普通雨量器湿润损失实验的初步分析*

杨大庆

（中国科学院兰州冰川冻土研究所）

提　要

本文论述降水观测中雨量器湿润损失的概念及其影响因素，通过普通雨量器湿润损失实验和实际观测资料分析，确定普通雨量器观测液态和固态降水时的湿润损失量，建立修正方案，修正乌鲁木齐河源夏季降水观测的湿润损失。

一、概　述

由于雨量器口乱流扰动的影响，进入雨量器的降水量（捕捉降水量 P_c）小于实际降水量（P_t），实际降水量等于捕捉降水量加一个动力修正项（ΔP_d），即

$$P_t = P_c + \Delta P_d \qquad (1)$$

雨量器捕捉到的降水量绝大部分可以观测到（观测降水量 P_m），有一小部分无法观测，它消耗于雨量器的湿润损失和蒸发损失。湿润损失是指雨量器盛水器和储水瓶（筒）内壁对部分降水的吸附，而蒸发损失是降水停止到观测时刻这段时间内雨量储水瓶（筒）中水分的蒸发。如果降水停止后立刻观测，则蒸发损失量很小，可以忽略不计。这时捕捉降水量是观测降水量（P_m）和湿润损失量（ΔP_w）之和，

即　　$P_c = P_m + \Delta P_w \qquad (2)$

或　　$\Delta P_w = P_c - P_m \qquad (3)$

由此可见，在忽略蒸发损失的前提下，普通雨量器的湿润损失量是捕捉到的降水量和观测降水量之间的差值。如果称量外壁未打湿的雨量器的重量来确定降水量，可避免这种损失，但不方便。一般都用量杯测量降水量，故湿润损失在所难免。每次观测中的湿润损失量，决定于雨量器的材料、结构以及降水量和降水形态。一般来讲，雨量器内壁越光滑，口径越小，盛水器可湿润面积越小，则湿润损失越小；而降水量越大，湿润损失越大，但有一个上限。同一种雨量器，在降雨时的湿润损失多于降雪。据 R. K. Linsley[1] 估计，普通雨量器的湿润损失在每次降雨观测中可达 0.25mm，年积累量在 25mm 左右。B. E. Goodison[2] 指出，加拿大尼费雨量器每次降雪观测中的湿润损失介于 0.15±0.02mm 之间。

为了确定普通雨量器的湿润损失量，1986 年我们对普通雨量器做了湿润损失实验。同时在乌鲁木齐河源天山气象站附近进行湿润损失实际观测，结果发现普通雨量器的湿润损失不可忽视。

二、湿润损失实验资料的统计分析

普通雨量器的湿润损失分为盛水器和储水瓶（筒）的湿润损失两部分。因此湿润损失实验也分两部分来做。对盛水器要先称重，确定其干燥时的重量，然后用喷壶将其内壁喷湿，等到漏斗嘴不滴水时，再称重，得到湿盛水器的重量。湿盛水器与干盛水器的重量差，即为该盛水器在本次实验中的湿润损失量。对储水瓶（筒），也要先称重，确定其干燥时的重量，然后加入不同量的水，再倒出，称量湿储水瓶（筒）的重量，湿储水瓶（筒）和干储水瓶（筒）的重量差，就是该储水瓶在本次实验中的湿润损失量。盛水器的喷湿实验及储水瓶（筒）的加水倒空实验一般要重复多次。

对两只带有漏斗的盛水器分别做 20 次

* 施雅风先生和康尔泗老师对本文提出修改意见，在野外工作中曾得到姜彤、张寅生同学的协助。在此一并致谢。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

喷水称重实验，统计结果列入表1。

表1 盛水器湿润损失实验资料的统计(mm)

盛水器编号	最大湿润损失量	最小湿润损失量	平均湿润损失量	标准差
A	0.25	0.10	0.18	0.044
B	0.20	0.10	0.12	0.030

由表1可见，带有漏斗的盛水器，每次实验中的湿润损失量变化于0.10—0.25mm之间，盛水器A的平均湿润损失量、最大湿润损失量及标准差均大于盛水器B，原因是盛水器A比B旧，内壁粗糙，不均匀吸附水分，造成较大的湿润损失。

储水瓶的湿润损失量用加水倒空实验确定。两只洗涤干净的储水瓶分别做了6次实验。实验中加水量分别为2.5、5.0和20.0mm，实验结果列于表2。储水瓶的湿润损失量最小为0.05mm，最大为0.10mm，基本不随加水量的增加而增加。另外，新旧储水瓶的湿润损失量没什么差别，这说明只要储水瓶干净光洁，它使用的年限与湿润损失无关。

