水、比较干燥的裸露农田。干地的微波辐射温度较高,大约在 260—300K 之间。温度曲线如图 5。图中向下的两个尖脉冲表示该点的温度比较大,微波辐射温度较低。曲线起伏不平表示这一块干地的湿度不均匀。从曲线的形状可以看出,只要土壤的湿度略有变化,微波辐射温度就能比较灵敏地反映出来。红外辐射温度曲线和微波辐射温度曲线的形状相似。干地的红

外辐射温度为 302K 左右，高于水的红外辐射温度 (298K)。在清晨太阳出来之前，干地的红外辐射温度 (293K) 则低于水的红外温度 (298K)。微波辐射温度没有这种现象，无论在太阳出来之前或之后，干地的微波辐射温度始终比水的高。只是下午干地的微波辐射温度比清晨时高 8K 左右。

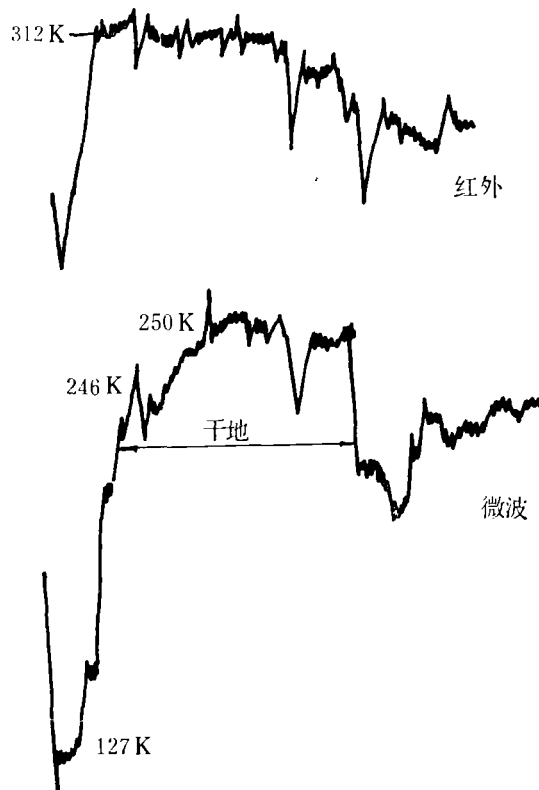


图 5 干地的微波与红外辐射温度曲线

Fig. 5 Radialization from dry bare land

(2) 玉米地的辐射温度 表 2 列出了在所记录的微波和红外辐射温度曲线上能明确辨认的玉米地的温度。由表 2 可见，玉米地的微波辐射温度在 215—235K 之间，红外辐射温度在 300—305K 之间。红外辐射温度较高者，对应的微波辐射温度较低。微波辐射温度较高者，说明玉米植株的水分较少，相应地，它的叶绿素也比较少，红外辐射较弱，红外温度也就较低。

(3) 稻田的辐射温度 表 3 为在微波和红外温度曲线上能辨认的稻田的温度。序号 1 的地块，红外温度低，微波温度高，因这块地的水稻已经干黄待收。其余地块则较青。由前述可知，在清晨，地物各自的红外与微波辐射温度的差别较明显，且温度梯度较大，因此，有可能根据红外和微波辐射温度差异的大小来确定水稻的成熟程度。

(4) 已耕土地的辐射温度 此种土地的微波辐射温度略高于玉米地的微波辐射温度，低于干地的辐射温度。微波辐射温度约为 237K，红外辐射温度约为 305.5—306K。

表 2 玉米地的辐射温度 (飞行时间: 12:50—15:50)

Table 2 Radialization from corn field (flight time at 12:50—15:50).

序 号	编 号	红外辐射温度 (K)	微波辐射温度 (K)
1	2	304	215
2	3	305	222.5
3	6	302.6	235
4	7	303	235
5	20	300	235

表 3 稻田的辐射温度

Table 3 Radialization from rice field

序 号	编 号	红外辐射温度 (K)	微波辐射温度 (K)	飞 行 时 间
1	8	288	213	5:30—7:30
2	1	300	170	12:50—15:50
3	9	299.5	190	12:50—15:50
4	11	299	185	12:50—15:50
5	5		184	12:50—15:50
6	6		162	12:50—15:50
7	4		188	12:50—15:50

