

用微波辐射仪在地面遥测对流层上部 温度的最佳频率*

尹宏 朱元竞

(北京大学地球物理系)

提 要

在地面上用频率为52—56千兆赫的微波辐射仪,通过不同仰角亮度温度的测量,可以遥测大气的温度层结。遥测对流层上部(500 mb以上)的温度,频率在53.1千兆赫附近效果较好。

一、引 言

离地面愈近,由于温度高,透过率大,大气热辐射到达地面的能量就较多;离地面愈远到达地面的热辐射能量愈小。对流层上部氧分子在5毫米附近的微波辐射到达地面的能量在52—54千兆赫之间有一个极大值^[1]。

氧分子光谱在微波段有46根吸收线,组成60千兆赫附近的吸收带。吸收系数随频率的变化,吸收线中心处变化较大,在两条吸收线中心之间的谷值处,吸收系数随频率的变化较平缓;为了使微波辐射仪的频率飘移对亮度温度的影响尽量减小,可以把频率选在谷值区^[2]。

根据上述两点考虑,北京大学与大华无线电仪器厂研制遥测对流层温度廓线用的微波辐射仪选择的频率为52.9千兆赫。用这个频率测十二个仰角的亮度温度,以历史平均温度为初值,用迭代法反演各高度大气的温度。各高度均方根误差如表1^[3]。

表 1

高 度 (mb)	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100
均方根误差 (\bar{K})	1.3	2.0	2.6	3.0	3.0	3.3	3.8	4.8	7.6	6.7

可以看出,离地面愈远,遥测气温的误差愈大。

二、吸收系数与权重函数的比较

用微波辐射仪在地面接收大气产生的微波辐射,对流层顶以上的大气对地面测出的亮度温度贡献很小,在地面用微波辐射仪遥测气温能量主要来自100 mb以下的气层。

* 本文于1979年7月10日收到,1979年10月10日收到修改稿。

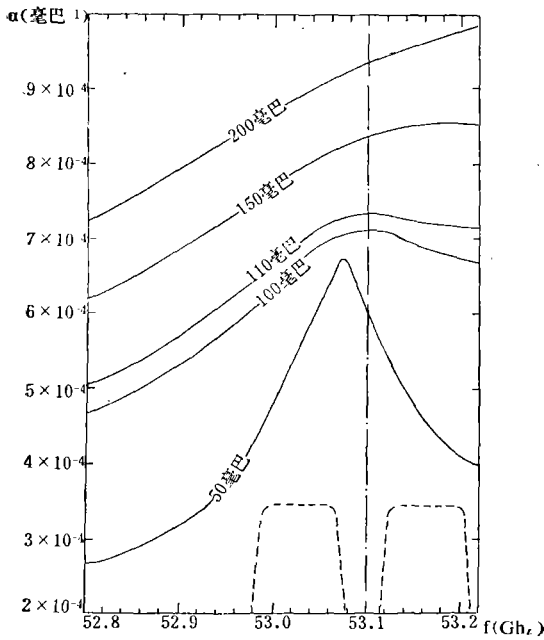


图 1 氧分子吸收系数随高度的变化
 (f —频率, α —吸收系数, ——(实线)吸收系数曲线, --- (虚线)频应曲线)

在气压大于 100 mb 时, 在 52—54 千兆赫附近吸收系数随频率的变化比较平缓。图 1 是在北京春秋两季气温, 湿度的条件下, 不同气压的吸收系数随频率的变化曲线, 可以看出, 在气压小于 100 mb 时, 在吸收线中心 (53.0695 千兆赫) 附近, 吸收系数随频率的变化才比较显著。大华无线电仪器厂生产的微波辐射仪通频 (中放) 带宽为 100 兆赫, 如果本振频率选在吸收线中心附近的 53.1 千兆赫, 放大倍数随频率的变化如图 1 右下部曲线, 当本振频率发生飘移时, 吸收系数随频率的变化并不显著。

频率选在吸收线中心附近还有一个优点, 就是高层的吸收系数在吸收线中心处(53.1 千兆赫)比谷区 (52.9 千兆赫)大, 高层大气在吸收线中心区比谷区能产生更多的辐射能量。

高空厚度为 ΔP 的气层对地面接收的微波亮度温度的贡献为 $T\Delta\tau$, T 是这一层的气温, τ 为高空到地面的微波透过率, $\Delta\tau$ 是这一层透过率的变化。分别计算 52.8, 52.9, 53.0, 53.1, 53.2 千兆赫在不同仰角的 $\Delta\tau_v/\Delta\tau_{53.1}$, 见图 2、3、4、5。可以看出, 在仰角为 90° 时, 500 mb 以上的 $\Delta\tau$ 以 53.1 与 53.0 千兆赫为最大, 对遥测 500 mb 以上的气温, 53.0 与 53.1 千兆赫较为有利。

