

乌鲁木齐河源高山区固态降水对比测量的主要结果

杨大庆 施雅风 康尔泗 张寅生 杨新元

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 兰州 730000)

关键词 雨量器、降水量、测量误差

一、概 述

降水量资料是水量平衡、冰川物质平衡、水文模型、区域及全球气候和环境变化研究的基本参变量。据国外研究, 由于雨量器器口之上风速的增加及风向的变化^[1]对雨量器承受雨滴(雪粒)的干扰(动力损失, ΔP_d)、雨量器承水器和储水瓶(筒)内壁吸附部分降水(湿润损失, ΔP_w), 以及降水停止到观测时刻和降水间歇期内雨量器储水瓶(筒)中水分的蒸发(蒸发损失, ΔP_e)等三项系统误差, 雨量器量测的降水量(观测降水量, P_m)比实际降水量(P_t)系统偏低, 即

$$P_t = P_m + \Delta P_d + \Delta P_w + \Delta P_e, \quad (1)$$

其中动力损失的量级最大, 固态降水测量中可达 50—100%, 湿润损失量和蒸发损失量一般不超过观测降水量的 10 和 4%^[2]。为了修正上述误差, 世界气象组织(World Meteorological Organization, WMO)仪器和观测方法委员会于 1986 年发起“固态降水对比量测计划”^[3], 选定苏联的 Tretyakov 雨量器和 Golubev 双层防雪栅栏为对比量测的标准仪器, 并明确规定仪器布设、测量技术、资料收集及分析的方法。近年来降水量测量误差分析和修正问题在国内逐渐引起重视^[4-6]。本文参考“WMO 固态降水对比量测计划”, 系统地研究中国标准雨量器在高山区量测降水的精度问题。

二、研究方法和仪器

雨量器量测降水的动力损失量可以通过对比测量实验确定, 即用不同类型的雨量器(计)或不同的量测方法在某一地点(台站)测量降水量, 经过分析资料, 从中选择出最能反映实际降水量的量测方法和仪器类型, 并建立动力损失量与风速、降水形态、降水强度等气象要素之间的联系, 为修正降水量观测资料系列提供依据。

乌鲁木齐河流域深处大陆腹地, 河源高山区气候比较湿润。据 1 号冰川水文点(3693m, 43°06'N, 87°15'E)记录, 多年平均降水量为 465mm, 夏季 5—8 月降水量占年降水量的 80%, 其中降雪和雨夹雪的比例分别为 43 和 35%, 其他季节仅有少量降雪。降水量测的动力损失是系统误差当中关键的一项。有鉴于此, 我们于 1987 年 6 月在南北两面高山对峙, 西边为 1

本文 1990 年 2 月 6 日收到。

号冰川冰舌,东边是开阔河谷的平坦地面(3720m)布设降水量对比量测实验场,使用的仪器如下:

1. Golubev 双层防雪栅栏。由直径为 4m 和 12m 的两个八边形木栅栏围成,栅栏的空隙率为 50%。据 WMO 固态降水对比量测计划,外圈栅栏上沿高于地面 3.5m,内圈上沿高出地面 3m,其中放置带有防风圈的 Tretyakov 雨量器,器口与内圈上沿平齐。由于研究区域冬季降雪量稀少,地面最大积雪深度不超过 1m,为了节约材料和便于安装,我们将防雪栅栏的外圈和内圈上沿的高度分别降低至 2.5 和 2.0m。另外,中国 20cm 口径雨量器和 Tretyakov 雨量器的观测原理和方法相同,因此在 Golubev 防雪栅栏中用前者替代后者,构成对比量测的标准雨量器(图 1)。

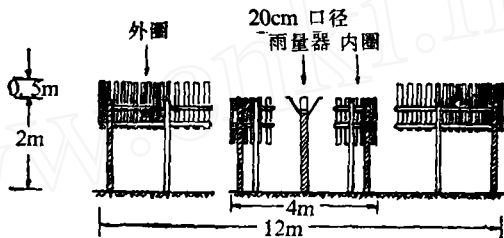


图 1 WMO 固态降水对比量测标准雨量器示意图

2. Hellmann 雨量器。口径为 16cm 的瑞士标准雨量器,器口高出地面 2.0m,不带防风圈,需人工观测。

3. 中国 20cm 口径雨量器。不带防风圈,测量降雪时不用漏斗和储水瓶,器口标准高度为 0.7m(称为中国标准雨量器)。为了与 Hellmann 雨量器及对比量测标准雨量器比较,我们将另外一只 20cm 口径雨量器安装在 2.0m 高度。

