

新疆罗布泊地区发现陨石富集区

李少林, 徐伟彪*

中国科学院行星科学重点实验室, 紫金山天文台, 南京 210008

* 联系人, E-mail: wbxu@pmo.ac.cn

2014-02-19 收稿, 2014-04-15 接受, 2014-06-04 网络版发表

国家自然科学基金(41173076, 41273079)和中国科学院小行星基金会资助

摘要 Xingdi, Argan, Loulan Yizhi 和 Lop Nur 为我国新发现的 4 个陨石富集区, 位于新疆塔克拉玛干沙漠以东的罗布泊地区. 新富集区的地质、地形条件非常有利于陨石的野外搜寻工作, 发现并确认 13 块均为平衡型普通球粒陨石. 相比于其他典型沙漠陨石, 罗布泊陨石风化更为强烈, 这可能与较高空气湿度和蒸发盐曾经共存有关. 与南极陨石相比, 在国内沙漠富集区回收陨石具有诸多优势. 新富集区的确立为国内沙漠陨石的回收工作提供了理论依据和前提保障, 我国的沙漠陨石回收工作亟待进行.

关键词

罗布泊
沙漠陨石
陨石富集区
陨石回收

陨石是流星体或小行星从星际空间穿过地球大气层经烧蚀并撞击地表后的残留体, 它们保留了太阳系形成前后的物质组分, 是人类认知太阳系形成和演化的重要窗口^[1]. 陨石陨落是随机事件, 均匀分布在全球表面. 由于地球表面 70% 是海洋, 还有大面积的森林和高山, 找到陨石的机会很小. 但由于地表地质作用, 使某些地区的陨石相对富集. 南极冰原和沙漠地区就是目前全世界陨石的主要发现地. 降落在南极冰盖上的陨石由于南极寒冷洁净的自然条件, 被很好地保护起来, 并随着冰川的流动而运动. 当冰川遇到内陆山脉和冰盖下隐蔽的山脉时, 冰被拦阻后不断堆积, 表层冰雪不断升华, 使冰中的陨石最终暴露在冰雪表面, 并逐步集积在阻挡冰流的山脉处. 自 1969 年日本科考队发现第一块南极陨石以来, 世界各国科学家在南极地区发现了数万块陨石样品, 其中包括珍贵的火星和月球陨石. 中国南极科考队已在南极地区发现了 1 万余块陨石样品, 成为继美国和日本后拥有最多南极陨石的国家^[2]. 有些沙漠地区处于非沉积沉降区, 陨石陨落的长时间积累, 且经历了强力的风沙剥蚀, 陨石易于露出地表面, 造成陨石的相对富集, 再加上沙漠地区无植被, 增加了找到陨

石的可能性. 非洲的撒哈拉地区、阿拉伯半岛、澳大利亚西南荒漠地区和美国的新墨西哥州是世界上主要的沙漠陨石富集区. 我国分布面积辽阔的沙漠地区, 如塔克拉玛干沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、古尔班通特沙漠等, 具有巨大的陨石回收潜力.

新疆地区由于其独特的地理位置和环境, 已成为我国最主要的陨石发现区. 据国际陨石学会的记录, 我国已正式命名的陨石有 137 块, 其中 34 块来自新疆. 新疆拥有全世界第三大的铁陨石, 以及著名的阜康橄榄陨铁. 最近有报道称在新疆阿勒泰市克兰大峡谷深处又发现了一块重达 20 t 的大陨铁. 近年来, 新疆地质工作者在库姆塔格沙漠地区发现了数块陨石, 该地区已被国际陨石学会正式命名为 Kumtag 陨石富集区, 记录在案的陨石有 Kumtag, Kumtag 002~012 共 12 块. 2012 年国内猎陨爱好者在塔克拉玛干沙漠东部的罗布泊地区发现了大量陨石, 首批确认 13 块, 已获得国际陨石学会正式命名. 由这些陨石所确立的 4 个陨石富集区分别为 Xingdi, Argan, Loulan Yizhi 和 Lop Nur 已申请并获得国际陨石学会命名(图 1). 本文报道了 4 个陨石富集区的地质、地形及气候特征, 描述了首批发现在该区域的陨石特

