

大气探测学实验

DAQI TANCEXUE SHIYAN

全纪龙 张文煜 编著



兰州大学出版社

大气探测学实验

DAQI TANCEXUE SHIYAN

全纪龙 张文煜 编著



兰州大学出版社

内容简介

本书是为大气科学本科生的大气探测学实验课程编写的教材,为学生的实验提供指导。本书详细介绍了地面气象观测工作的组织、业务观测站的分类及对观测场地和观测仪器的基本要求,包括观测任务、项目、程序、时制、日界和定时,云、能见度、天气现象、温度、湿度、气压、地面风、降水、蒸发、日照时数、地面状态、自动气象观测系统、辐射观测、高空测风的观测方法、观测步骤和注意事项,以及报表编制、记录处理、气象仪器计量检定、缺测和不完整记录的处理统计等。

图书在版编目(CIP)数据

大气探测学实验 / 全纪龙, 张文煜编著. — 兰州 :
兰州大学出版社, 2014. 10
ISBN 978-7-311-04616-3

I. ①大… II. ①全… ②张… III. ①大气探测—实验 IV. ①P41-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第248406号

责任编辑 张爱民

封面设计 张馨月

书 名 大气探测学实验

作 者 全纪龙 张文煜 编著

出版发行 兰州大学出版社 (地址:兰州市天水南路222号 730000)

电 话 0931-8912613(总编办公室) 0931-8617156(营销中心)
0931-8914298(读者服务部)

网 址 <http://www.onbook.com.cn>

电子信箱 press@lzu.edu.cn

印 刷 甘肃北辰印务有限公司

开 本 710 mm×1020 mm 1/16

印 张 9

字 数 162千

版 次 2014年10月第1版

印 次 2014年10月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-311-04616-3

定 价 18.00元

(图书若有破损、缺页、掉页可随时与本社联系)

内容简介

本书是为大气科学本科生的大气探测学实验课程编写的教材,为学生的实验提供指导。本书详细介绍了地面气象观测工作的组织、业务观测站的分类及对观测场地和观测仪器的基本要求,包括观测任务、项目、程序、时制、日界和对时,云、能见度、天气现象、温度、湿度、气压、地面风、降水、蒸发、日照时数、地面状态、自动气象观测系统、辐射观测、高空测风的观测方法、观测步骤和注意事项,以及报表编制、记录处理、气象仪器计量检定、缺测和不完整记录的处理统计等。

前 言

大气探测学是大气科学的一个重要分支学科,是进行大气科学研究的基础。随着现代科学技术的发展,大气探测的范围越来越大,探测的手段也越来越先进,雷达探测和卫星探测已深入到大气科学的方方面面,计算机在大气探测诸领域得到了广泛的使用。这一切都极大地丰富了大气探测学的教学内容。

“大气探测学实验”是“大气探测”课程的必要补充,能对学生熟悉大气探测手段、掌握大气科学研究资料的获取方法和分析方法,以及了解大气科学的发展提供必要的感性认识,可以加强理论与实践的结合,加深学生对大气科学理论的进一步理解,并发现一些目前大气科学还不能解决的问题,为学生毕业后走上岗位,胜任本职工作打下基础,同时为今后的科研找出方向。

实验课以认知为首要目的,结合理论课程的需要、学时和实验室条件安排实验内容。实验的目的是使学生能够熟悉和初步掌握大气科学研究获取资料的常用观测仪器的性能、局限性、使用方法,资料的初步处理,分析和综合的技术及能力。

在实验课程结束后,应根据每一个实验的具体要求写一个总的实验报告,内容包括:观测的原始数据、初步分析、总结、实验认知的感性认识及实验方案的设计和建议。

我们根据“大气探测”教学大纲的基本要求,结合多年的教学积累和大气探测实验实习课程的教学需要,以现行各个观测规范为基础,为大气科学本科生的大气探测实验实习课程编写了这本《大气探测学实验》教材。

