

# 面积分析法在显微镜下矿物含量分析中的应用

戚宇婷, 李 壮\*, 张伊晗, 郑 悦, 张 茜, 段小丫, 杨 帆, 张 伟

中国石油大学(北京), 北京

收稿日期: 2021年9月11日; 录用日期: 2021年11月4日; 发布日期: 2021年11月11日

## 摘 要

实际工作中, 地质工作者通常依靠传统目估方法观察显微镜下的岩石薄片, 粗略估计视域内各种矿物的含量。此方法存在一定的误差和局限性, 如评估标准不同、选取的观察视域是否具有代表性等均会对分析结果产生影响。基于此, 本文提出了一种基于图像采集和Photoshop (PS)技术的面积分析法。该方法通过岩石薄片全幅面采集、矿物标记、像素分析等一系列系统的操作方法, 将矿物面积换算为像素数量, 该矿物所占像素数量与总像素数量的比值即代表矿物含量。经研究对比发现, 面积分析法操作简便, 可有效地减小传统目测的误差, 从而提高显微镜下矿物含量分析的精度。

## 关键词

图像采集, PS拼接技术, 全幅面采集, 面积分析

# Application of Area Analysis in Mineral Content Analysis under Microscope

Yuting Qi, Zhuang Li\*, Yihan Zhang, Yue Zheng, Xi Zhang, Xiaoya Duan, Fan Yang, Wei Zhang

China University of Petroleum (Beijing), Beijing

Received: Sep. 11<sup>th</sup>, 2021; accepted: Nov. 4<sup>th</sup>, 2021; published: Nov. 11<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

In practice, traditional methods, which artificially observe the thin slices of rock under the microscope are usually used by geologists to roughly estimate the mineral contents in the field of view. There are some errors and limitations of this method. The analysis results will be affected by different evaluation criteria and observation fields. To solve the issue, this paper puts forward a kind

\*通讯作者。

of area analysis method based on image acquisition and Photoshop (PS) technology. Through a series of systematic operation methods such as rock slice collection in full format, mineral filling and pixel analysis, the mineral area will be converted into the number of pixels. In this way, mineral content can be represented by number of colored pixels with the ratio of the total number of pixels. It is found that the area analysis method is easy to operate and can effectively reduce personal equations, so as to improve the accuracy of mineral content analysis under the microscope.

## Keywords

Image Acquisition, PS Splicing Technology, Full-Format Acquisition, Area Analysis

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

地质工作者在显微镜下进行岩石鉴定和矿物含量分析时,通常采用传统的目测估计方法,即根据观察视域的矿物分布粗略地估计矿物含量,由于观察者不同、选取的观察视域是否具有代表性等因素,单纯依照经验进行观察和判断往往产生较大误差[1]。采用智能图像采集软件鉴别矿物种类的技术尽管已经存在,但就高校科研教学工作而言,在显微镜下进行岩石薄片鉴定研究的技术和方法,是科研和生产中最迅速、性价比最高的方法[2],在岩石形态和组构研究方面是其他方法无法取代的。因此,为获得显微镜下更加精准的矿物比重,进一步提高科学研究的精准性,本文介绍了一种新的矿物含量估计的方法——面积分析法,可有效地提高矿物含量分析的精度。

## 2. 岩石薄片矿物含量的传统目估方法

地质学研究中,研究人员经常会在研究区采集岩石样品,而后磨制成岩石薄片,利用显微镜观察和鉴定岩石的结构、构造以及矿物组成[3][4][5][6]。通常大多数地质工作者会根据所观察的区域内的矿物相对分布情况,粗略地估计各种矿物所占比例,并由此鉴定岩石的类型,但是存在以下几方面的误差:由于观察者的不同从而导致判断矿物含量组成的偏差、选取的观察区域的不同导致判断结果的不同、观察者评判标准的不同导致的结果偏差等[7]。因此,单纯依照经验进行观察和判断往往会与实际情况偏差较大,下面我们将介绍一种准确性高、操作简便的面积分析法,可有效地减小误差,提高岩石薄片分析中矿物含量的精度。