引用格式: 李少林, 徐伟彪. 新疆罗布泊地区发现陨石富集区. 科学通报, 2014, 59: 2091–2097

Li S L, Hsu W B. New dense meteorite collection areas were found in Lop Nur, Xinjiang(in Chinese). Chin Sci Bull (Chin Ver), 2014, 59: 2091–2097, doi: 10.1360/972013-1096

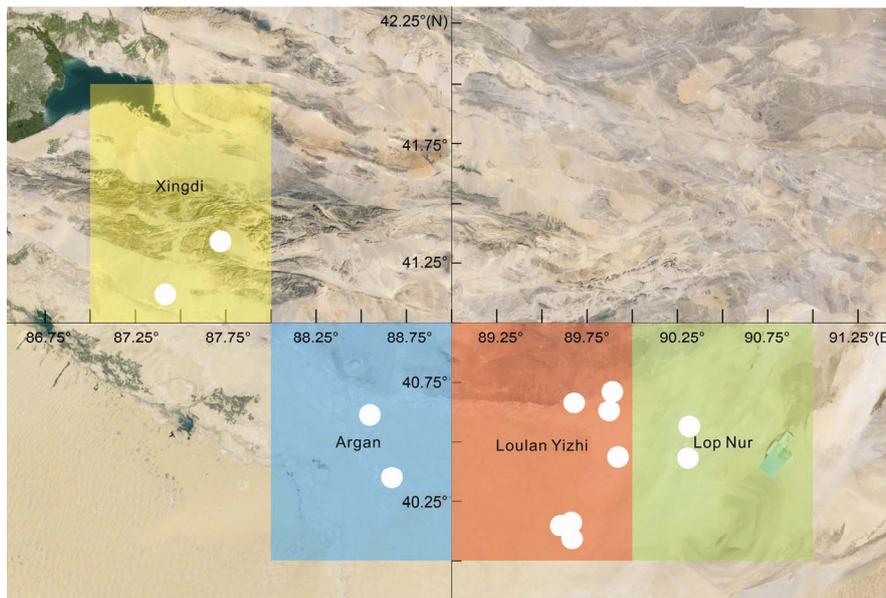


图1 (网络版彩色)罗布泊地区新发现的4个陨石富集区

Xingdi 为库努克塔格富集区, Argan 为小河墓地富集区, Loulan Yizhi 为楼兰遗址富集区, Lop Nur 为罗布泊富集区; 白圆点表示本文 13 块罗布泊陨石发现位置

征, 并分析了国内陨石富集区确立的重要意义.

1 富集区地质、地形及气候特征

罗布泊地区位于塔克拉玛干沙漠东缘, 是塔里木盆地的最低处及汇流中心, 海拔仅 780 m. 其北侧为库鲁克塔格山脉, 属中低山及丘陵地貌; 东侧为北山断隆; 南侧为阿尔金山北坡的倾斜台地洪冲积地貌、沙漠地貌. 4 个陨石富集区总面积约 9500 km², 分别以区域内的地名或者景区名命名. 其中 Argan, Loulan Yizhi 和 Lop Nur 呈连续分布, 范围从塔克拉玛干沙漠东缘至罗布泊耳轮区以东, 主要在库鲁克塔格山脉南面; Xingdi 位于塔克拉玛干沙漠东北角, 与 Argan 富集区成对顶关系, 主要分布在库鲁克塔格山区及以北(图 1). Lop Nur 富集区主要包括罗布泊耳轮区及北部凹地, 主要为平坦的盐壳地貌, 地表被第四系地层覆盖, 主要为砂砾石、砂、亚砂土、亚黏土、淤泥、盐类等^[3]; Loulan Yizhi 富集区南部地表受河流冲蚀和风蚀作用而形成网状的干河谷和雅丹地貌交织分布, 北部地区为广泛分布的雅丹地貌群^[4]; Argan 富集区主要为沙漠地形, 表层主要为灰黄色中砂-细砂, 含有植物根系和植物残体, 且保存较好^[5]; Xingdi 富集区主要为山地以及沿南北山麓分布的沙丘地形.

