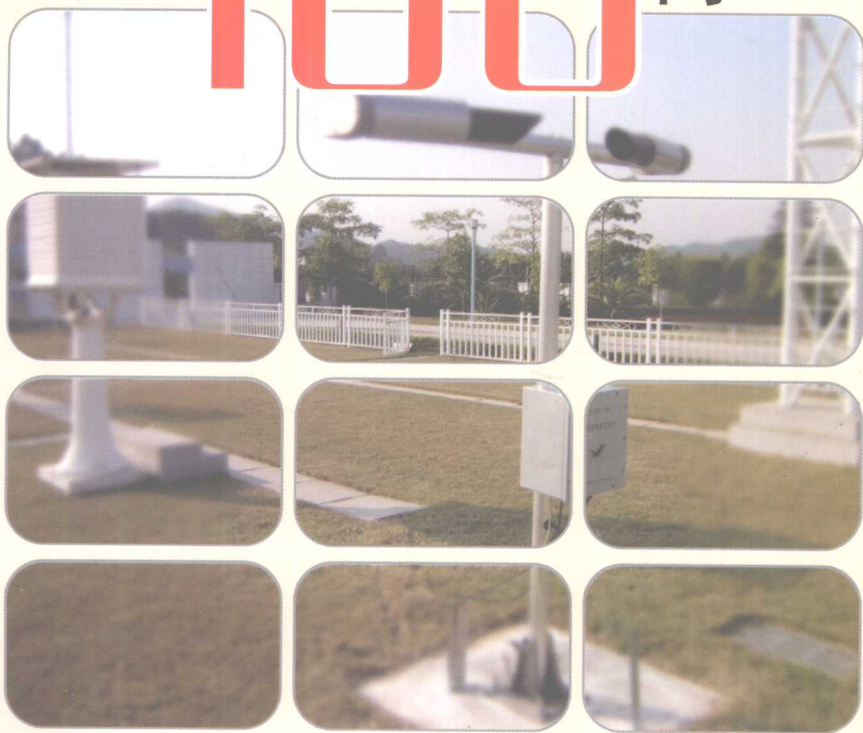


李春亮 曲来世 张 勇 等◎编著

能见度 测量技术 100问



能见度测量技术 100 问

李春亮 曲来世 张 勇
王 政 王 平 沙广军 编著
滕 军 周跃峰 张德林

图书在版编目(CIP)数据

能见度测量技术 100 问

李春亮,曲来世等编著. —北京:气象出版社, 2009. 1

ISBN 978-7-5029-4655-5

I. 能… II. 曲… III. 能见度—气象观测—问答

IV. P412. 17-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 001307 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cma.gov.cn>

