

## 综合技术

# 基于数字图像处理功能的 RQD 分级方法的应用

Application of RQD Grading Method Based on Digital Image Processing Function

沙仙武<sup>1</sup>, 吴健辉<sup>1</sup>, 陈才贤<sup>1</sup>, 李佳建<sup>2</sup>

(1. 西藏巨龙铜业有限公司, 西藏 拉萨 850200; 2. 北京科技大学, 北京 100083)

**摘要:** RQD 分级被广泛地应用于评价岩体的完整性。传统的 RQD 分级方法采用手工测量进行作业, 工人劳动强度大, 工作效率低, 针对该问题, 本文以巨龙铜矿为工程背景, 提出了一种基于 Image J 图像分析功能的 RQD 分级方法。该方法首先通过拍摄钻孔岩心图像获取钻孔岩芯信息, 然后通过 Image J 软件对钻孔岩芯图像中不同长度岩芯进行编号, 通过测量分析功能得出不同编号的岩芯长度, 进而计算 RQD 值, 即可快速完成钻孔岩芯编录工作。计算结果与传统 RQD 分级方法所得结果误差仅在 0.5% ~ 1.0%, 一致性较好, 准确性较高。该方法便捷高效, 适用于实际工程应用, 尤其在高原地区以及工作环境恶劣地区值得推广。

**关键词:** RQD 分级; 图像分析; Image J 软件; 岩体质量指标

**中图分类号:** TD853.3      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1672-609X(2022)04-0074-05

**Abstract:** RQD grading is widely used to evaluate the integrity of rock mass. The traditional RQD grading method uses manual measurement for operation, with high labor intensity and low work efficiency. To solve this problem, this paper takes Julong Copper Mine as the engineering background and proposes a RQD grading method based on Image J analysis function. As for the method, firstly shoot the drilling core image to obtain the drilling core information, number the drilling cores of different lengths with Image J, get the core lengths of different numbers by the measurement and analysis function, and at last calculate the RQD value. The drilling core cataloging is completed quickly. The error between the calculation results and the results obtained by the traditional RQD grading method is only 0.5% to 1.0%, with good consistency and high accuracy. The method is convenient and efficient, and is suitable for practical engineering applications, especially in plateau areas and areas with heavy conditions.

**Key words:** RQD grading; image analysis; Image J software; rock mass quality index

## 1 前言

准确掌握工程岩体完整性对于工程设计具有重要意义<sup>[1]</sup>。RQD 分级是国内外矿山评价岩体完整性的主要方法。目前大多数矿山通过人工测量的方式完成 RQD 分级工作, 然而, 在矿山基建以及生产过程中, 大量的钻孔用于获取矿体形态、产状等地质信息, 岩芯数量较多, 仅依靠人工现场测量完成 RQD 分级工作需耗费大量的人力及时间, 因此, 研

究一种简单高效便捷的 RQD 分级方法对于提高矿山工人工作效率具有重要意义。

针对岩体质量分级研究方面, 国内外学者和采矿工程师开展了大量的研究工作<sup>[2-8]</sup>。研究内容主要包括 RQD 值预测、RQD 值测量方法以及 RQD 值模拟计算等<sup>[9-12]</sup>。例如, 李清波等<sup>[13]</sup>以泾河东庄水利工程坝体钻孔为研究对象, 利用微型相机获取钻孔图像, 基于阈值分割技术实现了 RQD 准确计算。刘仰鹏<sup>[14]</sup>等针对 RQD 值却在的缺陷, 通过插值法并结合变异函数建立了数学模型, 实现了工程岩体 RQD 值的有效预测。郭少文等<sup>[15]</sup>基于三维激光扫描技术提出了一种通过布置虚拟钻孔获取岩体 RQD 分级的便捷方法。徐伟等<sup>[16]</sup>以百花大桥某区域岩体为研究对象, 通过结构面三维网络模拟的方法实现了 RQD 准确计算。李再扬<sup>[17]</sup>等以贵州某露

[作者简介] 沙仙武(1984-), 男, 安徽无为, 中级工程师, 主要从事矿山开采安全管理等方面的工作。

[引用格式] 沙仙武, 吴健辉, 陈才贤, 等. 基于数字图像处理功能的 RQD 分级方法的应用[J]. 中国矿山工程, 2022, 51(4): 74-78+83.

