

· 391839

矿体水平厚度计算手册

陈文良·蒋伯康 编 原子能出版社

矿体水平厚度计算手册

陈文良 编
蒋伯康

原子能出版社

内 容 摘 要

本手册主要对陡倾斜矿体的水平厚度提出了切合实际的计算公式。并将公式中不同的矿体倾角、钻孔天顶角、偏离角组合情况，以 1° 为单位用电算方法算出综合函数值，整理成表供计算时查用。这大大地简化了计算手续，又确保了计算精度。此外还对包括缓倾斜矿体在内的垂直厚度、真厚度计算公式进行了推导。这些公式也可适用于岩层、岩脉、断裂带等的厚度计算。

本手册可作为广大地质勘探工作者，尤其是金属矿床勘探工作者的工具书。对大专院校、中等技术学校地质勘探专业师生也有一定的参考价值。

矿体水平厚度计算手册

陈文良 编
蒋伯康

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

张家口地区印刷厂印刷

(地址：张家口市建国大街八号)

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印张5·字数128千字

1980年7月第一版·1980年7月第一次印刷

印数001—3000·统一书号：15175·207

定价：1.15元

前 言

矿体厚度的计算，是地质工作中一项经常性的工作，在矿产储量计算中矿体厚度更是一个重要参数。同时，弄清矿体厚度变化又是研究矿化特征的一个重要方面。脉状铀矿床以陡倾斜产状居多，通常以矿体水平厚度作为储量计算的参数。以往，在矿体水平厚度计算时有的采用A.A.雅克仁公式；有的采用正弦定理公式；有的甚至直接丈量等等，方法不一。以致在同一剖面同一矿体用不同方法计算水平厚度的结果不一致，相差几倍甚至更多。这严重影响了储量计算的准确程度，也影响到对成矿规律的正确认识。为解决计算矿体厚度的实际问题，适应铀矿地质工作的需要，我们提出了陡倾斜矿体水平厚度计算的公式，并将公式中不同的矿体倾角、钻孔天顶角、偏离角组合情况，以 1° 为单位用电算方法算出综合函数值，整理成表，以备查用。从而将繁琐的计算工作变成了简单的查表计算。这就大大地简化了运算过程，提高了工作效率和计算的准确程度。同样，本方法也适用于岩层、岩脉、断裂带等被钻孔揭穿或露头测量时的厚度计算。

本手册重点是讨论陡倾斜矿体的水平厚度计算问题，同时也推导了缓倾斜矿体的垂直厚度及真厚度的计算公式。

我们在编写过程中，承蒙王从周、施文静同志校阅，西安交通大学王陈生、应淑芳老师大力协作，同时还得到柴宝民，古抗衡同志的协助，在此一并致谢。由于我们水平有限，缺点错误一定不少，望读者批评指正。

编 者

目 录

前言

一、矿体厚度计算公式	(1)
1. 矿体水平厚度计算公式	(1)
2. 矿体垂直厚度计算公式	(4)
3. 矿体真厚度计算公式	(5)
二、问题讨论	(6)
1. 本计算公式的主要优缺点	(6)
2. 本计算公式的应用范围及水平厚度、垂直厚度和 真厚度计算公式之间的关系	(6)
3. 矿体走向和勘探线不垂直时水平厚度的校正	(7)
4. 计算厚度时需要注意的两个问题	(8)
三、表的使用说明	(8)
正表 矿体水平厚度计算综合函数值表	(11)
副表 三角函数表	(156)

一、矿体厚度计算公式

1. 矿体水平厚度计算公式

陡倾斜矿体计算水平厚度,常采用A. A. 雅克仁公式(见图 1):

$$H_{\text{水}} = \frac{L \cos(\alpha + \beta - 90^\circ)}{\cos(90^\circ - \beta)} \cos \phi \quad (1)$$

