

西北地区不同等级沙尘暴的空间变化与防治^{*}

顾 静^{1,2}, 周 杰¹, 赵景波^{3,1}

(1. 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 陕西 西安 710075;
2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 通过资料分析, 揭示了西北地区不同等级沙尘暴的分布范围与物质组成的空间变化及发生动力。研究表明, 西北特强沙尘暴活动范围从荒漠源区一直到东南沿海及港澳地区, 强沙尘暴活动范围包括荒漠源区到我国东部的河南郑州、开封、许昌以及山东菏泽等地, 中等沙尘暴分布在荒漠源区到甘肃兰州等地, 弱沙尘暴分布范围小, 以点状分布为主; 不同等级沙尘暴的物质浓度和组成不同; 产生不同等级沙尘暴的动力不同; 给黄土高原带来大量粉尘物质和造成严重灾害的主要是强和特强沙尘暴; 对西北地区不同等级沙尘暴灾害的防治应采取分级防治和分区防治相结合的措施。

关键词: 沙尘暴; 不同等级; 空间变化; 物质浓度与组成; 防治措施

中图分类号: P425.5⁵ 文献标识码: A 文章编号: 1000-811X(2008)01-0027-05

0 前言

沙尘暴是严重的风沙现象, 沙尘暴发生时空气混浊, 水平能见度<1 km。我国西北地区是世界四大沙尘暴活动区中的中亚沙尘暴区的一部分, 其沙漠、戈壁广布, 生态环境十分脆弱, 不同等级的沙尘暴频繁发生^[1]。近年来, 许多学者都对该区的沙尘暴进行了研究, 徐启运等对我国西北地区沙尘暴天气时空分布进行了分析, 得出我国西北地区沙尘暴的空间分布具有地理纬度高、面积大, 强沙尘暴天气多发区集中, 沙尘暴天气分散在七大沙漠或其边缘地区三大特点^[2]。钱正安等也对1952~2000年间中国境内的强及特强沙尘暴进行了分析, 得出中国北方的沙尘暴源区主要分布在河西走廊和阿拉善高原, 南疆盆地南缘以及内蒙古中部三地区^[3]。可以看出这些研究多集中于沙源区的空间分布方面, 对于沉积区的沙尘暴空间分布未做详细划分。另外, 过去的研究往往集中在强和特强沙尘暴方面, 对于其他等级沙尘暴的研究少^[4~6]。虽然过去对沙尘暴危害的防治进行过研究^[7], 但缺少分区防治的措施。对于带来形成黄土物质的沙尘暴类别, 也缺少明确的认识。

本文将结合以往的研究成果, 针对对上述研究存在的不足进行深入探讨, 并针对不同等级沙尘暴带来的危害提出不同的防治措施, 以减少沙尘暴灾害给人民的生命财产安全带来的巨大损失。

1 西北地区不同等级沙尘暴的空间范围变化

目前将沙尘暴分为通常分为以下4个等级^[5]: 最低能见度<50 m, 且最大风速≥25 m/s的沙尘暴为特强沙尘暴; 最低能见度<200 m, 且最大风速≥20 m/s的沙尘暴为强沙尘暴; 最低能见度在200~500 m, 且最大风速≥17 m/s的沙尘暴为中等强度沙尘暴; 最低能见度在500~1000 m, 且最大风速≥10 m/s的沙尘暴为弱沙尘暴。特强沙尘暴分布包括从荒漠源区一直到东南沿海及港澳地区。弱沙尘暴分布范围小, 以点状分布为主。根据不同等级沙尘暴的分布(图1)可以看出, 西北强沙尘暴分布包括荒漠源区、西北地区东部和华北地区北部, 最远可达我国东部的河南郑州、开封、许昌以及山东菏泽等地。中等强度沙尘暴分布大致在荒漠源区、甘肃河西地区、阿拉善高原及内蒙古中部地区, 最远可达甘肃东部兰州等地。中国

* 收稿日期: 2007-08-05

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向性项目(KZCX3-SW-146); 国家自然科学基金项目(40672108)