表2 储水瓶湿润损失实验记录（mm）

储水瓶中加水量	2.5	5.0	20.0
储水瓶A	0.05	0.05	0.10
储水瓶B	0.05	0.05	0.10

注：储水瓶A是新的，B是旧的。

储水筒湿润损失实验也用A、B两只筒进行。实验中的加水量从2.5mm增至20.0mm（每次增加2.5mm），实验数据表明，储水筒的湿润损失量在0.13—0.25mm之间变化，平均值为0.20mm，远大于储水瓶的湿润损失量，这是因为储水筒可湿润面积比储水瓶大。另外，镀锌储水筒表面比玻璃储水瓶粗糙，吸附水分较多。储水筒湿润损失量随加水量的增加而增加，湿润损失量的极值与加水量的极值相对应，而湿润损失率随加水量的增加而下降。

三、湿润损失观测实例分析

除了做湿润损失实验外，我们用称重法对普通雨量器的湿润损失进行了实际观测。先用台秤称量干燥雨量器的重量，然后用两层塑料布封包雨量器，保证降水时其外壁不被打湿。降水停止后，先用量杯测量水量，然后用台秤称雨量器的重量，湿雨量器与干雨量器的重量差，就是本次降水观测中的湿润损失量。

湿润损失的实际观测点在天山气象站（海拔3588m）附近，本区降水以固态为主，天山气象站所用普通雨量器一年四季不加漏斗和储水瓶。所以我们在实际观测中也用一台不带漏斗和储水瓶的普通雨量器，以盛水器和储水筒两部分来确定其湿润损失量。

盛水器湿润损失的实际观测共有6次，其中4次为降雨，2次为雨夹雪。6次观测中盛水器的平均湿润损失量为0.17mm，最大值为0.30mm。国外的研究工作表明，盛水器的湿润损失量与其内壁的湿润程度（实际湿润面积）有关，而湿润程度决定于降水量、降水持续时间和降水强度。一般来讲，降水量越大，降水时间越长，降水强度越大，盛水器内壁湿润面积越大，相应的湿润损失量越大。当盛水器内壁充分湿润时，湿润损失量达到最大值。我们的实际观测资料中，最大降水为10.8mm，这次降水中盛水器内壁充分湿润，所以与之对应的湿润损失量为0.30mm，可认为是盛水器湿润损失的最大值。

关于雨量器的湿润损失量与降水形态的对应关系，目前有两种观点。一种观点认为，降雨时的湿润损失量最大，雨夹雪次之，降雪时最小；另一种观点认为，固态降水和液态降水的湿润损失量相同。我们在分析湿润损失实际观测资料中发现，在雨夹雪时盛水器的平均湿润损失量比降雨时大（表3）。原因可能是雨夹雪量大(平均降水量5.85mm)，导致较大的湿润损失。

储水筒湿润损失的实际观测有13次，观测降水量最小为0.05mm，最大为10.8mm。

表3 各种降水形态下盛水器湿润损失量的对比(mm)

降水形态	观测次数	平均降水量	平均湿润损失量
雨	4	1.75	0.13
雨夹雪	2	5.85	0.25

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

其中6次为降雨，4次为雨夹雪，3次为雪，13次观测中储水筒的最大湿润损失量为0.30mm，最小为0.05mm，平均湿润损失量为0.15mm，略小于盛水器的平均湿润损失量。实际观测表明，储水筒的平均湿润损失量在降雨时最大，雨夹雪时次之，降雪时最小（表4）。

表4 各种降水形态下储水筒湿润损失量的对比(mm)

降水形态	观测次数	平均降水量	平均湿润损失量
雨	6	1.63	0.18
雨夹雪	4	4.33	0.13
雪	3	2.65	0.12

四、乌鲁木齐河源降水观测中湿润损失的修正

普通雨量器湿润损失的修正，可用下式计算：

$$\Delta P_w = (C_1 + C_2) \times n \qquad (4)$$

其中，ΔP_w为某时段降水观测中湿润损失的修正量，C_1、C_2分别为盛水器和储水瓶（筒）一次降水观测中的湿润损失量（即修正系数），n为该时段内雨量器的湿润次数。

用（4）式修正雨量器的湿润损失，涉及到修正系数的取值和雨量器湿润次数的统计问题。通过湿润损失实验和实际观测，我们得到两组修正系数（表5）。对比发现，由实验确定的盛水器和储水筒的湿润损失量均大于实际观测值，这是合理的。因为盛水器做喷水称重实验时带有漏斗，而实际观测中盛水器不加漏斗。加漏斗的盛水器可湿润面积大，相应的湿润损失量也大。储水筒做湿润损失实验时，筒中加水量从2.5mm到20.0mm，平均加水量为10mm，而实际观测中降水量大于10mm的只有一次。从实验和实测中得知，湿润损失量随加水量或观测降水量的增加而增加，所以实验确定的湿润损失量应当大于实际观测值。另外，储水筒加水倒空实验，反映液态降水条件的湿润损失情况，而实测中有雪和雨夹雪，它们对应较低的湿润损失量，这也是造成湿润损失实测值低于实验值的一个原因。经过上述对比分析，我们认为实验得到的湿润损失量是平均最大值，实际观测值比较可信。因此，在修正乌鲁木齐河源区降水观测中的湿润损失时，我们以实际观测资料为准。取修正系数C_1为0.17mm，C_2为0.15mm。

