

气象辐射观测方法

中国气象局 编定

气象出版社

气象辐射观测方法

王学军 编

气象出版社

气象辐射观测方法

中国气象局 编定

气象出版社

(京)新登字 046 号

内 容 简 介

本书系统介绍了观测太阳与地球辐射用的总辐射表、净全辐射表、太阳直接辐射表、散射辐射表、反射辐射表和 RYJ 全自动辐射记录仪的构造原理、软件、仪器安置、观测、维护以及观测资料的整理和质量控制等内容。

本书系气象台站进行辐射观测的技术指导规范,供从事辐射观测、业务管理、资料及审核、仪器维修等人员使用。还可供有关大专院校师生及其他部门从事辐射测量和资料应用人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

气象辐射观测方法/中国气象局编定. -北京:气象出版社, 1996. 9
ISBN 7-5029-2183-4

I. 气… II. 中… III. 日射: 电离辐射-气象观测-方法
IV. P412.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 15519 号

气象辐射观测方法

中国气象局编定

责任编辑:王桂梅 终审:周诗健

封面设计:陶国庆 责任技编:席大光 责任校对:李梅

* * *

气象出版社 出版

(北京海淀白石桥路 46 号 邮政编码:100081)

北京昌平环球印刷厂印刷

* * *

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:10.75 字数:275 千字

1996 年 9 月第一版 1996 年 9 月第一次印刷

印数:1—000 定价:17.00 元

ISBN 7-5029-2183-4/P·0807

前言

气象辐射观测的目的是获得太阳和地球辐射观测资料。气象辐射观测是气象业务、服务和科学研究的基础。气象辐射观测方法是气象台站取得具有准确性、代表性、比较性辐射资料的技术规范。它包括：观测总辐射、净全辐射、直接辐射、散射辐射及反射辐射所用的辐射表、RYJ记录仪(软硬件)等仪器的构造原理、安置、观测、维护和记录整理与质量控制等内容。

我国建国前,在上海、南京北极阁和山东泰山进行过太阳辐射观测。建国后,1957年国际地球物理年开始建立太阳辐射观测站网,引进前苏联的太阳辐射观测仪器及其整套的日射观测方法。后来又仿制了这套仪器,一直在气象台站使用至90年代初。前苏联太阳辐射观测仪器和观测方法存在的主要问题是:辐射表无确定等级、工艺落后、电流表受环境温度影响显著、观测和查算复杂、观测结果误差较大等。

为了克服上述缺陷,实现辐射观测的遥测自动化,我国从70年代开始研制综合遥测辐射仪,经过多年研制与考核,于1983年设计定型后,又经过多次试用、改进、补充逐趋完善。1989年国家气象局决定从1990年开始调整太阳辐射观测站网,分三批在全国太阳辐射观测站换用新型遥测辐射仪,同时执行新的《气象辐射观测方法》,至1993年初全国98个站全部换型结束。停止使用旧的(仿苏)辐射仪器和原《日射观测方法》(1958年)。太阳辐射仪器换型是我国地面探测业务中首先实现遥测自动化的项目。

为配合辐射观测仪器换型,从1985年开始,先后编写(较大的修订)了6本新的观测方法(前5本为油印本)。最初两本供7个辐射站试用。在总结试用的基础上,又编写修订出版了3本《气象辐射观测方法》,即试用本(1989年)、补充材料(1991年)、学习材料(1993年),作为辐射观测规范与手册供气象台站使用。经过台站6年的正式使用,在这3本《气象辐射观测方法》的基础上,广泛征求了辐射台站的意见后,进一步修改充实,经过气象业务部门和有关专家审定后,再进行修改定稿并正式出版这本《气象辐射观测方法》。

全书是由中国气象科学研究院张纬敏同志和何汝均同志共同编写的。其中第6、7章由何汝均编写,其余各章和附录均由张纬敏编写。

本书是在总结以往辐射观测方面存在的问题,根据遥测辐射仪的特点以及通过几年来使用《气象辐射观测方法》积累经验的基础上编写的。有关气象辐射量的符号、单位、观测规定、计算公式及报表统计方法等,尽量与世界气象组织(WMO)的规定取得一致。其中观测采样次数、计算机软件、遮光环订正系数等观测方法,都是经过多次试验得出的结果。遮光环订正系数,我国取得的对比试验数据是国际上较多的。辐射观测质量控制方法,是根据多年报表审核中发现的问题,进行科学分析及总结得出的。本书还介绍了有关总辐射最大值最近几年观测的资料,供大家参考。

