

# Comparison of the Glacial Identification Methods Based on Landsat 8 OLI Image

Yunfang Chen<sup>1</sup>, Xuan Ji<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Yunnan Normal University, Kunming Yunnan

<sup>2</sup>Institute of International Rivers and Eco-Security, Yunnan University, Kunming Yunnan

<sup>3</sup>Yunnan Key Laboratory of International Rivers and Transboundary Eco-Security, Kunming Yunnan

Email: \*jixuan@ynu.edu.cn

Received: Dec. 4<sup>th</sup>, 2017; accepted: Dec. 19<sup>th</sup>, 2017; published: Dec. 25<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Glacier is an indicator of climate change, and its changes have important effects on regional climate, water resources, and so on. Glacier information extraction is the basis of glacial changes research. In this work, the large mountain glaciers on the Qinghai Tibet Plateau are used as study objects, four most commonly used methods of glacier identification are compared based on a Landsat 8 OLI image. The results show: the supervised classification using the maximum likelihood method performs the best, and the second and third are the band ratio method and the unsupervised classification method; the NDSI method gets a poor result. The NDSI method cannot effectively distinguish the glaciers from the shadow; both the band ratio and NDSI method cannot distinguish water in river or pool from glaciers.

## Keywords

Glacier, Landsat 8 OLI, Remote Sensing

---

# 基于Landsat 8 OLI影像的冰川识别方法对比研究

陈云芳<sup>1</sup>, 季 漩<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>云南师范大学, 云南 昆明

<sup>2</sup>云南大学国际河流与生态安全研究院, 云南 昆明

<sup>3</sup>云南省国际河流与跨境生态安全重点实验室, 云南 昆明

Email: \*jixuan@ynu.edu.cn

收稿日期: 2017年12月4日; 录用日期: 2017年12月19日; 发布日期: 2017年12月25日

---

\*通讯作者。

## 摘要

冰川是气候变化的指示器, 其变化对区域气候、水资源等均有重要影响。研究冰川变化首先要面对的是冰川信息提取问题。本文以青藏高原上的大型山地冰川群为实验区, 选择Landsat 8 OLI影像为数据源, 对比了冰川信息提取中最常用四种方法的效果, 并探讨了各种方法的优缺点。研究发现: 以目视解译得到冰川范围为参照, 效果最好的是采用最大似然法的监督分类, 其次是波段比值法、非监督分类, 效果较差的是雪盖指数法; 雪盖指数法不能有效区分阴影和冰川; 波段比值法和雪盖指数法都对水体与冰川难以准确识别。

## 关键词

冰川, Landsat 8 OLI, 遥感

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

冰川是陆地表面重要的淡水资源, 被誉为“固体水库” [1]。冰川对气候变化响应极为敏感[2], 其变化对区域气候、生态与环境、水资源等均有重要影响[3]。冰川变化研究中首先面临的是冰川信息提取问题[4]。传统方法是通过实地测量的方式, 可以获得高精度的数据, 但是成本巨大, 而且覆盖率低、重复性差[5] [6]。遥感技术的发展, 可以为冰川变化研究提供及时、准确的数据源, 能有效缓解冰川信息资料稀缺等问题。

基于遥感影像的冰川信息提取方法总体上可以分为人工目视解译和计算机辅助分类。目视解译基于专家知识解译精度较高, 但耗时耗力[7]。计算机辅助分类方法精度整体不如人工目视解译, 但能快速获取大尺度冰川区域的信息, 效率较高。

