

成玉祥, 段玉贵, 李格焯, 等. 岩石冻融风化作用积累泥石流物源试验研究[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 46–50. [Cheng Yuxiang, Duan Yugui, Li Geyue, et al. The study on debris flows material source accumulation by rock freezing and thawing weathering test[J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(2): 46–50.]

岩石冻融风化作用积累泥石流物源试验研究*

成玉祥^{1,2}, 段玉贵³, 李格焯^{1,2}, 张 骏^{1,2}, 王 霞^{1,2}

(1. 长安大学 地质工程系, 陕西 西安 710054; 2. 地质资源与地质工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710054;
3. 金昌市规划设计院, 甘肃 金昌 737100)

摘 要: 风化作用导致地表岩石的破碎, 是泥石流固体物质的主要来源之一。研究岩石风化作用对于研究高原泥石流物源的积累效应和泥石流的形成机理具有重要意义。在高寒地区, 地表岩石以物理风化为主。温度和水分的变化是物理风化作用的主要原因。该文选择青海省玉树州泥质砂岩, 分6级不同含水率, 分别开展了循环10次、20次、40次、60次、80次冻融试验, 并对冻融岩样进行纵波波速测量、CT扫描和抗拉强度测量, 横向比较岩石的风化程度。通过试验得出不同含水率条件下, 随着冻融循环次数的增加, 岩样的纵波波速、CT数和抗拉强度都呈减小的趋势。综合分析认为温差作用和冰劈效应在高寒地区岩石风化中的主要地质作用。在干燥条件下, 温差作用更加明显。在含水条件下, 温差风化和冰劈作用同时存在, 相互促进。

关键词: 高寒地区; 岩石风化; 砂岩; 冻融试验; 泥石流; 物源

中图分类号: TU452; X4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2015)02–0046–05

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2015.02.009

岩石风化作用是地球表面一切外动力地质作用的起点。岩石在地表经过风化后, 形成松散堆积物, 再经过搬运、沉积, 最后压实固结成岩, 这就是地质的大循环。岩石的风化作用是一种很复杂的地质过程, 包括了物理、化学和生物等过程。因地表环境(温度、湿度等)的差异, 风化类型有所不同, 所形成的风化产物也有明显差别。在高寒地区, 由于气候寒冷, 化学风化和生物风化作用非常微弱, 物理风化作用占主导地位。在这个过程中, 温差变化和水的冻融作用起到关键作用, 最终结果导致了岩石的碎裂化和散体化。

许多学者在岩石的冻融风化方面开展了大量的研究工作, 取得了丰硕的研究成果。Yamabe^[1]、delRoa^[2]、Sonderglid^[3]、Yavuz^[4]、Fatih^[5]、Javier^[6]、罗学东^[7]、吴刚^[8]、高志刚^[9]、徐光苗等^[10]、刘成禹^[11]、蒋立浩^[12]、杨更社等^[13], 以及其他的学者选择不同的岩性岩样, 进行了不同循环次数、不同温差条件下的反复冻融试验, 并进行了实验岩样物理力学性质测试, 开展的试验类型包含了单轴抗压试验、三轴压缩试验、超声波速测量、硬度测量、CT扫描等试验, 得出的普遍结论是随着循环次数增加而强度衰减、超声波速减小等。

从以上研究成果我们不难看出目前的研究主

要集中在冻融作用导致的岩体强度的弱化上, 都是从岩体稳定性的角度出发, 专门针对地表岩石风化是如何转化为松散堆积物的研究尚不多见, 而这方面的研究正是高寒地区泥石流物源积累研究的核心问题。因此本文选择最容易发生风化的岩石类型进行试验研究, 专门研究冻融循环作用下岩石的破碎过程。样品为取自青海省玉树州囊谦县境内的泥质砂岩。在样品所在区域, 地表裸露, 泥质砂岩风化成细砂、粉砂, 在暴雨的侵蚀下, 形成面坡式泥流。因此, 选择的试验对象对于研究泥石流物源的积累具有一定的代表性。

