

远区 500 米—20 公里用第一高程内插法，計算点及計算区間采用：以相距为 6.4 公里的 6 个点計算 5—20 公里的改正值，以相距为 3.2 公里的 15 个点計算 3—5 公里的改正值，又以相距为 400 公尺的 236 个点計算 0.5—2 公里的改正值。一般計算点采用 300 米及 400 米中心高，有时另加几个中心高以資检查。2—20 公里以 800 米 × 800 米作面积性改正曲綫（图 2 b），利用每組曲綫計算 80—320 个測点；0.5—2 公里則以 400 米間距作剖面性改正曲綫（图 2 a），利用两点間可計算 10—20 个測点。在用上述面积或长度改正值是否呈綫性，則用两对角数值平均值来檢驗，誤差一般不超出限差，有时从图 1 曲綫检查，在規定长度內改正曲綫与直綫偏离也沒有超出限差。

在一般熟练程度下，作曲綫每工作日能繪 50—60 条，查改正值可完成 500—600 点。

中区 50—500 米范围是分 50—200 米及 200—500 米两段，用剖面图內插法計算，以防止曲綫数值太大及变化复杂，因此，选点、作图、查改正值都是分别进行的。选点、間距从 40—240 公尺不等，全区計算点为 1900 点，占总点数 23%。作曲綫：根据地形

改正值变化規律对照曲綫与地形图补充必要計算点以做检查校核。利用这种曲綫計算改正值极迅速，一般每工作日能計算 1500—2000 点。

对于 0—50 米的近区，我們將限差放大为 $0.2 \Delta g \sqrt{n}$ ，这样大部分地形，可近似地当做均匀斜坡去改正，只需在地形图上讀出直径 100 公尺內等高綫数 n ，便可根据 $\Delta g-n$ 列綫图查出改正值。

对于不規則的地形，还必须分扇形块去計算。由于本区地形較好，分块計算的点約占总点数 $1/10$ ，大部分測点是用前一方法計算，从效率上看，前一方法比后一方法高十倍以上。

用原有方法分区检查的简化方法与运算誤差的綜合誤差：远区 0.02 毫伽，中区为 0.02 毫伽，近区为 0.04 毫伽，总誤差为 0.04 毫伽。其中不包括图紙引入誤差及 20 公里以外未改正地形所引入的誤差。

这些經驗无疑还不够成熟，尤其在作法上还必须根据地形特点，設計的測网及誤差具体分析具体对待。但还需要我們加强这方面的經驗总结，以克服重力工作中这一重要而薄弱环节。

矿坑涌水量計算若干問題

徐大宽执笔

矿坑涌水量的大小对矿床的經濟评价有很大影响，也是制訂排水設計和选择排水设备的依据。坑道涌水量計算是一项复杂工作，目前在方法上和理論上都还不够完善。本文据某錳矿涌水量計算的一些体会，集体研究写成。

一、矿坑涌水量計算对象

地下水儲量分为：靜儲量（即永久儲量）、动儲量（即天然量）、調节儲量和开采儲量等四种。在矿床水文地质勘探中，一般只計算地下水的靜儲量、动儲量，有时計算調节儲量，不計算开采儲量。根据地下水动态資料，計算矿坑正常、最大和最小涌水量。

