

克什克腾世界地质公园青山花岗岩 岩臼的特征及成因研究

孙洪艳, 田明中, 武法东

中国地质大学地球科学与资源学院, 北京, 100083

内容提要:内蒙古自治区克什克腾世界地质公园的花岗岩臼自发现以来, 曾有过学者从冰川论(冰臼论)和风蚀论(壶穴论)的角度分别对其成因进行过研究。笔者等通过详细调查, 将该地区的这种肚大口小、内壁具平行波状纹的花岗岩臼按其发育程度分为5类: 萌芽型、初具外形型、发育中期型、成熟型和衰亡型。根据发育程度, 结合岩石特征、构造条件、气候、地理位置等综合分析, 认为该地区的花岗岩臼的形成经历了从萌芽→初具外形→发育中期→成熟→衰亡5个阶段, 且北方高寒地区的花岗岩臼发育都受上述综合因素影响; 花岗岩自身是一种易风化的岩石, 在有水的条件下, 特殊气候环境的差异风化作用促使花岗岩臼的萌芽, 萌芽态的花岗岩臼在水、冻融作用、风蚀作用参与的差异风化下进一步发展, 从初具外形到中期基本成型的岩臼, 风蚀作用、冻融作用等物理风化是促使其进一步发展到完全成熟型的主要营力。

关键词: 花岗岩臼; 冰臼; 差异风化; 世界地质公园; 克什克腾

克什克腾世界地质公园始建于1998年, 分别于1999年和2000年建成赤峰市地质公园和内蒙古自治区地质公园。2001年, 经中国国土资源部批准为国家地质公园。2005年通过联合国教科文组织的评审, 批准成为全球33家世界地质公园之一。

在克什克腾世界地质公园青山园区的青山顶面上, 发育有一种奇特的花岗岩地貌——花岗岩岩臼(图版 I-1)。花岗岩岩臼形状如缸、如碗、如匙(图版 I-2)、如鼓、如盘、如杯、如桶。岩臼口宽一般长径为1.0~3.5 m, 深0.3~1.0 m, 向低的部位多有出水口, 但无进水口。最大的岩臼长10.3 m, 宽6.5 m, 深达3.5 m, 是一个连体岩臼, 长有白桦树和灌丛。岩臼内部的壁大部分陡而光滑, 常见有平行波状纹凸起, 底部微凹, 下凹方向不定。岩臼中大部分无物, 在个别岩臼中偶见有小砾石。这些岩臼主要分布在山顶南面平缓起伏的坚硬花岗岩面上, 在约1000 m² 范围内, 有200多个, 但在北面的花岗岩顶面上却很少见到岩臼。

1 现存花岗岩臼成因观点

关于克什克腾旗青山的这类花岗岩臼的成因研究, 自其发现以来就一直有不同的观点在探讨。以

韩同林等(1998a, 1998b, 1998c, 1999, 2001, 2004)和钱方等(1999)为代表的学者一直坚持这种岩臼是由大陆冰川甚至于大冰盖形成的一种“冰臼”。崔之久(1998)、崔之久等(1998, 1999)立刻否认了冰成论, 并提出这类花岗岩臼是由于风蚀作用而形成的“壶穴”, 后又提出“风化穴”一说(李德文和崔之久等, 2003)。随着在我国华南和华北其他地方这类花岗岩性的岩臼的相继发现, 在1999~2001年引起一场关于这种花岗岩臼“冰成”、“风成”和“水成”的激烈争鸣(韩同林等, 2000, 2001; 陈华堂等, 1999; 李梦华等, 1999; 刘尚仁, 2000; 丘世钧等, 2000; 杨超群, 2001; 李洪江等, 2001), 达到了研究的高潮。任晓辉等(2005)和吕洪波等(2005, 2006)因为在克什克腾等地区发现了大量的第四纪冰川遗迹, 再度提出克什克腾青山的花岗岩臼为冰川形成的论点, 甚至把这种岩臼作为第四纪冰川的一种标志(吕洪波和杨超, 2005)。2005年8月, 第六届世界华人地质学讨论会的与会人员考察了克什克腾旗的青山岩臼群并现场进行了激烈的讨论。之后, 章雨旭(2005)发表了一篇短文, 依据臼生裸脊、臼中存水、臼形近圆等特征, 考虑了岩石的剥蚀速度等因素, 认为这里的岩臼是花岗岩差异风化的结果。而一向反对“冰成说”