1 循环冻融风化形成泥石流物源的基本原理

从泥石流的固体物源的来源来看, 主要来自于物理风化产物、残坡积物、重力堆积物和人工堆积物。其中物理风化产物和残坡积物属于面状物源, 而重力堆积物和人工堆积物属于点状物源。青藏高原地区泥石流的物源以面状物源为主。无论是物理风化产物还是残坡积物, 都与岩石的风化作用密切相关。风化作用产生的岩石破碎过程也是泥石流物源的形成过程, 地表水的短距离搬

* 收稿日期: 2014–10–13 修回日期: 2014–11–20

基金项目: 国家自然科学基金青年基金(41302250); 中央高校基本科研业务费资助项目(2013G1261057); 中国地质调查局地质灾害详细调查项目(12120113008800)

作者简介: 成玉祥(1978–), 男, 甘肃灵台人, 博士(后), 主要从事地质灾害形成机理与防治方面的教学与科研工作。

E-mail: 853660428@qq.com

运和重力地质作用则是泥石流固体物源的积累过程(图 1)。

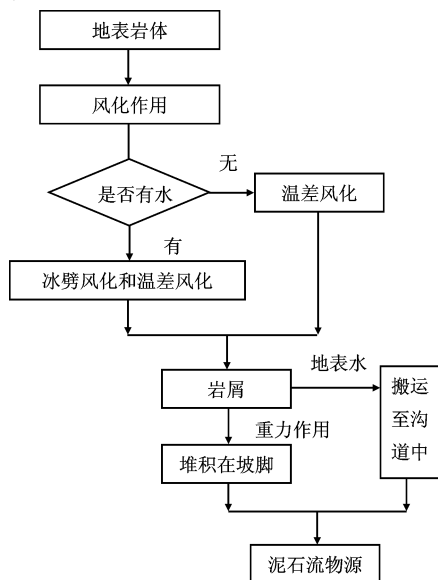


图 1 物理风化作用积累泥石流物源的模式图

从理论上讲, 风化作用使地表岩体的完整性变差, 抗拉强度降低。岩石抗拉强度减弱的过程就是岩体块裂化、碎裂化、散体化的过程。当抗拉强度降低到一定程度, 外动力地质作用就可能将一部分松动的岩块剥蚀下来, 搬离原地。这时, 被剥离的岩屑就有可能变成泥石流的物源。

在青藏高原地区, 气候寒冷, 总体上化学风化和生物风化作用微弱, 物理风化占主导地位。在物理风化作用中, 其决定性作用的是温差风化和冰劈风化作用。温差风化的强度取决于岩石内矿物的热胀冷缩性质的差异, 这种风化作用在空间上比较均衡, 但由于岩石是热的不良导体, 因此局限在地表。冰劈风化作用主要是由于水的反膨胀性质引起的。赋存在岩石裂隙中的地下水冻结后体积增加, 对裂隙的扩张而引起岩石裂解。当这二者同时存在时, 风化速度更快(图 2)。风化程度取决于地表岩石构造、岩体结构、含水率、温差、地表岩石的含水率等。因此我们设计了岩石风化循环冻融实验。

