

塔克拉玛干沙漠雨迹卫星云图分析与研究

徐希慧

(新疆维吾尔自治区气象局, 乌鲁木齐 830002)

摘要 利用美国 TIROS-N/NOAA 气象卫星对塔克拉玛干沙漠云系和大降水后留下雨迹进行了连续 3 年的监测。文中着重揭示沙漠雨迹的观测事实及其统计特征, 扼要阐明形成沙漠雨迹的主要天气系统, 对沙漠雨迹的重要意义及若干问题进行了探讨。

关键词 卫星云图监测 沙漠大降水 沙漠雨迹 干旱 干旱化

关于塔克拉玛干沙漠气候和气候资源至今人们对它了解甚少。在塔里木盆地进行大规模油气勘探开发的今天, 沙漠气候资源(尤其是水资源)是人们关心的焦点之一。

我们于 1991 ~ 1993 年利用美国 TIROS-N/NOAA 气象卫星对塔克拉玛干沙漠云系、沙漠雨迹和沙尘暴等进行了监测和分析, 揭示了沙漠气象鲜为人知的新现象和新事实^[1~4]。本文主要展示沙漠雨迹最新观测事实并进行分析研究。

1 塔克拉玛干沙漠雨迹的观测事实及其统计特征

1.1 判识依据

所谓雨迹, 就是系统性云系入侵造成的降水在沙漠中留下的水迹或积水现象。这些雨迹在卫星云图黑白照片和卫星遥感伪彩色图片上都有明显的表现。

在甚高分辨率可见光卫星云图上(光谱波段为 $0.725 \sim 1.0 \mu\text{m}$), 色调能反映出下垫面的反照率, 反照率和图片色调成正比。云系和高山积雪反照率最大(59% ~ 92%), 在图片上为灰白色或白色; 在干燥的沙漠地区, 反照率较大(30% ~ 60%)呈现灰色或淡灰色; 有植被覆盖的地区反照率较小(15% ~ 20%), 呈深灰色; 若有水体、森林覆盖的地区反照率最小(9% ~ 10%)呈现黑色¹⁾。所以沙漠中的雨迹与沙漠中的水体(湖泊、水库、河流)一样也呈黑色, 与图片上呈现灰色或淡灰色的沙漠形成强烈的反差, 在甚高分辨率卫星云图上很容易区别判识。

在 3 个通道(通常用 4, 2 和 1 通道最佳)合成的伪彩色图片上, 沙漠中的雨迹和沙漠中的水体一样均为紫红色。也很容易区别判识(图版 I-1)。

1.2 监测情况

根据上述判识方法对 1991 ~ 1993 年沙漠雨迹进行监测。据统计, 这 3 年共监测到沙漠

1994-03-10 收稿, 1994-11-20 收修改稿

1) 季良达, 气象卫星资料应用分析讲习班讲义, 国家气象局卫星气象中心, 1990. 68

雨迹 32 次. 在降水正常的 1991 年和 1992 年分别监测到 9 次和 8 次. 在降水偏多的 1993 年竟然监测到 15 次之多(表 1).

表 1 塔克拉玛干沙漠雨迹监测情况(1991~1993 年)