自更新世以来, 罗布泊地区经历了从湿润气候向沙漠气候的转变. 该地区早更新世气候具有湿润期-干旱期的明显波动, 早更新世末期出现过强烈的构造活动; 中更新世为荒漠和荒漠草原更替, 地层中有大量蒸发盐类的存在; 晚更新世主要受到干旱气候控制, 植被以荒漠植物为主; 由于构造抬升导致湖泊退缩, 加之西风环流和冬季风的主导影响, 致使在全新世以来一直处于干旱化和荒漠化^[6]. 虽然气候干旱, 但地质历史上罗布泊地区水系发达, 塔里木河、孔雀河、车尔臣河曾为其主要地表径流, 在地质和人类营力的共同作用下, 近现代富集区内的河段枯竭, 湖泊干涸, 最终形成如今的戈壁沙漠^[7].

现如今罗布泊地区具有降水量小、蒸发量高、温差大及风力强等典型的大陆性干旱气候特征, 是绝佳的天然陨石储库. 区域内年均降雨量不足 10 mm, 而蒸发量却可达 4800 mm 以上, 相对湿度小, 年相对湿度 10% 左右. 年平均气温 10.6℃, 1 月平均气温 -9.5℃, 7 月平均气温 26.7℃, 极端最低气温达 -27.2℃, 最高 45℃. 罗布泊属于多风区, 每年 100 多天有 6 级以上大风, 风蚀现象严重, 区域内广泛分布着风成雅丹地貌^[8,9].

在世界上其他一些地区的戈壁荒漠, 如智利阿塔卡玛沙漠, 由于地表分布大量黑色基性岩角砾, 而

使陨石(绝大部分为基性、超基性岩石)与地球岩石非常难以区分,尤其是那些具有低金属含量的陨石,从而导致人为的差异回收以及部分稀有样品的低效率甚至无法回收,如 HED 陨石、火星、月球陨石等^[10]. 而罗布泊富集区地表多为黄色中-粗砂沙地或者具有淡色酸性岩角砾的石质戈壁,外加陨石大多未被掩埋或埋深极浅,因此陨石的分辨度极高(图 2(a)),非常有利于陨石的野外搜寻工作.

2 富集区回收的首批陨石

首批从罗布泊富集区发现并确认 13 块陨石,其中从 Loulan Yizhi 富集区发现 7 块, Lop Nur, Xingdi 和 Argan 富集区各发现 2 块. Lop Nur 和 Loulan Yizhi 富集区内的陨石发现地之间相距较近, Xingdi 和 Argan 富集区陨石发现地之间相距较远. 大部分陨石都孤立地置立于地表,几乎未被沉积物掩埋或者仅具有极浅的埋深(图 2(a), (b)),这可能与罗布泊地区多风的气候相关,陨石周边的细粒沉积物在风的作用下发生了搬运,陨石自身可能也经历滚动搬运作用,从而始终覆于沉积物之上. 在部分干河床位置,边部河漫滩物质发生重力垮塌使地表崎岖不平,外加高度低于地表从而形成风搬运作用的阴影区,一些陨石被搬运并停留至此. 在部分出露基岩的位置,基岩表面凹坑之中会同时出现 1 块或数块陨石(图 2(b)). 这说明重量较大的陨石的确可以在风的作用下滚动搬运,而基岩的凹坑形成了一个重力势阱,落

入其中的陨石无法再次搬运,而质量较小的沙粒却可以继续搬运,在时间的积累下最终形成了陨石的“聚宝盆”.

