

气象学引論

謝义炳等編

高等教育出版社

气象学引论

——



气象出版社



气 象 学 引 論

謝义炳等編

高等教育出版社

本書為針對氣象專業新生在入學時對專業缺少全面了解的
情況而編寫的，目的在於給讀者一個全面、正確但不是通俗的介
紹。鑒於新生缺少高等數學的基本知識，書中盡量避免了數學
推導，而著重於物理與氣象概念。選例除世界性者外，全採用中
國資料。

本書尚可供短期訓練班畢業的氣象工作人員及與氣象有關
的專業如氣候、農業氣象、水文、海洋、大氣物理等專業的学生參
考用。

氣 象 學 引 論

謝 義 炳 等 編

高等教育出版社出版 北京宣武門內華恩寺7號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第054號)

京華印書局印裝 新華書店發行

統一書號13·10·639 開本850×1168¹/₃₂ 印張3¹/₄ 1₅ 插頁1

字數79,000 印數0001—2,300 定價(6) 0.50

1959年7月第1版 1959年7月北京第1次印刷

序 言

气象学原是以一门物理学与自然地理学的边沿学科而发展起来的,近代气象学已形成了一门近于独立的学科,但以物理学与自然地理学为其基础,前者的比重远较后者为大。

由于气象学并不是一门基础科学,中学教育中,气象学一些知识是分散在物理课与自然地理课中讲授的。因此高等学校中气象专业的新同学对于气象学缺少比较全面的了解。过去高等学校的教学计划,由于谋求易于讲授,在二年级数学与物理学学到一定程度后才开始学习气象学,因此造成新同学专业教育的若干困难。

1958年北京大学气象专业修改了教学计划,从第一学期起即开始学习气象学,增设了气象学引论课程。其目的在于概括地介绍气象学的内容与其他科学的关系,阐述气象学在国民经济建设中的作用,天气与气候变化的复杂性与规律性,气象学的过去发展,现代的飞跃进步,与将来的无限前途。本书是该课程讲义的修订稿。内容着重事实与物理概念,避免繁复数学推导。

本书可作为有关气象学专业入门课程的一种参考教材。讲课教员应当根据具体情况,增删内容,编制实习。

本书第四章及第六章是李其琛写的,第五章是尹宏写的,其他各章是谢义炳写的,全书图例是萧文俊描绘的。

1959. 3. 10.

目 录

序言	III
I 緒論	1
1.1 气象学的定义与任务	1
1.2 气象学的特点	3
1.3 气象学的主要部門	5
1.4 我国气象事业的发展情况	8
II 气象要素及其測量 (一) 地面觀測	15
2.1 气压	16
2.2 气温	19
2.3 風向与風速	23
2.4 蒸發与降水	26
III 气象要素及其測量 (二) 云、能見度与直接高空觀測	28
3.1 云	28
3.2 能見度	34
3.3 直接高空觀測	35
IV 大气結構与組成	39
4.1 大气的上界	39
4.2 大气的分層	40
4.3 大气的組成	42
V 大气中輻射热量收支	44
5.1 大气中的冷热源和空气运动的能量	44
5.2 太阳輻射	46
5.3 地面与大气的長波輻射	49
5.4 大气中冷热源的形成·南北热量交换	50
5.5 輻射仪	51
VI 大气光学、大气电学与大气声学	53
6.1 大气光学	53

6.1.1 光在大气中的散射	53
6.1.2 云与降水中的光学现象	55
6.1.3 光在大气中的折射	56
6.2 大气电学	57
6.2.1 大气电离	57
6.2.2 大气电场与地气电场	58
6.2.3 坏天气下的大气电学	59
6.2.4 地气电量平衡的问题	59
6.3 无线电气象学	60
6.3.1 大气对无线电波的影响	60
6.3.2 无线电波探测大气	60
6.4 大气声学	61
6.4.1 大气对声波传播的影响	61
6.4.2 音波探测大气	61
VII 温度场	62
7.1 海平面上的平均温度分布	62
7.2 对流层中温度的铅直分布	65
7.3 地面及土壤温度的分布	67
7.4 温度的日变化与年变化	68
7.5 温度的非周期性变化	70
VIII 风场与气压场	71
8.1 地球表面气流的分布	71
8.2 自由大气中气流的分布	74
8.3 气压场及其与风场的关系	74
8.4 大气中气流的形成	79
8.5 气压的变化	80
IX 湿度场与降水分布	83
9.1 湿度及其表示方法	83
9.2 湿度的地理分布	86
9.3 湿度随高度的分布	88
9.4 湿度的日变化与年变化	88
9.5 降水的地理分布	91
X 天气系统与天气现象及其预报	95

