

云的科学

R. A. R. 德立克 著

科学出版社

云 的 科 学

R. A. R. 德立克 著

李 再 琨 译

阮 忠 家 校

科 学 出 版 社

1 9 7 5

内 容 简 介

本书是以自然界中常见的各种云彩为题材编写的通俗读物，书中附有许多幅照片和插画。作者用深入浅出的笔法，尽量做到避免高深的物理、数学而把问题叙述清楚。全书共分十二章，从云的分类、大气中的水汽、空气也有重量、大气的浮力说起，然后再谈凝结和对流、冻结、雾和烟雾、气旋云、雷暴、晕和虹等与云有关的大气现象和形成过程。最后一章，作者安排了一些供读者观测和实验的小建议，启发读者进一步思考和动手做一些实验。

此译本基本上按原文翻译，但根据需要略有删节。本书可供具有初中以上文化水平的读者阅读。

R. A. R. Tricker

THE SCIENCE OF THE CLOUDS

Mills & Boon Publishers, London, 1970

云 的 科 学

R. A. R. 德立克 著

李 再 琨 译

阮 忠 家 校

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1975年2月 第一版

开本：787×1092 1/32

1975年2月第一次印刷

印张：3 3/4 插页：5

印数：0001—65,260

字数：79,000

统一书号：13031·260

本社书号：420·13-15

定 价：0.48元

譯 者 的 話

云是最常见的自然现象。自古以来，劳动人民为了决定农作物的种植和收获时间，一直密切注视着天气变化，积累了许多丰富的看天经验。由于云是反映天气变化最直观和最重要的气象要素之一，因此在近代气象学出现以前，看云预测天气已为广大劳动人民所乐用。

长期观测和实践表明，云是天气变化和大气运动的结果，云状的演变往往与某种天气系统的出现有密切关系。或者某种云状的出现是大气强烈不稳定的一种标志，正孕育着一些猛烈天气现象的发生和发展。例如，“天上钩钩云，地上雨淋淋”，“日晕三更雨，月晕午时风”，“鱼鳞天，不雨也风颠”，“朝有破絮云，午后雷雨临”等就是我国劳动人民在生产斗争实践里，从长期看天经验中总结出来的很有用的天气谚语。它们即使在有了雷达、卫星、激光、红外等新技术的今天，仍然是正确地做天气预报的很有参考价值的依据。有了云的知识 and 看云经验，我们可以从变幻无穷的云彩中预测未来的天气变化，及时做好各种防御措施，减少损失，甚至变害为利，让云雨为人民服务。

然而云是怎样形成的，它的物理过程怎样，并非为大家所了解。《云的科学》这本小册子就是围绕与云有关的主题，用浅近的笔法从原理上把这个问题作较全面的介绍和说明。文中尽可能避免高深的物理，也没有任何数学表示式，并为了能直观地把问题说清楚，帮助读者加深理解，作者尽量用

简单的实验方法加以证明。全书共分十二章，从云的分类说起，谈到大气中的水汽、空气的重量和空气的浮力，然后再谈凝结、对流、冻结、烟雾、气旋云、雷暴、晕和虹等与云有关的大气物理现象和过程，最后还安排了几十个独立观测和实验的题目，以提高读者兴趣，帮助读者思考和实践。本书偏重于从物理上对云的许多方面作说明，这是本书的主要特点。但是云的内容非常广泛，还包括实际应用方面的一些问题，如人工影响云雾和对各种云的预报等，本书则几乎没有阐述，这是不足之处。

