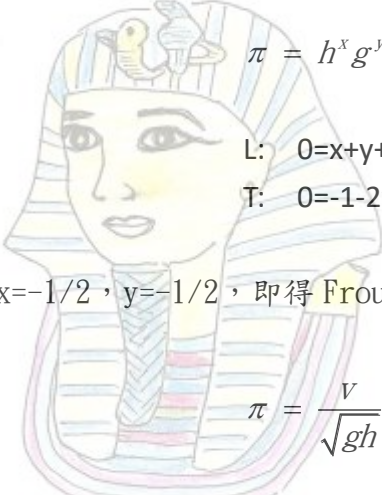


## Froude 相似律

受重力、慣性力支配的流動，若速度為  $v$ 、水深為  $h$ ，重力加速度為  $g$ ，依  $\pi$  定理得



$$\pi = h^x g^y V$$

$$L: 0 = x + y + 1$$

$$T: 0 = -1 - 2y$$

得  $x = -1/2$ ， $y = -1/2$ ，即得 Froude 數如下

$$\pi = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$


原型以下標 P，模型以下標 m 表示，水平方向長度以 L，水深方向以 Y，縮尺以  $L_r$  及  $Y_r$  表示，即

$$L_r = \frac{L_p}{L_m}, \quad Y_r = \frac{Y_p}{Y_m}$$

適用 Froude 數得

$$F_r = \frac{V_p}{\sqrt{gh_p}} = \frac{V_m}{\sqrt{gh_m}}$$

假定流體的密度縮尺比  $\rho_r$  為

$$\rho_r = \frac{\rho_p}{\rho_m}$$

得

(1) 流速縮尺比

$$V_r = \frac{V_p}{V_m} = \left( \frac{h_p}{h_m} \right)^{1/2} = Y_r^{1/2}$$

(2) 時間縮尺比

$$t_r = \frac{L_r}{V_r} = L_r Y_r^{-1/2}$$



(3) 流量縮尺比

$$Q_r = Y_r L_r^2 t_r^{-1}$$

(4) 加速度縮尺比

$$a_r = v_r t_r^{-1} = Y_r L_r^{-1}$$

(5) 質量縮尺比

$$S_r = L_r^2 Y_r \rho_r$$

(6) 力縮尺比

$$F_r = \rho_r L_r t_r^{-2} = \rho_r L_r^2 Y_r$$

(7) 壓力縮尺比

$$P_r = F_r L_r^{-2} = Y_r \rho_r$$

(9) 動量縮尺比

$$M_r = S_r v_r = \rho_r L_r^2 Y_r^{3/2}$$

(10) 能量縮尺比

2011 埃及尼羅河之旅

$$E_r = F_r Y_r = \rho_r L_r^2 Y_r^2$$

(11) 功縮尺

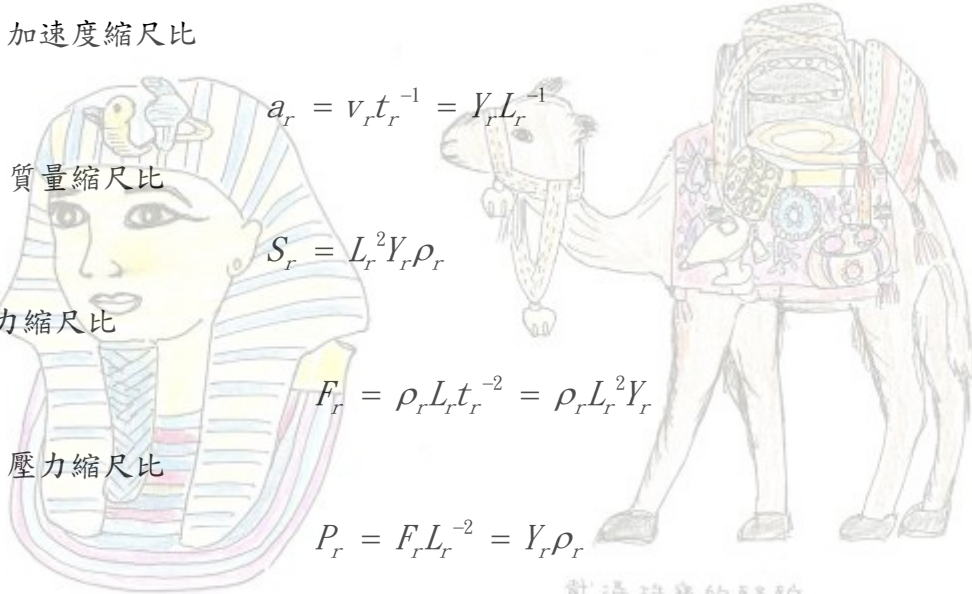
$$W_r = E_r t_r^{-1} = \rho_r L_r^2 Y_r^{5/2}$$

(12) Manning 粗度係數比

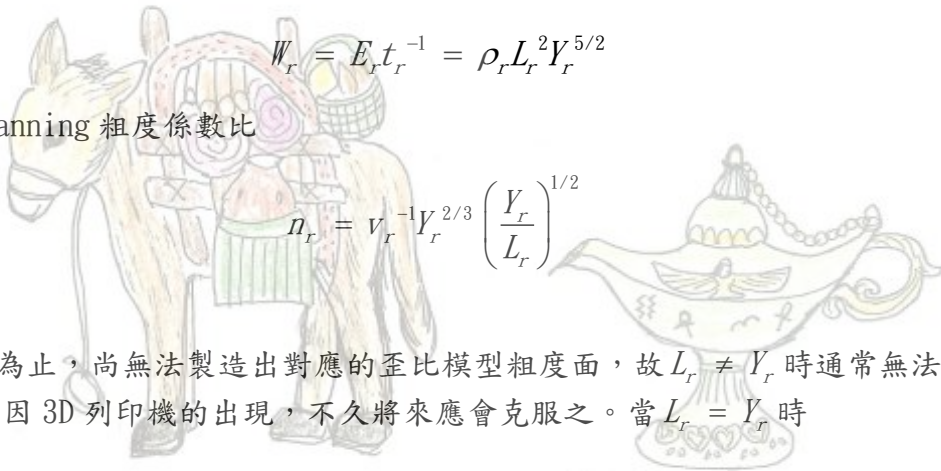
$$n_r = v_r^{-1} Y_r^{2/3} \left( \frac{Y_r}{L_r} \right)^{1/2}$$

至目前為止，尚無法製造出對應的歪比模型粗度面，故  $L_r \neq Y_r$  時通常無法決定  $n_r$ ，然因 3D 列印機的出現，不久將來應會克服之。當  $L_r = Y_r$  時

$$n_r = Y_r^{2/3} L_r^{-1/2} = Y_r^{1/6}$$



載滿珠寶的駱駝



載滿貨品的馬廄 阿拉丁神燈