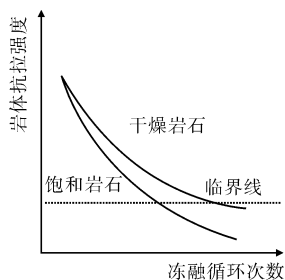


图 2 岩石物理风化转化为泥石流物源示意图

2 试验方案

2.1 试验目的

高寒地区的岩石风化, 促进了地表的变化过程, 也为泥石流的形成提供了丰富的物源。本试验的主要目的是为了模拟在不同条件下循环冻融

作用下岩石的抗拉强度变化规律, 并进一步通过超声波速测试和 CT 扫描来反映风化过程中物理力学性质的变化规律。

2.2 试验步骤

①制样: 将岩块切割成标准的抗压强度试样($\varphi = 5\text{ cm}$), 清除干净表面岩屑, 备用。

②测试孔隙度: 将制好的试样, 放在广口瓶中, 采用抽气法排除孔隙中密封的气泡, 充分浸水, 时间不少于 6 h, 完成后用天平称取饱和试样的质量; 将饱和试样放入烘箱中 24 h, 使得水分充分蒸发, 完成后用天平称取干燥试样的质量; 计算试样孔隙度和饱和含水率, 根据以上测试可以求得孔隙水的质量, 反算孔隙的体积, 进而可以求得岩样的孔隙度和体积含水率。

③冻融试验试样分组: 根据以上获得的饱和体积含水率, 分别向干燥后的样品中注入不同量的水, 制成不同含水率的试样, 如表 1 (共 31 组样, 表中为样品编号) 所示。

表 1 试样配制及编号表

循环次数 含水率	干燥 20% 40% 60% 80% 饱和					
	干燥	20%	40%	60%	80%	饱和
0	1					
10	2	7	12	17	22	27
20	3	8	13	18	23	28
40	4	9	14	19	24	29
60	5	10	15	20	25	30
80	6	11	16	21	26	31

④试样密封: 将配好含水量的试样装入橡胶膜中, 并向其中多滴一滴水(补充橡胶膜对水分的占用), 然后绑扎密封, 及时对样品进行编号, 静置 24 h, 使得水分扩散均匀。

⑤将密封后的试样放入冷冻机中, 反复冻融, 每天一个循环, 即取出自然融化, 融化后再放入冻结。我们根据玉树地区的气温变化, 最后选择最低冻结温度为 $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$, 融化采用室温条件下的自然融化。达到设计冻融次数后取出试样, 去掉密封橡胶膜, 自然风干, 主要记住相应的样品编号。等所有试样的冻融试验全部结束后, 再将试样放在烘箱中烘干 24 h。

至此, 循环冻融实验过程结束, 进一步需要对经过冻融风化的岩样进行测试。

⑥测试所有样品的超声波速, 研究不同含水率, 不同冻融循环次数岩样波速变化规律。

⑦所有样品横断面 CT 扫描, 研究不同含水率, 不同冻融循环次数岩样 CT 数变化规律。

⑧测试所有样品的抗拉强度, 研究不同含水率, 不同冻融循环次数抗拉强度变化规律。

3 实验过程与结果分析

3.1 不同循环冻融条件下岩样超声波速测试

声波测试是弹性波测试方法中的一种, 当外力对弹性介质的某一部分产生初始扰动时, 由于介质的弹性, 这种扰动将由一个介质点传播到另一个质点, 如此连续下去, 即出现弹性波。在固体、液体、气体中, 由于拉—压型变而产生的弹性波常称为纵波 V_p , 在固体中由于切变而产生的弹性波称为横波 V_s 。

$$V_p = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}}; \quad (1)$$

$$V_s = \frac{E}{2\rho(1+\mu)}. \quad (2)$$

由此可知, V_p 与 V_s 均与岩体的弹性模量 E 、泊桑比 μ 、密度 ρ 有关。本次试验主要测试的是纵波 V_p 。

冻融试验全部结束后, 试样放在烘箱中烘干 24 h 后, 对所有岩样进行超声波速测量。超声波速测量在西安理工大学岩石力学实验室完成, 结果如表 2 所示。

图 3 为不同含水率的岩样纵波波速与冻融循环次数的关系。从图 3 中可以看出, 不同含水率的岩样经过不同次数的循环冻融作用后, 纵波波速都呈减小的趋势。冻融循环 10 次, 饱和后试样的纵波速度为干燥样的 93%; 冻融循环 20 次, 含水率 80% 试样的纵波速度为干燥样的 78.7%; 冻融循环 40 次, 含水率 80% 试样的纵波速度为干燥样的 74.9%; 冻融循环 60 次, 饱和后试样的纵波速度为干燥样的 92.4%; 冻融循环 80 次, 饱和后试样的纵波速度为含水率 20% 试样的 93.3%。

