

国外降雪观测方法介绍

杨大庆

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

降雪对农业生产、交通运输和人民生活都有影响。降雪观测资料是冬季山区雪崩预报、春季河川径流预报以及水文和气候模型的重要参数。

气象和水文部门常规的降雪观测有两个主要项目,一是以厘米计的积雪深度,另一个是雪水当量,即降雪折合成水层的深度——降水量,以毫米计。雪深是反映雪害的指标,雪水当量是气象和水文预报最关心的资料。雪深可直接量测,雪水当量资料的取得有三种途径(WMO, 1970):①直接观测降雪折合水层深度;②取一定体积的雪样,融化或称重,确定新雪密度(ρ),观测雪深(d),用 $W = \rho \cdot d$ 计算雪水当量(W);③观测雪深,认为新雪密度等于其平均值 $100\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$,推测雪水当量。

由于风对降雪分布的影响,降雪观测比降雨观测困难。雨雪观测的方法和仪器也在不断更新。本文拟简要介绍几种国外观测降雪的仪器和方法,供国内仪器研制和研究工作参考。

一、雨量计观测降雪

雨量计观测降雪是传统方法,它直接量测降水量,是目前应用较广的一种手段。常用来观测降雪的雨量计有三种。

首先是普通雨量计。观测员通过称量雨量计中雪的重量或测量融雪水体积确定几小时或一日内的降水量。这种雨量计结构简单,安装方便,几乎不用维修和保养。各国普通雨量计的尺寸和安装高度(雨量计器口高度)不同,见表1。

其次是自记雨量计。通过称重,记录系统自动记录降雪过程及降雪总量,自记时间

表1 普通雨量计一览表

国 家	口 径 (cm)	深 度 (cm)	安放高度 (m)	防风圈种类
加拿大	12.7	52.0	1.5	Nipher
美 国	20.3	61.0	1.0	Alter
苏 联	16.0	41.0	2.0	Tretyakov
英 国	13.8		0.3	无
中 国	20.0		0.7	无

以一周自记较多,并配加无线电装置可自动远传资料。用来观测固态降水的自记雨量计的储水筒中一般都放有防冻液,上覆一薄油层,阻止防冻液蒸发。落入雨量计中的雪可通过油层,溶于防冻液中。防蒸发的油可用稀凡士林、变压器油以及高质量的防冻机油。油质越稀越好,要保证在低温下不变粘、不结块。油层的厚度在防止蒸发的前提下,越薄越好,但不能少于5.5mm。另外,也可用太阳能或电源加热来融化降雪,但加热可能会导致融雪蒸发,造成额外损失。

费斯齐-波特(Fischer and Porter)和贝尔福德(Belford)自记雨量计是国外常用的两种测雪仪器。它们的口径均为20.3cm,前者储水筒容量为630mm,自记范围从0—500mm,记录精度为2.54mm。记录方式是纸带穿孔,读数时间间隔可在5 min到12h内调整,一般15min读数一次。仪器使用的电源可由电池或电路供给。贝尔福德自计雨量计储水筒容积为300mm(包括防冻液在内),自记系统由称重和计时两部分组成,记录方式是记录纸,记录精度为0.25mm,自记时间为7天^[1]。

综合上述,用雨量计观测降雪直观简

本文承蒙施雅风先生审阅,在此致谢。

捷, 自记雨量计使用方便, 这是它们的优点。但是, 雨量计观测降雪受风的影响很大, 其观测值比实际降水量系统偏小。因此, 人们设计了许多不同的防风圈来减小风的影响。其中尼费尔 (Nipher) 防风圈的防风效果较好, 对比观测表明^{[2][3]}, 它比无防风圈的同类雨量计多捕捉降雪50%左右。但是尼费尔防风圈在微风大雪条件下, 降雪会在防风圈上积累, 遇有阵风时, 圈上积雪会被吹入雨量计, 从而又使观测值偏高。

其次是雨量计观测降雪中的湿润损失和蒸发损失。所谓湿润损失是指雨量计承水器和储水筒 (瓶) 内壁对降雪或融雪水的吸附。据估计, 苏联特立奇耶克夫雨量计的湿润损失, 每次观测中为 0.25mm, 加拿大尼费尔雨量计每次观测中的湿润损失约为 0.15mm, 国内普通雨量计为 0.32mm 左右。雨量计的蒸发损失是指降水停止到观测时刻以及降水间歇期内雨量计储水筒 (瓶) 中水分的蒸发, 它的大小取决于观测点的气候条件和每日观测降水的次数。冬季降雪观测时气温较低, 雨量计的蒸发损失不大, 日损失量不会超过 0.25mm。

总之, 由于以上原因, 雨量计观测的降雪量比实际降雪量偏小。

二、雪尺和测雪板观测降雪

雪尺是带有刻度的木尺或钢尺。降雪之后用雪尺在地面或测雪板上量测降雪厚度, 得到点雪深, 多点量测, 求取平均, 就得到面平均雪深。测雪板由木板或薄钢板制成, 其形状有正方形、长方形和菱形。测雪板一般为白色, 使用时水平放置在观测场地面, 降雪前或每次观测后清扫干净。降雪停止后, 用雪尺测量板上雪深, 用称重或化雪测量融水体积的方法确定新雪密度, 然后计算雪水当量。

用雪尺在测雪板或地面测量雪深比较方便, 测量精度也较高。但如果用雪深资料推算降水量, 就涉及到新雪密度的取值问题。

据 B. E. 古迪森^[4]对加拿大 85% 以上台站用新雪密度为 $100\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 来推算雪水当量时发现, 新雪密度随地区和降雪过程 (时间) 而变化, 表 2 是用实测和平均新雪密度推求雪水当量的对比。

