

便携式高精度游标螺旋测微装置测量地表岩石 侵蚀速率可行性研究

李岩,黄费新,赵亮亮,刘阳

中国冶金地质总局矿产资源研究院,北京,101300

内容提要:直接测量岩石表面降低的高度是测算当前地表侵蚀速率的有效方法。本文介绍了一种便携式高精度游标螺旋测微装置的组成和原理。在原装置的基础上,增加了“T”型杆和底托套,并利用改造后的装置在唐山地区进行了野外实测试验。本次共测量98个测点,每个测点测量5~15次,获得1005条数据。其中极差小于0.1mm的点共74个,占有所有点的75.5%;平均偏差小于0.1mm的点共87个,占有所有点的88.8%,标准偏差小于0.1mm的点共86个,占有所有点的87.8%,表明该设备在0.1mm数量级精密密度良好。通过研究发现,在侵蚀速率较高的地区,利用高精度游标式螺旋测微装置直接在野外测量岩石侵蚀速率具有一定的可行性,并且可以通过改进装置或增加测量点的方法进一步提高测量准确度。

关键词:侵蚀速率;地表岩石;实测;高精度;螺旋测微装置

地表侵蚀作用与构造运动、气候变化以及人类活动关系密切,受构造、地形和气候等因素的影响,同时又反作用于构造、地形以及气候等。研究地表侵蚀速率是研究这些影响因素及其相互作用的切入点和关键数据依据(Wang Xingshan et al., 2013),对于了解构造与气候之间的相互关系(Zhang Peizhen et al., 2001),揭示地形与地貌的形成演化历史,认识沉积物的产生、搬运和沉积过程(Blanckenburg et al., 2006),研究土壤的产生和发展(Heimsath et al., 2001),以及评价人类活动对地表环境的影响方面都具有重要的理论和实际意义(Hook, 2000)。因此,地表侵蚀速率的研究成为了近年来研究的热点之一,引起了国内外学者的广泛关注(Kong Ping et al., 2006; Wang Yizhou et al., 2014; Hu Kai et al., 2015; Zeng Qiang et al., 2019)。准确的测定或估算地表侵蚀速率成为了认识和解决上述问题的关键。目前,不同的方法被应用于确定不同时间尺度上侵蚀速率,如水文数据法、宇宙成因核素及热年代学方法(裂变径迹、U/Th浓度)分别用于估算百年内、千年至百万年内以及百万

年以上的侵蚀速率(Kirby et al., 2002; Ouimet et al., 2009; Godard et al., 2010; Cui Lifeng et al., 2015)。

利用微侵蚀测量仪(Micro-Erosion Meter)直接测量岩石表面降低的高度是测算当前地表侵蚀速率的有效方法。微侵蚀测量仪(Micro-Erosion Meter)最早发明于20世纪60年代,其主要原理为,利用安装在野外自然状态下岩石上的测量仪,直接测量岩石表面侵蚀量(Wang Xingshan et al., 2013)。随着技术的发展,螺旋测微器和数据测量仪分别被应用于岩石表面高度的测量(Reneau et al., 1989; Stephenson, 1997)。然而,同一地区侵蚀速率测量往往需要测量多个测点,且周期往往较长(数年或数十年)(Mottershead et al., 1989; Stephenson et al., 1996),现有的微侵蚀测量仪测量时往往安装复杂,且需要长时间放置在野外,对野外测量造成了较大的障碍。本文介绍了一种新型的便携式高精度游标螺旋测微装置(以下简称装置),并探讨了利用该方法测量地表岩石侵蚀速率的可行性。

注:本文为国家自然科学基金面上项目(编号41873064)和中国冶金地质总局矿产资源研究院自筹项目联合资助的成果。

收稿日期:2020-11-03;改回日期:2020-12-14;网络发表日期:2020-12-18;责任编辑:张招崇;责任编辑:周健。

作者简介:李岩,男,1988年生。工程师,从事岩石学、矿床学以及极地地质学研究。Email:liyan@cmgb.cn。通讯作者:黄费新,男,1974年生。教授级高级工程师,从事构造地质学及极地地质学研究。Email:huagnfeixin@cmgb.cn。

引用本文:李岩,黄费新,赵亮亮,刘阳. 2021. 便携式高精度游标螺旋测微装置测量地表岩石侵蚀速率可行性研究. 地质学报, 95(3): 934~939. doi: 10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2021118.
Li Yan, Huang Feixin, Zhao Liangliang, Liu Yang. 2021. Feasibility study on measuring surface rock erosion rate with portable high precision vernier helical micrometer. Acta Geologica Sinica, 95(3): 934~939.

