

从潘集三井田煤层数理统计中得到的启示

江汉铨

(安徽省煤田地勘公司地测处)

影响储量计算可靠性的因素主要是构造与煤层。本文利用数理统计方法探讨潘集煤田三井田勘探期间钻探控制煤层的问题,在选择勘探方法与勘探网度中所得到的启示予以介绍,供煤田勘探人员参考。

数理统计公式的选择

煤炭储量的计算公式:

$$Q = M \cdot \sec \beta \cdot H \cdot D.$$

式中 Q—煤层储量;

M—煤层水平面积;

β —煤层平均倾角;

D—煤层平均容重;

H—煤层利用厚度(指井田或块段内参加储量计算的平均厚度)。

以上函数式中因变量Q随着自变量M、

β 、H、D的变化或增或减。往往有这种现象,当勘探密度增大时H变薄,储量相应减少,出现勘探程度越高,储量越少的现象。如怀宁月山勘探区,初期勘探仅打了少量钻孔,恰好打在煤层比较厚的地段,估算储量大为可观。经钻孔加密后揭示出一些薄煤和无煤区,储量大大减少。与此相反,勘探密度增大,H变厚,储量相应增多的现象亦有。如铜陵碎石岭三、四、五井田就是这种情况。以上充分表明式中自变量厚度H是计算储量的主要指标,而容重D在一个井田或块段内比较稳定,可以视其不变。

不同的储量级别其计算储量与实际储量之间的允许误差不同。A级储量误差 η 不得超过10%,B级储量误差 η 不得超过20%(国外不少国家是这个标准)。如果要求 $A/A+B$

参 考 文 献

- [1]王水:甘肃酒泉盆地中生代轮藻化石,古生物学报13(1965).3,463—501。
- [2]王振等:云南中生代轮藻化石,云南中生代化石(上册),科学出版社,1976,65—86。
- [3]王振:江汉盆地白垩纪轮藻类的研究兼论Porocharaceae和Characeae的分类,中国科学院地质古生物研究所集刊,1978,第9号,61—100。
- [4]轮藻化石培训班华南组:中南、华东地区白垩纪和早第三纪轮藻植物群及地层意义,南京大学学报,1976.2,78—88。
- [5]中国科学院南京地质古生物研究所等:云南中生代红层,1975,科学出版社。
- [6]Madle karl, 1952: Charophyten aus dem Nordwestdeutschen kimmeridge. Geol. Jahrb., 67:5. 1—46, abb. 1—8, A—B. Hannover.
- [7]Peck R. E., 1957: North American Mesozoic Charophyta. Geol. Survey Prof. Paper, 294A.

≥50%，那么 A+B 级储量误差 $\eta \leq 15\%$ 。这时只要 H 与实际厚度的误差不超过 15% 即可，所以对储量的精度要求，实际是对利用厚度 H 的要求。

计算储量时，用井田（块段）内厚度的算术平均值 \bar{x} 代替相应井田（块段）未知的实际平均厚度 x ，要求其误差不超过 $\varepsilon = \eta \cdot \bar{x}$ 的概率 α ，即 $\alpha = P(|\bar{x} - x| < \varepsilon)$ 。现在的问题是求煤层实际厚度 x 落在置信区间 $(\bar{x} - \varepsilon, \bar{x} + \varepsilon)$ 内的置信概率。置信区间刻划了储量计算的精确性，置信概率刻划了采用厚度 \bar{x} 计算的储量满足 η 的可靠性。因此，问题归结为置信区间究竟该多大？才能使未知特征值 x 落在此区间内的概率为 α 。换言之，给定置信区间的大小，使未知特征值 x 落在此区间内，求其概率 α 。

为了解决上述问题，引用随机变量

$T = \frac{\bar{x} - x}{S}$ 代替随机变量 \bar{x} 。其中：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

随机变量 T 属于 Student 分布律：

$$S_n(t) = \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\sqrt{(n-1)\pi} \Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} \cdot \left(\frac{t^2}{n-1} + 1\right)^{-\frac{n}{2}}$$