本书是一本科普读物，在翻译过程中，译者力求做到文句通畅，表达确切，个别地方根据需要略作删节。但由于译者知识浅薄，水平有限，谬误在所难免，希望广大读者批评指正。

序*

由于物理学的所有分支，几乎没有那一门是与云的科学不发生一定程度的牵连的，因此，要写一本完整的关于云的科学书就势必要涉及物理学的整个领域。在这本小册子中，我们当然不打算这样做。这本小册子里所谈的，仅仅是某些可能使业余气象观察者感兴趣的最基本的方面。通过这本小册子给你们增加的这一点知识，将会大大增添你们在观察天空时所能找到的兴趣，而且可以为那些喜欢观察大自然的人开辟一个新的领域。对于那些刚刚在学习物理学的人来说，云的科学也将会帮助他们去了解这个学科里的一些最初步的东西。无论是对于前一类读者，还是对于后一类读者，他们对这门科学的兴趣都将会通过实际的观测和实验而大大地被提高。正因为如此，所以我们在最后一章里列出了一些让读者亲自动手去做和自己开动脑筋去想的事情。这里面有不少课题留给读者自己去发挥他们的才能和机智。如果单单只提出一些事情让读者照着去做而不提出一些实际问题让读者开动脑筋去解决，也没有什么困难留待读者去克服的话，那末，相对来说，这就如同在给读者增加一点兴趣的同时也给读者增添一些乏味的东西一样，是不足取的。

R. A. R. 德立克

(1969年11月)

* 中译文基本上按原文翻译，但根据需要略有删节。——译者注

目 录

第一章	云的分类·····	(1)
第二章	大气中的水汽·····	(6)
第三章	空气也有重量·····	(18)
第四章	大气的浮力·····	(29)
第五章	凝结和对流·····	(38)
第六章	冻结·····	(48)
第七章	几个实例·····	(56)
第八章	雾和烟雾·····	(64)
第九章	气旋云·····	(71)
第十章	雷暴·····	(80)
第十一章	晕和虹·····	(88)
第十二章	想和做·····	(101)

第一章 云 的 分 类

对于爱好色彩的人来说，很难找出颜色比云彩更美丽的东西了。云彩的旖旎多姿不仅只出现在日出和日没的时候，单凭这一点，就已经值得人们随时都去对它进行观察了。云彩的色调也比我们在任何水彩中所能看到的色调更为艳丽。有一些云高悬天空，往往升得比最高的山峰还要高，并且通常受到灿烂阳光的照耀，这就使得人们可以毫不费力地对它进行观察，而且也的确是值得去对它进行观察的。

只要用一点时间来观看这些云，就可以看出，它们有着许多互不相同的种类。给某些最常见和最重要的云取个名字是很有用处的。这样，在我们提到它们的时候，就比较方便。并且可以通过这些常用名字来了解有关它们的一些知识。

可以用来对云进行区分的方法有许多种，同时云的命名方式也是多种多样的。首先，可根据云的形成方式来定名。但是由于人们必须在对它一无所知的情形下就开始给它命名，因此这并不是一种一开始就能加以采用的最好方法。其次，我们还可以根据云的组成成分来给它命名，但是人们开始对云命名时，对此也是一无所知的，所以还得根据另外的方法来给它们命名。云在空中所处的高度虽然也可以被用来对云进行分类的依据，但是我们最好还是根据它们所具有的不同形状来进行分类。

卷云，又名纤维状云。只要是头发般的纤维束组成的云

都可以称之为卷云。这种云通常看上去像是被风吹乱似的，并且像一股股绳子向着一个方向拉长而去。卷云通常是在较大高度上形成的，但是也可以在几乎所有的高度出现。由这种云组成的云流，有时也会随风飘过很低的山头，例如，低至700多米，甚至更低。在这类云中，有时可以看到整个或部分的晕轮，其半径(22°)表明它们是由冰晶组成的。冰晶的面组成一个 60° 角的稜体，所谓 22° 是指大部分光线通过稜镜时的折射角度，我们以后在第11章中还要谈到如何在光束中通过旋转一个 60° 的水稜镜近似地预报晕的角度。在南北极，那儿的温度通常比冰点低得多，在地面上也可以形成冰晶云。在这种情况下，空气内开始充满着由冰尘组成的雾。当冰尘缓慢地从云中沉淀出来并以不同的速度随风吹出去的时候，就产生了卷云的所谓纤维。在彩色照片1所示的卷云中，纤维的方向有点不寻常，其指向似乎直上直下。这是因为这些纤维的方向朝着我们，而我们是远远地位于它们的下面，因此看上去这些冰晶却在我们的头顶上通过的缘故。卷云通常出现在7000米以上的高空。

