

专挑最冷时刻到来,伴随创纪录的大风、雨雪和低温

比台风更难熬的“冬季风暴”因何频发



“炸弹气旋”的卫星云图(图片来源:Pixabay)

今年,在经历了摩羯、贝碧嘉、普拉桑等一连串猛烈秋台风之后,近期又有多个冬季风暴活动频繁,给途经区域带来严重影响。

产生于温带洋面的冬季风暴大多在海上生成并消散,仅偶尔影响沿海地区,世界气象组织(WMO)甚至还未形成给这些温带气旋命名的标准和惯例。但随着全球变暖,在“极地放大”效应的影响下,中纬度天气变化也更趋于极端。冬季风暴的频繁影响,或许是大自然给人类敲响的又一记警钟。

魏科

12月7日凌晨,英国南部和西部300多万名居民的手机同时响起了长达10秒的刺耳警报声,这是英国气象局最高级别的红色天气预警,因为即将来临的超强冬季风暴“达拉赫”将带来大风、暴雨和降雪。政府呼吁公众尽量待在室内,备好手电筒、备用电池和充电宝,以应对停电等突发状况。

在此三周前,一架飞往温哥华的民航航班在降落过程中遭遇“炸弹气旋”,当时气旋中心风速已达14级,堪比强台风。飞机因此出现严重颠簸,所幸有惊无险,在机组人员沉着冷静的专业应对下,航班最终平安落地。

而这一“炸弹气旋”把北美西北部搅得天翻地覆:美国西北部超过50万户断电,风暴还造成2人死亡;加拿大不列颠哥伦比亚省超过27.2万户用户电力中断,沿海地区树木倒塌、道路阻塞,温哥华岛的主要公路关闭,渡轮公司取消多数渡轮服务。

今年,人们在秋季经历了接连不断的强台风,甚至12月还有4个台风在太平洋上“共舞”,如今强烈的冬季风暴又接踵而至。作为中纬度地区的一种极端天气过程,它们发展速度快、强度高,一旦经过人口稠密、经济发达地区,往往会造成严重灾害。随着全球变暖,中纬度天气更加极端化,冬季风暴的影响也将逐渐扩大。

学院科学家桑德斯和加库姆于1980年提出,他们在当年的《每月天气评论》上发表文章,首次提出了炸弹气旋的标准,即中纬度地区气旋系统中心气压在24小时降低24百帕。今年11月19日至21日影响北美西北部的中纬度气旋系统在短短24—36小时内,气压降低了约60百帕,远远超过炸弹气旋的标准。从后来的灾害情况看,这也是该地区所遭遇的最强气旋发展事件之一。

从全球来看,冬季风暴在中高纬度地区都有可能出现,北半球平均每年会出现约45个强温带气旋,南半球约出现26个。不过,炸弹气旋的形成主要集中在大洋上,这是因为温带气旋一般自西向东移动,来到海洋上后,所受摩擦减少,并得到大量水汽补充,故而常常会在大陆沿岸或附近洋面上迅速增强。炸弹气旋主要影响沿海国家,比如北美、西欧、日本等地。

气候变化 中纬度极端天气加剧

在气象学家看来,炸弹气旋是进行理论分析的完美模型,它集合了形成中纬度天气系统的三个主要元素:

第一,来自低纬度和热带地区的强水汽输送。

第二,中纬度地区强烈的温度对比。气旋南部、东部是来自低纬度的强暖湿气流,而气旋北部、西部则是来自高纬度和极区的强冷空气,这种温度对比越强,发展起来的气旋系统越强烈。

第三,中高层大气的强大低压槽,多数情形下还有切断低压发展。

可能在公众看来,冬季风暴和夏秋季台风只是出现的时节不同,但从气象学的专业角度看,两者在动力学过程和形成机理上有着明显差别——温带气旋系统发展主要是源自中纬度的强烈温度对比(斜压性),而台风和台风依靠的是热带海洋水汽潜热释放为其源源不断补充能量,因此热带气旋往北移动登陆后会迅速减弱,而温带气旋一般入海后则迅速增强。

对身处风暴中的地区而言,炸弹气旋会比台风更难熬一些,因为它专挑冬季最冷时刻到来,并伴有暴风雪和严寒天气,常会出现创纪录大风、雨雪和低温天气,甚至进一步引起海水倒灌、树木房屋倒塌、停电、航班延误等,引发区域紧急状态。