由于遥测辐射仪使用时间较短,有些问题可能还未被发现,欢迎广大气象台站观测人员、业务管理人员及有关专家提出改进意见。

中国气象局业务发展与天气司

1996年6月

目 录

前言

第一章 概述	(1)
1.1 太阳与地球辐射	(1)
1.2 气象辐射量	(2)
1.3 辐射测量单位与换算	(4)
1.4 辐射标准及传递	(5)
1.5 气象辐射仪器的分类与装备	(5)
1.6 热电型辐射表的原理和性能指标	(7)
1.7 气象辐射站的观测项目和观测场地	(9)
第二章 总辐射的观测	(12)
2.1 总辐射表.....	(12)
2.2 总辐射表的安置、使用和维护	(13)
2.3 总辐射表的检查.....	(14)
2.4 总辐射表的故障检查与处理.....	(15)
第三章 净全辐射的观测	(16)
3.1 净全辐射表.....	(16)
3.2 净全辐射表的安置、使用和维护	(17)
3.3 净全辐射表的检查与故障处理.....	(18)
第四章 太阳直接辐射的观测	(19)
4.1 直接辐射表.....	(19)
4.2 直接辐射表的安置、使用和维护	(21)
4.3 直接辐射表的检查.....	(23)
4.4 大气浑浊度指标 T_G 的观测与计算	(24)
4.5 日照时数的观测与计算.....	(25)
4.6 直接辐射表的故障检查与处理.....	(25)
第五章 散射辐射与反射辐射的观测	(28)
5.1 散射辐射表.....	(28)
5.2 散射辐射表的安置、使用和维护	(28)
5.3 散射辐射的遮光环订正系数.....	(29)
5.4 反射辐射表的安置、使用和维护	(32)
5.5 散射和反射辐射表的灵敏度检查.....	(33)
第六章 RYJ 全自动辐射记录仪	(34)
6.1 概述与原理.....	(34)
6.2 RYJ-2 记录仪的使用	(36)
6.3 运行与操作.....	(39)
6.4 运行中的人工干预.....	(43)

6.5	准确度检查与标定	(47)
6.6	注意事项与故障检查	(49)
6.7	RYJ-4 全自动辐射记录仪	(53)
6.8	DMRS 型程序及内存扩充卡	(55)
6.9	四位半数字多用表与电子电位差计	(56)
第七章	辐射观测程序流程图及清单	(62)
7.1	辐射观测程序流程图	(62)
7.2	一级站程序清单	(63)
7.3	二级站程序清单	(80)
7.4	三级站程序清单	(91)
第八章	气象辐射记录月报表的编制	(102)
8.1	气象辐射记录月报表(气表-33)的填写与统计	(102)
8.2	不完整记录的统计规定	(104)
8.3	气表-33(一)表格型式	(105)
第九章	辐射观测记录的质量控制	(113)
9.1	概述	(113)
9.2	总辐射观测记录的审核	(114)
9.3	净全辐射观测记录的审核	(120)
9.4	散射辐射观测记录的审核	(122)
9.5	太阳直接辐射观测记录的审核	(123)
9.6	反射辐射观测记录与反射比的审核	(125)
9.7	辐射观测资料的综合分析实例	(126)
附录 1	气象辐射观测常用的公式与附表	(130)
附录 2	新旧观测方法的对比与主要改进	(143)
附录 3	辐射表与记录仪的技术指标	(144)
附录 4	辐射台站技术检查与不正常记录检查	(148)
附录 5	PC-1500 计算机的有关指令与代码	(151)
附录 6	一二级站辐射支架图	(160)
附录 7	复习参考题	(162)

第一章 概述

1.1 太阳与地球辐射

气象台站的辐射测量,包括太阳辐射与地球辐射两部分。

辐射是以电磁波的形式传递能量的一种方式。任何物体,温度不为绝对零度时,都以电磁波的形式向四周放射能量,同时也接收周围的电磁波。电磁波具有极宽的频谱,如图 1.1 所示。从最长的无线电波到最短的宇宙射线,每一波段都与气象有关。

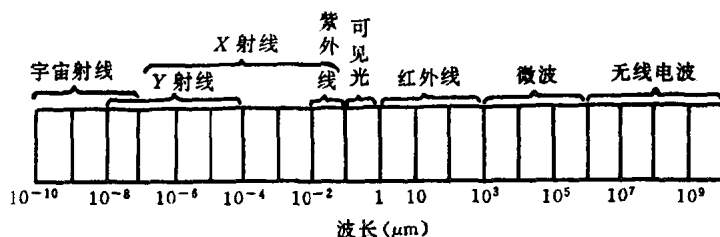


图 1.1 电磁波谱

太阳是一个巨大的炽热的气体球,其表面温度约为 5800K。从太阳发出的辐射能为 $3.94 \times 10^{26} \text{W}$,其中 $18 \times 10^{16} \text{W}$ 为地球所截获,相当于每平方米有千瓦以上的太阳能照射,这是一个很大的能量收入。太阳辐射能量的 99.9%集中在 $0.2 \sim 10 \mu\text{m}$ 的波段,其中波长短于 $0.4 \mu\text{m}$ 的称为紫外辐射, $0.4 \sim 0.73 \mu\text{m}$ 的称为可见光辐射,而长于 $0.73 \mu\text{m}$ 的称为红外辐射。紫外、可见光、红外辐射分别占太阳辐射总能量的 9%、40%和 51%。此外,太阳辐射能量约 97%集中在 $0.29 \sim 3.0 \mu\text{m}$ 光谱范围,称为短波辐射。目前气象台站主要观测这部分太阳辐射。

在日地平均距离处,地球大气外界垂直于太阳光束方向的单位面积上,单位时间内接收到的太阳辐射所有波长的辐照度,称为太阳常数,用 S_0 表示。由于测量仪器的精度与定标的不一致,往往得到的太阳常数测量结果也不一致。1981 年世界气象组织推荐了太阳常数的最佳值是 $S_0 = 1367 \pm 7 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$,并给出了相应的太阳分光辐照度数值。