作者简介: 顾静(1981-), 女, 西安市人, 博士研究生, 主要从事自然地理与第四纪研究。

E-mail: gujing@stu.snnu.edu.cn

造成严重灾害的主要原因是强和特强沙尘暴。

造成严重灾害的主要是强和特强沙尘暴。

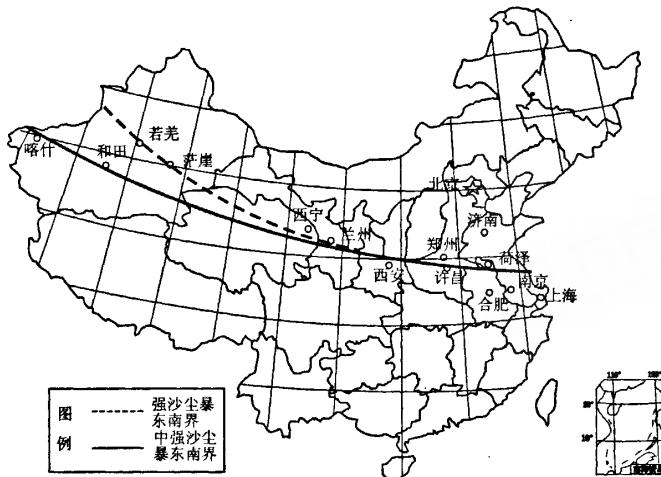


图1 中国不同等级沙尘暴的空间分布示意图

2 西北地区不同等级沙尘暴空间变化的原因

沙尘暴空间分布不同的原因主要是动力因素，也与地形、地面物质组成等因素有关。特强沙尘暴、强沙尘暴、中等强度沙尘暴的空间变化主要是由春季的强冷空气引起的。强冷空气是形成沙尘暴的动力因素，是沙尘暴形成的必备条件，它的大小决定着空气中沙尘的数量、粒径大小和沙尘暴影响的高度和范围。在春季，冬夏季风环流形式相互转变，天气系统移动速度较快，风速大，是沙尘暴主要活动期。与冷空气和气旋活动相伴的大风是沙尘暴的启动因子。我们根据西北地区不同等级沙尘暴发生时的风力强弱分析得出，特强沙尘暴发生时的平均风速可达 33 m/s ，风力可达 $10 \sim 12$ 级，强沙尘暴发生时的平均风速可达 22 m/s ，风力可达 $8 \sim 10$ 级，中等强度沙尘暴发生时的平均风速可达 18 m/s ，风力可达 $6 \sim 8$ 级，弱沙尘暴发生时的平均风速可达 15 m/s ，风力可达 $4 \sim 6$ 级。造成弱沙尘暴的动力是日温变化引起的局地风力作用，沙尘暴常常与局地近地面空气的热力不稳定性相联系。在晴朗无云的午后，下层大气强烈受热，获得上升的加速度，大气层结变得不稳定，使其产生对流作用，有利于加大风速和带起沙尘粒子，为局地沙尘暴提供了动力条件^[8]。因此，局地弱沙尘暴发生的次数比其他等级沙尘暴发生次数更多。根据我国沙尘暴年发生日数

(图2)可以看出，在西北地区的沙尘暴发生源地的和田、民丰、盐池、民勤不同等级沙尘暴年发生日数之和分别可达298 d、222 d、201 d、335 d。这些地区都位于我国西北沙漠或沙漠边缘地带，那里植被稀疏，是不同等级沙尘暴的多发区，局地弱沙尘暴发生次数相当频繁。陕北榆林的沙尘暴年发生日数可达103 d，其原因是陕北长城沿线以北为毛乌素沙地，植被稀少，地表形态以各种沙丘、沙地、沙滩为主^[9]，处在大风多发区，所以局地弱沙尘暴发生频繁。北京的年沙尘暴发生日数可达22 d，原因是北京以西和以北地区主要是内蒙古高原中南部的锡林郭勒草原、浑善达克沙地、乌兰察布高原—河北坝上—山西雁北农牧交错带，这里干旱少雨，植被稀少，沙尘物质丰富，加之近年来过渡放牧，毁林毁草开荒造成大范围土地严重沙化^[10]，给北京带来丰富的沙尘物质。另外，还可以看到东南部的河南郑州，山东菏泽沙尘暴年发生日数分别可达42 d、13 d。这里是我国东部纬度最低的沙尘暴发生区，沙尘暴发生与当地局部沙地、裸露旱地或干枯河床裸露淤沙有关，造成的主要局地弱沙尘暴^[6]。