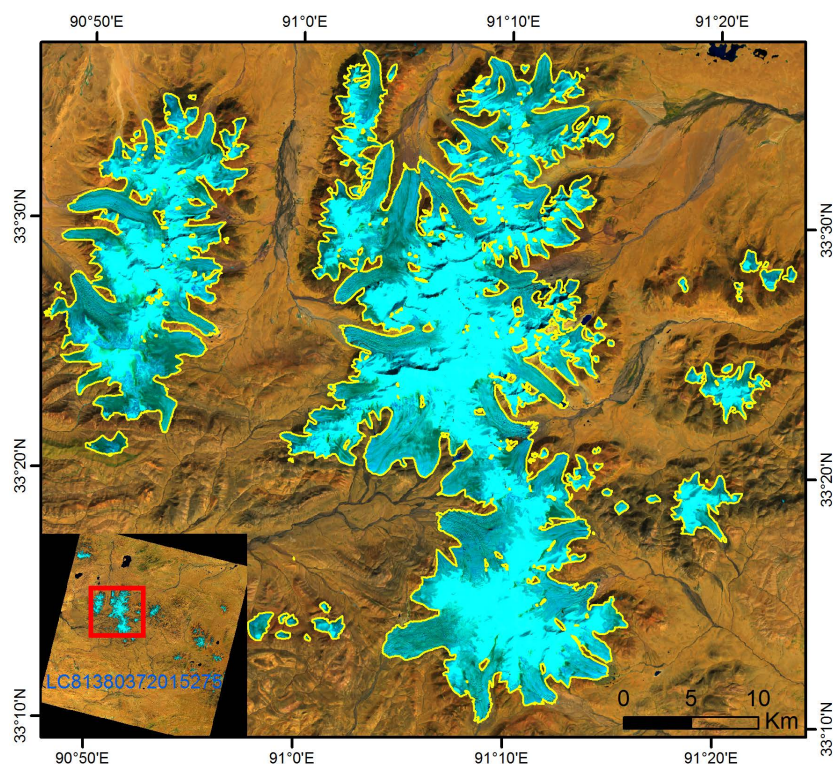
常用的计算机辅助分类方法有: 波段比值法[8]、雪盖指数法[9]、地图信息图谱方法[10]、监督分类与非监督分类法[11]等。虽然冰川信息提取方法众多, 但由于冰川特点、遥感数据质量及研究区的不同, 很难找到一种方法适用于所有地区冰川的提取[4] [12]。

许多不同平台的遥感数据被用于冰川信息提取研究。使用最多还是中分辨率的资源调查类卫星数据, 如 Landsat 卫星的 TM、ETM+影像[2] [9]; 另外还有 Terra 卫星的 ASTER 数据[6]、ALOS 卫星的 PASAR 数据[13]。高分辨率影像如 IKONOS [14]、Quickbird [15]等也有被应用到冰川研究中, 但其数据成本太高, 覆盖范围小, 很难推广到大规模应用中[16]。

本研究选择青藏高原上的大型山地冰川群为实验区, 基于最新的 Landsat 8 OLI 影像, 对比最常用冰川提取方法的效果, 并探讨了各种方法的优缺点。

## 2. 实验区域与数据

本研究选择青藏高原中部唐古拉山的岗加曲巴冰川及其周边冰川群区域为实验研究区, 具体位置如图 1 所示。据中国第二次冰川编目, 研究共有冰川 215 条, 总面积 820.63 km<sup>2</sup>。



**Figure 1.** The location of study area and the glaciers presented by Landsat 8 OLI Data (652-band Fake Color Synthesis)

**图 1.** 研究区位置及其中的冰川(Landsat 8 OLI 影像 652 波段假彩色合成)

选用的 Landsat 8 OLI 影像数据来自美国地质调查局网站(<https://glovis.usgs.gov/>)。相较于之前的 Landsat ETM+数据, OLI (Operational Land Imager, 陆地成像仪)传感器增加了两个波段: 海蓝波段(band 1: 0.433~0.453  $\mu\text{m}$ )主要应用海岸带观测; 短波红外波段, 又称卷云波段(band 9: 1.360~1.390  $\mu\text{m}$ )包含水汽强吸收特征, 主要用于云检测。该产品经过了系统辐射校正和地面控制点几何校正, 并且经过数字高程模型(DEM)校正处理。

本研究选用的影像数据成像时间为 2015 年 10 月 2 日, 行列号 138/37, 云量 0.13%, 质量良好。对这影像进行了辐射定标等预处理, 用 FLAASH 模型对定标后的影像进行了大气校正。利用全色波段将影像融合为 15 米分辨率, 然后对研究区域进行了冰川目视解译, 结果如图 1 中黄线范围。本研究将以目视解译冰川范围作为真值, 对其他解译方法的结果进行评价。