注: 本文为内蒙古自治区克什克腾地质公园科学基金项目(编号 270304)和国家自然科学基金资助项目(编号 49772134)的成果。

收稿日期: 2007-01-22; 改回日期: 2007-05-16; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 孙洪艳, 女, 1976年生。博士, 讲师。主要从事第四纪地质和旅游地学的教学与研究。电话: 010-82322365; Email: hy-sun@cugb.edu.cn。

的周尚哲(2006)在《锅穴一定是第四纪冰川的标志吗?》中提出岩白是一种多成因的地貌现象,是流水在局部形成的环流驱动沙砾长期磨蚀的结果。

笔者等对以上各种观点有认可之处,但也有不同见解。因此,将这种发育于花岗岩表面的白型地貌直接命名为花岗岩白。并在对内蒙古克什克腾世界地质公园地区多年的野外调查和仔细观察基础上,以该公园青山园区发育的花岗岩白为研究对象,探讨北方高寒地区花岗岩白的成因,以期能推进对这类地貌的进一步研究。

2 青山花岗岩岩白的类型

近 7 年来,笔者等在协助克什克腾旗政府进行克什克腾世界地质公园的建设过程中,对该地区做过详细的地质遗迹调查。根据笔者等的调查认为,克什克腾旗地区虽然发育过第四纪冰川(Sun Hongyan et al., 2005),但根据保存的地质遗迹推测只可能是冰斗冰川,达不到“冰白”形成所需要的“大冰盖”(韩同林, 1999)或“大陆冰川”(吕洪波等, 2006)的规模。且根据笔者等对青山花岗岩白群及其分布区的详细观察,发现看似光滑的花岗岩表面上,其实分布有许多小凹穴,这些小凹穴的直径大多数在 2cm 以内,深度也大约 1cm,且穴口常有保存比较完整的石英晶体。考虑到花岗岩这种岩石的岩性特点,我们有理由相信,其实这些小凹穴有可能就是花岗岩白的最初形态。因此,笔者等根据青山岩白的发育程度,将克什克腾世界地质公园青山的花岗岩岩白分为以下 5 类。

(1) 第一类(萌芽阶段)该类型就是前述的小凹穴,尚不能称之为岩白。它们只是一些小孔,一般都是一些内部颜色较深的小孔,部分孔壁残存有晶形完整的石英晶体。这些小孔小面积范围内(有的不及手掌大)如网状相连(图版 I-3)。有的小孔下面已如暗沟相通但上部还有一极薄层岩石。此种类型多见于青山南坡。

(2) 第二类(初具外形阶段)该类初具岩白外形,一般较浅,仅 1~2cm 深,在花岗岩表面仅呈现出稍稍凹一点(图版 I-4)。在平缓的花岗岩面上,有的岩白内部保存有细小的未完全风化的黑云母、长石等矿物颗粒。在一些地势较陡的地方,出现大面积的凹陷。此类型的岩白数量不是很多,但在青山山顶各个方位均有发育。

(3) 第三类(发育中期)该类岩白立体上多以口大肚小为典型特征。平面上多呈近圆形或椭圆形

口,内有平行波状纹,已具有成熟岩白的外形(图版 I-5)。在平面上呈同心圆或同心椭圆形。从外到内,由浅入深,常形成白中白,最外层的岩白最浅,一般小于 5cm。中心的岩白最深,但一般也只十几厘米。此种类型主要分布于青山的东、西、北坡,而且,在这些方向的坡面上的岩白内常有长石、云母碎屑。在青山南坡,这种白中白的深度一般都大于 1m。