二、矿坑涌水量計算应具备的資料

計算矿坑涌水量应具备的資料，包括以下三部分：

（一）在勘探过程中取得的原始数据：含水层厚度、測压水位高度、钻孔水位降低值、钻孔半径、岩层渗透系数、含水层底板傾角、岩石的裂隙性及溶洞发育規律等資料。

（二）矿床开拓方案：如开采方法、井田划分、开采中段标高、

（三）根据具体水文地质条件，研究分析而确定的資料：如影响半径，地下（地表）水动态資料，含水层在空間的分布，地下水补給、循环、排洩特征，地下水力坡度等。

以上資料必須保証质量。井田及中段的划分必須取得矿山和設計部門的同意。然后在此基础上，制訂計算方案，編制合理的計算流程。

三、矿坑涌水量計算参数的确定

要正确的計算矿坑涌水量，必須根据水文地质及

地质构造条件，正确地选择计算参数。

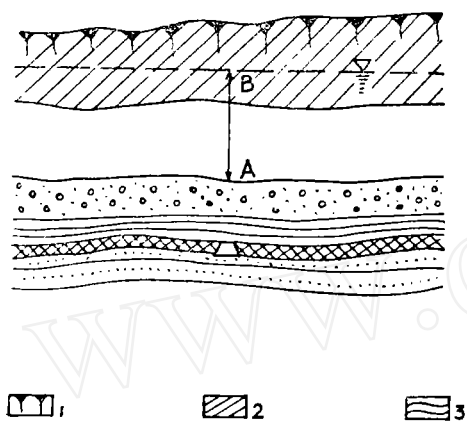


图 1 水平岩层水柱高度量法

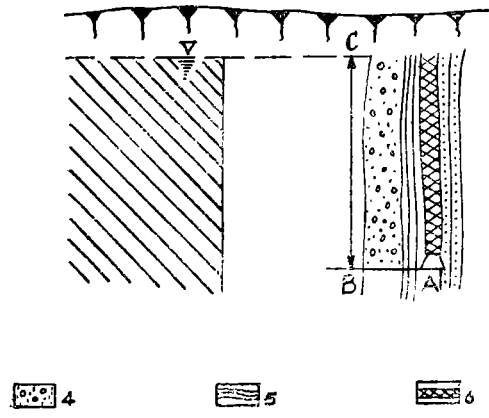


图 2 直立岩层水柱高度量法

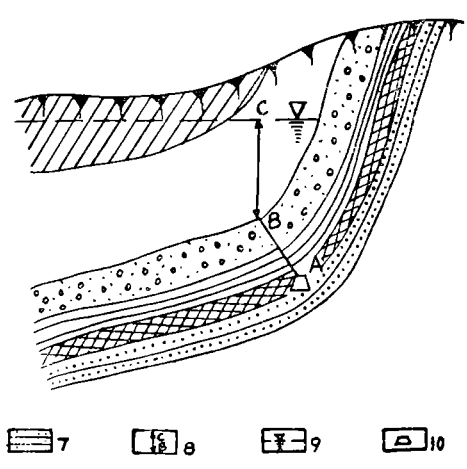


图 3 倾斜岩层水柱高度量法

- 1. 表土; 2. 泥质页岩 (隔水层); 3. 高砂质岩 (含水层); 4. 冰碛层 (隔水层); 5. 黑色页岩;
- 6. 矿层; 7. 砂岩; 8. 水柱高; 9. 静止水位;
- 10. 设计中段; (图1, 2, 3图例同)

(一) 平均水位及平均水柱高度的确定:

1. 平均水位的确定: 采用全区内各钻孔静止水位的算术平均值。

2. 水柱高度的确定: 应根据矿层及含水层的产状陡缓, 采用下列三种方法: 在岩层水平时, 从静止水位至含水层底板之垂线 AB, 即为水柱高度(图 1); 当岩层直立时, 由坑道底板引水平线 AB 至含水层底板 B, 再由 B 向上作垂线至静止水位 C, 则 BC 即为水柱高度(图 2); 当岩层倾斜时, 从坑道中心点向含水层底板作垂线 AB, 再由 B 点引垂线 BC 至静止水位, 则 BC 即为水柱高度(图 3)。

各中段相应的水柱高度, 按上述方法直接从水文地质剖面图上量得; 再取其算术平均值。

(二) 含水层平均厚度确定: 含水层厚度的确定, 目前还没有很好解决, 一般都采用假厚度。我们认为, 为了精确计算涌水量, 应当采用与流线垂直的含水层厚度。为此, 承压水应取其真厚度 (AB)。潜水可取其假厚度 (AC) (图 4)。

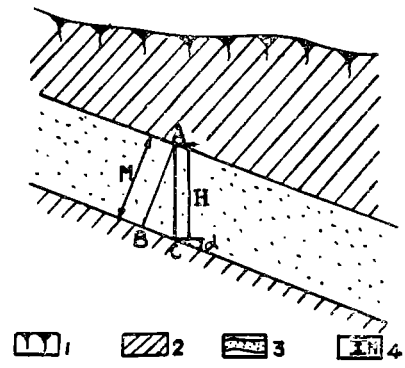


图 4 含水层真假厚度示意图

- 1. 表土; 2. 隔水层; 3. 含水层;
- 4. 含水层厚度

从图 4 中可以看出, 真厚度 M 和假厚度 H 的关系为:

$$M = H \cos \alpha$$

这样就可以算出它们之间的误差值。兹列举 0°—90° 间每隔 5° 的误差值作为参考 (表 1)。

从表 1 可以看出: 当 $\alpha = 0^\circ$ 时, 为标准厚度, 即垂直厚度 H 等于真厚度 M; 倾角为 5° 时, 误差为 0.38%; 倾角 30° 时, 误差为 13.4%; 倾角为 60° 时, 误差达 50%。可见厚度的确定是否恰当, 将严重影响矿坑涌水量计算的准确性。在承压水地区, 我们认为在计算钻孔渗透系数时, 采用假厚度是合理