天磷矿边坡为研究对象,以三维结构面网络模拟为研究手段,构建了现场结构面信息三维模型,实现了RQD值的多方位模拟计算。王国欣<sup>[18]</sup>等针对RQD在实际应用中存在的问题,结合Monte-Carlo三维网络模拟技术进行了RQD值的准确计算,实现了不连续面在三维空间中的状态模拟。刘先林<sup>[19]</sup>等通过三维建模软件进行岩体三维建模,得出了岩体RQD值的空间分布规律,揭示了RQD值与岩体完整性之间的内在关系,为工程设计提供了理论依据。

姜明伟<sup>[20]</sup>等以某金矿为研究对象,以Sirovision岩石三维遥感测量系统为研究手段,通过岩体结构面数字化识别,对岩体结构面的产状等参数进行了深入分析,实现了岩体结构信息高效便捷测量。葛云峰<sup>[21]</sup>等以钻孔图像为研究对象,以Canny检测为测量手段,提出了岩体结构面智能测量方法,测量准确性较高。文畅平<sup>[22]</sup>在岩体质量分类评价中通过引入属性数学理论,构建数学模型,考虑了影响岩石质量分级的5个主要因素,实现了准确的岩体质量分级。刘震<sup>[23]</sup>等以某矿山工勘孔为研究对象,通过RQD和RBI分级方法对岩体质量进行分级,通过对比分级结果,讨论了RQD分级方法的局限性,结果表明,当长度大于10 cm岩体碎块较多时,RQD分级结果误差较大。陈伟<sup>[24]</sup>通过建立可拓学理论岩体质量分级评价的物元模型,并结合灰色关联度准确反映了岩体质量等级,同时能够得出各等级之间距离值。陈承浩<sup>[25]</sup>在Matlab二次开发的基础上,通过裂隙辨识程序精确提取岩体图像中的裂隙信息,实现了岩体质量动态分级,分级结果直观准确。詹梅芬<sup>[26]</sup>等以大量的岩石样本为基础,进行了岩体质量分级预测研究,通过K折交叉验证发现,随机森林模型预测结果准确性较高。曹建立<sup>[27]</sup>等通过建立信度测度赋权理论,同时消除各指标权重造成的误差影响,建立了集对云模型,同时通过大量岩本数据验证了该模型的准确性与可靠性,研究成果应用在锡林浩特萤石矿采场岩体质量评价中,预测结果与实际情况相符。郑相悦<sup>[28]</sup>等在考虑岩体质量指标影响因素的前提下,构建了变权重-云理论综合评价模型,实现了焦家金矿采场岩体质量准确评价。易晨星<sup>[29]</sup>等基于岩石单轴抗压强度等6个参数进行熵权-云评价模型构建,在某矿区岩体质量分级中得到较好应用,其分析结果与RMR评价结果一致性较高。雷光伟<sup>[30]</sup>等针对传统岩体质量评价局限性,提出了一种结构面综合指标SCE评价方

法,评价结果准确性较高。

本文以西藏巨龙铜矿有限公司驱龙矿区为工程背景,针对现有RQD分级方法所面临的工人劳动强度大,工作效率低等问题,提出了一种基于Image J图像分析功能的RQD分级方法,并与现有RQD分级方法分级结果进行了对比分析,验证了该方法的可靠性。本研究为矿山RQD分级提供了一种新型测量方法,能够有效提高工人劳动效率。

## 2 工程背景

西藏巨龙铜矿驱龙矿区位于墨竹工卡县城西南直距约20 km处,在矿山基建之前往往需进行大量的勘探工作探明矿体赋存条件,此外,在矿山生产时期也会进行钻探工作,以便发现新的矿产资源保证矿山未来发展。在钻探工作之后,需对获取的岩芯进行钻孔岩芯编录工作,即RQD分级。目前矿山所采用的RQD分级方法为人工测量,手动或者计算机建立表格进行测试数据统计。工作区海拔一般在4420 m以上,自然环境恶劣,气候条件差,传统RQD分级方法需要工人长时间进行高原室外作业,劳动强度大,且工作效率低。现有RQD分级方法测量工作如图1所示。