序 号	出现日期 (月-日)	系统性云系的卫星 云图特征	雨迹分布情况	雨迹在沙漠 的主要部位
1991 年	1 04-22	南支槽云系	沙漠中部、东部有大面积散片状雨迹	腹部
	2 06-03	南、北云系结合	沙漠西部、中部有散片状雨迹(量少)	腹部
	3 06-13	南、北云系结合	沙漠北部有大面积连接成片的雨迹	北部
	4 06-29	冷锋涡旋云系	沙漠西部大面积连接成片的雨迹	西部
	5 07-24	低涡类云系	叶尔羌河两侧沙漠有连接成片的雨迹	西部
	6 07-29, 7-30, 7-31	南、北云系结合	沙漠从西向东有散片状雨迹	腹部
	7 08-03	南、北云系结合	沙漠中部和东部有连接成片的雨迹	腹部
	8 08-11, 08-12	南、北云系结合	沙漠从西向东都有明显散片状雨迹	均有
	9 08-24	南、北云系结合	沙漠西部雨迹连接成片东部是云系	西部
1992 年	1 06-17	冷锋涡旋云系	和田到轮台南部有一条带状雨迹	腹部
	2 06-18, 06-19, 06-20	南、北云系结合	沙漠从西向东(偏北)有大面积雨迹	腹部
	3 06-25, 06-26, 06-27	南支低涡云系	沙漠从西向东断续有大面积雨迹	均有
	4 07-02 至 07-07	南、北云系结合	沙漠从西向东断续有大面积雨迹	均有
	5 07-27	南支槽云系	和田河中游两侧沙漠中有大面积雨迹	西部
	6 07-31	冷锋涡旋云系	沙漠腹部偏东有一横条雨迹	东部
	7 008-19	冷锋涡旋云系	沙漠北部、东部有连接成横片雨迹	北部
	8 09-11	南、北云系结合	沙漠东南部有大面积横向雨迹	南部
1993 年	1 05-04	南支槽云系	沙漠西北和东北有大面积连片雨迹	北部
	2 05-07	南、北云系结合	沙漠西北部有一横宽带状雨迹带	北部
	3 06-09, 06-10	南、北云系结合	沙漠西部少量、东北部雨迹连接成片	东部
	4 06-17	南、北云系结合	叶尔羌河两岸沙漠雨迹成片	西部
	5 06-22	冷锋涡旋云系	新和南部沙漠中有散片雨迹	腹部
	6 06-26	南、北云系结合	新和南部有大面积雨迹, 西部有少量雨迹	腹部
	7 07-03	青藏高原 cb 云群北上	沙漠腹部到东南部有断续横片状雨迹	腹部
	8 07-12	南、北云系结合	沙漠北部雨迹接连成大片, 南部是降水云系	北部
	9 07-19 至 07-21	南、北冷锋涡旋云系结合	沙漠中部到东部南北贯穿都有横片雨迹	腹地
	10 07-26	南支槽盾状云系	阿克苏南部, 和田河一带均有大面积雨迹	西部
	11 07-30, 07-31	南、北云系结合	沙漠从西向东有横条纹散片状雨迹	腹地
	12 08-09	南、北云系结合	沙漠北部有连片雨迹	北部
	13 08-13, 08-14	低涡云系	沙漠雨迹最多, 达沙漠面积的 1/2 强	西部
	14 08-23, 08-24	冷锋涡旋云系	沙漠北部、东南部均有雨迹	东部
	15 08-27	南、北云系结合	沙漠中部偏北和东南部有雨迹	腹部

1.3 雨迹时间、空间分布特征

塔克拉玛干沙漠大降水的雨迹主要出现在夏季(6~8月), 占总次数的 84.4%; 春秋两季雨迹出现频次很少, 只占总次数的 15.6%(表 2). 1988 年 1~12 月在塔克拉玛干沙漠腹地满西(40°06'N, 83°06'E)进行定位观测^[9]. 年降水量为 84.9 mm; 7、8 月份最集中, 占全年的 61%; 7 月份最多, 占全年的 44%. 从实测资料和通过卫星监测雨迹的次数对比分析可以清楚地看出: 塔克拉玛干降水集中于盛夏, 可称为“雨季”. 此外, 实测资料表明降水变量大. 一次大降水强度大, 降水量多. 如 1988 年 7 月 23~24 日降水量达 28.2 mm, 而在夜间半小时内降水达

20 余毫米, 当时地面有积水^[5].

表 2 1991~1993 年塔克拉玛干沙漠雨迹出现次数月、季统计(个例: 32)

月	4	5	6	7	8	9	年计	%
1991 年	1	1	2	2	3	0	9	28.13
1992 年	0	0	3	3	1	1	8	25.00
1993 年	0	2	4	5	4	0	15	46.87
3 年中各月共出现次数	1	3	9	10	8	1	32	100
各月雨迹百分率	3.12	9.38	28.13	31.25	25.00	3.12		100
季计与百分率	春季 4(12.5%)			夏季 27(84.4%)		秋季 1(3.1%)		

沙漠雨迹空间分布特征是: 西部(21.9%)多于北部(18.7%), 北部多于东部(9.4%), 南部出现机率最小(3.1%), 沙漠腹地出现频次最多, 占 46.9%(表 3). 证明天气系统造成的冷空气活动是来自西方和北方者居多, 东北部也有较强的天气系统活动. 腹地雨迹出现次数最多, 表明各个方向云系入侵沙漠腹地都有产生大降水的可能. 夏季, 南、北云系结合部位多在沙漠腹地也是其中原因之一. 以上事实可以看出沙漠降水有着时间和空间分布不均匀性的特征.

