



■ 大卫·A·泰勒

在西非酷热的六月，站在塞内加尔河岸上，向东方眺望，你可能会看到一片血红的尘雾在天际涌动，铺天盖地，将大地笼罩在一片暗红色的黑暗之中。空气中弥漫着沙尘，即使进入房间也无济于事——漫天的尘埃很快就穿过窗户及墙的缝隙。到处都是——一层薄薄的红色灰尘，房间就象煤矿的井道。这就是非洲不毛之地萨赫勒地带的沙尘暴肆虐，它覆盖了整个毛里塔尼亚到乍得的撒哈拉沙漠的南边。每年，萨赫勒的沙尘暴都会将大量尘埃——约5—10亿吨，卷入大气层，升到4千米的高空。与此相比，1991年的皮纳土波火山(Mount Pinatubo)大爆发只喷出了2千9百万吨火山灰。去年6月萨赫勒沙尘暴抵达美国佛罗里达州之前八个星期，有关另一个方向飘来的大片尘埃云团的报道一时成为新闻的焦点。2001年4月，两场来自蒙古戈壁滩的沙尘暴经阿留申群岛抵达太平洋西北，横扫了整个北美洲。从4月14日至18日，第一场大型沙尘暴——在某一时间达到大约相当于日本面积——给美国

科罗拉多州上空蒙上了一层灰白色的尘妆。一周后，第二场略小的沙尘暴再次光临太平洋西北地区。亚洲和非洲的沙尘暴的形成似乎都更为频繁。尽管尘埃颗粒很细小——大部分的颗粒直径都在0.01至几十微米之间，但它对人类生存的影响却是巨大的。

《沙尘暴的行踪》(The Secret Life of Dust)一文作者汉娜·霍姆斯(Hannah Holmes)直率地指出：

“它可以改变天气、影响气候、危害无穷……它能把整个世界毁了。”

沙尘暴还可以改变国家的命运，决定战争的胜败。据美国国家海洋与大气管理局一名不肯透露姓名的官员透露，最近，一个播报每日亚洲沙尘暴卫星云图的电视系列节目因其中部分云图源自阿富汗上空且其方位具有军事价值而被停止。全球尘埃“积聚”(budget)，科学家们采用这一措辞来表示全球循环的物质总量，正在引起越来越多的关注。人们研究它不断变化的形态，对气候和生态系统可能造成的深远影响，以及对人类健康可能造成的危害。自然形成的尘埃及其它颗粒物质(包括火山喷发、森林火灾、活植被及海洋蒸发)占空气气溶胶的90%。大约有10%的空气气溶胶是

由于人类活动造成的，主要来自汽车废气和工业排放。过去主要是这10%影响人类的健康。但研究人员发现自然生成的沙尘暴也越来越不容忽视。研究结果表明，平均直径在2.5以下的微粒尘埃可能会对健康造成严重的危害。除了尘埃颗粒本身所包含的矿物成分之外，尘埃中还会携带其它各种有害成分，包括细菌、真菌、化学污染物等。这些都可危及人类健康及环境。

初识沙尘暴

早在十九世纪三十年代，自然学家查理斯达尔文(Charles Darwin)就开始注意到尘埃的踪迹。当他乘坐的HMS Beagle号船在加那利群岛停靠时，达尔文注意到船在穿越大西洋后，到处都积满了灰尘，这些灰尘弄脏了仪表，并给甲板蒙上了一层细薄的红色。达尔文开始观察研究这些灰尘的来龙去脉。从此以后，人们就开始了飘浮尘粒的研究。另一位研究浮尘的学者是迈阿密大学海洋与大气



浮尘的起源：根据全球臭氧化学空气气溶胶辐射与输送模式确定的10个主要沙尘暴源头：

- 1) 索尔顿湖；2) 巴塔哥尼亚；3) 阿尔蒂普拉诺；
- 4) 萨赫勒地区；5) 撒哈拉沙漠；6) 纳米比亚沙漠地带；
- 7) 印度山谷；8) 塔克拉玛干沙漠；9) 戈壁滩；10) 艾尔湖盆地