## 3. 面积分析法过程详述

### 3.1. 基本原理

在传统目测估计矿物含量的过程中,岩石薄片矿物含量百分比定义为该矿物面积占区域总面积的比值,见式(1)。

$$P_i = \frac{S_i}{S} \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $P_i$  为矿物  $i$  的含量, %;  $S_i$  为矿物  $i$  的面积;  $S$  为区域总面积。

传统目测估计的偏差源于矿物面积与区域总面积的相对关系的判断偏差,想要降低这种主观性带来

的偏差, 需要使用客观的评判标准。通过实际经验, 可将实际矿物面积与区域总面积换算成有色像素面积与总像素面积, 通过计算机的识别与计算, 即可得到较为客观的分析结果, 将这种思路下的矿物含量百分比定义为有色像素数量与总像素数量的比值, 见式(2)。

$$P_i = \frac{A_i}{A} \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $P_i$  为矿物  $i$  的含量, %;  $A_i$  为矿物  $i$  的像素面积;  $A$  为区域总像素面积。

### 3.2. 方法介绍

根据上述原理, 可知面积分析的核心过程包括岩石薄片全幅面照片的采集、矿物识别和像素分析。在研究过程中, 我们依据实际可操作性, 提出了基于图像采集与 PS 软件的面积分析法。采用电子显微镜的采集程序进行视域图像采集, 采集图像过程中需要不断移动薄片, 软件可进行颜色校正(白平衡)。为获取岩石薄片的全幅面图像, 采用 PS 软件的 Photomerge 功能进行自动拼接。得到全幅面图像后, 对矿物进行填色, 不同的矿物填充不同的颜色, 通过 PS 自动获取各颜色像素数量与全幅面的像素数量, 从而精准地得到矿物相对含量。

## 4. 面积分析法的应用

以北京市怀柔沙峪口地区黑云母二长花岗岩薄片为例, 将实地采集的样品磨制成岩石薄片, 使用 Nikon LV100POL 电子显微镜, 应用 NIS-Elements 采集程序进行岩石全幅面图像采集与处理。

### 4.1. 岩石薄片全幅面图像采集

将磨制完成的薄片置于电子显微镜的置物台上, 调整显微镜光圈使得视野明亮, 采用 4 倍物镜与 10 倍目镜, 通过移动薄片找到矿物区域的边缘, 一般位于薄片的中心区域的四角处。选定好初始位置, 缓慢移动薄片, 使用采集程序逐一拍摄正交光和单偏光的图像, 并保存拍摄得到的图像存于计算机[8] [9] [10]。

操作过程注意事项:

1) 尽量保证薄片的移动方向平行于载玻片的边缘, 经过多次实验, 建议移动后保留前一视域的 30%~40% 内容, 以便于 PS 软件能够正常的拼贴数量众多的单幅照片。

2) 建议采用首尾连接式扫描拍摄法, 即当每一行拍摄完成后, 直接垂直方向移动进行下一行的拍摄, 避免因起始误差造成上下两行偏离过大, 从而导致拼贴失败; 同样需要注意, 垂直方向换行拍摄时, 也需要保留 30%~40% 的重叠部分。

3) 每次拍摄前, 建议点击白平衡按钮进行白平衡处理, 避免颜色失真。

4) 根据多次实践发现, 在 4 倍物镜和 10 倍目镜的基础上, 每行拍摄 18~24 张照片, 共拍摄 18~20 行较合适, 可根据情况适当进行增减。

5) 为了方便拼贴, 建议将单偏光和正交光下拍摄的照片分别保存于不同的文件夹中, 并且逐行分别保存; 在拼贴时, 可以逐行进行, 最后整体拼贴, 此做法可减小对电脑硬件的要求, 提高成功率。

拍摄过程可借助直尺等工具帮助校准方向, 推动过程中可以采用镊子等辅助工具[11] [12]。

### 4.2. PS 图像拼贴

新建 PS 文件, 选择透明底板, 利用 Photomerge 功能进行逐行拼接, 即可得到岩石的全幅面照片(图 1)。若发现拼接后有少数行之间存在细小缝隙, 可根据实际情况采用手动拼接的方式; 若出现明显缝隙, 可能是拍摄过程移动方向出现了较大偏离, 需重新拍摄。

