



★ 特殊天气 ★

DANGEROUS WEATHER

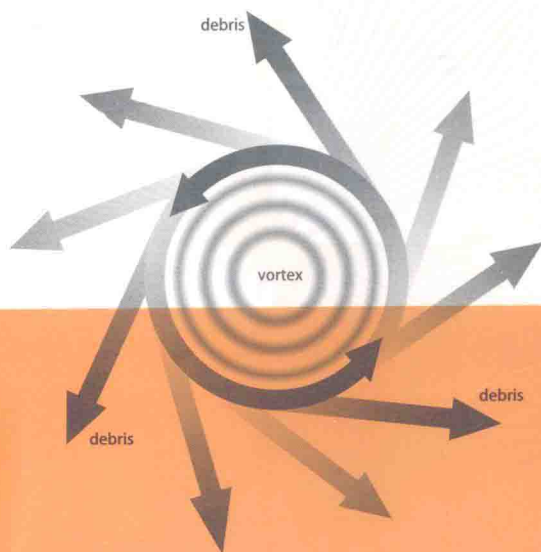
最强烈的涡旋

龙卷风里面发生了什么

TORNADOES

[英] 迈克尔·阿拉贝 / 著

朱晓宁 / 译



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press



特殊天气
DANGEROUS WEATHER

最强烈的涡旋

龙卷风里面发生了什么

TORNADOES

[英] 迈克尔·阿拉贝 / 著
朱晓宁 / 译



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

图书在版编目 (CIP) 数据

最强烈的涡旋：龙卷风里面发生了什么 / (英)阿拉贝著；朱晓宁译．—上海：上海科学技术文献出版社，2014.8

(美国科学书架：特殊天气系列)

书名原文：Tornadoes

ISBN 978-7-5439-6098-5

I . ① 最… II . ① 阿… ② 朱… III . ① 龙卷风—普及读物 IV . ① P445-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 005609 号

Dangerous Weather: Tornadoes

Copyright © 2004 by Michael Allaby

Copyright in the Chinese language translation (Simplified character rights only) ©

2014 Shanghai Scientific & Technological Literature Press Co., Ltd.

All Rights Reserved

版权所有·翻印必究

图字：09-2014-110

总 策 划：梅雪林

项目统筹：张 树

责任编辑：张 树 李 莺

封面设计：一步设计

技术编辑：顾伟平

最强烈的涡旋·龙卷风里面发生了什么

[英] 迈克尔·阿拉贝 著 朱晓宁 译

出版发行：上海科学技术文献出版社

地 址：上海市长乐路 746 号

邮政编码：200040

经 销：全国新华书店

印 刷：常熟市人民印刷厂

开 本：650×900 1/16

印 张：19

字 数：211 000

版 次：2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-5439-6098-5

定 价：32.00 元

<http://www.sstlp.com>

何谓龙卷风

整个上午,平原上空弥漫着沉重、压抑和炽热的气息,让人透不过气来。中午时分,一股强风自南方吹来,却并未使闷热得到多少缓解。随着下午时间沉闷地逝去,西方的天空开始出现一片片白色的薄云。渐渐地,云层在高空中融为一体,笼罩着大地。

远方,气象学家们从卫星照片上观察到在一片相当大的地区上空,云层正在形成,雷暴线逐渐显现。就即将来临的天气危险向人们发出警报是气象学家的应尽之责。此刻,他们正在收集尽可能多的关于这些风暴的信息。除了地面气象站提供的观测数据和仪表读数外,飞机的观测和雷达设备对他们也是很大的帮助。气象学家已经向可能受到风暴袭击的人们发布了第一次广播警报。

在白色云层的后面,西方的天际已经阴沉下来。一场风暴正在酝酿。下午3时,人们不得不停下手边的事,因为乌云正像一堵厚重的墙迅速向他们压下来,令他们感到紧张不安。云似乎从地面一直延伸

到眼睛所能看到的高度。的确，云底只有几百米高，而云顶却位于50 000英尺（15 250米）的高度。闪电在密不透风的乌云中忽隐忽现。随着云层的逼近，人们可以看见一道道闪电划向地面。风越来越大。雷达站的警报接连不断。

