

第 8 編 土工及爆破

8-1 土壤的工程類別…	8.01	尺長土方表……	8.14
8-2 土壤的自然傾斜角		坡度 = 1:1 ……	8.14
……………	8.03	坡度 = 1:1.5 …	8.15
8-3 土壤體積的換算…	8.03	坡度 = 1:2 ……	8.16
8-4 永久性挖方工程邊		坡度 = 1:2.5 …	8.17
坡坡度……………	8.04	坡度 = 1:3 ……	8.18
8-5 臨時性挖方工程邊		8-14 繩尺量方改正計算	
坡坡度（高度在		。圖表……………	8.19
6 公尺以內）…	8.04	8-15 填挖土工的定位及	
8-6 普通土壤挖方邊溝		算式……………	8.20
標準尺寸……………	8.05	8-16 挖土機挖坑主要尺	
8-7 排水溝底允許最大		寸圖表（公尺）…	8.23
流速……………	8.06	8-17 水力冲刷運土需水	
8-8 填方工程邊坡坡度		量及壓力……………	8.24
……………	8.07	8-18 土方工程的加固法	
8-9 填方預留沉落高度		……………	8.25
百分率……………	8.08	8-19 土方工程的加固類	
8-10 土方計算公式表		型……………	8.27
（斷面積）……………	8.10	8-20 各國黑火藥的配合	
8-11 土方計算公式表		成份表……………	8.30
（體積）……………	8.11	8-21 我國普通黑火藥及	
8-12 土方計算公式表		改進配合成份表	
（廣場土工）……	8.12	……………	8.30
8-13 水平斷面每 100 公		8-22 膠質炸藥配合成份	

表.....	8.31
8-23 工程用各種炸藥的 爆速.....	8.31
8-24 國產炸藥性能表 (撫順礦務局出 品)	8.32
8-25 國產炸藥性能表 (濟南工業局出 品)	8.32
8-26 安全炸藥尺寸及裝 藥量表.....	8.32
8-27 雷管尺寸及裝藥量 表.....	8.33
8-28 導火線及其燃速範 圍.....	8.34
8-29 爆炸鑽孔的計算...	8.35
I. 岩石的比較硬度 及比較韌性.....	8.35
II. 孔徑和岩質對於 鑽孔進度的關係	8.36
III. 各種岩石在 8 小 時工作中的平均 鑽量.....	8.37
8-30 爆炸之理論及裝藥 量計算.....	8.38
I. 爆炸圓錐體.....	8.38

II. 爆炸裝藥量的計 算.....	8.39
III. 裝藥量對於爆炸 效果.....	8.40
8-31 爆炸鑽孔方向、孔 徑及自由面與裝 藥量比.....	8.42
I. 鑽孔方向、位置 及鑽孔間距.....	8.42
II. 鑽孔直徑、孔深 及最小抵抗線...	8.44
III. 自由面與裝藥量 比.....	8.44
IV. 鑽孔裝藥與填塞 的效果.....	8.44
8-32 坑道式大規模爆炸 實施資料.....	8.45
I. 坑道型式.....	8.45
II. 坑道式大規模爆 炸裝藥量.....	8.45
III. 岩石係數表.....	8.45
IV. 導爆線起爆裝配 法.....	8.46
V. 導爆線連結法...	8.46
8-33 柱式大規模爆炸實 施資料.....	8.47
I. 柱式裝藥穿孔的	

排列法.....	8.47	8-34 爆炸工程施工法圖	
II. 柱式間斷裝藥...	8.47	示.....	8.48
III. 孔深及平均間隔			
.....	8.47		

8-1 土壤的工程類別

土壤等級	土 壤 名 稱	緊密土壤 在天然濕 度下的平 均重量 (公斤/公尺 ³)	使用直徑 30公厘的 鑽頭鑽入 1公尺所 需的時間 (分)	開挖的方 法與工具
I	砂和垆母 植物性土壤	1500~1600 1200	— —	用鉄鍬挖掘
II	輕質黃土垆母質粘土 細的和中等卵石 泥炭與含有直徑30公厘以下的 植物根的植物性土土壤 混和着碎石與卵石的腐植土	1600 1700 1100 1750	— — — —	用鉄鍬和略用 丁字鎬翻鬆
III	稀軟粘土 重質垆母質粘土 粗礫石和15~30公厘的碎石 及卵石 乾黃土	1800 1750 1750 1800	— — — —	用鉄鍬丁字鎬 或部份的使用 撬棍挖掘
IV	重質粘土 含有50公斤以下的堆石但塊 石所佔之體積不及10%的 石堆(由冰河所積成之石土 等之堆) 含有10公斤以下的石塊的粗卵石	1950 2000 1950	— — —	用鉄鍬丁字鎬 與撬棍或部份 的使用鐮子和 鉄鏈挖掘
V	緊密堅實的黃土 軟質泥炭岩 不堅的頁岩	1800 1900 2000	小於 3.5	用鉄鍬丁字鎬 或部份的使用 爆炸方法挖掘