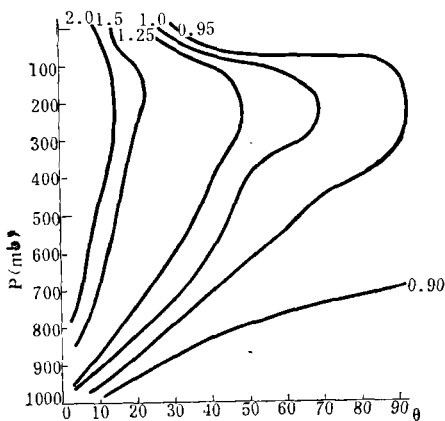


图 2 $\Delta\tau_{52.8}/\Delta\tau_{53.1}$

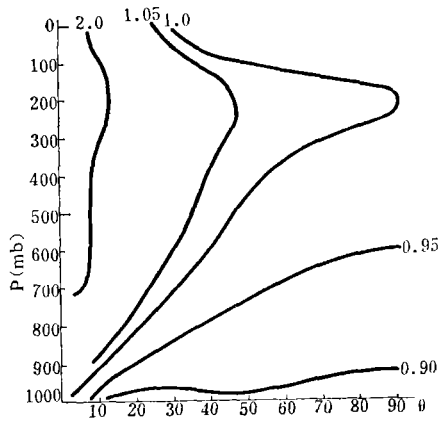


图 3 $\Delta\tau_{52.9}/\Delta\tau_{53.1}$

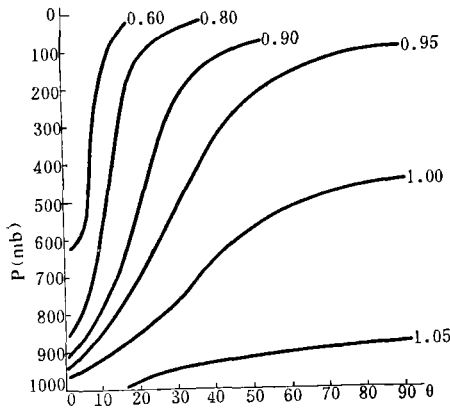


图 4 $\Delta\tau_{53.2}/\Delta\tau_{53.1}$

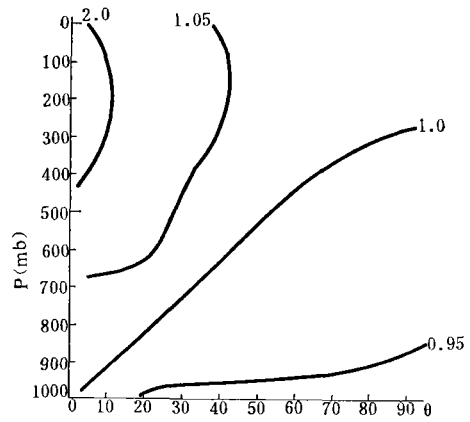


图 5 $\Delta\tau_{53.0}/\Delta\tau_{53.1}$

三、迭代反演误差的比较

用北京的历史探空记录，从 1, 4, 7, 10 月各选 50 次连续的探空资料，按探空记录算出不同仰角的亮度温度。用历史平均温度为初值，通过迭代反演求不同高度的气温，与实况相比，各高度均方根误差如下表 2。

表 2

均方根误差 (K)	频率 (千兆赫)	52.8	53.0	53.1	53.2
975	气压(mb)	1.403	1.234	1.203	1.253
892		1.564	1.513	1.459	1.416
800		2.537	2.378	2.326	2.251
700		2.688	2.348	2.289	2.141
600		2.839	2.349	2.229	2.184
500		3.028	2.399	2.265	2.223
400		3.601	3.108	2.858	2.869
300		4.484	3.765	3.658	3.736
200		7.202	6.399	6.252	6.465
100		6.593	5.938	5.642	5.967
100—500mb的平均值		4.982	4.322	4.135	4.252

可以看出，频率为 53.1 千兆赫时误差较小。总的说来，离地面较远的高空，由于到达地面的辐射能量较弱，遥测的误差还是较大。遥测误差与初值的选择有关系，如果用六小时以前的气温作为初值，由于初值与实况的差别缩小，迭代反演的误差会缩小。下表是以六小时前的气温为初值，由不同仰角的亮度温度计算值经过迭代反演求出不同高度的气温，再与实况相比所得到的各高度的均方根误差如表 3。

使用微波辐射仪遥测气温，如果有时间，空间较近的探空记录作为初值，比用气候平均值为初值迭代反演的误差会小些。

表 3

均方根 误差 气 压 (mb)	频 率 (K) (千兆 赫)	52.8	53.0	53.1	53.2
975		1.081	1.052	1.013	1.032
892		1.575	1.513	1.490	1.464
800		2.284	2.321	2.268	2.248
700		2.595	2.109	2.003	1.974
600		3.099	2.530	2.416	2.376
500		3.029	2.433	2.275	2.243
400		3.699	3.647	3.310	3.297
300		4.019	3.649	3.593	3.619
200		4.353	3.763	3.530	3.458
100		5.401	4.895	4.630	4.850
100—500mb 的平均值		4.100	3.677	3.468	3.493

参 考 文 献

- [1] 赵柏林, 北京大学学报(自然科学), 2, 1—9, 1978.
 [2] 中国科学院大气物理研究所, “大气微波辐射遥感探测”(未发表), 1976.
 [3] 赵柏林等, 大气科学, 2, 323—331, 1978.

**THE BEST FREQUENCY FOR REMOTE SENSING
 THE TEMPERATURE OF UPPER
 TROPOSPHERE BY GROUND-
 BASED MICROWAVE
 RADIOMETRY**

Yin Hong, Zhu Yuan-jing

(Department of Geophysics, Beijing University)

Abstract

By the measurements of brightness temperatures at various elevation angles, the remote sensing of atmospheric temperature profile with the ground-based microwave radiometry can be realized.

It was showed that for the temperature remote sensing of the upper troposphere (500mb to 100mb) a frequency around 53.1Ghz gives the better results.