

5633
CME

水文气象译丛

大气现象

〔苏联〕查莫尔斯基著

科学普及出版社

本書提要

這是一本普及氣象科學知識的中級讀物，書中較詳盡地說明了我們日常生活中經常看到和很少看到的各種大氣現象，並對這些現象的物理過程作了簡明通俗的闡述。對於一些不容易分辨的現象還作了比較，使我們對各種大氣現象能有一個比較全面和深入的了解。在當前群眾辦氣象事業的時期，這本書會有一定作用。

總號：892

大氣現象

АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

著者：А. Д. ЗАМОРСКИЙ

原出版者：ГИМИЗ, 1954

譯者：錢 增 進

校者：方 金

出版者：科學普及出版社

(北京市西便門外教場)

北京市書刊出版業營業登記證出字第091號

發行者：新 華 書 店

印刷者：北 京 市 印 刷 廠

(北京市西便門南大街乙1號)

開本：787×1092 1/32 印張：5 1/2

1958年12月第1版 字數：68,000

1958年12月第1次印刷 印數：4,050

統一書號：13051·152

定 價：(9)4角

目 次

緒 言	1
大气現象的多样性.....	2
水汽是怎样轉化成水的.....	5
第 一 章 地面物体上的水凝聚物	6
露.....	6
水淞.....	8
霧水(霧滴的降落).....	9
融霜的水.....	10
第 二 章 霜和它的同胞兄弟	10
輻射霜.....	12
霜花.....	15
硬淞.....	17
第 三 章 过冷却的水	20
零下溫度的雨.....	21
过冷却水的結冰.....	22
水滴的蒸發和冰晶的增長.....	23
过冷却降水的形成.....	25
第 四 章 电綫和树枝的積冰	26
晶狀霧淞.....	27
粒狀霧淞.....	30
雨淞.....	35
物体上冻结了的水滴.....	37
雪被.....	38
冻雪被.....	39
第 五 章 降 水	41
降水的种类.....	41

液体降水	43
雨的生成	44
彩色雨	47
零下温度的毛毛雨和雨	48
固体降水	49
雪	49
霰和米雪	54
冰雹	56
冰雨	60
固体降水的复盖層	62
第六章 霧	63
輻射霧	65
平流霧	67
蒸發霧	63
西伯利亞霧(村庄霧)	69
絕热霧	70
霧的濃度	71
霏和水微粒造成的其他种类的空气渾濁	73
第七章 冰微粒造成的空气渾濁	74
近地面空气中的冰晶	74
雪暴	76
第八章 灰塵造成的空气渾濁	77
浮塵和塵暴	78
低吹沙与干霾	79
第九章 風暴和龙卷風	80
風暴和颶風	80
颶	81
塵卷風	82
龙卷風	83

第十章 大气中的光现象	88
虹.....	88
华.....	91
晕.....	92
海市蜃楼.....	95
第十一章 大气圈的电现象	98
雷暴.....	98
静电光.....	102
极光.....	102

緒 言

环绕地球的空气圈，称为大气圈。大气圈具有复杂的組成和結構；大气圈中經常發生着各种各样的物理作用。其中有一些是常見的，譬如秋天下雨或冬天下雪；而有一些現象比較少見，譬如雷雨、冰雹和虹霓等。

研究地球的空气圈及其中發生的一切作用的科学，称为气象学。气象学研究一切大气現象和地球表面（海洋和陆地）之間的相互关系及相互作用。

大气現象是变化無穷的，不可能在一本小册子中把它們全部描述。我們的目的是向讀者介紹气象学家不用仪器便可观测到的、也是每一个爱好大自然的人所能研究的大气現象。

气象站的观测員在他們的工作中使用着水文气象站规范，规范里十分簡要地提出了各种大气現象的定义。为了統一观测和进行時間上及空間上的互相比較，必須执行规范中的規定。

科学普及書籍的目的是比較广的。这本小册子的內容不受正式规范的限制，因此在本書里对于大气現象作了比較詳細的描述，有几处还引用了新的術語或对旧的術語作了訂正，从而可以更深入地探討現象的成因和本質。

有些大气現象能够引起灾害或帶來利益。例如，冰雹能造成灾害，春雨能帶來利益。另外一些大气現象。像虹霓、星球周圍的暈，使我們能够判断大气圈所發生的作用。因此，每一个爱好大自然的人最好都能对各种大气現象的最重

要的、經過驗證的特征具有明確的概念。

在這本小冊子中，除了解釋引起各種大氣現象的物理原因之外，還簡要地指出了分辨外表有時相似的幾種現象的特征。作者希望借此幫助愛好大自然的人分辨不同的大氣現象，確定現象的外形和物理本質。