或用正弦定理公式:

$$H_{\text{水}} = \frac{L \sin \lambda}{\sin \beta} \cos \phi \quad (2)$$

式中: $H_{\text{水}}$ ——矿体水平厚度

β ——矿体倾角

α ——钻孔倾角

λ ——钻孔与矿体相遇角

γ ——钻孔天顶角

ϕ ——钻孔方向与勘探线偏离角

L ——钻孔见矿视厚度

由简单推算可知 (1) 式等于 (2) 式。

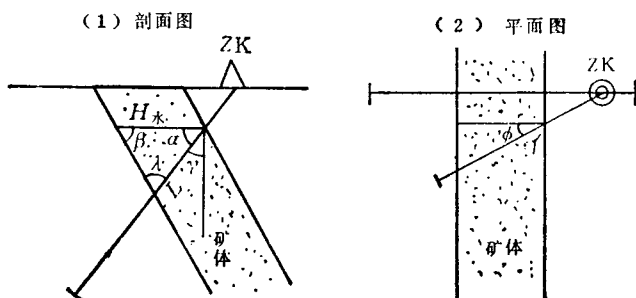


图 1

由上两式可知,当 $\phi = 0^\circ - 10^\circ$ 时, $\cos \phi \approx 1$, 即钻孔方位和勘探线基本上在同一剖面线上, 计算结果才与实际情况相符。当 ϕ 逐

渐增大以至接近 90° 时, $\cos\phi \rightarrow 0$, 这时 $H_{\text{水}}$ 也将等于零, 这显然不符合真实情况。故上述两式只是 $\phi=0^\circ$ 时的一个特例。如果按钻孔偏离后的方向将矿体真倾角换算为视倾角计算水平厚度, 一是繁琐, 二是仍然不能解决由于偏离角的存在而影响水平厚度计算的根本问题。在当前实际施工技术条件下, 钻孔方位或多或少总有偏离, $\phi \neq 0^\circ$, 上述公式所获得的矿体水平厚度总是偏小。当其他条件不变时, 偏小的程度视 ϕ 角的大小而定; ϕ 角越大, 水平厚度计算值越偏小。为了正确解决这一问题, 我们推导了一个计算矿体水平厚度的公式〔见 (3) 式〕。只要钻孔确实穿过矿体, 不管偏离角大小, 都能正确计算矿体水平厚度。

$$H_{\text{水}} = L(\cos\gamma \text{ctg}\beta \pm \sin\gamma \cos\phi) \quad (3)$$

利用 (3) 式时, 如钻孔方向与矿体倾向相反 (即正向孔) 则取正号, 如同向 (即反向孔) 则取负号。

具体推导如下, 从图 2 可知,

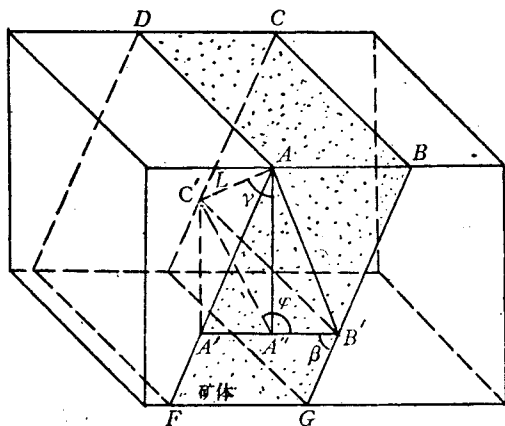


图 2

勘探剖面 $ABGF$ 垂直于矿体走向线 AD 和 BC

AB' —— 钻孔在剖面上的投影线

$B'E$ —— 矿体真厚度

$A'B'$ —— 矿体水平厚度

AC' —— 钻孔见矿视厚度 (L)

$\triangle A'B'C'$ —— 水平面

AA'' —— 铅垂线

$\angle C'AA''$ —— 钻孔天顶角 (γ)

$\angle C'A'B'$ —— 偏离角 (ϕ)

$\angle A'B'G$ —— 矿体倾角 (β)

$\therefore \triangle AA''C'$ 为直角三角形 ($\angle AA''C'$ 为 90°)

$\therefore A'C' = L \sin \gamma, AA'' = L \cos \gamma$

$\therefore \triangle C'B'A''$ 为直角三角形 ($\angle C'B'A''$ 为 90°)

$\therefore A''B' = A''C' \cos \phi = L \sin \gamma \cos \phi$

$\therefore \triangle AA''A'$ 为直角三角形 ($\angle AA''A'$ 为 90°)

