



# 论岩芯钻探生产定额

广东冶金地质勘探公司 侓树基

制定平均先进的岩芯钻探生产定额，是实行经济责任制，调动生产人员积极性，把责、权、利很好地结合起来，不断提高钻探生产水平的重要依据。

1958年以来，我们进行过岩芯钻探的定额制订工作，具备了一定基础，取得了一定经验。六十年代初期，各单位又进行摸索、总结，在原有基础上刷新了1958年的定额。十年动乱期间，工作中断。最近两三年来，根据形势发展的需要和原定额已偏低的情况，各兄弟单位和冶金系统，又先后进行了复审编制工作。

笔者拟就岩芯钻探生产定额问题，提些看法。

## 岩石可钻性的合理确定是制订

### 岩芯钻探生产定额的关键

笔者在早期的一篇文章<sup>[1]</sup>中提出，目前定义的岩石可钻性，并不是一个确定的物理常量，它随破碎岩石条件的不同而异，只是在特定时期、特定技术条件之下的相对指标，综合反映着岩石在某种钻进方法及一般技术条件之下可被破碎的难易程度。随着技术水平的提高，钻进工艺的日益完善，就会不断地发生变化。这里，既有岩石本身物理机械性质的影响，也有施加的外部破碎条件的影响。

我们将1958年地质部经过实钻测定的岩石十二级分类表（表1），按小时效率（ $V_m$ ）不同，对岩石可钻性等级（ $k$ ）作图（图1），则可看出，各级岩石的小时效率，随岩石级数的增加而降低，且遵从自然衰退规律，即

$$V_m = V_0 e^{-mk}$$

式中 $V_m$ —任意级数下的小时效率，米/小时； $V_0$ —初始小时效率，在地质部1958年测定的条件下， $V_0 = 7.50$ 米/小时； $k$ —岩石可钻性等级； $e$ —自然对数底； $m$ —与岩石物理机械性质、钻进方法、技术参数有关的幂指数。在1958年地质部标定的岩石可钻性十二级分类表中，可用图1曲线反推。

经推算， $m = 0.378$ 。

从那时以来，我国岩芯钻探技术有了很大发展，1958年的定额显然不能反映提高了的技术水平。因此，近两三年各单位都在进行可钻性修订工作。为了进行对比，笔者将广东省地质局<sup>[2]</sup>、湖南省地质局<sup>[3]</sup>、江苏省地质局<sup>[4]</sup>、四川省地质局<sup>[5]</sup>和冶金部地质局<sup>[6]</sup>的1979~1982年的岩石可钻性定额，绘制于图1中（具体数据见表1）。

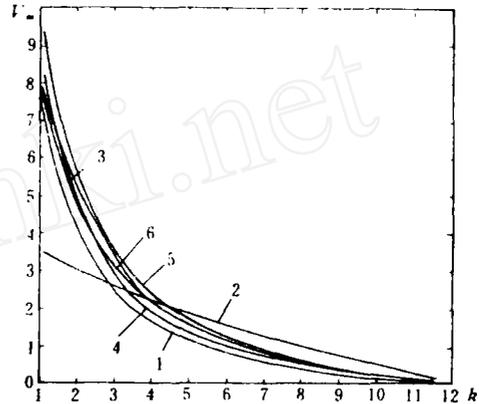


图1 各单位岩石可钻性定额对比

1—地质部（1958）；2—冶金部（1981）；3—广东省地质局（1982）；4—湖南地质局（1979）；5—江苏省地质局（1980）；6—四川地质局（1980）

分析图1所揭示的规律，可以看出：

1. 各单位的可钻性定额，均较1958年地质部的定额有了提高。其中，较低级别岩石可钻性提高较大，较高级别岩石可钻性提高较小。这反映了近年来合金和钢粒钻进技术水平的提高，也反映了在硬岩钻进中的突破还不够大。

2. 冶金部地质局的定额，不服从地质部原标定1958年定额和各省地质局定额的自然衰退规律；特别是在6级以上岩石中的定额，均大大高于兄弟单位的定额，而软岩石中的定额，又明显偏低。我们将各兄弟单位的定额值按冶金部地质局的四类岩石定额口径归口统计，其情况如表1b

