

王燕平 张超 著

ZUNGUI DE XUEHUA

# 尊贵的雪花

世界上最惊艳的一本冷知识书

300枚雪花的显微摄影作品为我们

讲述云之彼端的故事

张超 著

 重庆大学出版社



ZUNGUI DE XUEHUA

# 尊贵的雪花

王燕平 张超 著

重庆大学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

尊贵的雪花 / 王燕平, 张超 著. — 重庆 : 重庆大学出版社, 2017. 10

ISBN 978-7-5689-0257-1

I. ①尊… II. ①王… ②张… III. ①雪-普及读物  
IV. ①P426.63-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第274950号

## 尊贵的雪花

王燕平 张超 著

责任编辑: 梁涛 柏子康 版式设计: 杨松岩 绘图: 吕洁  
责任校对: 邹忌 责任印制: 张策

重庆大学出版社出版发行

出版人: 易树平

社址: 重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编: 401331

电话: (023) 88617190 88617185 (中小学)

传真: (023) 88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: [zhuang@zhuang.com.cn](mailto:zhuang@zhuang.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

\*重庆慧创印务有限公司印刷

开本: 889mm×194mm 1/32 印张: 4.25 字数: 144千

2017年10月第1次印刷

ISBN 978-7-5689-0257-1 定价: 48.00元

本书如有印刷、装订等质量问题, 本社负责调换

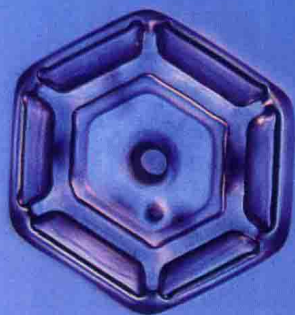
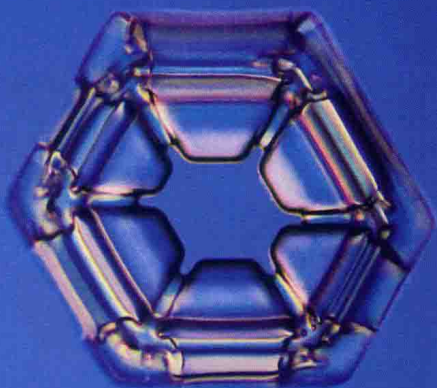
版权所有, 请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书, 违者必究



清晨，零星小雪飘落京城，雪花落在乌黑的冰面上如同贵州少数民族的蜡染作品。每一片雪花都精美绝伦，肉眼便可以看见它们的细微结构。雪后不久，北京的天空渐渐放晴，深夜时我们看到了满天的繁星。

这个有雪花有星辰的日子非同寻常，这天我们的宝宝降临人间。





# 目 录

- |             |      |
|-------------|------|
| 1 雪花的故事     | /001 |
| 2 千变万化的雪花   | /011 |
| 3 雪花的家族     | /027 |
| 4 那些不是六瓣的雪花 | /067 |
| 5 其他类型的雪花   | /083 |
| 6 雪花的饰品     | /095 |
| 7 复合类雪花     | /107 |
| 8 玩起雪来      | /123 |



1

# 雪花的故事



一枚来自吉林省长春市的雪花

雪花是什么？它从哪里来？为什么会有如此独特的形态？这些问题，即使是北方见惯了下雪的人们，也不一定回答得出来。在人们的印象中，雪花是大气中的水汽被冷冻之后飘落下来的，听上去好像只是个很简单的凝华过程。然而，每一片小小的雪花都包含无数精妙的细节，且每一片都有着与另一片不一样的形态。看来，雪花的形成并不这么简单。

越是奇妙的事物，越会早早地吸引人们去研究，尤其是那些对人们来说司空见惯的日常事物，雪花就是这样一个典型的例子。很早的时候就有科学家开始探寻雪花的秘密，也正是他们的钻研，使得如今我们对雪花的认识更加清晰和完善。这些科学家中，不乏天文学家、物理学家，甚至是数学家。



## 西方国家的雪花研究历史

西方国家最早关于雪花的科学文献是1611年出版的《六边形雪花》，作者名叫约翰纳斯·开普勒（Johannes Kepler），就是发明了著名的开普勒三定律的德国天文学家。天文学家的眼界从来都不局限于宏观的宇宙，开普勒是用科学的眼光去观察并仔细研究雪花六边形对称结构的第一人。