入射到大气上界的太阳辐射为连续光谱,进入地球大气后,由于大气中的气体分子、气溶胶质点、云滴和云中冰晶的散射和吸收,使得太阳辐射光谱改变很大。波长在 $0.29 \mu\text{m}$ 以下的辐射地面几乎观测不到,在红外方向有许多吸收暗带,如图 1.2 所示。

地球辐射是地球表面、大气、气溶胶和云层所发射的长波辐射,波长范围为 $3 \sim 100 \mu\text{m}$ 。地球平均温度约为 300K。地球辐射能量的 99%波长大于 $5 \mu\text{m}$ 。

图 1.3 给出了太阳辐射能在其进出地-气系统路径中的一些细节。虽然投射到大气顶部的太阳辐射只有 48%到达地面,正是这部分太阳辐射能量,是造成地表的冷热分布、引起大气和海洋环流以及推动着地球上包括地表的所有过程的基本原因。辐射过程对于地球生物系统及人类的生存和发展起着决定性作用。因此,辐射观测资料是研究天气变化、气候变迁最基本的气象资料之一。

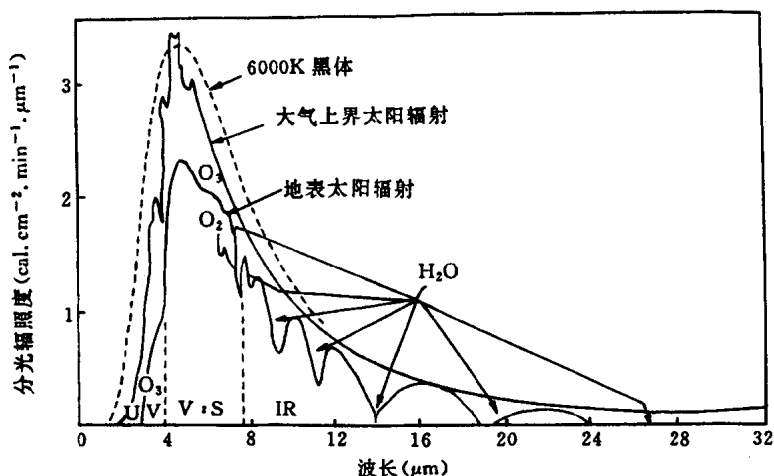


图 1.2 大气上界与地面上的太阳光谱
($1\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1} = 697.8\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)

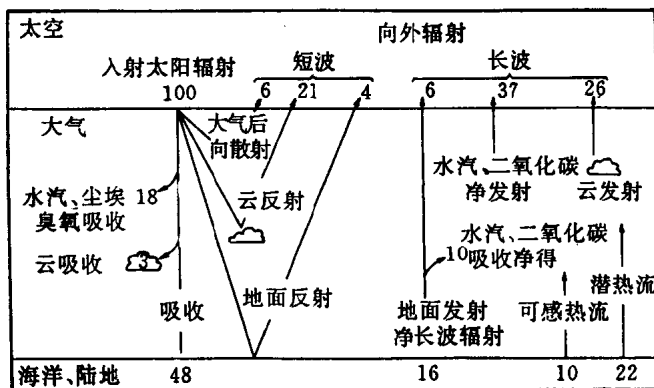


图 1.3 大气中全球平均和年平均的垂直能流图
(以平均太阳辐射百分比为单位)

观测到达地球表面及其发出的各种辐射通量,是整个地球和地球表面任何一个地方或大气中热量收支的最重要的项目。气象辐射观测的目的是研究太阳、地球表面和大气间辐射过程、能量转换规律以及各辐射量的时空分布;研究大气成分,如悬浮微粒、水汽、臭氧等的分布与变化规律,以满足太阳能的开发利用、环境科学、气象科学、空间技术、建筑、工业以及农林等部门对辐射资料的需求。

1.2 气象辐射量

1.2.1 太阳短波辐射

1. 垂直于太阳入射光的直射辐射 S : 包括来自太阳面的直接辐射和太阳周围一个非常狭窄的环形天空辐射(环日辐射),可用直接辐射表测量。

2. 水平面太阳直接辐射 S_i : S_i 与 S 的关系为

$$S_l = S \cdot \sin H_A = S \cdot \cos Z \quad (1.1)$$

式中, H_A 为太阳高度角, Z 为天顶距 ($Z=90-H_A$)。

3. 散射(天空)辐射 $E_d \downarrow$: 散射辐射是太阳辐射经过大气散射或云的反射, 从天空 2π 立体角以短波形式向下, 到达地面的那部分辐射。可用总辐射表, 遮住太阳直接辐射的方法测量。

4. 总辐射 $E_g \downarrow$: 总辐射是太阳直接辐射和天空散射辐射到达水平面上的总量。可用总辐射表测量。

$$E_g \downarrow = S_l + E_d \downarrow \quad (1.2)$$

白天太阳被云遮蔽时, $E_g \downarrow = E_d \downarrow$, 夜间 $E_g \downarrow = 0$

5. 短波反射辐射 $E_r \uparrow$: 总辐射到达地面后被下垫面(作用层)向上反射的那部分短波辐射。可用总辐射表感应面朝下测量。

下垫面的反射本领以它的反射比 E_k 表示:

$$E_k = \frac{E_r \uparrow}{E_g \downarrow} \quad (1.3)$$

1.2.2 地球长波辐射

1. 大气长波辐射 $E_l \downarrow$: 大气以长波形式向下发射的那部分辐射或称大气逆辐射。

2. 地面长波辐射 $E_l \uparrow$: 地球表面以长波形式向上发射的辐射(包括地面长波反射辐射)。它与地面温度有密切联系。

1.2.3 全辐射

短波辐射与长波辐射之和, 称为全辐射。波长范围从 $0.29 \sim 100 \mu\text{m}$ 。

1.2.4 净全辐射 E^* (辐射平衡)