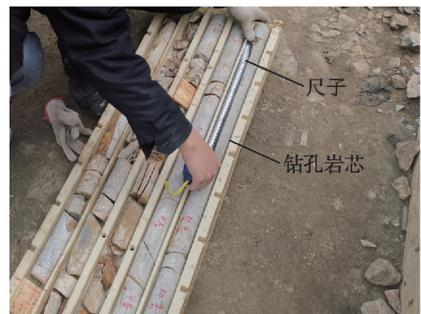


图1 现有RQD分级方法测量工作

## 3 基于Image J的RQD分级方法

### 3.1 Image J 软件介绍

Image J是一个基于java的公共的图像处理软件,能够在Microsoft Windows等多种平台稳定运行。软件能够进行jpg、tif等多种格式图像的基本操作,例如显示、编辑、分析等。本研究所提出的RQD分级方法主要利用软件的长度测量功能实现。Image J软件操作界面如图2所示。

### 3.2 拍摄取样

将钻孔岩芯放入岩芯箱进行拍照,获取岩芯图片。在此步骤中,可以采用相机、摄像机、智能终端



图2 Image J软件操作界面

(如:手机、平板电脑等)中的任意一种对岩芯箱中的岩芯进行拍摄,以获取岩芯图片。为保证测量精度,在拍照时,应保证岩芯箱平放,使镜头垂直向下拍摄。由于岩芯箱数量巨大,为避免图像顺序混乱,应对各个岩芯箱编号。所有图像最终导入计算机内进行下一步处理。图3所示为巨龙铜矿某钻孔岩芯图像。



图3 现场拍摄取样图

### 3.3 图像预处理

通过 Image J 菜单栏中 File→Open 功能,将拍摄的岩芯图片导入图像处理软件。为减小图片内存,便于运算,由 Image→Type→8-bit 功能,将岩芯图像转换为灰度图像。处理结果如图4所示。

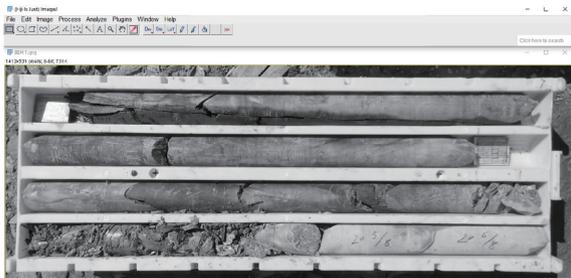


图4 岩芯图像灰度处理结果

### 3.4 设定测量标尺

在进行岩芯长度测量之前,需选取图中已知长度对定义测量标尺。在岩芯图像中,岩芯直径为已知参数。通过 Straight line 功能由图中岩芯一侧边缘沿垂直岩芯轴向画直线值岩芯另一侧边缘,直线长度即为岩芯直径。利用 Image J 软件的 Analyze→Set Scale 功能建立标尺,在 Know distance 中输入岩芯直径,在 Unit of length 中输入岩芯直径单位,完成测量标尺设定,图5所示为测量标尺设定过程。

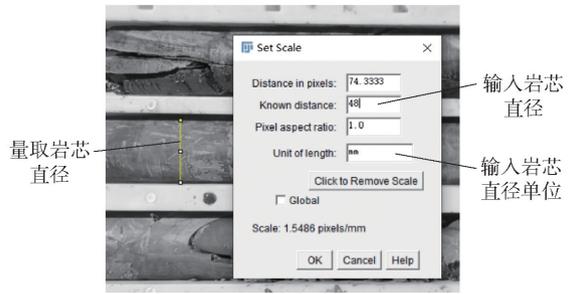


图5 测量标尺设定

### 3.5 岩芯长度测量

设定标尺后,利用 Image J 软件中的测量功能对 8 进制岩芯图像中的各段岩芯进行长度标记。如图6所示,本步骤中通过 Image J 软件的 Analyze→Tools→ROI Manager 功能划线标记形态完整岩芯长度,每量取一段岩芯,点击 Add,然后量取下一段岩芯,重复该步骤,直至完成岩芯箱中所有岩芯长度标记,各段岩芯依标记顺序自动生成编号。需要注意的是,对各段岩芯进行长度标记满足以下要求:对于断面平整的岩芯,划线两端与被标记岩芯两端重合;对于断面为斜面的岩芯,起始端和结束端均从斜面中点划线。岩芯长度测量结果如图7所示,得出测量结果后,在 Results 窗口内通过 File→Save 功能将所得结果保存为“.csv”文件。

