

日射觀測方法

❖ 一九五八年修訂 ❖

中央氣象局觀象台

第一篇 观测组织工作及观测设备

第一章 概述

§ 1. 辐射观测的目的和量度辐射强度的单位

日射观测是为了获得测站区域的辐射状况（即辐射平衡及组成辐射平衡的各辐射通量，累积资料为生产部门与科学研究服务，在规定的定时进行观测。

辐射强度是以绝对黑体所吸收的辐射变成的热量来判定的，它的数值来表示的。

§ 2. 太阳直接辐射 S

太阳直接辐射是太阳辐射能中以平行射线的形式直接射到地面的部分，太阳放射出来的所有射线中，实际上只有短波辐射能到达地面，它是由波长短于3—4微米的红外线，看得见的射线以及很小一部分紫外线所组成的，其余的波如红外线长波和紫外线短波部分，实际上已被地球大气完全吸收了。

直接辐射的强度是在垂直于射线的平面上测定。

在辐射平衡中，投射于水平面上的太阳直接辐射强度 S' 有着很重要的意义，它是由投射在垂直于射线的平面上的强度 S 乘以太阳高度角 h 的正弦标出来的，即 $S' = S \cdot \sin h$ ，太阳高度角是根据观测时的真太阳时来计标的，（参阅§54）。

§ 3. 散射辐射 D

散射辐射是太阳辐射经过大气散射或者云的反射以后，从天空各点以天空短波辐射的形式到达地平面的那部分。

§ 4. 总辐射 Q

总辐射是太阳或者是天空的短波辐射射到水平面上的总量，即 $Q = S' + D$ ，在太阳被云遮蔽时 $Q = D$ ，夜间 $Q = 0$ 。

§ 5. 短波反射辐射 R_k

短波反射辐射是被作用层从地面向大气射出的总辐射的一部分。作用层的反射本领是以它的反射率 Δ_K 的百分数(%)表示的。因此 $\Delta_K = \frac{R_K}{Q} \times 100$ ， R 与 Δ 的指数 K 表明在该情况下，反射率是属于短波辐射的。关于大气中长波辐射的反射率是用符号 Δ_L 来表示，对于气象学中所讨论的大多数表面来说， Δ_L 值要小于 Δ_K 值。

§ 6. 有效辐射 E

有效辐射 E 是具有与气温相近的温度的朝上黑体水平面的辐射平衡。即黑体面向上发射的长波辐射 E_T 与大气固有的长波辐射 E_A (在白天时，还有总辐射 Q) 往下投射到黑体向上的辐射的差值。黑体面随温度辐射 E_T 而损失的热量，是遵循斯蒂芬定律

$$E_T = \sigma (t + 273)^4 \quad \text{这里 } \sigma = 8.26 \times 10^{-11} \text{ 卡/厘米}^2 \text{ 分} \cdot \text{度}^4.$$

白天 $E = Q + E_A - E_T$ ，而夜间 $E = E_A - E_T$ ，此时 $E = E_L$ (长波有效辐射)。如果 $Q + E_A$ 小于 E_T ，那么 E 就是负值，通常在晴朗的夜晚 E 是负值，这个负值即 $-E = E_T - E_A$ 称为有效辐射。过去也称为夜间辐射或地面辐射。

§ 7. 有效辐射 E_u

有效辐射 E_u 是朝向地面的黑体水平面的辐射平衡，它是由黑体面向下的温度辐射 E_T 而损失的热量和作用层向上射出的长波辐射 E_B 与由作用层反射而被朝下的黑体面接受的短波反射辐射 R_K (白天) 及大气的长波反射辐射 R_L 的收入量的差值。因此，

$$E_u = E_B + R_K + R_L - E_T. \quad \text{这个数值没有独立的意义，但可藉地面辐射表作为测定辐射平衡之用。}$$

§ 8. 作用层的辐射平衡 B

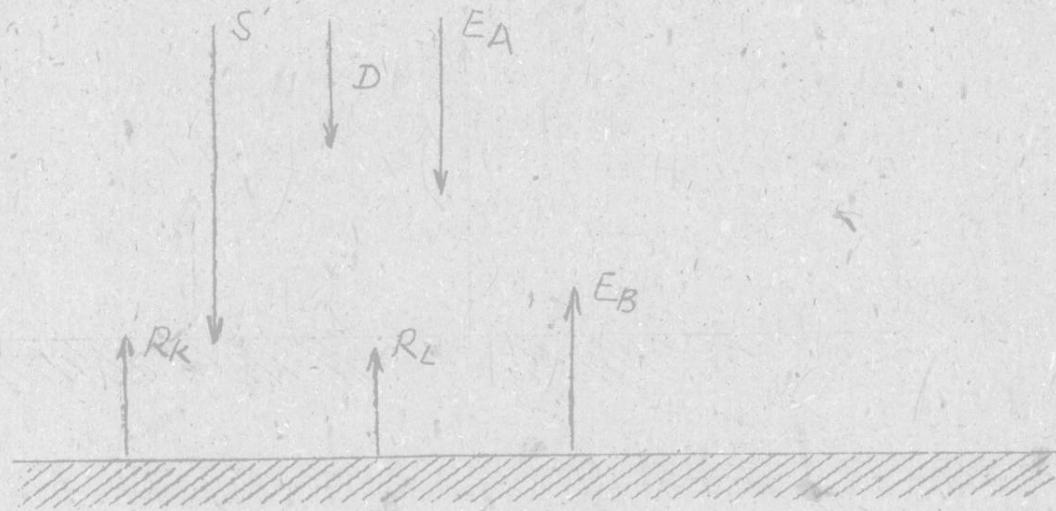
总的辐射平衡是射到地面的各种辐射通量总强度和地面所损失的各种辐射通量总强度之间的差值。 Q 和 E_A 是属于正的部分； E_B 、 R_K 和 R_L 是负的部分。用公式表示，即

$$B = Q + E_A - (E_B + R_K + R_L) \text{ 或 } B = E - E_u, \quad \text{即总应器向上测得的 } E \text{ 和向下测得的 } E_u \text{ 有效辐射的差值等于辐射平衡 } B. \text{ 夜晚没有短}$$