的, 因为钻孔在抽水过程中实际进水断面是由假厚度构成的 (图 5)。但在坑道排水时, 降落漏斗已经形

成, 实际进水断面是由真厚度构成 (图 6)。可见计算矿坑涌水量应取含水层真厚度 (M) 较为合适。

表 1

岩层倾角 α°	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
真假厚度間誤 差 值 (%)	0	0.38	1.52	3.41	6.03	9.17	13.4	18.08	23.4	29.29	35.72	42.64	50.00	57.74	65.80	74.12	82.63	91.28	100

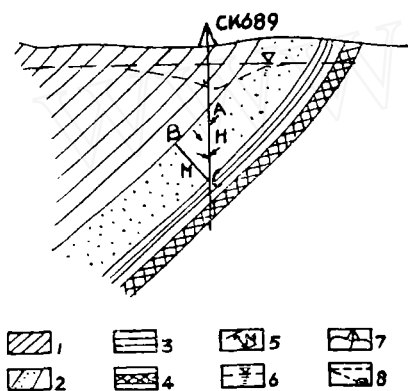


图 5 钻孔抽水时水流状态示意图

1. 隔水层; 2. 含水层; 3. 黑色頁岩; 4. 矿层
5. 含水层厚度; 6. 靜止水綫; 7. 钻孔; 8. 降
落漏斗曲綫

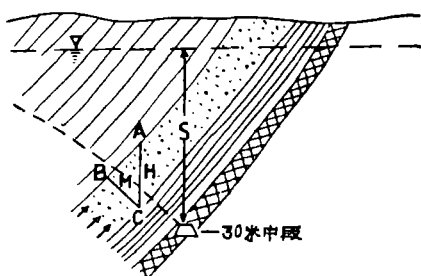


图 6 坑道排水时水流状态示意图

各中段含水层厚度直接从水文地质剖面图上量得, 并用算术平均法计算矿田平均含水层厚度。

(三) 平均渗透系数 (K) 的确定: 参加矿坑涌水量计算的 K 值选择, 目前尚有不同意见。有人认为应取平均值, 也有人认为应取最大平均值。我们认为: 钻孔抽水试验时的水流状态与将来矿坑排水时的水流状态不同, K 值也应有所不同。由于钻孔抽水试验时, 受设备和孔径限制, 未能达到最大降深和长时间稳定, 因而流量偏大, 所求得的 K 值也偏大。根据华北地区 42 层抽水成果, 平均偏大 28.36%, 最大值达 132.9%。

因此, 我们建议在计算矿坑涌水量之前, 可以计

算两种渗透系数: 一种是按钻孔抽水试验资料计算的 (K_1); 另一种是按钻孔水位最大降深时的资料计算的 (K_2)。前者代表抽水试验状态下岩层的渗透性; 后者代表矿坑排水状态下岩层的渗透性, 并用以代表将来矿床开采时的实际 K 值。现将按钻孔水位最大降深时的资料计算渗透系数的方法介绍如下:

计算步骤: 首先计算钻孔最大涌水量, 然后计算相应的渗透系数。

1. 钻孔最大涌水量的计算: 计算钻孔最大涌水量的目的, 是为了准确求得与之相应的岩层渗透系数, 以计算矿坑涌水量。根据钻孔涌水量与水位降低关系 $q=f(S)$ 曲线图的性质, 来选择钻孔最大涌水量计算方程式。兹将曲线形式归纳为三种类型:

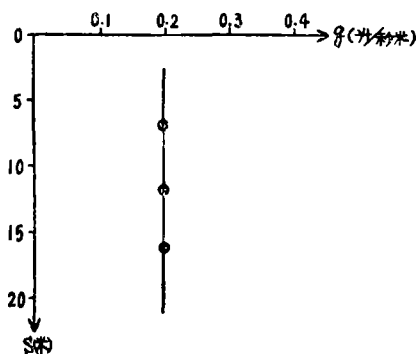
(1) 涌水量与水位降低呈直线关系: 单位涌水量为一常数或波动于某一常数范围内及仅进行一次水位降低时 (图 7), 则按照涌水量直线定律——裘布衣公式计算:

$$Q_{\max} = qS_{\max}$$

式中: q 为抽水试验最大降深时单位涌水量 (升/秒·米);

$S_{\max}$ 为推断的最大水位降深 (米);