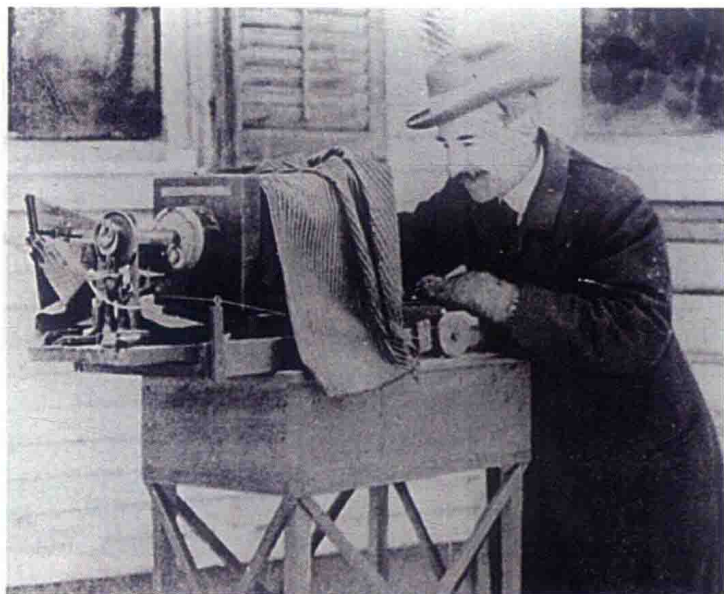
《六边形雪花》一书中，开普勒仔细探究了雪花为何总是呈现六角对称形态，并与植物开出的6个瓣的花朵进行了比较，试图找出其中的关联。他注意到，当把一些球体紧密堆叠到一起的时候，会形成六边形对称结构，于是他推测雪晶形态的形成可能也和这一过程相似。他曾试着从原子的角度解释雪花六边形的成因，但最终没能得出什么具体的结论。开普勒认识到，雪花的形态和尺寸，取决于雪晶的形成机制及其他不同因素的影响。

雪花晶体对称性的起源是个很有趣的问题，开普勒认识到了这一点，但同时也承认，就已有的科学水平来讲，根本无法解答这一问题。优秀的科学家总是敢于承认自己无知并在求知的道路上继续前行，开普勒正是这样一位优秀的科学家。由于技术和设备的限制，在他那个时期，雪花晶体对称性的问题确实无法得到解答。直到300年后，X射线晶体学诞生，这一问题才得以解答。

精确描述雪花晶体结构的第一人，是法国哲学家兼数学家勒奈·笛卡尔，他最具代表性的至理名言是“我思故我在”。不少人知道他在哲学和数学领域的成就，却少有人知道他在大气科学方面也颇有建树。他被雪花完美的几何结构深深地吸引，通过肉眼观察雪花记下了许多精细的笔记，其中包含一些对罕见的冠柱晶、十二瓣雪花以及星状晶的描述。

关于雪晶的六边形对称结构，笛卡尔认为是最初不规则晶体被统一堆叠在一起所致。他还猜想，雪晶中原初的无序部分以及突出部分会在生长过程中融化，填充到原本不规则的结构中，最终形成平整的、对称的规则结构。笛卡尔的工作促使人们认识到，雪花形态与大气因素之间是有关系的。

“这些小小的薄片，是如此平整，如此光滑，如此透明，厚度比一张纸还薄，却有着完美的六边形结构，六边形当中的每一个边都是那么的平直，6个角的大



工作中的威尔森本特利

小也完全一样……人类绝不可能制作出这样精细的东西。”

“我很难想象，在有着强风的大气之中，每个晶粒如何精确地长出6个对称的齿轮形结构。后来我终于意识到，正是风把晶粒带到云层的上部或者下部并让它们在那里停留，每一个平面都被6个其他的晶粒包围着，于是晶粒在那种环境下不得不长成一种独特的形状。”——笛卡尔，1635。