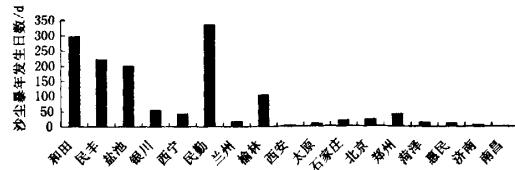


图2 我国部分城市各级沙尘暴年平均发生日数

3 西北地区不同等级沙尘暴的物质浓度和物质组成差别

3.1 西北地区不同等级沙尘暴的物质浓度差别

由于沙尘暴的物质浓度和运移速度会随搬运距离增加而变小, 所以不同等级沙尘暴的物质浓度要在沙尘暴来源区或附近地区测定。西北地区不同等级沙尘暴的物质浓度不同, 从弱沙尘暴到中等强度、强沙尘暴发生时, 地面空气中的平均物质浓度分别为 1.02 mg/m^3 、 3.525 mg/m^3 和 13.508 mg/m^3 , 即从弱沙尘暴到中等强度及强沙尘暴天气时, 地面空气中物质浓度是显著增加的, 后者依次是前者的 3~4 倍。而发生特强沙尘暴时, 地面空气中物质浓度可达到 1016 mg/m^3 , 它约是弱沙尘暴物质浓度的 1 000 倍^[3]。由此可见, 我国西北沙尘暴物质浓度差异巨大。另外, 不同等级沙尘暴物质浓度差别也是造成灾害不同的重要原因之一。

3.2 西北地区不同等级沙尘暴的粒度组成差别

由于沙尘暴的物质浓度会随搬运距离增加而变小, 所以不同等级沙尘暴的粒度组成存在差别, 下面分析它们的差异。1996 年 5 月 30 日敦煌发生特强沙尘暴, 据敦煌沉降物粒度分析结果可知, $100\sim30 \mu\text{m}$ 的细砂占 39.47 %, $30\sim10 \mu\text{m}$ 的粗粉砂占 51.12 %, $10\sim5 \mu\text{m}$ 的细粉砂占 9.41 %^[11]。沉降物粒度主要集中在 $30\sim10 \mu\text{m}$ 的粗粉砂和 $100\sim30 \mu\text{m}$ 的细砂的粒径段上(图 3)。1993 年 5 月 5 日兰州发生强沙尘暴, 据兰州沉降物粒度测定结果可知, $>50 \mu\text{m}$ 的细砂占 0.08 %, $50\sim10 \mu\text{m}$ 的粗粉砂占 69.07 %, $10\sim5 \mu\text{m}$ 的细粉砂占 10.08 %, $<5 \mu\text{m}$ 的粘粒占 20.77 %^[12]。粒径主要集中于 $50\sim10 \mu\text{m}$ 的粗粉砂和 $<5 \mu\text{m}$ 的粘粒范围。1995 年 5 月 16 日额济纳旗拐子湖发生中等强度沙尘暴, 据金昌沉降物粒度测试结果显示, $300\sim100 \mu\text{m}$ 的砾石和细砂占 1.13 %, $100\sim30 \mu\text{m}$ 的细砂和粗粉砂占 6.26 %, $30\sim10 \mu\text{m}$ 的粗粉砂占 34.96 %, $10\sim5 \mu\text{m}$ 的细粉砂占 23.93 %, $5\sim1 \mu\text{m}$ 的粘粒占 33.71 %^[11]。粒径主要集中于 $30\sim10 \mu\text{m}$ 的粗粉砂和 $5\sim1 \mu\text{m}$ 的粘粒范围。2000 年 4 月 6 日, 内蒙古中西部, 河北西北部发生弱沙尘暴, 据取样地点沉降物粒度分析表明, $>10 \mu\text{m}$ 的粗粉砂占 23.1 %, $10\sim5 \mu\text{m}$ 的细粉砂占 19.5 %, $<5 \mu\text{m}$ 的粘粒占 67.4 %。粒径主要集中于 $<5 \mu\text{m}$ 的粘粒范围(图 3)^[13]。