10.1 天气系统	95
10.2 天气预报	98
XI 气候分类与气候改造	102
11.1 气候分类	103
11.2 气候变迁与气候改造	108
XII 气象学发展简史及今后发展趋势	111

I 緒 論

1.1 气象学的定义与任务

气象学是人民群众在長期生产实践中,首先是农业生产,其次是在航海、航空、林业、牧业、漁业、工矿建設的实践中,有关于天气現象及其在時間与空間上变化的經驗的积累,准确的观测,系統的总结,与理論的提高,再在生产实践中加以檢驗、修訂,肯定所获得知識的总和。沒有这些生产活动,就沒有气象学。气象学脱离了生产活动,不把气象学用于指导生产实践,气象学将失去發展的动力而停滯不前。

天气現象与天气过程基本上是出現于地球外圍的空气,也就是一般所称的大气中的物理現象与物理过程,气象学是有关于这些物理現象与物理过程的知識并直接的或間接的用之于指导生产活动的科学。

大气中的化学現象与化学过程也有了多年的观测与总结,并已形成創立了初步基础的一門气象学中新的支派——大气化学。但是迄現在为止,大气中的物理現象与物理过程仍是气象学的主要研究对象与內容。

天气現象与天气过程有广义与狭义的分別。狭义的天气現象与过程指的是大气中的力学与热力学現象与較短時間的过程,是气象学中一个部門即天气学的重点对象。广义的天气現象与过程即大气中所有的物理現象与过程,包括大气中發生的力学,热力学,光、电、声、輻射現象与不同的長短時間过程。气象学是以广义的天气現象与过程为对象。

地球上自然界中的物理現象与物理过程是广义的地球物理学的研究对象。气象学是广义的地球物理学的主要部門之一，以地球上大气中的物理現象与物理过程为研究对象。地球物理学的各个主要部門，由于其研究对象有本質上的区别，其研究方法与研究結果在生产上的应用范围因而也有很大的差异。再則这些主要部門已發展到一定的程度，現在已有充分的根据分为各个独立的科学了。

大气中發生的物理現象与物理过程不仅决定于大气的物理特性，还决定于地球上陆面与水面的特性与分布，太阳投射于地球上的能量的空間与時間分布及变化，及前一些時間存在于大气中的物理現象与物理过程。所有大气中的物理現象与物理过程都是这些物質客体，相互联系与相互制約的結果。大气中所有这些大、中、小型物理現象，与長、中、短物理过程間的相互联系与相互制約的規律是气象学的追寻目标，而把这些規律用于指导生产，提高生产則是气象学的任务。

气象学首先是根据發展生产的目前的与長远的需要，把大气当作研究的物質客体加以观测与分析来探討其一般特性，如大气的范围、結構、成分、密度等。其次是研究所观测到的現象与过程的特性，及促使这些現象与过程發生發展的能量来源，在过程中能量的轉換。最后要詳細研究大气現象与过程的本質，从而能解釋并預測与控制这些現象与过程，使其服从于生产發展的需要。

因此气象学的任务与發展方向是：

1. 根据需要与可能，广泛建立观测网，記錄大气中的現象与变化，确定一系列的事实，在定性与定量方面說明其特性。
2. 找出这些現象及变化的正确解釋，并确立控制其發展的規律。
3. 根据所發現的發展規律，按照生产的需要，預报与推测大

气中的現象与發展过程。并在实践中，修訂这些規律。使大气資源得以充分利用。

4. 将已發現的規律，应用到征服与改造自然，使自然的力量服从于人类合理的意志，从事不同大小范围的天气控制与气候改造工作。

所以气象学的目的，不仅在于了解大气中的現象与过程，發現控制这些現象与过程的規律，使我們的各种实践活动具有預見性，充分利用大自然的資源，避免自然的灾害；而且还要使我們成为“大自然的主宰者”，善于支配大自然的力量，我們必須干預大自然的行动，解决大自然改造的巨大任务。