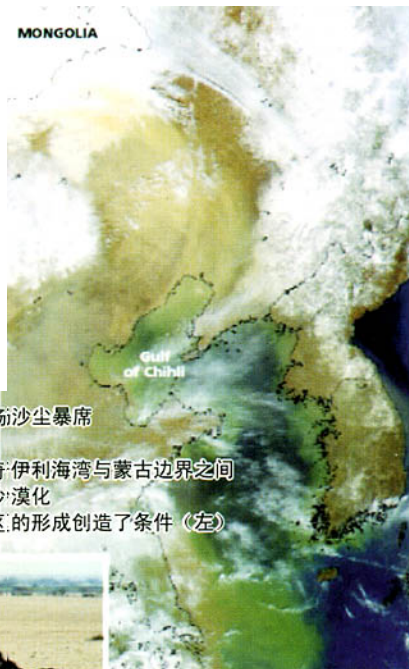
合作研究所的所长约瑟夫M. 普罗斯珀罗 (Joseph M. Prospero)。他对萨赫勒沙尘暴及其越过大西洋的路径研究已有将近40年。自那以后，普罗斯珀罗就开始在加勒比及南佛罗里达州观测站监测浮尘浓度，以确定浮尘是否与非洲刮来的沙尘暴有关。在二十世纪七十年代，萨赫勒地区开始干旱，尘埃光顾佛罗里达州的次数也随之增加了。普罗斯珀罗所作的测量可能是迄今为止历时最长的对空气气溶胶的记录。这些记录成了美国宇航局 (NASA)、美国地质测绘局 (USGS) 和其他部门的研究人员参与的一系列空气气溶胶研究的基础。亚特兰大佐治亚理工学院的保罗金诺斯 (Paul Ginoux) 是其中的一名研究人员。他说，由于沙尘暴源规模及所处急流的流动方向，亚洲和非洲的沙尘暴对北美影响最大（沿赤道的热带聚合区起到了挡风墙的作用，将南半球和北半球分割开来）。金诺斯采用佐治亚理工研究人员秦麦安 (音译，Mian Chin) 与马里兰州贝尔特斯维尔美国宇航局戈达德太空飞行中心共同开发的全球臭氧化学空气气溶胶辐射与转移模型 (Global Ozone Chemistry Aerosol Radiation and Transport, GOCART) 模拟了源自亚洲和非洲的沙尘暴。全球臭氧化学空气气溶胶辐射

与转移模型使用美国宇航局地球观测卫星系统的气象数据，可对模型与观察结果进行直接对比。

普罗斯珀罗对尘埃的兴趣源于对深海沉淀物的矿物学研究。那时，人们普遍认为海洋中的大部分矿物沉淀是由大型河流从大陆带入海洋的。但在二十世纪六十年代中期，研究人员发现，在许多海洋区域，有一些沉积矿物很明显与河流无关。例如，北大西洋发现的一种石英的形态明显与北非西海岸之间存在某种联系。非洲的许多土壤都是石英基的，但北非和西非都没有足以造成深海石英沉淀的大河流。普罗斯珀罗说：“很明

沙尘暴源头：2001年3月5日的一场沙尘暴席卷了中国的东北地区（上）

肉眼可见浮尘浓度最高的地区在奇伊利海湾与蒙古边界之间由于过度放牧和过度种植造成的沙漠化已为沙尘暴在中国大部分农村地区的形成创造了条件（左）



加利福尼亚州东南部的索尔顿，玻利维亚与秘鲁之间的阿尔蒂普拉诺山脉，以及安第斯

墙外花

山脉的巴塔哥尼亚地区。

满肺尘埃

随着遥感技术的发展,人们已经对漂洋过海的尘埃云团的季节性及特征(特别是颗粒大小)有了更进一步的了解。尘埃颗粒的大小是很重要的一个特征。美国环保局就大气中携带的直径达到10(空气动力学直径为PM10)及直径小于2.5(PM2.5)的颗粒物制定了标准。直径达到10的浮尘会在肺部气管中沉积,造成支气管堵塞。直径在4.0以下的颗粒可以随呼吸气流运动,这意味着它们可以进入到肺部气体交换区,影响肺的正常工作。直径在2.5以下的颗粒,也称为微小颗粒,被认为对人类健康危害最大。这些颗粒可以穿过肺部入口的过滤机制,将病毒直接带入肺部组织,或在肺部内表面形成一层膜,影