1 装置的组成及改进原理

目前可被应用的微侵蚀速率测量仪的核心器件是螺旋测微器,测量精度一般为 0.01mm。本文所述的便携式高精度游标螺旋测微装置由螺旋测微头、可动刻度圆盘、弧形游标和游标支架组成(图 1)。该装置的主要原理是对螺旋测微器进行改造,去掉螺旋测微器的框架,增加读数圆盘和游标。圆盘 500 刻度,对应于螺旋测微器可动 50 刻度,从而使测量精度放大 10 倍;游标 100 刻度,对应于圆盘上 99 刻度,理论是又可以放大测量精度 100 倍,从而使游标式螺旋测微装置的理论精度提高 1000 倍,达到 0.00001mm 数量级。(可以预见实践中由于多种因素(如气温、仪器安装、测量操作)影响可能达不到这种测量精度,但若能达到测量精度提高 50~100 倍(0.002~0.0001mm),也足以在测量 10 天的情况下,测量出 0.0002~0.00001mm/d 的侵蚀量,从而使直接测量野外岩石侵蚀速率成为可能。目前,高精度游标式螺旋测微装置已获得国家专利局实用新型发明专利批准(批准文号:2020010200645830)。

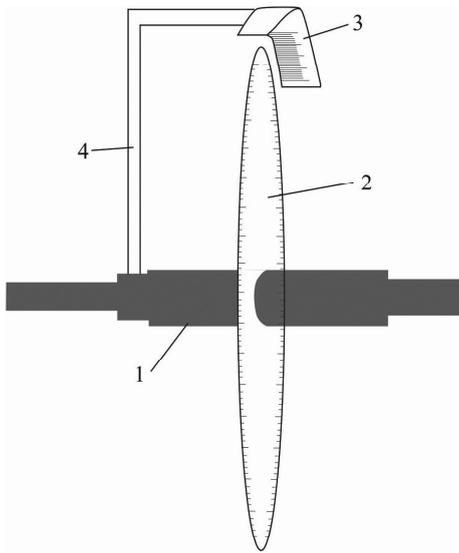


图 1 高精度游标式螺旋测微装置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of high precision vernier spiral micrometer

1—螺旋测微头;2—可动刻度圆盘;3—弧形游标;4—游标支架

1—Helical micrometer; 2—movable scale disk;

3—arc cursor; 4—the cursor stents

2 野外测量方法及结果

利用高精度游标式螺旋测微装置直接在野外测

量岩石侵蚀速率,还需要对该装置稍加改造,添加辅助装置使其变为岩石侵蚀速率测量装置。首先增加“T”型架,横杆两端各安装一套去掉框架的游标式螺旋测微器以便控制平衡,然后为“T”型架配备带插入孔和固定螺丝的底座套,确保“T”型架的竖杆可以插入底托套(图 2)。

野外测量时,在所测岩石上选择参照点,保证两侧测点高度满足测量要求。先将底托套固定在参照点上(本次安装使用免钉胶),由于底托套安装后参照点已被底托套和免钉胶形成天然保护,不再遭受侵蚀,其表面高度不变。参照点两侧的测量点会因侵蚀作用随着时间推移表面发生微量的下降,测量出下降量就是测量点的侵蚀量,进而求出侵蚀速率。

本次研究选择河北省唐山地区灰岩进行野外测量实验,用以验证该装置在野外测量岩石表面侵蚀速率的可行性。选择处于自然环境中的灰岩,将底托套固定于所测灰岩上(本次实验使用免钉胶固定),固定后将“T”型架竖杆插入底座套,插入后用螺丝将两者固定(图 3a)。分别旋转“T”型架左右两侧螺旋测微器使螺旋测微器测杆接触岩石表面受阻力停止旋转,左右两侧各得到一个读数(图 3b)。一段时间后再次测量可得到另外两个读数,两次的测量值求差,可得到岩石表面在测量间隔时间内的侵蚀量(本次只测得第一次读数)。本次研究共选择五处灰岩布设底托套 55 个,每个测量点测量 5~15 次,共获得 1005 个数据(表 1)。

