農業工程導論

農業工程導論

目　　錄

原作者序

譯　　序

第一單元　數據之標準型式與答案值之估計方法………………… 1
第二單元　功、功率、馬力與扭力之觀念…………………… 9
第三單元　內燃機…………………………………………… 19
第四單元　轉速比…………………………………………… 26
第五單元　動力之應用……………………………………… 37
第六單元　動力測定與曳引機性能………………………… 43
第七單元　機具效率——田間與材料容量………………… 52
第八單元　機具效率——性能效率………………………… 60
第九單元　機具之校準——行距作物用條播機…………… 68
第十單元　機具之校準——條播機與肥料撒佈器………… 79
第十一單元　機具之校準——噴霧機……………………… 86
第十二單元　農具之鏈接與曳引機之穩定性……………… 97
第十三單元　使用農機具之成本分析……………………… 106
第十四單元　機具利潤點之使用數………………………… 112
第十五單元　機具大小之選擇……………………………… 117
第十六單元　距離之測量…………………………………… 130
第十七單元　角度之測量…………………………………… 141
第十八單元　面　　積……………………………………… 148
第十九單元　高差水準測量………………………………… 162

第廿　單元　縱斷面水準測量……………………………………………………177
第廿一單元　繪製縱斷面圖…………………………………………………………183
第廿二單元　地形圖…………………………………………………………………193
第廿三單元　土地測量與地產描述…………………………………………………204
第廿四單元　氣　　象………………………………………………………………212
第廿五單元　逕　　流………………………………………………………………219
第廿六單元　台　　地………………………………………………………………227
第廿七單元　水量之測定……………………………………………………………233
第廿八單元　灌溉用水與系統容量…………………………………………………243
第廿九單元　灌溉水量之分佈………………………………………………………249
第三十單元　農業用水系統…………………………………………………………254
第卅一單元　物體之含水率…………………………………………………………267
第卅二單元　生產用農舍之成本費用………………………………………………273
第卅三單元　動物排泄物之處理……………………………………………………279
第卅四單元　熱流與絕熱……………………………………………………………284
第卅五單元　建築物之熱傳遞………………………………………………………290
第卅六單元　濕氣特性圖……………………………………………………………294
第卅七單元　通　　風………………………………………………………………301
第卅八單元　農舍建築之熱平衡……………………………………………………308
第卅九單元　牆壁之溫度梯度與凝結現象…………………………………………313
第四十單元　構件之選擇……………………………………………………………318
第四十一單元　物體之投視…………………………………………………………326
第四十二單元　基本電學……………………………………………………………331
第四十三單元　串並聯電路…………………………………………………………336
第四十四單元　配線與電壓降………………………………………………………345
第四十五單元　單相馬達……………………………………………………………351
附錄單元(一)　公制系統單位之應用…………………………………………………355
附錄單元(二)　計算尺之應用…………………………………………………………363
附錄單元(三)　計算尺之複式運算……………………………………………………371
附錄單元(四)　開平方根、立方根、比例之應用……………………………………376
中英名詞對照索引……………………………………………………………………385

第一單元
數據之標準型式與答案值之估計方法

【目的】

1. 練習將任意數值改寫爲標準型式。
2. 在算術運算過程中（包括乘法與除法），練習利用下面兩種方式預估運算答案之近似值，以確定答案之小數點位置：
   (1) 約簡法
   (2) 將各運算數改寫爲標準型式，將其約簡後再與指數部分合併之。

【解說】

爲運算上之方便，一般常將數據以所謂之標準型式表示。例如，某數據爲 428，在標準型式下可寫成 4.28×10^2。同理，0.00395 在標準型式下爲 3.95×10^{-3}；但是，在此種標準型式下，此時須唸成“四點二八乘以十的二（或正二）次方”及“三點九五乘以十的負三次方”。實際上，此種型式仍然代表兩數相乘（4.28×10^2）之結果；故逕行運算，即可得原數 428。

爲事先估計運算答案之近似值，較爲有效之方法是將各數據先行約簡，然後再合併一起以進行簡單之運算。約簡時，各數據可先利用標準型式表示之，使運算更爲簡便。利用這種約簡法，在同時具有極大數與極小數之運算問題裡尤其稱便。總而言之，在進行運算答案之預估過程中，只要能事先約簡各數再行運算，問題將可簡化很多。

