

引领孩子成长的优秀科普读物，带领读者全方位探索浩瀚而神秘的宇宙世界



“十二五”国家重点图书出版规划项目
青少年太空探索科普丛书

空间天气 与人类社会

焦维新◎著



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位



“十二五”国家重点图书出版规划项目
青少年太空探索科普丛书

空间天气 与人类社会

焦维新◎著



什么是空间天气？

太阳风暴、大耀斑、太阳黑子、极光……

这些都是它的“拿手好戏”。

俗话说“太阳一发烧，地球就感冒”，

本书就要为“感冒”的地球把脉，

看地球上空神奇的天气是怎样影响人类生活的。



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

空间天气与人类社会 / 焦维新著. — 北京: 知识产权出版社, 2015.11

(青少年太空探索科普丛书)

ISBN 978-7-5130-3639-9

I. ①空… II. ①焦… III. ①航天学-气象学-青少年读物 IV. ①V419-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 156501 号

内容简介

什么是空间天气? 太阳风暴、大耀斑、太阳黑子、极光, 都是它的“拿手好戏”。位于地球平流层以上广泛空间中的空间天气现象, 直接来源于太阳活动, 它们“呼风唤雨”, 气象万千, 对人类社会产生重要的影响。俗话说“太阳一发烧, 地球就感冒”, 本书就要为“感冒”的地球把脉, 带领大家走进“空间天气”这一全新领域。

责任编辑: 陆彩云 徐家春

责任出版: 刘译文

青少年太空探索科普丛书

空间天气与人类社会 KONGJIAN TIANQI YU RENLEI SHEHUI

焦维新 著

出版发行: 知识产权出版社 有限责任公司

电 话: 010-82004826

社 址: 北京市海淀区马甸南村 1 号

责编电话: 010-82000860 转 8110/8573

发行电话: 010-82000860 转 8101/8029

印 刷: 天津市银博印刷集团有限公司

开 本: 720mm × 1000mm 1/16

版 次: 2015 年 11 月第 1 版

字 数: 145 千字

ISBN 978-7-5130-3639-9

网 址: <http://www.ipph.cn>

<http://www.laichushu.com>

邮 编: 100088

责编邮箱: xujiachun625@163.com

发行传真: 010-82000893/82003279

经 销: 各大网上书店、新华书店

印 张: 9.5

印 次: 2015 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

出版版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

自序

在北京大学讲授“太空探索”课程已近二十年，学生选课的热情和对太空的关注度，给我留下了深刻的印象。这门课程是面向文理科学学生的通选课，每次上课限定二百人，但选课的人数有时多达五六百人。近年来，我加入了“中国科学院老科学家科普演讲团”，每年在大、中、小学及公务员中作近百场科普讲座。广大青少年在讲座会场所洋溢出的热情令我感动。学生听课时的全神贯注、提问时的踊跃，特别是讲座结束后众多学生围着我要求签名的场面，使我感触颇深，学生对于向他们传授知识的人是多么敬重啊！

上述情况说明，广大中小学生和民众非常关注太空活动，渴望了解太空知识。正是基于这样的认识，我下决心“开设”一门中学生版的“太空探索”课程。除了继续进行科普宣传外，我还要写一套适合于中小学生的太空探索科普丛书，将课堂扩大到社会，使读者对广袤无垠的太空有系统的了解和全面的认识，对空间技术的魅力有深刻的体会，从根本上激励青少年热爱科学、刻苦学习、奋发向上，树立为祖国的科技腾飞贡献力量的理想。

我在着手写这套科普丛书之前，已经出版了四部关于空间科学与技术方面的大学本科教材，包括专为太空探索课程编著的教材《太空探索》，但写作科普书还是第一次。提起科普书，人们常用“知识性、趣味性、可读性”来要求，但满足这几点要求实在太不容易了。究竟选择哪些内容？怎样使读者对太空探索活动和太空科学知识产生兴趣？怎样的深度才能适合更多的人阅读？这些都是需要逐步摸索的。

为了跳出写教材的思路，满足知识性、趣味性和可读性的要求，本套丛

书写作伊始，我就请夫人刘月兰做第一个读者，每写完两第三章，就让她阅读，并分为三种情况。第一种情况，内容适合中学生，写得也较通俗易懂，这部分就通过了；第二种情况，内容还比较合适，但写得不够通俗，用词太专业，对于这部分内容，我进一步在语言上下功夫；第三种情况，内容太深，不适于中学生阅读，这部分就删掉了。儿子焦长锐和儿媳周媛都是从事社会科学的，我也让他们阅读并提出修改意见。

