



北京大学地理系 崔之久 李树德

在考察天山大西沟冰川的侵蚀堆积规律过程中，同时对高山寒冻地区公路的选线工程地质问题以及岩石风化剥蚀的速率作了一些调查研究\*。

研究地段选择在跨越冰达板3号冰川北侧哑口的废弃公路（1959年弃用）。该处的地层为志留系阿河布拉克组，岩性为各种结晶片岩、片麻岩。由于受近南北向的挤压力的作用，形成近东西走向的高倾角岩层，并有冰达板断层和大量X节理的发育，绢云母石英片岩被切割成菱块状，经寒冻风

化作用极易沿陡倾角岩层滑落。

为查明岩石风化剥蚀速率与岩坡后退速率，我们在废弃公路上分别选了三个不同地段作调查统计，每处选择100米长为统计测量范围，在100米内又每隔10米为一小段，分成十个小段分别进行统计。

在三个地段上，廿年内（1959—1979）于100米长的公路线上的堆积量、山坡后退速率等有关资料列于表1和表2。

通过对I、II、III处不同地段资料分析对比，使我们初

表 1

地 点	20年内总堆积量 (M <sup>3</sup> )	平均每年堆积 (M <sup>3</sup> )	平均每月堆积 (M <sup>3</sup> )	平均每天堆积 (M <sup>3</sup> )	每年单位面积上的堆积 (M <sup>3</sup> /年·M <sup>2</sup> )	岩 性	与岩层产状关系	坡 向	海 拔 (M)
I	10046.25	520.31	41.86	1.395	0.0306	绢云母石英片岩	顺岩层走向	阳坡	3930
II	4107.50	205.38	17.12	0.57	0.01585	绢云母石英片岩为主夹少量片麻岩	顺岩层走向	阴坡	3590
III	2897.50	144.58	12.03	0.402	0.0122	绢云母石英片岩为主夹少量片麻岩	斜交岩层走向 (交角50°±)	阳坡	3630

表 2

地 点	20年内总体积 V (m <sup>3</sup> )	岩坡被剥去体积 V <sub>1</sub> = 0.8V*	山 坡 面 积 (m <sup>2</sup> )	20年内山坡总后退 (m)	平均每年山坡后退 (mm/年)
I	10046.25	8037	25100	0.32	16
II	4107.5	3286	26087	0.126	6.3
III	2897.5	2318	23681.7	0.0978	4.89

\*注 V<sub>1</sub> = 0.8V 式中的系数0.8 式中的是根据野外实地多次试验求取平均值得到。

步认识到冰达板寒冻地区岩石风化的主要营力以及风化剥蚀堆积速率和山坡后退速率主要有如下特点：

1. 本区岩石风化剥蚀的营力及因素是：（1）绢云母石英片岩本身极易风化；（2）岩层的构造裂隙发育，较破碎；（3）该区雪线平均高度在3950米左右，年平均气温-10.0℃，年降雨量600毫米，昼夜温差一般在十几度，最大能达20多度，雪线附近有强烈的寒冻风化作用，特别是在夏季，

0℃等温线可以上升到雪线附近，此时又逢雨季，岩石裂隙中既有充分水分，又有反复的冻结和融化过程，大大地加速岩体的破坏，被破坏分离的岩屑块极易顺着陡坡滑下。

\* 共同参加野外工作的还有中国科学院兰州冰川冻土研究所王靖泰、张振柱同志，地质研究所周昆叔同志。

2. 岩石风化剥蚀速率和山坡后退速率除受岩性, 岩体所处构造部位及构造裂隙影响外, 岩层的产状也起着很大作用。公路顺着岩层走向地段岩屑沿层面剥落最快, 斜交岩层走向地段次之, 而垂直岩层走向地段最慢。

3. 同样是在顺岩层走向条件下, 向阳坡 I 处比阴面坡 II 处快, 最大风化剥蚀速率和山坡后退速率在 3930—3950 米 I 地段, 为  $0.0306 \text{米}^3/\text{平方米} \cdot \text{年}$  和 16 毫米/年, 该处海拔高度低于阳坡雪线约 50 米, 具有频繁冻融过程, 风化剥蚀堆积比 II 处多  $5938.75 \text{米}^3$ , 是 II 处的 2.45 倍, 其山坡后退速率比 II 处每年快 0.0097 米, 为 II 处的 2.54 倍。