13 块陨石质量从 25 g 到约 500 g 不等,多集中在 100 g 左右,40 g 以下的陨石仅有 2 块(表 1). 对纳拉伯平原、罗斯福地区的陨石进行系统步行搜寻表明,大部分(50%~60%)的陨石质量均小于 25 g,100 g 左右的陨石仅占约 10%^[10],由此说明罗布泊陨石富集区陨石储量具有相当大的潜力. 陨石表面发生漆化而成锈红色,陨石的熔壳已完全被磨蚀,并形成略带弧度的风蚀面,陨石的棱角也被磨蚀成圆滑状(图 2(c)). 沿着陨石表面的裂隙,往往充填细粉砂.

13 块陨石矿物组成均比较简单,主要矿物均为橄榄石、低钙辉石、Fe-Ni 金属、陨硫铁;次要矿物为长石、透辉石,在部分的陨石中还可见到少量铬铁矿、磷灰石以及白磷钙矿. 13 块陨石中均可见完整球粒或球粒碎片,球粒直径在 0.4~0.8 mm,绝大多数具有较为模糊的轮廓,与基质界限不清晰. 球粒中玻璃均已发生脱玻化,重结晶为长石和富钙辉石. 所有陨石中均未发现难熔包体及蠕虫状橄榄石集合体. 陨石基质含量 10vol%~15vol%(vol%, 体积分数),也均发生了不同程度的重结晶(表 1). 13 块陨石岩相特征均显示受到不同程度的热变质作用,碳质组分相对脆弱,容易受到热变质作用改造,样品中未被发现. 各样品中橄榄石的成分均一程度高,除 Loulan Yizhi 002, Xingdi 002 两块样品中橄榄石铁指数(Fa)相对标



图 2 (网络版彩色)罗布泊富集区陨石特征

表1 罗布泊富集区13块普通球粒陨石类型及其主要特征

陨石	总重量 (g)	发现位置		类型	橄榄石成分		低钙辉石成分		金属与陨硫铁总含量 (vol%)	球粒轮廓	基质重结晶程度 ^{c)}	冲击相	风化程度
		东经 (E)	北纬 (N)		平均 Fa ^{a)}	PMD ^{b)}	平均 Fs ^{a)}	PMD					
Loulan Yizhi 001	506.9	89.93°	40.43°	H5	17.4	1%	15.2	2%	16%	模糊	较严重	S3	W5
Loulan Yizhi 002	211.5	89.68°	40.66°	L4	23.0	4%	19.6	9%	9%	清晰	轻微	S3	W4
Loulan Yizhi 003	97.5	89.89°	40.70°	L5	24.3	2%	21.3	2%	7%	较模糊	较严重	S2	W4
Loulan Yizhi 004	62.4	89.87°	40.62°	L5	25.4	2%	21.0	3%	8%	较模糊	较严重	S3	W4
Loulan Yizhi 005	284.2	89.67°	40.08°	L5	22.8	1%	19.8	3%	7%	模糊	较严重	S5	W4
Loulan Yizhi 006	125.4	89.61°	40.14°	L5	24.5	2%	20.4	3%	6%	较模糊	严重	S2	W4
Loulan Yizhi 007	95.6	89.66°	40.16°	L5	23.9	2%	20.7	3%	7%	模糊	严重	S3	W4
Lop Nur 001	238.1	90.31°	40.43°	H5	18.2	1%	16.3	2%	13%	模糊	较严重	S2	W2
Lop Nur 002	31.5	90.32°	40.56°	H5	18.2	2%	15.6	2%	14%	模糊	较严重	S2	W1
Argan 001	136.7	88.55°	40.60°	H5	19.3	2%	16.5	7%	18%	模糊	较严重	S2	W5
Argan 002	88.6	88.68°	40.34°	L5	24.5	2%	20.9	5%	8%	模糊	严重	S2	W4
Xingdi 001	144.8	87.72°	41.33°	L6	24.2	1%	20.3	1%	9%	难识别	强烈	S3	W4
Xingdi 002	25.3	87.42°	41.11°	H5	19.1	3%	17.1	3%	14%	较模糊	严重	S2	W4

a) Fa 和 Fs 分别为橄榄石和辉石的铁指数; b) PMD 为平均百分偏差; c) 基质重结晶程度指由于热变质作用, 玻璃质或隐晶质的基质发生脱玻化及增生的程度