科普书与教材的写作目的和要求大不一样。教材不管写得怎样，学生都要看下去，因为有考试的要求；而对于科普书来说，阅读科普书是读者自我教育的过程，如果没有兴趣，看不下去，知识性再强，也达不到传递知识的目的。因此，对科普书的最基本要求是趣味性和可读性。

自加入中国科学院老科学家科普演讲团后，每年给大、中、小学生作科普讲座的次数明显增多。这种经历使我对不同文化水平人群的兴趣点、接受知识的能力等有了直接的感受，因此，写作思路也发生了变化。以前总是首先考虑知识的系统性、完整性和逻辑性，现在我首先考虑从哪儿入手能引起读者的兴趣，然后逐渐展开。科普书不可能有小说或传记文学那样动人的情节，但科学上的新发现、科技在推动人类进步方面的巨大作用、优秀科学家的人格魅力，这些材料如果组织得好，也是可以引人入胜的。

内容是图书的灵魂，相同的题材，可以有不同的内容。在内容的选择上，我觉得科普书应该给读者最新的、最前沿的知识。例如，《太空资源》一书中，我将哈勃空间望远镜和斯皮策空间望远镜拍摄到的具有代表性的图片展示给读者，这些图片都有很高的清晰度，充满梦幻色彩，非常漂亮，让读者直观地看到宇宙深处的奇观。读者在惊叹之余，更能领略到人类科技的魅力。

在创作本套丛书时，我尽力在有关的章节中体现这样的思想：科普图书不光是普及科学知识，更重要的是要弘扬科学精神、提高科学素养。太空探索之路是不平坦的，充满了挑战，航天员甚至要面对生命危险。科学家们享受过成功的喜悦，也承受了一次次失败的打击。没有强烈的探索精神，没有坚强的战斗意志，人类不可能在太空探索方面取得如此辉煌的成就。

现在呈现给大家的《青少年太空探索科普丛书》，系统地介绍了太阳系天体、空间环境、太空技术应用等方面的知识，每册一个专题，具有相对

独立性，整套则使读者对当今重要的太空问题有系统的了解。各分册分别是《月球文化与月球探测》《遨游太阳系》《地外生命的 365 个问题》《间谍卫星大揭秘》《人类为什么要建空间站》《空间天气与人类社会》《揭开金星神秘的面纱》《北斗卫星导航系统》《太空资源》《巨行星探秘》。经过知识产权出版社领导和编辑的努力，这套丛书已经入选国家新闻出版广电总局“十二五”国家重点图书出版规划项目，其中《月球文化与月球探测》已于 2013 年 11 月出版，并获得科技部评选的 2014 年“全国优秀科普作品”，其他九个分册获得 2015 年度国家出版基金的资助。

为了更加直观地介绍太空知识，本丛书含有大量彩色图片，书中部分图片已标明图片来源，其他未标注图片来源的主要取自美国国家航空航天局（NASA）、太空网（www.space.com）、喷气推进实验室（JPL）和欧洲空间局（ESA）的网站，也有少量图片取自英文维基百科全书等网站。在此对这些网站表示衷心的感谢。

鉴于个人水平有限，书中不免有疏漏不妥之处，望读者在阅读时不吝赐教，以便我们再版时做出修正。



目录

CONTENTS

1/ 第 1 章 空间天气是什么?