4. 百页箱一只,量测气温、相对湿度。

三、主要结果

在 1987 年 6 月 27 日至 1989 年 7 月 31 日间,该实验场共记录日降水 176 次,计有雨、雨夹雪、湿雪和干雪 4 种降水形态。据湿润损失实验^[4],不带漏斗的 20cm 口径雨量器在每次降雨、雨夹雪和降雪测量中的湿润损失量分别为 0.35、0.30 和 0.29mm。与加拿大 Nipher 雨量器、苏联 Tretyakov 雨量器和瑞士 Hellmann 雨量器相比^[7,8],20cm 口径雨量器的湿润损失量较大。因此,对观测资料作湿润损失量修正之后,得到表 1 的结果。由表可见:(1)由于

表 1 降水量对比量测结果

降水形态	量测次数	对比量测标准雨量器测量值 (mm)	2m 高度 20cm 口径雨量器		中国标准雨量器	
			测量值 (mm)	捕捉率 (%)	测量值 (mm)	捕捉率 (%)
雨(5—9 月)	24	133.6	120.3	90.0	128.8	96.4
雨夹雪(5—9 月)	40	305.5	257.3	84.2	267.5	87.6
湿雪(5—9 月)	88	566.7	468.2	82.6	480.5	84.8
干雪(10—4 月)	24	102.5	76.7	76.7	78.8	78.8
合 计	176	1108.3	922.5	83.2	955.6	86.2

Golubev 双层防雪栅栏和 Tretyakov 防风圈的防风作用,在不同的降水形态下,对比量测标准雨量器的测量值总是高于中国标准雨量器,而器口位于 2m 的 20cm 口径雨量器的观测值最低;

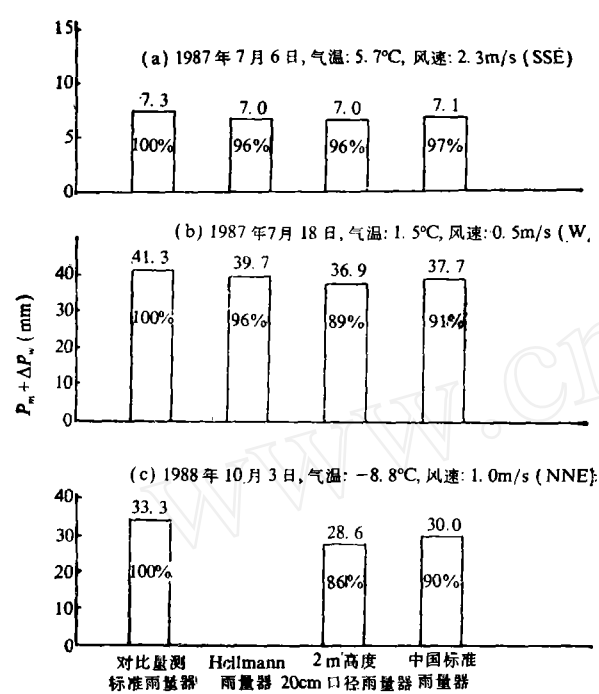


图 2 降水量对比量测的个例
(a) 雨; (b) 湿雪; (c) 干雪

西沟气象站 (43°06'N, 86°50'E, 3540m) 以地面雨量器(器口与地面平齐)为标准仪器的降水量对比测量,得知中国标准雨量器的捕捉率 (R) 与 10m 高度处降水时段平均风速 ($\bar{W}$) 之间存在指数关系:

$$R = \begin{cases} \exp(-0.056\bar{W}), & (0 \leq \bar{W} \leq 6.2) & \text{雪,} \\ \exp(-0.041\bar{W}), & (0 \leq \bar{W} \leq 7.3) & \text{雨.} \end{cases} \quad (2)$$