(4) 第四类(成熟阶段)该类岩白立体上以口小肚大为典型特征。平面上多呈近圆形或椭圆形,内有平行波状纹,底部呈浅锅底形,深度多大于 30cm(图版 I-6),有套叠或连通现象(图版 I-7)。该类岩白部分内部有沉积物,沉积物多在岩白的东南面,有的岩白被沉积物填满。沉积物上长满灌木草丛。夏天白内大多数有积水。

(5) 第五类(衰亡阶段)老年型岩白发育的最大特点是当岩白发育到一定的深度时,遇到水平节理面,这时流水将沿节理面流动,使得水平节理缝不断扩大。此期的主营力是岩白向侧向(横向)发展速度加快,形成穿孔现象,纵向(深度)发展缓慢,这类岩白多分布在青山南坡的水平节理较发育地段(图版 I-8)。由于不断侵蚀使岩白底部扩大,最终导致岩白崩塌,甚至全部破坏。

3 青山花岗岩白成因的探讨

3.1 青山花岗岩白形成的岩石与构造条件

青山花岗岩^①时代为燕山晚期,锆石 U-Pb 年龄在 107.9~110.9Ma 之间,为早白垩世酸性岩浆侵入形成,以岩基状产出,北东(NE)向条带状展布,与相邻岩体呈脉动接触关系。岩体内部含闪长质包体,其长轴与岩体延伸方向一致。发育岩白的花岗岩为灰白—浅肉红色细微粒斑状黑云母二长花岗岩,似斑状结构,块状构造,似斑晶为中正长石,钠长石($An=6$);主要矿物成分为钾长石约占 40%~55%,石英约占 22%~25%,黑云母约占 5%~8%等。 SiO_2 、 Al_2O_3 、 K_2O 含量偏高,分别约占 74.74%、12.66%、4.74%。碱度率(AR)3.11,为钙碱性偏钙性。

在青山山顶,发育方向大约为 $45^\circ\sim 70^\circ$, $300^\circ\sim 325^\circ$ 的两组近垂直节理和一组近水平方向的节理(图 1)。众多的节理构造,为花岗岩白的形成创造了一定的条件。节理等构造对于花岗岩岩白的发

^① 内蒙古第十地质矿产勘查开发院. 1988. 克什克腾旗地区 1:5 万区域地质调查报告.

育、分布也有一定控制。据统计分析,该区的岩白的长轴方向与垂直节理方向几乎一致。并且,有节理的地方,岩白也多,说明岩白的发育与节理的发育存在着一定的相关性。但应该不是花岗岩白形成的主要因素,因为在大兴安岭主峰黄岗峰上散布的花岗岩石海中,在部分花岗岩石块中,笔者等也发现有发育程度不同的花岗岩白。