### 3. 方法

#### 3.1. 冰川提取方法

##### 3.1.1. 波段比值法(Ratio)

波段比值法, 即计算多光谱影像两个波段 DN 值或者反射率的比值。波段比值法能压制反照率、地形坡度等不同的信息, 在冰川信息提取中, 被公认为一种快速、稳健的方法[17]。计算公式为:

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Band}_x}{\text{Band}_y} \quad (1)$$

式中  $\text{Band}_x$ ,  $\text{Band}_y$  分别表示遥感影像第 X、Y 波段的反射率或 DN 值, 计算结果为 Ratio 灰度值图

像。利用 Ratio 灰度图进行冰川提取时, 设置合适的阈值, 将灰度图转化为冰川分布二值图。本研究中采用 OLI 数据的第 4 (可见光红色波段) 和第 6 波段(短红外波段)进行计算。

### 3.1.2. 雪被指数法(NDSI)

归一化雪被指数(NDSI)原理类似于归一化植被指数(NDVI), 基于冰川表面在可见光波段的强反射和近红外波段的强吸收特性, 将两个波段反射率进行归一化处理, 以突出冰雪特性[4]。即选择多光谱影像两个对冰雪具有典型反射特征的波段进行归一化处理。计算公式为:

$$NDSI = \frac{Band_x - Band_y}{Band_x + Band_y} \quad (2)$$

式中  $Band_x$ ,  $Band_y$  表示意义同上, 计算结果为 NDSI 灰度值图像。与比值法类似, 设置合适的阈值将灰度图转化为二值图, 完成冰川识别。本研究中采用 OLI 数据的第 3 (可见光绿色波段) 和第 6 波段(短红外波段)进行计算。

### 3.1.3. 监督与非监督分类方法

非监督分类是在没有先验类别作为样本的条件下, 主要根据像元间相似度的大小进行归类合并的方法, 此方法不需要人为干涉。其理论依据是同类地物在相同的条件下, 会因具有相似的光谱特征而归属于同一光谱区[18]。本文使用非监督分类法的 ISODATA 方法。

监督分类法是从研究区域选择具有代表性的训练样本, 然后通过选择特征参数, 建立判别函数, 对样本像元进行分类, 依据样本类别的特征来识别非样本像元的归属类别[12]。监督分类可通过反复检验和控制样本提高分类精度, 但样本的选取和评估中主观因素较多会直接影响分类结果。本文采用了最大似然法进行监督分类。

## 3.2. 效果评价方法

对于几种冰川信息提取方法的效果, 采用两种方式进行评价。

第一种用来衡量冰川面积被漏分的比例, 计算公式为:

$$P = \frac{A_C - A_M}{A_M} \cdot 100\% \quad (3)$$

式中  $A_M$  为通过目视解译法得到的冰川面积;  $A_C$  为采用计算机辅助提取的冰川落入目视解译冰川范围内的面积; 计算结果  $P$  为漏分率。

第二种用来衡量非冰川区域被误分为冰川的比例, 计算公式为:

$$Q = \frac{A_G}{A_{NG}} \cdot 100\% \quad (4)$$

式中  $A_{NG}$  为研究区内目视解译为非冰川区域的面积;  $A_G$  为计算机辅助提取的冰川落入目视解译非冰川范围内的面积; 计算结果  $Q$  为误分率。

$P$ 、 $Q$  取值范围为(0~1), 二者取值越接近于 0, 说明效果越好。

## 4. 结果

对波段比值法和雪盖指数法计算结果的灰度图, 经过多次试验选择出最佳分割阈值, 分别是 1.71 和 0.29。对于监督分类法手动选择训练样本, 样本分离情况良好; 非监督分类选择 ISODATA 方法, 迭代 10 次。最终得到研究区的冰川识别结果, 如图 2 所示。

