

金刚石钻进的岩石可钻性及其钻速预估

李春林 高 森

(中南工业大学)

讨论了金刚石钻进的岩石可钻性。认为钻速并不是可钻性,而是可钻性的表现反映。划分岩石可钻性不能用钻速作标准。影响钻速的因素包括反映生产技术的可控因素和反映岩石属性的不可控因素。不可控因素的量值指标——可钻值,可表示为压入硬度的指数函数。它反映了金刚石回转钻进时岩石抵抗破碎的能力,可用以划分可钻性级别的指标。根据水平系数和可钻值,可预估钻速。

在矿山凿岩和钻探生产中,岩石可钻性是表征岩石的一个综合抗力指标。研究岩石的可钻性,具有理论意义和实用价值。当前,随着钻探技术的发展和管理工作完善,加强岩石可钻性的研究是十分必要的。

可钻性因素分析

岩石的表现可钻性是以钻速的形式表示的,而钻速又受整个钻进系统的影响,它与岩石的力学属性、孔底破碎岩石的特点、钻头结构、设备以及工艺规程等多种因素有关。其中任何一个因素的变化都会引起钻速的改变。在上述诸因素中,除岩石的力学属性是不可控因素外,其余均属可控因素。可见,钻速是这两类因素的综合反映,它不是真正的岩石可钻性,而是岩石的表现可钻性。所以,不能把钻速作为划分可钻性的绝对指标。例如,各施工单位的技术条件不一样,对同一种岩石(指力学属性一致),在不同的单位就有可能划入不同的级别。但是,具体到某一施工单位,如果短期内该单位的技术水平和设备功率输出是稳定的,则其钻速可以作为岩石可钻性的相对指标。这时的钻速是一种恒功率的相对可钻性指标。

根据上述分析,把影响钻进效果的因素分为可控和不可控两类,并分别以因子的形式表示,则有下面的数学形式:

$$V_m = K(DR) \quad (1)$$

式中, V_m —钻速,表现可钻性; K —技术水平系数,反映施工单位的生产技术水平; DR —可钻值,绝对可钻性指标,是岩石抗破碎力学属性(不可控因素)的量值反映。

式中 DR 只与岩石的力学属性有关,但从形式上看它又是一个与钻速成正比的量,所以也可以看作是一定技术水平下的钻速值。图1表示钻速(V_m)、可钻值(DR)、水平系数(K)之间的关系。直线1和2分别代表生产技术水平不同的两个施工单位的钻速评估线。单位1的技术水平系数 $K_1 = \tan \alpha_1$,单位2的水平系数 $K_2 = \tan \alpha_2$,由于 $K_2 > K_1$,两单位对同一个可钻值(DR)_i的岩石施工,其钻速不一样, $V_{m2} > V_{m1}$ 。

可钻值的确定及钻速预估

1. 可钻值的确定

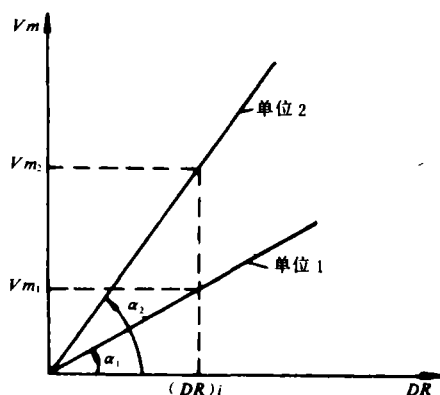


图1 钻速与可钻值、水平系数的关系

由 DR 的定义看出,确定 DR 值是研究可钻性的关键。

如所周知,与岩石破碎有关的力学性质很多,如硬度、强度、声传导等,它们都从不同方面,以不同的程度反映着岩石抗破碎的能力。笔者总结前人的工作^[1,2]①和亲自实验发现,岩石的压入硬度比岩石的其他力学性质与可钻性的贴进度更好,一般情况下,它已能够精确地单独表征岩石的破碎难易程度。而且,也可用压入硬度配合其他力学指标综合表示可钻值,但后者的模型较为复杂。本文的目的是要提出一个简单实用的确定可钻值的方法。所以,决定采用压入硬度这一单一的方式。经在浙江、江苏有色地质勘探公司等单位的金刚石钻进现场,进行取样试验统计,总结出压入硬度与可钻值有如下关系:

$$DR = e^{135 \cdot P_k} \quad (2)$$

式中, P_k 是压入硬度,单位是 kg/mm^2 ;可钻值随压入硬度的变化曲线见图2。岩石的可钻性分级,是对 DR 指标划分相应的区间(表1)。这里的可钻性分级并没有给出具体的钻速值,而是一种对岩石破碎难易程度的量度。欲求钻进速度,还需先确定技术水平系数。

2. 钻速预估

由上述可知,在给出 DR 值后,还需确定技术水平系数 K 才能获得钻速值。求 K 值的方法如下:

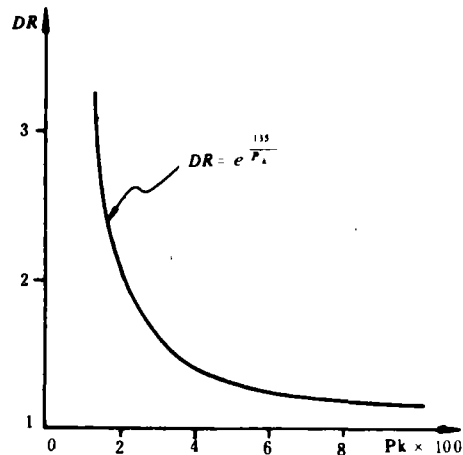


图2 可钻值与压入硬度的关系

取 n 个(至少30个)有代表性的岩样,统计所取岩样点上下各5米孔段(同一岩性)的平均钻速作为该岩样的钻速。用WYY-1型压入硬度计在岩样的外圆表面上测压入硬度,每个样至少测10个点,取其平均值作为岩样的压入硬度。将 n 个岩样的压入硬度和统计钻速代入式(1)和(2)求得 n 个 K_i ($i = 1, 2, \dots, n$),求其平均值和方差,

$$\bar{K} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (K_i - \bar{K})^2} \quad (4)$$

