

吉林大学本科教材出版资助项目

“十三五”普通高等教育实验实训规划教材

水文与水文地质 教学实习指导

方樟 肖长来 王福刚 杜新强 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

吉林大学本科教材出版资助项目

“十三五”普通高等教育实验实训规划教材

水文与水文地质 教学实习指导

方樟 肖长来 王福刚 杜新强 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本教学实习指导是在总结多年实习教学成果基础上编写而成的。第1章和第2章讲述了气象、水文及水均衡要素观测要求、野外调查的基本要求和水文地质测绘的基本操作技术；第3章和第4章提出了抽水试验的基本要求与求参方法、地下水动态观测与资料分析以及有关专题报告编写要求；第5章~第8章为基本技能训练，包括各种专业图纸的绘制、资料整理和报告编写要求；第9章分别介绍了吉林大学兴城实习基地、秦皇岛实习基地和吉林大学朝阳校区抽水试验基地的概况。

本书主要供水文与水资源工程专业、地下水科学与工程专业的师生实习使用，也可供其他有关专业的实习作为参考。

图书在版编目(CIP)数据

水文与水文地质教学实习指导 / 方樟等编著. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2019.10
“十三五”普通高等教育实验实训规划教材
ISBN 978-7-5170-8094-7

I. ①水... II. ①方... III. ①水文学—高等学校—教材②水文地质学—高等学校—教材 IV. ①P33②P641

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第231321号

书 名	“十三五”普通高等教育实验实训规划教材 水文与水文地质教学实习指导
作 者	SHUIWEN YU SHUIWENDIZHI JIAOXUE SHIXI ZHIDAO 方樟 肖长来 王福刚 杜新强 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	清淤永业(天津)印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 7.75印张 193千字
版 次	2019年10月第1版 2019年10月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	25.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

实践教学是本科教学体系的重要组成部分，也是培养综合性高素质人才的重要途径。实践教学不仅仅是使学生获得感性认识和掌握基本方法、基本技术的必要教学环节，其更深刻的内涵是通过实践教学，培养学生学会科学思考。掌握正确的分析方法，锻炼创造性解决实际问题的能力。这就要求实践教学在进行基本知识、基本工作方法和基本技能训练的同时，要树立以培养学生能力为中心的教学理念。这是编写本教材的基本指导思想。

水文与水资源工程、地下水科学与工程两个专业，是我国生态文明建设必不可少的两个重要专业，也是我国青山绿水、水资源安全、粮食安全、饮水安全保障的基础和骨干专业。专业教学实习的主要内容包括资料收集与分析、气象观测、水均衡试验场观测、现场调查、抽水试验、样品采集与测试分析；包含了启发性教学阶段、独立性教学阶段、协作性教学阶段及创造性教学阶段的基本技能训练。由于实习地点、实习内容、实习方法、实习要求等方面均发生了较大的变化，原有的实习指导书已经不能满足目前的教学实习和人才培养需要，迫切需要一本具有综合性、实用性的教学实习指导。对此，本专业教师吸收了几代专业教师数十年的教学实习经验，积极收集教学实习素材，参考已有实习指导书和有关资料，历时两年，编写了这本教学实习指导。

这本教学实习指导主要包括三个方面的内容：

(1) 以进行基本工作方法及基本技能训练为主线的教学内容，包括基本资料的收集与分析、气象观测、水均衡试验场观测、水点调查（地表水——河、湖、水库，地下水——井、泉）、水位及流量观测、抽水试验设计与实施、综合调查点观测与定位方法等，以地下水及与地下水有关的研究为核心内容。

(2) 以培养、引导学生进行创造性思维为特色的教学内容，通过 30 多年的实践教学，在河北省秦皇岛、辽宁省兴城教学实习基地设计了 14 条典型实践教学路线，制定了相应的教学内容；同时设计了引导、观察、提问、讨论、总结的教学步骤，要求学生认真观察、独立思考、多角度分析，大胆推理，培

养学生进行创造性思维的能力。

(3) 以发挥学生进行创造性思维为重点的教学内容。为完成这个阶段的教学,设计了学生独立进行范围为 60km^2 的水文与水文地质调查、试验、外业、内业整理和总结、编图、编制报告的教学内容,在教学中强调学生的主体地位,充分调动学生学习的自主性,培养学生的创新意识和创新能力。