人们头顶的云越积越厚，带来了冰雹。狂风中的雹块有的甚至有高尔夫球大小，人们不得不四散躲避。雹块击打着建筑物，落到停在街上的汽车上再跳起来，声音震耳欲聋。

漏 斗

冰雹停了，风暴似乎已经过去。但事实上，此刻，真正的威胁才开始降临。在西南方向的云底，有一些云好像变成一片一片的，正朝着彼此相反的方向运动。然而，很快人们就发现，正是这些云片在紧挨着云块主体的下方形成紧密的环形，飞速向前推进。但因其大小无法判断，我们只能大致推测它们在大约2英里（3公里）以外的地方。

不停旋转的云从云底垂下，像是一个白色漏斗，摇摇晃晃向地面延伸。在它触及地面的瞬间，颜色开始变化。一片深色的东西包围着它的底部，然后向上伸展，使整个云柱颜色都变暗了。在低沉的咆哮声中，云柱向东北方向移动，直奔城镇而去。追踪它的气象学家们测得它此时的时速达45英里（72公里）。当它呼啸而至时，镇上的人都已躲到了最安全的地方。

这就是龙卷风，也有人称其为旋转风或旋风，它是地球上最为

强烈的风暴。龙卷风寿命很短，一般不超过半小时，但偶尔持续的时间会略长一点。底部的直径通常在半英里（800米）以内。在它的短暂“一生”中，消耗的能量足以使纽约市所有街道上的灯彻夜长明。龙卷风以漏斗的形状螺旋上升，内部的风速绝不低于每小时90英里（145公里），有时甚至接近每小时300英里（483公里）。其巨大的力量能将尘土和其他松散物质卷向高空，远远地甩出或扔回地面。偶尔，龙卷风也会把物体毫发无损地轻轻放下，但这种情况极为罕见。

1974年的龙卷风超级大爆发

1974年4月，一场龙卷风在20分钟内摧毁了900座房屋。同一天，在美国俄亥俄州的齐妮亚市，另一场龙卷风用更短的时间破坏了约3 000座建筑物，齐妮亚中学的整个顶层被掀掉，而一辆公共汽车则从大街上被扔进学校里。

由于导致龙卷风产生的风暴移动迅速，所以龙卷风经常会一连串地出现。1974年的齐妮亚龙卷风就是被称作“超级大爆发”的一连串龙卷风中的一个。距离我们更近的一次龙卷风爆发于2003年5月4日的美国密苏里州、田纳西州和堪萨斯州，那天是星期天。这次爆发导致了毁灭性的破坏，至少有38人在风暴中死亡。用当地红十字会官员迈克尔·斯宾塞的话说，密苏里州的小镇皮尔斯市的“很多地方被夷为平地”。

无论时间和季节，龙卷风在任何时候都有可能发生，但它们更

容易发生在某些特定的时间。在美国，龙卷风多发于4月到6月间，其中三分之二发生在下午和傍晚。据统计，四分之一的龙卷风是在下午4点到6点之间袭击我们的。

美国是世界上龙卷风出现最多的地区，在许多其他国家，龙卷风也很常见。但在非洲和印度，龙卷风却极为罕见。1993年1月8日，一次龙卷风在孟加拉造成32人死亡，1 000多人受伤。同年的4月9日，龙卷风袭击了印度的西孟加拉邦，摧毁5个村庄，100人死亡。在英国，每年大约有60次龙卷风，其中绝大多数没有报道，因为它们大都发生在空旷无人的农田上，没有人想到在那里会出现龙卷风。《圣经·旧约》中多次提到旋风，这表明生活在近东地区的人们在很久以前就对它们很熟悉，并视其为最具破坏性的力量。



目 录

前言	1
一 冷暖空气激烈碰撞	1
气团的形成	2
空气上升时逐渐变冷,下降时逐渐变暖	6
锋	9
大草原上的风暴	13
二 风随高度而变	17
气压梯度	18
力量的平衡作用于移动的空气	21
埃克曼螺线	25
风力和航空	26
三 北大西洋涛动和太平洋年代际震荡	30
北大西洋涛动	34
北大西洋涛动指数	35
北极涛动	37
太平洋/北美模式	38
太平洋年代际震荡	39