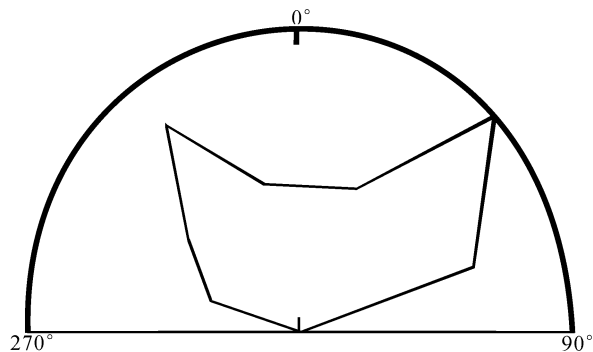


图1 青山花岗岩节理走向玫瑰花图

Fig. 1 Rose diagram of joint strike direction of the granite at Mount Qingshan

3.2 青山花岗岩白形成的过程

笔者等从岩白的分类,大致归纳出岩白的形成过程:从萌芽→初具外形→发育中期→成熟→衰亡,经历了5个阶段。

组成花岗岩的矿物的差异风化作用和水在岩白的萌芽阶段起着决定性的作用。该处的花岗岩有近水平的节理,且地势平坦,从而使得花岗岩表面容易蓄水。因花岗岩自身是一种易风化的岩石,晶体颗粒明显。在该区这种冬长夏短、昼夜温差大的气候条件下,矿物的导热率差别非常大,热胀冷缩程度不同而极易遭受寒冻风化,使得矿物间的孔隙不断扩大,水分及其他物质也更易渗透,花岗岩层内及孔隙内的结晶作用和迁移作用非常容易进行,导致花岗岩内的物质组分不断结晶、迁移,暗色矿物和长石首先风化,在花岗岩表面形成一个个网状分布的小孔,部分孔壁残余有石英晶体,此即形成了萌芽态的岩白。由于南坡日照强,这种矿物的热胀冷缩更加强烈,矿物的差异风化也更加强烈,所以南坡的发展规模大于北坡。

该区处于温带半干旱气候带,日温差、年温差都较大。在山脊、山顶平面易接收日照,岩石存在水化与脱水的周期循环。在这样的环境下,寒冻风化、冻融作用、冰劈作用等各种物理风化作用异常强烈,化

学风化相对较弱,最初形成的小孔,在上述的物理风化和矿物差异风化的双重作用下,不断增大,孔之间的岩石分离崩解,最后,孔孔打通,形成大大小小的凹坑,部分内部有残余碎屑物质,部分凹坑内部的碎屑物质被流水及风搬运走了,初具岩白外形。

水对岩白的进一步发育和发育速度是至关重要的。据笔者等的观察,夏季岩白内常有积水,积水来源于夏季的降水和冬季冰雪融水。初具外形的岩白在夏季积水,增强了花岗岩的化学风化速度,水覆盖部位的花岗岩的风化速度大于未被覆盖的。于是,非常容易形成白中白的现象。白中白是岩白从初具形态向成熟型演化的一个过渡阶段。但初形成的岩白,因为所处的地理位置和地势的不同,这个过渡阶段经历的时间也不同。初形成的岩白,白大水浅,水的存留时间相对较短。在北坡,处于西北风的迎风面,风的作用常加速白内的积水减少,而且北坡日照短弱,温差变化小,水参与下的冻融作用和差异风化作用弱,从而使得白中白的形成速率大打折扣,所以北坡的许多岩白至今还处于这个演化阶段。在南坡,背风,日照强,冰雪消融的速率明显高于北坡,南坡岩白长时期的累积积水时间远远长于北坡,且南坡的日夜温差大,这就使得南坡花岗岩的差异化学风化作用、冻融作用以及在有大量积水参与下的风蚀作用更加强烈,因而在南坡,白中白发育迅速且很快演化到成熟阶段。

在岩白形成的中后期,物理风化占据重要的地位。这时,由于岩白也有一定的深度,在有岩白的地方会引起风向风速的变化,导致风场产生涡流现象。且岩白积水量和时间也相对增加。强烈的风蚀、冻融作用对白壁和白底都产生扩展趋势,最终形成肚大口小的岩白。由于白内积水的原因,在岩白的内壁留下了一条条的痕迹,即白壁上的平行波状纹。由于该处盛行西北风,所以风带来的一些物质基本上都沉积于岩白的东南面。

在岩白形成后期,白中的积水在西北风的作用下,在加上地势南倾的原因,使得岩白的形成向东南方向的开口。岩白开始进入衰亡期,并逐步破坏。而发育于单块大岩石上的岩白,有可能在长期风、水作用下,形成穿孔,更有的发生崩塌而破碎。