准偏差略偏高, 其余样品橄榄石 Fa 值相对标准偏差均小于 2%(表 1), TiO₂, Al₂O₃ 和 Cr₂O₃ 含量均小于 0.05wt%(wt%, 质量分数). 低钙辉石成分变化相对较大, 但大多数样品低钙辉石铁指数(Fs)相对标准偏差小于 3%, 钙指数(Wo)为 0.5mol%~1.7mol%(mol%, 摩尔分数). 橄榄石和低钙辉石成分均分布在普通球粒陨石范围内. 高钙辉石成分从普通辉石到透辉石不等(Wo=38mol%~45mol%), 大部分的透辉石 Wo 值均~45mol%. 铁纹石、镍纹石和陨硫铁多呈独立的颗粒分布, 铁纹石中 Ni 含量 3wt%~6wt%, 镍纹石中 Ni 元素具有 M 型环带结构. 13 块陨石的岩石结构、矿物组成表明它们均为平衡型普通球粒陨石, 其中 5 块属于 H 群, 8 块属于 L 群, 未发现 LL 群陨石. 虽然陨石数目较少, 但也反映出了普通球粒陨石具有较高的降落频率(约 80%)^[11]. LL 群陨石的缺失可能与样品数量过少有关, 同时也可能与短时间尺度内陨石降落频率的变化有关^[12], 这需要更多的样品以及对陨石居地年龄研究的制约. 陨石的岩石类型以 5 型占主导, 只有 2 块 L 群陨石分属于 4 型和 6 型. 随着热变质程度的增加, 陨石中球粒结构逐渐模糊, 基质的重结晶程度增加, 矿物成分的均一程度增加. 本文的样品未制作为薄片, 主要依据其在电子显微镜下的岩相特征, 对冲击变质类型的划分主要参考文献[13]的

标准并辅助一些特征的冲击岩相特征^[14]. 陨石多经历轻微-中等程度冲击变质, 在基质及破碎球粒内出现少量冲击熔融脉及冲击熔融囊. 仅 1 块样品(Loulan Yizhi 005)冲击相达到 S5, 大量冲击熔融脉夹杂金属脉分布于整个光片中, 部分橄榄石出现面状破裂特征, 部分位置出现熔长石化.

大部分陨石都经历了严重的风化, 风化程度多为 W4, 金属及陨硫铁几乎全部被氧化; Loulan Yizhi 001 和 Argan 001 两块样品中沿裂隙位置, 少量硅酸盐矿物发生改造, 风化程度为 W5; 仅有 2 块陨石风化程度在 W2 及以下. 对于金属、陨硫铁等相对易风化组分, 风化作用(主要为氧化作用)可以使其矿物结构、成分完全发生改造; 对于相对较难风化的硅酸盐矿物, 风化作用主要表现为元素的迁移, 可使陨石与环境之间、陨石内不同矿物之间发生元素的迁移^[15-18], 还可能造成矿物中元素的分馏^[17,18]. 然而, 对于微量元素而言这种变化是可以直接测量到的, 对于主量元素而言, 由于矿物本身的成分变化以及测量精度的限制, 这种变化很难被直接测量. 虽然不具显著统计意义, 罗布泊陨石风化程度还是明显强于其他地区沙漠陨石(图 3), 这显示了罗布泊陨石富集区与其他典型沙漠陨石富集区气候演化的差异. 自全新世以来, 罗布泊地区气候虽然以干旱为主, 但