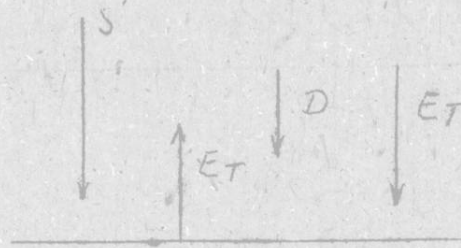
波辐射 $B = B_L$ ，（长波辐射平衡）。

§ 9. 各种辐射流的图解说明

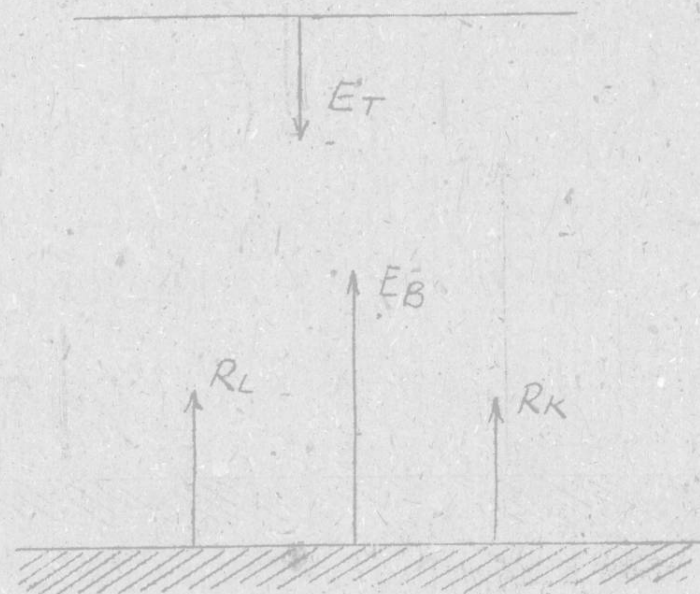
1. $B = S' + D + E_A - E_B - R_K - R_L$



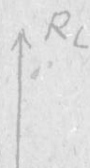
2. $E = S' + D + E_A - E_T$



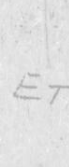
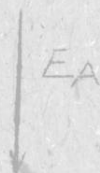
3. $E_u = R_K + R_L + E_B - E_T$



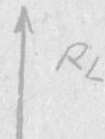
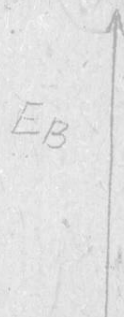
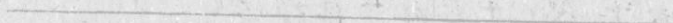
$$4. B = B_L = E_A - E_B - R_L$$



$$5. E = E_A - E_T = E_L$$



$$6. E_U = E_B + R_L - E_T$$



第二章

观测的时间、条件基本规则和辅助规则

第一节 日射观测的时间

§ 10. 一般台站一天观测六次，在当地地方平均太阳时 030, 630, 930, 1230, 1530, 1830 进行。

§ 11. 台站钟表按照地面气象观测规范所述方式进行校正。

第二节 日射观测的条件

§ 12. 有强烈降水或其他天气现象影响记录准确和观测操作的正常进行，以及反射率表（或天空辐射表）的玻璃罩上沾有湿雪或在仪器上结有雾凇和雨凇不易清除时，辐射观测均停止进行。

§ 13. 假如太阳被云遮蔽（☉⁰, M），观测仍应按照 § 5.2 次序进行，但反射率表及辐射平衡表观测时不用遮光板遮蔽，并且不观测直接辐射表。晚上只观测辐射平衡表。

§ 14. 辐射平衡在有轻微降水或总应器上形成水气凝结物（霜、雾凇、雨凇等）而足以影响总应部分的灵敏正常时则不观测，如在白天直接辐射强度迅速变化时，也不观测辐射平衡。

§ 15. 正在进行观测如因烟或风沙、降水等天气现象影响时，可以延迟观测的进行，但最多不能超过 10 分钟（人为迟测时同样处理）否则作缺测处理。迟测在 3 分钟以上或缺测时，均需在观测簿中注明原因。

§ 16. 冬季 630 及 1830 如在日出以后日落以前，且太阳不受地平圈障碍物影响时，则应进行观测，否则不必进行观测，抄录报表时一律以“空白”表示，也不用任何注明。