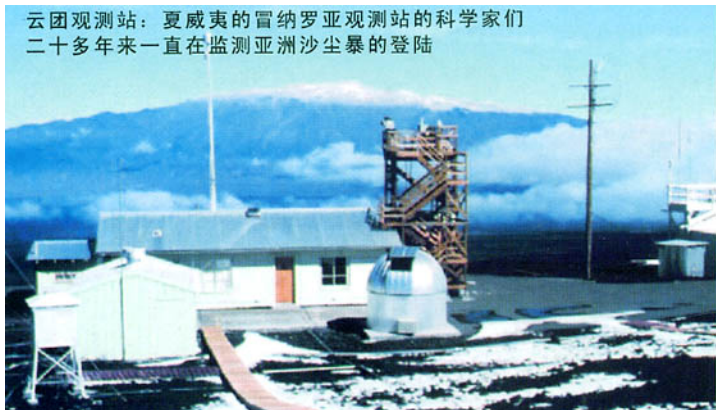
的沙尘暴。美国犹他州普罗沃市杨伯翰大学(Brigham Young University)经济学教授、沙尘暴问题专家阿登波普三世(C. Arden Pope, III)说:“不幸的是,直到最近,我们才开始对微小颗粒进行日常监测。”根据传统说法,由无机物形成的微小颗粒一般是不具备危害性的,但暴露于大量无害微小颗粒也能湮灭机体过滤有害物质进入肺部的系统,进而影响呼吸功能。新的研究结果显示,如果微小颗粒使肺泡发炎,释放出有害的细胞因子,使血液变得粘稠,会危及心血管疾病患者。据波普说,这一反应会造成某些人,包括老年人、儿童、心脏病、流感及哮喘病患者心脏病发作导致死亡。但他又提醒人们,一般情况下,还不足以产生如此严重的后果,这要取决于暴露水平及暴露时间。纽约大学环境医学

害性较大的PM2.5级颗粒。其次,再考虑颗粒的相对毒性。根据莫德利的观点,亚洲和非洲的浮尘大都是地表浮土——主要是结晶岩颗粒——他们的毒性要比工业烟尘小。最后,还应考虑人们受暴露的浓度。他说,总而言之“你可以根据空气中浮尘浓度超出底限PM2.5浓度的情况来估算远程浮尘可能造成的危害。”另一种方法就是根据PM2.5的危害按比例来推算浮尘的危害。但莫德利指出,这种方法不精确。他说,“事实上,任何一种用PM2.5来推算健康风险的方法都是不精确的。但考虑到目前的认知水平,这是一种合理的估算方法。”普罗斯珀罗认为,由于浮尘颗粒大小及浓度,非洲沙尘暴所带来的风险要比本地的地表浮尘要大。他说:“非洲沙尘暴中的微小颗粒浓度比美国本土的浮尘中的要大得多。西部刮过来的沙尘暴最多会在你的鼻孔内留下许多泥巴。”这表示机体正在进行有效地过滤西部刮过来的尘土。但东海岸的沙尘暴就不是这样的。东海岸沙尘暴中的微小颗粒可以穿透肺部的防御系统,尤其对那些免疫系统较弱的人。非洲浮尘中的矿物质成分更增加了其危害性。研究结果表明,浮尘中的微小铁颗粒——非洲浮尘呈现红色的原因——会在肺部表面形成羟基化游离基,经长时间作用会损伤肺部组织,并降低其效率。

漂浮过洋

除了颗粒大小之外,洲际浮尘云团的另一个重要特征就是其携带的微生物。以往,人们曾一度认为细菌在漂洋过海的旅途中无法存活,但这一看法正在改变。现在,人们已经知道细菌和真菌可以附着到浮尘颗粒上并引起过敏反应和疾病,这可能与近期的哮喘病发病率上升有关。哮喘病可能是最容易因沙尘暴而恶化的呼吸道疾病之一。但由于引起哮喘病的原因很多,要证明这一因果关系也很困难。近年来,南佛罗里达州和加勒比地区的哮喘并发率急剧上升。但是