$\therefore A'A'' = AA'' \operatorname{ctg} \beta = L \cos \gamma \operatorname{ctg} \beta$

$\therefore A'B' = A'A'' + A''B'$

$\therefore H_{\text{水}} = A'B' = L \cos \gamma \operatorname{ctg} \beta + L \sin \gamma \cos \phi$

$$= L (\cos \gamma \operatorname{ctg} \beta + \sin \gamma \cos \phi) \quad (4)$$

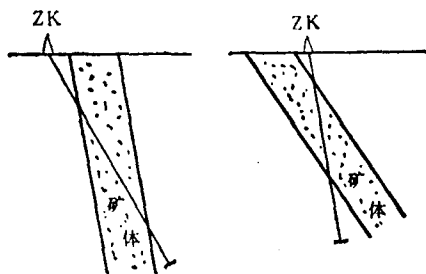
在实际工作中, 正向孔总是占绝大多数, 因此本手册采用 (4) 式计算的综合函数值列表。在正表上方标出了矿体倾角 (β), 取值 $55^\circ - 90^\circ$, 在表内上部 (γ) 列出了钻孔天顶角, 取值 $0^\circ - 39^\circ$, 在表左上方 (ϕ) 列出了钻孔方向与勘探线间的偏离角, 取值 $0^\circ - 45^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ, 90^\circ$ 。

上述 β, γ, ϕ 取值范围可满足绝大部分的陡倾斜矿体水平厚度计算。

同理可证, 当钻孔方向和矿体倾向一致 (反向孔) 并穿过矿体时 (见图

3), 则:

(1) 钻孔从矿体下



(1)

(2)

图 3

盘同向穿过矿体:

$$H_{\text{水}} = L(\sin\gamma\cos\phi - \cos\gamma\text{ctg}\beta)$$

(2) 钻孔从矿体上盘同向穿过矿体:

$$H_{\text{水}} = L(\cos\gamma\text{ctg}\beta - \sin\gamma\cos\phi)$$

故反向孔计算水平厚度公式为

$$H_{\text{水}} = L|\cos\gamma\text{ctg}\beta - \sin\gamma\cos\phi| \quad (5-1)$$

将 β 、 γ 、 ϕ 及 L 的数据直接代入 (5-1) 式即可求得反向孔所揭穿的矿体水平厚度, 但是这种方法计算比较繁琐。将 (5-1) 式作进一步演算即得 (5-2) 式:

$$\begin{aligned} H_{\text{水}} &= L|\cos\gamma\text{ctg}\beta - \sin\gamma\cos\phi| \\ &= L|2\cos\gamma\text{ctg}\beta - (\cos\gamma\text{ctg}\beta + \sin\gamma\cos\phi)| \quad (5-2) \end{aligned}$$

这样根据(4)式编制的正表便可进行计算了, 因为式中 $\cos\gamma\text{ctg}\beta$ 即为 $\phi=90^\circ$ 时的 $\cos\gamma\text{ctg}\beta + \sin\gamma\cos\phi$ 值, (此时 $\sin\gamma\cos\phi=0$), 可查正表, 而 $(\cos\gamma\text{ctg}\beta + \sin\gamma\cos\phi)$ 又可直接查正表。

2. 矿体垂直厚度计算公式

对缓倾斜矿体 (倾角 $0^\circ-30^\circ$) 一般要以垂直厚度 (又称铅垂厚度) 作为储量计算的参数。

从图 4 可知 (符号同图 2)

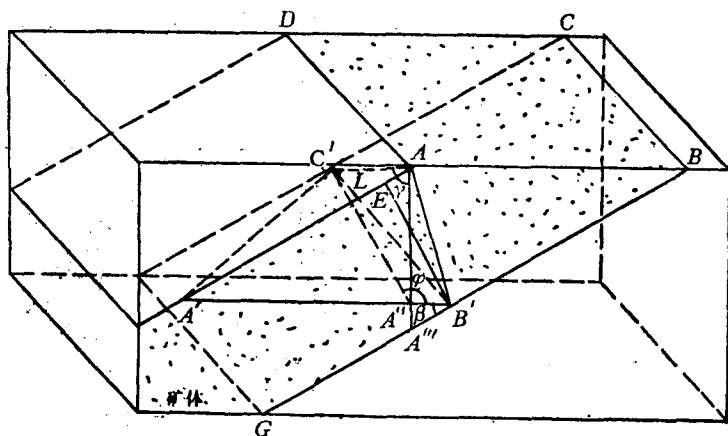


图 4

$$H_{\text{垂}} = AA''$$

∵ $\triangle AA''C'$ 为直角三角形 ($\angle AA''C' = 90^\circ$)