第三节 观测的基本规则

§ 17. 观测员在进行观测操作时应注意遵守下列基本规则：

1. 观测须应遵守规定的定时观测时间，每一次辐射观测的开始和结束的平均太阳时，都要记录下来，并要准确到1分钟。
2. 观测员在观测日射时要求尽量不穿白颜色的衣服。
3. 观测员只能把亲眼看到的情况记在观测记录簿上，而且要在观测的时候立即记下。
4. 观测结果只能用普通黑色铅笔记在专用的观测簿中，每本观测簿的开头，都要记下台站名称，使用的年、月、日以及有关仪器的名称、号码等。
5. 观测完毕后，立即将记下的观测记录进行初核。
6. 台站应建立各种正规工作制度和值班日志，值班日志的记载内容包括：值班工作情况及仪器的维护损坏，更换、观测记录的中断等情形。
7. 每月要按规定格式制作月报表。

第四节 辅助观测

§ 18. 在每次定时观测时，均要作与日射观测结果有关的气象要素的观测。

1. 测定空气的温度和绝对湿度，通常利用地面观测场百叶箱内的干湿球温度表进行观测，如果日射定时观测和气象定时观测时间相差不超过半小时，则可用气象定时观测的数值代替。

如果日射观测场和气象观测场之间的距离大于0.5千米，而两观测场的高度相差10米以上时，则不能用气象观测场上百叶箱内干湿球温度表进行观测。

2. 云：观测云量 and 云状，特别要记明天顶或天顶周围半径15°以内（约等于伸直的手上大拇指和食指交叉开的指尖距离）有没有云，天顶有云时，要记出天顶的云量和云状。

3. 日光情况：即云遮蔽日光的程度，用下面的符号标出级数来：

⊙²——太阳面上未见云迹，

⊙——日光可透过云，地物影子明显，

⊙⁰——日光很微弱地透过厚云层，地物影子模糊不清，

□——通过厚云看不见太阳的轮廓。

注：如因天气现象影响，而使日光减弱时，也可根据地物影子的清晰程度来记录日光情况，但应在气象簿备注栏内注明。

4. 作用层状况：反射率表和辐射平衡表安装处下面的作用层状况，要用简明扼要的文字注明，如干、湿、积水、新雪复盖、老雪复盖、半融化的雪、个别地方有雪等。

5. 风速：在观测辐射平衡表的时候，要测定平均风速。

6. 地面温度有辐射平衡表的台站应测定土壤表面的温度表安在日射观测场内球部埋入土中一半。

注：没有辐射平衡表的台站，不需观测风速和地面温度。

第 三 章

观测场地、仪器布置与技术档案的编制

第一节 观测场地

§ 19. 观测场地的选择，日射观测场地应选在眼睛看去任何一方都没有显著倾斜的平坦地方，东、南、西三面离开障碍物的距离应为障碍物高度的10倍或以上，如果地面观测场符合日射观测场的标准者，可以在地面观测场的南面扩出10×25平方米。（即南北10米，东西25米）。如果条件所限不能扩充时，可在台站范围内另选。

日射观测场要用白色围栏或铁丝网围起，观测场的维护和地面气象观测场一样，夏季场内草不能超过20厘米，冬季不能破坏雪面状态并应该在一定的道路上行走。

有热平衡和南方多雨的台站，为了观测行走的方便，可以修筑小路，但应避免使用吸收、反射能力较强的材料（如黑煤渣、石灰等）来修筑。

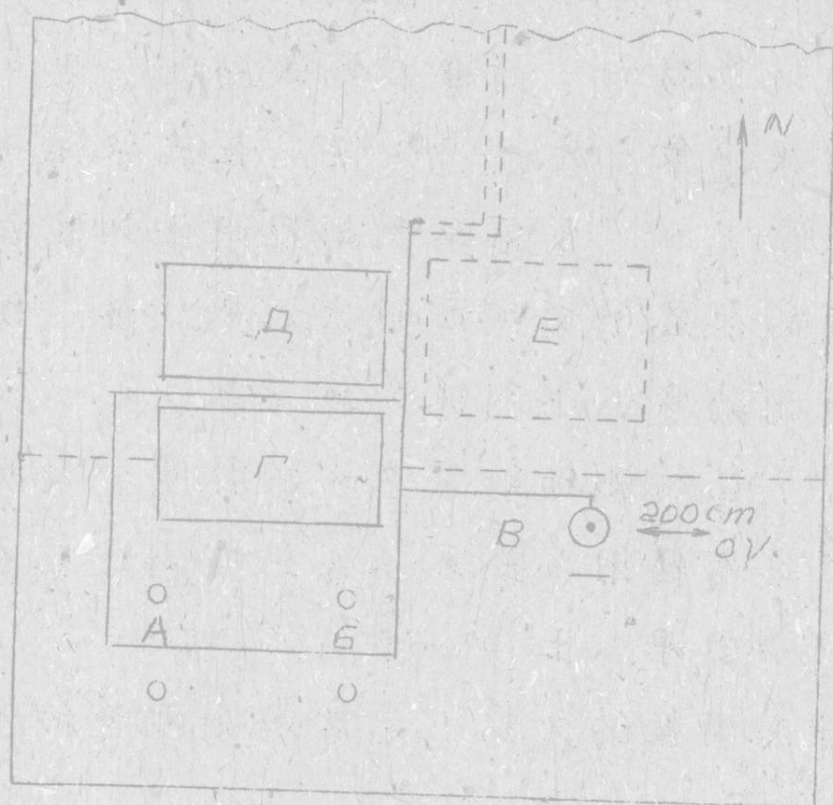


图 1

说明：

E. 气象观测用地温场地

F. 热平衡观测用地温场地

A. 温湿梯度仪器

B. 风速梯度仪器

B. 日射仪器

V. 辐射平衡用风速表

====地面观测场小路

——日射观测场小路

1. 日射观测场小路宽约 40-50 cm.

