
計算公路土方工程量的諾模图

康德科夫 著

：張崇亮 合譯

人 民 交 通 出 版 社

本書是闡明使用諸模圖計算土方工程數量的小冊子。用諸模圖計算土方工程數量，比用表來計算土方工程數量可大大縮短時間。

上述方法適用於公路、鐵路、运河、堤壩等一切土方工程。

本小冊子可供土工構造物設計及施工人員參考。

計算公路土方工程量的諸模圖

Н. И. КОМДАНОВ

НОМОГРАММЫ
ДЛЯ ПОДСЧЕТА ОБЪЕМОВ
ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ
НА АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДОРОГАХ

НАУЧНО ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
АВТОТРАНСПОРТНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1957

本書根據苏联汽車運輸与公路部出版社1957年莫斯科俄文版本譯出

王乃仁 張崇堯 合譯

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

新華書店發行

人民交通出版社印刷廠印刷

1959年10月北京第一版 1959年10月北京第一次印刷

開本：787×1092毫米 印張：2又1/2張 插頁1

全書：49,000字 印數：1—1,800冊

統一書號：15044·1360

定價(10)：0.30元

目 录

序 言	1
一、計算路堤和路堑横断面面积的公式	5
二、計算体积的諾模图	22
三、如何在实际工作中使用图解法	26
四、表和附录	45

序 言

現在修筑及設計公路路基時，主要是用查表^①的方法來計算土方工程數量。表中記有梯形橫斷面的面積及算到一位小數的土方體積數量。所謂梯形是指：下面（上面）的地面綫，兩邊的边坡綫，上面（下面）連接兩路基邊緣的直綫所形成的梯形。表中所查得的結果要加上修筑路槽的修正值。

上述方法理論上的缺點是不能對所有實際情況都能得出正確的土方工程數量，正如分析所指出的那樣：公路路基土方工程數量，不僅與工作標高有關，而且與施工方法也有關係。影響土方工程數量的施工方法有二，第一種方法是把路基工程分兩階段來施工，前一階段是修路基，這時將路基修到某一標高，便在修筑路槽時，保證既不外運土壤，也不向外面運出土壤，後一階段是修筑路槽，第二種方法是把路堤和路槽一次修成，也就是在修筑路基的同時，把路槽也作好。無論採用那一種方法，都要根據路基的縱斷面、土壤的物理力學性質及施工的期限來決定。例如：不准將作好路槽的路基長期處於春秋雨季道路泥濘的情況中，或不准將修路肩的土壤，以土堆形式堆在以後修路槽的地点上，以免以後又要從路槽地点將這些土堆移到路肩上。

當採用第一種方法施工時，由於不能正確定出填方與挖方或挖方與填方的界限，因而不能得到正確的土方工程數量。

當工作標高系填方的標高，但系在路基高度與路基邊緣高度間的范围內時（此路基系採用第一種方法施工），則查表所得

① 計算土方工程數量用的表。

到的填方实际上应是挖方。

直接对某一地段加上修正值，只能不准确地减小该段内的填方数量，但不能定出实际应有的挖方数量。

不正确的采用第二种方法施工时，路基土方工程数量，将出现同时有挖方和填方的地段。当地面线切割横断面的各部分（路肩及路槽）时，就会有这样的情况。表不能对任何一个断面，既能查出填方，同时又能查出挖方。

加入路槽的修正值，即能免去以上所指出的缺点，例如：地面线较路基边缘高度低1公分时（也就是当填方工作标高等于0.01公尺，路基宽为10.0公尺，行车部分为6.0公尺，填方边坡为1:1.5，道路中线上的路槽深度为0.4公尺，行车部分横坡为30%，路肩横坡为50%，而路槽的横坡为30%时），查表得出的填方横断面面积等于 $10 \times 0.01 = 0.1$ 平方公尺。

在得出的结果中，应加入修筑路槽的修正值，其值等于1.33平方公尺，符号为负号。因为修正值系加在某地段填方或挖方的总值中，所以加入修正值后此总值将减少1.33立方公尺。式中 N 为工作标高等于0.01公尺的地段长度。因此我们对该段不但不能得出填方或挖方数量，并且将其他地段中所得的填方数量减小了。事实上，在此断面每一延公尺长度上有填方，也有挖方。填方为0.24立方公尺，挖方为1.47立方公尺，而且边沟的土方数量还未计算在内。