有些大氣現象是我們常見的，如雨、風、冰雹等。可是，有時候這些現象達到空前的強度，或具有異乎尋常的特點。這類現象統稱為反常現象。譬如，按照列寧格勒省的条件，通常的夏季陣雨是 10 毫米的雨量。而在個別幾年里，一次陣雨，竟達五十多毫米的雨量，這樣大的水淹沒了許多地方，造成許多破壞。這種稀有的、特別大的雨，是列寧格勒省的反常現象。在別的地方，例如黑海岸上的巴統，這類大雨卻是正常的現象。

在蘇聯的國土上，很少見到在下雨時降落各種水生動物，如魚、蛙等。這類“魚”雨和“蛙”雨便是反常現象。可是在地球上有些地方，這種現象卻是正常的。例如在中美洲的加勒比海岸上，每年都會遇到魚雨。

除了那些易于解釋的反常現象外，還有紅色的雪和雨、玫瑰色的毛毛雨、會爆炸的冰雹、在晦暗的天空中出現交織的圓圈所構成的複雜的圖畫、或者在暴風雪中閃着淡藍色靜靜的亮光，也都是反常現象。

闡明正常的與反常的大氣現象和它們的相互關係，是本書的目的之一。

大氣現象的多样性

大氣現象是極其多種多樣的。有些現象之間的區別是很明顯的。不可能區別不出雨和雪。但是，有些現象彼此之間

的差異不大；甚至连气象学專家也不是随时随地都能把連續性雨和陣性雨区别开来。

大气中的水分有气态、液态和固态三种。气态的水是看不見的。液态的水呈现出許多現象，其中露、雨、霧、虹等是大家所熟悉的。固态的水呈现出另外一些和冰有关連的現象——霜、雪、冰霧。

为了帮助讀者分辨我們能够看到的許多差異明显的和彼此相似的現象，我們按照它們的气象本質，把它們排列成一定的次序。

我們把所有的大气現象分为六类。头二类包括在地面物体上产生的水和冰的凝聚物或从大气中降落的各种形态的降水。第三类包括由于大气的渾濁度和能見度降低所引起的現象。第四类包括与大風有关的現象。第五类和第六类包括光和电的現象。

每类包含有几級大气現象；每一級又包含几种大气現象。如空气渾濁度的現象类包括五級：霧、霾、空中冰晶、雪暴和塵土。霧級又包括五种霧：輻射霧、平流霧、蒸汽霧、西伯利亞霧和絕热霧。

这就是大气現象分类的概要，也是本書叙述層次的根据。为了一般性地、初步地介紹上述分类法，特列出表1，其中按照一定的次序列举了本書中所討論的一切現象。

表1 大气現象的分类

一、地表和地面物体上形成的水和冰的凝聚物

甲、水凝結物

1. 露 2. 水淞 3. 霧水（霧滴的降落） 4. 融霜的水

乙、冰凝聚物（积冰）

5. 霜 6. 霜花 7. 晶狀淞 8. 冰淞 9. 晶狀霧淞 10. 粒狀霧淞

11.雨淞 12.冻结的雨滴和露滴 13.湿雪的积聚(淞屑)

14.冻结的湿雪积聚(冻霰)

二、降落到地面上的水和冰

甲、水态降水

气温在零度以上的降水

15.毛毛雨 16.连续性雨 17.阵性雨

气温在零度以下的降水

18.零下温度的毛毛雨 19.零下温度的雨

乙、冰态降水

20.连续性雪 21.阵性雪 22.无云雪 23.粒状雪 24.软雹

25.冰珠 26.雹 27.冰雪 28.冻雨

三、大气的浑浊度

甲、水态悬浮物

29.辐射雾 30.平流雾 31.蒸发雾 32.西伯利亚雾 33.绝热雾 34.雾凇 35.清洁的空气

乙、冰态悬浮物

36.冰末(冰针) 37.冰晶 38.冰雾 39.雪暴 40.低空雪暴

41.低吹雪

丙、矿物质悬浮物

42.浓尘和浓烟 43.吹沙 44.尘霾或烟霾

四、风暴和龙卷风

45.风暴 46.台风 47.旋风 48.龙卷风

五、光的现象

甲、由于大气中存在水滴所引起的光现象

49.虹霓 50.日华或月华

乙、由于大气中存在冰晶所引起的光现象

51.日晕或月晕

丙、其他的光现象

52.海市蜃楼

六、电的现象

水汽是怎样轉化成水的

大气的成分中經常存在着像看不見的气体一样的水汽。水汽像一切的气体一样，冷却后可以变为液体，轉化成为極小的水滴(圖 1)。这时我們就看到了霧或云。在一定的温度下，空气中含有不超过一定的限度的水汽量。水汽量限度的边界很快地随着温度的增高而扩大。表 2 中提供了 1 立方米空气所含水汽量的限度随温度变化的概念。