根据美国国家海洋和大气管理局(NOAA)的数据,2023年初,北大西洋区域出现了20个达到飓风强度的强风事件,其中14个都属于炸弹气旋过程。

事实上,日益加剧的全球变暖让中纬度地区的天气更加极端化,可能使炸弹气旋更为频繁出现。

2021年发表在《科学》杂志上的一项研究显示,随着全球变暖导致“极地



2024年12月14日,在美国加利福尼亚州锡塞德,工人清理受龙卷风影响坠入房屋的树木。



“达拉赫”风暴12月7日登陆英国,布莱克浦街头狂风大作。风暴导致部分航班、铁路无法正常运行,民众出行受到影响。



加拿大蒙特利尔,铲雪车正在清理道路积雪。

放大”现象,极区的增幅幅度达到全球平均的3倍以上,这使得极地涡旋减弱并向低纬度地区延伸。这意味着极地涡旋变得更加不稳定,更容易与中纬度大气发生冷暖空气交换——一方面,暖空气可以延伸至极区,导致极端暖过程;另一方面,冷空气可以延伸到北美和亚洲更低纬度区域,出现极端冷过程。

从气象云图上看,炸弹气旋的螺旋状云带空间尺度一般在数千公里,与飓风的空间尺度不相上下,甚至更大一些。当这样的系统发展起来,蔓延数千公里,即使像加拿大、美国这样幅员辽阔的国家,也会有一半的国土与人口受到影响。北美地区在遭受一次炸弹气旋之后,很多地区的积雪量甚至可能超过1.5米。

就以今年11月19日影响北美西北部的炸弹气旋为例,气旋中心最低气压低至约940百帕,堪比四级飓风,几乎与本年度导致234人死亡、经济损失超过892亿美元的飓风海伦妮相当(最强盛时中心气压降低到938百帕),而今年肆虐上海的强台风贝碧嘉是1949年以来登陆上海的最强台风,其中心最低气压也有955百帕。

影响渐强 有待国际统一命名

由于大多数炸弹气旋主要发生在海上,影响有限,除了业内人士,其发展消亡过程不会引起公众注意。但当它们光顾沿海地区,如北美东海岸、西欧和东亚等人口众多、经济繁荣地区时,所引发的灾难性天气过程就会特别引人关注。

云是当前气候预测中最大的未知因素

看透云,有多难?

■本报见习记者 刘琦/编译

当我们抬头仰望天空,时常能看到云朵在蔚蓝的“画布”上悠然漂浮,变幻莫测。对美国哥伦比亚大学气候学家卡拉·兰布来说,云彩远不止是浪漫飘渺的想象。她更关注云层的气候学意义——研究它们如何通过反射阳光或吸收热量来影响地球温度。

云辐射反馈 影响气候变暖

云是当前气候预测中最大的未知因素之一。如果大气中的二氧化碳浓度达到前工业化时代水平的两倍,地球温度究竟是会升高1.5°C还是4.5°C?无人能给出确切答案。我们对云的了解不足,是这种巨大不确定性的根源。

云有几个关键特征会影响地球能量平衡,其中最为重要的是云的总面积极、云层高度及其反照率(即云层反射阳光的能力)。例如,低层、明亮的云具有强大的冷却效应,因为它们能够反射大量太阳光,同时不会吸收过多地表热量。而高层云,如纤维状的卷云,则往往会产生加热效应,因为它们不仅会将由地表升腾起来的热量困住,还几乎不反射太阳光。

尽管云总体上具有冷却效果,但气候变化正在悄然改变它们的特性,从而削弱其冷却作用。问题在于,这种削弱到底有多严重?美国国家海洋和大气管理局(NOAA)的格雷厄姆·费因戈尔德坦言,目前形式非常严峻。

现在用于预测未来几十年气候变化的全球气候模型主要依赖物理学与统计学相结合的方程来模拟大气层的动态变化。然而,这些“大气环流模型”相对粗糙,即使在超级计算机上运行,也难以准确模拟云的精确变化。美国国家大气研究中心的玛格丽特·达菲将其形容为“像在没有显微镜的情况下研究细胞”,这使得预测云对气候变暖的影响充满不确定性。