如再将修筑路槽的附加工程算在一起时（有时需要作这一工程），则这些工程将在某种程度上补偿土方工程数量中少算的部分。

如地面线位于路槽底中点的高度时（这时此示例中的高度相当于0.21公尺的工作标高），我们查表得出每一延公尺的填方数量为 $(10.0 + 0.21 \times 1.5) \times 0.21 = 2.17$ 立方公尺。

加入修筑路槽的修正值时（其值为1.33立方公尺，其符号为负号），则我们所得的填方数量等于0.84立方公尺。但事实上该断面的填方为1.1立方公尺，而挖方为0.27立方公尺。像在第一种情况一样，如再考虑到修筑路槽，我们就会毫无理由地增大工程量。因为在这种情况下查表得出的结果（加入修正值之后）将接近于实际结果，所以如照上述情况考虑问题，则在总数中将毫无理由地增大工程数量，如不考虑修筑路槽的工程，则已得的工程数量又会减少一些。

这时应当注意，低填方的水沟土方数量应单独计算。在低填方道路土方工程数量的计算示例中可以看出，查表计算土方工程数量的误差是非常大的。

应当注意经常随填方变成挖方，或挖方变成填方而出现低填方或浅挖方的情况。因此应当找出一种新的计算方法，以保证得到正确的结果。

上述适合于公路的情况，也适合于带棱形体的铁路路基，只有在用排水土壤修成无棱形体的路基时，才能对铁路路基得出正确的结果。在路基宽为5.0公尺，棱体高为0.15公尺的情况下，最大误差每一延公尺达到0.55立方公尺。

表的种类多是查表计算土方数量方法的第二个缺点。其所以种类繁多是因为对一定宽度的路基，规定深度和底宽以及规定边坡坡度的水沟，均需要制定一些表式。如路基的任一部分有所变更，表也要随之变动。因为土工构造物类型繁多，因此进行计算各种土工构造物（各等级的公路，各类型宽窄轨的铁路、运河等）的单位要及时地保证有各类型的表是很困难的。因此没有这些表的单位，就必须用公式以分析方法进行计算，因而白白地用去很多时间。

要用很多的劳动力来计算某一地段中的土方工程数量，是

查表計算土方工程數量方法的第三個重大缺點，尤其是用插入法求算工作標高相差2~3公分時的數值時，更要費很多的时间，且需要經常注意符號，更是麻煩。這些符號要依所計算地段的長度，在表的積數中求得。

必須單獨計算小填方中的水溝方數，也應算是查表計算土方工程數量方法的缺點。例如對各種橫斷面的水溝，都要編制一些表，也是很困難的。最後，對土工構造物全長要加入修路槽及稜形體的修正值也應認為是它的缺點。考慮此修正值時，就需要計算填方及挖方地段的長度，因此也就不能判斷每一斷面中填方與挖方的實際關係。

以上提出的缺點是由所採用計算方法的本質產生的，要消滅這些缺點就必須改變計算的方法。

最近提出以諾模圖代替計算土方工程數量用的表，其中要提出技術科學碩士M.H.利托夫所制的諾模圖。這些諾模圖系根據查表計算的方法創造的，因此仍然保存他的重要缺點。所以在用諾模圖計算土方數量時，容許有與查表計算時的同樣誤差。M.H.利托夫的諾模圖能對各種不同寬度的路基進行計算，並在各斷面中加入按諾模圖求出的適當修正值。對每一具有不同深度邊溝、边坡和底寬的橫斷面，都須要用個別的諾模圖來計算。根據計算土工構造物土方數量的公式和新的原理，提出此諾模圖的計算方法。

用所得的公式和制好的諾模圖：

1. 不論地面線在橫斷面上各部分任何處切割，或使用任何方法施工，均能求得真實的土方數量；
2. 用同一諾模圖可以進行計算各種不同類型構造物的土方工程數量；
3. 少用很多不同的表和圖，並節省計算的時間。