$$\therefore AA'' = L \cos \gamma \quad C'A'' = L \sin \gamma$$

∵ $\triangle C'B'A''$ 为直角三角形 ($\angle C'B'A''$ 为 90°)

$$\therefore B'A'' = C'A'' \cos \phi = L \sin \gamma \cos \phi$$

∵ $\triangle B'A''A''$ 是直角三角形 ($\angle B'A''A''$ 为 90°)

$$\therefore A''A''' = B'A'' \operatorname{tg} \beta \text{ 由上式代入}$$

$$= L \sin \gamma \cos \phi \operatorname{tg} \beta$$

$$H_{\text{垂}} = AA'' = AA'' + A''A''' = L \cos \gamma + L \sin \gamma \cos \phi \operatorname{tg} \beta$$

$$= L (\cos \gamma + \sin \gamma \cos \phi \operatorname{tg} \beta) \quad (6)$$

同理可证, 当钻孔方向和矿体倾向一致时 (即反向孔):

$$H_{\text{垂}} = L (\cos \gamma - \sin \gamma \cos \phi \operatorname{tg} \beta) \quad (7)$$

由 (6) 式和 (7) 式综合而得

$$H_{\text{垂}} = L (\cos \gamma \pm \sin \gamma \cos \phi \operatorname{tg} \beta) \quad (8)$$

3. 矿体真厚度计算公式

对中等倾斜矿体 (倾角 $30^\circ - 55^\circ$), 一般要以真厚度作为储量计算的参数。对于某些金属矿床的陡倾斜矿体有时也以真厚度作为储量计算的参数。

由图 2 可知, 正向孔揭穿陡倾斜矿体时, 真厚度 $B'E$

$$= A'B' \sin \beta, \text{ 将 (4) 式代入得}$$

$$H_{\text{真}} = L (\cos \gamma \operatorname{ctg} \beta + \sin \gamma \cos \phi) \sin \beta \quad (9)$$

而 $(\cos \gamma \operatorname{ctg} \beta + \sin \gamma \cos \phi)$ 可查正表。

由图 4 可知, 正向孔揭穿缓倾斜矿体时, 真厚度 $B'E$

$$= AA''' \cos \beta, \text{ 将 (6) 式代入得}$$

$$H_{\text{真}} = L (\cos \gamma + \sin \gamma \cos \phi \operatorname{tg} \beta) \cos \beta \quad (10)$$

如果需要计算反向孔的真厚度, 则将上两式的“+”号改为“—”号, 对结果取绝对值即可。

除此之外, 尚有许多计算真厚度的公式和办法, 此处不再赘述。

二、问题讨论

1. 本计算公式的主要优缺点

(1) 由(4)式可知, 计算水平厚度采用直接测量数据, 而不必换算视倾角, 也不必求相遇角。此外, 已将计算的综合函数值列成表格, 既便于使用, 又能确保计算精度, 反映了真实水平厚度。这是本手册及所采用公式的主要优点。