本教学实习指导主要供水文与水资源工程专业和地下水科学与工程专业的师生实习使用,也可供其他有关专业的实习作为参考。

本教学实习指导由方樟、肖长来、王福刚、杜新强编著,由方樟统稿,肖长来定稿。本指导书以肖长来、曹剑锋、卞建民等人编写的《柳江盆地水文地质实习指导书》(1996年,未出版)和肖长来主编的《水文与水资源工程教学实习指导》(2004年,吉林大学出版社)为基础,充分吸收王福刚等人编写的《环境水文地质调查实习指导书》(2017年,地质出版社)及我校多年来的实践教学经验和研究成果,并参考了有关科研成果和文献。其中第1章至第4章主要参考肖长来主编的《水文与水资源工程教学实习指导》(2004年)。第5章、第6章、第8章、第9章在对原有内容进行修订的基础上,增加了兴城实习基地的典型路线、环境水文地质问题调查的内容、报告编写相关内容、兴城实习基地和吉林大学朝阳校区抽水试验场地情况的介绍;启发性教学阶段的兴城实习路线确定和编写由地下水科学与工程系的部分老师参与完成;第7章协作性教学阶段的基本技能训练为本次新增章节,由马喆撰写完成。

本教学实习指导编写过程中,得到学校教务处、新能源与环境学院、吉林大学兴城实习基地、秦皇岛柳江盆地地质实习基地的有关领导和专家的大力支持,特别是得到学校教务处原副处长高淑贞研究员的悉心关怀,在此深表谢意。同时也感谢为本书中教学路线考察和编写作出贡献的所有教师。因时间水平所限,书中不当之处在所难免,请广大读者及时提出宝贵意见,以使本书能得到进一步提高、完善。

编者

2019年5月

目录

前言

第 1 章 气象及水均衡要素观测要求	1
1.1 气象观测	1
1.2 水文观测	7
1.3 遥感图像解译	9
第 2 章 水文与水文地质测绘的基本操作技术	11
2.1 观测点及观测路线要求	11
2.2 流量的测量	11
2.3 地下水位的观测	12
2.4 水样采取	12
2.5 民井简易抽水	13
2.6 钻孔抽水试验	13
2.7 渗水试验	14
2.8 泉的观测记录	14
2.9 水井的观测记录	14
2.10 地表水（河流）调查	15
2.11 水文调查	15
2.12 环境水文地质调查	16
第 3 章 抽水试验	17
3.1 基本要求	17
3.2 抽水试验孔布置要求	19
3.3 稳定流抽水试验要求	19
3.4 非稳定流抽水试验要求	20
3.5 抽水试验资料整理及参数确定方法	21
第 4 章 地下水动态观测与资料分析	26
4.1 地下水动态观测工作基本要求	26
4.2 观测点线的布置要求	26

4.3	地下水动态观测项目	27
4.4	地下水动态观测资料整编与分析	27
第5章	启发性教学阶段的基本技能训练	31
5.1	潮水峪凤山组泥质砾屑灰岩裂隙水赋存条件分析	31
5.2	东部寒武系府君山组灰岩岩溶裂隙水形成条件分析	32
5.3	亮甲山奥陶系下统灰岩岩溶裂隙水形成条件与富集规律	32
5.4	黑山嘴断裂构造低温热水泉的成因分析	33
5.5	石河河谷地表水、地下水形成与分布的调查分析	34
5.6	兴城河河谷地表水、地下水形成与分布的调查分析	35
5.7	老谷庙基岩风化裂隙水成因分析	35
5.8	水东沟寒武系昌平组灰岩岩溶水赋存条件分析	36
5.9	地热温泉成因调查分析	37
5.10	曹庄地区海水入侵成因及分布规律调查分析	38
5.11	兴城河河谷孔隙潜水分布规律与形成特征分析	39
5.12	兴城河流量测验	40
5.13	老边村与长茂村洪水调查	41
5.14	三合水库水源地地表水污染源调查	42
第6章	独立性教学阶段的基本技能训练	43
6.1	孔隙水区的水文地质测绘	43
6.2	岩溶区的水文地质测绘	45
6.3	基岩裂隙水区的水文地质测绘	46
6.4	碎屑岩类孔隙裂隙水区的水文地质测绘	47
6.5	环境水文地质测绘的任务	48
第7章	协作性教学阶段的基本技能训练	50
7.1	土样品的预处理	50
7.2	水样的测试分析	51
7.3	土样品的测试分析	52
7.4	岩土水理性质的测试分析	53
7.5	测试数据的分析整理	53
第8章	创造性教学阶段的基本技能训练	54
8.1	实际材料图的编制	54
8.2	综合水文地质图的编制	56
8.3	地下水化学图的编制	62
8.4	地下水等水位线图的编制	63
8.5	环境水文地质图的编制	63
8.6	资料整理及报告编写	67