2. 无热平衡或直管场地的台站，可适当参考此图，但不一定要求这样修。

注：日射观测场（10×25 平方米）上除了安装辐射仪器外，还准备安装观测热力平衡的温湿、风速等仪器，如台站上仅进行辐射观测且不能在地面观测场南边扩充时则在台站范围内选出 8×8 平方米也可以。

§ 20. 绘制地平圈遮挡程度图：在日射观测场地中心离地面

1.5 米高的地方，用经纬仪或其他仪器测量，以编出地平圈遮掩程度图（图2）。将观测站周围的全部目标物高度（度数），沿整个地平圈每隔 10° 方位角绘在图上。



图 2

地平圈遮掩程度图

能给观测结果造成地方性影响的周围地形的一切变化，如公路和铁路的敷设，住宅和工厂的兴建，树木的种植或砍伐等，都要在台站日志上注明，也要记在月报表里面，若地平圈遮蔽程度发生改变，遮蔽程度图要重新编制。

第二节 仪器的布置

§ 21. 观测场上仪器的布置：在观测场上距观测场的东缘及南缘各 8 米处（ 8×8 平方米观测场，在场地中央），安置一根木柱，木柱长 2.3—2.4 米，直径 15—20 厘米，埋在地下使露在地面上的高度为 1.6 米（图 3）。在距离柱顶 10 厘米的地方在柱的南面作一个筒槽，在此紧为地装上一个 1.5 米长的水平板 2，宽 7—8 厘米，厚 3—5 厘米。为了安装反射率表及辐射平衡表，在平板 2 的一端装置一块能翻转的小板 3，小板长 30 厘米，宽厚与平板 2 一样，小平板 3 可以朝上和朝下翻转用铰链固定。为了遮住长波辐射