(2) 本计算公式系由勘探线垂直于矿体时推导而来, 对于不垂直矿体时, 公式使用有一定限制。我们提出了校正公式, 虽然有所弥补, 毕竟比较麻烦, 这是主要缺点。

2. 本计算公式的应用范围及水平厚度、垂直厚度和真厚度计算公式之间的关系

(1) 就(4)式而言, 影响矿体水平厚度计算的有 β 、 γ 、 ϕ 三个变数, 但这三者影响程度各有不同。

(1) 当 $\beta=90^\circ$ (直立矿体) 时, $H_{\text{水}}=L\sin\gamma\cos\phi$ 。

这时 $H_{\text{水}}=H_{\text{真}}$, $H_{\text{垂}}=\infty$, 则无意义。

当 $\beta=0^\circ$ (水平矿体) 时, $H_{\text{水}}=\infty$, 则无意义。

这时 $H_{\text{垂}}=H_{\text{真}}=L\cos\gamma$ 。与 ϕ 变化无关。

(2) 当 $\gamma=0^\circ$ (直孔), 同时偏离角 $\phi=0$, $H_{\text{水}}=L\text{ctg}\beta$ 。

当 $\gamma=90^\circ$ (水平孔), $\phi\neq 0^\circ$ 时, $H_{\text{水}}=L\cos\phi$ 。

(3) $\phi=90^\circ$, $0^\circ<\gamma<90^\circ$, $0^\circ<\beta<90^\circ$ 时,

设计的直孔施工结果可能成了陡倾斜钻孔, 偏离预定点不远, 质量上属合格孔。 $H_{\text{水}}=L\cos\gamma\text{ctg}\beta$ 。用本表仍然可以计算水平厚度。而用雅克仁公式就不能计算水平厚度。因为本手册所采用的计算公式包括了 β 、 γ 、 ϕ 三者在 $0^\circ-90^\circ$ 区间的任何角度组合。

(2) 由图2可知, 陡倾斜矿体 $H_{\text{真}}$ 等于陡倾斜矿体的 $H_{\text{水}}\sin\beta$ 。因此只要求得水平厚度, 就可以很方便地求得真厚度。

3. 矿体走向和勘探线不垂直时水平厚度的校正

(1) 当钻孔前进方向位于勘探线和矿体走向的钝角面, 而且由正向孔穿过矿体时, 由图 5 可知:

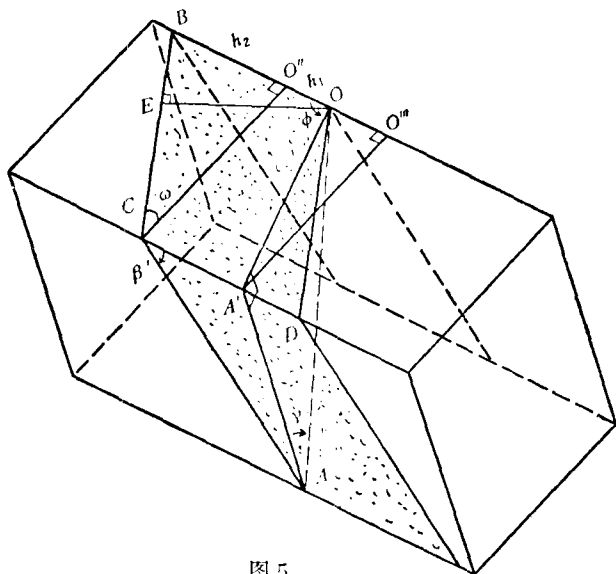


图 5

BODC——通过钻孔切过矿体上盘端点 *O* 点时的水平面

OB、DC——勘探线

CB、DO——矿体走向线

O, A ——钻孔斜切过矿体上下盘端点交点

OA——钻孔见矿视厚度(L)

OE ——矿体倾向线方向水平厚度

 β' ——勘探线方向矿体视倾角

ω ——真正的矿体走向线(CB)与假设的垂直于勘探线(DC)时的矿体走向线(CO'')的夹角

$$H_{\text{水}} = h_1 + h_2, \text{ 式中 } h_1 = OO'', h_2 = O''B, \text{ 即}$$
$$H_K = OO'' + O''B = OB.$$

经数学推导, 最终得

$$H_{\text{水}} = L(\cos\gamma \operatorname{ctg}\beta' + \sin\gamma \cos\phi) + L\sin\gamma \sin\phi \operatorname{tg}\omega \quad (11)$$

显然, (11) 式比较繁琐。从图 5 可知, 可先求得 OE , 则勘探线上的水平厚度

$$H_{\text{水}} = OE \frac{1}{\cos\omega} = L[\cos\gamma \operatorname{ctg}\beta + \sin\gamma \cos(\phi - \omega)] \frac{1}{\cos\omega} \quad (12)$$

上式中, $OE = L[\cos\gamma \operatorname{ctg}\beta + \sin\gamma \cos(\phi - \omega)]$, 令 $\phi - \omega = \phi'$, $OE = L(\cos\gamma \operatorname{ctg}\beta + \sin\gamma \cos\phi')$, 就能利用正表查出综合函数值, 然后即可求得勘探线上的水平厚度。