8-1 土壤的工程類別

土壤等級	土 壤 名 稱	緊密土壤 在天然濕 度下的平 均重量 (公斤/公尺 ³)	使用直徑 30公厘的 鑽頭鑽入 1公尺所 需的時間 (分)	開挖的方 法與工具
VI	質軟且裂縫很多的石灰岩 中等堅實的泥灰岩	1200 2300~2700	4.0	用爆炸的方法和部份的使用氣錘開採
VII	被風化的砂岩和水成岩與石灰漿 結合成的礫岩	2000	6.0	用爆炸方法與部份氣錘開採
VIII	泥灰質石灰岩 含粘土的砂岩	2300 2200	8.5	用爆炸的方法開採
IX	緊密的石灰岩和砂岩及很多裂縫 的花崗岩，片麻岩和正長岩	2500	11.5	”
X	白雲岩和堅實的石灰岩 石灰質結合成的砂岩	2700 2600	15.0	”
XI	粗顆粒的正長岩和花崗岩	2700~2800	17~20	”
XII	片麻岩 非常堅硬的石灰岩	2600 2900	20~25	”
XIII	中等顆粒的正長岩和花崗岩 輝綠岩	2800~3100 2700	25~30	”
XIV	堅硬的石灰岩 堅硬的斑岩	3100 2700	30~34	”
XV	極堅硬的輝綠岩和閃長岩	2900	40~60	”
XVI	玄武岩 輝長岩石與非常堅硬的斑岩	3300 3300	大於60	”

8-2 土壤的自然傾斜角

堆積土壤的表面與水平面之間所成的角度，稱為自然傾斜角，以 α 表示之。

根據蘇聯土木工程師手冊在鬆散情況下：



土壤種類	乾 燥		潤 濕		潮 濕	
	角度	高度：底邊	角度	高度：底邊	角度	高度：底邊
植物性土	40	1:1.2	35	1:1.4	25	1:2.5
粗 砂	30~35	1:1.75~1.4	32~40	1:1.6~1.2	25~27	1:2.15~2.0
中 粒 砂	25~30	1:1.9~1.75	35	1:1.4	25	1:2.15
細 砂	25	1:2.15	30~35	1:1.75~1.4	15~20	1:3.75~2.75
垆 垆 質 粘 土	40~50	1:1.2~0.85	35~40	1:1.4~1.2	25~30	1:3.13~1.75
砂 質 粘 土	40~45	1:1.2~1.0	35	1:1.4	15~20	1:3.75~2.75
砂 礫	35~40	1:1.4~1.2	35	1:1.4	35	1:1.75
無岩塊的泥炭	40	1:1.2	25	1:2.15	15	1:3.75

8-3 土壤體積的換算

類 別	情 況	體 積 改 換 係 數		
		原 土	鬆 土	實 土
沙	原 土	1.00	1.11	0.95
	鬆 土	0.90	1.00	0.86
	實 土	1.05	1.17	1.00
普 通 土	原 土	1.00	1.25	0.90
	鬆 土	0.80	1.00	0.72
	實 土	1.11	1.39	1.00
粘 土	原 土	1.00	1.43	0.90
	鬆 土	0.70	1.00	0.63
	實 土	1.11	1.59	1.00