表 2 不同含水率不同冻融循环次数岩样超声波速

含水率/%	原样	10 次	20 次	40 次	60 次	80 次
0	3 104	2 826	2 705	2 845	2 741	
20	3 104	2 633	2 725	2 791	2 682	2 625
40	3 104	2 750	2 912	2 434	2 378	2 600
60	3 104	2 774	2 487		2 380	2 625
80	3 104	2 700	2 129	2 130	2 557	
100	3 104	2 629			2 532	2 450

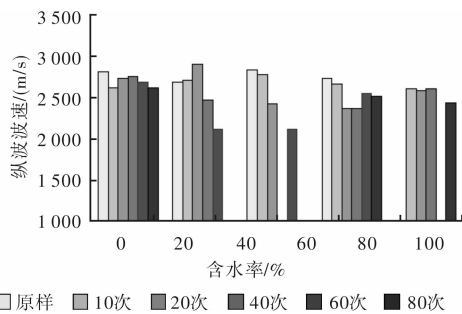


图 3 不同含水率的岩样纵波波速与冻融循环次数的关系

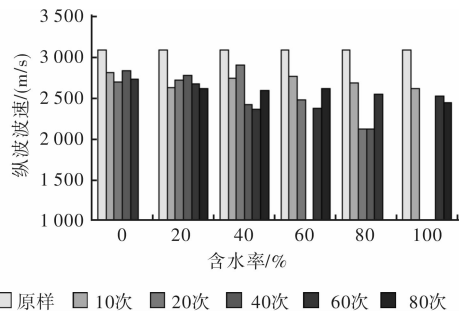


图 4 不同冻融循环次数的岩样纵波波速与含水率的关系

图 4 为不同冻融循环次数的岩样纵波波速与含水率的关系。从图 4 中可以看出, 总体趋势都是随着冻融循环次数的增加, 纵波波速减小。干燥样品冻融 60 次后, 纵波波速减小为原样的 87.4%; 含水率 20% 的样品冻融 80 次后, 纵波波速减小为原样的 84.6%; 含水率 40% 的样品冻融 80 次后,

纵波波速减小为原样的 83.8%; 含水率 60% 的样品冻融 80 次后, 纵波波速减小为原样的 84.6%; 含水率 80% 的样品冻融 60 次后, 纵波波速减小为原样的 82.4%; 饱和样品冻融 80 次后, 纵波波速减小为原样的 78.9%。

3.2 不同循环冻融条件下岩样 CT 扫描

X 射线穿透被检测物体时, 它的光强符合赫尔曼方程:

$$I = I_0 \exp(-\mu_m \rho \lambda). \quad (3)$$

式中: I_0 为 X 射线的初始光强; I 为 X 射线穿透物体后的光强; μ_m 为被检测体单位质量的吸收系数; ρ 为物体密度; λ 为入射 X 射线的波长。

在一般情况下, μ_m 只与入射 X 射线的波长有关。一般用 μ 作为物体对 X 射线的衰减系数”经 CT 重建的图象实际上是衰减系数 μ 的分布。

$$\mu = \mu_m \rho (\text{cm}^{-1}). \quad (4)$$

由于水的 $\rho = 1.0$, $\mu_w = \mu_m$ 。

然而用 μ 的分布在 CT 扫描后直接成像, 材料之间反映的差异不是很明显, 为了显著地反映不同材料在 CT 图象上的差异, Huonsfield 引入了 CT 数的概念。