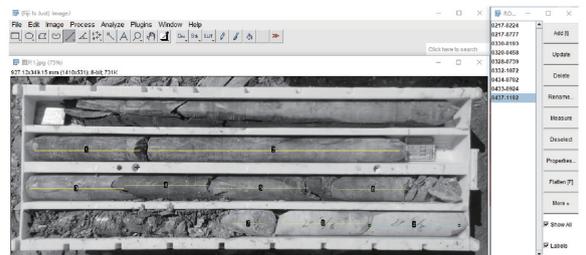


图6 岩芯长度标记

	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
1	134.894	119.173	51	172	0	204.493
2	321.669	140.847	89	172	0	488.548
3	121.058	132.386	41	172	0	183.452
4	106.358	116.992	41	167	0	161.096
5	119.329	131.203	44	177	0	180.822
6	88.632	129.127	56	164	0	134.137
7	41.938	155.351	93	195	0	63.123
8	107.223	185.544	106	210	0	162.411
9	115.005	182.519	114	205	0	174.247

图7 Image J 测量结果

### 3.6 RQD 值计算

根据测量得到的各段岩芯长度计算出岩石

RQD 值。式(1)为 RQD 值计算公式

$$RQD = \frac{\sum \geq 10 \text{ cm 岩芯长度}}{\text{钻孔进尺总长度}} \times 100\% \quad (1)$$

其中,钻孔进尺总长度为已知量。

### 4 分级结果准确性验证

为验证采用数字图像处理统计的 RQD 分级结果的准确性和可靠度,将采用 Image J 处理结果与现场 RQD 测试结果进行了对比。随机选取 ZK02 钻孔中 10 个区域计算结果,对比数据发现,上述二者获得的 RQD 值较为接近,误差仅在 0.5% ~ 1.0%,采用数字图像处理统计的 RQD 分级结果的准确性和可靠度较高。图 8 所示显示了对比结果。

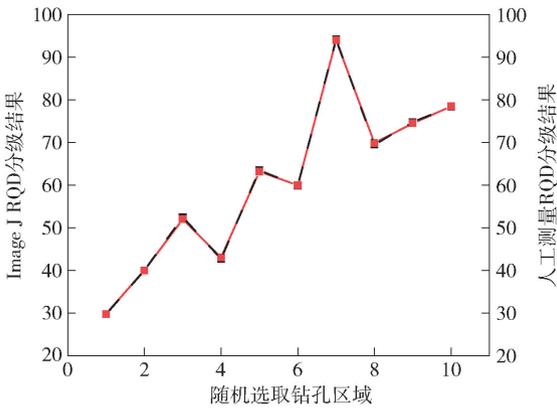


图 8 两种 RQD 值测量方法对比结果

巨龙铜业驱龙段处于青唐古拉与冈底斯板块区,为探究不同区域地层岩体稳定性情况,根据上述 RQD 分级方法,对现场获取的岩芯进行编录和定性描述,结果如图 9 ~ 11 所示。

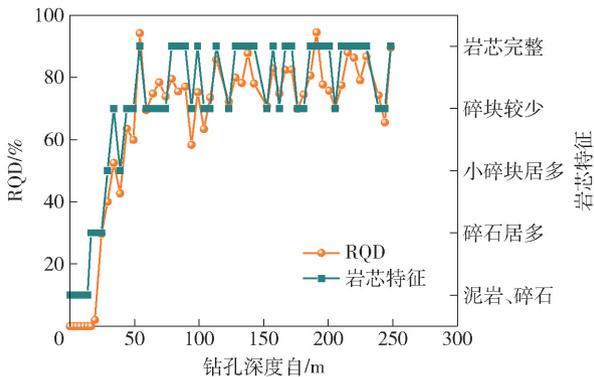


图 9 ZK02 号钻孔岩石 RQD 分级结果

由图 9 分析可得:ZK02 号钻孔中自 0.00 ~ 24.41 m 所取的岩芯多为泥岩和碎石,RQD 值为 0%,岩性为很差。自 24.41 ~ 44.00 m 所取的岩芯,