3 讨论

3.1 装置的精密度分析

一组理想的测量值,各个数值之间误差应该差别不大。若一组数据中出现孤立且明显高于或低于其他数值的数据,则可能是测量时因操作不当造成的。本次研究发现所测得的数据误差大部分小于 0.1mm,因此,首先对所获得的 98 个测点的 1005 个数据进行预处理,剔除孤立且明显过高或过低的测量值(大于 0.1mm)。若一组数据呈零散分布,差别较大,无法剔除则保留原始数据。由于测量时旋转螺旋测微头,使测微头下降。当其底部岩石产生的摩擦力足够大时,无法转动螺旋测微器,此时读数并记录。若底部岩石与螺旋测微头接触面角度较大,则摩擦力较小,从而难以控制何时停止转动,由此可能导致多次测量该测点的测量值之间误差较大。对于这样的测点,本次处理数据时删除的数据较多(如 T29 左和 T43 右)。本次共剔除数据 144 个,占所

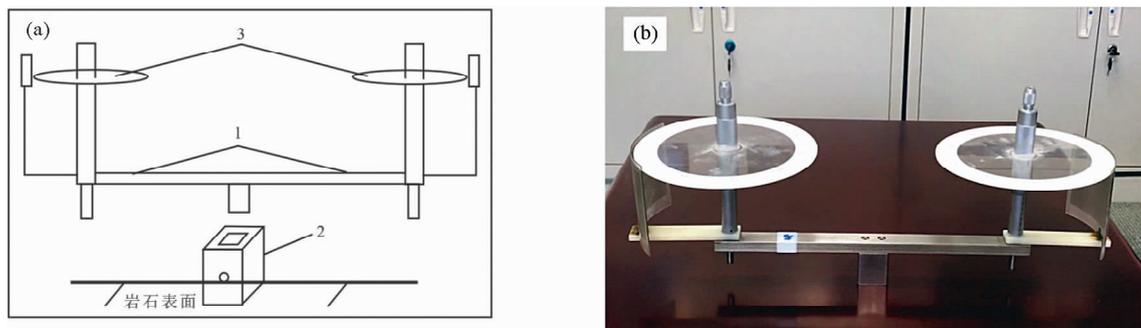


图2 装置改进示意图和实物照片

Fig. 2 Schematic diagram of improved device and its physical photos

1—“T”型架; 2—底托套; 3—高精度游标式螺旋测微装置

1—T-shaped bracket; 2—base sleeve; 3—high precision vernier spiral micrometer



图3 唐山地区野外实测照片

Fig. 3 Photographs of field measure in Tangshan area

有数据的 14.3%。对剔除后的数据进行计算,其中以某点的平均值代表该测点的高度,以极差、平均偏差、标准偏差评价测量的精密度,计算结果见表 1。其中极差的最大值 4.4252mm,最小值为 0.0125mm,平均极差为 0.2423mm;平均偏差的最大值为 3.1616mm,最小值为 0.0037mm,平均值为 0.1019mm,标准偏差的最大值为 3.4992mm,最小值为 0.0045mm,平均值为 0.1201mm。98 个测点中极差小于 0.1mm 的点共 74 个,占有所有点的 75.5%;平均偏差小于 0.1mm 的点共 87 个,占有所有点的 88.8%,标准偏差小于 0.1mm 的点共 86 个,占有所有点的 87.8%。由此可见,数据经过预处理后,所测数据的平均偏差和标准偏差控制在 0.1mm 以内的点所占的比例接近 90%。