太阳与大气向下发射的全辐射和地面向上发射的全辐射之差值, 也称为辐射差额。其表示式为:

$$\text{净全波辐射} \quad E^* = E_g \downarrow + E_l \downarrow - E_r \uparrow - E_l \uparrow \quad (1.4)$$

$$\text{净短波辐射} \quad E_g^* = E_g \downarrow - E_r \uparrow \quad (1.5)$$

$$\text{净长波辐射} \quad E_l^* = E_l \downarrow - E_l \uparrow \quad (1.6)$$

以上各种辐射, 如图 1.4 所示。

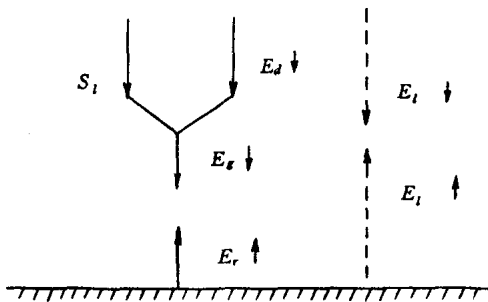


图 1.4 各种辐射示意图

1.3 辐射测量单位与换算

1.3.1 辐射测量中常用的单位

1. 辐照度 E : 在单位时间内, 投射到单位面积上的辐射能, 也就是通常观测到的瞬时值。单位为 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ (取整数)。
2. 曝辐量 H : 指一段时间 (如一天) 辐照度的总量或称累计量。单位为 $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ (取两位小数), $1\text{MJ}=10^6\text{J}=10^6\text{W} \cdot \text{s}$ 。

1.3.2 单位换算

过去辐照度单位采用 $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ (取两位小数), 曝辐量采用 $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2}$ (取一位小数)。1977 年国际气象与大气物理协会 (IAMAP) 的辐射委员会决定采用国际单位制 (SI), 即用 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 代替 $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ 。1979 年世界气象组织的仪器与观测方法委员会 (CIMO) 决定采用国际单位制。1984 年我国开始实施法定计量单位, 因 cal 是非法定的单位, 故辐照度的单位改为 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

表 1.1 及表 1.2 列出不同辐照度与不同曝辐量的单位换算。

表 1.1 不同辐照度的单位换算

1 瓦 · 米 ² ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)	1 千瓦 · 米 ⁻² ($\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$)	1 卡 · 厘米 ⁻² · 分 ⁻¹ ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)
1	0.001	0.0014331
1000	1	1.4331
697.8	0.6978	1

表 1.2 不同曝辐量的单位换算

1 焦耳 · 米 ⁻² ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)	1 兆焦耳 ⁻² ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$)	1 卡 · 厘米 ⁻² ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2}$)
1	0.000001	0.00002388
1000000	1	23.88459
41868.0	0.041868	1

表 1.3 气象辐射量定义及新旧符号对照表

辐 射 量 定 义	辐照度(W · m ⁻²)				曝辐量	
	我国的旧规定		WMO 的新规定		(MJ · m ⁻²)	
	符号	关 系 式	符号	关 系 式	时	日
垂直于太阳的直射辐射	S		S		H _s	D _s
水平面太阳直射辐射	S'	S' = S · sinH _A	S _l	S _l = S · sinH _A	H _l	D _l
太阳常数			S ₀	$\bar{S}_0=1367$		
总 辐 射	Q	Q = S' + D	E _g ↓	E _g ↓ = S _l + E _d ↓	H _g ↓	D _g ↓
散射(天空)辐射向下部分	D		E _d ↓		H _d ↓	D _d ↓
短波反射辐射	R _k		E _r ↑		H _r ↑	D _r ↑
反 射 比	A _k	A _k = R _k / Q	E _k	E _k = E _r ↑ / E _g ↓	H _k	D _k
大气长波辐射向下部分	E _A		E _l ↓		H _l ↓	D _l ↓
地球长波辐射	E _B		E _l ↑		H _l ↑	D _l ↑
净全辐射	B	B = Q + E _A - R _K - E _B	E [*]	E [*] = E _g ↓ + E _l ↓ - E _r ↑ - E _l ↑	H [*]	D [*]
净短波辐射			E _g [*]	E _g [*] = E _g ↓ - E _r ↑	H _g [*]	D _g [*]
净长波辐射	B _l	B _l = E _A - E _B	E _l [*]	E _l [*] = E _l ↓ - E _l ↑	H _l [*]	D _l [*]

新符号规定说明 ↓: 向下辐射; ↑: 向上辐射; g : 短波辐射; l : 长波辐射; S : 太阳直接辐射; $*$: 净辐射; E : 辐照度; H : 时曝辐量; D : 日曝辐量; M : 最大值, 如 M_g 为总辐射最大值。