$Q_{\max}$ 为与最大降深相应的钻孔最大涌水量 (升/秒)。

图 7 $Q=f(S)$ 关系曲线图

(2) 涌水量与水位降低呈抛物线关系: 单位涌水量随着水位降低, 按直线下降 (图 8) 利用克列尔

公式計算:

$$S_{\max} = \alpha Q_{\max} + \beta Q_{\max}^2$$

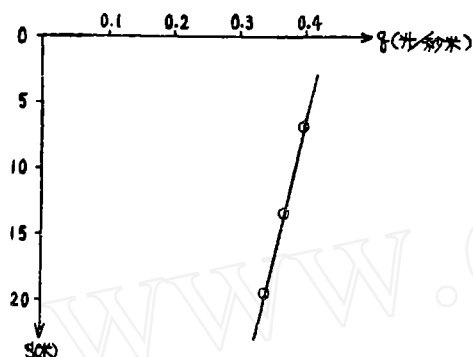


图 8 $Q=f(S)$ 关系曲线图

式中: α 层为层流运动部分水流受阻力系数;

β 为紊流运动部分水流受阻力系数。

按下式确定参数 α 和 β

$$\alpha = \frac{\sum S - \beta \sum Q}{N}$$

$$\beta = \frac{N \sum S - \sum S \sum Q}{N \sum Q^2 - (\sum Q)^2}$$

式中 N 代表降深次数。

(3) 涌水量与水位降深成指数关系: 单位涌水量随水位降深逐渐减少 (图 9) 利用阿利托夫斯基提出的关系式计算:

$$Q_{\max} = \alpha + \beta \lg S_{\max}$$

参数 α 、 β 的意义同前, 按下面方程式确定:

$$\alpha = \frac{\sum Q - \beta \cdot \sum \lg S}{N}$$

$$\beta = \frac{N \cdot \sum Q \lg S - \sum Q \cdot \sum \lg S}{N \sum (\lg S)^2 - (\sum \lg S)^2}$$

式中 N 代表意义同前。

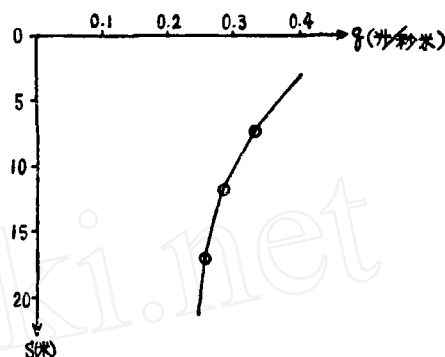


图 9 $Q=f(S)$ 关系曲线图

2. 最大水位降深的确定: 由于各抽水孔降深不一或降深不够大, 最大水位降深的采用, 不宜按抽水时下降水位乘以最大推断范围的系数, 因为最大允许推断系数 (一般为 1.5—3 倍) 是固定的。而各钻孔抽水时水位降深是变化的。在同一含水层中抽水, 受钻孔结构或其他因素影响, 例如:

甲钻孔 $Q=3.363$ 升/秒 $S=18.32$ 米 q
 $=0.184$ 升/秒·米。

乙钻孔 $Q=1.245$ 升/秒 $S=1.28$ 米 q
 $=0.973$ 升/秒·米。

如不考虑含水层厚度和埋藏深度, 而以固定倍数去乘, 势必得出不合理的结果。故最大水位降深应以下式计算:

$$\text{承压水采用: } S_{\max} = H - \frac{1}{2} M$$

$$\text{潜水采用: } S_{\max} = \frac{1}{2} H$$

式中 H 为水柱高度 (米)

M 为含水层厚度 (米)

采用上述方法确定的最大降深是符合实际情况

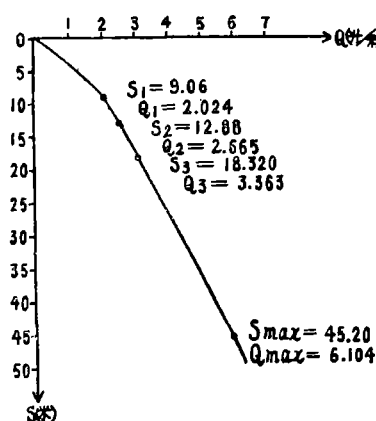
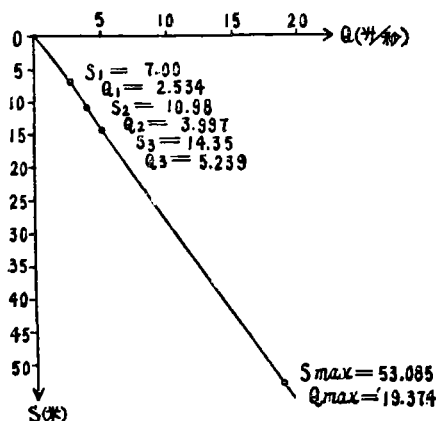