在实际测量中,每次测量的误差主要来源于人为测量操作误差。当一次测量开始时,旋转螺旋测微器至千分尺头与岩石上表面接触停止转动并读

数。因此,每次测量何时停止旋转螺旋测微器决定了测量的精确度。本次测量我们主要依靠螺旋测微头顶端的棘轮控制测量,即旋转至棘轮滑丝,就停止并读数。在实际测量与数据处理的过程中,我们发现岩石上表面平整度或光滑度较好的测点,测量值之间的极差、平均偏差和标准偏差较小,测量精度较高。此外,千分尺与所测岩石表面接触面越大(水平解除),测量值之间的极差、平均偏差和标准偏差较小。可能的原因是,底部摩擦力较大时,棘轮对于每次测量的精度控制较好,而当底部摩擦力较小时,棘轮并不能很好地控制测量精度。

3.2 测量地表岩石侵蚀速率的可行性

地表侵蚀速率受地形、构造和气候等因素影响,不同的环境和条件下侵蚀速率存在较大的差距(Wen Li et al., 2012; Hu Sihui et al., 2012; Hu Kai et al., 2015)。本次研究发现,利用高精度游标式螺旋测微装置直接在野外进行测量,可以实现控制 85%

表 1 唐山地区岩石表面高度统计表

Table 1 Rock surface height statistics table in Tangshan area

编号	数据总量	剔除数据量	平均值 (mm)	极差 (mm)	平均偏差 (mm)	标准偏差 (mm)	
T01	左	10	1	15.9533	0.0370	0.009	0.011
	右	10	1	16.2121	0.0468	0.015	0.019
T02	左	10	0	17.8573	0.0346	0.010	0.012
	右	10	0	24.8823	0.0372	0.008	0.012
T03	左	10	2	17.6458	0.0454	0.011	0.015
	右	10	3	30.1032	0.0628	0.020	0.024
T04	左	10	1	14.3985	0.0466	0.011	0.015
	右	10	2	28.4015	0.0468	0.017	0.020
T07	左	10	3	19.1070	0.0490	0.013	0.018
	右	10	1	0.9087	0.0263	0.008	0.010
T10	左	10	1	8.0806	0.0259	0.009	0.010
	右	10	3	15.4769	0.0379	0.010	0.013
T11	左	10	0	31.4503	0.0225	0.005	0.007
	右	10	0	23.9452	0.0669	0.017	0.021
T12	左	10	0	23.9452	0.0669	0.017	0.021
	右	10	4	16.6909	0.0652	0.022	0.027
T13	左	10	3	11.3275	0.0857	0.032	0.037
	右	10	0	43.7114	0.0570	0.017	0.021
T15	左	10	0	26.3300	0.0249	0.006	0.008
	右	10	3	23.4887	0.0214	0.006	0.008
T16	左	10	3	28.3888	0.0260	0.007	0.009
	右	10	0	24.5849	0.0207	0.006	0.008
T18	左	10	0	24.2746	0.0500	0.017	0.019
	右	10	1	32.5230	0.0475	0.011	0.015
T19	左	10	1	38.5057	0.0240	0.007	0.008
	右	10	0	24.6665	0.7349	0.226	0.292
T20	左	10	0	24.6665	0.7349	0.226	0.292
	右	11	1	22.7248	0.0399	0.011	0.014
T21	左	20	0	18.5119	4.3298	1.100	1.297
	右	10	2	13.5516	0.6093	0.159	0.209
T23	左	10	0	12.0551	4.4252	1.445	1.708
	右	10	0	1.7104	2.8620	0.885	1.034
T25	左	15	6	14.3670	0.0669	0.022	0.025
	右	10	1	7.7729	0.0519	0.017	0.020
T27	左	10	4	3.2896	0.0503	0.018	0.022
	右	6	2	11.5777	0.0179	0.006	0.008
T28	左	10	3	20.5870	0.0389	0.012	0.014
	右	10	4	20.0473	0.0603	0.012	0.020
T29	左	10	3	22.9057	0.0885	0.031	0.037
	右	10	1	7.3379	0.1375	0.044	0.053
T30	左	10	2	13.8589	0.8080	0.272	0.313
	右	10	0	5.6208	0.2400	0.078	0.091
T31	左	10	2	16.8246	1.2070	0.332	0.414
	右	5	0	34.4495	0.0325	0.010	0.013
T33	左	10	0	25.2464	0.3776	0.088	0.121
	右	10	3	11.8188	0.4425	0.114	0.156
T34	左	10	2	9.6992	0.1664	0.047	0.057
	右	10	0	22.8701	0.0441	0.011	0.014
T35	左	10	2	15.9271	0.0378	0.008	0.011
	右	10	1	22.4491	0.0357	0.010	0.012
T36	左	10	2	33.4431	0.0470	0.016	0.018
	右	10	2	23.2789	0.4037	0.139	0.158
T37	左	10	0	27.8350	0.3910	3.162	3.499
	右	10	5	2.0536	0.0346	0.013	0.016
T38	左	15	6	12.6735	0.0860	0.030	0.035
	右	15	6	12.6735	0.0860	0.030	0.035