及图2所示。图2同图1所揭示的规律完全相同，只是两者坐标控制点的位置有所不同而已（图2中的虚线部分，系由数学平均造成的误差所致）。

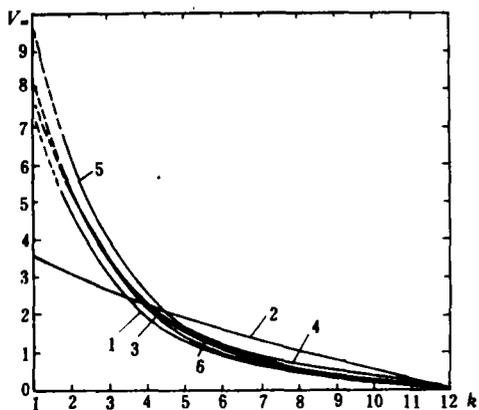


图2 各单位岩石可钻性按冶金部地质局定额口径归口对比

1—地质部（1958）；2—冶金部（1981）；3—广东地质局（1982）；4—湖南地质局（1979）；5—江苏地质局（1980）；6—四川地质局（1980）

我们将冶金部地质局1981年颁发的岩芯钻探生产定额，按不同岩石级别和不同孔深的小时效率作图，得出图3、图4。

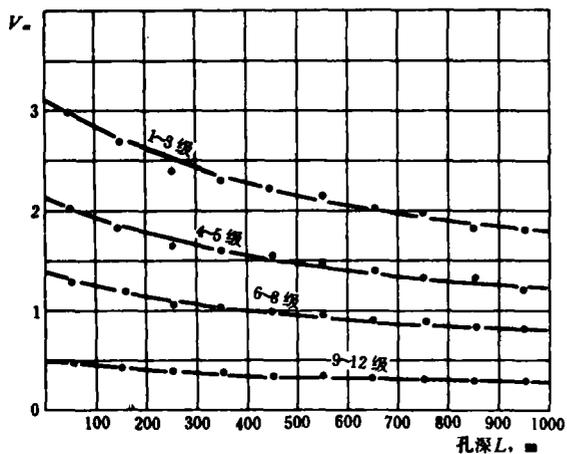


图3 冶金部地质局小时效率定额（按孔深）

一般来说，随着岩石可钻性级数的增加，岩石的塑性降低；相同级别的岩石，根据埋藏深度的不同，一般也随孔深的增加，塑性降低，粘土质岩石尤其明显。大量研究〔7、8、9〕证明，粘土质岩石随着埋藏深度的增加，不仅塑性降低，

密度增大，而且伴随有岩相的转变。譬如粘土质岩石，石油钻井证明，随着井深增加，粘土矿物逐渐从蒙脱石型（膨胀晶格）中间混合层，逐步转变到伊利石型（非膨胀晶格）。大量文献报告了这一现象的存在。这就是粘土质岩石在其成岩过程中的压实作用（Compaction）。此外，随着孔深增加，冲洗液柱的水静压力增大，使孔底岩石处于各向压缩状态，因而其破碎阻力增大。同时，如使用泥浆时，更重的泥浆柱水静压力和较高的泥浆粘度，对孔底钻头刚刚破碎下来的岩石碎屑具有压持作用（Press-holding effect）〔10〕。这两者的效应，都是使小时效率降低。但是，根据不同岩石级别（塑性）和不同埋藏深度（压实），其表现程度差异较大，一般规律如图5所示，而不是图3和图4的规律。