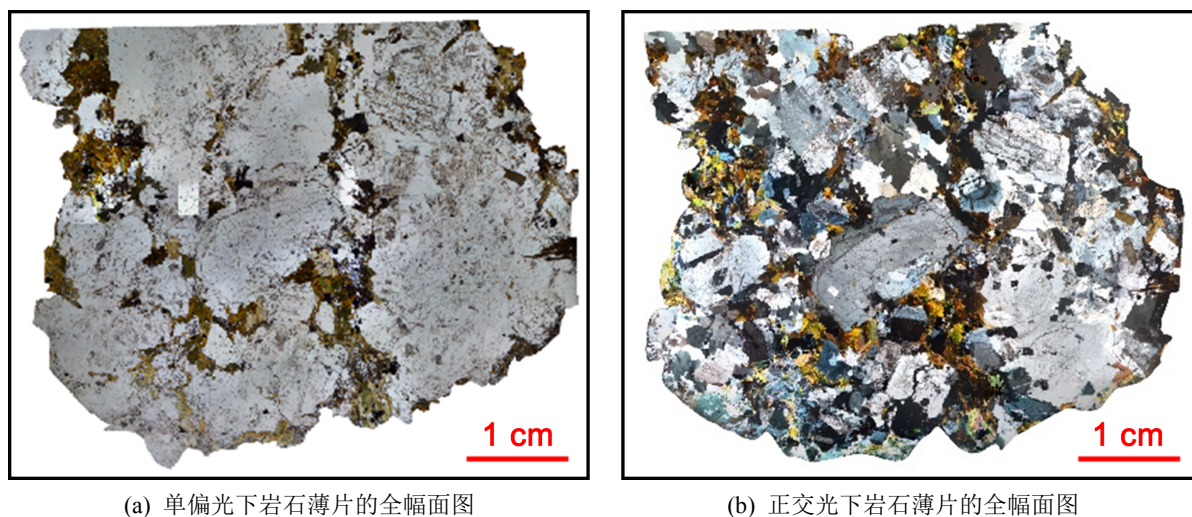


Figure 1. Full width view of rock sections  
图 1. 岩石薄片全幅面图

### 4.3. 填充上色

PS 图像拼贴后, 继续进行矿物的填色处理[13]。针对轮廓明显的矿物, 可采用彩色线条进行轮廓勾勒, 完成勾勒后填充颜色, 颜色需要保持与勾线的颜色一致; 针对难以勾勒的、矿物分布复杂的图像, 可利用油漆桶工具, 根据像素颜色相似程度进行填充。尽量选择与矿物本身颜色相差较大的颜色, 不同矿物采用不同颜色进行填充, 避免相近颜色产生的干扰。如图 2 所示, 对岩石薄片全幅面图像进行不同矿物的填充上色处理。

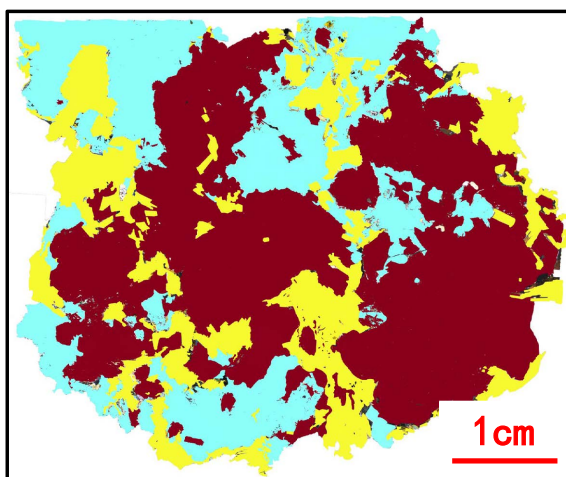


Figure 2. Mineral coloring result diagram  
图 2. 矿物上色结果图

### 4.4. PS 像素识别

由于难以保证矿物区域被全部填充, 考虑矿物间的相对含量关系时, 可通过 PS 自动识别得到所填充的几种颜色的像素数量, 岩石薄片矿物含量百分比即为某种像素数量占区域像素总数量的比值, 见上式(2)。