注: 以下各章除向上、向下长波辐射用 ↑、↓ 符号外, 其余各有关辐射量均省去 ↑、↓ 符号。

1.4 辐射标准及传递

1.4.1 辐射标准的历史变化

太阳辐射测量标准或标尺, 在历史上曾有 1905 年的埃斯屈朗标尺(Ångström Scale), 1913 年的史密松标尺(Smithsonian Scale)以及 1956 年国际地球物理年开始用的国际直接日射表标尺(IPS)。近年来, 随着绝对辐射测量技术的发展, 大大改进了辐射测量的准确度。用 10 种不同类型的 15 台绝对直接日射表多次比较的结果, 确定了世界辐射测量基准(WRR)。通过使用以下系数, 可以把旧标尺转换成世界辐射测量基准:

$$\begin{aligned}\frac{\text{WRR}}{\text{1905 年埃斯屈朗标尺}} &= 1.026 \\ \frac{\text{WRR}}{\text{1913 年史密松标尺}} &= 0.977 \\ \frac{\text{WRR}}{\text{1956 年国际直接日射表标尺}} &= 1.022\end{aligned}$$

WRR 被接受为全辐照度的物理单位, 其准确度优于 $\pm 0.3\%$ 。1979 年由世界气象组织大会采纳, 于 1980 年 7 月 1 日启用。

我国规定从 1981 年 1 月 1 日开始使用 WRR, 在此之前的辐射观测资料换成 WRR, 必须乘系数 1.022。

1.4.2 世界、区域和国家辐射中心的辐射标准及传递

辐射测量仪器的校准由世界的、区域的和国家的辐射中心负责进行。世界辐射中心在瑞士达沃斯负责保存基本基准, 即世界标准仪器组(WSG), 用以实现世界辐射测量基准(WRR)。在每五年组织一次的国际对比时, 区域辐射中心(亚洲区域中心在日本东京和印度普那)的标准要与世界标准组对比, 并把它们的仪器系数调整到 WRR。然后, 再用区域辐射中心的标准定期把 WRR 传递给国家辐射中心, 后者再用自己的标准来检定本国站网的辐射仪器。

1.4.3 我国的辐射标准与传递

我国辐射测量标准器由中国气象科学研究院气象仪器计量检定研究所(国家气象计量站)负责保存和维持, 并按 WRR 进行传递(见图 1.5), 每两年对辐射站网的仪器进行一次检定。