责任编辑:吴庭芳 张 斌

封面设计:博雅思企划

责任校对:赵媛

印 刷:北京奥鑫印刷厂印刷

开 本:850mm×1168mm 1/32

字 数:150 千字

版 次:2009 年 4 月第 1 版

印 次:2009 年 4 月第 1 次印刷

定 价:16.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@263.net

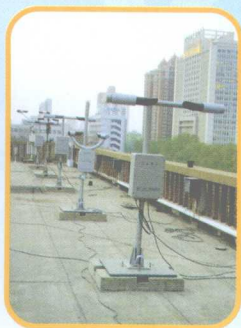
终 审:纪乃晋

责任技编:吴庭芳

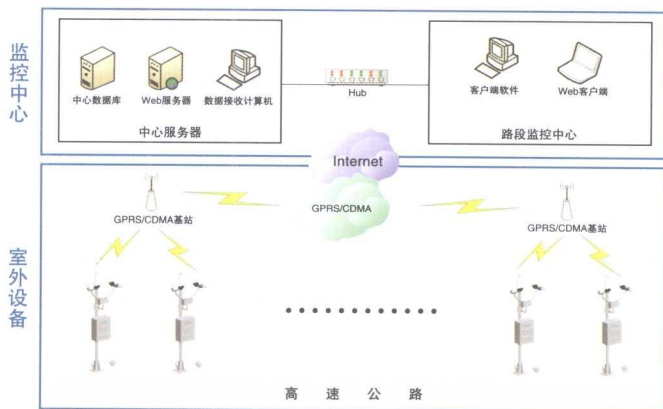
印 张:6

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

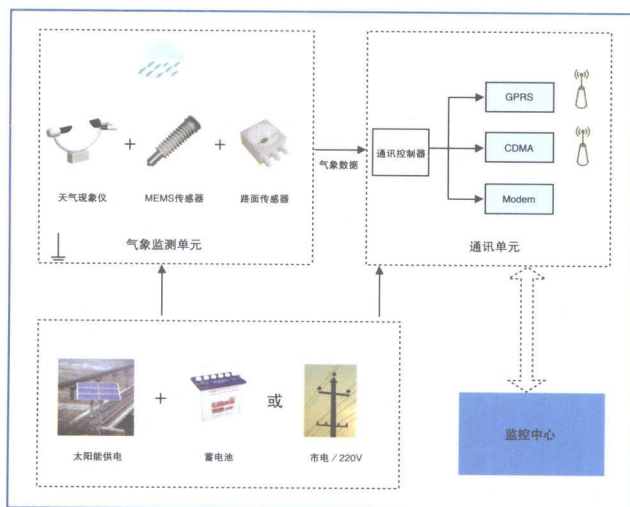
试验场地及烟雾试验室



高速公路气象监测系统示意图



系统组网示意图



构成图

序

气象观测是气象业务的基础工作,并广泛用于工业、农业、交通、环境、航空、航海、航天和军事等多个领域,是人们最为关注的信息之一。为了保持各国气象信息采集的一致性,世界气象组织对气象观测业务提出了明确规范要求。在表示当前气象状况的多种要素中,大气水平能见度和云层高度是至关重要的信息。

大气水平能见度是用特殊标志或发光体的可视距离表示的大气透明度。能见度是一个复杂的心理—物理量,它不仅与悬浮在大气中的固体和液体微粒引起的大气消光系数有关,还与个人视觉、可见理解、光源特征等其他因素有关。能见度的连续人工目测,不仅辛苦而且往往带有一定的主观性和不确定性。因此,如何提高能见度的观测水平,尽可能通过仪器测量取代人工目测是气象观测技术发展中需要解决的一项重要问题。通过多年的研制与测试,能见度测量仪的业务化工作已取得一定进展,并在一些不同类型的气象站得到应用。

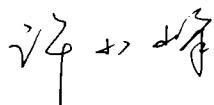
能见度观测的器测化和自动化一方面可以使全国目前大量的人工观测在质量上和效率上得到改进,同时也可以解决不断拓展的气象业务中对能见度观测的大量非台站观测业务,如交通、环境、应急响应、现场服务、科学试验等,使观测站点设立更具有灵活性,在更大程度上满足气象服务需求。

要在实际业务中实现能见度的自动观测,会涉及多方面的技术要求,需要高精度的现代光学—电子设备仪器,且要求具有可靠性好、寿命长、结构简单、操作容易、维护方便等特点,并要解决数据采集、处理、通信、显示等问题。除了对设备的要求外,也要求提

高气象观测员基本素质,要对观测仪器的基本原理有所了解,熟练操作设备,进行简单的故障排查和维护等。为了达到这一要求,迫切需要观测人员能了解能见度自动测量基本原理、方法和仪器方面的基本知识。

根据这一需求,中国华云技术开发公司和中国空空导弹研究院凯迈(洛阳)测控公司等单位的专家学者,针对实际业务中可能出现的基本问题和业务人员可能关心的基本问题,编写了这本《能见度测量技术 100 问》,深入浅出介绍能见度测量的深奥理论和玄妙技术,颇具知识性、趣味性和可读性。希望本书的出版能对我国广大的气象观测业务人员和相关业务、管理和科技人员对能见度自动观测相关问题的了解有所帮助,也希望本书中的一些内容能引起广大气象爱好者的兴趣。

中国气象局副局长



2009 年 4 月

编者的话

大气探测与国计民生、国民经济和国家安全等关系密切,能为天气预报、人工影响天气、科学规划、国土开发、资源利用及自然灾害预防等提供可靠依据。孙子兵法强调天时、地利、人和三大作战条件,包含气象要素的天时条件居于首位。

大气能见度是重要的气象要素之一,它对交通运输和武器作战等都有很大影响。例如:能见度低于 3 km 时,会影响红外导弹的工作距离;能见度低于 1 km 时会影响飞机的起飞和降落;能见度低于 500 m 时会影响舰船的航行和靠岸;能见度低于 100 m 时会影响汽车行驶安全和高速公路的关闭;能见度低于 50 m 时,会影响光电近炸引信的作用效果,等等。