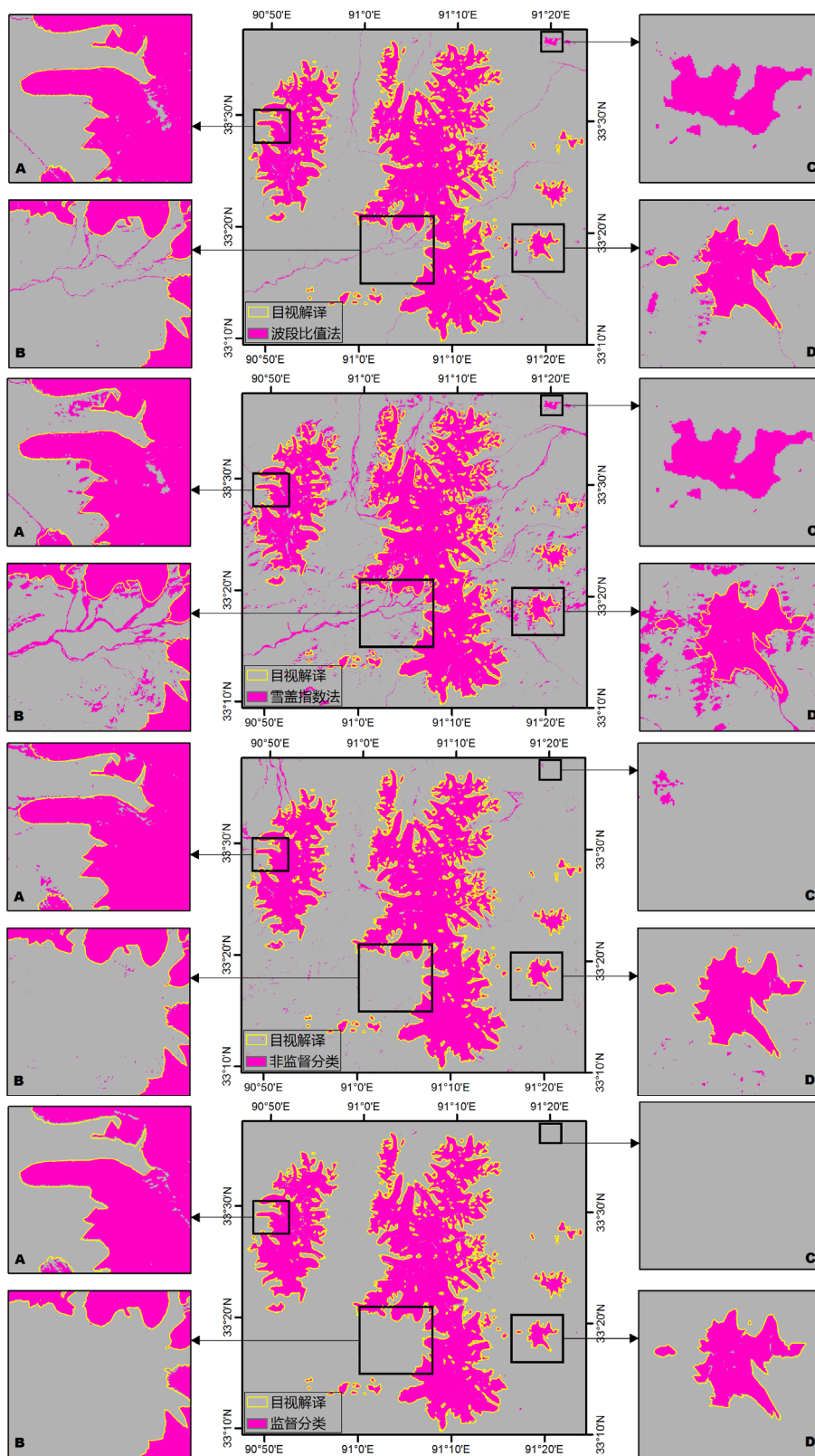


Figure 2. Contrast of the boundary of glacier extracted by different methods  
图 2. 不同方法提取冰川效果对比

**Table 1.** Evaluation of the glacier area extracted by different classification methods**表 1.** 不同方法提取冰川效果比较

评价指标	波段比值	雪盖指数	非监督分类	监督分类
Q	2.17%	6.42%	2.41%	0.19%
P	-3.58%	-3.13%	-3.55%	-3.34%