续表 1

编号	数据总量	剔除数据量	平均值 (mm)	极差 (mm)	平均偏差 (mm)	标准偏差 (mm)	
T44	左	10	0	24.5342	0.0295	0.006	0.008
	右	10	1	25.5643	0.0596	0.018	0.021
T45	左	10	2	13.5181	0.0410	0.016	0.017
	右	10	2	34.1762	0.0345	0.011	0.013
T46	左	10	2	39.8096	0.0679	0.019	0.023
	右	10	0	19.2247	0.0526	0.016	0.019
T47	左	10	1	38.9731	0.0428	0.013	0.016
	右	10	2	28.0057	0.0413	0.010	0.014
T48	左	10	0	23.9049	0.0370	0.008	0.012
	右	10	0	18.6503	0.0457	0.013	0.016
T49	左	10	1	30.1101	0.4226	0.146	0.167
	右	10	1	20.6667	0.6381	0.102	0.167
T52	左	10	2	29.8450	0.0685	0.017	0.022
	右	10	2	11.1425	0.2201	0.054	0.070
T53	左	10	1	29.2431	0.2657	0.076	0.097
	右	10	1	31.9453	0.0330	0.012	0.014
T55	左	10	0	18.7093	0.0368	0.012	0.014
	右	10	2	31.8909	0.0378	0.011	0.013
T56	左	10	3	19.1358	0.0325	0.007	0.011
	右	10	2	17.3772	0.0390	0.011	0.014
T57	左	10	1	9.7395	0.0894	0.026	0.034
	右	10	0	18.6128	0.0336	0.009	0.012
T58	左	10	0	29.8705	0.0342	0.009	0.011
	右	10	0	16.8269	0.0271	0.007	0.009
T59	左	10	0	29.1099	0.0311	0.012	0.013
	右	10	3	18.8911	0.0125	0.004	0.004
T60	左	10	1	13.2041	0.0260	0.006	0.008
	右	10	0	32.1177	0.0421	0.013	0.016
T61	左	10	2	15.7610	0.0703	0.026	0.030
	右	10	1	41.4360	0.0748	0.020	0.025
T63	左	10	2	15.5395	0.0604	0.020	0.024
	右	10	1	13.5418	0.2770	0.075	0.094
T65	左	10	5	38.1324	0.0426	0.012	0.016
	右	10	2	22.7744	0.0421	0.008	0.012
T66	左	10	0	6.7944	0.0269	0.006	0.008
	右	10	0	37.2095	0.5414	0.187	0.219
T67	左	10	1	14.1137	0.1260	0.041	0.048
	右	10	1	32.4507	0.5072	0.144	0.192
T68	左	10	1	31.5608	0.0543	0.015	0.017
	右	10	0	8.3651	0.2211	0.073	0.085
T70	左	10	1	33.0248	0.0262	0.006	0.008
	右	10	4	22.7286	0.0353	0.014	0.016
T71	左	10	0	15.7946	0.1563	0.040	0.051
	右	10	3	28.5727	0.0441	0.011	0.015
T73	左	10	3	27.9416	0.0221	0.008	0.009
	右	10	3	27.9416	0.0221	0.008	0.009

以上测点的平均偏差和标准偏差在 0.1mm 以内。在实际测量中,我们考虑以年作为测量的时间周期,若要保证测量的侵蚀速率可靠,则需要保证侵蚀速率达到 0.1mm/a 以上。因此,我们认为在某些侵蚀速率较高的地区利用高精度游标式螺旋测微装置直接在野外进行测量岩石的侵蚀速率是可行的。例如青藏高原东部龙门山地区,已有的研究表明,在龙