$$H = (\mu - \mu_w) / \mu_w \times 1\,000. \quad (5)$$

显然, 水的 $H_w = 0$; 空气的 $H_g = -1\,000$ 。

利用正比于 CT 数 H 的亮度成像就可得到完整的 CT 图象。且由 CT 数 H 的变化能很明显地表达出物质成分差异。

CT 图象实际上是没有任何图象格式的数据的集合, 其格式为 raw, 其每个点上的数据就是 CT 数, 其值的大小在 CT 图象上由灰度表示。根据 CT 物理原理, CT 数与对应的岩石密度成正比, 图像中亮度高的地方 CT 数大, 表示该区的岩石密度高, 暗色的地方其 CT 数值较低, 表示该区的岩石物质组成成分密度低。

由于数据量太大, 实际数据统计中只选择了样品中部扫描截面(图 5), 限于篇幅, 文中未列举 CT 图像。在实际的数据统计中, 由于扫描图像的不同位置在岩样中距离岩样表面的距离不同, 受表面的影响差异较大, 可比性较差。因此我们选择样品中部扫描截面的最中心部位进行 CT 数的统计, 此部位距离岩样的侧壁和两个顶面的距离均为 2.5 cm。CT 数统计结果如表 3 所示。

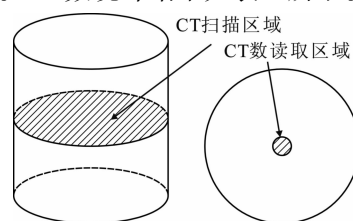


图 5 CT 扫描截面和 CT 数采集区域

表 3 不同含水率不同冻融循环次数岩样 CT 数

含水率/%	原样	10 次	20 次	40 次	60 次	80 次
0	1 456.8	1 444.5	1 451.8	1 428.6	1 410.8	1 403.2
20	1 456.8	1 488.7	1 405.1	1 428.3	1 388.1	1 031.2
40	1 456.8	1 386.0	1 092.9	1 034.4	1 008.9	992.8
60	1 456.8	1 291.4	8 50.3	8 10.2		795.9
80	1 456.8	7 90.2		950.1	840.1	
100	1 456.8	7 33.9	8 27.3	872.0	806.5	888.9

图 6 为不同含水率的岩样 CT 值与冻融循环次数的关系。冻融循环 10 次, 饱和后循环冻融试样的 CT 值为干燥样的 50.8%; 冻融循环 20 次, 饱和后循环冻融试样的 CT 值为干燥样的 56.9%; 冻融循环 40 次, 饱和后循环冻融试样的 CT 值为干燥样的 61%; 冻融循环 60 次, 饱和后循环冻融试样 CT 值为干燥样的 57%; 冻融循环 80 次, 饱和后循环冻融试样 CT 值为干燥试样的 63.3%。图 7 为不同冻融循环次数的岩样 CT 值与含水率的关系。从图 7 中可以看出, 相同的循环冻融后的岩样, 随着含水率增大, CT 值都呈减小的趋势。从图 6 中可以看处, 不同含水率的岩样经过不同次数的循环冻融作用后, CT 值都呈减小的趋势。干燥样品冻融 60 次后, CT 值减小为原样的 96.3%; 含水率 20% 的样品冻融 80 次后, CT 值减小为原样的 70.8%; 含水率 40% 的样品冻融 80 次后, CT 值减小为原样的 68.1%; 含水率 60% 的样品冻融 80 次后, CT 值减小为原样的 54.6%; 含水率 80% 的样品冻融 60 次后, CT 值减小为原样的 57.7%; 饱和样品冻融 80 次后, CT 值减小为原样的 61.0%。