1.5 气象辐射仪器的分类与装备

世界气象组织的《气象仪器与观测方法指南》中列出了气象辐射仪器的分类, 分别见表 1.4 与表 1.5。

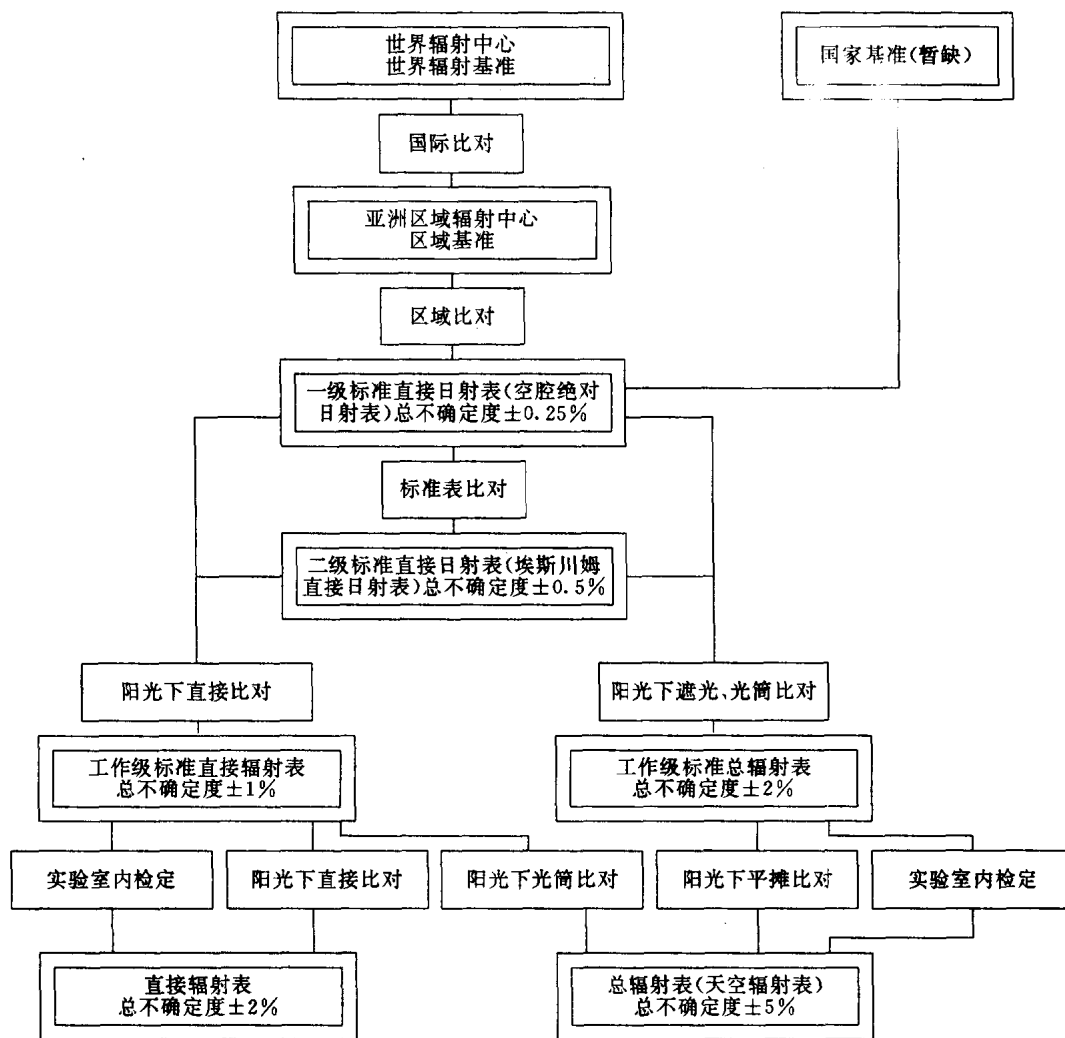


图1.5 辐射仪器量值传递系统

表 1.4 气象辐射仪器

仪 器 类 别	测 量 项 目	主 要 用 途	视 角(sr)
绝对直接日射表 (Absolute pyrheliometer)	太阳直接辐射	一级标准	5×10^{-3} (半角近于 2.5°)
直接日射表 (pyrheliometer)	太阳直接辐射	(i) 检定用二级标准 (ii) 站网	5×10^{-3} 至 2.5×10^{-2}
分光直接日射表 (Spectral Pyrheliometer)	宽谱带中的太阳直接辐射(用 OG530, RG630 等滤光片)	站网	5×10^{-3} 至 2.5×10^{-2}
太阳光度表 (Sunphotometer)	窄谱带中的太阳直接辐射(用 $500 \pm 2.5\text{nm}$, $368 \pm 2.5\text{nm}$, $778 \pm 2.5\text{nm}$)	(i) 标准 (ii) 站网	1×10^{-3} 至 1×10^{-2} (全角近于 23°)
总辐射表 (Pyranometer)	(i) 总辐射 (ii) 天空辐射 (iii) 反射太阳辐射	(i) 二级标准 (ii) 站网	2π
分光总辐射表 (Spectral pyranometer)	宽带光谱范围内的总辐射(用 OG530, RG630 等滤光片)	站网	2π
净总辐射表 (Net pyranometer)	净总辐射	(i) 二级标准 (ii) 站网	4π

续表 1.4

仪 器 类 别	测 量 项 目	主 要 用 途	视 角 (sr)
地球辐射表 (pyrgeometer)	(i)向上长波辐射(下视) (ii)向下长波辐射(上视)	站网 站网	2π
全球辐射表 (pyrradiometer)	全辐射	(i)二级标准 (ii)站网	2π
净全辐射表 (Net pyrradiometer)	净全辐射	站网	4π

表 1.5 各类气象辐射测量仪器按精密度的分类

仪 器 名 称	一年内的精密度(%)
一级标准直接日射表(如绝对直接日射表)(准确度 $\pm 0.25\%$)	± 0.1
二级标准直接日射表(如补偿直接日射表、 银盘式或热电式直接日射表)	± 0.5
一级直接日射表	± 1.0
二级直接日射表	± 2.0
标准太阳光度表	± 0.5
一级太阳光度表	± 1.0
二级太阳光度表	± 2.0
标准总日射表	± 2.0
一级总日射表	± 5.0
二级总日射表	± 10.0
标准全辐射表	± 3.0
一级全辐射表	± 7.0
二级全辐射表	± 15.0

我国辐射观测站的观测项目有总辐射、散射辐射、直接辐射、反射辐射与净全辐射。装备的仪器有:DFY-3型直接辐射表和TBS-2型直接辐射表(均带有太阳跟踪架);DFY-4型总辐射表和TBQ-2型总辐射表;DFP-1型遮光环;DFY-5型和TBB-1型净全辐射表及RYJ-2及RYJ-4型全自动辐射记录仪等。

1.6 热电型辐射表的原理和性能指标

1.6.1 热电型辐射表的基本原理

我国辐射站使用的辐射表都是热电型的。它由感应面和温差电堆两部分组成。辐射表与测量仪表(电压表、电流表)构成一套辐射仪器。

辐射表的感应面是用金属薄片,涂上吸收率很高、光谱响应好的无光黑漆(有的是黑漆和白漆相间的感应面)构成的。

辐射表常用的热电偶是用康铜与康铜镀铜材料制成的。当热电偶两端的温度不同时,金属中就产生温差电动势。为了增大电动势(灵敏度),辐射表上通常采用几十对热电偶串联绕成的温差电堆,如图1.6所示。绕线型电堆紧贴在黑色感应面下部,它与感应面间应保持绝缘(导热不导电),否则会造成短路。

利用辐射表(见图1.7)对准辐射源(如太阳),当感应面吸收辐射能而增热时,使得感应面下部的温差电堆产生电动势。这种辐射产生的电动势用仪表加以测量,经过换算后就是要测量