第 9 章 实习基地概况	71
9.1 兴城实习基地概况	71
9.2 秦皇岛实习基地概况	78
9.3 吉林大学朝阳校区抽水试验场地概况	96
附表	99
参考文献	115

第 1 章 气象及水均衡要素观测要求

气象观测：要求了解各种气象要素的主要观测仪器、相应的观测方法和常用的记录格式，掌握各种气象要素特别是与水资源密切相关的降水、蒸发、气温、湿度等要素的统计分析内容和方法。

水均衡要素观测：通过测定包气带含水率、湿度、水动力参数，确定入渗系数和蒸发系数等，了解各种测试仪器的原理，掌握观测方法，能够利用观测资料进行分析，计算有关水均衡参数。

1.1 气象观测

气象站是进行气象观测的基本机构，也是气象部门对外提供气象信息的基层机构。气象站按不同的标准可分为多种类型。按性质分，有气候站、天气站、农业气象站、航空站、日射站、天气雷达站、海洋气象站、专业（温场、盐场、林场和水库等）气象站、流动气象站（如为跨越长距离的重大活动或体育赛事所设立）等有人气象站，以及无人自动气象站等。按站所的地形特点可以分为高山气象站、海岛气象站、山地气候站等。而按照气象观测资料的处理和交流特征，由气象专门机构主管的气象站又划分成一般气象观测站、基本气象观测站、基准气象观测站、辐射观测站、高空探测站、高空探测交换站、酸雨观测站和天气雷达布点站等。

气象观测一般采用定时观测，即按规定的时次为积累气候资料进行定时气象观测。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。气象站主要观测项目包括降水、蒸发、气温、地温、日照、风速、风向、湿度、气压等。基准站使用自动气象站后仍然保留每日进行气压、气温、湿度、风向、风速等项目 24 次人工定时观测。

1.1.1 气温和地温

热量资源指农业生产可利用的热量，它来源于太阳辐射，通常用温度指标加以表示，包括大气温度（气温）和土壤温度（地温）。

1. 气温

气温即大气的温度。通常指的是离地面 1.5m 左右、处于通风防辐射条件下温度表读取的温度。气温是大气热力状况的数量度量。气温的变化特点通常使用平均温度和极端值——绝对最高温度、绝对最低温度来表示，地理位置、海拔、气块运动、季节、时间以及地面性质都是影响气温分布和变化的因素。

气温观测采用温度表（计），通常放置于百叶箱内。百叶箱壁用双层百叶木片做成，一面向内倾斜，一面向外倾斜，空气可自由流通。百叶片宽 26mm，厚 6mm。百叶箱离地面要有一定的高度标准，一般是 1.5m 左右；箱门朝北，安置在固定的架子上，架底高

出地面 1.25m。箱门前面安置一个小矮梯。在百叶箱里一般放有温度表（最高温度表、最低温度表）及湿度表等。天气预报中每天报告的最高温度或最低温度，就是根据百叶箱中温度表的观测数据而确定的。

平均气温是空气温度的平均值。因要求不同，故有各种计算方法。在地面气象观测中，一般以一日内各次定时气温观测值的平均值作为日平均气温。按候、旬、月和年等的逐日平均气温的平均值，分别作为候、旬、月和年等的平均气温。当有多年观测资料时，亦可计算出任一指定时段内的历年平均气温，如历年一月平均气温，即是各年一月平均气温的平均值。

最高气温是一定时间或一定空间内空气温度的最高值，例如大陆上一日内最高气温一般出现在 14 时前后。最低气温是一定时间或一定空间内空气温度的最低值，例如大陆上一日内最低气温一般出现在拂晓前后。

极端气温是极端最高气温与极端最低气温的统称。极端最高气温是指多次最高气温值中的极大值，极端最低气温是指多次最低气温值中的极小值。就一地而言，有候、旬、月、年和历年的极端最高气温和极端最低气温，均由逐日最高、最低气温值中选出。最热月气温指一年中气温最高的月份的各日平均气温的平均值。最冷月气温指一年中气温最低的月份的各日平均气温的平均值。