另外,有节理的地方,冻融作用、冰劈作用更容易加速岩石分离崩塌,形成岩白的各个阶段的时间缩短。所以,岩白的成熟度高,数量也多。

4 结论

在详细调查克什克腾世界地质公园的青山花岗

岩岩臼基础上,笔者等还于2002年先后野外调查了内蒙古阿尔山国家地质公园玫瑰峰、河北喇嘛山等地区的花岗岩岩臼,发现这些地区花岗岩岩臼发育的共同特征:①花岗岩岩臼均发育于高纬度寒冷地区,昼夜温差大,寒冻时间长;发育岩臼的花岗岩节理发育;③形成这些岩臼的花岗岩基本均为中粗粒花岗岩。对于北方高纬度区如青山山顶的这类花岗岩岩臼,笔者等综合上述青山花岗岩岩臼的成因的分析,可得如下结论:

(1)中国北方高纬度区花岗岩岩臼的形成受多种因素控制,如花岗岩性、水、气候等,当这些因素都满足条件时,花岗岩岩臼方有可能形成。

(2)花岗岩岩臼形成的初始原因:花岗岩自身是种易风化的岩石,在有水的条件下,特殊气候环境下的差异风化作用和冻融作用促使花岗岩岩臼的萌芽。

(3)萌芽态的花岗岩岩臼在有水、冻融作用、风蚀作用参与的差异风化作用下进一步发展成初具外形、中期基本成型型的岩臼。

(4)风蚀作用、冻融作用等物理风化是使基本成型型岩臼发展到完全成熟型的主要营力。

正如上述,花岗岩岩臼成因是一个复杂的问题,涉及的因素很多。因此,南方中低纬地区的花岗岩岩臼,笔者虽未有野外调查,但可以肯定其成因应该与北方有所不同。

致谢:克什克腾旗人民政府和国土资源局在野外考察中给笔者等提供了诸多帮助和方便,谨向他们表示衷心的感谢。感谢中国地质科学院章雨旭研究员为笔者等提供了部分资料并对文章的修改提出了宝贵意见。

参 考 文 献 / References

- 陈华堂,丘世钧,黄山,范小平. 1999. 揭西、丰顺“冰臼”群成因商榷. 热带地理, 19(4): 379~380.
- 崔之久,南陵. 1998. 赤峰世界奇观成因新说. 科技日报, 1998-01-08.
- 崔之久. 1998. 风过留痕. 中国环境报, 1998-02-08.
- 崔之久,李洪江,南陵,李德文. 1999. 内蒙、河北巨型壶穴与赤峰风道的发现. 科学通报, 44(13): 1429~1434.
- 韩同林,劳雄,郭克毅. 1998a. 河北省丰宁县喇嘛山冰臼群的发现及意义. 中国区域地质, 17(1): 102.
- 韩同林,劳雄,郭克毅. 1998b. 话说河北内蒙古的冰臼奇观. 大自然, (3): 10~12.
- 韩同林,郭克毅. 1998c. 河北及内蒙古中低山区罕见的冰臼群. 中国地质, (6): 42~45.
- 韩同林,劳雄,郭克毅. 1999. 河北、内蒙中低山区发现罕见的冰臼群. 地质论评, (5): 456~462.
- 韩同林,劳雄,郭克毅. 2000. 关于南国冰臼群成因的商榷. 热带地理, 20(1): 72~80.
- 韩同林,劳雄,郭克毅. 2001. 关于南国冰臼群成因的商榷之二. 热带