有时高空中布满着一层冰晶云，这层冰晶云非常薄，实际上根本就看不见。但是，通过冰晶云内形成的日晕或月晕，我们可以知道这种云的存在。彩色照片2中所示的就是这种已经形成了清晰晕轮的冰晶云。如果你仔细观察一下，就可以发现，这时候的天空比晴天时正常蔚蓝色的天空要显得暗淡一些，晕轮内的天空比晕轮外的天空又要暗一些。对于这样的云来说，尽管卷云这个名字取得不大合适，因为根本就看不到纤维，但是，由于这种云较高并且又由冰晶组成，所以在这种情况下还是这样称呼。这样的云有时亦称之为薄幕状卷云或雾状卷云。

在低空，常常会形成一种常见的云，这种云叫做积云。积云，呈堆积状，而且很明显地一块堆积在另一块的顶上。彩色照片 5 是一张典型的积云云堆照片。像卷云那样，积云也可以在各种不同的高度形成。当它们处在很高的高空并由冰晶所组成时，一般称之为卷积云。在比卷积云低一些但仍然是很高的天空（其高度约为 2300—6500 米之间），常可见到一种很好看的云，叫做高积云。高积云是由许多很小的积云所组成，常排列成好看的花样，形成鱼鳞天。俗语说：“鱼鳞天，雨临近”。彩色照片 3 是日落时的高积云照片。由于高积云在较高的天空形成，因此能吸收日出和日没时的阳光。彩色照片 4 也是一张高积云的照片。这张照片是在美国中部 11000 米的高空，从华盛顿飞往旧金山的飞机上拍摄的。

所有比较均匀地呈横向层状分布的云都可以叫做层云。彩色照片 2 中形成晕轮的高云叫做雾状卷云，也可以叫做卷层云，尽管这个名字通常是用于比较显而易见的卷云层的。彩色照片 6 所示的是一层层云，虽然仍处于较高的高空，但是毕竟较卷层云低多了。在这张照片中，尽管太阳的颜色看上去很“淡”，但是并不存在 22° 的日晕。在这个高度没有冰晶。然而，太阳还是被一种“衍射”晕包围着，因而太阳的颜色变淡，关于这一点，我们以后在第 11 章中还要谈到。

彩色照片 7 所示的是更低的层云。雾也是层云的一种形式，不过是地平面上的云罢了。有时雾层很薄，这时树顶和高建筑物就非常清楚，如彩色照片 8 所示。我们走入雾中，就可以知道在云中是什么样的了。当然，不是一种令人愉快的感觉，那儿的空气很潮湿，充满着无数极其微小的水滴。有些水滴沾在衣服的绒毛上，有些实在太小了，根本看不见，而另外一些则聚合成稍大的可以看得见的水滴。

另外还有一个用来表述某一些云的通用术语，这个术语就是雨云。雨云被用来表示正从那里落下雨滴的云，或者正在落下其他形式降水的云。首先必须注意，不要把降雨与日光穿过云隙并在云的下面形成淡而暗的流光相混淆。一般说来，两者不难区分。日光由太阳辐射而出，是直线进行的，而雨点的下降通常不是那样的。要知道是否在下雨，一个比较有把握的方法就是看远处的风景是否被遮蔽。在彩色照片9中，由于下雨，远处的群山看上去朦朦胧胧。这张照片是在埃耳戈尔（Elgol）附近的猎狗岛（Isle of Skye）的柯林（Cuillin）山上拍摄的。彩色照片20是在同一地点拍摄的，背景也相同，但是天气条件不同，照片中更远的山都可以看到。彩虹（见彩色照片10）是某个地方正在下雨的一个明确的标志。除了上述几种术语之外，还可以把两种表示不同的云的术语组合在一起构成许多其他术语。例如，积雨云是一个很常见的合成名字，其缩写形式是Cu—Nb，是一种正从那里降雨或降雪积云。雷暴就是一种较大的积雨云；又如，降雨或降雪的层云通称雨层云；此外，还有层积云，这是一种像积云一样有堆积状特点的层云。