气温日变化是二日内气温高低的变化，一般指一日中气温的周期性变化。一日内气温最高值与最低值的差称为气温日较差，它反映了一日内气温变化的幅度。气温年变化是一年内气温高低的变化，一般指一年中气温的周期性变化。一年内最热月气温与最冷月气温的差值称为气温年较差，它反映了一年内气温变化的幅度。

温度变幅是气温变化的幅度，有日变幅和年变幅之分。日变幅是指一日内最高气温与最低气温之差，年变幅是指一年内最高气温与最低气温之差。

2. 地温

地温是指地面温度和地中温度。地面温度用地面温度表测定，其感应部分水银管的上半部分暴露在空气中，而下半部分则埋入土壤中；这样测出的温度已不是气温，而是大气与地表结合部的温度状况。地中温度指地表面以下一定深度处的土壤温度，用曲管地温表、直管地温表或插入式地温表测定。气象站一般观测地面以及地面以下 5cm、10cm、15cm、20cm、40cm、80cm、160cm 和 320cm 深度的地温，以及地面每天的最高、最低温度。从地面到 20cm 深度每天观测 4 次，40cm 及以下每天观测 1 次，因为地下深处地温的日变化很小。

1.1.2 降水

降水主要指从云中下降的液态或固态水，如雨、雪、冰雹等。降水量观测项目一般包括测记降雨、降雪、降雹的水量；单纯的雾、露、霜可不测记。必要时部分站还应测记雪深、冰雹直径、降水强度、初霜和终霜日期等特殊观测项目。水量的观测时间以北京时间为准，记起止时间者，观测时间记至分；不记起止时间者，记至小时。每日降水以北京时间 8 时为日分界，即从前日 8 时至当日 8 时的降水为昨日降水量。降水量为一定时段内，降落在平地上（假定无渗漏、蒸发、流失等）的降水所积成的水层厚度（如为固态降水则须折合成液态水计算），以 mm 表示。

气象站主要采用雨量器来测定降水量。雨量器由承雨器、储水筒、储水器 and 器盖等组成，并配有专用量雨杯。雨量器是一个直径 20cm 的金属圆筒。筒高 58cm，分为上下两节，

下节高 35cm，里面装有一个储水瓶。把储水瓶中的水倒进特制的量杯，就可以知道当日的降雨量（水深）。应用能自记雨量的自记雨量器，可以测量各个时段降水的强度。雨量器和自记雨量计的承雨器口内径采用 200mm，允许误差为 0~0.6mm。雨量器的安装高度为 0.70m，自记雨量器的安装高度为 0.70m 或 1.20m；杆式雨量器的安装高度不超过 3.0m。

雨量等级划分标准见表 1.1。

表 1.1 雨量等级

等级	12h 降水总量/mm	24h 降水总量/mm
小雨、阵雨	<5.0	0.1~9.9
中雨	5.0~14.9	10.0~24.9
大雨	15.0~29.9	25.0~49.9
暴雨	30.0~69.9	50.0~99.9
大暴雨	70.0~139.9	100.0~249.9
特大暴雨	>140.0	>250.0

降水的季节分配指月降水量（或季降水量）占年降水总量的比例。降水的年际变化指年与年之间降水量的变化。一般年降水量多的地区，降水的年际变化小；而年降水量少的地区，降水的年际变化大。

降水变率是一定时段内（一般取月、季或年）历年降水量的变化程度。常用绝对变率和相对变率表示。绝对变率是指一定时段内逐年降水量距绝对值的平均数；相对变率是指绝对变率与该时段的历年平均降水量的比值。降水变率大，表示降水量的年际变化大，容易发生旱涝灾害。

降水保证率是降水量在一定数值以上所可能发生的频率，即累积频率，称为降水保证率。降水保证率的大小决定了农业水分保证程度的高低。

降水日数指一定时期内降水的总日数。我国气象观测中规定：以日降水量大于等于 0.1mm 的日数作为降水日数。气象气候中一般按旬、月或年进行统计。在农业气候资源计算中，常需要统计作物生长期中的降水日数。

降水量观测记录可采用表 1.2 规定的格式。

表 1.2 降水量观测记录表

月份		（采用 段次）					第 页			
日	观测时间 时 分	实测降水量 /mm	日降水量 /mm	备注	日	观测时间 时 分	实测降水量 /mm	日降水量 /mm	备注	