是历史上区域内水系发育,因此空气湿度可能相对较大,化学风化作用可能较强烈.而且大部分地区从中更新统地层直至近代沉积物中都广泛发育蒸发盐,这极大地促进了陨石化学风化作用速率^[19],部分陨石表面甚至形成盐壳(图 2(d)).然而,随着富集区内河段和湖泊的最终干涸,周围大洋的水汽由于地形原因也几乎无法进入盆地内部,空气的湿度急剧降低,而蒸发盐在干燥的条件下对化学风化的影响非常有限^[20,21],化学风化强度因而也急剧减弱,物理风化成为陨石削减的主导因素.

3 国内陨石富集区确立的意义

陨石样品尤其是那些具有重大研究价值的样品,如火星陨石、月球陨石等数量极其稀少,如何大量地收集更多的陨石样品直接影响陨石研究领域的发展.南极冰原和戈壁沙漠由于其单一的颜色背景,较好的通视条件,干燥的气候条件成为保存和寻找陨石的最佳地形端元,世界上已知的陨石约 25%发现于沙漠地区,70%发现于南极冰原^[10].沙漠陨石在数量上虽然不及南极陨石,但许多重要的陨石样品都发现于沙漠地区,如超过 3/4 的月球和火星陨石均发现于沙漠地区,最近发现的疑似水星陨石 NWA 7325 也发现于西北非摩洛哥沙漠地区.南极陨石和沙漠陨石在频率分布及化学组成方面都存在一定的差异.随着近年来陨石数量(尤其是沙漠陨石)的快速增长,

部分之前认为存在频率分布差异的陨石类型现在趋于一致.如 20 世纪 90 年代统计数据显示南极陨石中 H 群普通球粒陨石与 L 群普通球粒陨石的频率分布比值要比沙漠陨石高出 3 倍,而目前的数据显示二者比值接近一致,均约为 0.8 (<http://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php>).然而,一些类型的陨石在两个区域的分布频率仍有明显差异,这可能与陨石降落频次低且(或)较难回收导致数量相对过少,因而缺乏统计代表性有关.由于陨石的價值导致的人为差异性回收也愈发显著,如 1999 年以后沙漠月球陨石数量较之前增长了近 36 倍,普通球粒陨石回收数量仅增长了 2 倍,而在南极地区二者回收数量均较之前增长了近 1 倍.除此之外,对成对陨石的判别也会影响到频率分布.沙漠陨石和南极陨石化学组成方面的差异则可能由于二者赋存环境的温度、湿度、化学背景等的不同导致的风化作用的差异形成.

中国目前已拥有 1 万多块南极陨石,其中包括 2 块火星陨石和其他珍贵陨石品种.我国目前已实施了“嫦娥探月”工程,经过“绕、落、回”三大步骤,展开了全方位的月球研究工作.月球陨石的研究工作也是其中重要的内容之一,但遗憾的是我国目前还没有收集到月球陨石样品.国内沙漠陨石的回收工作刚刚开始,期望能发现更多珍贵的陨石品种.

国内沙漠陨石富集区的确立使国内沙漠陨石的回收工作有了理论依据和前提保障.与南极回收陨石相比,从沙漠回收陨石具备诸多优势.去南极搜寻陨石耗费较大,专业性强,主要由国家科考人员参与,民间陨石爱好者难以成行,而且极地科考的人员数目和时间都具有严格控制,这导致陨石搜寻效率也受到制约.而沙漠陨石的回收则完全没有这方面的限制,从国内沙漠搜寻陨石耗费相对较小,而且参与度有很大的提高,不仅是专业科研人员,普通的猎陨爱好者也能参与到其中.事实上,世界上绝大部分的沙漠陨石都是由民间的猎陨者收集,尤其在西北非沙漠和阿拉伯沙漠地区,陨石的回收、交易已经成为一种产业,这极大地提高了陨石的回收率,尤其对于稀有陨石类型.由于陨石在全球的降落频率基本一致,在不考虑风化的情况下陨石的数量应该与地域面积呈正比.南极陨石主要富集于蓝色冰区,目前已经考察的蓝色冰区总面积超过 2500 km²^[22],中国科考人员发现的格罗夫山陨石富集区蓝色冰区面积约 560 km²^[23],虽然考虑到冰川的运移作用导致陨石所代表的实际分布面积要大于这一