云团观测站:夏威夷的冒纳罗亚观测站的科学家们二十多年来一直在监测亚洲沙尘暴的登陆



响肺的正常工作。根据普罗斯珀罗的说法,由撒哈拉沙尘暴带入美国的浮尘中的1/3—1/2的颗粒直径都小于PM2.5。尽管早在二十世纪三十年代,美国尘暴泛滥时就有人丧命于一种被称作“灰尘肺炎”的疾病,并引起公共卫生官员的注意,但当时人们对空气气溶胶对人体健康危害的知识还是少得可怜。尘暴(Dust Bowl, 多见于美国中南部五州)是由于过度开垦本已脆弱的草地,种植小麦及土地管理不良加上遇上干旱及大风,耕作层被风刮走,形成席卷美国大平原

研究所人体暴露与健康研究中心主任莫顿李普曼(Morton Lippmann)对此表示同意。他也认为沙尘暴本身并不能真正对健康构成威胁。沙尘暴使空气气溶胶的构成更加复杂,美国环保局的颗粒物标准实施起来也更困难。要将灰尘对健康的危害与其他类型的空气气溶胶进行比较是很困难的。但新墨西哥州阿尔布开克美国环境呼吸系统研究中心主任乔莫德利(Joe Mauderly)提出了一种比较方法。首先,测量浮尘颗粒的大小。如果是洲际浮尘,那么,大多数都是危



实际情况是,1980年以来,许多地区的哮喘病发病率已经翻了一番,其原因尚不明确。霍姆斯说:“研究哮喘病时,你会发现到处都是那种令人吃惊的巧合。”新的研究结果提供了更多的证据来证明洲际沙尘暴可能会传播各种病原体。佛罗里达州圣彼得斯堡美国地质测绘局沿海地质中心微生物学家戴尔格里芬(Dale Griffin)对地质测绘局海洋生物学家弗吉尼亚加里森(Virginia Garrison)在美属维尔京群岛圣约翰岛收集的浮尘样本进行了筛选。在圣约翰岛上,加里森用真空泵分别将浮尘样本吸入无菌金属罐中,并且在有沙尘暴天气和无沙尘暴天气都收集了样本。格里芬用R2A琼脂对样本进行培养,以确定经过长时间的紫外线照射后有无存活下来的细菌(R2A琼脂是一种广谱细菌培养基,即多种细菌可以在上面生长繁殖),这一研究发表在2001年6月14日的《大气生物学》(Aerobiologica)上。其结果表明,格里芬等人成功分离出了200多种活的细菌和真菌。在此之前,研究工作者一直认为,由于从非洲到圣约翰岛要经过5~7天的紫外线照射,这种传播是不可能的。格里芬说:“我们发现有幸存活下来的病原体可影响老年人及儿童不完善的免疫系统,大多数病原体可造成皮肤感染,包括皮疹、口疮或皮下硬结。他们还发现了能感