1.1.3 蒸发

蒸发是温度低于沸点时，水分子从液态或固态水的自由面逸出而变成气态的过程或现象。发生于河流、湖泊、水库等自由水面的蒸发称为水面蒸发，发生于陆地表面的蒸发称为陆地蒸发。

蒸发量是一定时段内从一定的表面积的水面或冰雪面上可能逸出的水汽量。通常所指的蒸发量实际上是指水汽分子从蒸发而逸出的通量与水汽分子返回蒸发面的通量之差，即蒸发而净逸出的水汽通量。气象上通常用所蒸发的水层厚度（mm）来表示蒸发量的大小。

水面或土壤的水分蒸发量，分别用不同的蒸发器测定。一般温度越高，湿度越小，风速越大，气压越低，则蒸发量就越大；反之蒸发量就越小。土壤蒸发量和水面蒸发量的测定，在农业生产和水文工作上非常重要。雨量稀少、地下水源及流入径流量不多的地区，如蒸发量很大，极易发生干旱。

测定蒸发量的仪器称为蒸发皿。它的规格大都和雨量筒一样，也是 20cm 直径的圆形器皿，皿口上沿也高出地面 70cm；蒸发皿深 10cm。正是因为它的厚度小于直径才称为皿。水文部门还采用大型蒸发皿（直径 601mm）观测蒸发量，用以代替水面实际蒸发量（通常 $E_{20} > E_{601}$ ）。

每天向蒸发皿中加入 2cm 深的水层，晚上把余水倒进量杯，量出剩余水深。用 2cm 减去剩余水深就是当天的蒸发量。如果当天有雨，余水中还要扣除当天的降水量。这就是蒸发皿的直径和离地面高度都要和雨量筒一致的原因。否则，两者就不能简单相减。由于蒸发量和降水量一样，都是每天 20 时观测一次，因此测得的是日蒸发量。日降水量和日蒸发量实际上都是昨天 20 时到今天 20 时的量。

蒸发皿观测记录格式见表 1.3。

表 1.3 蒸发皿观测记录表

编号： 马氏瓶截面： 年：

月·日	观测时分	观测值/cm	注水后观测值/cm	蒸发截面×高差	入渗量	观测员	备注

1.1.4 湿度

湿度是表示空气中水汽含量或空气干湿程度的物理量。有绝对湿度、相对湿度、饱和差和露点等多种表示方法。湿度的大小和增减，会直接或间接地引起云、雾、降水等现象的演变。

气象部门测定的空气湿度有好几种，包括相对湿度、绝对湿度、水汽压和露点等。相对湿度是最常用的。相对湿度的单位是百分数（%），空气中没有水汽时相对湿度为零，空气中容纳水汽已达到最大限度时（称空气饱和），相对湿度就是 100%。

测量空气湿度通常用干湿球温度表。它是两支同样的温度表，干球温度表用来测量气

温；湿球温度表的水银球用湿润纱布包裹着，纱布下端浸在水盂里。使湿球纱布始终保持湿润状态（因而称为湿球温度表）。湿球纱布上的水在空气没有达到饱和时会不断蒸发。蒸发的快慢决定于空气相对湿度，湿度大时蒸发慢，湿度小时蒸发快。湿度是 100% 时，空气中所含水汽已饱和，水分停止蒸发。水分蒸发是要消耗热量的，这样湿球温度表的读数就会减小。因此，除了空气饱和，即相对湿度为 100%（此时湿球温度表的读数和干球温度表一样）。此外，干球温度表的读数总比湿球温度表的读数要高。两者差值越大表示空气越干燥，相对湿度越低。因此利用干湿球温度差值可以知道空气相对湿度的高低。利用气象部门已出版的对照表册，可以很方便地查取所需数据。

绝对湿度是单位体积空气中所含水汽的质量，一般用 1m^3 空气中所含水汽的克数表示，单位为 g/m^3 。相对湿度是大气中实际水汽含量与饱和时水汽含量的比值。由于水汽含量与水汽压成正比，所以相对湿度数值上也等于实际水汽压与同温度下饱和水汽压之比值，即 $f(\%) = \frac{e}{E} \times 100\%$ ，式中 f 为相对湿度，以百分数表示，表示实际水汽压，单位为 hPa； E 为饱和水汽压（同一温度下，水汽压的最大值）。