图 10 685 号孔含水层 $Q=f(S)$ 曲线图



689 号孔含水层 $Q=f(S)$ 曲线图

的。所計算的結果也均落在 $Q=f(s)$ 曲線的相應位置上(圖10)。因為對於承壓水, 當井內水位降低過大時, 產生附加阻力, 涌水量曲線方程由一次方程轉為二次方程。

3. 相應滲透系數計算: 根據上述計算的鑽孔最大水位降深和相應的鑽孔最大涌水量, 採用下列公式計算滲透系數。

有壓轉無壓水:

$$K = \frac{0.732 Q_{\max} \lg \frac{R}{r}}{(2H - M)M - h^2}$$

無壓水:

$$K = \frac{0.732 Q_{\max} \lg \frac{R}{r}}{(2H - S_{\max})S_{\max}}$$

式中: H : 水柱高度(米)

M : 含水層厚度(米)

h : 降低水位至含水層底板距離(米)

Q : 與 $S_{\max}$ 相應的鑽孔最大涌水量(升/秒)

R : 影響半徑(米)

r : 鑽孔半徑(米)

4. 影響半徑(R)和引用半徑(r_0)的確定:

有關文獻(礦床水文地質學)已有詳盡說明, 從略。

根據反演計算確定簡化礦體形狀的條件

熊光楚 李素琴

在磁法定量計算中, 為了得出簡單易算的公式, 常常將礦體的形狀簡化。常用的簡化有以下几方面:

1. 有限長的礦體看作無限長;
2. 向下延深較大的礦體看作下端延深無限;
3. 向下延深不大的礦體看作水平圓柱體;
4. 厚度與上端埋深之比不大的礦體看作薄板狀礦體;
5. 向下延深較大的, 沿傾斜磁化的薄板狀礦體看作綫極。

由於觀測數據中總有一定的誤差, 在一定的條件下, 將礦體形狀簡化是可以的。問題是怎樣確定這些條件。在已有的文獻中, 礦體形狀簡化的條件都是從正演計算的誤差來確定。很多作者根據 Z_a (垂直磁異常) 極大值相差不超過 5% 這一標準確定所要求的條件。

實際工作中, 一般是根據實測 Z_a 曲線來計算礦體的產狀。因此, 根據反演計算所允許的誤差大小來確定礦體形狀簡化的條件是合理的。為此, 根據計算礦體上端埋深(或中心埋深)的誤差, 研究了“可以當作綫極的條件”, “可以當作水平圓柱體的條件”及“有限長礦體當作無限長礦體的條件”等三方面的問題。概述如下:

一、綫極及可以當作綫極的條件

無限長綫極的 Z_a 表示式是:

$$Z_a = \frac{2\sigma h}{h^2 + x^2} \quad (1)$$

式中 σ 是綫極單位長度的磁荷, h 是其埋深。

對於綫極, 求 h 的特殊點法公式為:

$$h = x_1 \quad (2)$$

式中 x_1 是 $Z_a = \frac{1}{2} Z_{\max}$ 點的坐標。

對於綫極, 求 h 的多點法公式為:

$$h = x_1 \sqrt{\frac{Z_a(x)}{Z_{\max} - Z_a(x)}} \quad (3)$$

1. 有一定寬度的板當作綫極的條件:

設有一向下延深無限, 沿傾斜磁化的板狀體, 其水平厚度為 $2b$, 磁化強度為 I , 傾角為 α , 則有:

$$Z_a = 2I \sin \alpha \operatorname{tg}^{-1} \frac{2bh}{h^2 + x^2 - b^2} \quad (4)$$

故

$$Z_{\max} = 2I \sin \alpha \operatorname{tg}^{-1} \frac{2bh}{h^2 - b^2} \quad (5)$$

$$\frac{1}{2} Z_{\max} = 2I \sin \alpha \operatorname{tg}^{-1} \frac{2bh}{h^2 + x_1^2 - b^2} \quad (6)$$

由(5)式及(6)式求出

$$x_1 = (h^2 - b^2)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

則根據(2)式計算 h 的誤差是:

$$\frac{h' - h}{h} = \frac{(h^2 - b^2)^{\frac{1}{2}} - h}{h} = \left[1 - \left(\frac{b}{h} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - 1 \quad (8)$$