- 2/ 日常生活中关注的天气
- 12/ 太空不是空的
- 23/ “发怒”的太阳
- 31/ 地球空间对太阳变化的响应

37/ 第 2 章 空间天气现象

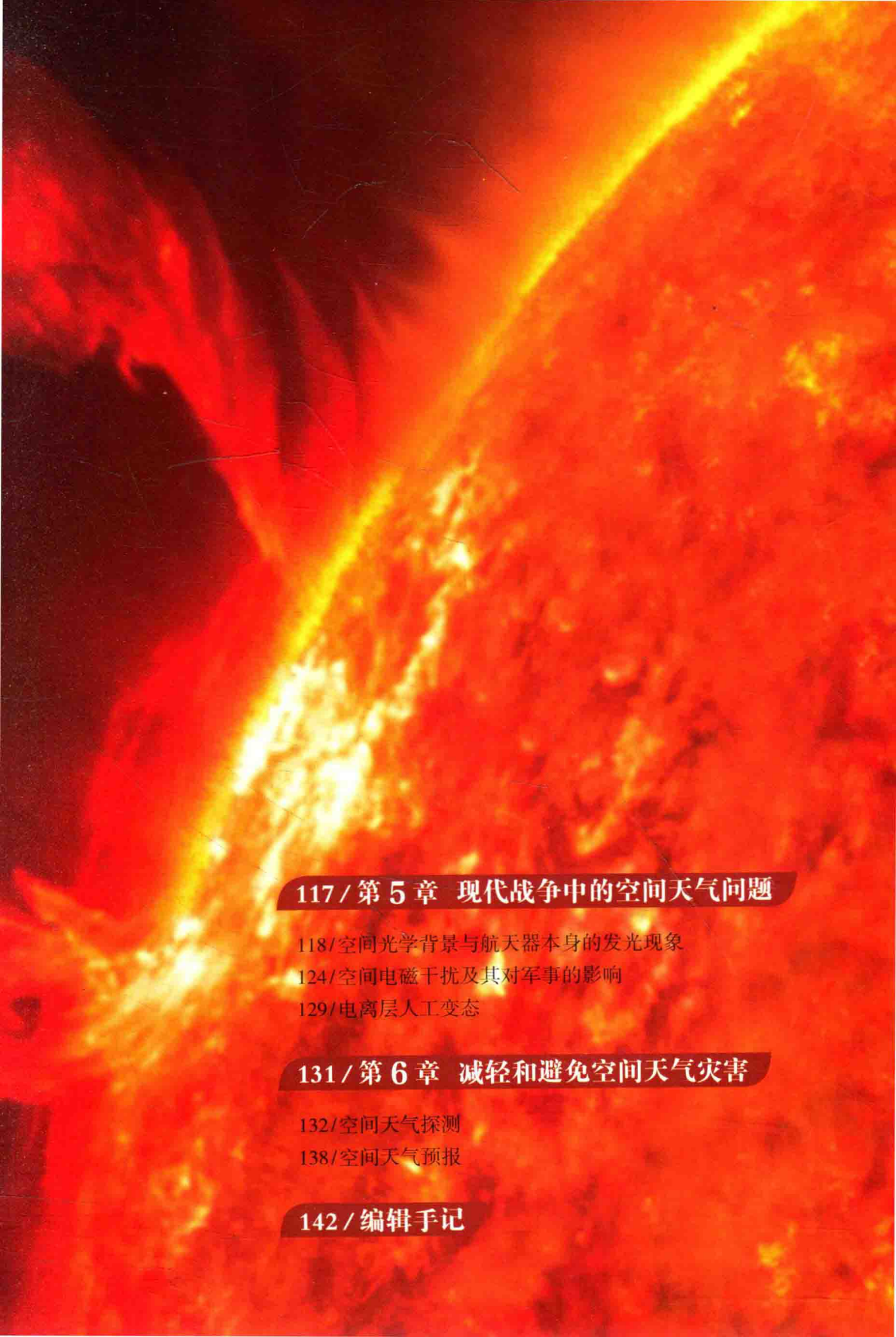
- 38/ 地球磁场的变化
- 40/ 高层大气温度与密度剧变
- 42/ 太空中的“雨”
- 44/ 等离子体的变化
- 47/ 太空中的风
- 48/ 太空中的“霾”
- 52/ 极光

57/ 第 3 章 空间天气对人类社会的影响

- 58/ 空间天气与卫星运行
- 68/ 空间天气与通信
- 71/ 空间天气与输电系统
- 73/ 空间天气的其他效应

79/ 第 4 章 空间天气事件 100 例

- 80/ 电报与极光的时代
- 87/ 进入太空时代
- 93/ 2000 年以来



117 / 第 5 章 现代战争中的空间天气问题

118 / 空间光学背景与航天器本身的发光现象

124 / 空间电磁干扰及其对军事的影响

129 / 电离层人工变态

131 / 第 6 章 减轻和避免空间天气灾害

132 / 空间天气探测

138 / 空间天气预报

142 / 编辑手记

第1章

空间天气是什么？

我们对日常生活中的天气非常熟悉，可是大家知道吗，在地球平流层以上更广泛的空间中同样上演着变幻莫测的“天气现象”，它们或呼风唤雨、腾云驾雾，或朝晖夕阴、气象万千。这些神奇的空间天气是如何产生的？我们将在本章中一探究竟。