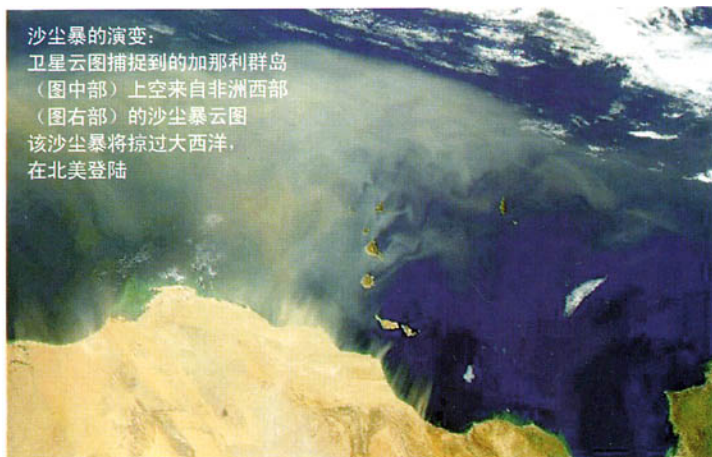


漫天黄尘:过度种植及持续的干旱造成了20世纪30年代美国大平原的黄尘地带

染棉花、桃树、水稻等作物的病原体。格里芬还在继续寻找柑橘枝枯病病原体。这是发生在世界上许多地区的一种地方性果树病,在亚洲和非洲都有,这一果树病在佛罗里达州偶尔爆发,毁坏柑橘作物,给生态及经济造成了极大破坏。格里芬认为微生物之所以能够存活下来,是因为在厚厚的尘云遮盖之下,底部的紫外线暴露水平可能只有上部的一半。因此,底层的微生物在屏蔽之下就有足够的机会存活。另外,非洲浮尘颗粒中由树叶等有机物形成的空穴在细菌着陆之前也可以给其提供安全的屏障。

藏污纳垢

与非洲相比,亚洲的浮尘云团所含的由人类活动产生的污染物更多,如硫酸盐。由于这一原因,亚洲的空气气溶胶也会造成更多的问题。中国总体上正在经历一次大气浮尘危机。源自中国蒙古地区的沙尘暴是由于该地区鼓励粮食生产的政策,导致过度放牧造成的土壤严重侵蚀而引起的。当狂风把沙尘从这些受侵蚀的土地上刮起,浮尘云团经过北京等大城市时,又携带了大量的工业污染物。最后形成的沙尘暴可造成机场因能见度不够而关闭,甚至更坏的后果。根据霍姆斯的说法,每14个人中就有1人死于吸入有害的大气气溶胶。而由于吸入不洁净空气引起的肺炎是造成中国儿童死亡的第一原因。霍姆斯估计,中国每年有100万人死于大气浮尘的危害。她说:“年复一年,总数相当于整个缅甸州的人口就这样死于浮尘中毒。”空气气溶胶带走了土壤养分,遮蔽了农作物所需的紫外线,导致了农作物产量的降低,间接影响人类的食物供应。1998年,美国驻北京大使馆一份题为《中华人民共和国的沙漠化问题:内蒙古草原的战争与宁夏人口的激增》的报告中指



沙尘暴的演变:
卫星云图捕捉到的加那利群岛
(图中部)上空来自非洲西部
(图右部)的沙尘暴云团
该沙尘暴将掠过大西洋,
在北美登陆

地外花

出,中国的贫困图谱与沙漠化、环境破坏、及社会变化图谱有很大的重叠。以前发生过的孢子菌病或者叫“圣华金山谷热”,是一种发生在美国西南地区和墨西哥部分地区的类似于流感的地方性疾病,证明细菌可通过浮尘进行传播。在美国西南地区,七月份至九月份是沙尘暴多发季节。疾病控制与预防中心已注意到孢子菌病在亚利桑那州、加利福尼亚州及新墨西哥州的发病率正逐步增多。在亚利桑那州,1980年至1995年期间,疾病控制与预防中心记录到的年病例从200增长到600例以上。该中心将这一增长与两类主要易感人群的增长联系在一起:即老年人与感染艾滋病患者。该州这两类人口的数量1990~1995年期间增长了79%。朝鲜出血热病毒(hantavirus)是另一种由浮尘携带的病毒。尽管这种病毒于1993年才在美国西南部被首次发现,但随后在世界各地都有发现。根据联合国粮农组织的说法,这种病毒似乎与土壤侵蚀和森林退化有关。美国林业局国际林业分析家朱莉莱克(Julie Lyke)说,森林退化给许多疾病如莱姆病及朝鲜出血热病毒创造了栖生地,因为壁虱、蚊子、啮齿动物等疾病载体适于在因开垦而退化的地理环境中生长(这种地理环境也会产生沙尘暴)。人类主要是通过吸入空气中的老鼠粪便患上朝鲜出血热病毒:当空气足够干燥,且风力足够的情况下,病毒就可以悬浮在空气中,使人吸入并感染。尽管该病可以治愈,但由于该病毒会造成患者肺部迅速积水,往往还未等到患者就医,就已夺去了他的生命。更常见的情况是,从本地所形成的沙尘暴所造成的危害并不在于其携带的病菌,而是沙尘暴所卷起的浮尘物质,如建筑工地和工业地区的混凝土灰尘。德克萨斯州环境管理官员尼尔卡曼(Neil Carman)在Sierra俱乐部德克萨斯州分部新闻发布会上称,由于其颗粒小且具有毒性,混凝土灰尘会损伤肺部