表 2 新雪密度的变化和雪水当量的推算

次数	雪 深 (cm)	密 度 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	实测雪水当量 (mm)	推算雪水当量 (mm)
1	8.7	104	9.05	8.70
2	7.0	131	9.17	7.00
3	6.0	152	9.12	6.00

由表 2 可见, 推算的雪水当量, 通常都小于实际观测值。并且新雪密度随降雪过程而增大, 即新雪迅速密实化 (表略)。国内的工作者 (王彦龙) 给出滇北和天山西部的新雪密度 (表 3)。

表 3 滇北和天山西部的新雪密度 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

地 区	最大密度	最小密度	平均密度	测 次
滇 北	119	70	100	25
天山西部	110	50	80	25

由表 3 可见其极值以及均值的地区差异也很明显。所以, 用雪尺量测雪深, 推求雪水当量, 必须认真测定新雪密度。

测雪板观测降雪受风的影响较大, 一方面风吹雪积累在板上, 另一方面风将雪从板上吹走。一般来讲, 风吹去板上的雪较雪吹上板要严重, 在大风、低温天气条件下, 测雪板上的雪会被吹光。R. E. 哈里斯^[5]等对比测雪板和加拿大大气环境局标准尼费尔雨量计的观测结果, 发现在 567 次降雪观测中, 有 459 次 (占 81%) 测雪板的观测有效。其余 108 次观测, 测雪板受风吹雪影响, 失去意义。459 次有效观测对比, 测雪板观测的雪水当量相当于雨量计观测值的 98.1%。

概括来讲, 雪尺和测雪板使用方便, 但要获得有代表性的雪深资料, 测点要多。另

外,测雪板易受风吹雪的影响,要尽量放置在背风的场所。

三、雪枕观测降雪

雪枕(Snow pillow)和气枕相似,由橡胶或不锈钢制成,内部充有防冻液(乙二醇的水溶液),和外部压力表连接,当雪枕上覆雪层变化时,雪枕所受压力变化,压力表读数记录雪层的积消过程(包括降雪量、降雪强度、雪深及雪层的消融)。雪枕有八边形、圆形和长方形,它的形状不影响观测精度。雪枕的面积和观测精度成正比例,面积大的雪枕能够在深厚积雪条件下敏感的反应雪层变化。大雪枕运输困难,所以国外常用 $1.22\text{m} \times 1.52\text{m}$ 的中型长方形雪枕。

雪枕为人们所接受,主要是因为它的造价不高,使用方便,易于操作,自动记录雪尺深度,反应降雪过程,观测精度高(直径为 3.66m 的圆形雪枕,可记录每小时 0.76mm 的雪层变化),观测值代表性好,取得“面”上的观测资料。另外,雪枕不象雨量计那样受风的严重干扰,R.K.林斯雷^[6]认为,这是最重要的优点。但是,雪枕的使用也有一些限制和不足。首先在坡地、沟谷和不平坦的观测场不能使用雪枕。不同尺寸的雪枕对雪层变化的反应速度不同,小雪枕的反应速度较慢。其次,降雨或积雪消融会在雪层中形成冰层,该冰层对以后降落在雪枕上的新雪有支撑作用,从而使观测降雪小于实际降雪量;雪枕面和其上覆雪层之间的缝隙也会导致冰层(冰桥)的产生,而雪体之间的相互支撑,同样使压力表反应的雪压偏低。此外,随着气温的变化,雪枕中防冻液膨胀或收缩,使压力表随之波动,影响雪枕的观测精度。

四、降雪观测中存在的问题

综上所述,笔者认为降雪观测中存在几个问题是:

1. 受风的影响,观测场难以选择。雨量计观测降雪受风的干扰,雪尺、测雪板和雪

枕也不同程度地受风的影响,导致偏离实际降雪的观测值。因此,降雪观测中如何选择合适的场地,尽量减小风对仪器的影响,或在选定的观测场如何有效地防风,是一个值得注意的问题。

2. 观测资料精度低、代表性差。雨量计观测降雪除受风的影响外,还有湿润损失和蒸发损失,用雪尺在地面量测雪深,推求雪水当量,需要较精确的新雪密度观测(常规观测中没有这个项目),而雪枕的使用有冰桥和压力表波动等不足。另外,由于风吹雪引起降雪重新分布以及各观测场地形、海拔高度和开阔程度的差异,使得降雪观测资料的代表性较差。

3. 降雪观测使用的仪器多,同种仪器又有不同的设计和安装方式,相应的观测方法各不相同。这样获取的观测资料,有各自的系统误差,不利于不同地区降雪观测资料的对比分析。

总之,降雪观测比较困难,要准确观测雪深和雪水当量,有许多工作要做。目前,降水观测值(尤其降雪观测值)比实际降水量系统偏低是普遍性问题。它将直接影响水量平衡、水分循环和水资源计算以及水文模型的精度。因此,有必要加强以固态降水观测为重点的降水观测误差分析和订正方法的研究工作。

参 考 文 献

- [1] Belford instrument company, Instruction book for universal recording rain gage, 1978.
- [2] Goodison, B. E., Accuracy of canadian snow gage measurements, Journal of Applied Meteorology, Vol. 17, No. 10, 1978.
- [3] Goodison, B. E., Canadian snow gage experiment recent results, Presented at the western snow conference, Reno, Nevada, April 20—23, 1982.
- [4] Goodison, B. E., Handbook of Snow, Ontario, Canda, 1983.
- [5] Harris, R. E. and Cader, A. C., Rain and snow gage comparison, Can. J. Earth Sci. 11, 1974.
- [6] Linsley, R. K., Hydrology for engineers, New York 1982.