## 5. 面积分析法与传统方法的对比

### 5.1. 面积分析法的效果测试

为了测试面积分析法用于减小传统目测估计误差的实际效果, 选取了怀柔沙峪口黑云母二长花岗岩薄片的一典型区域, 邀请 304 名参与者进行矿物含量的评估。实验采用问卷的形式, 要求参与者判断薄片石英、黑云母、斜长石和碱性长石的相对含量。参与者均学习过普通地质学和岩石学等地质学基础课程[14][15][16][17], 问卷中以图例说明三种矿物的形态。作为对照, 事先对这个区域进行了面积分析法的含量分析, 该岩石薄片红色区域代表斜长石和碱性长石, 蓝色区域代表石英, 黄色区域代表黑云母(图 1)。

比较面积分析法分析结果和目测估计均值(表 1~3), 可以发现, 若采用传统的目测估计方法, 不同的鉴定者得到的结果偏差较大, 实验中最大偏差可达到 40%; 目测估计的含量结果有呈现正态分布的趋势。目测估计含量的众数与面积分析法的结果相接近, 但仍存在一定的误差, 并且估计含量的众数所对应的人数百分比比较低, 只占约 30%, 意味着绝大多数鉴定者的目测估计误差依然较大。传统目测估计的均值偏离真实值约 5%~10%, 若矿物分布情况复杂, 目测估计误差将进一步增大, 面积分析法可以显著地减小目测估计矿物含量的误差。

**Table 1.** Biotite content experimental results

**表 1.** 黑云母含量实验结果

|           |        |        |        |        |        |       |        |        |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 目测估计含量    | 5%     | 10%    | 15%    | 20%    | 25%    | 30%   | 35%    | 40%及以上 |
| 人数百分比     | 1.32%  | 15.79% | 28.95% | 34.21% | 15.79% | 2.63% | 0      | 1.31%  |
| 面积分析法分析结果 | 20.93% |        |        | 目测估计均值 |        |       | 18.09% |        |

**Table 2.** Quartz content experimental results

**表 2.** 石英含量实验结果

|           |        |       |        |        |        |        |        |
|-----------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 目测估计含量    | 15%    | 20%   | 25%    | 30%    | 35%    | 40%及以上 |        |
| 人数百分比     | 7.89%  | 9.21% | 14.47% | 30.26% | 28.95% | 9.22%  |        |
| 面积分析法分析结果 | 26.21% |       |        | 目测估计均值 |        |        | 29.54% |

**Table 3.** Alkaline feldspar and plagioclase content experimental results

**表 3.** 碱性长石和斜长石含量实验结果

|           |        |        |        |        |        |       |        |        |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 目测估计含量    | 30%    | 35%    | 40%    | 45%    | 50%    | 55%   | 60%    | 65%及以上 |
| 人数百分比     | 1.32%  | 11.84% | 22.37% | 23.68% | 22.37% | 7.89% | 3.95%  | 6.58%  |
| 面积分析法分析结果 | 52.85% |        |        | 目测估计均值 |        |       | 46.32% |        |

### 5.2. 传统方法误差来源

观察实验结果, 黑云母的目测估计误差明显小于长石和石英的目测估计误差, 因此推测目测估计的方法主要受以下几个方面的影响: 矿物的分布越零散, 鉴定者判断其含量难度越大; 矿物的颜色越暗, 与周围的矿物形成的颜色差距越小, 鉴定者判断含量误差越大; 视野中矿物的数量越多, 越不利于鉴定

者进行含量判断。

## 6. 结论

面积分析法需采集岩石薄片全幅面图并运用 Photoshop 软件将矿物分别对应上色, 得到对应矿物和全薄片的像素后便可计算像素比, 得到准确的矿物含量。较之传统目测估计方法, 面积分析法是利用全幅面采集技术和 PS 技术相融合, 可有效地减小地质工作者在显微镜下进行矿物含量分析过程中产生的误差, 有助于进一步完成对岩石进行准确命名和归类工作; 在各大高校的地质学教学过程中, 可以引导学生学习面积分析法, 鼓励学生进行岩石全幅面照片的采集和后期图像处理、像素分析等, 将目测估计含量与面积分析法结果进行对比, 使学生从感性认识矿物含量上升到理性认识, 为日后的矿物含量的精确分析工作打下坚实基础。