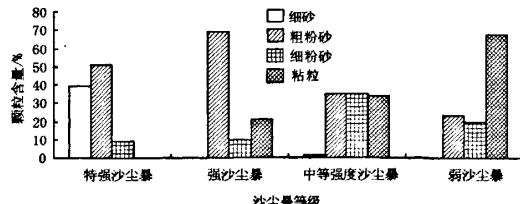


图 3 不同等级沙尘暴的粒度组成

由上述资料可以看出特强沙尘暴的物质组成主要以细砂和粗粉砂为主, 强沙尘暴的物质组成主要以粗粉砂和粘粒为主, 中等强度的沙尘暴的物质组成主要以细粉砂和粘粒为主, 而弱沙尘暴的物质组成则主要以粘粒为主。不同强度沙尘暴粒度组成的差异对我们认识黄土高原黄土的搬运动力有重要作用。根据粒度分析, 洛川离石与马兰黄土中 $0.1\sim0.05 \text{ mm}$ 的细砂含量为 5 % 左右, $0.05\sim0.01 \text{ mm}$ 的粗粉砂含量为 50 % ~ 54 %, $0.01\sim0.005 \text{ mm}$ 的细粉砂含量为 13 % ~ 17 %, 小于 0.005 mm 的粘粒含量为 26 % ~ 32 %。对比可知, 位于黄土高原中部的洛川黄土粒度成分比强沙尘暴粒度略粗, 比特强沙尘暴略细。考虑到沙尘暴堆积后在风化过程中粒度成分会略有变细, 由此我们得出, 洛川等广大黄土高原中部的黄土应当主要是特强沙尘暴运移到洛川等地风速降低沉积的, 当然强沙尘暴也会带来一定量的物质, 但中等强度沙尘暴给黄土高原带来的物质少。

4 不同等级沙尘暴的危害和防治

4.1 不同等级沙尘暴的危害

强和特强沙尘暴主要影响黄土高原以东以南地区, 给人民的生活和生命财产安全造成了严重的损失。我们对几次强和特强沙尘暴造成的灾害的归纳总结可知, 强和特强沙尘暴主要造成人畜伤亡, 掩埋农田, 破坏林木及毁坏交通通讯设施等。这主要是因为强和特强沙尘暴的出现常常伴随着强风, 不断吹蚀土壤物质, 并把土壤里细腻的粘土矿物和宝贵的有机物带走, 使土壤变得贫瘠, 从而导致荒漠化加剧。与强和特强沙尘暴相伴的大风本身就具有强大的致灾能力。当沙尘暴发生时风速超过 $20\sim30 \text{ m/s}$ 时, 能把大树连根拔起, 刮倒墙壁, 毁坏房屋, 刮翻火车, 推倒电杆, 刮走农田沃土、种子和幼苗, 造成人畜伤亡。当风力减弱时, 沙粒降落会埋压农田、村庄、工矿、铁路、公路、水源等。例如, 20 世纪 50 年代甘肃民勤地区的 4 次强风暴, 沙埋农田 3 万 hm^2 , 吹走幼苗

和种子，吹落果树幼果，致使当时 50% 以上的林木受害^[14]。另外，在强和特强沙尘暴消弱地段，有时会伴有降温和霜降等冻害，导致农作物大幅度减产，甚至绝收等。例如，1993 年 5 月 5 日的特强沙尘暴过后，河西地区降温幅度达 30℃ 以上，使受到特强沙尘暴危害的果树和瓜果类作物又受冻害^[14]。

中等强度和弱沙尘暴主要影响黄土高原以西和以北地区，虽然它们带来的危害远不如强和特强沙尘暴那么严重，但也给国民经济建设，人民生产、生活以及交通运输造成了一定的不便。例如，城市上空飘浮大量沙尘，可使空气中可吸入颗粒物的浓度增加，空气质量急剧恶化。浮沉中带有大量刺激性物质，一旦被患有过敏性哮喘病的患者吸收入体内，将发生病变。浮沉中还带着大量的病菌，易引起流行性疾病，附着在农作物叶面上的尘土直接减弱植物的光合作用和呼吸作用，影响有机质的合成，阻碍作物的生长^[7]。沙尘天气携带的大量沙尘蔽日遮天，天气阴沉，造成太阳辐射减少，能见度大大降低，容易造成人心情沉闷，工作学习效率降低。浮尘对于精密机械、精密化工以及航空交通设施都会带来破坏性的影响。