表5 湿润损失修正系数实验值和实际观测值的对比(mm)

项 目	盛水器湿润损失量	储水筒湿润损失量
实验值	0.18	0.19
实测值	0.17	0.15

统计雨量器的湿润次数，首先要确定雨量器在观测环境下的干燥时间，即盛水器和储水瓶（筒）由湿变干所需时间。B. Sevruk[3]指出，瑞士海尔曼雨量器在夏季干旱气候条件下盛水器的干燥时间为10—20min，湿润气候条件下盛水器的干燥时间不超过1小时。储水筒的干燥时间为4小时，1986年夏，我们在乌鲁木齐河源的实际观测表明，普通雨量器盛水器的干燥时间不超过1小时，储水筒的干燥时间不超过2小时，因此我们确定，在乌鲁木齐河源的普通雨量器，在夏季5—8月的干燥时间为2小时。

1986年5月10日至8月31日，在天山气象站附近的降水对比观测共有78次降水资料。计有雨、雨夹雪和雪三种形态，用平均修正系数修正这78次（n=78）降水观测中的湿润损失，结果得到总修正量为25.0mm，它占总观测降水量（296.1mm）的8.4%。

五、结 语

雨量器的湿润损失是降水观测中的系统负偏差。一次降水观测中的湿润损失量虽不大，但其积累值不可忽视。修正观测降水中的这部分负偏差，对准确计算降水资源量和气候评价以及水资源估算有着明显的意义。

参 考 文 献

[1]R. K. Linsley, Hydrology for engineers, R. R. Donnelley and the sons company, 1982.

[2]B. E. Goodison, Accuracy of canadian snow gage measurements, Journal of applied meteorology, Vol. 17, No. 10, 1978.

[3]B. Sevruk, Correction for the wetting Loss of a Hellmann precipitation gage, Hydrological Sciences Bulletin, 1974.

（下转第15页）

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

六、结语

根据实际观测资料，我们分析研究了伴随强对流天气出现的地面中尺度扰动的空间和时间演变特征，得出了这类中尺度扰动与强对流天气的配置关系，概括出了根据地面扰动判断天气发展变化的概念模式。这不仅补充了外推法的不足，为强对流天气发生发展变化的临近预报（甚短期预报）提供了依据，而且对人们认识这类中尺度扰动的发生、发展及减弱规律也是有益的。

参考文献

〔1〕田畑 明，レーダーエコーの发生·发达との关系について，测候时报，46，6，1982。

〔2〕Bothwell, P. D. and Crawford, K. C., 13th Conference on Severe Local Storms, 372—375, 1983.10, 17—20.

〔3〕刘金玉、张义增，根据地面要素场作强对流天气的短时预报，气象，11，1985。

〔4〕李洪勋，计算不稳定能量的新方法及其应用，气象学报，Vol.，43，No. 1，1985。

〔5〕杨国祥、陈丽珍，低空急流中的中尺度重力惯性波及其对天气的影响，强对流天气文集，1983，气象出版社。

〔6〕张可苏、周晓平，非静力平衡模式中重力惯性波的频谱、结构和传播特征，第二次全国数值天气预报会议论文集，1980，科学出版社。

The conceptual models of surface meso-scale turbulence of severe convective weather and their appliction to nowcasting

Gao Qingkai Li Hongji Liu Jinyu

(Air Force Meteorological Research Institute)

Abstract

The change of hourly surface physical parameter fields during the process of severe thunderstorm is analysed in this paper, using the data obtained from Eastern China Meso-scale Weather Experiment. Results of the study show: there exist an immidiate relation between the fields of θse, $div\bar{v}$ and the activities of thunderstorm, the characteristics of meso-scale turbulence are different at various stages of weather development, they have certain indicative meanings for the weather change during short period. In the basis of this analysis, we have proposed a conceptual model for the four stages of development of severe convective weather in Eastern China. Results obtained were of benefit to understanding such meso-scale turbulence and nowcasting of severe convective weather.

（上接第18页）

A case study of the wetting loss experiments in the rain gauge

Yang Daqing

(Lanzhou Institute of Claciology and Geocryology, Academia Sinica)

Abstract

The concept of the wetting loss of a raingage and the factors affectting the wetting loss are introduced. The amount of the wetting loss of the standard gage of China has been determined after the analysis of the data of wetting loss, which have been collected by the wetting experiments with a gage and the observations in natural conditions. And the wetting losses in the precipitation measurement in the area of the head of Wulumuqi river in summer have been corrected.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net