表 3 雨迹在塔克拉玛干沙漠中分布的部位统计(个例: 32)

雨迹在沙漠中的部位	东部	南部	西部	北部	自西向东和腹部
出现次数	3	1	7	6	15
%	9.4	3.1	21.9	18.7	46.9

1.4 云系类型与雨迹频次关系

造成沙漠大降水的系统性云系可以分为五大类^[6](冷锋涡旋云系类; 大槽、低涡云系类; 南支槽盾状云系类; 副热带西风急流云系类; 南北云系结合与高低空云系迭加类). 其中 56.2% 沙漠雨迹是高低空云系叠加与南北云系结合而造成的(表 4).

表 4 各种类型云系与沙漠雨迹出现次数的关系(个例: 32)

云系类型	出现次数	%	云系类型	出现次数	%
冷锋涡旋云系类	6	18.8	副热带西风急流云系类	1	3.1
大槽、低涡云系类	3	9.4	南北云系结合和迭加类	18	56.2
南支槽盾状云系类	4	12.5	合计	32	100

1.5 雨迹的形状、面积及持续时间

塔克拉玛干沙漠雨迹形状差异很大, 一般为块状、条纹状、带状、散片状等. 东西向横条纹或散片状居多, 可能是系统性云系在移动过程中此消波长的结果.

沙漠雨迹的面积因天气系统的强弱不同而差异较大, 时而零星雨迹, 时而大面积雨迹, 表现出沙漠降水空间分布不均匀性. 面积较大的雨迹多发生在沙漠北部和东北部. 3 年中沙漠雨迹面积最大的一次发生在 1993 年 8 月 14 日, 33.76 万平方公里的塔克拉玛干沙漠至少二分之一的面积被紫红色的雨迹覆盖(图版 I-2). 是由塔什干低涡云系入侵造成的.

从表 1 中可以看出: 沙漠中某一地区雨迹可以维持 1~2 d; 对一次天气过程而言, 沙漠雨

迹现象可以维持 3 d. 3 年中, 沙漠雨迹影响时间最长的一次为 6 d(1992 年 7 月 2~7 日), 沙漠从西向东断续有大面积雨迹, 是南北云系结合而致.

2 南北云系结合的重要作用

56.2% 的沙漠雨迹是由两种或两种以上天气尺度系统性云系结合或叠加的结果. 具体表现为南北云系的结合和高低空云系的叠加及上下游云系的合并. 影响沙漠降水造成沙漠雨迹或积水现象的复合云系可以归纳为以下 4 种: (1) 北支低槽冷锋涡旋云系与南支低槽(涡)冷锋涡旋云系相结合; (2) 北支低槽冷锋涡旋云系与南支槽盾状云系相结合; (3) 南、北支低值系统云系与越过青藏高原的副热带高空急流云系相结合; (4) 南、北支低值系统云系与青藏高原东侧西伸的云系相结合或与青藏高原逆转而上的副热带大槽云系相结合. 这 4 种云系的演变特征, 降水机制将在另外文章中讨论.

3 沙漠雨迹的重要意义及若干问题的探讨

3.1 关于沙漠与沙漠化问题

3.1.1 沙漠概念的界定 欧洲探险家斯文·赫定称塔克拉玛干为“死亡之海”, 维吾尔语义为“进去出不来”……. 它的干旱与险恶符合传统的关于沙漠概念的界定: “沙漠指的是无雨或雨量甚少, 以致不足以维持植物生存的地方”^[6]. 1988 年塔克拉玛干沙漠满西实测降水资料和 1991~1993 年卫星云图监测资料证实, 沙漠不但有降水而且有时还有大降水产生. 由于沙漠降水时空分布的不均匀性, 传统的概念对 33.76 万平方公里的塔克拉玛干沙漠来讲不完全适用. 比较客观地讲: 沙漠指的是雨量甚少, 偶或有较大降水亦不足以维持植物生存的地方. 因此, 雨迹现象的发现和证实, 补充、完善和深化了对沙漠的认识, 这在学术上是有意义的.