本教材共安排了十二个实验。内容包括地面气象观测工作的组织,业务观测站的分类以及对观测场和观测仪器的基本要求,观测任务、项目、程序、时制、日界和对时;云、能见度、天气现象、空气温度、空气湿度、气压、地面风、降水、蒸

大学探测学实验

发、日照时数、地面状态、自动气象观测系统、辐射和高空测风的观测方法、观测步骤和注意事项；熟悉报表的编制、记录处理、气象仪器计量检定、缺测和不完整记录的处理统计。

本教材由仝纪龙和张文煜一起讨论审定编写。限于编者的知识和经验，书中难免有不少缺点和错误，请读者批评指正。

在本书编写过程中，孔令彬、田梦、苏仲岳、赵慧、党张利、赵艳茹、赵志远、张京朋、曲宗希、郭燕玲等同志做了许多工作，编者谨向他们表示衷心的感谢。

编者

2014年10月于兰州大学

目 录

实验一	地面气象观测	1
实验二	云、能见度、天气现象的观测	12
实验三	温度和湿度的观测	25
实验四	气压的观测	47
实验五	地面风的观测	52
实验六	降水、蒸发、日照和地面状态的观测	62
实验七	自动气象观测系统的使用	69
实验八	辐射的观测	76
实验九	报表编制和记录处理	85
实验十	高空测风	95
实验十一	气象仪器的计量检定	100
实验十二	缺测和不完整记录的处理统计	112
附录一	118
附录二	130

实验一 地面气象观测

一、实验目的和要求

了解地面气象观测工作的组织,熟悉观测站的分类以及对观测场和观测仪器的基本要求,熟悉掌握观测任务、项目、程序、时制、日界和对时。

二、实验内容

气象观测是气象业务工作的基础。地面气象观测是气象观测的重要组成部分,它是对地球表面一定范围内的气象状况及其变化过程进行系统地、连续地观察和测定,为天气预报、气象情报、气候分析、科学研究和气象服务提供重要的依据。

地面气象观测是每个气象站的基本工作任务之一,必须严肃、认真、负责地做好。

由于近地面层的气象要素存在着空间分布的不均匀性和时间变化上的脉动性,因此地面气象观测获取的资料必须具有代表性、准确性、比较性。

地面气象观测人员必须认真贯彻执行《地面气象观测规范》,与此同时,也要熟练掌握地面气象观测仪器和业务软件、操作手册中的有关内容,确保正确顺利地完地面气象观测任务。

地面气象观测仪器和业务软件、操作手册是对《地面气象观测规范》的必要补充,编制时是以《地面气象观测规范》为依据的,其内容是和《地面气象观测规范》相一致的。

地面气象观测台站按承担的观测业务属性和作用分为国家基准气候站、国家基本气象站、国家一般气象站三类,此外还有无人值守气象站。承担气象辐射观测任务的站,按观测项目的多少分为一级站、二级站和三级站。

地面气象观测分为人工观测和自动观测两种方式,其中人工观测又包括人

工目测和人工器测。

1.1 观测任务

地面气象观测工作的基本任务是观测、记录处理和编发气象报告。

(1)按规定的时次为积累气候资料进行定时气象观测。我国现行《地面气象观测规范》(2003年版)要求:自动观测项目每天进行24次定时观测;人工观测项目,昼夜守班站每天进行02、08、14、20时四次定时观测,白天守班站每天进行08、14、20时三次定时观测;基准站使用自动气象站后仍然保留二十四次人工定时观测。按国家对综合气象业务改革发展的新要求,自北京时2013年12月31日20时起,基准站、基本站人工定时观测时次调整为每日5次(08、11、14、17、20时);天气现象白天(08~20时)保持连续观测,夜间(20~08时)按照一般站规定执行。