式中伽玛函数 $\Gamma(n) = \int_0^{\infty} t^{n-1} e^{-t} dt$

Student 分布与随机变量 H 的参数 x 无关，只与自变量 t 及一定勘探网度下所取得的厚度数据的个数 n 有关。由此可以根据

Student 分布，给定任意整数 t_a 来找随机变量 T 落在间隔 $(-t_a, t_a)$ 内的概率。

$$P(|T| < t_a) = \int_{-t_a}^{t_a} S_n(t) dt = 2 \int_0^{t_a} S_n(t) dt$$

上式左边用 $T = \frac{\bar{x} - x}{S}$ 代入得

$$P(|\bar{x} - x| < t_a S) = 2 \int_0^{t_a} S_n(t) dt$$

令 $\varepsilon = t_a S$ ，则有

$$\alpha = P(|\bar{x} - x| < \varepsilon) = 2 \int_0^{t_a} S_n(t) dt$$

α 是变量 t_a 和 n 的函数，从附表 1 中可以根据 n 和 t_a 查得置信概率 α 。

计算过程及其结果

在煤田勘探中，由于客观地质体的差异，布孔的方法也有所不同，常用的有方格网法、菱格网法、垂直剖面法、垂直剖面加走向追踪法等……，前两种方法多用于缓倾斜区，本文统计区内是采用垂直剖面法，所以勘探密度变成勘探线距的大小。统计是按 3000 米、1500 米、750 米等不同勘探线距分别计算主要可采煤层 4₋₁、8、11₋₂、13₋₁ 和次要可采煤层 5₋₁、6₋₁、7₋₁ 等七层煤的利用厚度误差不超过 15% 的置信概率。也就是说统计了上述七层煤在不同勘探线距的情况下，要满足储量误差小于 15% 的置信概率（即储量可靠性究竟有多大把握）。同时对次要可采煤层发育程度差的 5₋₁ 煤层，统计了储量允许误差小于 20% 的置信概率。13₋₁、8、7₋₁、5₋₁ 等四层煤统计结果如下表。

煤层名	线 距	n	$\sum_{i=1}^n H_i$	\bar{X}	$\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{X})^2$	S	η	ε	t_a	α
5 ₋₁	3000	19	22.05	1.16	20.1911	0.2630	0.15	0.1740	0.0662	0.483
5 ₋₁	3000	19	22.05	1.16	20.1911	0.2630	0.20	0.2320	0.882	0.610
5 ₋₁	1500	30	42.83	1.43	35.5161	0.2020	0.15	0.2145	1.062	0.703
5 ₋₁	1500	30	42.83	1.43	35.5161	0.2020	0.20	0.2860	1.415	0.872
5 ₋₁	750	52	69.35	1.33	46.9720	0.1330	0.15	0.1995	1.500	0.856
5 ₋₁	750	52	69.35	1.33	46.9720	0.1330	0.20	0.2660	2.000	0.950
7 ₋₁	3000	18	24.55	1.36	7.2793	0.1542	0.15	0.2040	1.323	0.796
7 ₋₁	1500	30	40.96	1.37	15.9517	0.1352	0.15	0.2055	1.520	0.854
7 ₋₁	750	53	75.12	1.42	22.6554	0.0906	0.15	0.2130	2.351	0.976
8	3000	18	61.11	3.40	23.4965	0.2734	0.15	0.5100	1.878	0.918
8	1500	30	96.76	3.23	34.5691	0.1992	0.15	0.4745	2.382	0.974
8	750	51	165.99	3.25	60.9337	0.1548	0.15	0.4875	3.149	0.995
13 ₋₁	3000	31	122.58	3.95	47.9039	0.2234	0.15	0.5925	2.607	0.985
13 ₋₁	1500	55	214.67	3.90	70.2141	0.1536	0.15	0.5850	3.809	>0.999
13 ₋₁	750	88	339.15	3.85	89.9286	0.1081	0.15	0.5775	5.342	>0.999

注：统计过程中的原始数据附表从略。

几点启示

1. 对控制煤层厚度的可靠性就主要可采煤层而言，采用3000米勘探线距便能把握在91.8%以上。由于煤层发育程度不一样，采用同样的勘探线距，控制不同煤层的厚度可靠性差异较大。如13₋₁煤层3000米线距能把握在98%以上，而5₋₁煤层的可靠性还达不到50%。

2. 主要可采煤层，采用1500米线距就能对厚度可靠性把握在96%以上。换句话说，就其煤层而论，采用1500米的线距能圈出A + B级储量。而次要可采煤层中的某些煤层如7₋₁煤层则采用750米线距能圈出A + B级储量，5₋₁煤层只能圈出B级储量（注：圈高级储量的可靠性要求达95%以上）。

3. 统计区含煤层多，主要可采煤层和次要可采煤层共有九层。主要可采煤层的储量占具有开采价值的总储量74.4%，故为主要勘探对象。在布孔时可以只考虑主要煤层能否满足某一勘探阶段的要求，而其它煤层可

顺带解决，对于某些地段的具体要求亦可以另加控制。对煤层来说，该区750~1500米线距足以达到建井勘探要求。可以推论统计区邻近的勘探区(井田)均可采用750~1500米的基本勘探线距控制煤层来满足建井勘探的需要。