这一不确定性有多大?澳大利亚新南威尔士大学史蒂文·舍伍德团队在研究中发现,全球变暖引发云的变化,会通过“云辐射反馈”机制进一步影响气候。这些反馈包括海洋上空云层减少、中纬度云层向两极移动,以及冰云中的水分增加等。但这些反馈究竟会在多大程度上影响气候变暖,目前的模型给出的预测结果范围很广——从几乎没有影响到显著增加变暖效应,差异悬殊。

微小细节 难倒气候预测

大气中的气溶胶对云的影响同样复杂且难以捉摸。气溶胶是指悬浮在空气中的颗粒物。从尘土、燃煤工厂排放的烟尘,到漂浮在空气中的真菌,这些颗粒物会水滴或冰晶的形成提供了“种子”。而颗粒物的大小、种类和数量会改变云中水滴或冰晶的数量,从而影响云的亮度。尽管现有的气候模型已能较为准确地模拟气溶胶如何影响云的亮度,但它们对气溶胶如何改变云的生命周期等连锁效应的模拟仍显不足。美国加州大学圣迭戈分校的邓肯·沃森·帕里斯认为,搞清楚气溶胶的影响尤为关键。例如,自2020年以

来,全球航运业实行强制性清洁排放规定,但这一行动究竟在多大程度上阻止了全球气候变暖,没人能准确评估。帕里斯质疑:“如果我们连全球航运减少80%排放后带来的影响都无法准确评估,又如何指望通过向大气中喷射气溶胶颗粒这样的地球工程来干预气候?”

即使看似微不足道的细节,也可能对气候预测产生深远影响。例如,兰布当前的研究重点是卷云中冰晶的生长。“冰晶的大小至关重要。这是模型中最重要、最敏感的因素之一。”兰布说,根据卷云中冰晶大小的不同,模型预测出来的温室效应结果也会有巨大差异,“但目前我们对气溶胶及其他因素如何影响高空冰晶的形成仍没有清晰的理解”。

尽管存在上述问题,经过多年努力,科学家们在提高云辐射模拟的精确性方面取得了不小的进展。联合国气候变化政府间专门委员会(IPCC)发布的报告显示,2014年至2023年,与云相关的预测不确定性减少了约50%。不过,由云辐射反馈导致变暖效应的预测值在此期间增长了约20%,其带来的影响究竟多大仍难确定。

新技术助力 破解云的奥秘

云的复杂性要求各方携手,从不同角度共同攻克这一难题,一些新技术正在发挥重要作用。

利用云室设备,美国密歇根理工大学的雷蒙德·肖及其团队创造出了一个可控的小型大气环境。该大学拥有美国唯一的研究云室,能够研究气溶胶、湍流和温度等不同因素如何影响云中水分的分布,这对于理解云的亮度至关重要。

肖团队的研究重点是追踪水滴如何在云中相互碰撞、结合,并形成降雨。为了更深入理解这些微观相互作用,肖还是名为“气溶胶-云-细雨对流室”(ACDC-2)合作项目的一员。该项目致力于设计一个更大的云室,预计高度达10米,足以让水蒸气形成细雨。肖将这个云室视为云科学中的粒子加速器,“我们不仅会研究云中的气溶胶,还将模拟降雨的形成过程,进一步揭示云内各要素间复杂的相互作用”。

还有科学家正在开发一种新型的高分辨率气候模型,能够在1公里的网格尺度上模拟大气状态。但由于对算力要求极高,这些模型目前只能用于短期预测或模拟有限的区域,尚未能将海洋、冰层或生物圈的动态模拟纳入。

同时,机器学习算法也能在云层解析模型的基础上发挥辅助作用。谷歌最近发布的一种新模型,能用远低于基于物理学模型的算力来精确模拟云。但沃森·帕里斯认为,还应尽可能保留物理原理模型,以确保预测结果的可靠性。此外,2024年5月,EarthCARE卫星发射升空,预计2025年起正式运行。该卫星是欧洲航天局和日本宇宙航空研究开发机构(JAXA)的联合任务,耗资8.7亿美元,是迄今最大、最复杂的对地观测任务。EarthCARE将提供云、气溶胶和辐射之间复杂相互作用的完整视图,并提供迄今为止最精确的云层数据,从而在气候危机背景下为地球辐射平衡研究提供新线索。



2022年1月29日,美国东北部遭遇“炸弹气旋”袭击,多州出现暴风雪天气,数千航班取消。(本版图片除注明外均新华社发)