如果降水时段的平均风速为 5.0 m/s, 则中国标准雨量器对雨和雪的捕捉率分别为 81.5 和 75.6%。

四、结论和讨论

对比量测表明, Golubev 防雪栅栏的防风作用在固态降水测量中相当显著。修正降水量测量值的湿润损失量之后, 中国标准雨量器对应雨、雨夹雪、湿雪和干雪的平均捕捉率为 86.2%, 换言之, 在不考虑蒸发损失量的条件下, 乌鲁木齐河源 1 号冰川冰舌末端降水量测量值比实际降水量偏低 13.8%, 依此百分率修正该站 1988 年的观测降水量 (465.0 mm), 得到 529.2 mm 的相对真值。中国标准雨量器的捕捉降水率随降水时段平均风速的增大而呈指数规律下降。

Golubev 双层防雪栅栏是固态降水对比量测的标准, 其在不同的气候和地形条件下的测

变化十分明显,即在降雨测量中最高,雨和雨夹雪时相差不大,干雪测量中降至最低;(3) 不区分降水形态,中国标准雨量器的平均捕捉率为 86.2%。该值比 Hellmann 雨量器、Tretyakov 雨量器和 Metra 雨量器的捕捉率^[9]高许多。原因是乌鲁木齐河源降水日的最大平均风速一般低于 6m/s。统计分析表明,年降水量的 88% 在日平均风速低于 3m/s 的条件下发生。

对比测量中日降水量较大的个例同样表明降水形态对雨量器捕捉率的重要影响。量测降雨时,虽然风速较大,对比量测标准雨量器与其他仪器测量值的差异很小;而在降雪测量中则相反,虽然风速很小,但测量值之间的差别却十分明显,尤其在干雪测量中是如此(图 2)。

由于自然条件和仪器的限制,1 号冰川前沿降水量对比测量实验场无连续的风速记录。根据 1986 年夏季本区大

量精度对其他仪器性能的评价及系统误差修正的准确性是至关重要的。据民主德国 Harzgerode 实验站(海拔 404m)的观测资料,当防雪栅栏外 3m 高度处的风速大于 5m/s 时,栅栏内雨量器口(3m)风速的减小幅度可达 65—75%,2300 次测量的平均减小率为 60%,表明 Golubev 防雪栅栏的确具有明显的防风作用^[9],至于它是否在雨量器口形成涡动未见报道。然而这并不意味着该仪器能够准确地测量冬季实际降雪量(降雪真值)。Golubev^[10] 基于林地测雪结果,建立了修正防雪栅栏内雨量器测量降雪量误差的经验方程,Goodison^[7] 将其移用至加拿大实验台站,部分地改善了捕捉率与风速的对应关系。本文涉及的研究区域多降湿雪,观测场地形不十分开阔,风速较小。因此, Golubev 双层防雪栅栏的防风作用不如国外台站明显。虽然如此,我们仍然准备采用测雪板及地面新雪测量方法来校正和评估 Golubev 双层防雪栅栏在高山地区测量降水的精度,并建立修正测量误差的模型。

参 考 文 献

- [1] Robinson, A. C. et al., *Meteorological Magazine*, **98** (1969), 3: 113—120.
- [2] Sevruk, B., *Proc. International Workshop on the Correction of Precipitation Measurements*, Zurich, Switzerland, 1985, 13—23.
- [3] WMO, International Organizing Committee for WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison, Final Report of First Session, Geneva, 1985, 1—31.
- [4] 杨大庆,气象, **13**(1987), 7: 13—15.
- [5] 杨大庆,冰川冻土, **10**(1988), 4: 384—399.
- [6] Yang Daqing et al., *Proc. International Workshop on Precipitation Measurement*, St. Moritz, Switzerland, 1989, 173—179.
- [7] Goodison, B. E. et al., *Proc. International Workshop on Precipitation Measurement*, St. Moritz, Switzerland, 1989, 121—125.
- [8] Sevruk, B., *Hydrological Sciences Bulletin*, **XIX** (1974), 3: 29—32.
- [9] Gunther, Th. et al., *Proc. International Workshop on Precipitation Measurement*, St. Moritz, Switzerland, 1989, 127—134.
- [10] Golubev, V. S., *Proc. International Workshop on the Correction of Precipitation Measurements*, Zurich, Switzerland, 1985, 57—59.