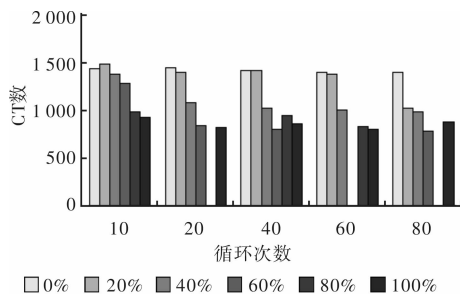


图 6 不同含水率的岩样 CT 值与冻融循环次数的关系

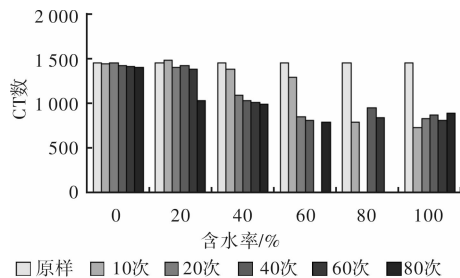


图 7 不同冻融循环次数的岩样 CT 值与含水率的关系

3.3 不同循环冻融条件下岩样抗拉强度测试

岩体的抗拉强度反应了结构颗粒与胶结物之间的紧密程度。一般情况下, 岩体所包含的矿物成分不同, 其热膨胀性质有差异, 因此在温差作用下, 在两种不同矿物的接触带上, 会产生很强的应力集中现象, 这种应力集中很容易超过胶结物的强度, 造成岩体破碎, 这就是典型的温差风化作用。其结果在宏观上的反应就是抗拉强度的降低。

如果岩体不是很完整, 存在孔隙、节理或裂隙时, 裂隙中分布的地下水在冻结过程中会产生体积反膨胀。如果冰充满整个裂隙后, 就会对裂隙的两壁产生很强的挤压作用, 同时在裂隙的顶端会产生很强的拉应力集中, 其结果是裂隙不断扩大, 岩体结构逐渐散体化。

依据上述原理, 我们对所有循环冻融后的岩样的抗拉强度进行了测试, 结果如表 4 所示, 具体

测试工作在长安大学岩石力学实验室完成。

表 4 不同含水率不同冻融循环次数岩样抗拉强度

含水率/%	原样	10 次	20 次	40 次	60 次	80 次
0	0.392 4	0.352 9	0.315 9	0.326 1	0.270 1	
20	0.392 4		0.334 4	0.239 5	0.242	0.229 3
40	0.392 4	0.349 7	0.382 2	0.293	0.178 3	0.216 6
60	0.392 4	0.319 7	0.305 7		0.178 3	0.173 2
80	0.392 4	0.278 3	0.267 5	0.235 6	0.175 8	0.204 4
100	0.392 4	0.275 2	0.224 2	0.207 6	0.206 7	0.193

图 8 为不同含水率的岩样抗拉强度与冻融循环次数的关系。从图 8 中可以看处, 相同的循环冻融后的岩样, 随着含水率增大, 抗拉强度都呈减小的趋势。冻融循环 10 次, 饱和后循环冻融试样的抗拉强度为干燥样的 78.0%; 冻融循环 20 次, 饱和后循环冻融试样的抗拉强度值为干燥样的 71.0%; 冻融循环 40 次, 饱和后循环冻融试样的抗拉强度为干燥样的 63.7%; 冻融循环 60 次, 饱和后循环冻融试样抗拉强度为干燥样的 76.5%; 冻融循环 80 次, 饱和后循环冻融试样抗拉强度为干燥试样的 84.2%。图 9 为不同冻融循环次数的岩样抗拉强度与含水率的关系。从图 9 中可以看出, 不同含水率的岩样经过不同次数的循环冻融作用后, 抗拉强度都呈减小的趋势。干燥样品冻融 60 次后, 抗拉强度减小为原样的 68.8%; 含水率 20% 的样品冻融 80 次后, 抗拉强度减小为原样的 58.4%; 含水率 40% 的样品冻融 80 次后, 抗拉强度减小为原样的 55.2%; 含水率 60% 的样品冻融 80 次后, 抗拉强度减小为原样的 44.1%; 含水率 80% 的样品冻融 60 次后, 抗拉强度减小为原样的 59.7%; 饱和样品冻融 80 次后, 抗拉强度减小为原样的 49.2%。