图 2 中由上到下分别是波段比值法、雪盖指数法、非监督分类以及监督分类法识别冰川的结果, 其中 A 区对比冰川内部漏分情况; B 区对比非冰川区域河道被误分为冰川的情况; C 区对比水体被误分为冰川的情况; D 区对比阴影区被误分为冰川的情况。

根据图 2 可以看出, 总体上监督分类效果最好, 结果“干净整洁”, 极少破碎斑块, 与目视解译结果匹配度非常高; 雪盖指数法的分类效果最差, 图面破碎, 误分、漏分情况较多。对比 A 区, 可以看出波段比值法和雪盖指数法都出现了冰川内部漏分的情况, 非监督和监督分类只有少量漏分; 对比 B 区结果, 可以看出采用波段计算的两种方法都有不同程度将河道水体误分为冰雪, 而监督分类方法在 B 区没有出现误分情况; C 区是一个湖泊水域, 同样可以看到, 采用波段计算的两种方法都未能将湖泊水域与冰川区分开来, 而监督分类方法则表现非常优秀; D 区有较多的阴影区, 可以看出, 雪盖指数法对于阴影区的识别度较低, 而监督分类法能准确区分开阴影区。

表 1 针对整个研究区进行了冰川误分、漏分率统计, 与图 2 反映的结果一致: 监督分类效果综合最好, 而雪盖指数法将非冰川区误分为冰川的比例达到 6.42%, 表现最差; 尽管在局部区域中, 波段比值法表现不如非监督分类法, 但是二者在整体评价指标上比较接近, 波段比值法的误分率较低。

## 5. 讨论

国内外学者大量尝试寻求最有效的冰川提取方法, 然而不同的方法各有优缺点。已有研究表明非监督分类的错分现象更加严重; 雪盖指数法不能有效识别阴影下的冰川, 并会错分部分水体[19] [20]; 波段比值法能准确提取阴影下冰川, 但也会错分部分积雪与水体。传统分类方法中波段比值法的总体精度是最高的[4] [21]。

在本研究中, 基于 Landsat 8 OLI 数据的实验结果也显示出部分与前人研究一致的结果, 如雪盖指数法不能有效区分阴影和冰川; 波段比值法和雪盖指数都将部分水体错分为冰川。然而, 本研究中非监督分类的效果并不像前人研究结果那么差, 这也可能与本次实验数据选择了无云少雪的良好数据有关。另外, 在本研究中效果最好的是监督分类方法, 而波段比值法总体上只能排在其次。但是监督分类法需要先建立训练样本, 相对而言, 方法比较繁琐, 而比值法简单有效, 非常适合大规模冰川信息提取工作。

## 6. 结论

本文基于 landsat 8 OLI 数据, 对比了冰川信息提取中最常用四种方法的效果, 并探讨了各种方法的优缺点。结论如下:

- 1) 与目视解译得到冰川范围相比, 效果最好的是采用最大似然法的监督分类, 其次是波段比值法、非监督分类, 雪盖指数法效果较差。其中非监督分类效果较好, 可能与所选数据质量较好有关。
- 2) 针对特定对象, 各方法提取的结果都存在不同程度误分、漏分情况。如雪盖指数法不能有效区分阴影和冰川; 波段比值法和雪盖指数法对水体和冰川的区分效果不好。

## 致 谢

本研究受国家自然科学基金项目(41561003)、国家重点研发计划课题(2016YFA0601601)、云南省基

基础研究计划青年项目(2014FD004)联合资助, 表示感谢!