註：表列各項數據均屬近似數值，僅供一般估計時的參考。平常在土方工程中計量土方體積，多以挖方取土坑的體積（原土）為準。

8—4 永久性挖方工程邊坡坡度

項次	土壤名稱, 邊坡高度, 開挖目的	邊坡坡度
1	土層均勻, 土質相同, 不受風吹, 不受水冲刷之乾燥粘土, 砂質粘土, 砂土及砂, 除鐵路及公路挖方工程外, 邊坡高度不超過3公尺者	1:1.25
2	土質同上, 包括鐵路及公路, 邊坡高度不超過12公尺者	1:1.5
3	土質同上, 含水量過多, 邊坡高度不拘者	根據特別設計而定
4	礫土、泥灰岩及白堊土, 應依其成層性質、土壤性質及邊坡高度(不超過12公尺)而定	1:1.5~1:0.5
5	乾燥地區內, 土質結構未經破壞之乾燥黃土, 邊坡高度不超過12公尺者	1:0.1
6	易於風化之岩石應依其成層性質、土壤性質及邊坡高度而定	1:1.5~1:0.2
7	很不易風化、無裂縫且不致向挖方之底傾落的岩石, 邊坡高度不超過12公尺者	1:0.1
8	不論何種土壤, 其邊坡高度超過12公尺者	根據特別設計而定

註: 1. 挖方如遇到不屬同類土壤之地層時, 其邊坡坡度可分別根據各該層土壤之實際情況而定。

2. 在未受風化作用之太體積堅石中挖方時, 其邊坡可做成垂直坡或挑出反坡, 但須合乎下列條件: (1) 其上部挑出之反坡不得超過淨空限度; (2) 反坡坡度不得超過 $1/10$; (3) 每一情況下, 堅石之挑出反坡須經計算校驗。在永久性的鐵路挖方中不得做挑出反坡。

3. 黃土及易於風化之岩石內的挖方邊溝外須設護道。護道寬度如下(依照邊坡坡度大小而定): (1) 黃土—1~2公尺; (2) 岩石質—不得超過1公尺。公路挖方兩旁邊溝外之護道寬度, 及廠基手基挖方邊溝外之護道寬度, 均不得小於0.5公尺。

在四周已有建築物之乾黃土空地上挖方時, 邊坡坡度可為1:1~1:1.5, 其作數值按其濕度而定。

8—5 臨時性挖方工程邊坡坡度(高度在6公尺以內)

項次	土 壤 種 類	挖方深度(公尺)	邊坡坡度
1	在普通濕度下之粘土, 砂質粘土及不致受風吹散之砂土	3以內 3~6	1:1 1:1.25
2	無粘性易於流動而能被風吹散之砂	3以內 3~6	1:1.25 1:1.5
3	礫石及泥灰岩(按其性質而定)	3以內 3~6	1:0.5 1:0.5~1:1
4	未風化的頁岩及軟石類	3以內 3~6	1:0.2 1:0.2~1:0.5
5	原組織未遭破壞之乾黃土	——	同上表
6	岩石	——	同上表

* 在施工順利之水力地質情況下。

8—6 普通土壤挖方邊溝標準尺寸

挖方種類	邊溝尺寸		邊溝的边坡坡度	
	深度 (公尺)	寬度 (公尺)	沿路基的一边	沿田野的一边
1.寬軌鐵路的挖方	0.5	0.4	(1)除砂及岩石 以外之土壤 均為1:1. (2)砂質土壤為 1:1.5.	与挖方的 边坡坡度 相同。
2.窄軌鐵路的挖方:				
(1)永久的及長期的	0.5	0.4		
(2)短期的(三年以內)	0.4	0.3		
3.道路挖方	0.5~0.6	0.4		