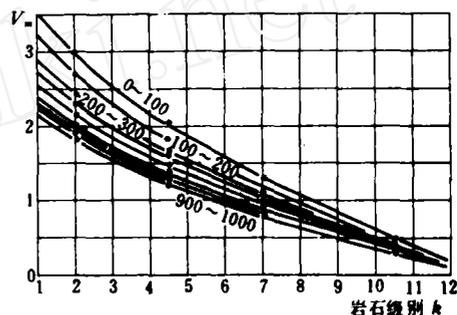


图4 冶金部地质局小时效率定额（按岩石）

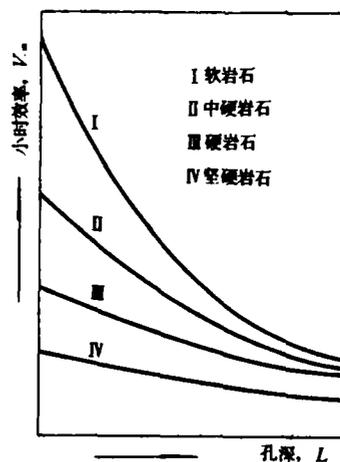


图5 不同岩石不同孔深的小时效率

笔者认为，既然定额的对象是合金和钢粒钻进，就只能根据这两种方法在各级岩石中钻进所

反映的实际水平(可钻性)来确定小时效率。尽管在实际钻进中较少遇到11级以上的坚硬岩石,但定额制订中是规定9~12级的可钻性,就不能不考虑11~12级岩石的实际表现。在表1里,广东省地质局的定额,未考虑11、12两级的可钻性,其9、10两级的平均值也只有0.30米/小时,而冶金部地质局9~12级(即四类岩石)的定额却高

达0.46米/小时。在钻探生产中大量遇到的6~8级岩石,兄弟单位的定额为0.73~0.85米/小时,而冶金部地质局的定额为1.29米/小时。在合金、钢粒钻进中,经过努力,4~5级(部二类岩石)可以达到2.06米/小时的水平,而6~8级(部三类)的1.29米/小时和9~12级(部四类)的0.46米/小时,就较难达到了。

各单位岩石可钻性定额数据对比

表1

a. 按十二级划分

单位	制订年份	岩石可钻性(米/小时)											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
地质部	1958	7.50	4.00	2.45	1.60	1.15	0.82	0.57	0.38	0.25	0.15	0.09	0.045
广东省地质局	1982	8.33	4.76	2.70	1.79	1.28	0.95	0.71	0.53	0.36	0.24	—	—
湖南省地质局	1979	7.79	5.00	3.20	2.10	1.51	1.11	0.79	0.55	0.37	0.23	0.13	0.07
江苏省地质局	1980	9.50	5.41	3.30	2.37	1.65	1.18	0.82	0.56	0.37	0.24	0.15	
四川省地质局	1980	8.00	4.46	3.03	2.23	1.49	1.00	0.71	0.49	0.32	0.20	0.14	0.08
冶金部地质局	1981	3.00			2.06			1.29			0.46		

b. 按冶金部地质局四类(12级)归口划分

单位	制订年份	一类 (I~III级)	二类 (IV~V级)	三类 (VI~VIII级)	四类 (IX~XII级)	备注
地质部	1958	4.65	1.38	0.59	0.13	
广东省地质局	1982	5.26	1.54	0.73	0.30	无11、12级
湖南省地质局	1979	5.35	1.81	0.82	0.20	
江苏省地质局	1980	6.07	2.01	0.85	0.25	无12级
四川省地质局	1980	5.16	1.86	0.73	0.185	
冶金部地质局	1981	3.00	2.06	1.29	0.46	

c. 冶金部地质局定额为各单位定额的%

冶金部基数	100	100	100	100	
为地质部1958年的	65	149	219	354	
为广东地质局1982年的	57	134	177	153	
为湖南地质局1979年的	56	116	157	230	
为江苏地质局1980年的	49	102	152	184	
为四川地质局1980年的	58	111	177	249	

根据我们公司1978~1980年的三年统计资料,其情况如表2所示。从我们的三年实际情况来看,全公司三年的平均小时效率为0.986米。按我们的定额资料推算,全公司的岩石可钻性等级平均为6.2级,这比较切合实际;也同友邻单位广东省地质局的定额资料相符。如按冶金部地质