17世纪中叶，显微镜的发明使得雪花的观测研究迅速升温。英国博物学家罗伯特·胡克（Robert Hooke）功不可没，他用自己设计制造的显微镜，把所有能拿到显微镜下观看的东西都看了个遍，并一一画下了它们的模样。1655年，他把这些观察绘图出版，名为《显微图志》，书中包含了很多雪花图绘，并首次揭示了雪花错综复杂的对称结构。罗伯特·胡克为后人开辟了一条崭新的道路，如今人们能看到那么多精美的显微雪花，都得益于他的这一伟大发明。

19世纪50年代，英国气象学家詹姆斯·格莱舍（James Glaisher）草绘了151种雪晶形态，他的妻子依照这些草图重新绘制了更为精细的版本，并最终发表在他们1855年出版的雪花研究文献中。这些图片绘制得十分精细，以至于乍一看就好像是雪花的显微照片似的。

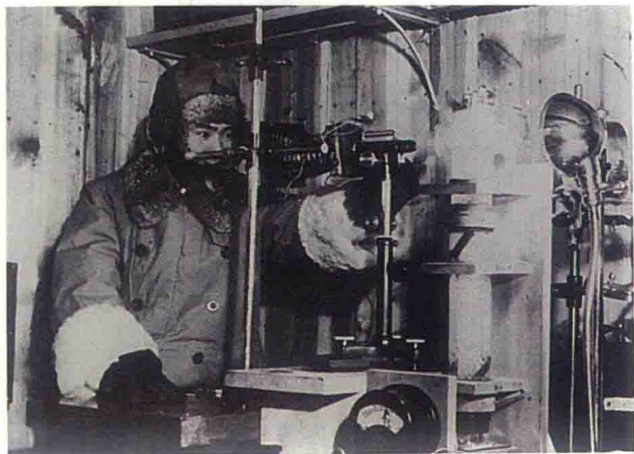
同期，即19世纪中叶，照相机诞生了。当所有人都纷纷忙碌着用相机记录下眼前所见的人物和景物的时候，美国一位名叫威尔森·本特利（Wilson A. Bentley）的青年却在一门心思地琢磨如何拍出显微照片来。他自制了一套独特的设备，把照相机和显微镜连接起来。功夫不负有心人，1885年，他成功地拍出了第一张雪花显微照片，那一年，他20岁。自此，雪花显微摄影成了他一生所爱。那之后的46年里，他运用老式的玻璃底片拍摄了5 000多张雪花照片。精美的雪花照片被陆续发表出来，很多从未见过雪花的人们终于有机会目睹雪花内部的形态，纷纷感叹道“太不可思议了”。也正是这些雪花照片，让人们认识到，世界上没有两片完全一样的雪花。

## 日本的雪花研究历史

日本对雪花的观察记录，始于显微镜发明之后。雪花精妙的形态深受人们喜爱，江户时代的许多幅浮世绘作品中，女子服饰上都满是各种美丽的雪花图案。

18世纪60年代，日本铜版画先驱司马江汉绘制的一组显微镜观雪花图中，除了六瓣雪花和不规则形状雪花，还出现了十二瓣和二十四瓣雪花，他认为雪花的瓣数都以6的倍数出现。就多分支雪花的罕见度来讲，那个年代有这样的记录实属珍贵。

真正对雪花晶体进行系统性研究的第一人，是日本一位核物理学家，名叫中谷



工作中的中谷宇吉郎





女子服饰上布满美丽的雪花图案——溪斋英泉（Keisai Eisen）作品

宇吉郎（Nakaya Ukichiro），他的研究向人们揭示了雪花晶体是如何形成的。1932年，中谷宇吉郎在日本北海道被委以教授职位，研究核物理学。不过，他任职的地方并没有核物理研究设备，反倒时常下雪，于是他决定将研究精力转投到雪花晶体上。与本特利不同，中谷宇吉郎并不是只着眼于那些极其精美和对称的雪花，他关注的雪花类型更丰富、更广泛。