註：1. 表中所列邊溝尺寸，不包括边坡保護層厚度，如需加保護層時，其断面尺寸應適當加大。

2. 邊溝縱坡坡度延續過長時，其断面之尺寸，應依水力学計算而定。

3. 在任何情況下（沼澤地區除外），邊溝之断面可改為三角形，其大小依流量而定。

按照蘇聯一般土建工程施工驗收技術規範規定：

鐵路地基表面之标高，應高出邊溝最高水位至少0.1公尺。在土壤及水力地質不良的情況下，或地基土壤不能允許濕度過大時，可按實地情況酌予增加。

道路路面下洩水層之底，應高出邊溝溝底0.15公尺以上。

在平坦的或坡度小於0.002之地區挖方時，則在邊溝縱坡坡度轉變點處，其深度可較表列規定減至0.3公尺，而頂寬不變。

修築具有差級之公路時，在挖方零標點處（即下填不挖處）的邊溝，其坡度得為1:3~1:4。

邊溝的縱坡一般應与挖方的縱坡相同；但在任何情況下，鐵路不得小於0.002，道路不得小於0.005。

在排水特殊困難情況下；延續過長而平坦之挖方，或長而縱坡很小之挖方，得將邊溝縱坡減小，在鐵路得減至0.001，公路得減至0.003。

8—7 排水溝底允許最大流速

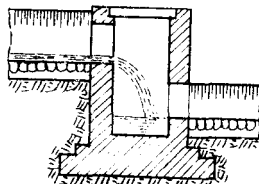
項次	土壤種類及保護層做法	允許最大速度(公尺/秒)
(1) 水流於天然土壤之溝底上		
1	淤泥(淤泥)	0.10
2	細砂	0.15 ~ 0.25
3	砂質粘土, 中粒砂	0.40 ~ 0.60
4	粗砂, 硬粘土	0.60 ~ 0.80
5	泥炭, 細砂礫	1.00
6	含有砂礫之密實粘土	1.50
7	大塊碎石	1.80
8	岩石	2.00 ~ 2.50
9	不風化之片岩	3.00
10	整塊岩石	4.00 ~ 5.00
(2) 水流於溝底, 有加固之保護層者		
11	平鋪草皮	0.60
12	平鋪草皮插有柳苗	1.25
13	側鋪草皮	1.50
14	側鋪草皮插有柳苗	1.75
15	滿鋪樹條捆, 草皮上滿鋪樹條捆	2.00
16	幹苔上鋪單層石塊	2.10
17	離格內鋪單層石塊	3.50
18	樹條捆上鋪石塊, 樹條捆石籠	3.60 ~ 4.00
19	幹苔上鋪雙層石塊	3.00
20	離格內鋪雙層石塊	4.50
21	乾砌石, 拋石	4.00
22	鋪石半圓溝	4.50
23	鋼筋混凝土半圓溝	5.00
24	木質半圓溝	6.00

如邊溝、截水溝及其他排水溝之縱坡太陡, 水流過速, 則溝內必須設保護層, 以免溝底及边坡被水冲刷。為避免陡坡或整個溝內鋪設保護層起見, 可得邊溝等分段做成階梯形(圖 a); 如此僅須於水由上級跌落下級處及於跌落水井(圖 b)內設保護層即可。

每段排水溝之出口處, 其断面应足夠在最大水量時暢通而不外溢。



a. 排水溝之跌落階梯



b. 跌落水井

8-8 填方工程邊坡坡度

I. 填方边坡坡度為1:1.5時的極限高度(公尺):

項次	土 壤 種 類	填 方 類 別	
		重要填方(包括鐵路)	次要填方(包括道路)
1	粘土、細粘土	6	6
2	砂質粘土、泥灰岩	6	7
3	砂土、細砂	6	8
4	黃土	5	6
5	中粒砂及粗砂	10	10
6	礫石及碎石	10	12
7	易風化之岩石	12	12

II. 填方高度超過上表規定,其边坡可採用分段坡度:

(1) 最重要的填方,高度6~9公尺,土壤為黃土時。——自頂起6公尺以下部份,坡度為1:1.75,上部為1:1.5;

(2) 同上情況,但填方高度在12公尺以內時。——上部之6公尺坡度為1:1.5,自6~9公尺間為1:1.75,9公尺以下為1:2;

(3) 土壤為中粒砂及粗砂或為礫石及碎石時。——自頂起10公尺以下部份,坡度為1:1.75,上部為1:1.5。

III. 不易風化之石料填方边坡坡度:

項次	石 塊 之 形 狀 及 大 小	填方最大高度(公尺)	边坡坡度
1	25公分以下之小石块	6 以內 6 ~ 12	1:1.33 1:1.5
2	石块尺寸大於25公分,边坡用最大石块分排鋪砌	12 以內	1:0.75~1:1.25
3	石块底面每边不小於40公分,边坡分排鋪砌	5 以內 5 ~ 10 大於10	1:0.5 1:0.65 1:1.0