干燥度是某一时期的可能蒸发量与同期降水量的比值，用以大致表示降水对植物需水的保证程度。 $K = \frac{E}{B} = 0.16 \frac{T}{R}$ ，式中， K 为干燥度， E 为可能蒸发量， T 为日平均气温 10°C 的积温； $0.16T$ 大约相当于同期期间的可能蒸发量； R 为同期降水量。

1.1.5 气压

气压是与大气接触的表面上，由于空气分子的碰撞在单位面积上所受到的力。其值等于单位横截面上所承受的垂直空气柱的重量。气压的单位为 hPa。气压按指数律随高度递减。

目前我国气象站上一般都用水银气压表测定大气压力，也就是应用托里拆利实验的原理。当外界气压升高时，大气压力会自动把水银槽中的水银压进管腔中使水银柱长高；反之，气压下降时，水银柱会自动降低，水银自动流回槽里。不过，在实际业务观测中，水银柱高度的读数还要进行三项订正，也就是气温订正（订正到 0°C ），海拔高度订正（订正到海平面上）和纬度订正（订正到 45° 纬度上）。因为只有这样，世界各地的气压值才能进行比较。气压的三项订正都有表可查，十分简单方便。

1.1.6 日照

太阳照射时间的长短称为日照时数，简称日照。单位为 h，它又分为可照时数和实照时数两种。从日出到日没的时间称为可照时数，在这段时间内实际有太阳照射的时间称为实照时数。可照时数和实照时数的百分比称为日照百分率。日照百分率可以衡量一个地区在某一时期的日照条件。2004 年新推出的《地面气象观测规范》中规定，用直接辐射不小于 $120\text{W}/\text{m}^2$ 作为有日照时间。

观测日照时间长短的仪器称为日照计。我国大多数气象台站用的是暗筒式日照计，其主体是一个圆筒，筒上两侧各有一小孔，让阳光照到筒内涂有感光剂的感光纸上。除正午一两分钟内两孔可同时进光外，其余时间都是一孔进日光，东侧孔射进上午阳光，西侧孔射进下午阳光。因此感光纸上每天有两道感光迹线，迹线的长度就是日照时间。上下午日照时间加起来就是全天的日照时间。

日照计一般安装在观测场南面，离地 1.2m 高的木架上，也可安装在观测方便的平台或屋顶上。安装时要使仪器的底座水平，筒口一端对准正北方，使正午时的日光恰恰同时射入日照仪两边的小孔，并须调整指针使其所示刻度与当地的纬度相符。日照纸上纵线为时间线，每格一小时。它是用柠檬酸铁氨和赤血盐按比例配制成的感光液，均匀涂在纸上，阴干后再放入日照计暗筒内，并用压纸铜条将纸压好，盖上筒盖。每天傍晚日落后换日照纸。根据日照纸上感光迹线的长度，可以算出日照时数。

1.1.7 风

风是指空气流动的现象。气象上常将空气在水平方向的流动称为风，垂直方向的空气运动则称为升降气流。通常用风向和风速（或风级、风力）表示风。风是促使广大地区产生冷、热和干、湿交换以及天气变化的重要条件，风是自然能源之一。

现在我国的测风仪器主要是国产的电接风向风速仪，是风杯式的。由于风速总有阵性，读瞬时风速代表性不大，因此观测风速规定取 2min 的平均值。只要风速仪的指针一旦达到 17m/s，气象员就必须记载这一天为大风日，而不管它持续多长时间。大风日数是一种很重要的天气日数。如果观测时没有风，则称为静稳，用符号 C 表示，写在观测簿内。对风的观测还要进行年、月的统计。

风向常以 16 或 8 个方位表示，也可用矢量相对于子午线的角度来表示，取北为 0° 或 360°（表 1.4），风向的变化常常很快，因而气象上观测风向有瞬间风向和平均风向之分。通常所说的风向不是瞬间的风向，而是观测约 1min（或 2min）的平均风向。空中风向是施放测风气球、雷达（探）测其方位角和仰角，然后经过计算得出来的。离地面 10m 上空的风向，通常用电动式测风器测得。

表 1.4 风向与方位角对照表

中文	英文	度数/(°)	中文	英文	度数/(°)
北	N	0 或 360	南	S	180.0
北北东	NNE	22.5	南南西	SSW	202.5
东北	NE	45.0	西南	SW	225.0
东北东	ENE	67.5	西南西	WSW	247.5
东	E	90.0	西	W	270.0
东南东	ESE	112.5	西北西	WNW	292.5
东南	SE	135.0	西北	NW	315.0
南南东	SSE	157.5	北北西	NNW	337.5