4. 潘集煤田虽是多煤层区，但储量70%以上聚集在四至五层主要煤层中，且地震地质条件良好，故可以充分发挥物探的作用。笔者认为今后在潘集煤田勘探时，当地震能搞清构造的井田或块段，完全可以把勘探线距放宽，建井勘探阶段基本勘探线距1500米是合适的。

5. 煤炭工业部一九七八年三月印发的《煤炭资源地质勘探规范》讨论稿中提出构造和煤层分别按不同类型，采用相应的基本工程线距的做法是合理、可行的。在北方型煤田中，物探先行，推出构造方案，钻探由稀到密，用数理统计的办法，随时检验工程线距是否满足控制煤层的需要，一旦达到某一勘探阶段要求时，

下转第17页

断层面的长轴继续加长，一方面则破层而出，向上及下相邻岩层中发展。

破裂面发展时，力求寻找阻力最小、最弱的层面或层理面，作为追寻异层岩层最近裂隙面的联络面。联络面的长度与相邻岩层裂隙密度差有关。联络面长度有时竟达12米之长。（图4）

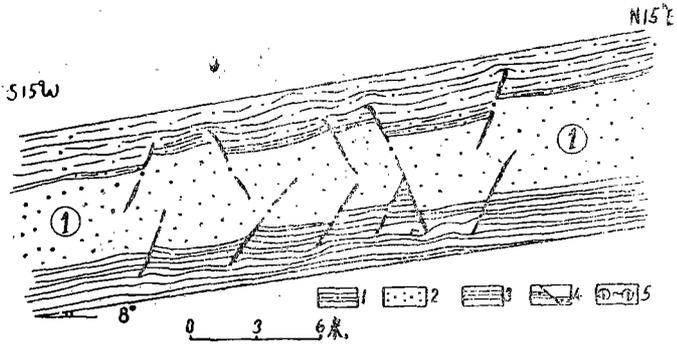


图3 断层发育的“起始层”

1—粉砂岩；2—中粒砂岩；3—泥质粉砂岩；4—小型隐伏正断层；5—①—①断层发育“起始层”之一，其中发育着丰富的断裂胚芽。而后这些断层胚芽向上或向下越过层理发育成断距较大的隐伏断层。（羊渠河矿三坑口3215岩巷部分）

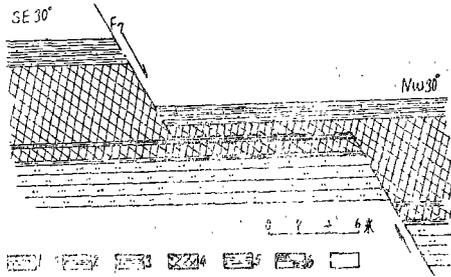


图4 羊渠河矿8216大巷F,断层素描图（根据不同岩层裂隙密度不等的特性判断隐伏断层发展方向）

1—中粗粒石英砂岩；2—粉砂岩；3—泥岩；4—2号煤层；5—2号煤底层夹矸；6—隐伏断层

根据地面露头及井下观测，若追踪联络面借用裂隙密度小的岩层之上层面，则断层发育的“起始层”一般位于本层岩层的上部，断层的断距一般向上增大。若追踪联络面借用裂隙密度小的岩层的下层面，则断层由本层下部发育而来，断层发育的“起始层”位于本层的下部。断层的断距向下增大（见图4）。

为及早发现、观测和研究隐伏断裂，在断裂发育的井田中，若是煤层群联合开采时，应从采煤和补充勘探两因素综合确立超前开拓层层位。一般最好将具有巷探作用的超前开拓层选择在煤层群的中央部位（剖面上），使上下诸可采煤层位于超前开拓层的工程有效控制范围内，取得较多较准的断裂资料，较精确地预测隐伏断裂发育情况，达到充分发挥超前开拓层的补充勘探作用。

至于资源勘探阶段已发现的一些中小型断层，它们是否也多属于隐伏断层，需加强探采对比研究。至少其中不少断层据采掘工程揭露并非地质报告中所绘上通基岩表面下入煤系基盘，而实系隐伏断层。这一点值得地质勘探过程中加以研究，以便提高地质勘探报告质量。

上接第36页 钻探控制煤层的目的就该转移到单纯配合物探控制构造方面去。客观地质体千差万别，勘探区（井田）各块段煤层发育程度不尽一致，且可能有火成岩影

响，所以应该分块段进行网度检验，该稀的则稀，该密的则密，因地制宜，才有助于做到技术经济合理。