一、計算路堤和路堑橫断面面積的公式

1. 計算普通路堤和路堑橫断面面積的公式

我們都知道，在修筑公路时，为了确定土方工程数量先要求出橫断面面积。此橫断面面积系指上面（下面）到地面綫，側面到边坡綫，而下面（上面）到两边坡綫間路基橫断面直綫以內的橫断面而言。这种橫断面以折綫組成。

調整綫的一般运用及其判断 調整綫是在路基橫剖面某一高度上的割切綫，在調整綫以下一部分橫剖面的面积等于在它以上一部分橫剖面的面积。路堤和路堑上的調整綫的位置不同，因此一种称为路堤調整綫，另一种称为路堑調整綫。

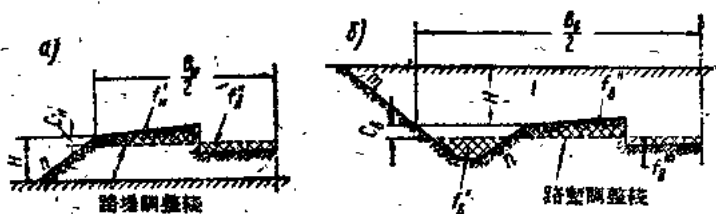


图1 公路路基橫剖面

a) 路堤 b) 路堑

按图1所示公路橫剖面上調整綫的特点，可列出下列等式：

路堤公式为 $f'_H = f''_H$,

路堑公式为 $f'_B + f'''_B = f''_B$.

式中 f 为横剖面各部分的断面面积。

根据图 1 写出下列公式：

$$F_H^p = B_H + 2C_H n + (H - C_H)n (H - C_H),$$

$$F_B^p = B_B - 2C_B m + (H + C_B)m (H + C_B)。$$

式中 F_H^p 和 F_B^p 为利用调整线确定的路堤或路堑的横断面面积，

B_H 和 B_B 为路堤或路堑在标高高度处的宽度，

C_H 和 C_B 为路基边缘至调整线的距离，

n 和 m 为路堤或路堑的边坡系数，

H 为工作标高值。

约减式中相同的各因数，并从括弧中提出 n 和 m ，以 H 代相邻两断面工作标高之和，则得出下列公式：

$$F_H^p = 0.25 n \left(\frac{2B_H}{n} + 2C_H + H \right) (H - 2C_H),$$

$$F_B^p = 0.25 m \left(\frac{2B_B}{m} - 2C_B + H \right) (H + 2C_B)。$$

或以下列条件作为这种型式路基的常数：

$$B_H^0 = \frac{2B_H}{n} \pm 2C_H;$$

$$2C_H = C_H^0;$$

$$B_B^0 = \frac{2B_B}{m} \pm 2C_B;$$

$$2C_B = C_B^0,$$

則最后得出下列公式:

$$F_H^p = 0.25n(B_H^0 + H)(H \pm C_H^0), \quad (1)$$

$$F_B^p = 0.25m(B_B^0 + H)(H \pm C_B^0). \quad (2)$$

对 $\frac{2B_H}{n} \pm 2C_H$ 和 $\frac{2B_B}{m} \pm 2C_B$, 应当注意它們代数之和的符号。

两倍調整綫标高前的符号, 应根据由路基边缘标高調整到調整綫时, 路堤或路堑的寬度减小或增大来决定。当寬度减小时, 两倍調整綫标高的符号为减号; 当寬度增大时, 其符号为加号。

$H \pm C_H^0$ 和 $H \pm C_B^0$ 代数之和的符号, 将依調整綫工作标高的增大或减小来决定。当調整綫工作标高增大时, 此代数之和的符号为加号, 当减小时, 則为减号。

相邻工作标高之和 H , 可分为路堤工作标高和路堑工作标高, 即地面綫低于路基边缘标高的路堤工作标高和地面綫高于路基边缘标高的路堑工作标高。

如图 1 所示, 公路可能有这样的地面綫, 即同时有挖方又有填方。但根据上述規則, 工作标高只是填方的工作标高或只是挖方的工作标高。当根据填方工作标高确定填方横断面 F_H^p 时, 工作标高之和 H 采用加号。相反的, 当根据此标高确定挖方横断面 F_B^p 时, H 則采用减号。