表不受日光照射，在转板3的一端装上一个固定遮光板的有横孔的螺钉4，在横孔内水平的嵌入一个双头螺栓或螺钉，直径与遮光板棒下的孔一样大小，遮光板棒5用螺絲帽固定。

所有仪器布置如图3所示。

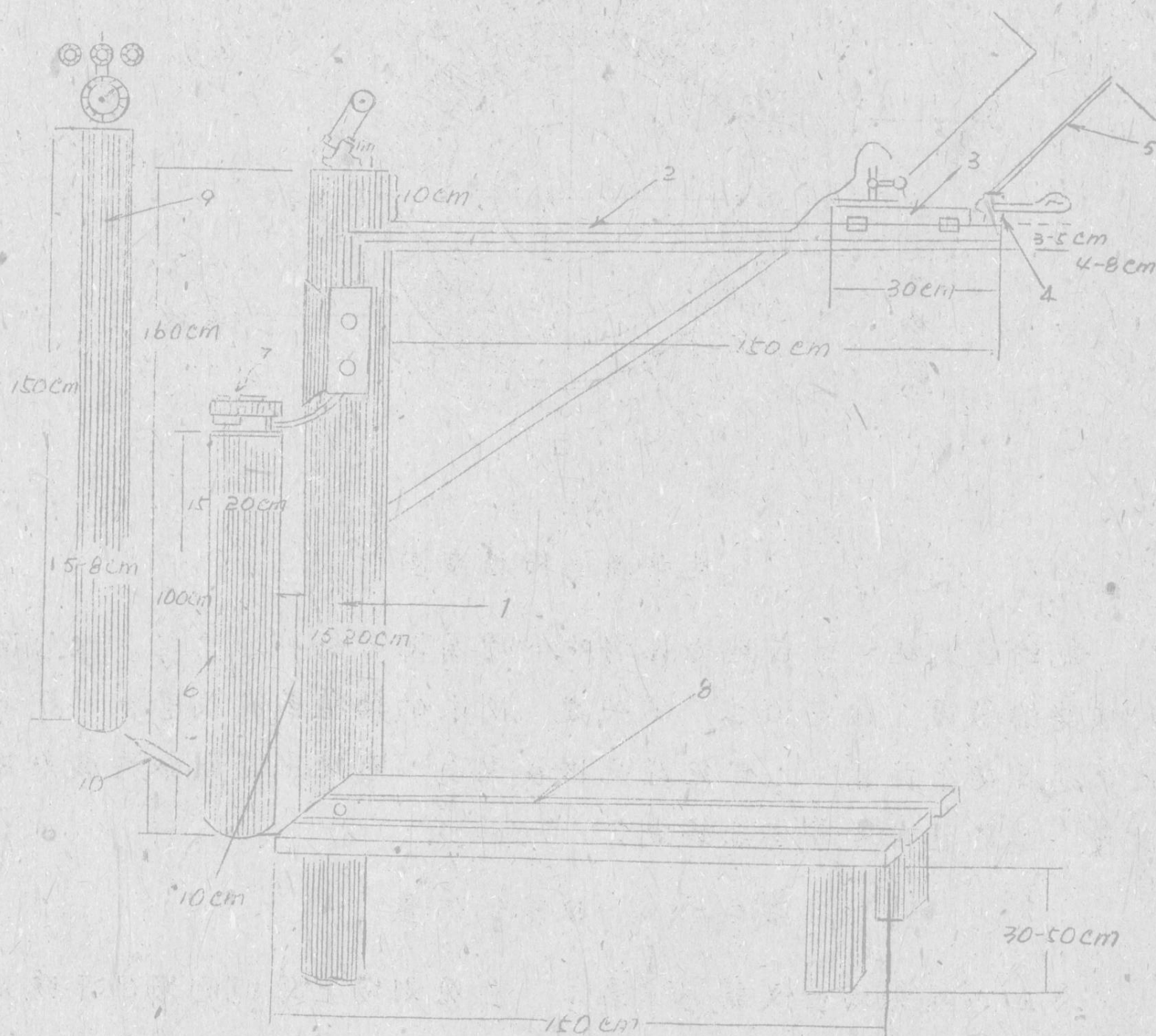


图3 场地上仪器的布置

在主柱1的北面（与主柱平行）安装一个高1米的柱子6或者在主柱的北侧安装一块搁板，以便放置电表7。

为了在观测时不踩踏仪器下面的地面及雪面，在仪器台架的西面安置一个长1.5米的活动木橇8，木橇高30—50厘米，积雪深

度高于 50 厘米的地方，木橈可以高些。

有辐射平衡表的台站在离开日射仪器的西面或东面 2—3 米处装一个轻便风速表 9，高 1.5 米；在距离主柱以东约 1 米的地上安置一支地面温度表 10，球部向东。

§ 22. 日射仪器用的转换器：转换器就是连接日射仪器和电流表转换线路用的开关。台站可按照下面线路连接图自己制作（材料可由电料行或无线电器行购买）。

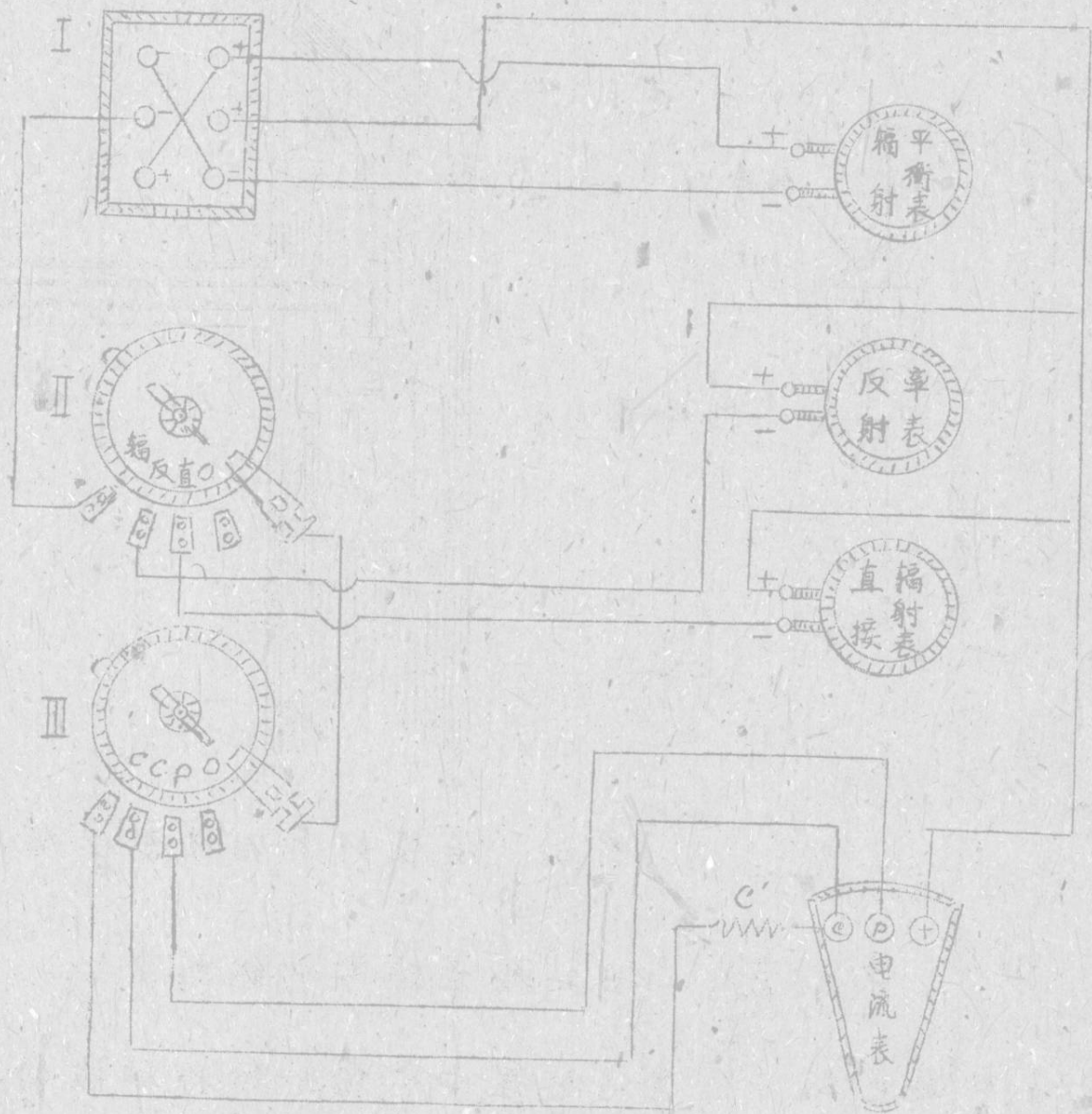


图 4 转换器与电流表及日射仪器连接线路图

图中：I、为辐射平衡的正负极转换开关。

II、调节连通仪器的带有活动扳子的转换开关。

III、调节电流表接头的带活动扳子的转换开关。

C、附加电阻。

观测员应常常检查转换器的摩擦接触部分，如有氧化物应及时用砂纸擦掉。同时还应经常清扫转换器里的沙尘，转换器上不应涂抹凡士林或润滑油以免形成油泥不易清除。为了防止雨水流入转换器内可用马口铁（或其他金属）按图5式样作成一块防水板，钉在转换器木盒顶上，雨水即可由此流到地上。另外还可在木盒缝隙上垫上一层橡皮以防止水气侵入，在久雨初晴时，应及时擦拭转换器或加以曝晒吹干。