组织。位于坦佩市的亚利桑那州立大学的环境地质学家威尔斯蒂芬诺夫(Will Stefanov)已采用遥感技术来确定城市和乡村环境中的大气浮尘的源头及目的地,以及它们的流动方式。在城市,建筑工地及其它遭毁坏的建筑物是最主要的灰尘源头。后者的一个例子就是世界贸易中心大楼遭恐怖袭击后扬起的大量灰尘。研究人员还在继续检测世贸大厦周围空气的颗粒物质的浓度。斯蒂芬诺夫下一阶段的研究工作将对大气中的浮尘进行物理、化学及生物分析。

福兮祸兮

浮尘研究人员提醒人们不要以为浮尘云团是只会使农民失去土地,使儿童咳嗽的恶魔。实际上,浮尘云团也有好的一面,它给亚马逊盆地及其它地区的雨林带来重要的养分。格里芬指出一些研究的结果表明,如果没有亚洲的浮尘中带来的养分,那么,夏威夷群岛上的雨林在那片贫瘠的土地上就无法生存。浮尘的推崇者们发起了一项运动,目的是使全球土壤“恢复矿物化”,以恢复农业的活力。土地恢复矿物化网站公布了一些岩石粉末在恢复土地肥力方面的效果要优于氮、磷、钾肥的研究报告(氮、磷、钾肥还很容易渗透到地下水中,并造成含氮径流,引起有害藻类的过度繁殖)。据主管网站论坛的乔安娜坎培(Joanna Campe)说,恢复土地矿物化的运动起源于德国,在欧洲很流行。在德国、瑞士和奥地利就有出售矿石粉尘的大公司。石粉业对于这一运动寄予了极大的热忱。莱内斯说,即使是有害藻类的过度繁殖,对海洋生态系统也有尚不为人知的利益。他用森林火灾打了个比方。过去,林业科学家们认为森林火灾是森林的灾难。但数十年的防火政策却造成了自然规律的反作用,迫使人们对森林火灾重新进行认识。现

在,人们认识到,森林火灾在森林再生中起着重要作用。莱内斯说:“红潮也可能具备同样的功效。”基于这一原因,有害藻类的过度繁殖的生态学及海洋学研究项目(莱内斯在佛罗里达州立大学的项目)就是为了对海洋生态系统、其物种变化、温度及化学组成进行综合分析。莱内斯期望在2~3年内能建成一个完整的模型。由于洲际沙尘暴的具体机制及效果仍处于研究阶段,此时做出任何反应尚为时过早。此前人们也提出过各种各样的建议,包括更好地管理中国境内的侵蚀土地的使用以及向易受影响的人群提供更准确、更有针对性的沙尘暴预报。金诺斯承认要建立一个健康影响模型还有许多工作尚待进行。他说,这显然需要各方面的协作。他邀请了微生物学家及其他学科的专家来协助选择参数,如紫外线暴露阈值,以便对那些对人类健康有影响的微生物建立研究模型。有了这些参数后,GOCART模型就可预测这些影响特定人群微生物的浓度。金诺斯说:“手段已经有了,只是需要进一步完善。”随着对这些空气气溶胶的进一步筛选、确定和研究,对灰尘的科学理解必将进一步深入。人们对灰尘影响人类健康、气候及生态系统的途径的理解也将不断进化。这种认知水平的进化过程是符合达尔文的进化论观点的。

不健康的乘客:

图为从2001年6月抵达美属维尔京群岛圣约翰岛上的非洲沙尘暴中收集到的有机物颗粒(上)及细菌