(2)按规定的时次为制作天气预报提供气象实况资料进行天气观测,并按规定的种类和电码及数据格式编发各种地面气象报告。

(3)进行国务院气象主管机构根据业务发展需要新增加项目的观测。

(4)按省、地、县级气象主管机构的规定,进行自定项目和开展气象服务所需项目的观测。

(5)经省级气象主管机构指定的气象站,按规定的时次、种类和电码,观测、编发定时加密天气观测报告、不定时加密雨量观测报告和其他气象报告。

(6)按统一的格式和规定统计整理观测记录,进行记录质量检查,按时形成并传送观测数据文件和各种报表数据文件,并可按要求打印出各类报表。

(7)按有关协议观测、编发定时航空天气观测报告和不定时危险天气观测报告。

(8)对出现的灾害性天气及时进行调查记载。

1.2 观测项目

1.2.1 按国务院气象主管机构规定的方法和要求开展的观测项目

(1)各台站均须观测的项目:云、能见度、天气现象、气压、空气的温度和湿度、风向和风速,降水、日照、蒸发、地面温度、雪深。

(2)由国务院气象主管机构指定台站观测的项目:浅层和深层地温、冻土、电线积冰、辐射、地面状态。

(3)由省级气象主管机构指定台站观测的项目:雪压,根据服务需要在国家指定台站以外进行国家指定台站观测的项目。各定时观测项目分别见表1.1、表1.2。

表 1.1 定时自动观测项目表

时间	北 京 时		地 平 时	
	每 小 时	20 时	每 小 时	20 时
观测项目	气压、气温、湿度、风向、风速、地温及其极值和出现时间、时降水量、时蒸发量	日蒸发量	辐射时曝辐量 辐射辐照度及其极值、出现时间 时日照时数	辐射日曝辐量 辐射日最大辐照度及出现时间 日日照时数

表 1.2 定时人工观测项目表

时间	北 京 时				真太阳时
	02、08、14、20时	08时	14时	20时	日落后
观测项目	云 能见度 气压 气温 湿度 风向、风速 0~40 cm地温	降水量 冻土 雪深 雪压	80~320 cm 地温 地面状态	降水量 蒸发量 最高、最低气温 最高、最低地面温度	日日照总数
说明： 1.基准站实现自动观测后，云、能见度、气压、气温、湿度、风向、风速仍进行24次定时人工观测； 2.天气现象连续观测。					

原则上观测项目应按照我国现行《地面气象观测规范》(2003年版)要求执行。目前，国家对综合气象业务的改革在逐渐深化，地面气象观测业务近年来不断的调整和优化，在《中国气象局综合观测司关于做好全国地面气象观测业务调整工作的通知》(气测函〔2013〕321号)中已明确自北京时2013年12月31日20时起开展地面气象观测业务调整工作，具体要求如下：

(1) 人工观测时次调整

基准站、基本站人工定时观测时次调整为每日5次(08、11、14、17、20时)。天气现象白天(08~20时)保持连续观测，夜间(20~08时)按照一般站规定执行。

(2) 观测项目调整

① 云

一般站取消云量、云高、云状观测。

基准站、基本站保留云量、云高观测，取消云状观测。云高记录前不再加记

云状。

云高自动观测已正式业务运行的观测站,取消云高人工观测。

②能见度

能见度自动观测已正式业务运行的观测站,取消能见度人工观测,其他站保留人工观测。

③天气现象

保留雨、阵雨、毛毛雨、雪、阵雪、雨夹雪、阵性雨夹雪、冰雹、露、霜、雾凇、雨凇、雾、轻雾、霾、沙尘暴、扬沙、浮尘、大风、积雪、结冰等21种天气现象的观测与记录。取消雷暴、闪电、飏、龙卷、烟幕、尘卷风、极光、霰、米雪、冰粒、吹雪、雪暴、冰针等13种天气现象(同时取消相应的现在天气现象电码04、08、13、17、18、19、29、38、39、76、77、79、87、88、91~99和过去天气现象电码9)。