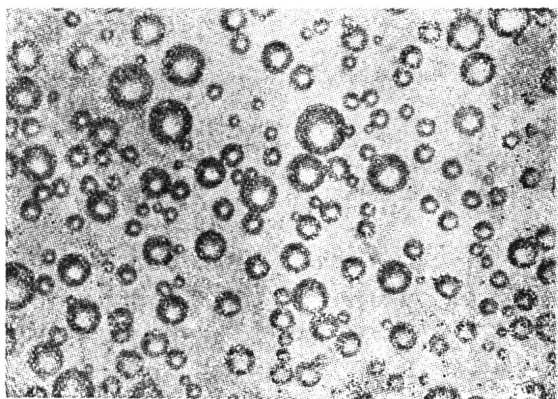


圖 1 放大 500 倍的霧滴

表 2 水汽量限度和温度的关系

温度(度)	-40	-20	0	20	40
水汽量(克/立方米)	0.2	1.1	4.9	17.3	51.1

在一定体积的空气中，如果水汽含量超过它能以汽态存在的含量，那末剩余的水汽就要呈水态凝析出来。例如，假設空气的温度为 1° ，需要 5.2 克的水汽才能使 1 方米的空气飽和。如果使这空气冷却 1° ，也就是使温度降为 0° ，那末在 1 立方米空气中只能含 4.9 克水汽。当然冷却 1° 以后，1

立方米空气的体积要缩小一些，所以只可以大致地认为，在冷却过程中有0.3克的多余水汽变成了小水滴——雾、露等。因此，当水汽饱和的空气冷却时，总会从空气中凝析出多余的水分。

空气一冷却，其中的水汽也随着冷却到饱和温度以下，这是由各种原因所引起的。在晴朗的夜里，地面通过辐射散失热量，近地面的空气便冷却。气团从一个地理区域移到另一个地理区域，这时如果空气移到较冷的区域，那末它就要冷却；如果空气向上升，那末它就进入气压低的高空层，发生膨胀，并且冷却。

在某些情况下，空气也因接触到较冷的物体而冷却。在一切冷却过程中，多余的水汽都呈微小的水滴状态析出。

第一章 地面物体上的水凝聚物

小水滴是通过三条途径凝聚在地面的物体上面的。第一，靠近物体的空气层中的水汽在物体上面凝结，形成水滴。第二，雾滴机械地聚积在物体的表面上。第三，当空气转暖时，冰的凝固体（霜、雾凇等）在物体上面融化，产生水滴。

譬如霜融化后，形成水，这对于农业具有重大的影响。这种水和露一样，妨碍联合收割机收割谷物，使北方植棉区的棉桃腐烂。融霜的水可以看作一种独立的气象现象。

积雪融化后产生的融化水是一种地面现象，而不是大气现象，因此在这里不加论述。

露

恐怕没有人不欣赏旭日上露珠瑰丽的闪光。许多俗语、

諺語、民間的謎語里都提到露。“霞而有露，不時有雨”——民諺在这里正確地指出了露和晴朗有霞的天氣的關係，以及下雨的不易捉摸的反复無常的性質。

尽管露水的外形簡單，但是在过去，露水还完全沒有經過研究。直到上一世紀的中叶，还把露誤解為和陰天下雨一樣，是晴空中“降落”的水。更早一些，人們認為露水是从星上流下來的，因为只有星夜的翌晨才出現露水。偉大的俄羅斯詩人萊蒙托夫在他不朽的詩篇中，反映了當時流傳的（但是不正確的）露水降自天空的說法：

露珠兒多么明亮，
離別了自己的天堂，
淪落到凋萎的葉子上，
放射着珠寶的光芒。

許多詩人和作家對露珠都作出幽美的讚揚，譬如偉大的英國詩人莎士比亞在他的詩中寫道：

那就是穿着絳紅色衣服的費伯
追踪着珍珠般的露滴匆匆登上了山崗。

露是在寧靜而晴朗的天氣里，当地表及一切地面上的物體輻射出熱而開始冷卻的時候形成的。由于土壤表面冷卻了，貼近土壤的空氣層也開始冷卻。空氣層中的水汽越來越接近于飽和狀態，而当地表及地面上的物體表面冷卻到露點（當空氣中的水汽開始凝結時的溫度稱為露點）的時候，呈微小水滴狀的水汽就開始在地面和物體上凝結。微小的水滴聚合成較大的水滴，大水滴就形成了露。露並非在地面上空的空氣中產生的，而是在空氣和地面接觸的地方產生的。因此，土壤及地面上的物體劇烈地冷卻是形成露的基本條件。土壤上空的空氣冷卻較慢，甚至可能水汽還沒有達到飽和。