同样, 当根据挖方工作标高确定挖方横断面时, 工作标高之和 H 采用加号。相反的, 当根据此标高确定填方横断面时, H 則采用减号。

根据图 2 及相似的公式 (1) 及 (2)，对于按调整线所确定的铁路路堤和路堑横断面的面积，可以下列公式表示之：

$$F_R^p = 0.25n(B_H^0 + H)(H \pm C_H^0), \quad (3)$$

$$F_B^p = 0.25m(B_H^0 + H)(H \pm C_H^0), \quad (4)$$

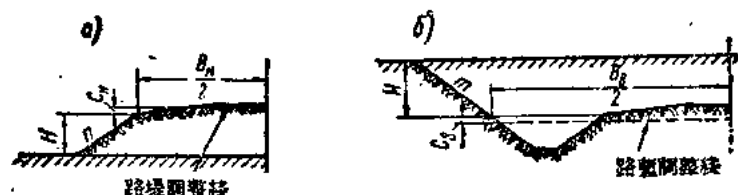


图 2 棱体形的铁路路基横断面
a) 路堤 b) 路堑

对沟槽和堤壩来说，其边坡间的横断面线是直线，调整线与槽底线或壩顶线相重合，因此因数 C_H 和 C_H^0 将等于 0。在此情况下公式将采用下列型式：

$$F_R^p = 0.25n(B_H^0 + H)H, \quad (5)$$

$$F_B^p = 0.25m(B_H^0 + H)H. \quad (6)$$

最后，对三角形断面的沟槽或堤壩其公式中 $B = 0$ ，则上式可简化为：

$$F_R^p = 0.25nH^2, \quad (7)$$

$$F_B^p = 0.25mH^2. \quad (8)$$

根据这些公式所求得的 F_R^p 和 F_B^p 值，在理论上来说，在所有情况下，都是实际填方面积 F_R^A 与实际挖方面积 F_B^A 间的差

数。若以地面线的位置来说，仅有路堤或仅有路堑的情况下，亦即地面线不切割横断面上各部分（如路肩、路槽、边沟）的情况下，由于 F_H^0 或 F_B^0 等于 0，所以求得的 F_H^p 和 F_B^p 将是实际填方或实际挖方的横断面。对于地面线不切割横断面上各部分的沟槽或堤坝来说，根据上述公式所求得的 F_H^p 和 F_B^p 值，永远是实际的填方和挖方。

在地面线切割横断面各部分的情况下，即同时有填方又有挖方的情况下，根据上述公式确定的横断面面积，并不是实际的填方和挖方的面积，而只是挖方超过填方或填方超过挖方的面积，因为在这种情况下 F_H^0 或 F_B^0 不等于 0。

实际上，如果地面线切割横断面各部分或者与填方调整线相重合时，则根据公式 1 所确定的 F_H^p 值，将等于 0。因为在乘数 $H \pm C_H^0$ 中，如 $H - C_H^0$ 中 $H = C_H^0$ 时，则乘数 $H - C_H^0$ 等于 0。等式 $H = C_H^0$ 是因为 H 为两倍的地面工作标高，而 C_H^0 为两倍的调整线工作标高，且按照条件来说，它们是彼此相重合的。在这种情况下，根据调整线的特性，实际填方的横断面面积等于实际挖方的横断面面积，因此也就是实际填方和挖方之间的差数应该等于 0。