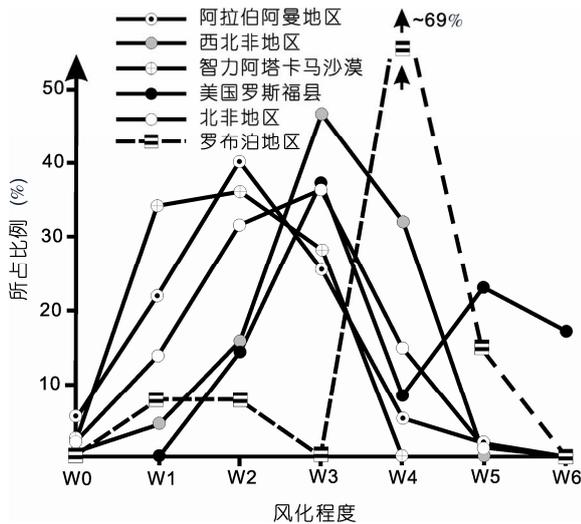


图 3 罗布泊富集区陨石与其他沙漠富集区陨石风化程度对比
纵坐标表示某风化程度陨石占该区域内总陨石数量的百分比,其他沙漠富集区陨石风化程度数据引自文献^[10]

数值,但还是远远小于国内沙漠富集区的面积.在更大的面积范围内搜寻,能够提高稀有陨石样品回收的可能性,这可能是在沙漠富集区能够回收更多的火星、月球等珍稀样品的原因之一.

国内陨石富集区的确立也能激励民众对陨石的认知兴趣,使普通的社会民众有更多的机会接触、了解陨石,促进陨石科学的普及和发展,具有积极的社会效应.除本文前述的4个新确认的陨石富集区之

外,塔克拉玛干沙漠周边还有2个陨石富集区,分别为位于塔克拉玛干沙漠北缘阿拉尔地区的Alaer富集区和东部哈密地区的Kumtag富集区.它们同时也是目前欧亚地区唯一的6个陨石富集区(<http://www.lpi.usra.edu/meteor/DenseAreas.php>).不仅如此,从塔克拉玛干沙漠以东直至玉门关的广阔戈壁沙漠区域都具有巨大的回收潜力,我国的沙漠陨石回收工作亟待进行.

致谢 陨石样品由中国陨石网赵志强,野人俱乐部武宗云、刘福英和刘生捐赠,在此表示感谢.