剔除区间 $[\bar{K} - 1.5\sigma, \bar{K} + 1.5\sigma]$ 以外的 K_i ,将剩余的 K_i 再计算平均值,记作 K 。 K 就作为钻速预估方程(1)的系数使用,从而可得到欲求的钻速。

岩石可钻性分级表 表1

级别	压入硬度 (kg/mm^2)	可钻值 (DR)
II	80	5.41
III	80 ~ 100	5.4 ~ 3.86
IV	100 ~ 120	3.86 ~ 3.08
V	120 ~ 160	3.08 ~ 2.33
VI	160 ~ 220	2.33 ~ 1.85
VII	220 ~ 300	1.85 ~ 1.57
VIII	300 ~ 380	1.57 ~ 1.43
IX	380 ~ 480	1.43 ~ 1.32
X	480 ~ 600	1.32 ~ 1.25
XI	600 ~ 800	1.25 ~ 1.18
XII	> 800	< 1.18

用这种计算测试方法,对有关队的部分金刚石钻进岩样进行了统计,得到的钻速方程如表2

钻速预估方程 表2

施工单位	钻速预估方程	统计均方差 σ
浙江有色一队	$V_m = 1.048 (DR)$	0.265
浙江地质四队	$V_m = 1.043 (DR)$	0.263
江苏有色813队	锯齿钻头 $V_m = 1.529 (DR)$	0.359
	圆弧钻头 $V_m = 1.081 (DR)$	0.228

①湖南煤田一队永来矿区三冲井田,《岩石分级科研报告》,中南矿冶学院、湖南煤田公司,1983年。

所示。由表可见,技术水平系数不仅因施工单位不同而变化,而且,同一单位由于所用钻头不同,此系数也发生变化。经对比检验,预计的钻速与现场实际钻速的相对误差,一般都小于30%,已基本满足现场生产管理工作的要求。

结 论

1.岩石可钻性是度量岩石破碎难易程度的客观指标,它的表现形式是钻速。影响钻速的因素可分为两类:一类是反映生产水平的可控因素,用水平系数 K 表示;另一类是反映岩石属性的不可控因素,用可钻值 DR 表示, DR 是岩石可钻性指标。

2.反映岩石抗破碎属性的指标 DR 与压入硬度的贴进度最好, DR 可表示成压入硬度的函数,以此能近似地作为可钻值。

3.在取样测定压入硬度和统计钻进速度的基础上,用统计法可求出水平系数 K ,并建立钻速预估方程: $V_m = K(DR)$ 。

主要参考文献

[1] П.А. 史立列尔(曹晓声译):根据岩石的机械性能谈岩石分级,《石油译丛》,1956年,第5期

[2] A.C. Van Der Vlis, Rock Classification by A Simple Hardness Test, Proc. 2nd. Congress of The International Society for Rock Mechanics, 1970, Vol. 3, p. 65~70

Rock Drillability in Diamond Drilling and Prediction of Drilling Rate

Li Chunlin Gao Sen

(Central South University of Technology)

Abstract

This article stresses on the discussion of the rock drillability in diamond drilling. It is generally agreed that the drilling rate, not the true but the apparent rock drillability and should not be used as a standard for rock drillability classification. Drilling rate is effected by the state-of-the-art and the intrinsic attributes of the rocks drilled. The intrinsic attributes of rocks, out of our control, may be represented by a quantitative index (or the drillability value) and expressed as the exponent function of the indentation hardness of rocks. This index reflects the magnitude of the resistance of rocks to be fractured in diamond drilling, and therefore it can be used as a standard for classifying rocks. The prediction of drilling rate can be thus made based on the state-of-the-art and the drillability value.

二氧化碳洗井虽没井喷也有效果

毛 敬 云

二氧化碳洗井,因井径大,二氧化碳气量不够,含水层深,而往往见不到井喷,但仍能获得预期的洗井效果。1986年,我队施工的两口水井就是很好的例子。

这两口供水井,一口是河北省沙河县铁矿选厂的水井,另一口是河北省井县县微水电厂的水源井。施工前,我们对这两处的地层作了全面分析,认为石灰岩地层是含水的,岩层裂隙不发育的问题,可以通过二氧化碳洗井加以解决,以增大出口量。

第一口井深361米,静水位120米,石灰岩含水层在220米以深,井径325毫米,用户要求出水量在30吨/小时以上。据此,成井后进行了二氧化碳洗井。具体

作法是:用11瓶二氧化碳并联(瓶压70公斤/厘米²),通过 $\phi 50$ 毫米的钻杆输到含水层。洗井时,由于气量不足,未能达到井喷的程度。抽水试验证明,出水量明显增加,达到63吨/小时,满足了用户要求。

第二口井深241米,静水位17米,井径325毫米。电厂要求出水量在100吨/小时以上。洗井前的出水量仅60吨/小时,用二氧化碳洗井(瓶数,气压同上)仅两分钟,除发现井壁管下沉外,无任何异常现象,也未见井喷。经分析确定,井壁管下沉,说明二氧化碳的高压气体已松动了井壁。据此,决定进行抽水试验,结果出水量为108吨/小时,达到了预期目的。

由上述例子可见,大口径水井用二氧化碳洗井,只要有足够的气压和一定量的压气量(我们选用了11瓶),即使不产生井喷,也能增大出水量。