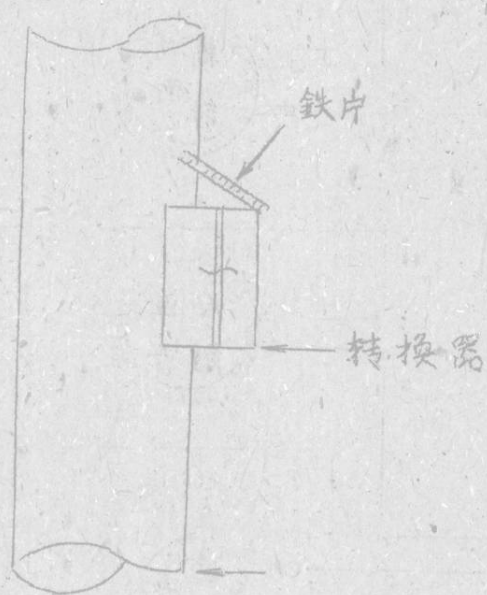


图 5

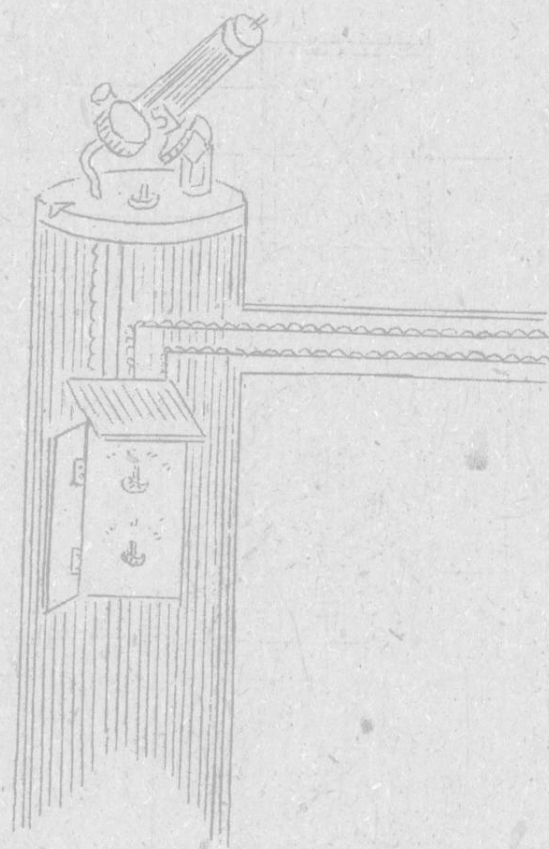


图 6 安装好后转换器的外形

第三节 台站技术档案的编制

§ 23. 新建台站。在建站过程中必须进行各种技术档案的编制工作，以供台站整理观测记录应用并报送上级机关建立日射台站的技术档案。故所有材料均应一式制作二份，一份由站保存，一份上报。台站技术档案包括的内容与编制方法如下：

- ①. 各种与日射有关仪器的检定证。
- ②. 日射仪器换标因故计标表，由流表刻度订正表及辐射强度换标表。换标因故计标表的制作方法可参阅 § 35，由流表刻度订正

表的制作方法可参阅 § 28。辐射强度换标表（根据当换标因数不变时辐射强度则随电表刻度数的大小而变化的道理形成）是为了整理记录方便制作时按公式 $S = N \cdot a$ （或 $D = N \cdot a$ 等）该表最左面的纵行是由电表刻度数（经订正后的）十位数，上面横行是个位数，下面小表是小数，制表时将刻度数乘以换标因数，得出结果记入与刻度数相应的栏内即成。（见下表）

③ 拉布可夫图及计标草稿：制作方法参阅 § 56，拉布可夫底图及草稿均由站保存，上报时只需将底图复制一份即可。

④ 场地自然情况叙述及地平圈遮蔽程度图：要求用文字或其它方式将场地面积，地势作用层状况，及场地周围自然环境加以叙述，地平圈遮蔽程度图绘制方法可参阅 § 20。

注：调换仪器或场地情况有变动时，有关图表应重新制作并上报。

××气象站

直接辐射强度换标表

直 = 734 $a_p = 0.00804$
电 = 1221 $a_c = 0.0104$

辐射强度 N+位故	N个位故	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	a_p	0.080	0.088	0.096	0.105	0.113	0.121	0.129	0.137	0.145	0.153
	a_c	0.184	0.202	0.221	0.239	0.258	0.276	0.294	0.312	0.331	0.350
20	a_p	0.161	0.169	0.177	0.185	0.193	0.201	0.209	0.217	0.225	0.233
	a_c	0.368	0.386	0.405	0.423	0.442	0.460	0.478	0.497	0.515	0.534
30	a_p	0.241	0.249	0.257	0.265	0.273	0.281	0.289	0.297	0.306	0.314
	a_c	0.552	0.570	0.589	0.607	0.626	0.644	0.662	0.681	0.699	0.718
90	a_p	0.724	0.732	0.740	0.748	0.756	0.764	0.772	0.780	0.788	0.796
	a_c	1.656	1.674	1.693	1.711	1.730	1.748	1.766	1.785	1.803	1.822