- 地理, 21(2): 189~194.
- 韩同林. 2004. 发现冰臼. 北京: 华夏出版社. 1~190.
- 李德文,崔之久,李洪江,南陵. 2003. 华北北部花岗岩风化穴形成机制与环境意义. 南京大学学报(自然科学), 39(1): 120~128.
- 李洪江,崔之久,赵亮. 2001. 内蒙、河北山区壶穴的成因探讨——兼论壶穴的成因分类. 地理学报, 56(2): 223~231.
- 李梦华,谢小康. 1999. “冰臼”与“壶穴”之争. 热带地理, 19(4): 381~384.
- 刘尚仁. 2000. 关于冰臼形成与保存机理认识上的几个误区. 热带地理, 20(2): 156~161.
- 吕洪波,杨超. 2005. 山东新泰青山山低山区发现第四纪冰川遗迹. 地质论评, 51(5): 608.
- 吕洪波,任晓辉,杨超. 2006. 赤峰等地第四纪大陆冰川的地貌证据. 地质论评, 52(3): 379~385.
- 钱方,于波. 1999. 大兴安岭奇观——冰臼群. 地球, (2): 14~15.
- 丘世钧,陈华堂,黄山,范小平. 2000. 与“冰臼论”再商榷. 热带地理, 20(3): 243~246.
- 任晓辉,吕洪波. 2004. 赤峰红山国家森林公园第四纪冰川遗迹初步论证. 赤峰教育学院学报, 2004(5): 66.
- 任晓辉. 2005. 克什克腾青山冰臼群自然保护区第四纪冰川地貌识别. 赤峰学院学报, 2005(2): 9.
- 杨超群. 2001. 冰臼与壶穴之争述评. 热带地理, 21(1): 86~93.
- 章雨旭. 2005. “冰臼”成因争鸣——以克什克腾旗青山岩臼群为例. 地质论评, 51(6): 680; 712.
- 周尚哲. 2006. 锅穴一定是第四纪冰川的标志吗? 第四纪研究, 26(1): 117~125.
- Sun Hongyan, Tian Mingzhong, Wu Fadong, et al. 2005. Discovery and significance of Quaternary glacial vestiges in the Hexigten area of the southern Da Hinggan Mountains, Inner Mongolia. Acta Geologica Sinica (English edition), 79(4): 401~406.

图 版 说 明 / Explanation of Photos

均摄于内蒙古克什克腾世界地质公园青山景区。

- 1, 2. 奇特的花岗岩地貌——花岗岩岩臼, 形状如缸、如碗、如匙。
3. 萌芽阶段的花岗岩岩臼。看似光滑的花岗岩表面上, 分布有许多小凹穴, 直径大多数在2cm以下, 深度也大约1cm。
4. 初具外形阶段的花岗岩岩臼。一般较浅, 仅1~2cm深, 在花岗岩表面仅呈现出稍稍凹一点。在平缓的花岗岩面上, 有的岩臼内部保存有细小的未完全风化的黑云母、长石等矿物颗粒。在一些地势较陡的地方, 出现大面积的凹陷。
5. 发育中期的花岗岩岩臼。该类岩臼立体上多以口大肚小为典型特征。平面上多呈近圆形或椭圆形, 内有平行波状纹, 已具有成熟岩臼的外形。从外到内, 由浅入深, 常形成白中白, 最外层的岩臼最浅, 一般小于5cm。中心的岩臼最深, 但一般也只有十几个厘米。此种类型主要分布于青山的东、西、北坡; 在青山南坡, 这种白中白的深度一般都大于1m。
- 6, 7. 成熟阶段的花岗岩岩臼。该类岩臼立体上仍以口小肚大为典型特征。平面上多呈近圆形或椭圆形, 内有平行波状纹, 底部呈浅锅底形, 深度多大于30cm, 有套叠或连通现象(图版7)。该类岩臼部分有沉积物, 沉积物多在岩臼的东南面, 有的也被沉积物填满。沉积物上长满灌木草丛。夏天白内大多数有积水。
8. 衰亡阶段的花岗岩岩臼。最大特点是当岩臼发育到一定的深度时, 遇到水平节理发育的平面, 这时流水即沿节理流动, 并慢慢扩大。此期的主营力是岩臼向侧向发展速度加快, 形成穿孔现象, 纵向(深度)发展缓慢, 这类岩臼多分布在青山南坡的水平节理较发育地段。由于不断侵蚀使岩臼底部扩大, 最终导致岩臼崩塌, 甚至全部破坏。