参考文献

- 1 Scott E R. Meteorites: An overview. *Elements*, 2011, 7: 47–48
- 2 林杨挺,王道德,欧阳自远.中国南极陨石研究新进展. *极地研究*, 2008, 20: 81–94
- 3 李浩.罗布泊盐湖卤水硫酸钾矿床特征及其化学工艺应用研究. 博士学位论文. 北京: 中国矿业大学, 2011. 21–24
- 4 王富葆,马春梅,夏训诚,等.罗布泊地区自然环境演变及其对全球变化的响应. *第四纪研究*, 2008, 28: 150–153
- 5 王宁,刘卫国,常宏,等.中更新世以来新疆罗布泊地区气候演化过程. *海洋地质与第四纪地质*, 2009, 29: 131–137
- 6 闫顺,穆桂金,许英勤,等.新疆罗布泊地区第四纪环境演变. *地理学报*, 1998, 53: 46–54
- 7 罗超,彭子成,杨东,等.新疆罗布泊地区的环境演化. *自然杂志*, 2006, 28: 37–41
- 8 谢连文.罗布泊现代盐湖沉积与近两千年气候变化遥感研究. 博士学位论文. 成都: 成都理工大学, 2004. 14–25
- 9 李双成.若羌县志. 乌鲁木齐: 新疆大学出版社, 1992. 1–455
- 10 Gattacceca J, Valenzuela M, Uehara M, et al. The densest meteorite collection area in hot deserts: The San Juan meteorite field (Atacama Desert, Chile). *Meteorit Planet Sci*, 2011, 46: 1276–1287
- 11 Scott E, Krot A N. Chondrites and their components. In: Holland H D, Turekian K K, eds. *Treatise on Geochemistry*. Oxford: Pergamon, 2003. 143–200
- 12 Harvey R P, Cassidy W A. A statistical comparison of Antarctic finds and modern falls: Mass frequency distributions and relative abundance by type. *Meteoritics*, 1989, 24: 9–14
- 13 王英,徐伟彪,王鹤年,等.南极格罗夫山普通球粒陨石的矿物岩石学特征. *极地研究*, 2008, 20: 129–140
- 14 Stöfler D, Keil K, Edward R S. Shock metamorphism of ordinary chondrites. *Geochim Cosmochim Acta*, 1991, 55: 3845–3867
- 15 Velbel M A, Long D T, Gooding J L. Terrestrial weathering of Antarctic stone meteorites: Formation of Mg-carbonates on ordinary chondrites. *Geochim Cosmochim Acta*, 1991, 55: 67–76
- 16 Velbel M A. The distribution and significance of evaporitic weathering products on Antarctic meteorites. *Meteoritics*, 1988, 23: 151–159
- 17 Crozaz G, Floss C, Wadhwa M. Chemical alteration and REE mobilization in meteorites from hot and cold deserts. *Geochim Cosmochim Acta*, 2003, 67: 4727–4741
- 18 Floss C, Crozaz G. Ce anomalies in the LEW85300 eucrite: Evidence for REE mobilization during Antarctic weathering. *Earth Planet Sci Lett*, 1991, 107: 13–24
- 19 Bland P A, Sexton A S, Jull A, et al. Climate and rock weathering: A study of terrestrial age dated ordinary chondritic meteorites from hot desert regions. *Geochim Cosmochim Acta*, 1998, 62: 3169–3184
- 20 Goudie A S, Wright E, Viles H A. The roles of salt (sodium nitrate) and fog in weathering: A laboratory simulation of conditions in the northern Atacama Desert, Chile. *Catena*, 2002, 48: 255–266
- 21 Goudie A S, Parker A G. Experimental simulation of rapid rock block disintegration by sodium chloride in a foggy coastal desert. *J Arid Environ*, 1998, 40: 347–355
- 22 王道德,林杨挺,戴诚达,等.南极陨石与沙漠陨石的对比研究. *极地研究*, 1999, 11: 45–58
- 23 刘小汉, 琚宜太. 格罗夫山: 我国新发现的一个陨石富集区. *极地研究*, 2002, 14: 243–247

New dense meteorite collection areas were found in Lop Nur, Xinjiang

LI ShaoLin & HSU WeiBiao

Key Laboratory of Planetary Sciences, Purple Mountain Observatory, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

Xingdi, Argan, Loulan Yizhi and Lop Nur are four dense meteorite collection areas newly found in China. They are located on the east of the Taklimakan Desert, Xinjiang. The geological and morphological setting of these areas are suitable to meteorites collection and 13 equilibrated ordinary chondrites were first identified. Compared to other typical desert meteorites, these meteorites went through more intense weathering, which may be result of the pre-coexisting high air humidity and evaporite. Collecting meteorites in deserts have several advantages over in Antarctic, and these dense meteorite collection areas provide possibility for mass collection of meteorites in desert of China.

Lop Nur, desert meteorite, dense collection area, meteorite collection

doi: 10.1360/972013-1096