1.2 气象学的特点

气象学虽然是物理学的一支，但与一般的物理学有其显著的不同点。

首先气象学是直接面对自然的科学，自然界尤其是大气里的情况，到現在为止，除去小范围特殊情况外，基本上是不由人們所控制的。我們不能够除去地心吸力的影响，也不能改变地球公轉与自轉的速度，太阳輻射不能隔絕，海陆分布也无法加以大规模調整。因此不能象一般的物理实验一样，在研究某项因素对过程的影响时，将其他因素加以隔絕。也不能在人力的控制的完全同样条件下，进行重复实验。气象学是以多次观测代替物理学中的重复实验。近代气象学也从事一些模型实验，理論模型計算及小范围的控制天气实验，但还是逐步逼近与短期小規模控制性質，稍有异于一般的物理实验。观测的事实，既是在各种因素影响下的結果，則气象学是以綜合考虑来代替个别因素影响的研究。各因素間的相互影响与相互制約，更增加其复杂性。在許多情況下，因果

关系也不易判断。从机械唯物論观点看来，气象学的问题由于各种客观存在現象間的复杂联系，确有其不易克服的困难，但却是一个辯証唯物論的应用、驗證、發展的园地。气象学工作者，掌握了辯証唯物論，当能逐步洞悉气象学中各种現象与过程間的联系与制約，因而易于掌握各种規律。这是社会主义国家气象学将远較资本主义国家易于發展壮大的哲学根据。

气象学既是面对自然的科学，自然界的情况既不是一致的，而是有其地理分布的不同的，因此气象学中各种現象与过程具有物理現象与过程的共性，也具有地理現象与过程的个性。同为寒潮，其成因与过程，在亞洲与美洲者，可能一样，而其强度与影响則大不相同。即在同一寒潮中，其前沿經過的地方显然都将發生大風，但風力在城市与在水面則大有差异。处理气象学中各种現象与过程中的共性与个性、統一性与地方性，是气象学的重点之一。

自然界的現象与过程的發展速度極不一致。地壳的变化是以地質年代計算的，某些水文变化則是历史年代的事实。气象学所考虑的各种現象与过程除去一部分如气候变迁等牽涉到地質年代的緩慢过程外，基本上是快速变化的，一般是几小时到几天里的变化。要掌握在几小时或几天里各地的气象現象与过程，并用于生产实际，这就需要一个严密的組織与快速有效的通訊网，使广泛分散的气象观测网所观测到的气象記錄迅速集中，分析研究得出結論后，再分發各地供指导生产参考。气象工作的国际性組織是有效的国际組織之一，气象工作的通訊速度常高于通訊社的速度，决不是偶然的，而是有其客观需要的根据的。高度分散与高度集中因而也是气象学与气象科学特性之一。

不仅气象学知識的积累与發展，如前所述是有其群众性的基础。即每一項气象学工作成果的得出，都是群众的努力与智慧的結晶。不仅天气預报方法与原則的制定与檢驗，需要广大气象工

作者提供观测记录作为根据,就是小区域的小气候或云雾物理实验,也需要了解大范围里的气象情况,因而要求大量气象工作者的配合。至于气象学对于提高农业生产所起的作用,更是通过广大农民努力的结果。所以气象学是有其强烈的群众性与人民性的。可以说气象学是人民群众创造、发展与使用的科学。

1.3 气象学的主要部門

气象学所包括的問題很广泛,处理問題的方法也有很大的差异,因此常根据所处理的对象及方法分成若干部門,每一部門都有其相对的独立性。但是因为大气是各部門的共同研究对象,而从事研究这个对象的目的性又是共同的,即解决生产活动中所提出需要解决的若干問題,因此各部門間有着很多的共同点。不仅如此,每个部門还广泛地应用其他部門所得出的有价值的結論,因而發生相互渗透及建立各部門間边界部門学科的現象,这使各部門間的严格划分造成困难,也使各部門尤其是各部門間的边界部門的划分沒有取得完全一致的意見。从辯証唯物論的观点看来,这种相互渗透与边界部門的产生是客观需要与新生事物發展的象征,是偉大事物萌芽的現象。