IV. 臨時性填方工程的边坡坡度:

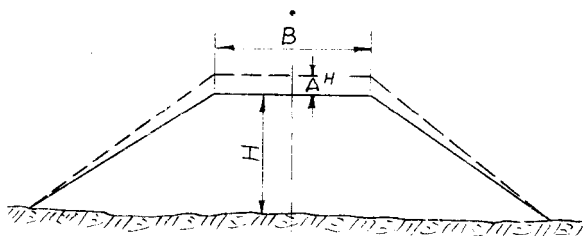
項次	土 壤 種 類	填方最大高度(公尺)	边坡坡度
1	粘土	8	1:1.25
2	乾燥砂土、質脊的乾砂質粘土、砂	8	1:1.25
3	砂質粘土、黑土、黃土	6	1:1.25
4	砂礫,粗砂	12	1:1.25
5	小石块	6	1:0.75
6	至少有一面平的大石块、分排鋪砌	5	1:0.5

8—9 填方預留沉落高度百分率

I. 填方不使用機器滾壓時的預留沉落高度 (按填方高度%) :

土 壤 種 類	填 方 方 法				
	火車運送、運土卡車、 拖拉刮土機、挖土機、 拖車			馬拉刮土機、 坡綫挖土機、 推土小車	
	填 方 高 度 (公尺)				
	4	10	20	4	10
細砂、鬆壤土、鬆植土	3	2	1.5	4	3
粗砂、砂土、輕砂質粘土	4	3	2	6	4
摻有礫石之同類土質	8	6	4	10	8
重砂質粘土、礫石粘土	9	7	6	10	8
泥灰岩、片岩粘土、軟石灰石	9	8	6	10	9
開裂岩石、片岩	6	5	3	—	—
堅石	4	3	2	—	—

註：施工期為兩年時，上表所列之值，可乘以係數 0.75。



8—9 填方預留沉落高度百分率

II. 不使用压路机等滚压填方時分层填築厚度：

填築方法或运土方法	每层厚度(公尺)
正常軌道火車、机械牽引之車皮、橋架上傾倒	1.0
卡車、拖拉机拖車、馬拉或人力运上車、拖拉刮土机、坡綫挖土机	0.7
平土机、自動夯錘、馬拉刮土机、挖土机、手推車等	0.3

註：用火車运土，其路軌只上下移動，而不作水平移動時，每层填方厚度按撒土方法及傾倒地地点而定。

III. 用压路机等滚压填方的預留沉落高度（按填方高度%）：

土 壤 種 類	預留填方高度的%
(1) 砂質土壤	1.5
(2) 砂質粘土：	(3.0 ~ 3.5)
填方高度在15公尺以內	3.5
填方高度在15公尺以上	3.0

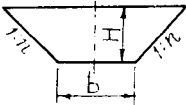
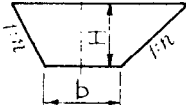
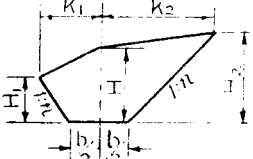
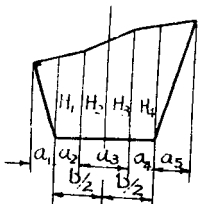
IV. 填方的分层滚压与夯实。（根据所需密实度而定，一般如下）

(1) 压路机滚压 —— 每层20~30公分，視压路机重量及種類而定。

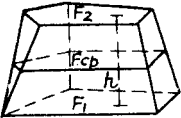
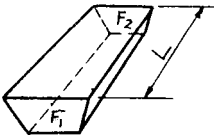
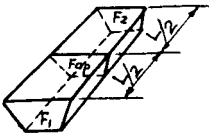
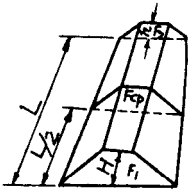
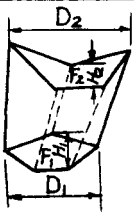
(2) 木夯或石滾筒 —— 每层25~30公分，視夯或滾次数与石滾重量而定。

(3) 最高水位以上填方 —— 每层可至30公分。

8—10 土方計算公式表(斷面積)

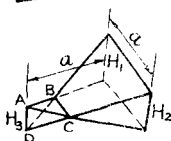
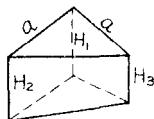
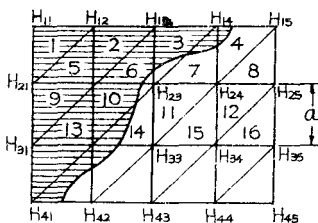
圖 示	面 積 計 算 公 式
	$F = H(b + nH)$
	$F = H \left[b + \frac{H(m+n)}{2} \right]$
	$F = b \frac{H_1 + H_2}{2} + nH_1H_2$
	$F = \frac{H(K_1 + K_2) + b(H_1 + H_2)}{2}$
	$F = H_1 \frac{a_1 + a_2}{2} + H_2 \frac{a_2 + a_3}{2} + H_3 \frac{a_3 + a_4}{2} + H_4 \frac{a_4 + a_5}{2}$