3.1.2 沙漠化概念的界定 沙漠化指的是: “天然的或人类引发的过程, 使沙漠外围向干旱化或生物生产率不断下降的不可逆转的变化”^[6]. 之所以形成沙漠化, 普遍认为是干旱半干旱气候背景和人类活动的反馈作用与影响. 当人类的不合理的生产叠加于短期气候振动的少雨时段, 将加速沙漠化进程. 雨迹现象的发现和证实, 加之 80 年代沙漠周围测站资料^[7]和沙漠降水观测资料的佐证^[9], 说明新疆的气候背景没有进一步干旱化, 但新疆沙漠化确实更趋严重^[9]. 因此, 至少可以说, 在最近 10 年中新疆沙漠化的成因中, 土地和河水利用不当等不合理的生产活动是最主要最直接的原因. 新疆必须加强防治沙漠化的对策研究. 显然, 一个比较准确的水旱短期气候振动的预报对于制定沙漠化的防治方案是十分重要的. 而沙漠中有降水甚至有大降水这个事实, 在水旱预报中是必须考虑的重要因素.

3.2 关于塔里木盆地石油开发的水资源问题

塔里木石油开发有充分的地下水的水资源. 据夏训城主编的《塔克拉玛干沙漠综合科学考察纲要》记载: “沙漠中巨厚的沙层, 是地下水贮存的良好条件, 河水入渗, 侧向地下流入, 形成潜水. 在沙丘间的洼地, 潜水一般埋藏不深, 在较浅的洼地, 挖 1~3 m 即可见到潜水面, 因水位浅, 含水层厚, 分布面积广大, 使整个大沙漠成为一座巨大的水库”. 地下水源的补给除了山区自然降水所形成的积雪融化渗入, 还应该考虑沙漠区的自然降水. 进一步推论, 沙漠区水分循环的模型应该包括沙漠区的大气降水和沙面蒸发.

3.3 关于塔里木盆地降水机制问题

形成降水特别是形成大降水,要有充分的水汽供应和持续的足够强的上升运动.雨迹的发现和证实,说明水汽依靠西南气流的输送能够越过青藏高原进入盆地上空,也说明系统性云系的汇合和叠加对形成辐合上升运动有重要意义.

4 结语

(1)3 年监测到 32 次雨迹,证明沙漠是有降水和大降水产生的;沙漠夏季雨迹出现频次多于春秋两季;西部多于北部和东部,南部最少,腹地出现次数最多;沙漠降水有时空分布不均匀性等特征;造成沙漠降水的云系可归纳为 5 大类,4 种结合形式.其中,56.2% 的雨迹是南、北云系结合和上、下云系叠加而致;水汽依靠西南气流的输送能够越过青藏高原进入盆地上空.

(2)雨迹现象的发现和证实,补充、完善和深化了对沙漠、沙漠化、防治沙漠化的对策以及沙漠水资源的认识.

(3)塔克拉玛干沙漠水分循环模型应该包括沙漠区的降水和沙面蒸发.

致谢 作者对张家宝、徐羹慧、陈 江、赵兵科先生对本文提出修改意见表示感谢.

参 考 文 献

- 1 徐希慧. 新疆春季强天气过程的卫星云图个例分析. 新疆气象, 1989, 12(8, 9):13~17
- 2 徐希慧. 气象卫星资料在沙漠气象中的应用. 新疆气象, 1993, 16(2):16~19
- 3 徐希慧. 塔里木盆地沙尘暴的卫星云图特征. 新疆气象, 1993, 16(3):19~23
- 4 徐希慧. 塔克拉玛干沙漠大降水的卫星云图特征及其应用. 新疆气象, 1994, 17(1):28
- 5 李江风. 中国干旱, 半干旱地区气候、环境与区域开发研究论文集. 北京:气象出版社, 1990. 123
- 6 张家诚, 徐国昌. 中国科学技术蓝皮书第 5 号, 气候. 北京:中国科学技术文献出版社, 1990. 293~296
- 7 徐德源, 徐广玲, 任水莲. 80 年代新疆气候变化对农业生产的影响. 新疆气象, 1992, 15(6):28~29