4.2 不同等级沙尘暴的防治

对西北地区不同等级沙尘暴灾害的防治主要采取分级防治和分区防治相结合的措施。

4.2.1 分区防治

(1) 在沙源区和搬运区主要采用的措施

①在保护现有沙地、荒漠植被的基础上大力加强生态工程建设。荒漠植被是维护荒漠生态系统的一个主体，破坏容易恢复难，因此要把保护荒漠植被放在第一位，不然所有的治理、植树造林等最后都将功亏一篑。大沙漠里胡杨的固土作用十分明显，红柳、梭梭、榆树、柠条、沙棘等也是很好的抗沙树种，必须保护，没有这些荒漠植被的维系，治沙效果将大打折扣。大力加强退耕还林还草，最大限度地增加植被面积，控制沙漠化的发展。同时应充分利用成功的模式和技术，采用封沙育草，以恢复天然植被；在沙漠—绿洲过渡带和外围营造人工植物固沙林带，并建立封育区，阻截风沙。在沙漠化比较严重的流沙面积较大的地区，可采用综合整治模式，从调整土地利用结构入手，有计划地开展农林牧综合开发利用，从而巩固的扩大现有人工绿洲^[15]。②建立和扩大节水灌溉的高产农田。在具有水资源条件的地区，应发展节水灌溉农业，建立灌溉条件下的高产农田，加快发展节水绿洲，扩大绿洲面积，解决生态环境和经济效益两大问题。③控制人口增长速度。沙化土地地区人口增长，必将增加对沙漠水、土、生物资源的需求量。因此，

控制人口发展速度，提高人口素质，建立一个人口、土地资源、环境相协调均衡发展的生态系统，对防治风沙灾害有着重要的意义。

(2) 在沙尘暴堆积区应采取的措施

①植被措施。在城市及其周边种草、种树，搞好城市绿化，减少裸露地面，减少二次扬沙，建立生态保护屏障，防止沙尘外源。②预警措施。强化沙尘暴的科学研究，加强沙尘暴源区监测网的建设，掌握沙尘暴发生、发展的机制和规律，对沙尘暴进行预警、预报、最大可能减轻沙尘暴灾害的损失^[16]。

4.2.2 分级防治措施

(1) 对强和特强沙尘暴灾害应采取的防治措施

①重视气象预报和防灾科普知识。沙尘暴产生的直接原因是气象因素。应加强对沙尘暴特别是强和特强沙尘天气的预测预报。对沙区群众普及防治知识，强化自我保护意识，减轻沙尘暴带来的损失。②采取措施，保护人民生命、生活财产的安全。强和特强沙尘暴往往会给人民生命、生活带来很大的损失，所以在发生强和特强沙尘暴时应减少外出，封闭公路、铁路等，停运飞机、火车等各种交通运输工具，禁止放牧，加强防寒措施，防止各种疾病的發生，防止牲畜冻死、饿死，减少植物冻害的发生。

(2) 对中等强度和弱沙尘暴应做好的防治措施

①加强沙尘暴的预报工作，使群众提前做好防灾工作，减少灾害带来的损失。②在中等强度和弱沙尘暴发生前应做好预防措施，如关闭门窗，保护各种精密仪器，隔离、封闭建筑物、文物，或给其涂上保护层以防止风沙侵蚀等。③在中等强度和弱沙尘暴发生过程中或发生后，具备条件时应采取人工降雨、给路面洒水等方法来减少空气污染；降低车速、打开车灯、增加汽笛以防止交通事故发生，外出时应戴上口罩，增加衣物以防止各种呼吸道疾病的发生。

5 结论

(1) 西北特强沙尘暴分布包括从荒漠源区一直到东南沿海及港澳地区。强沙尘暴分布包括荒漠源区、西北地区东部和华北地区北部，最远可以到达我国东部的河南郑州、开封、许昌以及山东菏泽等地。中等沙尘暴分布大致在荒漠源区、甘肃河西地区、阿拉善高原及内蒙古中部地区，最远可达甘肃东部兰州一带及相当地区。弱沙尘暴分布范围小，以点状分布为主。中国西北的沙尘暴主要是强和特强沙尘暴及弱沙尘暴，造成严重灾害的主要是强和特强沙尘暴。

(2) 强冷空气是形成特强、强和中等强度沙尘暴的动力因素, 局地日温差产生的强风是引起局地弱沙尘暴的动力因素。

(3) 在沙尘暴的来源区或附近地区, 从弱沙尘暴到中等强度及强沙尘暴, 地面空气中物质浓度是显著增加的, 后者依次是前者的3~4倍。而发生特强沙尘暴, 地面空气中物质浓度约是弱沙尘暴物质浓度的1 000倍左右。

(4) 特强沙尘暴的物质组成主要以细砂和粗粉砂为主, 强沙尘暴的物质组成主要以粗粉砂和粘粒为主, 中等强度沙尘暴的组成主要以细粉砂和粘粒为主, 而弱沙尘暴的物质组成则以粘粒为主。