【應用】

經過前面之解說後，讀者應已熟悉 10 乘冪之記號與其表示方法。

因此，在進行乘除運算時應亦瞭解如何運算與組合 10 之指數值。

10 乘冪之部分只是代表 1 ，10，100 ，1000 ，10,000 等數字值或 0.1 ，0.01 ，0.001 等小數值。因此利用數字 10 及附加於其右上方之冪或指數值可表示欲代表之數字。亦即：

$$10^0 = 1 \qquad 10^{-1} = 0.1 = \frac{1}{10}$$

$$10^1 = 10 \qquad 10^{-2} = 0.01 = \frac{1}{100}$$

$$10^2 = 100 \qquad 10^{-3} = 0.001 = \frac{1}{1000}$$

$$10^3 = 1,000 \qquad 10^{-4} = 0.0001 = \frac{1}{10,000}$$

$$10^4 = 10,000 \qquad 10^{-5} = 0.00001 = \frac{1}{100,000}$$

=

$$10^5 = 100,000 \qquad 10^{-6} = 0.000001 = \frac{1}{1,000,000}$$

$$10^6 = 1,000,000$$

處理 10 乘冪時，一般可遵照兩項原則：

【原則 1 】 當 10 與其乘冪自某分數之分母移至分子（或自分子移至分母）時，乘冪指數之符號依情況須自正（＋）號改爲負（－）號或自負（－）號改爲正（＋）號，唯有如此，運算後之實際數值方不致改變。亦即，

$$\frac{1}{10^3} = \frac{10^{-3}}{1} \qquad \frac{10^{-4}}{1} = \frac{1}{10^4}$$

$$\frac{10^5}{1} = \frac{1}{10^{-5}} \qquad \frac{1}{10^{-6}} = \frac{10^6}{1}$$

【原則 2 】 當兩個或兩個以上之 10 乘冪值相乘時，其 10 之乘冪值（指數）可據以相加：

$$10^3 \times 10^5 = 10^{(3+5)} = 10^8$$

$$10^5 \times 10^{-2} = 10^{(5-2)} = 10^3$$

$$10^2 \times 10^{-3} \times 10^4 = 10^{(2-3+4)} = 10^3$$

$$10^{-4} \times 10^{-3} = 10^{(-3-4)} = 10^{-7}$$

利用上述之兩項規則，即可進行各種數據之一般組合運算：

例，合併下列數值使成爲10之單一乘冪：

$$\frac{10^6 \times 10^{-3}}{10^{-2} \times 10^{-5}}$$

首先，應用原則2將分子與分母各別合併：

$$\frac{10^6 \times 10^{-3}}{10^{-2} \times 10^{-5}} = \frac{10^{(6-3)}}{10^{(-2-5)}} = \frac{10^3}{10^{-7}}$$

其次，利用原則1，將 10^{-7} 自分母處移至分子，並改變其指數之符號：

$$\frac{10^3}{10^{-7}} = 10^3 \times 10^7$$

最後，再利用原則2予以相加：

$$10^3 \times 10^7 = 10^{(3+7)} = 10^{10} \quad \leftarrow \text{答案}$$

上述問題中之各數值若不利用10乘冪表示，則爲

$$\frac{1{,}000{,}000 \times 0.001}{0.01 \times 0.00001}$$

相較之下，讀者將可體驗到，利用10乘冪表示法與原則1與原則2之方法應比直接計算上式之方法更爲簡便。

到此爲止，讀者可自己進行下面諸問題之演算——其答案在右邊括弧內。運算時，可將演算過程（如上例所爲）記載在各題旁之空間內。

$$\frac{10^2 \times 10^{-4}}{10^{-6} \times 10^{-2}} = \qquad (10^6)$$

$$\frac{10^{-5} \times 10^{-3}}{10^{-8} \times 10^3} = \qquad (10^{-3})$$

$$\frac{10^3 \times 10^1}{10^2 \times 10^{-5}} = \qquad (10^7)$$

現在，讓我們討論利用標準型式表示數據之方法。

任何數據若以標準型式表示時，應包括三部分；亦即：附有小數點

之某數值，一乘法符號（×），及數字 10 與其指數。附有小數點之數值其小數點左邊常僅爲一位（非爲零），而右邊則有數位數，數值 10 之指數部分卽表示小數點之實際位置。當然，乘號卽表示數部分與 10 乘冪部分可直接相乘在一起。

茲將數據改變爲標準型式之步驟與程序說明如下：

1. 就所給之數據中，先在第一個非零位數之右邊加一補註記號（∧）。
2. 然後自所加之補註號開始，往右計算其位數與零之個數，直到小數點爲止。計算之結果卽爲 10 之指數值。
3. 若原數之小數點在補註號之右邊，則指數值爲正（＋）。
4. 若原數之小數點在補註號之左邊，則指數值爲負（－）。
5. 重新改寫原數，並將新小數點置於補註號處，其次在新數後加一乘號，使之與10及其適當之指數相乘（及符號）。