天然雪花可研究的时间毕竟有限，对于天时的要求较高。中谷宇吉郎想，如果在实验室里研究雪花就好了，只需要控制好环境条件就行了。不过，要实现这一点，着实有难度。自然界的雪花从大气层飘落下来经历了一段很长的路程，要想在实验室里造出雪花来，岂不是也要“制造”一段“很长的路程”？这个问题不好解决，他又琢磨出别的研究点来——在精细的线上悬挂单个正在生长的晶体，看看每个晶体会怎样变化。这项研究也经历了许多失败，各种“线”都被试验过了，统统不行，总是会结霜。直到最后，兔毛上场，首个人工制造的雪花自此诞生，它远比自然界的雪花还要对称和完美，推翻了笛卡尔所说“人类绝不可能制作出这样精细的东西”的言论。

中谷宇吉郎尝试了让雪花在各种不同的环境温度和湿度中生长。他发现，雪花的形态与生长环境密切相关，尤其是环境温度。例如， $-2^{\circ}\text{C}$ 的时候，会形成简单的片状晶，但在 $-5^{\circ}\text{C}$ 的时候，就会出现针状晶。此外，他还发现，雪花形态的复杂性随着环境湿度的增大而增大。湿度低的时候，形态就是最基本的六边形结构。

通过对实验室生成的人造雪花的研究，中谷宇吉郎把自己在雪花形态学方面的成果制成了一幅图——雪花形态图，用以详细揭示各种温度和湿度条件下生成的雪花形态。反之，人们可以根据自己看到的雪花，对照中谷宇吉郎的图表，反推雪花的生长环境。因此，有人把雪花比作天空来的使者，将云端的信息带给我们。

中谷宇吉郎的大量研究成果在1954年被发表出来，这是一本名为《雪晶：天然的和人造的》的书。书中内容涵盖大量精美图片资料，以及中谷宇吉郎提出的雪花系统分类。从物理学角度来说，他的分类方法对于天然形成的雪花晶体可谓是最完美的分类法。

人们为纪念中谷宇吉郎，在其家乡（日本石川县加贺市）潮津町修建了一座雪花科学馆，建筑本身由三座六边形塔组成，以展示雪晶的特点。雪花科学馆内有专门的影厅放映中谷宇吉郎科学精神的影片；有展厅展示中谷宇吉郎的生平、研究成果及在国际冰雪协会当中的活动；有模拟的低温实验室，让大家感受当年中谷宇



吉郎的工作环境，观众还可在这里观看三维雪晶的放大效果；此外还有专门的体验区，供观众自己制作冰晶。在商品售卖区，观众还能买到用真实雪花制成的小纪念品。

有前辈奠定的坚实基础，加上地利的优势，使得北海道大学在雪花研究方面保持着优良的传承。曾在北海道大学读书或者任教的人中，不少人在这方面作出过突出的成就，下面简单介绍其中的两位。

日本昭和时代后期的物理学者小林祯作（Teisaku Kobayashi），自20世纪40年代末开始便在北海道大学低温科学研究所工作，后曾担任物理学部的系主任。他的突出成就在于校验并改进了中谷宇吉郎的雪花形态图。他利用扩散云室使冰晶在兔毛上生长，并改进实验技术，最终解决了梅森（曾任英国气象局局长的云物理学家）等人1958年所提出的“冰晶形状随温度变化表”中一个明显的矛盾。

1960年，小林祯作获得日本气象学会奖，他的工作也得到了全世界的认可。获梅森教授邀请，他曾去伦敦皇家高等院校学习一年多，对雪晶生长机制的研究也更为深入。

此外，在多分支雪花（十二瓣、十八瓣、二十四瓣）的形成机制方面，小林祯作也有自己的见解。他认为，多分支雪花并不是多片六瓣雪晶巧妙重叠并粘连在一起形成的（雪晶聚合理论），而是双晶旋转的结果。

菊池胜弘（Katsuhiko Kikuchi）是北海道大学另一位有突出成绩的雪花研究工作者，他着重研究特殊形态的雪花。在多分支雪花形成机制方面，他们进行了大量的多方位拍摄，从而获得雪花的立体结构，进行统计之后得出，符合小林祯作“双晶旋转理论”的多分支雪花极少，他们认为雪晶聚合理论更有可能是多分支雪花的形成机制。

20世纪80年代，菊池胜弘对低温型雪晶进行了大量观测和实验研究。其中，对于曾在较低温条件下（ $-25^{\circ}\text{C}$ ）才可观测到的特殊形态雪晶——“孪生御币型”雪晶，依据立体结构模型和旋转双晶模型，提出了较为合理的形成机制理论。所谓御币，就是日本神道教仪礼中献给神的纸条或布条，串起来悬挂在直柱上，折叠成若