换标故因为
 a_p 时的辐射强度
换标因故
为 a_c 的辐射强度

小数订正表

	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
a_p	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.006	0.007
a_c	0.002	0.004	0.006	0.007	0.009	0.011	0.013	0.015	0.017

第二篇 各种辐射通量的观测和记录

第一章 观测仪器及观测方法

第一节 电流表

§ 24. 电流表的用途：这是附属在各种热电型日射仪器上的主要仪表，是用来测量各种日射仪器中的温差电流的，日射仪器所产生的电流极其微弱，故使用微安表来进行测量。

ГСА—1型指针式微安表可以应用在各种带有热电感应部分的日射仪器上，如直接辐射表，天空辐射表，辐射平衡表，反射率表等。

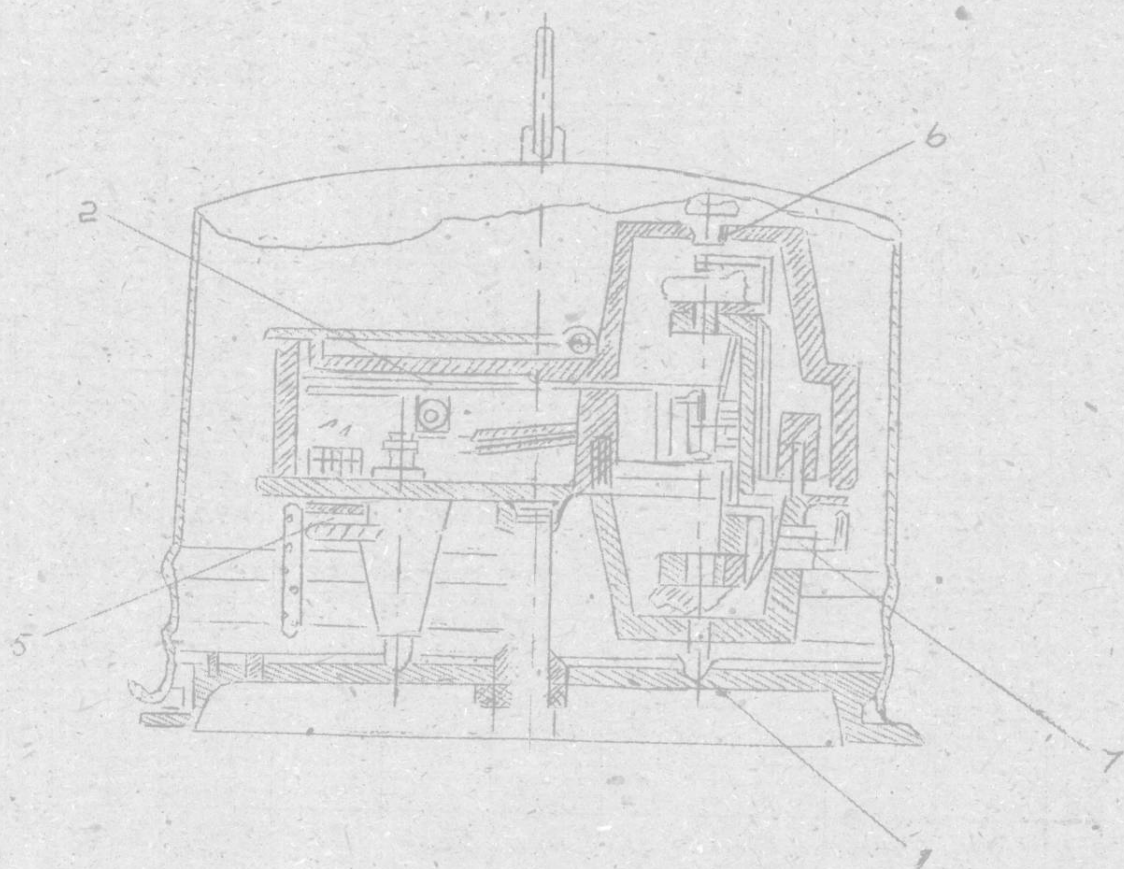


图7 微安表的侧剖面。

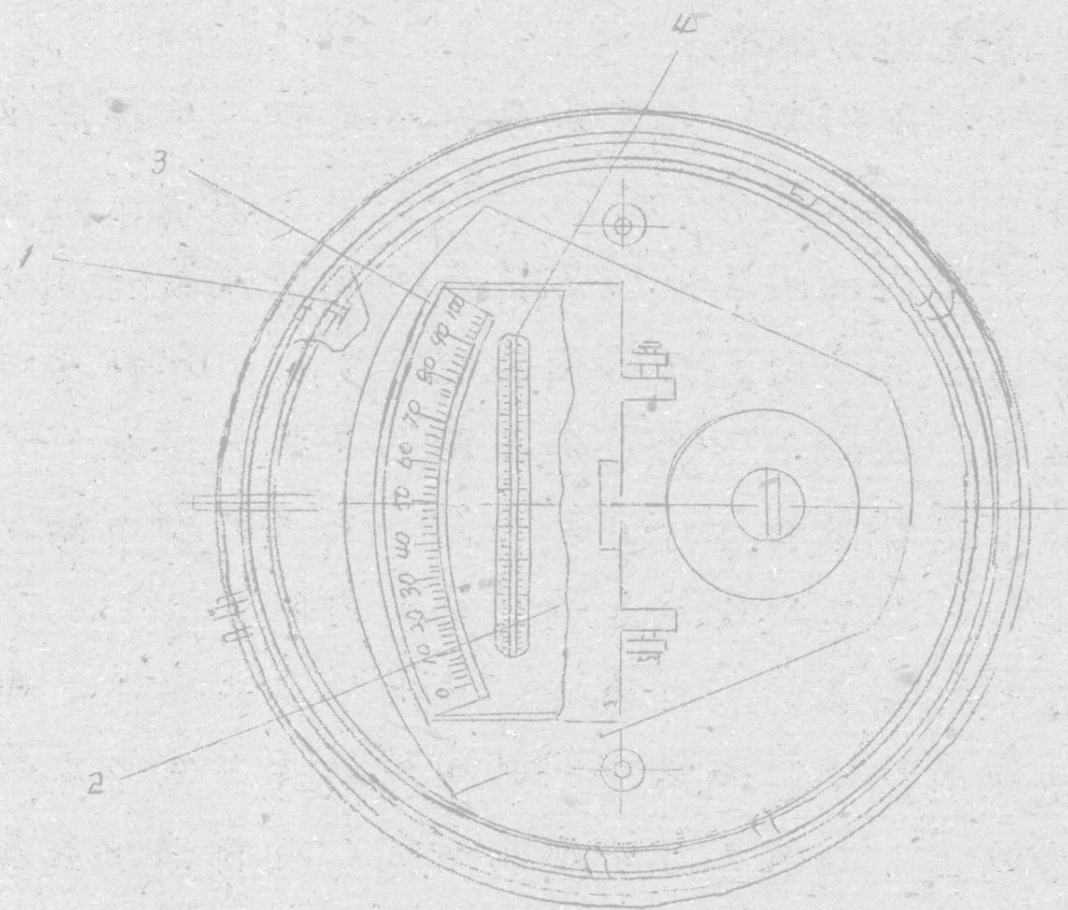


图 8 微安表的正视图。

§ 25. 电流表的概述： 电流表的机件装在一个封闭的扇形外盒内，在外盒的下部有三个装有防震橡皮垫的支脚 1。在外盒上部的正前方，开有一个长方形的小窗，小窗上嵌着一块玻璃，通过玻璃可以看到电流表的指针 2，刻度板 3 和附属温度表 4，在小窗的上面装有一块活动的盖板，在外盒下部的正前方，装有三个接线用的接头 5 以连接所使用的仪器，这三个接头上分别标有“+”、“P”、“C”三个符号，在外盒上部顶端装有调整指针位置的调整螺丝 6，在外盒的后侧装有绝电器 7，拧紧这个绝电器，就可以使电流表的电路割断。