跑道视程是用于航空业的一个重要飞行安全参数。跑道视程探测仪能在低能见度条件下增加机场的起降和运行能力。国际民用航空公约规定,所有使用仪表进近和着陆运行的跑道必须进行跑道视程的观测。

在冶金业、制造业、热电站、化工厂、核电站等工业区域,可具有数十种限制排放的废气烟尘,一个大型企业的排放源每年的排放总量可达十万到百万吨。尽管近些年生产型排放的控制收到不小效果,但在许多城市,空气质量仍然不尽如人意,问题在于生产型排放量减少的效果,被数量成倍增长的汽车的尾气排放所抵消。无论是从环境生态保护角度考虑,还是从企业自身利益考虑,排放监测和限制都是必须的。

大气探测是对表征大气状况的气象要素、天气现象及其变化过程进行系统的、连续的观察和测定,并对获得的记录进行整理。

大气探测技术的发展具有以下特点:由直接目测到仪器探测;由近距离探测到远距离遥测;仪器探测的发展趋势是由机械—机电—热敏—光电;遥测的发展趋势是由被动遥感到主动遥感。卫星遥感和激光雷达的采用,标志着大气探测技术发展进入了崭新阶段,人们能在广阔空间获取多种大气信息。

这本小册子面向气象行业广大研发和使用人员,力图把大气探测理论基础和大气探测仪器构造技术,以通俗易懂的科普读物形式,奉献给读者,旨在抛砖引玉。能见度测量仪的型号多种多样,构造技术千差万别。本书采用典型例举方法,希望达到举一反三效果。

全书共分 10 章,100 条。第一章,大气光学理论,描述大气介质对光辐射的作用,简介与能见度测量相关的光辐射在大气传输中的衰减规律。第二章,能见度测量基础,描述光电仪器测量大气能见度采用的基础理论和计算公式。第三章,能见度测量仪器,描述能见度测量仪器的型谱类别和构造原理。第四章,能见度仪的测量范围和精度,描述能见度仪的动态测量范围并分析仪器的测量精度。第五章,能见度仪的标定和校准,描述能见度仪的标定方法和校准装置。第六、七、八章,描述构造能见度仪常用的光学系统、电子部件和光电器件。第九章,能见度仪的安装和维护,描述能见度仪的安装、使用、维护和维修的一般知识。第十章,能见度自动监测系统,描述以能见度仪为核心、用于气象观测站或军民机场的能见度仪自动测量系统。

中国气象局副局长许小峰,于百忙中为本书作序,编著者非常感谢!

本书编辑过程中,参考了许多图书、文献和相关产品《用户手册》,恕不一一列举,在此谨向文献作者表示感谢!

由于编著者水平所限,书中错误在所难免,敬请读者给予批评指正,谨表谢意! 联系方式:(0379)65287865,ZHHCB@126.com.

目 录

序

编者的话

第一章 大气光学理论	(1)
1 大气光学	(1)
2 光辐射	(2)
3 光辐射的度量	(4)
4 典型光源亮度和物体照度	(5)
5 光辐射计算	(6)
6 传输介质对光辐射的作用	(8)
7 气溶胶	(9)
8 大气对光辐射的吸收	(10)
9 大气对光辐射的散射	(11)
10 光辐射在大气中的衰减	(13)
11 几种消光系数之间的关系	(14)
12 光辐射在大气中的传输比	(15)
13 人眼的视觉特性	(16)
14 目标观察背景	(17)
15 目标能见机理	(18)
16 大气视程障碍	(19)
17 标准大气模型	(21)
第二章 能见度测量基础	(23)
18 气象光学视程(MOR)	(23)
19 能见度(VIS)	(24)

20	跑道视程(RVR)	(26)
21	能见度测量	(27)
22	白天能见度计算	(29)
23	夜间能见度计算	(31)
24	跑道视程计算	(32)
25	能见度精确计算的数学模型	(33)
26	能见度精确计算修正系数获取	(35)
27	能见度的计算结果比较	(36)
28	能见度计算的滤波函数	(37)
第三章	能见度测量仪器	(39)
29	能见度测量仪器的类别	(39)
30	透射式能见度仪	(41)
31	典型透射式能见度仪的性能	(43)
32	散射型能见度仪	(44)
33	前向散射能见度仪的工作角度	(46)
34	前向散射能见度仪的工作波长	(48)
35	散射式能见度仪的采样体积	(49)
36	CJY-1C 型前向散射能见度仪	(51)
37	CJY-2B 型前向散射能见度仪	(53)
38	后向散射能见度仪	(54)
39	背景亮度传感器	(55)
40	装有背景亮度传感器的能见度仪	(58)
第四章	能见度仪的测量范围和精度	(60)
41	能见度仪的动态测量范围	(60)
42	能见度仪的精度和测量误差	(61)
43	能见度仪的测量精度评定	(63)
44	能见度测量误差分析	(65)
45	能见度测量误差计算	(66)