千之字形。

## 中国的雪花研究历史

西方历史上的科学发现，事后有不少都被证实在中国古籍中早有记载。雪花的研究也是如此。中国的文人雅客们留下的诗句中，咏雪的有很多，这里列出一些有代表性的。

唐代著名武将高骈的《对雪诗》中这样写道：“六出飞花入户时，坐看清竹变琼枝。”这里“六出飞花”指的就是雪花，可见，早在那时中国人就已经认识到雪花是六边形的。

对中国这样一个历来重视农业的大国来说，古书中对雪的记载倒是真能找到不少。宋代韩琦的《咏雪诗》里说：“六花来应腊，望雪一开颜。”说的是他见到腊月以前下雪，深知对农业生产有利，于是感到非常欢喜。

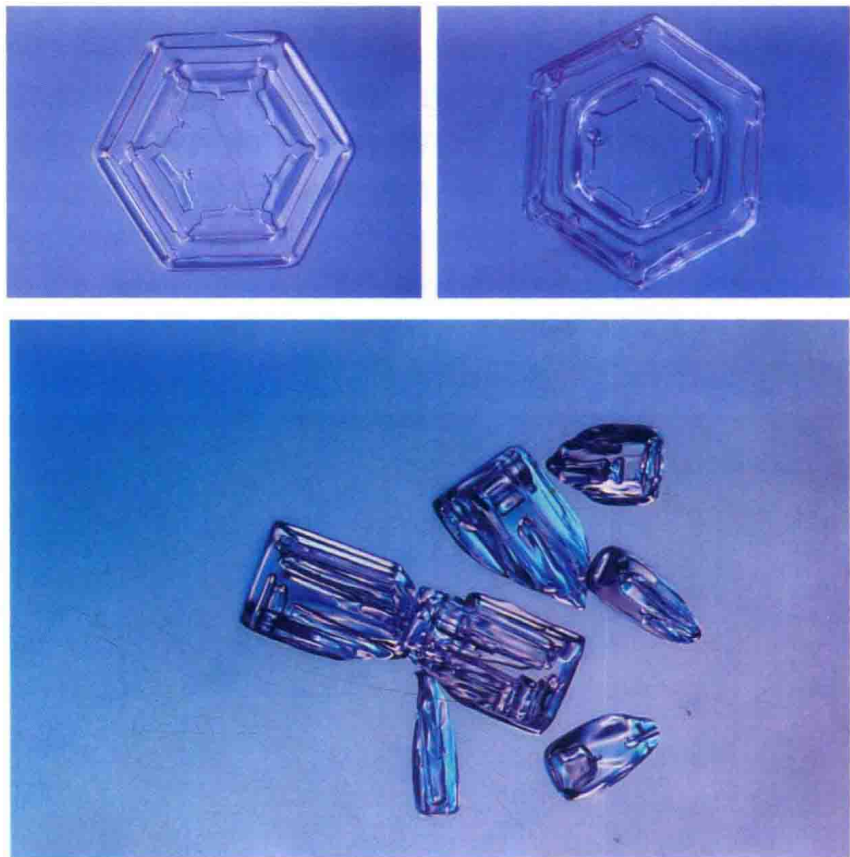
李时珍《本草纲目》中，引用汉代刘熙对“腊雪”的注解：“雪，洗也。洗除瘴疠虫蝗也。凡花五出，雪花六出，阴之成数也。”

类似这样的记载还有很多，西方研究者也普遍承认，最早用文字记载雪花六边



形结构的国家是中国。不过，他们一般认为最早的文字是公元前135年韩婴的《韩诗外传》，其中有一句是“凡草木花多五出，雪花多六出，其数属阴也。”

这些文字记载，都只说了雪花是六边形的，但并未说出个所以然。虽然最早用文字记载“雪花六出”这个自然现象的是中国，但科学的解释还是要归功于西方科学研究。我国近几十年来一直有与雪花相关的研究工作，只是因为学科限制，还没有进入到公众的视线中。



六边形和棱柱状、子弹状冰晶



2

# 千变万化的雪花