出现雪暴、霰、米雪时,记为雪。这4种天气现象与雨同时出现时,记为雨夹雪。

(3)观测方式调整

能见度自动观测已正式业务运行,并且视程障碍类天气现象由软件自动判别的观测站,取消该类天气现象人工观测,原则上以业务软件自动判别记录为准。当自动判别出现明显错误时,仅对定时时次的现在和过去天气现象记录进行人工订正,能见度记录仍以自动观测为准,允许自动能见度记录与该类天气现象不匹配。

能见度自动观测已正式业务运行,但视程障碍类天气现象仍由人工观测的观测站,原则上以能见度自动观测记录为判断依据,当能见度自动观测出现明显偏差时,以人工观测能见度为判断依据,能见度记录仍以自动观测为准,允许自动能见度记录与该类天气现象不匹配。

其他观测站仍保留人工观测方式。

降水类天气现象自动观测已正式业务运行的观测站,取消该类天气现象人工观测,以自动观测记录为准。

其他观测站仍保留人工观测方式。

(4)降水

非结冰期,所有降水记录原则上以翻斗雨量传感器为准,称重降水传感器或备份站翻斗雨量传感器作为备份,取消人工观测。无自动观测设备备份的观测站,保留人工观测作为备份。

结冰期,所有降水记录以称重降水传感器为准,人工观测为备份;无称重降水传感器的观测站,以人工观测记录为准。

取消为了记入A文件、月报表、气候月报、气象旬月报而开展的08时、20时定时降水量的人工观测,相应记录以实时业务数据为准。

(5) 蒸发

一般站取消蒸发观测。

基准站、基本站保留蒸发观测。蒸发自动观测已正式业务运行的观测站,取消非结冰期的大型蒸发人工观测。结冰期按照原业务规定执行。

(6) 雪深和雪压

雪深自动观测已正式业务运行的观测站,取消雪深人工观测。

承担雪压观测的观测站,根据雪深自动观测记录,按照原业务规定进行雪压人工观测。

(7) 应急加密观测

各省(区、市)气象局按照《地面气象应急加密观测管理办法》,根据实际情况和需求,对于保留和取消的观测项目,及时启动应急加密观测。

1.2.2 按省、地、县级气象主管机构自行规定的方法和要求开展的观测项目

由省、地、县级气象主管机构根据需要自定。

1.3 观测程序

1.3.1 自动观测方式观测程序

(1)每日日出后和日落前巡视观测场和仪器设备,具体时间各站自定,但站内必须统一。

(2)正点前约 10 min 查看显示的自动观测实时数据是否正常。

(3)00分,进行正点数据采样。

(4)00~01分,完成自动观测项目的观测,并显示正点定时观测数据,发现有缺测或异常时及时按规定处理。

(5)01~03分,向微机内录入人工观测数据。

(6)按照各类气象报告的时效要求完成各种定时天气报告和观测数据文件的发送。

1.3.2 人工观测方式观测程序

(1)一般应在正点前 30 min 左右巡视观测场和仪器设备,尤其注意湿球温度表球部的湿润状况和冬季湿球溶冰等准备工作。

(2)45~60分观测云、能见度、空气温度和湿度、降水、风向和风速、气压、地温、雪深等发报项目,连续观测天气现象。

(3)雪压、冻土、蒸发、地面状态等项目的观测可在 40分至正点后 10 min 内进行。

(4)日照在日落后换纸,换其他自记纸的时间由省级气象主管机构自定。

(5)电线积冰观测时间不固定,以能测得一次过程的最大值为原则。

(6)观测程序的具体安排,台站可根据观测项目的多少和观测时的天气状况确定,但气压观测时间应尽量接近正点,全站的观测程序必须统一,并且尽量少变动。

1.4 时制、日界和对时

1.4.1 时制

人工器测日照采用真太阳时,辐射和自动观测日照采用地方平均太阳时,其余观测项目均采用北京时。

1.4.2 日界

人工器测日照以日落为日界,辐射和自动观测日照以地方平均太阳时24时为日界,其余观测项目均以北京时20时为日界。

1.4.3 对时

(1)台站观测时钟采用北京时。

(2)使用自动气象站的台站以自动气象站采集器的内部时钟为观测时钟;采集器与计算机每小时自动对时一次,保持两者时钟同步;值班员每天19时正点检查屏幕显示的采集器时钟,当与电台报时的北京时相差大于30秒时,在正点后按自动气象站操作手册规定的操作方法调整采集器的内部时钟,保证误差在30秒之内。