的辐照度。

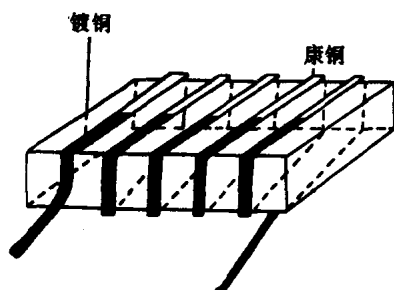


图 1.6 绕线型热电堆

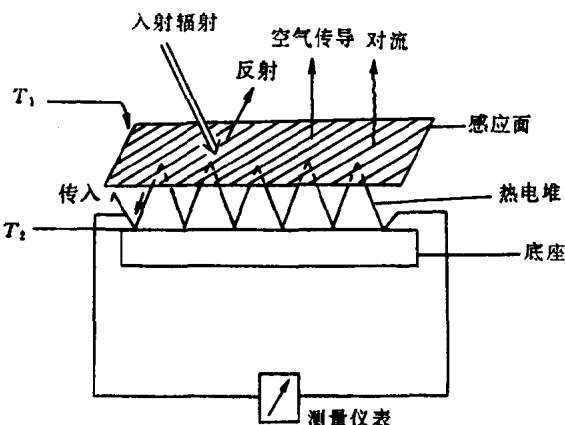


图 1.7 热电型辐射表原理图

当感应面接收到辐射热,达到热平衡后,可用下式表示:

$$E = (1 - \epsilon)E + H_2(T_1 - T_2) + L(T_1 - T_3) + f(V) \quad (1.7)$$

式中: E 为入射辐射(辐射度); ϵ 为感应面吸收率; H_2 是传导到冷端的热传导系数; L 为传导到空气的热传导系数; $f(V)$ 为对流损失的热量; T_1 是感应面的温度(热端温度); T_2 是冷端温度; T_3 为空气温度。公式右边第一项为反射损失的热量,第二、第三项为传导到冷端与传导到空气损失的热量,第四项为对流损失的热量。

式(1.7)中,略去了感应面长波辐射损失的热量。如果采取感应面加玻璃罩措施,使得罩内风速 $V \approx 0$,则 $f(V) \approx 0$ 。

并且假定 $T_2 = T_3$,同时 H_2 、 L 、 ϵ 对一台仪器是固定不变的。因此(1.7)式可改写为:

$$E = \frac{H_2 + L}{\epsilon}(T_1 - T_2) = A(T_1 - T_2) \quad (1.8)$$

其中

$$A = \frac{H_2 + L}{\epsilon}$$

因此,辐照度 E 的大小,取决于热端与冷端的温度差($T_1 - T_2$)。

冷热端温差使 n 对热电偶产生的电动势为:

$$V = n \cdot E_0(T_1 - T_2) \quad (1.9)$$

式中, E_0 为热电转换系数($\mu V/^\circ C$)。将(1.8)式中的 $T_1 - T_2$ 代入上式得:

$$V = nE_0\left(\frac{\epsilon}{H_2 + L}\right)E = KE \quad (1.10)$$

其中

$$K = nE_0\left(\frac{\epsilon}{H_2 + L}\right) \quad (1.11)$$

式中, K 称为辐射表的灵敏度,单位为($\mu V \cdot W^{-1} \cdot m^2$)。

(1.10)式表明,辐照度越强,则辐射表热电堆的温度差就越大,输出的电动势也就越大,它们的关系基本上是线性的。因此,测量辐射表输出电讯号的大小,就可确定辐照度的强弱,这就是热电型辐射表的基本原理。

1.6.2 辐射表的性能指标

辐射仪器性能指标主要有以下几方面:

1. 灵敏度(K)。辐射表灵敏度定义为仪器达到稳态后,输出量与输入量之比($K = \frac{V}{E}$),也就是单位辐照度产生的电压微伏数($\mu V \cdot W^{-1} \cdot m^2$), K 是否稳定是衡量一个辐射表等级标准的重要指标之一。我国规定每两年重新检定一次仪器的灵敏度。

2. 非线性响应。灵敏度随辐照度不同引起的变化。

3. 环境影响。环境条件(如温度、湿度、风等)引起的灵敏度变化。

4. 光谱响应。输入光谱波长的不同(如长波与短波)引起灵敏度的变化,这与仪器的非黑体或玻璃窗口的质量、工艺有关。

5. 分辨率。指仪表能检测到输入量的最小变化($W \cdot m^{-2}$)。

6. 响应时间(滞后时间)。定义为当仪器输入有阶跃变化时,仪器输出从一个稳态值到另一个稳态值(有时取稳态值 95%, 99% 等)所需的时间。它表明仪器的动态特性。

7. 方位响应与余弦响应。对性能良好的总辐射表而言,如果太阳辐射强度不变,太阳天顶角(Z)不变,改变仪器的方向,其输出应该不变。同样太阳辐射强度不变,太阳天顶角逐渐改变,仪器输出应当按 $E \cdot \cos Z$ 的规律变化。前者称为方位响应,后者称为余弦响应。这两种响应偏差对于测量半球辐射仪器影响较大。目前国产总辐射表,余弦响应指标规定如下:太阳高度角为 10° 、 30° 时,余弦响应误差分别 $\leq 10\%$ 、 $\leq 5\%$ 。

8. 辐射表的内阻(Ω)。内阻大对于测量电流的记录仪影响较大。对于测量电压的记录仪无明显影响。

以上仪器性能指标引起误差的总和(均方根误差)构成辐射表的精密度。由于热电型辐射表不是绝对的,必须由一个绝对仪器来定标,因此,热电型辐射表观测值的准确度,就取决于仪器的精密度和定标(检定)的方法。