风向频率是某地一定时段内不同风向出现的百分率。常根据不同风向频率绘出风向频率图，也称为“风玫瑰”。

风速是单位时间内风的行程，常以 m/s、km/h 或 mile/h 表示。风速变化常显示气流运动的特征，有时为天气变化的先兆。平均风速是一定时段内风速的平均值。通常目测风速以 2min 平均值为准，风速仪测定风速以 10min 平均值为准。一日内各次风速的平均值为日平均风速，日平均风速的月平均值为月平均风速，日平均风速的年平均值为年平均风速。最大风速是一定时段（一般是 10min）内平均风速的最大值。通常有日、月和年最大

风速三种。

风级是根据风对地面（或海面）物体影响程度而定出的风的等级，常用以估计风力的大小。最初由英国人蒲福拟定，故又称蒲福风级。原来共定自 0 到 12 共 13 个等级，后又几经修改，增加到 18 个等级（表 1.5）。

表 1.5 风力等级标准（蒲福风级表）

风力级数	名称	风速/(m/s)	风力级数	名称	风速/(m/s)
0	静风	0~0.2	9	烈风	20.8~24.4
1	软风	0.3~1.5	10	狂风	24.5~28.4
2	轻风	1.6~3.3	11	暴风	28.5~32.6
3	微风	3.4~5.4	12	飓风	32.7~36.9
4	和风	5.5~7.9	13	—	37.0~41.4
5	清劲风	8.0~10.7	14	—	41.5~46.1
6	强风	10.8~13.8	15	—	46.2~50.9
7	疾风	13.9~17.1	16	—	51.0~56.0
8	大风	17.2~20.7	17	—	56.1~61.2

大风是风力大到对生产、生活有影响的风。我国气象观测规定：瞬时风速等于或大于 17.0m/s，或风力达 8 级或以上者称大风。造成大风的原因很多，主要是低气压的发生、发展和冷空气南下所致。大风全年都能发生，但以春季最为频繁。

1.2 水文观测

1.2.1 水文观测的范围与内容

水文观测是水文传感器技术与采集、存储、传输、处理技术的集成。

观测范围：江、河、湖泊、水库、渠道和地下水等水文参数。

观测内容：水位、流量、流速、降雨（雪）、蒸发、泥沙、冰凌、墒情、水质等。

1.2.2 水位的采集和传输

用于自动化监测的水位传感器主要有浮子式水位计、压力式水位计、电子水尺和超声波水位计等。这些传感器可以直接接到远程终端单元（RTU）上，自动监测水位参数。地下水位的监测与地表水相同。

目前，省水文监测站与各采集点之间的数据通信主要采用手工抄录或 PSTN 电话线传输。采用电话线传输数据时，由于每次拨号都需要等待，速度慢，而且费用也较高。同时，由于各监控点分布范围广、数量多、距离远，个别点还地处偏僻，因此需申请很多电话线，而且有些监控点有线线路难以到达。

GPRS 具有速度快、使用费用低的特点，其传输速度可达 171.2kb/s。与有线通信方式相比，采用 GPRS 无线通信方式则显得非常灵活，它具有组网灵活、扩展容易、运行费用低、维护简单、性价比高等优点。因此，目前正考虑采用 GPRS 无线传输方式解决污染源监测数据的实时传输问题。

1.2.3 流速（流量）的采集和传输

流速仪最主要的形式是旋杯式（图 1.1）和旋桨式（图 1.2）。在水流中，杯形或桨形转子的转数 N 、历时 T 与流速 v 之间存在 $v = KN/T + C$ 的关系。 K 是水力螺距， C 是仪器常数，要在室内长水槽内检定。测验时，测定历时和转数，可得出流速。