研究各地区自然条件綜合的影响下,气象現象在分布上和發展中的一般規律,与气象現象的多年特征,是气候学的内容。气候学的主要任务,是研究气候形成因素的相互联系与相互制約,从而树立起气候理論,并研究叙述气候的方法。利用这些方法所叙述的气候情况与气候变化的規律,供国民經济部門作为实际活动的咨詢与指导。这个气象学的部門,在我們北方与南方,內陆与沿海气候情况大不相同,而农业生产占有重要地位的国家,尤其具有重要的意义。气象学中研究气候問題,自气象学的啓蒙时期,就曾引

起極大的注意，現在已發展成为近于完全独立的气象学中的一个部門。其与地理学的联系，較之气象学中其他部門，都比較密切。

研究大气中的現象及較短过程的复杂的統一与綜合，探討其規律，解釋这些現象与过程的发展原因，推测其未来的发展趋向，及在不同自然地理条件下这些过程与現象的表现形式，使人們掌握过去、現在及将来的天气情况与变化，并用之于指导日常的生产活动，是天气学的主要内容。

气候学与天气学的划分，主要决定于研究的对象，即平均气象現象与气象过程的时间長短。多年平均气象現象的形成，与其地理分布及更長时期的变化，是气候学的研究对象。而几小时到几天、几个月內的天气現象与天气过程的地理分布与变化，則是天气学的研究对象^①。在国民經济活动中的应用方面，气候学着重协助指导远景规划与基本建設，而天气学則着重实际的生产活动。由于两者的对象与应用范围有所不同，其研究的方法，当然也有差异。但是显然，两者都是气象学中最重要部門。

平均天气現象及天气过程的时间長短，是人为的。自然界中这些時間長短不同的天气現象与过程是相互联系相互制約的。因此，客觀的需要，使我們从事于气候学与天气学間的边界部門課目的研究，从而建立了大气环流学与中長期預报学。大气环流学研究地球大气的热量收支与分布，大气运动、热量与水分傳遞，及地球表面情况对这种分布、运动、傳遞的影响的各种現象与过程。而中長期預报学，則是根据气象学、天气学与大气环流学所获的結果，应用于实际三天到几个月的天气現象与过程的預报实践中去

① 比較一般的說法，天气学是研究瞬时的天气現象及其時間与空間变化，但是由于每一气象观测項目的完成，都需要時間，短的几秒鐘，長的一点鐘以上，所观测得到的結果，事实上是这一段时间里的平均情况。严格的瞬时，只是在数学中，抽象化后，才有其意义。

的一个部門。

从物理学的基本方法与原則出發，研究大气的各种現象与过程，揭露大气現象与过程的發展規律，是气象学另一重要部門——大气物理学的內容。它包括大气力学、大气热力学、大气光学、大气电学、大气声学等。有时我們也常引用了一个不很确当的名称——理論气象学。其中大气动力学部分，發展比較完善，构成了动力气象学。大气物理学广泛地渗透到气候学与天气学中去，成为气候学与天气学的物理学基础。近年来創立的气候形成理論，与数值預报学是大气力学及大气热力学分别与气候学及天气学結合的結果。

如将气象学視為大气物理学，并按地球表面对大气中物理現象与物理过程的影响的程度，将大气人为地分为三層，作为研究对象，因而形成了三个气象学的部門。把研究發生于近地面層（約1500米以下）大气中所發生的物理現象与过程的部門，称之为近地面層大气物理学。其中几十米以下的大气層，对人們的生产活动，具有特別重要的影响，地方性变化也很大，不少人从事小区域的研究，因而称为小气候学或垫地面層物理学。

在近地面層上，直到近一百千米高空中的物理現象与物理过程的研究，是高空气象学內容。在这一層中，地球表面影响較小，因而有时也引用自由大气物理学这一可能并不完全适当的名称。由于航空事业的需要，这一部門近几十年来發展相当迅速。但是現在已經肯定这一層中的物理現象与物理过程对近地面層中的現象与过程有密切的相互关联，所以高空气象学的应用范围已大大的超出了航空事业，而伸展到各种生产部門中去了。