四	急流	41
	风带	42
	罗斯比波	44
	指数循环	45
	热成风	47
	极锋	49
五	雷暴	55
	稳定和不稳定	56
	凝结和潜热	59
	上升气流和下降气流	62
	积雨暴风云的内部	63
	雪和冰雹	64
	雷暴的产生	66
	闪电	69
六	飚线	72
	最后的旅程	73
	暴风雨	75
	飚线产生的条件	77
	飚线的出现	80
	飚线的持续存在	81
	无锋飚线	82
七	龙卷风爆发	84
	1999年爆发	86
	不解之谜与三州龙卷风爆发	88

棕榈主日爆发和复活节爆发	89
母亲节爆发	90
冬季龙卷风	91
八 龙卷风初现	94
乳房状云	94
垂直气流	96
风切变和中气旋	97
并非所有龙卷风皆源自龙卷风暴	100
九 超级单体	102
垂直气流分离	103
巨大单体和火灾风暴	104
飞机面临的危险	107
上升的空气和大气的结构	108
下降气流和降水	111
旋转	113
十 涡旋和角动量	115
科里奥利效应和“澡盆塞涡旋”	116
行星涡度、相对涡度和绝对涡度	121
角动量守恒	122
龙卷风涡旋	123
十一 龙卷风的结构	125
龙卷风的漏斗为何向下延伸, 又怎样为人眼所见	126
尘埃和碎屑	127

抽吸性涡旋	128
十二 龙卷风里面发生着什么	131
威尔·凯勒的故事	132
发光的龙卷风	134
十三 龙卷风是怎样前进的	135
多单体风暴	136
超级单体风暴	138
追踪风暴	139
龙卷风很少远行	140
十四 龙卷风的结束	142
能量的极度集中	143
能量耗散	145
十五 尘暴和旋风	149
旋风并非龙卷风	150
对流和比热容	151
旋风起于平静处	154
旋风为何来无影去无踪	156
十六 水龙卷和水魔	158
尼斯湖水怪是水魔吗	159
水龙卷	161
水龙卷的形成	162
非超级单体龙卷风和阵风锋龙卷风	164

十七	鱼雨	165
	从天而降的鱼	167
	空中飞翔的蛙	168
	海龟、坚果和饮料罐	169
十八	龙卷风发生于何时何地	172
	热带气旋和龙卷风	173
	类似龙卷风的风	174
	龙卷风产生的条件	175
	龙卷风为何多发于夏季	177
十九	龙卷通道	179
	龙卷风发生最频繁的地方	183
	龙卷通道	184
	大草原上空的气团碰撞	186
二十	龙卷风在欧洲	189
	任何地方龙卷风皆有可能	191
	高沼温什科姆遭遇火球袭击	194
	火球是什么	195
	抽吸性涡旋和麦田圈	196
二十一	历史上的龙卷风	199
	欧洲的龙卷风	201
	龙卷风爆发	202
	大多数龙卷风转瞬即逝	204
	孟加拉和印度	205

	龙卷风在中国	207
二十二	龙卷风强度的测量	208
	根据气压梯度计算风速	210
	从造成的破坏推断风速	211
	多普勒雷达	213
二十三	探究龙卷风	218
	准备记录龙卷风	221
	分辨率	223
	从空中研究龙卷风	224
	电脑模型	225
	地面实况的必要性	226
二十四	追踪并预测龙卷风	228
	绘制天气系统图	228
	观察高层大气	230
	轨道卫星	231
	多普勒雷达	236
	收集解读数据	237
	警报	239
二十五	龙卷风的危害	241
	财产损失	242
	风的力量	246
	涡旋中的压力	247
	走在龙卷风前面和后面的风	251