(2) 同理可知, 当钻孔位于勘探线和矿体走向的锐角面, 而且由正向孔穿过矿体时, 则应减去 h_2 ,

$$\text{所以 } H_{\text{水}} = L(\cos\gamma \operatorname{ctg}\beta' + \sin\gamma \cos\phi) - L\sin\gamma \sin\phi \operatorname{tg}\omega \quad (13)$$

由 (11) 式和 (13) 式综合而得

$$H_{\text{水}} = L(\cos\gamma \operatorname{ctg}\beta' + \sin\gamma \cos\phi) \pm L\sin\gamma \sin\phi \operatorname{tg}\omega \quad (14)$$

在实际工作中, 勘探线与矿体走向交角大于 80° 时 (即 $\omega \leq 10^\circ$), 一般可以不进行校正。

4. 计算厚度时需要注意的两个问题

(1) 本手册所列正表, 适用于陡倾斜矿体计算水平厚度时查用。如果一个地区或一个矿床以求真厚度或垂直厚度为主, 可事先将所用公式 (6) 式或 (10) 式编成计算机程序, 以 1° 为单位, 将所得综合函数值列成表格, 以便于使用。

(2) 在找矿勘探实践中, 遇到的情况千差万别, 因限于篇幅, 本手册还不能包括工作中遇到的所有情况。针对特殊情况应具体推导公式和计算, 方可获得比较可靠的厚度计算结果。

三、表的使用说明

正表中的综合函数值是以钻孔见矿视厚度 (L) 为 1 米时相应的矿体水平厚度的综合函数值。应用时, 必须把函数值乘上

钻孔见矿视厚度，才能得到矿体水平厚度。

例1. 钻孔方向和矿体倾向相反时（即正向孔）， $L=2$ 米， $\gamma=10^\circ$ ， $\beta=70^\circ$ ， $\phi=40^\circ$ ，求矿体水平厚度。

先在正表上方找到 $\beta=70^\circ$ ，查 $\gamma=10^\circ$ 的竖行， $\phi=40^\circ$ 的横向交点处为0.4915， $H_{\text{水}}=2\text{米}\times 0.4915=0.983\text{米}$ 。四舍五入取小数后两位有效数字，即得矿体水平厚度为0.98米。

例2. 钻孔方向和矿体倾向相反时（即正向孔）， $L=3.78$ 米， $\gamma=17^\circ 30'$ ， $\beta=80^\circ$ ， $\phi=50^\circ$ ，求矿体水平厚度。

本例不可能象例1那样直接查表得到综合函数值，而必须采用内插法：先查 $\beta=80^\circ$ ， $\phi=50^\circ$ 时的 $\gamma=17^\circ$ 和 18° 的综合函数值，然后进行内插，即可得到0.3614值。 $H_{\text{水}}=3.78\text{米}\times 0.3614=1.37\text{米}$ ，即矿体水平厚度为1.37米。

当进行水平厚度计算时，接触到的数据往往并非整数，有时甚至 β 、 γ 、 ϕ 都是如此。对此，提出如下处理办法：

1) 当 ϕ 的尾数 $<30'$ 时舍去， $>30'$ 时可进为 1° ，误差在小数点后第四位或第三位，影响不大。对 γ 、 β 则应分别进行内插，才能求得比较准确的水平厚度。

2) 当 $\phi>45^\circ$ 后，只取 50° 、 60° 、 70° 、 80° 、 90° 五个数据，主要考虑 $\phi>45^\circ$ 的情况比较少见。当 ϕ 在这些数值之间时可用内插法取近似值。如果要求精确数，则必须将数据直接代入公式计算。为了便于计算，本手册附有三角函数表（副表）。

例3. 钻孔方向和矿体倾向一致（反向孔）时， $L=5$ 米， $\gamma=12^\circ$ ， $\beta=72^\circ$ ， $\phi=50^\circ$ 求矿体水平厚度。