纵观整个过程, 在岩石全幅面采集的过程中存在一定的工作量, 若想要得到完整的全幅面照片, 需采集大量的岩石薄片图像。此外, 面积分析法是通过岩石薄片的矿物面积进行含量分析, 在实际研究中有时需要估计矿物的相对体积含量, 两者之间依旧存在一定误差, 如何结合多种方法, 提高矿物含量的分析精度, 是重要的有待改进之处。

## 致 谢

本文受理工类创新训练项目(“沙峪口花岗岩与暗色团块关系的矿物岩石学证据”、“《地质认识实习》中怀柔燕山期花岗岩的岩石学研究”)、中国石油大学(北京)课堂教学改革专项项目(地质学专业《岩浆岩及变质岩石学》核心课程建设、《岩浆岩及变质岩石学》翻转课堂式教学建设、“绿水青山就是金山银山”发展理念下的矿物岩石学课程建设)、拔尖人才启动基金项目(2462017YJRC032, 2462021YXZZ004)和国家自然科学基金项目(42002238)的联合资助!

## 参考文献

- [1] 王琴, 胡金盟, 轩小虎. 基于偏光显微镜矿物颗粒种类及含量的鉴定问题简述[J]. 世界有色金属, 2019(11): 260-262.
- [2] 苏桂芬, 冯丹, 刘凤民, 等. 岩石薄片全幅面采集技术与实验性采集[J]. 中国矿业, 2017, 26(S1): 310-313.
- [3] 苏桂芬, 孙东洵, 冯丹, 等. 一种岩石薄片全幅面采集新方法[J]. 中国矿业, 2019, 28(S1): 328-330.
- [4] 冯俊岭, 包志民, 吕长禄, 刘凤民, 苏桂芬. 岩石薄片显微图像采集技术及应用[J]. 中国矿业, 2014(S2): 168-172.
- [5] 韩健, 路焕, 王斌. 浅谈实物地质资料管理体系建设[J]. 中国矿业, 2014, 23(2): 339-343.
- [6] 于瑞阳. 地质资料一体化管理初探[C]//全国地质资料馆. 第七届全国地质档案资料学术研讨会文集. 北京: 地质出版社, 2010: 78-81.
- [7] 徐艳秋, 苏桂芬, 冯俊岭, 柳少鹏. 浅谈在地质剖面图著录检查工作中发现的问题及修改建议[J]. 中国矿业, 2019, 28(S1): 29-31.
- [8] 张波. 薄片显微图像技术在岩石鉴定中的应用[J]. 石化技术, 2016, 23(6): 108.
- [9] 戴冰, 甘宁, 刘波, 等. 显微镜下矿物含量测算方法研究[J]. 中国化工贸易, 2015, 7(23): 204-206.
- [10] 杨炳飞, 冯安生. 旋转载物台显微镜下矿物定量及其精确性研究[J]. 岩矿测试, 2018, 37(3): 292-297.
- [11] 马叶情. 一种用于显微镜下矿物含量测算的辅助观测尺[P]. 中国专利, CN201620336836.3. 2016-09-07.
- [12] 东北石油大学. 用于显微镜下矿物含量测算的辅助观测尺[P]. 中国专利, CN201420031258.3. 2014-06-11.
- [13] 孙波. 用计算机着色技术提高工艺矿物学镜下鉴定效率[J]. 金属矿山, 2003(6): 38-40+45.
- [14] 李壮. 岩石学课程教学规律与实践探析[J]. 科技视界, 2021, 357(27): 138-140.
- [15] 李壮, 鲜本忠, 牛花朋, 王春英, 张伟, 杨帆, 王俊辉. 国内外地质学专业培养模式调研与思考[J]. 教育进展,

2020, 10(4): 596-601.

- [16] 李壮, 牛花朋, 孙晶, 王春英, 朱毅秀. 岩浆岩及变质岩石学实验课教学与优化探索[J]. 创新教育研究, 2019, 7(1): 48-51.
- [17] 牛花朋, 谢庆宾, 孙晶, 李壮, 王春英, 焦小芹. 培养学生实践创新能力的矿物岩石实验教学改革[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(4): 170-173.