在看积云的时候，最重要的一点就是垂直发展的问题，特别是如果你对是否可能下雨的问题感兴趣的话。云的垂直发展说明了大气的不稳定，导致雨云的形成，我们以后还要更详细地谈到。彩色照片11和12显示出两种截然不同的情况：彩色照片11是一张积云照片，是在格林威治标准时间10：30拍摄的，可以看出明显的垂直发展，一个多小时之后就出现了大雨；而彩色照片12是在夏天拍摄的，时间是下午一点半，天气稳定，云的垂直发展很弱。早期的垂直发展是当天晚一些时候可能出现大雨的一个标志。

现在我们将把注意力转移到大气物理方面去。要完整地论述这个问题，将意味着几乎要研究整个物理学，当然，我们在下面所谈的只限于少数几个最重要的课题。

第二章 大气中的水汽

“水汽”这个词究竟是什么意思，并不是总能为人们所正确理解的。几乎所有的物质都可能以三种状态而存在，即固态，液态和气态。这三种状态人人皆知，不难区分。固体具有几乎不变的形状和大小，虽然可以被弯曲或因热而膨胀，但在其他情况下，其形状和大小是不变的。液体虽然也有一定的大小和体积，但并不具有一定的形状；一般说来，它的形状将随盛放它的容器的形状而改变。气体则不然，它既没有一定的大小，也没有一定的形状。很少一点气体就可以装满任何盛放它的容器，而不问该容器是多么大或多么小。

液体蒸发时，其中的物质就从液态转变为气态，而当它凝结时，又从气态变回到液态。一切气体都可以液化（或者说都可以凝结）。凡是只须通过加压就比较容易凝结的气体，一般称之为“汽”。因此，气体和汽并没有太大的区别。气体这个词，有时被用来表示较难凝结的气体（亦即所谓永久气体），但是最好还是把所有气态物质都包括进去，所以也应把汽包括在内，而汽只不过是气体当中的一种。

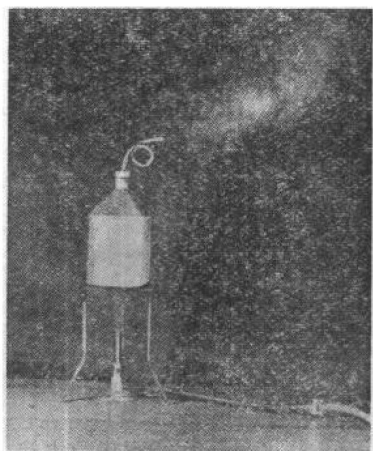
大多数常见的气体，例如，空气中的氧气、氮气以及少量的二氧化碳，都是无色和看不见的。另外一些气体，如氯气和过氧化氮，则是有颜色的，是很容易看见的。然而，水汽却是一种无色和看不见的气体，一般所说的蒸汽就是水汽，也是看不见的。因此，我们平时看到水壶里的水煮沸时从壶嘴里出来的气体并不是蒸汽，只不过是普通的水煮开

时从壶嘴里出来的热蒸汽或水汽与外面的冷空气相混合以后凝结而成的微滴所形成的云。同样，我们从蒸汽机车冒出的浓雾中所看到的所谓“蒸汽”，在实际上也并不是蒸汽（见彩色照片13），其中有一些是从燃烧的煤中跑出来的烟，而大部份同样是由水滴而形成的云。