## 参考文献 (References)

- [1] 邢武成, 李忠勤, 张慧, 等. 1959 年来中国天山冰川资源时空变化[J]. 地理学报, 2017, 72(9): 1594-1605.
- [2] 孙美平, 刘时银, 姚晓军, 等. 近 50 年来祁连山冰川变化——基于中国第一、二次冰川编目数据[J]. 地理学报, 2015, 70(9): 1402-1414.
- [3] 段建平, 王丽丽, 任贾文, 等. 近百年来中国冰川变化及其对气候变化的敏感性研究进展[J]. 地理科学进展, 2009, 28(2): 231-237.
- [4] 彦立利, 王建. 基于遥感的冰川信息提取方法研究进展[J]. 冰川冻土, 2013, 35(1): 110-118.
- [5] 张国梁, 王杰, 潘保田, 等. 冰川变化遥感监测的研究进展[J]. 兰州大学学报 - 自然科学版, 2010, 46(6): 1-10.
- [6] 仲振维, 叶庆华. 纳木那尼峰地区冰川信息的综合提取方法[J]. 冰川冻土, 2009, 31(4): 717-724.
- [7] 颜东海, 李忠勤, 高闻宇, 等. 祁连山北大河流域冰川变化遥感监测[J]. 干旱区研究, 2012, 29(2): 245-250.
- [8] Bolch, T. (2007) Climate Change and Glacier Retreat in Northern Tianshan (Kazakhstan/Kyrgyzstan) Using Remote Sensing Data. *Global and Planetary Change*, **56**, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.07.009>
- [9] 黄晓然, 包安明, 郭浩, 等. 近 20a 中国天山东段典型冰川变化及其气候响应[J]. 干旱区研究, 2017, 4(34): 870-880.
- [10] 叶庆华, 陈锋, 姚檀栋. 近 30a 来喜马拉雅山脉西段纳木那尼峰地区冰川变化的遥感监测研究[J]. 遥感学报, 2007, 11(4): 511-520.
- [11] Sidjak, R.W. and Wheate, R.D. (1999) Glacier Mapping of the Illecillewaet Ice Field, British Columbia, Canada, Using Landsat TM and Digital Elevation Data. *International Journal of Remote Sensing*, **20**, 273-284. <https://doi.org/10.1080/014311699213442>
- [12] 怀保娟, 李忠勤, 孙美平, 等. 多种遥感分类方法提取冰川边界探讨——以喀纳斯河源地区为例[J]. 干旱区研究, 2013, 30(2): 372-377.
- [13] 周建民, 李震, 邢强. 基于雷达干涉失相干特性提取冰川边界方法研究[J]. 冰川冻土, 2010, 32(1): 28-35.
- [14] Klein, A.G. and Kincaid, J.L. (2006) Retreat of Glaciers on Puncak Jaya, Irian Jaya, Determined from 2000 and 2002 IKONOS Satellite Images. *Journal of Glaciology*, **52**, 65-79. <https://doi.org/10.3189/172756506781828818>
- [15] Cullen, N.J., Mölg, T., Kaser, G., et al. (2006) Kilimanjaro Glaciers: Recent Areal Extent from Satellite Data and New Interpretation of Observed 20th Century Retreat Rates. *Geophysical Research Letters*, **33**, L16502. <https://doi.org/10.1029/2006GL027084>
- [16] Racoviteanu, A.E., Williams, M.W. and Barry, R.G. (2008) Optical Remote Sensing of Glacier Characteristics: A Review with Focus on the Himalaya. *Sensors*, **8**, 3355-3383. <https://doi.org/10.3390/s8053355>
- [17] 吴淼, 韩用顺, 张东水, 等. 表碛覆盖冰川信息提取方法——以波密县为例[J]. 山地学报, 2017, 35(2): 238-245.
- [18] 刘梅. 高山冰川遥感提取方法研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2017, 40(10): 135-138.
- [19] 上官冬辉. 基于 3S 的塔里木河流域冰川变化应用研究[D]: [博士学位论文]. 兰州: 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 2007.
- [20] 许君利, 刘时银, 张世强, 等. 塔里木盆地南缘喀拉米兰河克里雅河流内流区近 30a 来的冰川变化研究[J]. 冰川冻土, 2006, 28(3): 312-318.
- [21] 李治国, 姚檀栋, 叶庆华, 等. 西藏年楚河满拉水库上游冰川变化及其影响[J]. 冰川冻土, 2010, 32(4): 650-658.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2163-3967，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ag@hanspub.org](mailto:ag@hanspub.org)