电流表的内部主要是由一个电磁铁和一个永久磁铁组成的，永久磁铁是固定的，电磁铁是用两根青铜质的悬丝拉住，是挂在永久磁铁两极之间，青铜悬丝即电磁铁的转动轴，青铜悬丝的上端经连接片和调整螺丝相连，当转动调整螺丝时，就带动连接片，于是就扭动青铜悬丝，而使电流表的指针位置移动。所以藉调整螺丝可以

把电流表的指针位置加以调整。

刻度板共有 100 个刻度，沿着刻度部分装有一条弧形的平面反射镜，在进行电流表的读数时，可以利用这个反射镜来瞄准指针位置以消除视差。小窗内的附属温度表是在使用电流表时测量电流表的温度的。刻度板上标有电流表的内电阻 (R_i) 和补充电阻 (R_{405}) 的电阻值 (欧姆)，当外部电路的导线只接在“+”和“P”上时，那末这个电路就没有通过补充电阻，而当外部电路的导线接在“+”和“C”上时，则这个电路就通过补充电阻了。

§ 26. 电流表的安装： 电流表安装时，要求水平，电流表附近不应有厚重的铁质物体，磁铁或别的电流表等，至少也得离开这些物体在 30 厘米以上。电流表在非观测时间，应将保护盖盖上，为了避免地面潮气侵入电流表内部，同时也为了便于观测和读数，电流表安置的高度离地面约为 1 米左右，电流表应当安装得很稳固，安装电流表的木柱应选择结实坚固的木料来作，柱子应作粗一些，同时也应埋的深一些，以避免风大时电流表受震。

电流表安装好以后，把电流表后侧的绝电器拧松 2—3 转，检视电流表的指针是否指在刻度板的第“5”根刻线上，因为电流表在使用时是以第“5”根刻线作为“0点”的。并且在检定时也是以第“5”根刻线作为“0点”来求出各点的订正值值的，如果指针不正好指在第“5”根刻线上，在不超过 ± 2 时，无需调整指针位置，如果指针位置相差超过 ± 2 时，则应调整指针位置，调整时应注意动作要慢，通常电流表的调整范围只有刻度板的 20 个刻度。

§ 27. 电流表的使用： 电流表的使用方法如下：

1. 将电流表与所测的日射仪器的电路接通。
2. 拧松电流表的绝电器。
3. 对电流表的“0点”进行读数。

* 1 安培 = 1000 毫安

1 毫安 = 1000 微安。