局的定额线(图1),则应为8.2级,显然不符合实际。反之,如按部定额,我公司三年平均孔深308米,台效应为298米,小时效率应为1.14米(0~400米的平均值)。三年平均水平,台效与部定额相差36米,小时效率相差0.15米。我们的先进机台,小时效率与该平均值相同,但据我们

对这些机台施工矿区的实际岩芯观测,较大部分是用合金钻进,钢粒钻进占40~60%。如果使用

部定额第二类(6~8级)岩石指标2.06米/小时,则差距就更大了。

广东冶金地质勘探公司 1978~1980年钻探技术指标情况

表 2

类 型	年 份	总进尺 (米)	平均孔深 (米)	台月效率 (米)	小时效率 (米)	纯钻率 (%)
全公司平均	1978	95 859	311	272	0.963	36.5
	1979	93 874	298	258	1.005	35.6
	1980	78 359	317	280	0.992	39.2
	三年累计	268 092	308	262	0.986	36.9
先进机台平均	1978	14 841	371	375	1.202	44.0
	1979	7 395	296	382	1.056	51.0
	1980	9 293	258	391	1.125	45.4
	三年累计	31 529	312	382	1.143	46.8

另外,岩石分为四类,虽便于掌握,但实际用于定额管理时却很难执行,级差“跨度”过大,在制定和检查作业时,往往遇到的问题较多,不如仍按十二级分类为好。

当然,使用金刚石钻进或冲击回转钻进,那是另外一个课题。各单位也为金刚石钻进单独制订了生产定额,或者是在合金、钢粒钻进生产定额中加成。

综上所述,笔者认为:

1.冶金部地质局的岩石可钻性定额,不符合绝大多数兄弟单位定额的自然衰退规律,也不大符合硬岩层中的钻进实际,指标过高(而不是偏高)。在定额制定过程中,意见反映不全面,用先进的、少量高指标代替平均先进指标。这样,定额的指导作用,将有所损失。建议按图1所揭示的普遍规律(自然衰退规律)进行修改。

2.定额制定中,未用标准曲线对统计计算数据进行修匀,有不少不连续的地方(本文中未详细罗列);有的数据印刷错误。

3.不同岩石级别随孔深增加的小时效率降低规律,应进行较大幅度的修改。建议按图5揭示的规律进行。

#### 纯钻率定额也需要合理

钻探正常生产中,随着孔深增加,升降钻具的时间增加,相应的纯钻时间减少;相同孔深之下,纯钻时间则随岩石级别的提高而增大。随孔

深增加而来的纯钻时间的降低,据冶金部地质局定额,如图6所示;随岩石级别提高而来的纯钻时间的增加,则如图7所示。图6为小曲率的双曲线函数关系,图7为自然增长函数关系。

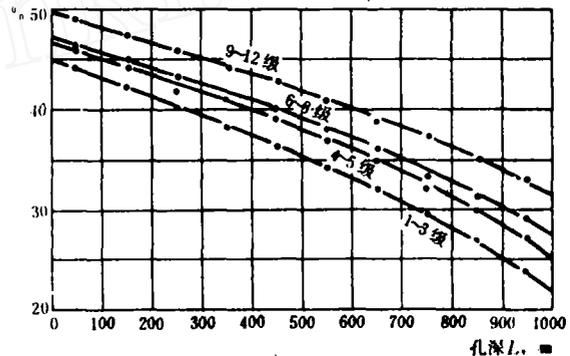


图6 冶金部地质局纯钻率定额(按孔深)

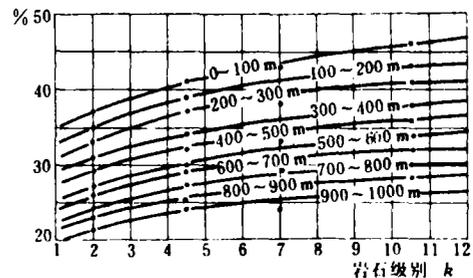


图7 冶金部地质局纯钻率定额(按岩石级别)