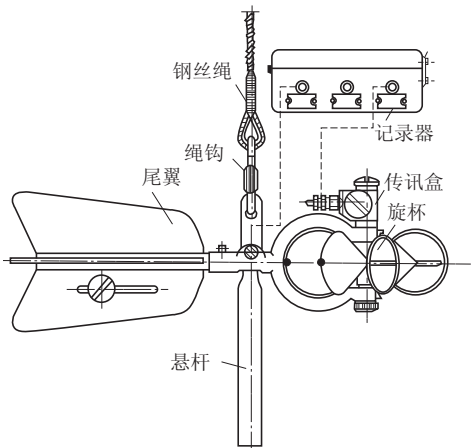


图 1.1 旋杯式流速仪

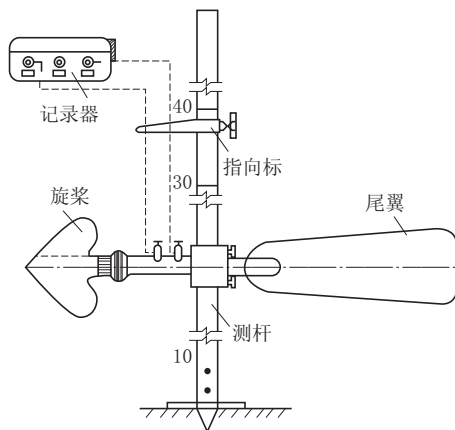


图 1.2 旋桨式流速仪

1.2.4 原位观测试验

1.2.4.1 土壤含水量测定

包气带是指地下水水面以上至地表面之间与大气相通的含有气体的地带。从地面向下，岩石和土中的水分分布可划分为结合水带、孔角毛细水带、悬挂毛细水带、支持毛细水带和饱水带，其中前四个带属于包气带。

目前通常采用中子水分仪测定包气带的水分，所测的土壤含水量一般情况下是半径为 10~15cm 球体内的平均含水量，测点间距采用 10cm 制。测量时间一般分为 16s、64s、16min 和 64min 共 4 个计数档次，多采用 16s 计，可反复多测几次。表层 0~30cm 土层的含水量可以采用烘干法测定。

中子仪孔观测记录格式见表 1.6。

表 1.6 中子仪孔观测记录

年 月 日

编号： 标准计数：	
测深/cm	读 数
20	
40	
60	
80	
100	
120	
⋮	

记录人：

编号： 标准计数：	
测深/cm	读 数
20	
40	
60	
80	
100	
120	
⋮	

观测人：

1.2.4.2 土水势能测定

总土水势（土壤水分势能）是指土水系统在各种因素综合作用下所具有的总势能。总土水势由压力势、基质势、溶质势、重力势和温度势五部分组成。压力势是土水系统中任一点承受超过基准压力的静水压力， $\Psi_P = \gamma_w h$ ，为水容重 γ_w 和地下水水面以下的深度 h 之积，在包气带（非饱和土壤）中， $\Psi_P = 0$ 。基质势 Ψ_m 是由于土水系统中土壤颗粒（基质）具有吸引、保持水分的特性所引起的势能。重力势 Ψ_Z 是由重力对土壤水作用的结果，其大小仅仅取决于由测定点到参照基准面的垂直距离。溶质势 Ψ_s 是土壤水中所有溶液对土水势影响作用的结果。温度势 Ψ_T 是由于温度变化所产生的水势。

由于土壤中不存在半透膜，溶质势可认为是零，在恒温条件下温度势也为零，因此总土水势一般为压力势、基质势、重力势三者之和，通常称为水力势。

测定基质势有负压计、吸力板、超速离心机、吸湿法、沙型漏斗和压力膜仪等方法。负压计法设备简单，操作方便。土壤负压计由陶土头（直径 2cm，长度 6cm）、集气管和负压表三部分组成。试样罐由筒身（厚壁有机玻璃，内径 10.2cm，高 14.8cm，壁厚 5mm）、筒盖和底托盘三部分组成。其他装置有真空饱和装置、小型鼓风机、天平、烘箱、温度计等。

负压计观测记录格式见表 1.7。

表 1.7 负压计观测记录
年 月 日

编号：		编号：	
测深/cm	读数	测深/cm	读数
20		20	
40		40	
60		60	
80		80	
100		100	
120		120	
⋮		⋮	

记录人：

观测人：

随着自动监测技术的快速发展，目前土水势的测定可以用自动监测系统来进行。

1.2.4.3 土壤入渗与蒸发观测

利用试验场地中蒸渗仪结合马氏瓶等，可以测定土壤水分入渗及蒸发量。

1.2.4.4 地下水位观测

采用测钟法、电测水位计法及其他仪器，对长观井和其他井孔进行地下水位长期监测。

1.3 遥感图像解译

1.3.1 遥感图像解译的一般要求

(1) 遥感图像解译主要适用于前期论证阶段和初步勘察阶段。解译工作应先于水文地