露多半凝結在土壤、植物以及地面物体的水平表面上。在纖細的樹枝和高出地面很多的細綫上，由于它們冷却不大，所以不会有露。

特別經常容易形成露的天气条件是天空晴朗或高空有微云和微風，微風給冷却了的地表吹来新的空气，吹走那些多余的水汽已經凝析出的空气。在少云和多变密云的条件下也产生少量的露。

低凹而潮湿的地方比高而干燥的地方更易于形成露。当初秋夜长时露最多，因为夜長有利于地面剧烈冷却，而空气还是暖和的，因此含有大量的水汽。

露不但可以观察，而且还可以测量，即测量凝結成露的水量。测量的方法是，用几塊薄板，夜間把它們放在外面，預先称一称薄板的重量，等到薄板上凝結了露以后，再称一次。

水 淞

在秋天和春天，有时也在冬天，当寒冷的天气开始回暖时，刮着和暖湿润的風，石头牆上及其他吸热較慢的物体上往往形成很薄一層水。这就是水淞。一滴雨也沒有下过，也沒有霧，而陰天又是不利于露的形成的，那末水是从哪里来的呢？原来，巨大物体上的水是由于水汽在冷却到露点以下的物体表面上凝結而产生的。

陰天并不影响水淞的产生，却促使水淞产生，因为秋天天气回暖，常常出現厚密的云层，而且当地面空气的相对湿度很大时往往有低層云。

風起的作用也不大。而暖空气猛烈地侵入，显著地回暖时，才刮風。因此有时沒有大風也能产生水淞。無風时物体上

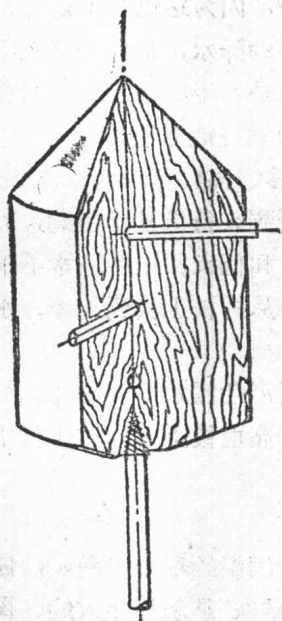


圖 2 观察水凇和硬凇的仪器，圖上示出一段木头圆柱，露出釘在圆柱里的稍許突出的鉄釘

所产生的水凇并不比刮風时少。

在晴朗的白天和夜間都能产生水凇，白天产生在物体受不到陽光晒热和晒干的背陰部分。在晴朗的夜晚，水凇能迎風产生，和露有所不同。在無風而晴朗的天气中，水凇和露同时产生，露在物体表面的上部凝結，而水凇产生在物体各处，但只限于大的物体。

水凇也可以用特制的小型仪器进行观测。用不着搬一塊大石头或砌一座磚牆，只要在大木板或园木头上深深地釘入一根粗釘子就够了(圖 2)。已經冷却数日的木头內部長久地保持寒冷，釘子从木头中心获取低温，使水汽凝結在釘子上。

霧水(霧滴的降落)

大自然是無穷尽的。人类年复一年地發現和研究各种陌生的自然現象。大粒的霧滴降落在物体上、草坪上和树枝上，然后流入土壤，潤湿了土地。風越强，物体被風吹的部分上降落的霧滴越多。

科学家們認為，在常刮風并有霧的地方，有霧时从树木上落到地上的水量，比降下的雨量还大。

在物体上由霧滴形成的薄層水还没有統一的名稱。过去

有人把它称为湿雾，这是不正确的，因为这已经不是雾，而是雾的产物。现在有人称它为水平的降水，但这个名称太籠統了，因为毛毛雨(參閱第四章)也是水平的降水。有时把这种薄層水叫做霧水，这个名称我們觉得最为恰当。

霧滴越大、風越强，霧水就越多。高物体上的霧水比低物体上的多。有时很奇怪，可以看到人行道是干燥的，而在大树枝下却有潮斑，因为树頂有时和低云相接触。水不仅沿着树干上的溝槽流下，而且也直接从树枝上滴到地上。水滴虽然不多，却都是大滴雨。