8-11 土方計算公式表(體積)

圖 示	體 積 計 算 公 式
	$V = \frac{h}{6} (F_1 + F_2 + 4F_{cp})$
	$V = \frac{F_1 + F_2}{2} L$
	$V = F_{cp} L$
	$V = \left[\frac{F_1 + F_2}{2} - \frac{n(H-h)^2}{6} \right] L$ 若斜坡 $n = 1.5$: $V = \left[\frac{F_1 + F_2}{2} - \frac{(H-h)^2}{4} \right] L$ $V = \left[F_{cp} + n \frac{(H-h)^2}{12} \right] L$ 若斜坡 $n = 1.5$: $V = \left[F_{cp} + \frac{(H-h)^2}{8} \right] L$
	$V = \left[\frac{F_1 + F_2}{2} - \frac{(H_2 - H_1)(D_2 - D_1)}{12} \right] L$

8-12 土方計算公式表(廣場土工)

圖 示



平整廣場用三角棱柱体計算圖

体 積 計 算 公 式

三角棱柱体内全填或全挖時

$$V_{\text{棱}} = \frac{a^2}{6} (H_1 + H_2 + H_3)$$

式中:

$V_{\text{棱}}$ = 一个三角棱柱体内土方量;
 H_1, H_2, H_3 = 三角棱柱体内各顶点的填挖深度.

三角棱柱体内填挖兼有時

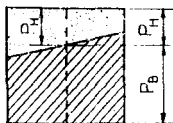
$$V_{\text{兼}} = \pm \frac{a^2 H_3}{6(H_1 + H_3)(H_2 + H_3)}$$

式中: $V_{\text{兼}}$ = 在三角棱柱体内分開填挖各爲三角锥体的土方量;
 H_1, H_2, H_3 以绝对值計算.

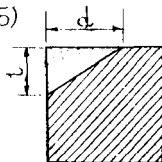
挖方土量爲:

$$V_{\text{挖}} = V_{\text{棱}} + V_{\text{兼}}$$

(a)



(b)



部分挖方部分填方的正方形平面

四方形中全爲填方時

$$V_H = a^2 (A - B)$$

四方形中全爲挖方時

$$V_B = a^2 (B - A)$$

四方形中部分挖方部分填方時

$$\text{圖a: } V_H = a P_H (A' - B')$$

$$V_B = a P_B (B' - A')$$

$$\text{圖b: } V_H = \frac{d^2}{2} (A' - B')$$

$$V_B = (\alpha^2 - \frac{d^2}{2}) (B' - A')$$

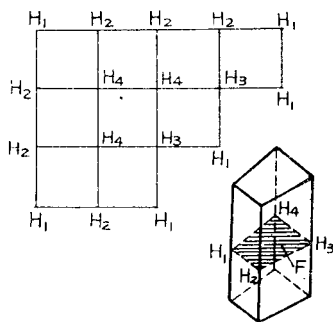
式中: V_H, V_B = 四方形中挖方及填方土量; A, A' = 整个四方形或四方形的一部分计划高度; B, B' = 整个方格或方格的一部分中实际地面的平均高度; P_H, P_B = 填方或挖方部分面积的平均宽度.

8-12 土方計算公式表(廣場土工)

圖

示

體積計算公式



平整廣場用矩形柱體計算圖

矩形柱體(分區計算):

$$V = F \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4}{4}$$

式中:

V = 一個矩形內土方量;

H₁, H₂, H₃, H₄ = 矩形四頂点的
應填(或挖去)的尺度。

各矩形總土量:

$$V = F \frac{(\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 3\Sigma H_3 + 4\Sigma H_4)}{4}$$

式中:

H₁, H₂, H₃, H₄ = 矩形各項点填
土(或挖去)尺度之平均值;ΣH₁, ΣH₂, ΣH₃, ΣH₄ = 分別代
表各項点之和。