先查出 $\beta=72^\circ$ ， $\gamma=12^\circ$ ， $\phi=90^\circ$ 时的 $\cos\gamma\text{ctg}\beta$ 函数值（=0.3178），再查出 $\beta=72^\circ$ ， $\gamma=12^\circ$ ， $\phi=50^\circ$ 时的 $(\cos\gamma\text{ctg}\beta+\sin\gamma\cos\phi)$ 值（=0.4515），代入（5-2）式得 $H_{\text{水}}=5\text{米}\times (2\times 0.3178-0.4515)=0.92\text{米}$ 。矿体水平厚度等于0.92米。

例4. 钻孔方向和矿体倾向相反时（即正向孔） $L=3\text{米}$ ， $\gamma=5^\circ$ ， $\beta=62^\circ$ ， $\phi=50^\circ$ 求矿体真厚度。

先查正表计算得， $H_{\text{水}} = 3 \text{米} \times 0.5857 = 1.76 \text{米}$

再查副表， $\sin 62^\circ = 0.8829$

$$H_{\text{真}} = H_{\text{水}} \sin \beta = 1.76 \text{米} \times 0.8829 = 1.55 \text{米}$$

即矿体真厚度为1.55米。

至于由反向孔所揭穿的陡倾斜矿体求真厚度，可参考例3、例4的办法，先求得水平厚度，然后乘以 $\sin \beta$ 即可得到该孔所揭穿的矿体的真厚度，在此就不一一举例了。