有时，地面上的霧很薄，不会产生霧水，而在霧的上層，霧滴較大，所以在高树枝上和高电綫上就形成了霧水。

融霜的水

秋天，太陽初升时，当你沿着潮湿的草地上漫步，你可能想不到草地上發出彩虹光芒的“露珠”是怎样生成的。夜間的早霜有时在黎明回暖时發生变化。夜間吹来的暖空气融解了霜，把霜变成水滴；而旭日的温暖也足以使驕弱的小霜晶变成水滴。当然，这时土壤上夜間的早霜是不多的。这不是上面所描述的露，而是融霜的水。

为了不放过物体上面交替出現的各种現象，在早霜期間要仔細地觀察物体。早外出的人能够看到霜，迟些的人只能看到“露”，即融霜的水。这种水和真露的区别是它在陰天也能見到，而真露在陰天是不会有的。

第二章 霜和它的同胞兄弟

初霜期間，草地在晴朗平靜的早晨盖上了一層銀白色的霜。严寒之后剛剛开始解冻的时候，石牆上布满一層毛茸茸

的冰晶，呈现出白色。这些冰晶是怎样形成的呢？

让我们来回忆一下，为什么物体上会出现水。这是因为水汽凝結、霧滴聚积和冰的融化。物体上的冰也是通过类似的途径形成的。

冰是由水汽不经过液态直接結晶而形成的。水汽变成固体(冰的物质)的这一过程，叫做升华。这种冰称为升华冰，有时为了着重指出它是由水汽直接产生的，把它称为水汽冰。

由于直接下潮湿的雪，它粘附在电线上、房屋的突出部分及其他地面物体上，也能产生物体上的冰。

最后，水在物体上冻结也能在物体上产生冰。为了着重指出这种冰的成因，有时称这种冰为水冰。

当物体比空气还要冷的时候，物体周围的空气便会冷却，于是空气中所含的水汽便达到饱和状态。这时水汽就轉化成水(物体的温度在零度以上时)或冰(物体的温度在零度以下时)。

当空气中的水汽超过了一定的零下温度下的饱和水汽量时，剩余的水汽在物体上就升华为冰晶。霜、窗子上的冰花、“冻结了的木房角”上的一層冰晶，就是这样形成的。我们可以看出，在日常生活中流行的最后那句话是不完全正确的。这句话似乎說水分是通过木头产生的，冰晶是从木头中析出的。事实上，冰晶是靠空气供給的水汽在住宅的牆上生成的。“冻结”只是一切牆壁处在零下温度时产生的結果。

1942年冰冻的春天，列宁格勒室外已经暖和了，而在没有暖气的房子的楼梯巷道中产生了大量这类的結晶冰。楼梯巷道中多次反射着由窗外射入的春光，異常明亮。室外的气温已经达到 15° — 17° 了，而石牆仍旧保持逝去不久的严冬时的零下温度。

有些觀察証明：水汽升華時在某一短促的時間內仍然是經過液態的。這個問題，科學家們還沒有解決。對於非常微妙的升華現象，以我們進行的簡單觀察，是摸不清詳細情形的；因此，以後我們要截然區分凝結與升華這二種作用。

升華冰和由液態水凍結而成的水冰在外形上有很大的區別。前者長成雪狀毛茸茸的冰晶層，後者結成堅實的像玻璃一樣透明的塊狀冰壳。假如用顯微鏡來觀察升華冰的晶体，那末很容易看出晶体是像玻璃一樣透明的小冰塊。因此，從物理學的眼光來看，霜和雹這類冰的生成物都是晶体冰。但第一種冰的外形是晶体，而第二種冰外形是無定形的非晶体。我們以後就根據它們的外形和成因來稱呼這兩種冰：結晶升華冰和無定形水冰。

輻 射 霜

在日常生活和技術上，把水汽在物體表面升華形成的一切雪狀的冰都稱為霜。但是氣象學家卻按照它們的生成條件，把外形相同的冰晶積聚物區分開來，因為考慮到形成冰的天氣特征對他們來說是重要的。

為了着重指出由於土壤在晴朗的夜間冷卻到 0° 以下而形成霜這一氣象特性，把這種霜稱為輻射霜較為方便。在不會發生混淆的地方可以把輻射霜簡稱為霜。

假如我們用放大鏡或顯微鏡來仔細觀察霜，我們一定會驚奇地看到規則的晶形。不過，霜的晶体是不一樣的。它們隨着天氣的變化而天天變換着，變成各種不同的形狀：有時是一片六角的花、有時是向上伸展好像木賊似的多節小管構成的骨架，有時是極細微的薄片叢。有些霜晶的形狀畫在圖3上。

不論空氣溫度有多少度，只要物體表面溫度在 0° 以