1.7 气象辐射站的观测项目和观测场地

1.7.1 辐射站的分类和观测项目

我国的辐射观测站分为三级:一级站、二级站与三级站。

一级站观测项目:总辐射 E_g 、散射辐射 E_d 、太阳直接辐射 S 、反射辐射 E_r 以及净全辐射 E^* 等。

二级站观测项目:总辐射 E_g 、净全辐射 E^* 等。

三级站只观测总辐射 E_g 。

辐射观测采用地方平均太阳时(简称地平时)。

观测内容:包括上述各项辐射的各时的辐照度,时、日曝辐量,最大辐照度及其出现时刻等有关项目。

累计短波辐射的日总量,从当地日出至日落期间为一天的辐照度总和。净全辐射(或长波)日总量,一般指 0~24 小时的辐照度总和。

如果需要,经上级业务部门批准,可增加分光谱、长波等辐射观测项目。

1.7.2 辐射观测场地

总辐射表、散射辐射表、直射辐射表、反射辐射表和净全辐射表,应安置在符合条件的场地上。测量来自天空的总辐射、散射辐射、太阳直接辐射和全辐射时,要求仪器感应面上,不要有任何障碍物影响。测量来自地面各种辐射时,要求有一个空旷、不受障碍、有代表性下垫面的地方。同时要避开地方性雾、烟等大气污染严重的地方。如果地面观测场条件符合要求,这些仪器一起安置在观测场内,否则可将直接辐射表、总辐射表、散射辐射表安置在天空条件符合要求的楼顶平台上,反射辐射表和净全辐射表则安置在符合条件、有代表性下垫面的地方。

地面观测场符合辐射观测标准的,可在场地南边扩出 $10 \times 25\text{m}^2$ (南北 10m, 东西 25m) 或另辟符合要求的 $8 \times 8\text{m}^2$ 场地作为辐射观测场,仪器安装在观测场的中部。像地面观测场一样架设围栏,场内浅草平铺,草不超过 20cm,铺以小路,冬季积雪不要破坏雪面自然状态。如果无法开辟专用观测场地,也可在地面观测场内南边的空旷处,安置辐射仪器。

1.7.3 辐射仪器的安装

辐射仪器应安装在特制的台架上,全部仪器可安装在一个或几个台架上。台架离地面高度为 1.5m。各种辐射表排列的原则是:各仪器间应离开一定距离,一般高的仪器安装在北面,低的在南边,各种辐射表的观测视野,不要受到相互影响,同时便于接近仪器。尽量减少破坏下垫面,为此可设一个踏板,平时将踏板移开。另外,安装辐射表的台架,不要太靠近观测场的围栏,避免意外事故损坏仪器。

仪器的台架要用牢固、不易变形、便于固定各种辐射表的材料,例如用木板或金属制成的台架。台架通常漆成灰色或黑色,台架上辐射表分布位置和高度等,参照图 1.8 与图 1.9。

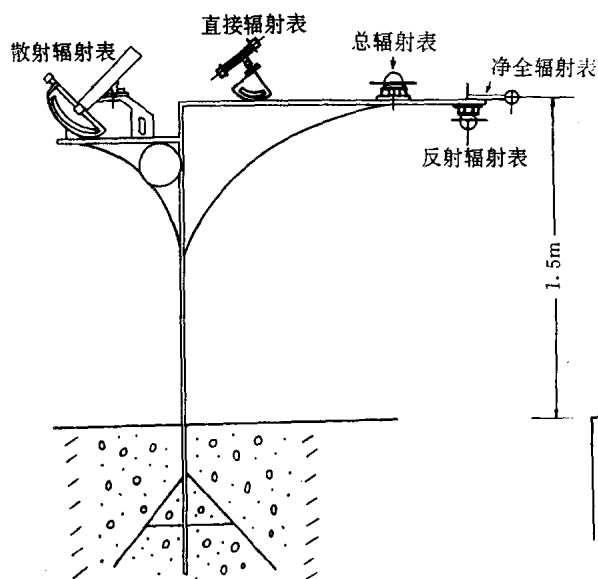


图 1.8 一级站辐射表安置分布图

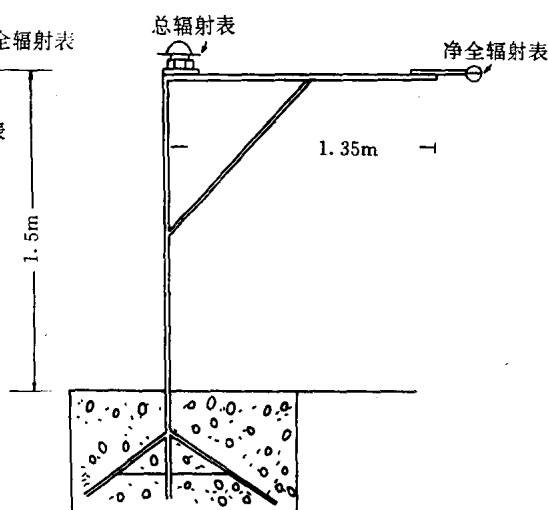


图 1.9 二级站辐射表安置分布图

各种辐射表安装和调整后再,再将各辐射表的输出端用导线与室内记录仪联接,辐射仪器所用的导线是专用屏蔽电缆线或双股防水屏蔽线。所有导线排列要整齐、牢固。电缆线或导线应