当地面线与调整线重合时，以 F_H^p 表示实际填方的面积而以 F_B^p 表示实际挖方的面积，则可将它们写成下列关系，

$$F_{H_0}^p = F_{B_0}^p$$

当移动调整线到 $A-A$ 位置时 (图 3), 填方横断面增大 P 面积, 而挖方横断面减小 V 面积, 这时采用新符号如 F_H^A 和 F_B^A , 并可正确地列出下列等式:

$$F_{H_0}^A + P = F_H^A;$$

$$F_{B_0}^A - V = F_B^A \text{ 或}$$

$$F_{H_0}^A = F_H^A - P;$$

$$F_{B_0}^A = F_B^A + V,$$

因此 $F_H^A - P = F_B^A + V$ 或 $F_H^A - F_B^A = V + P$, 但 $V + P = F_H^P$, 所以

$$F_H^P = F_H^A - F_B^A$$

同样可以准确证明

$$F_B^P = F_B^A - F_H^A$$

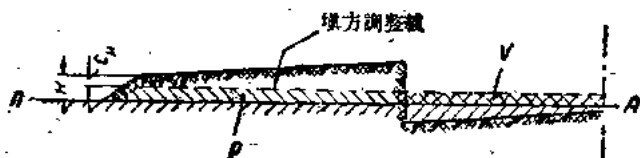


图 3 构成填方和挖方的地面线位置

当确定挖方横断面的面积时, 带减号的结果表明填方超过挖方。如为加号则表明挖方超过填方。在这种情况下, 必须参照前面提明的 H 的符号, 从而决定 F_H^P 和 F_B^P 的符号。同样当确

定填方横断面面积时，带减号的结果将表明挖方超过填方。相反的，如为加号则表明填方超过挖方。带加号的填方面积的计算结果，符合于地面线高于填方调整线的情况。带加号的挖方面积的计算结果，符合于地面线低于挖方调整线的情况。

以 F_H^A 和 F_B^A 表示实际填方和挖方的横断面面积时，则对所有情况均可列成下列公式：

$$F_H^A = F_H^P + F_B^A \quad (9)$$

$$F_B^A = F_B^P + F_H^A \quad (10)$$

因为所指出的和是代数和，所以任何时候都必须考虑 F_H^P 和 F_B^P 的符号。

这样一来，在同一地面线位置的情况下，仅有填方或仅有挖方时，根据公式 (1) — (2)；(3) — (4)；(5) — (6) 或 (7) — (8) 足可确定 F_H^P 和 F_B^P ，也就是实际的填方或挖方横断面面积。因为在填方情况下公式 (9) 中填方 F_H^A 值，和在挖方情况下公式 (10) 中挖方 F_B^A 值，均将等于 0。在同一地面线位置的情况下，同时有填方和又有挖方时，根据公式 (1) — (2) 或 (3) — (4)，对同一地面线所求得的 F_H^P 和 F_B^P 值，不是实际的填方和挖方横断面面积，而只是填方超过挖方或挖方超过填方的断面面积。得出带相应符号的 F_H^P 和 F_B^P 值以后，我们还不一定能根据公式 (9) 和 (10) 求得实际填方的面积或实际挖

方的面积，因为为了确定填方面积，就必须知道挖方的面积值，而为了确定挖方面积，也必须要知道填方的面积值。

因此对公式(1)、(2)、(3)和(4)必须补充另外的公式，以便对所說的情况，能直接确定实际填方的面积或实际挖方的面积。

按公式(3)可求得铁路所有情况的，路基实际填方面积。在地面线高于调整线而又不确定填方的情况下，1延公尺的容许误差将不致超过 ± 0.05 立方公尺。

对公路来说，公式(1)不能表出地面线位于路肩最高点至路槽最低点范围内时的实际填方面积。在此范围内的实际填方面积等于地面线以上的两个路肩的横断面面积。

图4a是两个路肩折合在一起时的几何图形。此几何图形系以同样大的梯形(象图4b所示)组成，其误差并不大。此梯形的横断面面积是：

$$F_{06} = [2b - 2\Delta H n + (H + \Delta H)n](H + \Delta H) = \\ = n \left(\frac{2b}{n} - \Delta H + H \right) (H + \Delta H)。$$