讀者可根據下面諸例以瞭解其過程與做法。

步驟1	步驟2	步驟3與4	步驟5
5∧790,000	6	＋（右）	5.79×10^{6}
0.0002∧83	4	－（左）	2.83×10^{-4}
4∧4	1	＋（右）	4.4×10^{1}
0.6∧23	1	－（左）	6.23×10^{-1}
8∧.15	0		8.15×10^{0}

注意：$10^{0} = 1$，故 $8.15 \times 10^{0} = 8.15$

4∧61,328	5	＋（右）	4.61328×10^{5}
0.03∧06	2	－（左）	3.06×10^{-2}
8∧0.07	1	＋（右）	8.007×10^{1}

現在由讀者自行變換，變換時先將答案遮蓋，以測驗自己在此方面之程度：

0.00506	5.06×10^{-3}
10.764	1.0764×10^{1}
1973.	1.973×10^{3}
745.6	7.456×10^{2}
14,700,000	1.47×10^{7}

0.000102	1.02×10^{-4}

下面仍有一部分題目，演算時須先遮住答案，若能達到不看答案而順利作答之程度時，即可繼續進行下面部分：

1076.4	1.0764×10^{3}
67.89	6.789×10^{1}
0.0346	3.46×10^{-2}
21.77	2.177×10^{1}
7.78	7.78×10^{0}

現在讓我們討論第二項目的：估計答案之近似值。

估計工作之第一步爲“約簡”——將問題中之各項數據以近似該值之簡單數字取代。例如某數據爲 73.27 ，則可採用 80 或 75 代替；若數據爲 142 ，則可用150 或 120 代替， 或者以其他容易被某數整除之近似數字取代。使乘除運算迅速完成，並立即獲得所需之估計答案。

首先讓我們就下面之例題加以討論：

$$\frac{989 \times 0.0451}{2650}$$

此項運算之最終答案爲 168 ，但仍無法確定小數點之位置。此時可將各數先進行約簡，並加以組合如下：

$$\frac{1000 \times 0.03}{3000} = \frac{0.03}{3} = 0.01$$

由此估計值顯然可知，此值 0.01 最接近於 0.0168 ，故其正確答案即爲 0.0168（可能被選定之數值爲 0.00168 ，0.0168 ，0.168 ，1.68 等，但以 0.0168 最接近）。

在此應注意者，於約簡過程中應略具遠見，方能簡化運算手續。上例中，比如將數值約簡使之能以 3 整除即是一種明快之手法。其他約簡方法則如

$$\frac{1000 \times 0.04}{2000} = \frac{0.04}{2} = 0.02$$

$$\frac{900 \times 0.03}{2700} = \frac{0.03}{3} = 0.01$$

上面所舉之兩種估計方法對於答案中小數點之決定均能獲得滿意的結果。下面爲另一道例題：

$$\frac{352 \times 781}{463 \times 26} =$$

此題之答案値爲 228，但需決定小數點之位置，經過約簡、取代以及合併後：

$$\frac{300 \times 800}{400 \times 30} = 20$$

或 $$\frac{300 \times 1000}{500 \times 30} = 20$$

或 $$\frac{400 \times 800}{400 \times 20} = 40$$

由上面所舉之三種約簡方式可見，數値之約簡方法仍具有相當大之自由度，然而其最後之估計値仍可獲得合理之結果，雖然上面第三種約簡法所得 40 之估計値誤差頗大，但若考慮自 2.28，22.8，或 228 等數値中選擇最近値時，仍可獲得正確之答案。無論如何，估計値 40 仍然最接近正確答案 22.8 而非 228 或 2.28。

讀者可自行約簡下列各式（開始前先設法遮去答案），以確定小數點之位置：

$$\frac{71 \times 23}{16} =$$ 答案：102

$$\frac{44}{8.3 \times 2.4} =$$ 答案：2.21

$$\frac{0.45 \times 9.7}{14 \times 0.87} =$$ 答案：0.358

$$\frac{921 \times 232}{121} =$$ 答案：1766

$$\frac{14 \times 37}{86 \times 57} =$$ 答案：0.1057

$$\frac{18.7 \times 3.4}{9.2 \times 166}$$　　答案：0.0416

現在，請讀者再重複上面各題之約簡運算，並注意是否能找出其他更簡捷之約簡方法，使運算工作更爲迅速。

其次，讓我們再討論利用 10 乘冪之標準型式配合上述之約簡程序，以估計答案之數值之方法。

請看下面例子：

$$\frac{6251 \times 5280}{43560 \times 221}$$

首先，將所有數據改變爲標準型式

$$\frac{6.251 \times 10^3 \times 5.28 \times 10^3}{4.356 \times 10^4 \times 2.21 \times 10^2}$$