但是,四川和江苏两省地质局在统计分析纯钻率与孔深关系时发现,纯钻率最高的孔段,是在100~200米之间,而不是0~100米的孔段。以江苏地质局的资料为例,其情况如图8所示。我们在肇庆地区鸡笼山矿区对四个钻孔所进行

的调查证明, 在100~200米的孔段内, 纯钻率有一峰值存在(图8)。

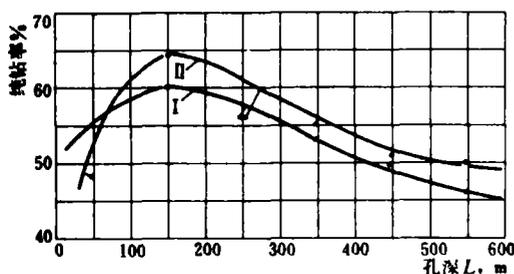


图8 纯钻率峰值与孔深关系  
I—江苏省地质局8级岩石定额;  
II—肇庆高笼山钻孔统计

显然, 这是容易理解的。因为开孔阶段, 一般岩石较软, 所需纯钻进时间不多, 而其他辅助工作要相对较多。到100米以后, 一般转入正常, 故纯钻时间相应地提高了。

同时, 我们对比冶金部地质局同其他兄弟单位的纯钻率定额, 冶金部地质局的纯钻率定额相对要低。这是因为, 其可钻性定额过高, 如纯钻率再高, 则其台月效率定额将更加脱离实际了。

因此, 笔者认为, 应按岩芯钻探实际生产过程的具体规律和具体情况来制定纯钻率定额才有广泛的指导意义。

#### 对岩芯钻探生产定额的具体建议

1. 根据图1所揭示的小时效率随岩石级别增加而自然衰退的规律考虑各级岩石的可钻性定额, 并仍按十二级进行分类。

2. 根据图5所揭示的规律, 重新统计确定小时效率在不同岩层中随孔深增加而降低的具体指标; 图3所示的差异不大, 不能反映实际情况。

3. 纯钻率的定额, 应考虑100~200米孔段内的峰值的存在。这样才更切合实际。

4. 相应加强基础工作, 诸如各种代表性岩石的物理机械性质的测定\*, 与定额需要相适应的原始统计资料, 各种实钻技术参数的典型测定, 不同孔深、不同设备管材的升降钻具时间统计分析, 机台原始记录工作的加强等, 为今后更好地开展定额工作, 为今后的钻探经济责任制的建立, 奠定必要的科学基础。

#### 参考文献

- [1] 佶树基, 关于摆球式硬度仪测定岩石力学性质中几个问题的探讨, 《探工零讯》, 1965年第4期
- [2] 广东省地质局, 地质工作综合定额, 1982年6月
- [3] 湖南省地质局, 地质勘探工作综合定额(试行), 1979年12月
- [4] 江苏省地质局, 地质勘探工作综合定额(试行), 1980年油印本
- [5] 四川省地质局, 地质勘探工作综合定额(试行), 1980年油印本
- [6] 冶金部地质局, 冶金地质工作预算定额(试行), 1981年10月油印本
- [7] Fertl, W. H. etc., Abnormal formation pressure, implication to exploration, drilling and production of oil and gas resources, 1976
- [8] Powers, M. C., Adjustment of clays to chemical changes and the concept of the equivalent level, Clay Miner. 1959. 6. 309~326
- [9] Burst, J. F., Diagenesis of Gulf Coast Clayey sediments and its possible relation to petroleum migration, Bull. Am. Assoc. pet. Geol., 1969, 53, 73~93
- [10] N. H. 万林根, 井底清洁是影响深井钻速的主要因素, 《石油译丛—勘探和开发》, 1965, 6, 29~41
- [11] White, C. C., A rock drillability index, Quarterly of the Colorado School of Mines, 1969

\* 这在理论上仍然是个争论的问题。有的研究<sup>[11]</sup>指出, 岩石按常规岩石力学测定方法所测定的物理机械性质同可钻性之间, 并无必然联系; 从钻探生产的实际应用来看, 最可靠的仍然是按模拟孔内条件的实钻试验的可钻性。