RQD 值为小于 50%,岩性为差。自 44.00 ~ 253.21 m 所取的岩芯,RQD 值在 50% ~ 100%,且大部分岩芯 RQD 值大于 75%,岩性为很好。

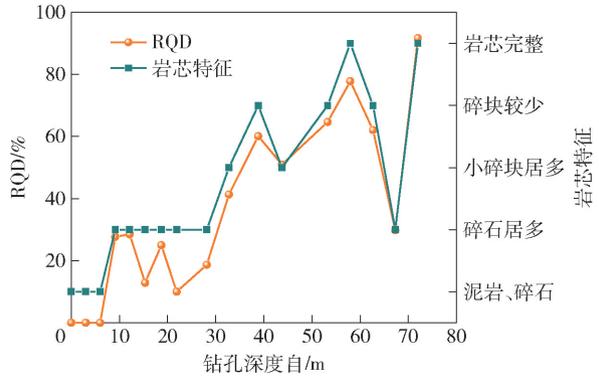


图 10 ZK04 号钻孔岩石 RQD 分级结果

由图 10 分析可得:ZK04 号钻孔所取岩芯长度较短,自 0 ~ 32.73 m 所取的岩芯多为泥岩和碎石,RQD 值小于 25%,岩性为很差。自 32.73 ~ 76.81 m 所取的岩芯,RQD 值介于 25% ~ 100%,并且 RQD 值较为离散,这对工程建设有较大的影响。

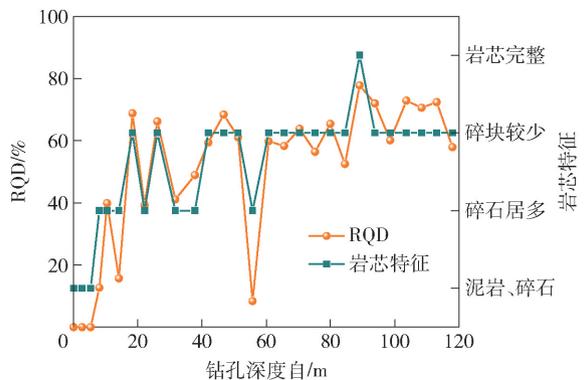


图 11 ZK05 号钻孔岩石 RQD 分级结果

由图 11 分析可得:ZK02 号钻孔中自 0 ~ 18.23 m 所取的岩芯多为泥岩和碎石,RQD 值小于 25%,岩性为很差。自 18.23 ~ 122.76 m 所取的岩芯,RQD 值介于 25% ~ 100%,且大部分岩芯 RQD 值介于 50% ~ 75%,岩性较好。

为更好的指导工程设计,揭示青唐古拉与冈底斯板块区冲击堆积层随深度变化的 RQD 分布,对所得钻孔 RQD 结果进行拟合分析。

分析图 12 拟合结果可知,25 m 钻孔范围内 RQD 值绝大多数为 0,这是因为地层浅部以素土、粉砂土、碎石和角砾为主,由于其本生强度较低,取芯过程中并不能形成完整的岩芯。而在 25 m 以深,所取岩芯 RQD 值逐渐呈增大趋势。这是由于随着钻

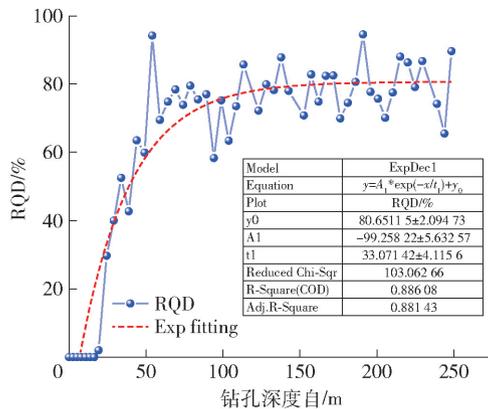


图12 青唐古拉与冈底斯板块区冲击堆积层随深度变化的RQD分布

孔深度加深,风化千枚岩和风华凝灰岩出现造成的。此外,可以发现钻孔深度超过100 m以后,随着钻孔深度增大,RQD值增幅逐渐变小。到150 m以后其RQD值基本稳定在80%左右。通过拟合方式可以发现,钻孔岩芯RQD值和钻孔深度在0~250 m满足指数函数分布规律,初步探明了青唐古拉与冈底斯板块区冲击堆积层随深度变化的RQD分布规律,可为后续开展该区域开采和其他工程施工提供理论基础。