日常生活中关注的天气

大家对日常生活中的天气现象是熟悉的，所以我们在讨论空间天气之前，先看看这些天气现象有什么特征，以便将传统的天气与空间天气作对比。

我们平时所说的阴、晴、雨、雪、冷、暖、干、湿等都可以称为天气，它们是发生在靠近地面的平流层内的短时间的物理现象，有些天气现象给人类的生产和生活造成了巨大的损失，我们重点关注这些灾害性天气现象。

飓风与龙卷风

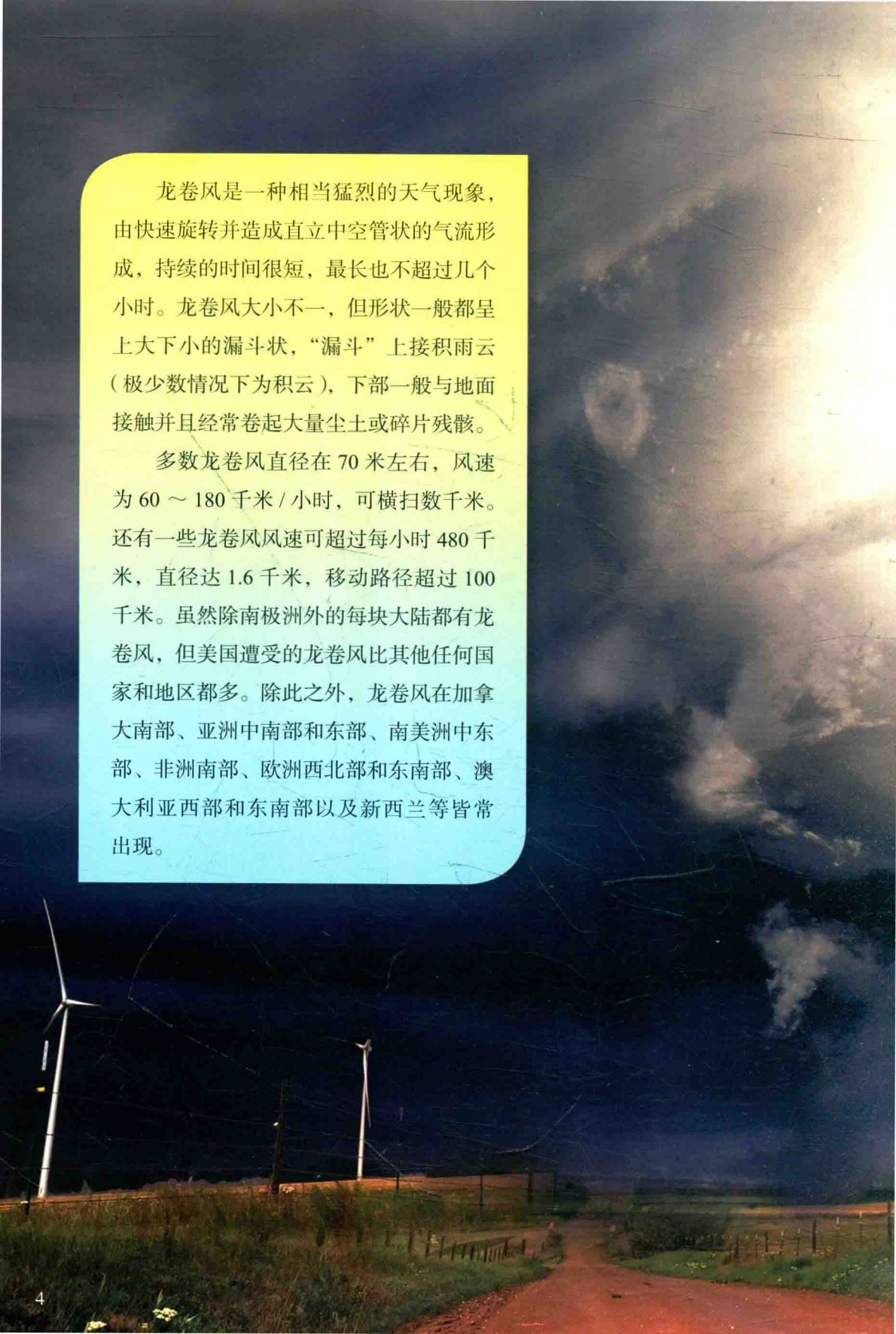
风是空气相对于地面的运动，气象上常指空气的水平运动。

习惯上将发生在大西洋和北太平洋东部的热带气旋称为飓风。飓风通常发生在夏季和早秋，它来临时常常电闪雷鸣。飓风在一天内释放的能量就相当于整个美国数月的用电量。

在多数风暴结构中，在飓风眼（即飓风中心）中天空相对比较平静。最猛烈的天气现象发生在靠近飓风眼的周围大气中，称为（飓风）眼墙。在眼墙的高层，大多数空气向外流出，从而加剧大气的上升运动。



▲ 2013 年飓风“海燕”过后的菲律宾



龙卷风是一种相当猛烈的天气现象，由快速旋转并造成直立中空管状的气流形成，持续的时间很短，最长也不超过几个小时。龙卷风大小不一，但形状一般都呈上大下小的漏斗状，“漏斗”上接积雨云（极少数情况下为积云），下部一般与地面接触并且经常卷起大量尘土或碎片残骸。

多数龙卷风直径在 70 米左右，风速为 60 ~ 180 千米 / 小时，可横扫数千米。还有一些龙卷风风速可超过每小时 480 千米，直径达 1.6 千米，移动路径超过 100 千米。虽然除南极洲外的每块大陆都有龙卷风，但美国遭受的龙卷风比其他任何国家和地区都多。除此之外，龙卷风在加拿大南部、亚洲中南部和东部、南美洲中东部、非洲南部、欧洲西北部和东南部、澳大利亚西部和东南部以及新西兰等皆常出现。



▲ 龙卷风过后