(3)未使用自动气象站的台站,观测用钟表要每日19时对时,保证误差在30秒之内。

1.5 地面气象观测场

1.5.1 环境条件要求

气象站站址的选择必须符合观测技术上的要求,同时也应考虑服务和生活的方便。

(1)观测场是取得地面气象资料的主要场所,地点应设在能较好地反映本地较大范围的气象要素特点的地方,避免局部地形的影响。观测场四周必须空旷平坦,避免建在陡坡、洼地或邻近有丛林、铁路、公路、工矿、烟囱、高大建筑物的地方。避开地方性雾、烟等大气污染严重的地方。

观测场四周障碍物的影子应不会投射到日照和辐射观测仪器的受光面上,附近没有反射阳光强的物体。

(2)在城市或工矿区,观测场应选择在城市或工矿区最多风向的上风方。

(3)观测场的周围环境应符合《中华人民共和国气象法》和国务院颁布的有关气象观测环境保护法规、规定的要求。

(4)气象站的观测环境必须依法进行保护。

(5)气象站周围观测环境发生变化后要详细记录。新建、迁移观测场或观测场四周的障碍物发生明显变化时,应以观测场中心为准测定四周各障碍物的方位角和高度角,绘制地平圈障碍物遮蔽图。

(6)无人值守气象站和机动气象观测站的环境条件可根据设站的目的自行掌握。

1.5.2 观测场

(1)观测场一般为与周围大部分地区的自然地理条件相同的25米×25米的平整场地;确因条件限制,也可取16米(东西向)×20米(南北向),高山站、海岛站、无人站不受此限;需要安装辐射仪器的台站,可将观测场南边缘向南扩展10米。

(2)要测定观测场的经纬度(精确到分)和拔海高度(精确到0.1米),其数据刻在石柱上,埋设在观测场内的适当位置。

(3)观测场四周一般设置约1.2米高的稀疏围栏,围栏所用材料不宜反光太强。观测场围栏的门一般开在北面。场地应平整,保持有均匀草层(不长草的地区例外),草高不能超过20厘米。对草层的养护,不能对观测记录造成影响。场内不准种植作物。

(4)为保持观测场地自然状态,场内铺设0.3~0.5米宽的小路(不用沥青铺面),只准在小路上行走。有积雪时,除小路上的积雪可以清除外,应保护场地积雪的自然状态。

(5)根据场内仪器布设位置和线缆铺设需要,在小路下修建电缆沟或埋设电缆管,用以铺设仪器设备线缆和电源电缆。电缆沟(管)应做到防水、防鼠,并便于铺设和维护。

(6)观测场的防雷设施必须符合气象行业规定的防雷技术标准的要求。

1.5.3 观测场内仪器设施的布置

观测场内仪器设施的布置要注意互不影响,便于观测操作。具体要求:

(1)高的仪器设施安置在北边,低的仪器设施安置在南边。

(2)各仪器设施东西排列成行,南北布设成列,相互间东西间隔不小于4米,南北间隔不小于3米,仪器距观测场边缘护栏不小于3米。

(3)仪器设备紧靠东西向小路南侧安设,观测员应从北面接近观测仪器。

(4)辐射观测仪器一般安装在观测场南边,观测仪器感应面不能受任何障碍物影响。

(5)因条件限制不能安装在观测场内时,总辐射、直接辐射、散射辐射、以及日照观测仪器可安装在天空条件符合要求的屋顶平台上,反射辐射和净全辐射观测仪器安装在符合条件的有代表性下垫面的地方。