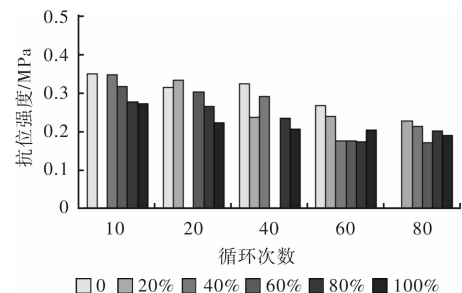


图 8 不同含水率的岩样抗拉强度与冻融循环次数的关系

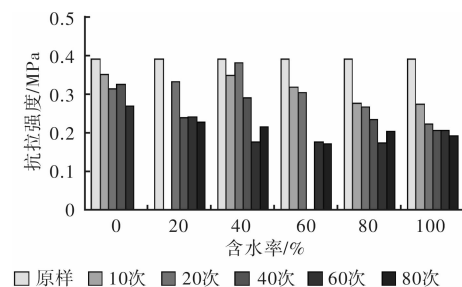


图 9 不同冻融循环次数的岩样抗拉强度与含水率的关系

3.4 实验结果综合分析

由上述试验结果可以看出, 循环冻融无疑可以导致岩石的强度降低。在试验结果上表现为随着冻融循环次数的增加, 岩样的纵波波速、CT 数和抗拉强度都呈减小的趋势。同时, 我们发现当

冻融循环次数相同条件下, 岩样含水量越大, 岩样的纵波波速、CT 数和抗拉强度越小。这进一步证实了我们前文的分析结果, 岩石的物理风化主要是由于温差作用和冰劈作用引起的。对干燥岩样只有温差风化, 在岩样含水条件下, 同时存在温差风化和冰劈风化作用。温差风化产生的裂隙为水分的赋存提供空间, 水的冻结膨胀又进一步加快了裂隙的扩展。这在实验结果中也有所表现, 尤其是循环次数为 20 次和 40 次时, 含水率对纵波速度、CT 数和抗拉强度的影响更为明显, 说明此阶段冰劈风化作用起主导作用。当循环次数继续增大时, 含水率的影响程度变小。这是因为当风化达到一定程度后, 微孔隙体积增大, 而试验过程中没有补充水分, 导致水分不足以充满微孔隙时, 水的反膨胀作用产生的体积增加已经不能够对岩石颗粒产生挤压, 冰劈风化作用逐渐减弱, 此时温差风化作用逐渐起主导作用。

4 结论

(1) 在高寒地区, 地表岩体在风化作用下不断的破碎, 形成了松散堆积物。这些松散堆积物在重力作用和地表水的作用下, 进入到泥石流流沟道中, 就构成了泥石流的物源。

(2) 循环冻融是高寒地区岩体风化的主要原因。具体表现为随着冻融循环次数的增加, 岩样的纵波波速、CT 数和抗拉强度都呈减小的趋势。说明岩样的整体性变差、强度降低。

(3) 温差作用和冰劈效应在高寒地区岩石风化中的主要地质作用。在干燥条件下, 温差作用更加明显。在含水条件下, 温差风化和冰劈作用同时存在, 相互促进。

(4) 岩石风化后能否转变为泥石流的物源, 一方面取决于风化程度, 另一方面取决于泥石流流体力学条件的类型与强度。这需要在本文抗拉试验的基础上, 专门设计大型模型试验或者选择相近

的风化程度区域, 开展不同水动力条件的原位试验。

参考文献:

- [1] Yamabe T, Neaupane K M. Determination of some thermo mechanical properties of Sirahama sandstone under subzero temperature condition[J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2001, 38(7): 1029 - 1034.
- [2] del Roa L M, Lopez F, Esteban F J, et al. Ultrasonic study of alteration processes in granites caused by freezing and thawing [C]//2005 IEEE Ultrasonics Symposium Rotterdam: IEEE, 2005, 1: 415 - 418.
- [3] Sondergeld C H, Rai C S. Velocity and resistivity changes during freeze thaw cycles in Berea sandstone[J]. Geophysics, 2007, 72(2): 99 - 105.
- [4] Yavuz H. Effect of freeze-thaw and thermal shock weathering on the physical and mechanical properties of an andesite stone [J]. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2011, 70(2): 187 - 192.
- [5] Fatih B. Predicting mechanical strength loss of natural stones after freeze-thaw in cold regions [J]. Cold Regions Science and Technology, 2012(83/84): 98 - 102.
- [6] Javier M M, David B, Miguel G H, et al. Non-linear decay of building stones during freeze-thaw weathering processes [J]. Construction and Building Materials, 2013, 38: 443 - 454.
- [7] 罗学东, 黄成林, 彭增湘, 等. 冻融循环作用下蒙库铁矿边坡岩体物理力学特性研究[J]. 岩土力学, 2011, 32(Supp. 1): 155 - 159.
- [8] 吴刚, 何国梁, 张磊, 等. 大理岩循环冻融试验研究岩石力学与工程学报, 2006, 25(Supp. 1): 2930 - 2938.
- [9] 高志刚, 李浩霞, 田俊峰. 寒区软岩隧道的冻胀力及冻害防治浅析[J]. 山西建筑, 2008, 34(24): 323 - 324.
- [10] 徐光苗. 寒区岩体低温、冻融损伤力学特性及多场耦合研究[D]. 武汉: 中国科学院武汉岩土力学研究所, 2006.
- [11] 刘成禹, 何满潮, 王树仁, 等. 花岗岩低温冻融损伤特性的实验研究[J]. 湖南科技大学学报: 自然科学版, 2005, 20(1): 37 - 40.
- [12] 蒋立浩, 陈有亮, 刘明亮. 高低温冻融循环条件下花岗岩力学性能试验研究[J]. 岩土力学, 2011, 32(Supp. 2): 319 - 323.
- [13] 杨更社, 奚家米, 李慧军, 等. 三向受力条件下冻结岩石力学特性试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2010, 29(3): 459 - 464.

The Study on Debris Flows Material Source Accumulation by Rock Freezing and Thawing Weathering Test

Cheng Yuxiang^{1,2}, Duan Yugui³, Li Geyi^{1,2}, Zhang Jun^{1,2} and Wang Xia^{1,2}

(1. Department of Geological Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 2. Key Laboratory of Western China's Mineral Resources and Geological Engineering, Ministry of Education Chang'an University, Xi'an 710054, China; 3. Jinchang City Planning and Design Institute, Jinchang 737100, China)

Abstract: Weathering leads to broken of surface rocks, and is one of the main sources of the solid material of debris flow. The research on rocks weathering has important theoretical significance to the study on the solid material cumulative effects and the formation mechanism of debris flow. In cold areas, rocks weather mainly in physical style because of the changes in temperature and moisture. Argillaceous sandstone in Yushu in Qinghai Province is selected and divided into of six different water contents for freeze-thaw test. The freeze-thaw cycle time is designed to be 10 times, 20 times, 40 times, 60 times and 80 times. Longitudinal wave velocity measurement, CT scans and tensile strength measurements are then done on all freezing and thawing rock samples to compare the degree of weathering of rocks in different test condition. It is found that rock samples longitudinal wave velocity, CT number and tensile strength are decreasing with the increasing of freeze-thaw cycle times. Comprehensive analysis results show that the temperature difference and ice split effect are the main geological actions in the alpine region. Under dry conditions, temperature effects become more pronounced. Under aqueous conditions, temperature difference and ice split weathering effects exist and mutually reinforcing.

Key words: cold area; stone weathering; sandstone; freezing and thawing test; debris flow; material source