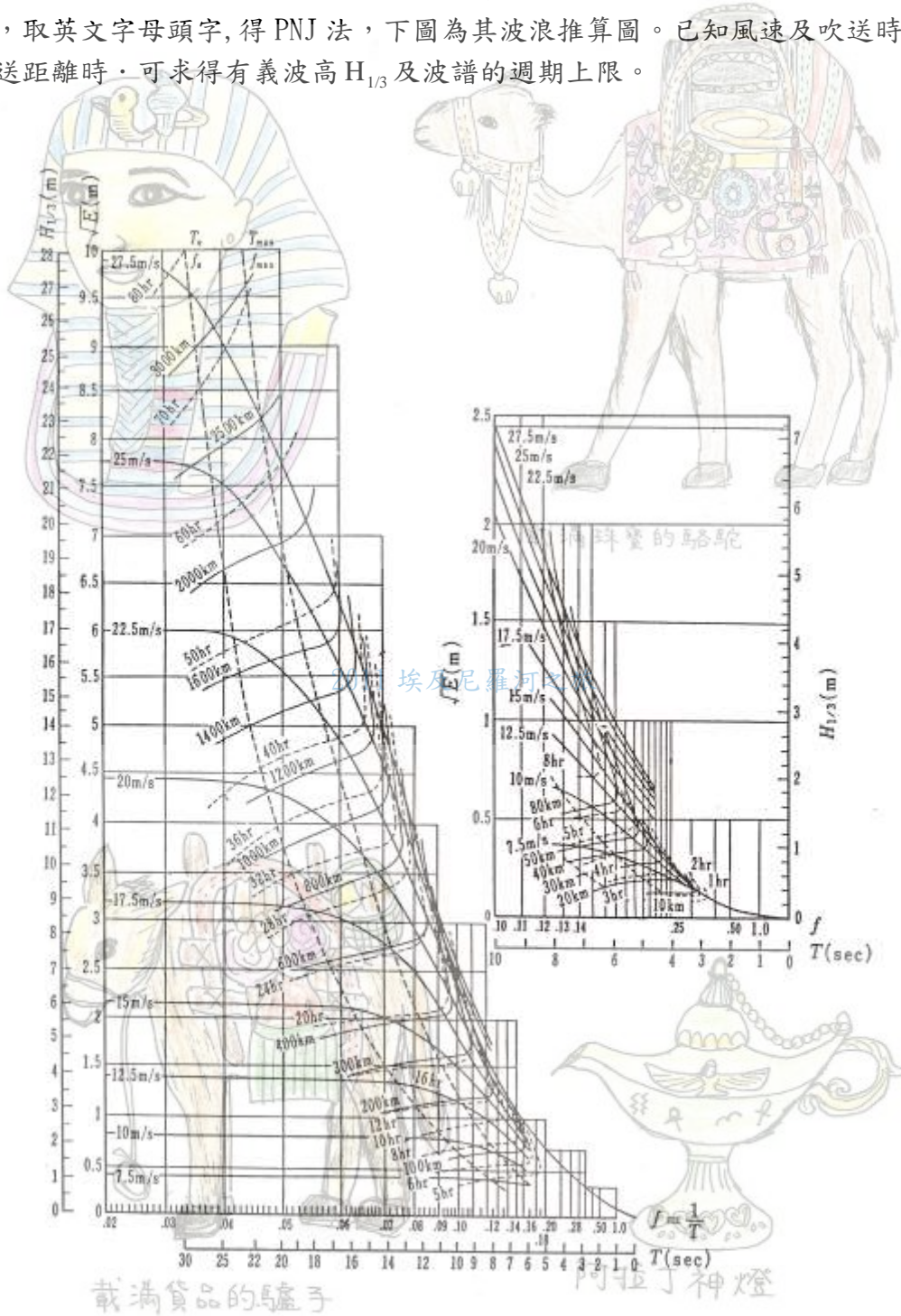


PNJ 法

Pierson、Neumann 及 James 在 1955 年發表利用 Neumann 波譜預報風波的方法，取英文字頭字，得 PNJ 法，下圖為其波浪推算圖。已知風速及吹送時間或吹送距離時，可求得有義波高 $H_{1/3}$ 及波譜的週期上限。



PNJ 法的 CCS 曲線(水理公式集，1963)

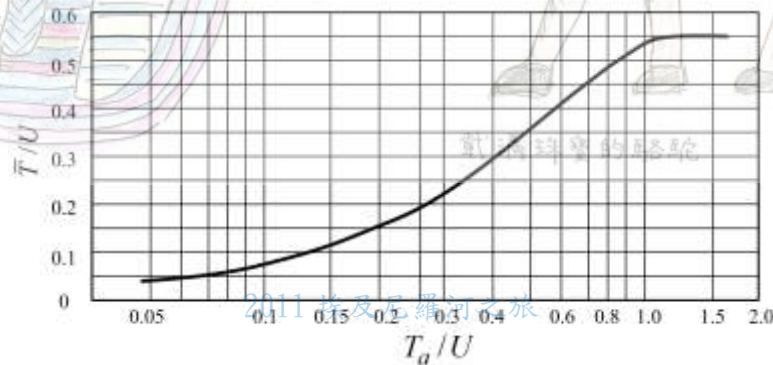
圖內所示 E 為波能量，有義波高 $H_{1/3}$ 及 $H_{1/10}$ 與波能 E 間的關係如下

$$H_{1/3} = 2.83\sqrt{E}$$

$$H_{1/10} = 3.600\sqrt{E}$$

圖中，以風速作為變數的曲線群稱為 CCS(cocumulative spectrum)曲線。係由將 Neumann 波譜從高頻部分加以積分而得的曲線，CCS 曲線呈水平的部分表示風波已達完全發達狀態。由上可知利用 PNJ 法推算風波為一簡潔方法，但是由於製作 Neumann 波譜時，是否依據充分觀測資料存疑，工程上未必經常被採用。

週期的上限 T_a 與平均週期 \bar{T} 間的關係如下圖所示，已知風速 U 及 T_a 即可求得 \bar{T} 。



波譜週期上限與平均週期間的關係

Hasselmann 提出以數值計算解下列波譜函數平衡方程式，推算風波的方法。

$$\frac{\partial}{\partial t} E(f, \theta; x, y, t) + C_g(f) \cos \theta \frac{\partial}{\partial x} E(f, \theta; x, y, t) + C_g(f) \sin \theta \frac{\partial}{\partial y} E(f, \theta; x, y, t) = G(f, \theta; x, y, t)$$

$E(f, \theta; x, y, t)$ 表示 t 時刻時在 (x, y) 處的成分波，週頻率為 f 的能量密度(方向波譜)， $C_g(f)$ 為成分波群速度， $G(f, \theta; x, y, t)$ 為表示波譜函數 E 的能量增減函數，通常

$$G(f, \theta; x, y, t) = A + B \times E(f, \theta; x, y, t) - F_3 - F_4 - F_5$$

A 為 Phillips 機構成長率，B 為 Miles 機構成長率， F_3 為因碎波引起能量損失， F_4 為因內部黏性引起能量損失， F_5 為因非線形相互作用而引起成分波間的能量輸送。這些變數的決定會直接影響推算結果，決定方法尚未定案。



2011 埃及尼羅河之旅