(6)观测场内仪器设施的布置可参考图1.1。

- (1) 风向风速传感器
- (2) 风向风速计传感器
- (3) 温湿球传感器
- (4) 干湿球温度表, 最高最低温度表
- (5) 温度计、湿度计
- (6) 虹吸式雨量计
- (7) 翻斗式雨量传感器
- (8) 雨量筒
- (9) E601B蒸发筒, 蒸发传感器
- (10) 小型蒸发器
- (11) 日照计
- (12) 地面温度表, 浅层地温表及传感器
- (13) 深层地温表及传感器
- (14) 辐照表
- (15) 草温传感器
- (16) 冻土器
- (17) 自动站采集器及气压传感器

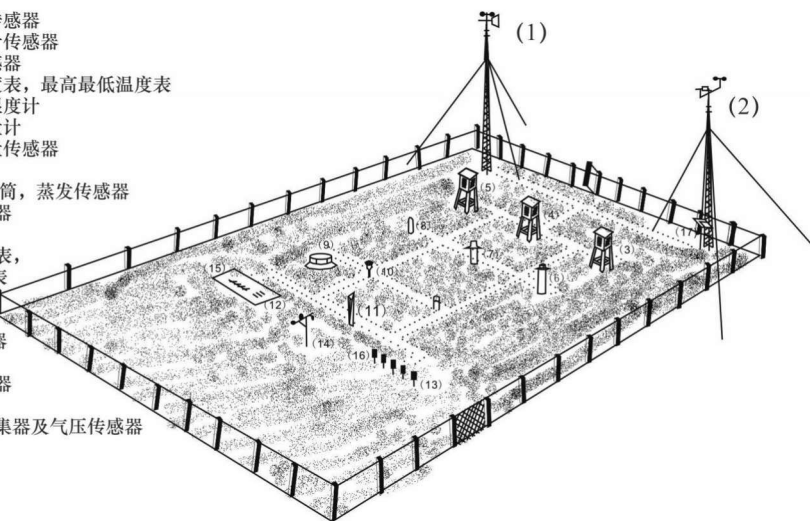


图 1.1 观测场仪器布置示意图

(7) 仪器设备安装和维护、检查按表 1.3 的要求进行。

(8) 北回归线以南的地面气象观测站观测场内设施的布置要考虑太阳位置的变化进行灵活掌握, 使观测员的观测活动尽量减少对观测记录的代表性和准确性的影响。

1.5.4 站址迁移及对比观测要求

(1) 基准站、基本站和辐射站站址的迁移必须报国务院气象主管机构审批; 一般站站址的迁移必须报省级气象主管机构审批, 并报国务院气象主管机构备案。

(2) 为取得全年完整的观测资料, 在旧站址的观测记录应持续到 12 月 31 日, 新站址的正式观测记录应从 1 月 1 日开始。

(3) 为了解站址迁移前后观测资料序列的差异, 提供正确使用迁站前后观测资料的依据, 凡新旧两地水平距离超过 2000 米、或海拔高度差在 100 米以上、或地形环境有明显差异者, 迁站时须在新旧站址同时进行对比观测。对比观测可在迁站前进行, 也可在迁站后进行。

(4) 对比观测项目为气温(包括最高、最低)、湿度、风向、风速、深层地温(无深层地温观测任务的站不需进行)。

对比观测的时间, 基准站为 1 年 12 个月; 其他气象站为 1、4、7 三个月, 也可安排为 7、10、1 三个月。每天进行对比观测的时次为 02、08、14、20 时(80 cm、160 cm、320 cm 等层的地温仅在 14 时) 四个时次, 夜间不守班的地面观测站 02 时可用自记记录代替。