46	能见度仪的一致性测评	(68)
第五章	能见度仪的标定和校准	(71)
47	能见度仪的标定	(71)
48	能见度仪标定实验室	(72)
49	能见度仪的实验室标定	(73)
50	能见度仪的外场标定	(74)
51	能见度仪的校准要求	(78)
52	能见度仪的校准装置	(79)
53	能见度仪的校准方法	(81)
54	能见度仪校准的金属丝法	(82)
55	背景亮度传感器的标定	(85)
第六章	能见度仪的光学系统	(87)
56	能见度仪的光学系统	(87)
57	光学系统工作原理	(88)
58	光学系统方案设计	(89)
59	能见度仪的光学滤光片	(93)
60	干涉滤光片和吸收滤光片	(94)
61	有色玻璃滤光片	(96)
62	透镜表面的增透膜	(97)
63	能见度仪光学系统的传输效率	(98)
64	光学接收信号计算	(99)
65	平行平板玻璃对光辐射的衰减	(101)
第七章	能见度仪的电子部件	(103)
66	能见度仪的电子部件	(103)
67	能见度仪的发射电路	(105)
68	能见度仪的接收电路	(108)
69	能见度仪的数据处理电路	(110)
70	直流—电压转换电路	(112)

71	发光管的电流整流电路·····	(113)
72	数字和频率—符号信号转换电路·····	(115)
73	能见度仪的工作时序·····	(116)
第八章	能见度仪常用的光电器件·····	(118)
74	光电器件·····	(118)
75	光电器件的性能参数·····	(119)
76	光电二极管的性能参数·····	(121)
77	典型的光电二极管·····	(123)
78	探测/运放组合器件·····	(125)
79	电致发光器件·····	(127)
80	发光二极管的性能参数·····	(128)
81	典型红外发光二极管·····	(130)
第九章	能见度仪的安装和维护·····	(133)
82	能见度仪的安全提要·····	(133)
83	能见度仪安装的策划·····	(134)
84	能见度仪的定位定向·····	(135)
85	能见度仪的电缆选择·····	(136)
86	能见度仪的安装地基·····	(137)
87	能见度仪的安装·····	(139)
88	能见度仪的接地·····	(141)
89	能见度仪的电缆连接·····	(142)
90	能见度仪的起始测试·····	(145)
91	能见度仪的内部监测·····	(146)
92	能见度仪的故障排查·····	(148)
93	能见度仪监测的内部极限值·····	(149)
94	能见度仪的清洁维护·····	(153)
第十章	能见度自动监测系统·····	(155)
95	能见度自动监测系统·····	(155)

96	能见度自动监测系统的网络通讯·····	(157)
97	天气自动监测系统·····	(159)
98	机场能见度自动监测系统·····	(161)
99	高速公路气象监测系统·····	(162)
100	高速公路气象监测网 ·····	(165)
附录 A	能见度测量理论 ·····	(171)
参考文献	·····	(171)
中英文对照名词索引	·····	(175)

第一章 大气光学理论

1 大气光学

大气光学是光学和大气物理学的一个分支,是研究光辐射与大气传输介质相互作用在大气低层产生的各种光学现象的一门学科。

大气光学研究的范畴涉及大气组成、大气吸收、大气散射、大气窗口等,包括大气折射规律、大气散射规律、大气消光规律、大气传输规律等,包括大气能见度、大气浑浊度、大气透明度、大气质量和污染等,涉及朝霞、晚霞、曙光、暮光、虹晕和天空颜色等,以及大气光学特性、大气光学现象、天气光学现象等。