只要做一个简单的实验就可以说明这个事实。如果我们把盛在一个铁罐里的水煮开并让所谓“蒸汽”从一条弯曲的铜管里跑出来（见照片1(a)），那末我们就可以看到日常生活中用水壶煮开水时所常见的一种现象。

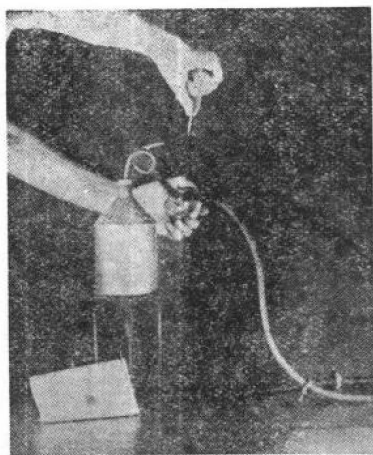
我们可以看到会有一种通常被误说为“蒸汽”的东西从铜管里跑出来，可是在实际上这并不是“蒸汽”，而是我们经常看到的云。在靠近铜管末端的那一段的水汽虽

然还很热，但是看上去这里似乎是“空”的，然而实际上这里面却存在着真正的水汽（或者说蒸气）。在这里，水汽得不到足够的冷却，从而不能凝结成微滴云，因此看上去里面好像是空的。如果我们另外用一盏本生灯将铜管烧热，那末从铁罐里出来的水汽会变得如此之热，以致除非它与大量的空气相混合，否则不会凝结，因而也就不会形成云。我们在



照片1 (a)

壶里的水煮开了，所谓的“蒸汽”——人所皆知的云，从壶管里跑了出来。云，实际上并不是蒸汽，而是一团微小的水滴，当看不见的蒸汽与外面的冷空气混合在一起的时候，凝结成这些微滴。在蒸汽与外面的空气混合而冷却之前，在壶管末端附近有一个明显的空的地方。



照片1 (b)

如果现在用另一个本生灯给壶管加热，蒸汽就变得很热，以致于在它大量的空气混合之前不能马上冷却，因而这时不会出现凝结，云也就看不见了。然而，在热水汽(过热蒸汽)经过的地方，你可以用一张纸挡住它，纸马上就被熏焦；如果放一根火柴在那儿，火柴就会被热水汽点燃。

下面将要谈到，空气是能够容纳大量水汽的。然而要证明从铜管里出来的非常热的水汽(有时也叫“过热蒸汽”)气流的存在是很容易的。你只要拿一张纸放在铜管末端附近，纸马上就会被水汽熏焦，这股气流是这样热，甚至足以点燃一根火柴(见照片1(b))。

要证明在一般情况下空气中存在有水汽，也是很容易的。空气中的水汽是作为空气中的一种气体而存在的。如果空气得到足够的冷却，空气中的水汽就会凝结而变成液态。大家都知道，一壶冷水放在较热的房间里，

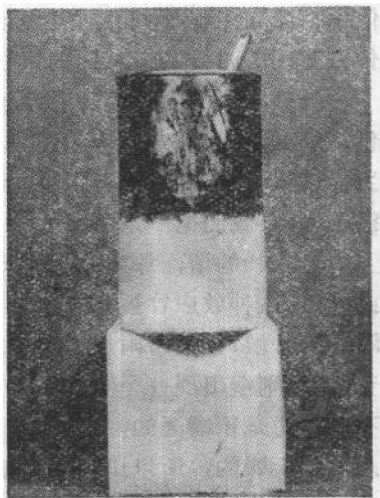
壶的外壁马上就会出现一层水滴，这些水滴是由房间里的水汽变成的，它们很像一滴滴的露水；露水是按同样的方式由户外空气中的水汽发生冷却而形成的。在严寒的冬天，水汽会在任何一件从室外带进到室内的东西上面凝结，而且那件东西是足够冷的话，那末凝结了的水滴还会结成冰。但是，如果那件东西是非常冷的话，那末水汽就会不经过液态而直接在它的上面凝结成冰。白霜就是这样形成的。正如糖或盐是由许多小的晶体所组成那样，白霜也是由许多小的冰晶组成的，看上去也是白色的。黑霜则不然，它是由水冻结而成的，