二十六	气候变化会导致更多的龙卷风吗	253
	发现变化	254
	当前的气候变化	255
	气候越温暖, 风暴就越多吗	257
	龙卷风发生得越来越频繁吗	260
二十七	龙卷风发生时的安全措施	263
	家人之间应保持联系, 并知道该做什么	264
	准备好生活用品	264
	龙卷风警戒到来时	265
	龙卷风警报到来时	266
	活动住房、拖车、汽车和公共场所	267
	居安思危	268
附 录		270
	国际单位及单位转换	270
	国际单位制使用的前缀	272
	热带气旋的名字	272
	参考书目及扩展阅读书目	282



冷暖空气激烈碰撞

龙卷风源于极其猛烈的雷暴，而雷暴则形成于高度不稳定的空气中。稳定的空气可分为若干层。就像夹心蛋糕层与层之间泾渭分明一样，稳定空气中的各层也不会相互混合。风可以水平地从稳定的空气中通过，而不会或很少引起空气的垂直运动。如果由于某种原因（比如在经过山地时）导致空气上升，那么，一旦迫使空气上升的因素消除，它又会下降到原来的高度。而不稳定的空气就大不一样了。不稳定空气会不断上升，直到密度与它上方的空气密度相同，再也上不去为止。有时，上升的空气可以达到非常高的高度，就会导致大风暴（参见“雷暴”）。

稳定空气和不稳定空气有各自不同的特点。最大差异在于其中水汽含量的多少（空气中水汽比例的变化范围很大）和它们温度不同。

气团的形成

空气不是绝对静止不动,但是空气通过大片的陆地或海洋时往往需要几个星期相对平静的时间。设想一下,空气如果连续好几个星期待在同一个地方会怎么样呢?

阳光穿过空气,温暖着陆地或海洋的表面,空气因为与地表或水面接触也变得温暖。也就是说,使空气温度升高的能量来自下面,而不是上面。空气变暖后,水分就会蒸发,导致空气中含有水汽。空气能容纳水汽的多少取决于温度。暖空气比冷空气容纳的水汽多。如果潮湿的空气冷却下来,其中的部分水汽就会凝结成微滴(参见补充信息栏:为什么暖空气比冷空气含水量大)。正是由于这种原因,当人们在天冷时进入汽车,车窗玻璃会变得湿漉漉的。那是因为人的呼吸温暖湿润,而车窗却是凉的。温暖的呼吸接触到车窗便会被冷却,其中的一些水汽凝结成微滴,落在车窗上。

补充信息栏: 为什么暖空气比冷空气含水量大

水分子(H_2O)是极性分子的。也就是说,在每个水分子中,氢原子一侧有一个小的正电荷,氧原子一侧有一个负电荷。这两种电荷相互抵消,保证整个水分子不带电。但是,分子中的氢离子(H^+)与它邻近分子中的氧离子互相吸引。

水在液态下,这种吸引力通过氢键把分子连接在一起,形成分子团。这些分子团不断运动,氢键也就不不断地断裂和

重建。

如果温度上升，水分子就会吸收热能。这使它们能够以更快的速度移动，竭力挣脱氢键。吸收了足够的能量后，它们就可以彻底使氢键断裂。于是，从液态水中分离出来的单个分子自由地移动，构成了水汽。我们的眼睛看不见水汽。水汽不同于蒸汽，蒸汽构成了液态水中的细小水滴。

反之，如果空气温度下降，它所包含的水汽就会随之冷却。水分子将失去能量，运动得越来越慢。而运动越慢，失去的能量就越多。当能量损失到一定程度时，水分子相遇后就会长时间地结合在一起，在分子之间形成氢键。这样，水分子便会保持液态，部分水汽则会凝结。

因此，气温上升时，空气中的水分就变暖，更多的分子自由移动，形成水汽。气温下降时，水分子则失去能量，通过氢键构成分子团，水汽凝结成液态水滴。

让我们想象一下热带海洋上空的空气。由于身处炎热之地，这些空气温度也变得很高，大量的水分蒸发到空气中，就形成了温暖潮湿的空气。相反，如果空气是在冬天滞留在加拿大北部地区上空，这个地区就会变得寒冷而干燥。大量长时间停留在同一个地方的空气会发生冷暖、燥湿的变化，形成气团（参见补充信息栏：不同的气团及其带来的天气）。正如图1所示，所有主要的气团类型都形成于北美洲。