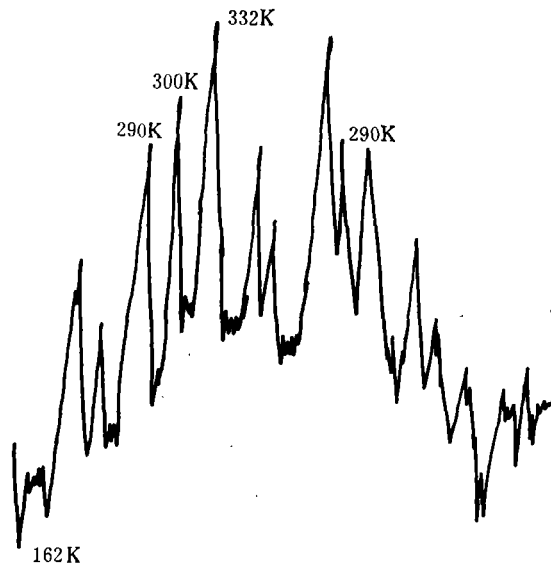


图 6 天津杨柳青镇的微波辐射温度曲线

Fig. 6 The Curves of microwave radiation from small town Yangliu, Tainzin

4. 建筑物的辐射温度

在试验区内的建筑物大致可分为两种类型, 水泥砖结构的城市建筑和砖木结构的村

镇建筑。从微波温度曲线上看,城市建筑的温度较高,为 300K 左右,村镇建筑的温度较低,为 250K 左右。建筑物的微波温度曲线呈梳状起伏,特征十分明显。建筑物的红外温度曲线和微波温度曲线相似。二者在清晨差不多,在下午红外温度高于微波温度,约高出 14—15K。图 6 为天津杨柳青镇的微波辐射温度曲线。

5. 其它目标的辐射温度

10 厘米微波辐射计的信息量相当丰富,除上述一些大的目标外,公路、桥梁、工厂、码头、海堤等一些目标,在微波和红外温度曲线图上也都可以明确辨认。

在上述飞行试验的同时,还做了不同高度的辐射温度测试试验。试验结果表明,大气对微波能量的衰减远小于对红外的衰减。从 200 米高度上升到 3000 米时,微波辐射温度变化很小,而红外温度却降低了 2.1K。

三、总 结

从以上分析可以看出,虽然微波辐射计和红外测温仪都是测试物体辐射温度的仪器,然而由于它们的波长不同,测得的辐射温度也不同。总的来说,物体的红外辐射温度高于微波辐射温度,但各种物体之间的微波辐射温度的差异,大于红外辐射温度的差异。在微波波段,各种物体的微波辐射温度随环境温度的变化而变化,但它们之间的相对关系基本不变;而物体的红外辐射温度则不同,它受环境温度的影响要比微波辐射温度大些。因此,有些物体,例如水体,在太阳出来之前,它的红外辐射温度高于周围地物的红外温度,太阳

表 4 某些地物的辐射温度

Table 4 Radialization from some ground object

编 号	名 称	红外辐射温度 (K)	微波辐射温度 (K)
2	洪泥河下游	294.1	131
46	潮白新河	292.1	132
49	永定河	293.5	121
56	湖	292.4	123
41	污水库	292.9—293.1	127
40	海水	293.8	122
34	海河口	293.2—294	110—122
38	盐田	286.6	127
5	农田	287.8	172
8	稻田	288.5	196
47	沼泽地	292.1	155
55	芦苇	289.8	203
11	房屋	293.7	265
39	红色植被	292.3	176
42	绿色植被	290.4	217
48	植被	288.5—291.5	168—218
57	柏油路	292	200

飞行时间 5:30—7:30

出来后,反而变低;另一些物体,例如金属物体,在微波段是冷的,但它的红外温度却相当高。本次试验测得的各种目标的微波和红外辐射温度如表 4 和表 5。

表 5 某些地物的辐射温度
Table 5 Radialization from some ground object

编 号	名 称	红外辐射温度 (K)	微波辐射温度 (K)
1	永定西河	296	122.5
32	海河	298.1	135
59	海水	297.2	116
6	玉米地	302.6	235
22	干地	312.5	305
9	沼泽地	298.5	140
31	泥窝村	299.5	185
28	公路	309.5	257
34	四新桥	302.8	170
37	解放桥	311.6	127
33	钢厂	300.6	150
43	第一炼钢厂	300.7	162
55	8 号码头	296.7—305.4	135—200
56	2 号码头	306.6	177
51	渴沽镇	308.2	180

飞行时间 12:50—15:50

通过对所列数据的分析,可得出以下初步结论。

(1) 将微波辐射计和红外测温仪,同时安装在一架飞机上进行测量,有助于对被测对象的分辨,可提高各自的信息利用率。

(2) 飞行时间选在太阳出来之前比较好,在这段时间的温度梯度最大。热容量大的物体,红外辐射温度较高,热容量小的物体,温度较低。物体的热容量对微波辐射温度的影响不大,微波辐射温度曲线的形状和太阳出来之后的红外辐射温度曲线相似。因此,选用这段时间飞行,可充分发挥红外和微波各自的特点,便于比较。

(3) 通过对红外和微波辐射曲线的对比分析,可以辨认水体、居民区、建筑物,稻田、裸露土地和种着庄稼的土地。对大面积的水面可能分辨其受污染的区域;对大面积的土地则可能区分土壤湿度的相对等级。

(4) 对各种地物的红外和微波辐射温度的定量测试,有助于对红外扫描照片的进一步解释。

THE COMPARISON EXPERIMENT BETWEEN MICROWAVE AND INFRARED RADIALIZATION OF THE GROUND OBJECT

Huang Yang, Geng Huaibin, Li Chongmin

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica.)

Abstract

The author had described the airborne experiment on microwave and infrared radialization which had been held by Institute of Remote Sensing Application, in September, 1980 at Tianjin region. In the test, the microwave radialization and infrared radialization worked at the same time. Based on analysis of these data obtained from the test, it expressed that the measurement of microwave and infrared radialization with microwave and infrared radiometer which set on the same airplane can improve the information availability and develop specific property of each ones. The data obtained from experiment made interpreting infrared maps easier and some data are given as reference information.