首先凝结成露水或者像雨那样先降落到地面，然后才冻结。

在照片2中所示的是一个盛有冰和盐的混合物的铁罐，它的温度比冰点低得多。铁罐下半部呈乳白色的地方是一层白霜，这层白霜是由于罐子里面的冰冻混合物使铁罐的这一部分金属的温度降到冰点以下，从而使大气中的水汽直接凝结成固态而形成的。我们把这个铁罐放在一块木头上，并用白纸把木头包起来，所以要这样做，为的是在照相时好把黑白颜色衬托得更鲜明。因此看上去虽然它很像是一层白霜，但是请注意，这可不是冰啊！

空气只能容纳一定量的水汽，当它不再能容纳的时候，就被称为“饱和”。在已经饱和的空气中，水当然不能再蒸发，在这种情况下，衣服将不会被晾干，人的身体也不能通过出汗蒸发而感到凉快。在夏天遇到这样的天气会使人感到闷热和不舒适，在冬天遇到这样的天气，则会使人感到非常阴湿和寒冷。

有一些物质会从空气中吸收水汽。我们平时吃的食盐在某种程度上就是如此，在空气中暴露得时间长了，就会变潮。很浓的硫酸，氯



照片 2

罐头里放的是冰和盐的冰冻混合物，其温度比冰点低得多，外面空气中的水汽在罐头的下半部凝结，因为那儿的金属壳已被冰冻的混合物所冷却。水汽直接凝结成冰，而不经过程态水的阶段。罐头下部的聚附物是白色的，因为它是由许多细小的冰晶组成的。冬天户外的白霜就是这样形成的。

化鈣和五氧化二磷更是如此，你可以在干燥的空气中秤出少量上述任何一种物质，然后让已知量的饱和空气慢慢地通过，而后你再把这件东西秤一下，那你就计算出既定量的空气可以容纳多少水汽。人们还发现，这个量会随着空气的变暖而显著增大。非常冷的空气必定是很干燥的，在冬季非常寒冷的地方，例如在北美，户外空气中的水分是如此之少，以致当冷空气进到室内时，室内空气是这样干燥，甚至连衣服和傢俱都会带上电荷。有时甚至连人的身上也会带电，因此当你去开门的时候，会从门的铜钮上引出电火花。

有些东西的大小会随着空气中的水汽的多少而发生变化。例如，一张固定在框架上以便用来做成灯笼罩的透明纸，当空气很干燥时，会张得很紧，而当空气很潮湿时，则会变得很松。如果我们把一条肠线的一头固定住，而在它的另一头系上一个重物的话，那末它将会随着空气中的湿度变化而伸长或缩短。这种效应曾被利用来制成一种旧式的晴雨屋，当空气潮湿的时候，在该晴雨屋中就会出现一个男人的像，而当空气干燥时，则会出现一个女人的像。但是由于下雨之前，空气并不一定总是很潮湿的，而且在晴天的时候，空气也不见得一定总是很干燥的，所以用这种晴雨屋来预报天气并不是很可靠的。一根头发也会由于湿度的不同而改变自己的长度。如果把一根头发的一端固定住，而把另一端系在一根杠杆上并使杠杆的另一头沿着一个标尺摆动的话，那末根据标尺上的刻度就可以知道“湿度”有多大。所谓湿度也就是水汽在当时的空气中的含量，它是通过使空气在同等的温度下达到饱和所需水汽的百分数表示的。例如，60%的湿度，就是指空气中所含水汽是在此温度下空气中所能容纳的最高水汽量的60%。

空气的温度下降到一定程度时，空气中的水汽就会凝结