门山活动断裂带和岷山活动断裂带附近逆冲断裂上盘,侵蚀速率可达 0.5~0.8mm/a(Wen Li et al., 2012)。

为了提高该装置的精密度,可以对装置进一步改进,如改变棘轮精度,减小其滑丝所需的力度,或者在旋转螺旋测微器时利用扭力扳手,精确控制旋转力度,确保每次测量力度相同。此外,由于此装置价格便宜,易于操作,可以通过增加测量点来提高测量的准确度。

4 结论

利用高精度游标式螺旋测微装置直接在野外测量岩石的侵蚀速率,在侵蚀速率较高的地区具有一定的可行性,可以通过改进装置或增加测量点的方法提高测量的准确度。

References

- Blanckenburg F V. 2006. The control mechanisms of erosion and weathering at basin scale from cosmogenic nuclides in river sediment. *Earth and Planetary Science Letters*, 242(3-4): 0~239.
- Cui Lifeng, Liu Congqiang, Xu Sheng, Zhao Zhi Qi, TuChenglong, Liu Taoze, Ding Hu. 2015. The long-term denudation rate of granitic regolith in Qinhuangdao, North China determined from the in situ depth profile of the cosmogenic nuclides ^{26}Al and ^{10}Be . *Chinese Science Bulletin*, 60(04):424 (in Chinese with English abstract).
- Godard V, Lavé J, Carcaillet J, Cattin R, Bourlès D, Zhu J. 2010. Spatial distribution of denudation in eastern Tibet and regressive erosion of plateau margins. *Tectonophysics*, 491(1-4): 253~274.
- Heimsath A, Chappell J, Dietrich W, Heimsath A, Chappell J, Dietrich W, Nishiizuma K, Finkel RC. 2001. Late Quaternary erosion in southeastern Australia: a field example using cosmogenic nuclides. *Quaternary International*, 83(1): 169~185.
- Hooke, Roger Le B. 2000. On the history of humans as geomorphic agents. *Geology*, 28(9):843~846.
- Hu Kai, Fang Xiaomin, Zhao Zhiju, Darryl G. 2015. Erosion rates of northern Qilian Mountains revealed by cosmogenic ^{10}Be . *Advances in Earth Science*, 30(02):268~275 (in Chinese with English abstract).
- Hu Sihu, Zhang Tao, Gao Junping, Song Chunhui, Fang Xiaomin. 2012. The Miocene climate changes in Honggouzi area of western Qaidam basin and dominating factors on erosion rate. *Acta Sedimentologica Sinica*, 30(06):1106~1114 (in Chinese with English abstract).
- Kirby E, Reiners P W, Krol M A, Whipple K X, Hodges K V, Farley KA, Tang WQ, Chen ZL. 2002. Late Cenozoic evolution of the eastern margin of the Tibetan Plateau: Inferences; Inferences from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and U-Th/He thermochronology. *Tectonics*, 21(1):1~19.
- Kong Ping, Na Chunguang, Fink David, Ding Lin, Huang Feixin. 2007. Erosion in northwest Tibet from in-situ-produced cosmogenic ^{10}Be and ^{26}Al in bedrock. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32(1): 116~125.
- Mottershead D N. 1989. Rates and patterns of bedrock denudation by coastal salt spray weathering: a seven-year record. *Earth Surface Processes and Landforms*, 14(5): 383~398.
- Quimet W B, Whipple K X, Granger D E. 2009. Beyond threshold hillslopes: channel adjustment to base-level fall in tectonically active mountain ranges. *Geology*, 37(7): 579~582.
- Reneau S L, Dietrich W E, Rubin M, Donahue D J, Jull J T. 1989. Analysis of hillslope erosion rates using dated colluvial deposits. *Journal of Geology*, 97:45~63.
- Stephenson W J, Kirk R M. 1996. Measuring erosion rates using the micro-erosion meter: 20 years of data from shore platforms, Kaikoura Peninsula, South Island, New Zealand. *Marine Geology*, 131(3-4): 209~218.
- Stephenson W J. 1997. Improving the traversing micro erosion meter. *Journal of Coastal Research*, 13: 236~241.
- Wang Yizhou, Zhang Huiping, Zheng Dewen, Zheng Wenjun, Zhang Zhuqi, Wang Weitao, Yu Jingxing. 2014. Controls on decadal erosion rates in Qilian Shan: Re-evaluation and new insights into landscape evolution in north-east Tibet. *Geomorphology*, 223:117~128.
- Wang Xingshan, Zhang Jie, Qin Zhong. 2013. Methods for measuring erosion rate of rock: An overview. *Advances in Earth Science*, 28(04): 447~454 (in Chinese with English abstract).
- Wen Li, Liu Jing, Oskin M, Zeng Lingsen, Wang Wei. 2012. Pattern of modern denudation in the Longmen Shan eastern Tibetan plateau: tectonic controls on focused erosion along the plateau margin. *Quaternary Sciences*, 35(05):968~985 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Peizhen, Molnar P, Downs W R. 2001. Increased sedimentation rates and grain sizes 2-4 Myr ago due to the influence of climate change on erosion rates. *Nature*, 410:891~897.
- Zeng Qiang, Xu Tiande. 2019. An approach to the Neogene uplift rates for the eastern Qinghai-Xizang Plateau: Evidence from the fission track ages of the apatite from the Chola granites in western Sichuan. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 39(03):92~100 (in Chinese with English abstract).