近年来，尤其是高空气球与火箭探测技术的进步，100千米以上高層大气的現象与变化，已逐漸受到气象工作者的注意。高層大气的特点是空气非常稀薄，是否能作为連續介質，也值得考虑，

关于高層大气的研究,是高層大气物理学的内容。

此外,面对某些业务部門的特殊需要,气象学还分出了一些專門的部門,如农业气象学、海洋气象学、航空气象学等等。

至于研究气象学中所应用的仪器的性能、改良、制造等則是气象仪器学的内容。

总之气象学的方法基本上是物理学的方法,因而带有基本科学的性質。对象是自然界,着重地理的分布,因而也带有一些地球科学的特点。再則,气象学与生产实际的关系非常密切,应用广泛,也就有了工程科学的性質。物理学,地球科学,工程科学的特点与性質的綜合,是气象学的基本特点,也是气象学内容的要素与价值的依据。

1.4 我国气象事业的发展情况

气象事业与气象学虽然是密切地与人民群众生产活动有着紧密的联系,劳动人民几千年来也积累了丰富的气象知識,但是在封建統治下的小农經濟,无力推动气象学的发展,缺少有組織的总结、推广与提高。因此束縛了气象事业与气象学的发展。長时期中,这門重要的事业与科学裹足不前,停留在原始啓蒙阶段。滿清末,帝国主义势力侵入中国,借傳教士与海关掩护下,在沿江沿海的关卡及内地大中城市的教堂中設有若干測候站,所有記錄匯集于帝国主义控制下的上海海关总署与帝国主义直接扶持的徐家匯观象台、青島观象台等等机构,目的在于供交通運輸的方便,保証他們对中国人民財富的掠夺。国民党黑暗統治时期,虽然也增設了一些台站,其作用除了为官僚資本提供掠夺保証外,还服务于反动軍队鎮压人民革命运动。气象事业与气象学在这些时期里,缺少为人民服务的前提,也沒有得到人民群众的支持,当然不会有

什么發展。少数气象工作者,如竺可楨,涂長望,李宪之等人,虽然先后在南方与北方的大学里創辦了气象教育,訓練了一些人員,但是人数寥寥可数;虽然也作了一些关于东亚季風、寒潮、台風、長期預报的工作,并取得一定的成果,但在当时历史条件下,不能联系人民群众的生产活动,这些成果因而仅仅停留在文献中,而沒有起指导生产活动的作用。在解放前时期,气象事业及气象学与其他事业及科学一样,遭受到悲惨命运的折磨。

解放后的中国人民,在偉大的共产党领导下,掀起了生产高潮。因此,对气象事业与气象学提出了迫切的要求。在国民經济恢复时期,由于治淮与抗美援朝的需要,人民气象事业已經有了相应的發展。第一个五年計劃期間,更广泛的建立了高空台站网,創立了各級气象人員的学校,大量的訓練气象干部,自制了各种仪器。在第一个五年計劃期間,我国的高空与地面台站网的密度已列入世界先进水平。近年来气象服务方面,已逐步深入各个生产部門及偏远农村。气象学研究方面,短、中、長期預报,及各大流域的规划工作都有可观的收获。

圖 1.1—1.5 是各时期我国气象台站分布情况。

第二个五年計劃初,工农业的大跃进,对气象工作提出了更高的要求。1958 年广大的气象工作者已做出卓越的成績,对农业生产起了显著的作用。不久的将来,气候站将达十万个以上。气象业务部門提出的“專区設台,县县有站,乡乡有哨”的事业擴張計劃,以适应广大农民群众在生产大跃进中所提出的要求。这个計劃的实现,为世界气象事业發展方面,提供一史无前例的光輝榜样。气象事业的發展,向气象学提出了巨大的任务,气象工作者已提出了“十年规划、五年完成”的行动口号。并增加了天气控制等項目。1958 年中,党的“群众办科学”的偉大方針,現在已成了广大气象工作者的行动指南,气象科学十二年远景發展规划,一定能