Characteristics and Origin of Granite Mortars in the Hexigten World Geopark

SUN Hongyan, TIAN Mingzhong, WU Fadong

School of the Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing, 100083

abstract

Since the discovery of the granite mortars in Hexigten World Geopark, different views on their origin have been reported. Now the main two views are "Moulin" and "Pothole". Based on detailed investigation and the development degrees of the granite mortars at the Mount Qingshan in the geopark, these granite mortars were categorized into the following five types, that is, (1) embryo stage, (2) initial stage, (3) middle stage, (4) mature stage and (5) extinct stage. And according to the development degree of granite mortars, combined to the lithologic features and structural condition of granite and climate and the geographic location of the research area, a new view on origin of the granite mortars in this area was put forward that all the granite mortars in the high latitude and cold area of north China were formed by the following process: from the embryo, initial, middle, mature to extinct stages. The original formation of the granite mortar is that the granite is easy weathered. Under the condition with water, the differential weathering of the special climate made the embryonic granite mortar formed. The embryonic granite mortar can develop into initial and middle granite mortars under the comprehensive actions containing differential weathering, water action, freeze-and-thaw action, aeolian erosion, chemical weathering and other actions. The main agency during the initial and middle granite mortars developing into the mature mortars is physical weathering actions such as the aeolian erosion, freeze-and-thaw action and so on.

Key words: Hexigten; World Geopark; granite mortar; moulin; differential weathering

获得学会的奖励是值得骄傲的

中国地质学会名誉理事 孙枢

尊敬的孙文盛理事长、孟宪来常务副理事长、各位院士、各位领导、各位专家：

中国地质学会是我国地质工作者之家，是地质工作者的学术和专业的组织。这样的组织在世界上，在各个国家、在社会上都是受到高度的尊重的。今天我仅讲三点意见。

一、学会的奖励是一种很高的荣誉，是对一些同志的工作成绩的一种肯定和认同。获得学会的奖励是值得骄傲的，也是值得同仁们尊重的。对于学会的奖励各个国家都有，例如：英国的伦敦地质学会它是世界上最老的学会，创立了 200 多年，它设有 14 个奖章，如威廉·斯密斯奖章、莱伊尔奖章等奖章；美国地质学会也有十几个奖章。所以从国际上看，学会的奖励是一种非常高的荣誉。

二、当前是我国地质科技发展最好的时期，我国地质科学的水平在世界上已经占有一席之地。近几年，我国又发现和勘探出一批油气田和矿床，解决了一大批水文、工程、环境方面的科学问题。另一方面就是基础研究的水平有了很大的提高，作为基础研究它是一个获得新技术、新知识的工作。它是不考虑应用的问题和用途的。我国地质科学基础研究水平的提高，可以从以下几点来看：①从 SCI 论文的数量来看，在 1995 年我们整个地学的 SCI 文章只有 195 篇。而近

几年来，我们的 SCI 文章数量有了很大的增长。②我们有了了一批 SCI 数量和引用数量较高的大学和研究机构。③我们拥有了一批有高引用率文章的地质学家，占全球同水平地质学家的 0.7%~1%。④有了若干引人注目的新的发现和研究领域。⑤有了一批国际项目的担当人物和国际奖项的获奖者。

三、要把握住重视学术交叉发展的新趋势。美国地球物理研究会这个会议的目的就是促进学术之间的交叉、融合。在 2002 年，欧洲成立了欧洲地学联合会，前不久刚刚在维也纳召开，到会的学术工作者有 6000 人。希望以后能举办一些多学科交叉的论坛，来促进多学科交叉的发展，促进我国地学的发展，促进地质科学的发展。

最后祝大家为提高我国地质科技水平做出更大贡献，把我国建设成为地学强国这个历史任务就落在了在座的各位身上。谢谢大家！

(注：本文为孙枢院士 2007 年 4 月 28 日在“中国地质学会历届青年地质科技奖获奖者学术交流会”上的讲话，题目为本刊所加。)

孙洪艳等:克什克腾世界地质公园青山花岗岩白的特征及成因研究

图版 I