正 表

矿体水平厚度计算综合函数值表

$$H_{\text{水}} = L(\cos\gamma \operatorname{ctg}\beta + \sin\gamma \cos\phi)$$

$$\beta = 55^\circ$$

$\varphi \backslash \gamma$	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
0°	0.7002	0.7176	0.7347	0.7516	0.7683	0.7847	0.8009	0.8169	0.8326	0.8480
1°	0.7002	0.7176	0.7347	0.7516	0.7682	0.7847	0.8009	0.8168	0.8325	0.8480
2°	0.7002	0.7175	0.7347	0.7516	0.7682	0.7846	0.8008	0.8168	0.8325	0.8479
3°	0.7002	0.7175	0.7346	0.7515	0.7682	0.7846	0.8008	0.8167	0.8324	0.8478
4°	0.7002	0.7175	0.7346	0.7515	0.7681	0.7845	0.8006	0.8166	0.8322	0.8476
5°	0.7002	0.7175	0.7345	0.7514	0.7680	0.7844	0.8005	0.8164	0.8320	0.8474
6°	0.7002	0.7175	0.7345	0.7513	0.7679	0.7842	0.8003	0.8162	0.8318	0.8472
7°	0.7002	0.7174	0.7344	0.7512	0.7677	0.7840	0.8001	0.8159	0.8315	0.8469
8°	0.7002	0.7174	0.7343	0.7511	0.7676	0.7839	0.7999	0.8157	0.8312	0.8465
9°	0.7002	0.7173	0.7343	0.7509	0.7674	0.7836	0.7996	0.8154	0.8309	0.8461
10°	0.7002	0.7173	0.7342	0.7508	0.7672	0.7834	0.7993	0.8150	0.8305	0.8456
11°	0.7002	0.7172	0.7340	0.7506	0.7670	0.7831	0.7990	0.8146	0.8300	0.8451
12°	0.7002	0.7172	0.7339	0.7504	0.7667	0.7828	0.7986	0.8142	0.8295	0.8446
13°	0.7002	0.7171	0.7338	0.7502	0.7665	0.7825	0.7982	0.8137	0.8290	0.8440
14°	0.7002	0.7170	0.7336	0.7500	0.7662	0.7821	0.7978	0.8132	0.8284	0.8434
15°	0.7002	0.7170	0.7335	0.7498	0.7659	0.7817	0.7973	0.8127	0.8278	0.8427
16°	0.7002	0.7169	0.7333	0.7496	0.7656	0.7813	0.7968	0.8121	0.8272	0.8410
17°	0.7002	0.7168	0.7332	0.7493	0.7652	0.7809	0.7963	0.8115	0.8265	0.8412
18°	0.7002	0.7167	0.7330	0.7490	0.7648	0.7804	0.7958	0.8109	0.8258	0.8404
19°	0.7002	0.7166	0.7328	0.7487	0.7645	0.7800	0.7952	0.8102	0.8250	0.8395
20°	0.7002	0.7165	0.7326	0.7484	0.7641	0.7794	0.7946	0.8095	0.8242	0.8386
21°	0.7002	0.7164	0.7324	0.7481	0.7635	0.7789	0.7940	0.8088	0.8233	0.8376
22°	0.7002	0.7163	0.7321	0.7478	0.7632	0.7784	0.7933	0.8080	0.8224	0.8366
23°	0.7002	0.7162	0.7319	0.7474	0.7627	0.7778	0.7926	0.8072	0.8215	0.8356
24°	0.7002	0.7160	0.7317	0.7470	0.7622	0.7772	0.7919	0.8063	0.8205	0.8345
25°	0.7002	0.7159	0.7314	0.7467	0.7617	0.7765	0.7911	0.8054	0.8195	0.8334
26°	0.7002	0.7158	0.7311	0.7463	0.7612	0.7759	0.7903	0.8045	0.8185	0.8322
27°	0.7002	0.7157	0.7309	0.7459	0.7607	0.7752	0.7895	0.8036	0.8174	0.8310
28°	0.7002	0.7155	0.7306	0.7455	0.7601	0.7745	0.7887	0.8026	0.8163	0.8297
29°	0.7002	0.7154	0.7303	0.7450	0.7595	0.7738	0.7878	0.8016	0.8151	0.8284
30°	0.7002	0.7152	0.7300	0.7446	0.7589	0.7730	0.7869	0.8005	0.8139	0.8271
31°	0.7002	0.7151	0.7297	0.7441	0.7583	0.7723	0.7860	0.7995	0.8127	0.8257
32°	0.7002	0.7149	0.7294	0.7436	0.7577	0.7715	0.7850	0.7984	0.8114	0.8243
33°	0.7002	0.7147	0.7291	0.7431	0.7570	0.7707	0.7840	0.7972	0.8101	0.8228
34°	0.7002	0.7146	0.7287	0.7426	0.7563	0.7698	0.7830	0.7960	0.8088	0.8213
35°	0.7002	0.7144	0.7284	0.7421	0.7556	0.7689	0.7820	0.7948	0.8074	0.8197
36°	0.7002	0.7142	0.7280	0.7416	0.7549	0.7680	0.7809	0.7936	0.8060	0.8181
37°	0.7002	0.7140	0.7277	0.7410	0.7542	0.7671	0.7799	0.7923	0.8045	0.8165
38°	0.7002	0.7139	0.7273	0.7405	0.7535	0.7662	0.7787	0.7910	0.8031	0.8149
39°	0.7002	0.7137	0.7269	0.7399	0.7527	0.7653	0.7776	0.7897	0.8016	0.8132
40°	0.7002	0.7135	0.7265	0.7393	0.7519	0.7643	0.7764	0.7883	0.8000	0.8114
41°	0.7002	0.7132	0.7261	0.7387	0.7511	0.7633	0.7753	0.7869	0.7984	0.8096
42°	0.7002	0.7130	0.7257	0.7381	0.7503	0.7623	0.7741	0.7855	0.7968	0.8078
43°	0.7002	0.7129	0.7253	0.7375	0.7495	0.7613	0.7728	0.7841	0.7952	0.8060
44°	0.7002	0.7127	0.7249	0.7369	0.7487	0.7602	0.7716	0.7827	0.7935	0.8041
45°	0.7002	0.7124	0.7245	0.7363	0.7478	0.7592	0.7703	0.7812	0.7918	0.8022
50°	0.7002	0.7113	0.7222	0.7329	0.7433	0.7536	0.7636	0.7733	0.7829	0.7921
60°	0.7002	0.7088	0.7172	0.7254	0.7334	0.7411	0.7486	0.7559	0.7630	0.7698
70°	0.7002	0.7061	0.7117	0.7171	0.7224	0.7274	0.7321	0.7367	0.7410	0.7451
80°	0.7002	0.7031	0.7058	0.7083	0.7106	0.7127	0.7145	0.7161	0.7176	0.7188
90°	0.7002	0.7001	0.6998	0.6992	0.6985	0.6975	0.6964	0.6950	0.6934	0.6916