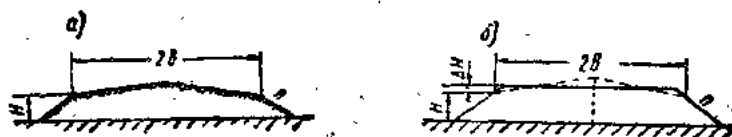


图4 路肩横断面图

a) 两路肩折合在一起时的横断面图 b) 与两路肩同样大的梯形图

如以 H 作为相邻工作标高之和，将所有其他部分加倍，并引用0.25的调整系数，则可得出下式：

$$F_{06} = 0.25n \left(\frac{4b}{n} - 2\Delta H + H \right) (H + 2\Delta H)，$$

按上述类似的方法，得出最后的公式如下：

$$F_{06} = 0.25n (B_H^0 + H) (H + C_H^0), \quad (11)$$

式中 $B_H^0 = \frac{4b}{n} - 2\Delta H$ 和 $C_H^0 = 2\Delta H$

按此公式确定实际填方的面积。实际上此公式是定出代替路肩表面（上限）斜线的水平线至由路槽（下限）上下点中间通过的水平线之间的填方面积。

为了确定上下限线的位置可参看图 5。

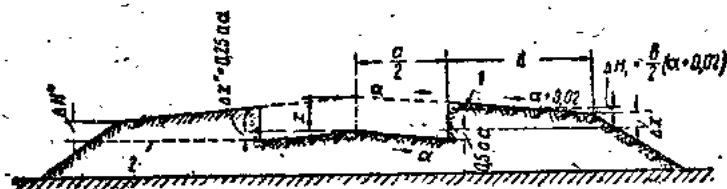


图5 有上限线和下限线的横断面图

1-上限线 2-下限线

$$\Delta X' = x - 0.5a\alpha - b(\alpha + 0.02),$$

$$\Delta H'' = \Delta X' + \Delta X'' = x - 0.25a\alpha - b(\alpha + 0.02),$$

从图 5 来看，上限线高于路基边缘的值为：

$$\Delta H' = \frac{b}{2}(\alpha + 0.02), \quad (12)$$

下限线低于路基边缘的值为：

$$\Delta H'' = x - 0.25a\alpha - b(\alpha + 0.02), \quad (13)$$

式中：b 为路肩宽度

a 为行车部分宽度

α 为行车部分横坡

x 为行车部分中线的路面厚度

不难看出，当地面綫超过上限但低于路肩頂点时，使用提出的方法就不能算出填方的面积。因此可忽略超过上限时路肩横断面的填方面积值。对寬 2 公尺和 50% 横坡的路肩，此种誤差的允許值每 1 延公尺不致超过 0.05 平方公尺。只是当地面綫在上限与路肩上頂点之間通过时，才有此誤差，所以不考虑此种誤差是完全可以允許的。地面綫由下限与路槽最低点之間通过时，也可以不考虑誤差問題。在这种情况下，根据基本公式 (1) 計算出的不是填方的实际面积，而是填方超过挖方的填方面积。以这种超过的填方面积作为真实的填方面积就会产生很大的誤差，其值等于下限与路槽最低点之間的路槽横断面。当路槽寬为 6 公尺，路槽横坡度为 30% 时，最大誤差为 0.07 平方公尺。按照上述原因，这种誤差同样可以忽略不計。

对道路中間有分車道的路堤，确定其真实面积是很重要的。把路肩和分車道折合在一起的几何图形，比一般道路两个路肩折合在一起的几何图形较为复杂 (图 6)。用图 6 中所示直的虚綫 (称之为上限) 代替这种复杂的外形。当以上限直綫代替折綫外形时，上限的位置，应不改变高于路基边缘的路肩和分車道的横断面面积。以 P 表示横断面面积，以 $\Delta H'$ 表示路基边缘与上限两高度間的高差，则可写出下式：

$$P = b^2(\alpha + 0.02) + [b'\alpha + \alpha\alpha + b(\alpha + 0.02) + \alpha\alpha + b(\alpha + 0.02)]b' = b(\alpha + 0.02)(b + 2b') + b'\alpha(b' + 2\alpha)$$

$$\text{和 } P = (2b + 2b' - \Delta H'n)\Delta H' = (2b + 2b')\Delta H' - (\Delta H')^2n$$

$$\text{或 } b(\alpha + 0.02)(b + 2b') + b'\alpha(b' + 2\alpha) = (2b + 2b')\Delta H' - (\Delta H')^2n$$

簡化后得出近似公式：