4. 同是向阳坡条件, 顺岩层走向比斜交岩层走向要快, 如风化剥蚀速率 I 处比 III 处多了  $7148.75 \text{米}^3$ , 是 III 处的 3.48 倍; 山坡后退速率 I 处比 III 处快, 是 III 处的 3.27 倍。说明同坡向条件下公路与岩层产状所交位置不同影响之大。

5. 公路所处地段的坡向不同, 与岩层产状的关系不同, 则顺岩层走向的阴面坡 II 处比斜交岩层走向的阳面坡 III 处快。如风化剥蚀堆积 II 处比 III 处多  $1210 \text{米}^3$ , 是 III 处的 1.288 倍。结合上述 3、4 两点, 充分说明阴、阳的坡向条件虽在一定程度上影响岩体的风化剥蚀速率与山坡后退速率, 但公路与岩层产状的关系是更为重要的。

6. 据野外观察, 在同一地段内, 凡是局部岩层倾角大, 断裂和裂隙相对较密集发育的地方, 岩体的风化破坏更为严重。

7. 通过冰达板公路改线实例, 我们认为在具有强烈寒冻风化冰缘地区的道路选线中, 当迂有越岭线在高度不能选择时, 应注意选择与岩层产状适宜部位和坡向条件。

关于山地寒冻风化剥蚀堆积速率问题, 国际上也十分重视, 研究的方法也不相同。有的是建立定位观测 (如 A. Kotarba 1972); 有的则利用公路靠山一侧的排水沟被充填的岩屑来推算等。我们是利用废弃已 20 年 (1959—1979 年) 的高山公路被岩屑掩埋的程度来推算出山坡的寒冻风化剥蚀速率。我们所得数据资料与国外有关资料对比 (表 3) 则可看出几种情况:

1. 高纬地区由于冻融频率小于中、低纬度地区, 故风化剥蚀速率低, 一般皆在  $0.02—0.80 \text{mm}/\text{年}$  之间, 比本区要小十倍到百倍以上 (本区按山坡后退速率为  $7.6 \text{mm}/\text{年}$ )。

2. 在中纬山地区如阿尔卑斯山和喀尔巴阡山, 由于高度低 (海拔 2000—3000 米), 气候比较温暖潮湿, 其寒冻风化剥蚀速率也低于大陆性气候的本地区。如阿尔卑斯山的片麻岩、片岩地区, 岩性条件与本区很相似, 但山坡后退速率 ( $0.7—1.0 \text{mm}/\text{年}$ ) 只有本区的 1%。在波兰塔特拉山 (海拔 1850—2200 米) 的灰岩, 白云岩地区为  $0.71 \text{mm}/\text{年}$ , 也只有本区的 1/13。

可见, 在中纬山地区以外在气候比较干冷, 海拔较高的区域是有着最强烈的寒冻风化速率。

作者对这一课题的研究仅是初步探讨, 错误不足之处恳请读者指正。

表 3

地区 (冰缘区)	岩性	后退速率 $\text{mm}/\text{year}^{-1}$	来源
Spitsbergen. Mt Templet	灰岩 砂岩	0.34—0.50	Rapp (1960)
Spitsbergen. Mt Langtunsiell	灰岩 砂岩	0.05—0.50	Rapp (1960)
Northern lapland kcrkevagge	片岩	0.04—0.15	Rapp (1960)
Ellesmere Island NWT. Canada	白云岩 灰岩	(1) 0.30—0.80 (2) 0.50—1.30	Souckez, personal (1971)
Yukon Canada	石英岩 白云岩 页岩	0.02—0.17	Grey (1971)
Yukon Canada	正长岩 辉长岩	0.007—0.03	Grey (1971)
Austrion Alps	片麻岩 片岩	0.7—1.0	poser. in Rapp (1960)
Mt Tatra Polish	灰岩 白云岩	平均 0.71 1850—2200 <sup>m</sup> 最大 3.0, 最小 0.30	A. kotarba (1972)
天 山	绢云母石英 片岩	平均 9.06 最大 16 最小 4.89	本 文

注 国外资料引自: H. M. French, 1976, The periglacial Environment [p. 148, Table 7.4]

(1980年12月16日收到)