(5) 对比观测资料应统计整理成月报表, 并存档上报。

表 1.3 仪器安装要求表

仪器	要求与允许误差范围	基准部位
干湿球温度表	高度 1.5 m ± 5 cm	感应部分中心
最高温度表	高度 1.53 m ± 5 cm	感应部分中心
最低温度表	高度 1.52 m ± 5 cm	
温度计	高度 1.5 m ± 5 cm	
湿度计	在温度计上层横隔板上	
毛发湿度表	上部固定在温度表支架上横梁上	
温湿度传感器	高度 1.5 m ± 5 cm	
雨量器	高度 70 cm ± 3 cm	
虹吸雨量计	仪器自身高度	
翻斗式遥测雨量计	仪器自身高度	
雨量传感器	高度不得低于 70 cm	口缘
小型蒸发器	高度 70 cm ± 3 cm	口缘
E-601B 型蒸发器(传感器)	高度 30 cm ± 1 cm	感应部分中心
地面温度表(传感器)	感应部分和表身埋入土中一半	感应部分中心
草面温度传感器	草内离地面 6 cm ± 1 cm	感应部分中心
地面最高、最低温度表	感应部分和表身埋入土中一半	感应部分中心
曲管地温表 (浅层地温传感器)	深度 5、10、15、20 cm 倾斜角 45° ± 1 cm $\pm 5^\circ$	感应部分中心
直管地温表 (深层地温传感器)	深度 40、80 cm 深度 160 cm 深度 320 cm ± 3 cm ± 5 cm ± 10 cm	感应部分中心 表身与地面
冻土器	深度 50~350 cm ± 3 cm	内管零线
日照计(传感器)	高度以便于操作为准 纬度以本站纬度为准 方位正北 $\pm 0.5^\circ$ $\pm 5^\circ$	底座南北线
辐射表(传感器)	高度 1.5 m 直射、散射辐射表(传感器): 方位正北 直射辐射表(传感器): 纬度以本站纬度为准 $\pm 0.25^\circ$ $\pm 0.1^\circ$	支架安装面底座南北线

续表 1.3

仪器	要求与允许误差范围	基准部位
风速器(传感器)	安装在观测场高10~2 m	风杯中心
风向器(传感器)	安装在观测场高10~12 m 方位正南(北) ±5°	风标中心、方位指南 (北)杆
电线积冰架	上导线高度220 cm ±5 cm	导线水平面
定槽水银气压表	高度以便于操作为准	水银槽盒中线
动槽水银气压表	高度以便于操作为准	象牙针尖
气压计(传感器)	高度以便于操作为准	盒体垂直中线
采集器箱	高度以便于操作为准	

1.6 地面气象观测仪器

1.6.1 地面气象观测仪器的基本技术性能

地面气象观测站使用的自动气象站基本技术性能应符合表 1.4 的要求。

表 1.4 我国自动气象站技术性能要求表

测量要素	测量范围	分辨力	准确度	平均时间	自动采样速率
气温	-50~+50℃	0.1℃	0.2℃	1 min	6次/min
相对湿度	0~100%	1%	4%(≤80%) 8%(>80%)	1 min	6次/min
气压	500~1100 hPa (任意200 hPa)	0.1 hPa	0.3 hPa	1 min	6次/min
风向	0°~360°	3°	5°	3 s 2 min 10 min	1次/min
风速	0~60 m/s	0.1 m/s	0.5+0.03 Vm/s 0.3+0.03 Vm/s (基准站)		
降水量	雨强0~4 mm/min	0.1 mm	0.4 mm(≤10 mm) 4%(>10 mm)	1 min 累计	1次/min
日照	0~24 h	60 s	0.1 h	累计	
蒸发	0~100 mm	0.1 mm	1.5%	累计	
地温	-50℃~+80℃	0.1℃	0.5℃ 0.3℃(基准站)	1 min	6次/min
总辐射	0~1400 W/m ²	1 W/m ²	5%	1 min	6次/min
净辐射	-200~1400 W/m ²	1 W/m ²	15%~20%	1 min	6次/min