其次，約簡並代換各項數據：

$$\frac{6 \times 10^3 \times 5 \times 10^3}{5 \times 10^4 \times 2 \times 10^2} = \frac{3 \times 10^3 \times 10^3}{10^4 \times 10^2}$$

其次再合併分母與分子中之指數值：

$$\frac{3 \times 10^3 \times 10^3}{10^4 \times 10^2} = \frac{3 \times 10^{(3+3)}}{10^{(4+2)}} = \frac{3 \times 10^6}{10^6}$$

將 10^6 自分母移至分子，並改變其指數值之符號

$$\frac{3 \times 10^6}{10^6} = 3 \times 10^6 \times 10^{-6}$$

最後，合併指數值：

$$3 \times 10^6 \times 10^{-6} = 3 \times 10^{(6-6)} = 3 \times 10^0$$
$$= 3 \times 1 = 3$$

由於上述題目之答案計算數值爲 343，今知其估計值爲 3，故正確答案應爲 3.43。

下面有數道例題，讀者可先將各數值改變爲標準型式，然後加以約簡與合併，以求得估計值，並且決定答案中小數點之位置

$$\frac{1.4 \times 10^2 \times 3.4 \times 10^4}{2.9 \times 10^{-2} \times 8.7 \times 10^6} = 189$$　　答案：18.9

$$\frac{9950 \times 17.3}{0.044 \times 0.84} = 466 \qquad 答案：4,660,000$$

$$\frac{56.6 \times 30.3}{8810 \times 0.0061} = 319 \qquad 答案：31.9$$

$$\frac{151.6 \times 0.211}{93.2 \times 406} = 845 \qquad 答案：0.000845$$

$$\frac{1570 \times 4620}{3931 \times 96} = 192 \qquad 答案：19.2$$

現在，請再設法遮蓋答案部分與剛才所演算之過程，重複練習，直到對：

(1) 任何數改爲標準型式，以及

(2) 利用約簡方式確定答案中之小數點位置

等兩項工作均能熟練爲止。

第二單元　功、功率、馬力與扭力之觀念

【目的】

1. 使學生瞭解功、功率、馬力及扭力之定義，並舉例說明各相關之單位。
2. 選擇適當之方程式，以期在適當之已知資料下計算功、功率、馬力與扭力等之有關數值。

【解說】

研究農業機械常使用三種基本單位，分別爲力、距離與時間。其他單位有時亦常使用，但大部分均與上述三種基本單位有關，或由此基本單位衍生而成。

力（F）

力爲使某物體產生運動或運動趨勢，或使物體產生運動上變化之作用現象。爲完全描述“力”，必須先知道力之作用方向、大小及其作用點。一般問題中所指之“某力”，實際上應爲兩力，因爲力很少單獨存在，通常成對成雙。這兩部分之力稱爲作用力與反作用力；此二力之大小常相等，但方向相反。在本書中，某物體之重量將被視爲一種力。力之量度單位通常爲磅（lb），唡（oz），公斤（kg）或噸。