参 考 文 献

- 崔丽峰, 刘丛强, 徐胜, 赵志琦, 涂成龙, 刘涛泽, 丁虎. 2015. 秦皇岛花岗岩风化壳的剥蚀速率: 宇宙成因核素 ^{26}Al 与 ^{10}Be 的研究. *科学通报*, 60(04):424.
- 胡凯, 方小敏, 赵志军, Darryl G. 2015. 宇宙成因核素 ^{10}Be 揭示的北祁连山侵蚀速率特征. *地球科学进展*, 30(02):268~275.
- 胡思虎, 张涛, 高军平, 宋春晖, 方小敏. 2012. 柴西红沟子地区中新世气候变化与侵蚀速率控制因素. *沉积学报*, 30(06):1106~1114.
- 王兴山, 张捷, 秦中. 2013. 岩石侵蚀速率测算方法研究综述及展望. *地球科学进展*, 28(04):447~454.
- 文力, 刘静, Oskin M, 曾令森, 王伟. 2012. 活动构造对高原边界侵蚀速率空间分布的控制作用——以龙门山地区为例. *第四纪研究*, 35(05):968~985.
- 曾强, 徐天德. 2019. 青藏高原东部雀儿山地区新近纪隆升速率探讨——来自雀儿山花岗岩体磷灰石裂变径迹证据. *沉积与特提斯地质*, 39(03):92~100.

Feasibility study on measuring surface rock erosion rate with portable high precision vernier helical micrometer

LI Yan, HUANG Feixin*, ZHAO Liangliang, LIU Yang

Institute of Mineral Resources Research, China Metallurgical Geology Bureau, Beijing, 101300

** Corresponding author: huangfeixin@cmgb.cn*

Abstract

Direct measurement of the height of the rock surface reduction is an effective method to estimate the erosion rate of exposed rocks. In this study, we introduce the composition and principle of a high precision portable vernier helical micrometer measuring device. T-shaped bracket and base sleeve were added to the base of the original device and the improved device has been used for field measurements in the Tangshan area. 98 points were measured, and a single point was repeated 5~15 times yielding a total of 1005 sets of data. There are 74 points with maximum differences of less than 0.1 mm accounting for 75.5% of all measure dpoints, 87 points with an average deviation less than 0.1 mm accounting for 88.8% of all measured points, 86 points with standard deviation of less than 0.1 mm accounting for 88.8% of all measured points. Based on our research, we believe that direct measurement of surface rock erosion rate with portable high precision vernier helical micrometer is feasible in some high erosion areas. The measuring accuracy can be further increased by improving the device or increasing the number of measuring points.

Key words: erosion rate; exposed rock surface; measured; high precision; helical micrometer device