不久前的战场上,工作在电磁波谱段的“电子对抗”还是作战效能很高的技术手段。随着光电子技术的迅速发展,近些年来,光电探测技术突飞猛进,光电探测设备层出不穷。与电磁探测相比,光电探测具有更好的隐蔽性、更远的距离和更高的精度。电子战已由无线电谱段扩展到光波谱段,光电对抗设备异军突起,在装备规模和经费投入上已经远远超过电子对抗设备,发挥着侦察、报警、引信、干扰等作用。但是,在非正常大气条件下,如大雾弥漫或者烟幕干扰时,光电对抗装置的工作就可能失灵,造成武器早炸、迟炸或不炸,从而贻误杀伤目标的大好战机。因此,许多国防光学工程项目,包括可见、红外、紫外、微光和激光装置的研发,都与大气光学密切相关,大气光学在国防建设中占据相当重要地位。

随着航空航天技术的进步,人类在空间领域的活动日益频繁,

人类对大气信息的综合需求逐渐增多,大气、天气、气象、天象等的探测、分析和预测凸显重要,大气光学研究在国民经济中发挥着越来越大的作用。大气光学从两个角度研究大气与光辐射的相互作用:一是把大气当作连续介质;二是把大气看作由空气分子、固体悬浮粒子与液态悬浮水滴凝合而形成的混合物。

能见度是指人眼在大气中观察到的最远距离,它取决于多种因素,如物体和背景的特性、物体和背景的照度特性、大气特性以及观测仪器(包括肉眼)特性等等。大气能见度是重要的气象参数之一,它对交通运输和武器作战等都具有很大影响。例如:能见度低于 3 km 时,会影响红外导弹的工作距离;能见度低于 1 km 时会影响飞机的起飞和降落;能见度低于 500 m 时会影响舰船的航行和靠岸;能见度低于 100 m 时会影响汽车行驶安全和高速公路的关闭;能见度低于 50 m 时,会影响光电近炸引信的作用效果等等。能见度也是表征近地大气污染程度一个重要物理量,在天气预报和环境监测上都有着实际应用意义。

2 光辐射

以电磁波形式或粒子(光子)形式传播的能量称为辐射能。辐射能传播的过程称为辐射。电磁辐射波谱包括无线电波、微波、红外光、可见光、紫外光、X 射线、 γ 射线和宇宙射线。而红外光、可见光、紫外光位于光辐射区,称光辐射。光辐射对应的光谱波长(λ)范围为 $10\text{ nm} \sim 1000\text{ }\mu\text{m}$,其中:紫外光 $10\text{ nm} < \lambda < 380\text{ nm}$,可见光 $380\text{ nm} < \lambda < 780\text{ nm}$,红外光 $780\text{ nm} < \lambda < 1000\text{ }\mu\text{m}$ 。包括光辐射的电磁辐射波谱如图 1-1。

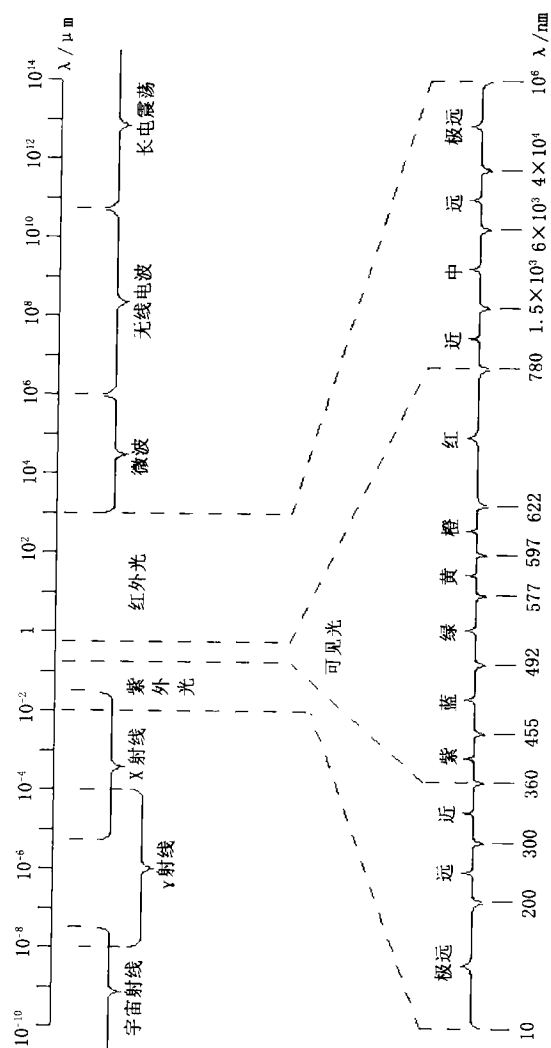


图1-1 电磁辐射波谱