## 5 结论

本论文针对西藏巨龙铜矿岩芯编录工作中存在的问题,开展了基于Image J图像分析功能的RQD分级方法研究。实现了便捷高效的RQD分级。主要结论为:

(1) 基于Image J图像分析功能提出了一种RQD分级方法,为今后矿山岩芯编录工作提供了一种新方法。

(2) 研究表明:Image J软件能够替代现有人工测量的方法进行岩石RQD分级,通过对比Image J软件与现场人工测量结果可以发现,Image J软件所计算RQD值误差仅在0.5%~1.0%,可靠性较高。

(3) 随着地层深度变深,岩性RQD值呈增大趋势。大部分岩芯的RQD值介于在50%~100%,岩性较好。而部分岩芯的RQD值较为离散,造成数据离散的原因可能为钻孔深度太浅,这对矿山工程建设有较大的影响。

(4) 钻孔深度在0~250 m,青唐古拉与冈底斯板块区冲击堆积层随深度变化的RQD值满足指数函数分布规律。

## [参考文献]

- [1] 李佳建,曹帅,盛学栋. 倾斜中厚破碎矿体高效开采技术工业试验[J]. 矿业研究与开发,2021,41(1):1-4.
- [2] 周波,郑伟,牛军平,等. 盈盛煤业9~#煤层坚硬顶板岩层RQD工程分级研究[J]. 煤炭技术,2021,40(7):60-62.
- [3] 刘飞跃,刘一汉,杨天鸿,等. 基于岩芯图像深度学习的矿山岩体质量精细化评价[J]. 岩土工程学报,2021,43(5):968-974.
- [4] 胡瀚. 基于数字近景摄影测量的岩体RQD获取[D]. 长春:吉林大学,2018.
- [5] 曹云,李庶林,林恺帆. 岩石RQD值计算中岩芯取值问题的探讨[J]. 矿业研究与开发,2017,37(12):18-22.
- [6] 朱晓珍. 基于结构面三维网络模拟的岩体广义质量指标RQD<sub>i</sub>研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2017.
- [7] 张文,陈剑平,牛岑岑,等. 基于三维裂隙网络RQD的确定及最佳测线数量的研究[J]. 岩土工程学报,2013,35(2):321-327.
- [8] 徐黎明,王清,陈剑平,等. 三维节理岩体分形维数与RQD相关性研究[J]. 岩石力学与工程学报,2011,30(S1):2667-2674.
- [9] 陈新攀,张锦章,周友清. RQD三维工程地质建模——福建省上杭县罗卜岭矿段工程地质评价运用[J]. 矿产与地质,2018,32(3):583-588.
- [10] 罗长保,郑文晓. 浅议岩石质量指标(RQD)的统计方法[J]. 江西水利科技,2004(S1):21-23+27.
- [11] 曹云,李庶林,林恺帆. 岩石RQD值计算中岩芯取值问题的探讨[J]. 矿业研究与开发,2017,37(12).
- [12] 杨光辉,毛慧龙. 岩石质量指标(RQD)应用中存在问题的商榷[J]. 工程勘察,2010(S1):158-160.
- [13] 李清波,杜朋召. 基于边缘阈值分割的钻孔图像RQD自动分析方法研究[J]. 岩土工程学报,2020,42(11):2153-2160.
- [14] 刘仰鹏,贺少辉,汪大海,等. 基于空间插值的工程岩体RQD预测方法[J]. 岩土力学,2015,36(11):3329-3336.
- [15] 郭少文,赵其华,张兵,等. 基于三维激光扫描技术的岩体RQD获取方法与程序[J]. 长江科学院院报,2016,33(3):75-79.
- [16] 徐伟,胡新丽,黄磊,等. 结构面三维网络模拟计算RQD及精度对比研究[J]. 岩石力学与工程学报,2012,31(4):822-833.
- [17] 李再扬,王鸿,甄明秀,等. 基于三维结构面网络模拟的某磷矿边坡岩体质量评价[J]. 化工矿物与加工,2021,50(7):1-4.