龙卷风的最大特征在于，它出现时往往有一个或数个如同大象鼻子样的漏斗状云柱，同时伴随狂风暴雨、雷电或冰雹。龙卷风经过水面时，能吸水上升形成水柱，然后同云相接，俗称“龙取水”；经过陆地时，常会卷倒房屋，甚至把人吸卷到空中。

暴雨与暴风雪

暴雨是降水强度很大的雨。我国气象部门规定，24 小时降水量为 50 毫米或以上的雨称为“暴雨”。按其降水强度大小又分为三个等级，即 24 小时降水量为 50 ~ 99.9 毫米为“暴雨”；100 ~ 250 毫米为“大暴雨”；250 毫米以上为“特大暴雨”。

特大暴雨是一种灾害性天气，往往造成洪涝灾害和严重的水土流失，导致工程失事、堤防溃决和农作物被淹等重大经济损失。特别是对于一些地势低洼、地形闭塞的地区，雨水不能迅速宣泄造成农田积水和土壤水分过度饱和，会造成更多的灾害。

暴雨常常是从积雨云中落下的。形成积雨云的条件是大气中要含有充足的水汽，并有强烈的上升运动，把水汽迅速向上输送，云内的水滴受上升运动的影响不断增大，直到上升气流托不住时，就急剧地降落到地面。

雪灾是因长时间大量降雪造成大范围积雪成灾的自然现象，是我国牧区常发生的一种畜牧气象灾害。

决定雪灾形成的因素包括降雪厚度、下雪季节、雪后天气变化和积雪的时间。对于 30 厘米厚度的雪，在条件差的牧区，雪灾就不可避免；下完雪后，剧烈降温，往往会形成暴风雪，雪灾会更严重。



雷 暴

雷暴是由发展旺盛的积雨云引起闪电、雷鸣现象的局地风暴。在水蒸气激烈上升形成的积雨云中，凝结有巨大数量的小水滴和冰晶，它们之间的高速碰撞使云体带上电荷。

雷暴的能量很大，千分之几到十分之几秒的雷电放出的电能，可达到数十亿到上千亿瓦特，温度为 $10000 \sim 20000^{\circ}\text{C}$ 。

雷暴是一种严重的灾害性天气，具有极强的破坏性和杀伤力，直接威胁着人们的生命和财产的安全。

雷暴可以在世界任何地方发生，甚至发生在两极和沙漠地带，但通常在低纬度的地方（特别是热带雨林地区）会较频繁地发生，甚至会每天都发生。