(5) 不同强度沙尘暴的组成差异表明, 黄土高原中部广大地区的黄土物质主要是强沙尘暴和特强沙尘暴减弱变成的强沙尘暴搬运来的, 中等强度的沙尘暴带来的物质很少。

(6) 不同等级的沙尘暴给人民的生活和生命财产带来了不同程度的损失, 对西北地区不同等级沙尘暴灾害的防治主要采取分级防治和分区防治相结合的措施。

参考文献:

- [1] 王晓青. 我国西北地区沙尘暴灾害及防治对策[J]. 中国人口·资源与环境, 2001, 11(52): 42~43.
- [2] 徐启运, 胡敬松. 我国西北地区沙尘暴天气时空分布特征分析[J]. 中国沙漠, 1996, 6(3): 42~45.
- [3] 钱正安, 宋敏红, 李万元. 近50a来中国北方沙尘暴的分布及其变化趋势分析[J]. 中国沙漠, 2002, 22(2): 106~111.
- [4] Wang Shigong, Dong Guangrong, Yang Debao et al. Study on sand-dust storms over the desert region in north China [J]. Natural Disasters, 1996, 5(2): 862~941.
- [5] 邱新法, 曾燕, 缪启龙. 我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径[J]. 地理学报, 2001, 56(3): 316~322.
- [6] 周自江, 章国材. 中国北方的典型强沙尘暴事件(1954~2002年)[J]. 科学通报, 48(11): 1224~1228.
- [7] 吴焕忠. 我国沙尘暴灾害述评及减灾对策[J]. 农村生态环境, 2002, 18(2): 1~5.
- [8] 熊佳惠, 回峰. 沙尘暴成因及人文思考[J]. 灾害学, 2004, 19(1): 92~96.
- [9] 李平, 刘勇, 杜继稳, 等. 陕北地区沙尘暴天气分析及预报[J]. 中国沙漠, 2006, 26(2): 295~299.
- [10] 王涛, 陈广庭, 钱正安, 等. 中国北方沙尘暴现状及对策[J]. 中国沙漠, 2001, 21(4): 322~327.
- [11] 张宁, 陆萌. 沙尘暴的化学组份和粒径分布特征[J]. 甘肃环境与监测, 1998, 11(1): 3~7.
- [12] 师育新, 戴雪荣. 兰州“930505”特大沙尘暴沉积物特征研究[J]. 沉积学报, 1995, 13(3): 76~82.
- [13] 庄国顺, 郭敬华. 2000年我国沙尘暴的组成、来源、粒径分布及其对全球环境的影响[J]. 科学通报, 2001, 46(3): 191~197.
- [14] 张晓龙, 张艳芳. 近年来北方沙尘暴成因及其防治[J]. 灾害学, 2001, 16(3): 70~75.
- [15] 郁耀闯, 赵景波, 李天堂. 沙尘暴的活动和防治[J]. 灾害学, 2006, 21(2): 55~58.
- [16] 李登科, 杜继稳. 沙尘暴监测与预警方法研究[J]. 灾害学, 2006, 21(1): 55~58.

Spatial Distribution and Preventive Measures of Different Grade Sandstorms in Northwest China

Gu Jing^{1,2}, Zhou Jie¹ and Zhao Jingbo^{3,1}

(1. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100000, China; 3. Geographical Department of Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: Through the analysis of the materials, the paper discussed the distribution range and spatial variation of material composition and the dynamics of the sandstorms of the different grades in northwest China. The research indicates that the activity scope of the strongest sandstorm in northwest China ranges from desert regions to southeast coastal regions and Hong Kong and Macao. The activity scope of the strong sandstorms in northwest China include desert regions, eastern regions in northwest China and northern regions in Huabei, China. It also could arrive such the farthest regions as Zhengzhou, Kaifeng, Xuchang in Henan and Heze in Shandong. The activity scope of the moderate sandstorms in northwest China roughly distribute in desert source areas and Lanzhou of Gansu. Weak sandstorms show dotted distribution. The material concentration and composition of sandstorms of different grades are different. The dynamics of sandstorms of different grades is also different. It is strong and very strong sandstorms that bring much sand and dust to the loess plateau. The preventive measures should be different for disasters of different grade sandstorms and sandstorms in different regions in northwest China.

Key words: sandstorm; different grades; spatial variation; material concentration and composition; preventive measures