距離（D）

距離之長短通常有兩種意義。在量度物體移動程度時，其距離一般稱之爲位移。當距離係指物體之實際大小時，則稱之爲長度。距離

可表示位移或沿着某直線或曲線路徑之長度。距離有時亦可暗示某種運動存在，但亦並不盡然。量度距離之單位如呎（ft），吋（in），碼（yd）或英里（mi）。

時間（T）

時間之定義爲期間持續之過程，事實上時間之最佳敍述也許在於其本身具有計數相關發生事件之技巧，一般量度時間之單位爲秒（sec），分（min）與小時（hr）。

由這三種基本單位中可再導出許多實用單位，這些單位在農業機械方面使用亦甚爲普遍。

功（W）

功之定義如下：功爲力作用（或移動）一段距離之結果，可用下面之公式表示：

功（W）＝距離（D）×力（F）

或

W＝D×F

因此，功之實際數值可自力之數值乘以該力作用或移動之距離求得。

若某力100磅移動經過12呎之距離，則該力所作之功爲

W＝D×F

＝12呎×100磅

＝1200呎-磅

注意功之單位爲“呎－磅”，其單位僅需合併兩種欲相乘之單位即可。

若某力100磅移動距離120吋，則所作之功爲

W＝D×F

＝120吋×100磅

＝12,000吋－磅

在本例中，功之單位爲“吋－磅”亦爲合併兩種相乘之單位而得。功最常用之單位爲“呎－磅”。

值得一提的是除非距離與力兩者同時存在，否則根據定義應無功存

在。

茲再舉數例，以說明功之計算方式：

1. 某 2,000 磅重錘垂直上提 20 呎高度時，其所作之功多少？

$W = D \times F$

$= 20 呎 \times 2,000 磅$

$= 40,000 呎-磅$　　（答）

2. 某貨車重 10,000 磅需 400　磅之力沿水平方向拉動，若貨車被拉動 100 呎，試計算其功量。

$W = D \times F$

$= 100 呎 \times 400 磅$

$= 40,000 呎-磅$　　（答）

注意本題中貨車之重量並未參與在內，反而採用拉動之力進行計算。

解答下面之實際問題：

1. 將 60 磅重之牧草包垂直移動 5 呎時需作多少功？
   答：300 呎-磅
2. 某 2,000 磅重物垂直上移 20 呎之距離，另有一 3,000磅之力水平移動 10 呎。上述兩種情形，那一個所作之功大？大多少？
   答：2,000 磅重物向上移動者需要多功（ 40,000 呎-磅 ）。而 3,000 磅力水平移動則需 30,000 呎-磅之功。
3. 當你作用某力（推力）100 磅於一塊厚磚牆上時，所作之功爲何?
   答：無

功率（ P ）

功率之定義如下：功率爲作功之速率。其公式爲：

$$功率（P）= \frac{功}{時間}$$

$$= \frac{距離 \times 力}{時間}$$

或利用符號：

$$P=\frac{W}{T}=\frac{D\times F}{T}$$

如此，利用公式中距離、力與時間等項之數值加以合併，即可獲得功率之數值。

若某100磅之力在2分鐘內移動12呎之距離，則將產生多少功率

$$P=\frac{D\times F}{T}$$

$$=\frac{12\text{呎}\times 100\text{磅}}{2\text{分}}$$

$$=\frac{1200\text{呎-磅}}{2\text{分}}$$

$$=\frac{600\text{呎-磅}}{1\text{分}}$$

注意功率之單位包含有時間。在本例中，答案之讀法“600呎-磅每分”。這是作功時之“時間率”。通常功率單位均以每分鐘作多少次呎-磅之功表示，亦即每一分鐘之呎-磅數。讀者也許常見功率用“呎-磅每秒”表示，此時作功之時間係採用秒計度而非分。但兩種功率單位均甚常用，不過使用時必須特別指明使用那種單位。並且必須將所用單位與所得之數值連寫在一起。

某人可將六包60磅重之牧草包於1分鐘內送至4呎高之貨車平台上，問此人能作多少功率？

$$P=\frac{D\times F}{T}$$

在此問題中D＝4呎，F＝6×60磅，此爲總量或爲所需上提之力，T＝1分鐘，則

$$P=\frac{4\text{呎}\times 360\text{磅}}{1\text{分}}$$

或

$$p=1440\text{呎-磅}/\text{分}$$

假設上述問題改爲該人每10秒或1/6分鐘內，可附送一包60磅

重之牧草上至4呎高之平台，則D＝4呎，F＝60 磅，而T＝1/6分:

$$P=\frac{D\times F}{T}$$

$$=\frac{4\text{呎}\times 60\text{磅}}{1/6\text{磅}}$$

$$=\frac{240}{1/6}$$

因此，

$$P=1440\text{呎-磅}/\text{分}$$

在此兩種情況中，該人作功之速率相等（1分鐘6包或1包1/6分鐘），故其功率相同。

某一犂土農具需550磅之拉力，問需多少功率方可將該農具於1分鐘內拉動60呎？

$$P=\frac{D\times F}{T}$$

$$=\frac{60\text{呎}\times 550\text{磅}}{1\text{分}}$$

$$=33{,}000\text{呎-磅}/\text{分}$$

現在，假設該農具可於½分鐘內被拉動同樣60 呎之距離，則所需之功率爲如何？

$$P=\frac{D\times F}{T}$$

$$=\frac{60\text{呎}\times 550\text{磅}}{\frac{1}{2}\text{分}}$$

$$=66{,}000\text{呎-磅}/\text{分}$$

此功率值爲前者之兩倍。注意兩者所作的功相同，均爲33,000呎-磅。因此，在同樣之功量下，作功速度愈快，所需之功率愈大。

某甲升降機重2,000磅，在20秒（⅓分）內上升20呎，另一乙升降機重3,000磅，在10秒（1/6分）內可提升10呎，則那一個升降機所需功率最大？