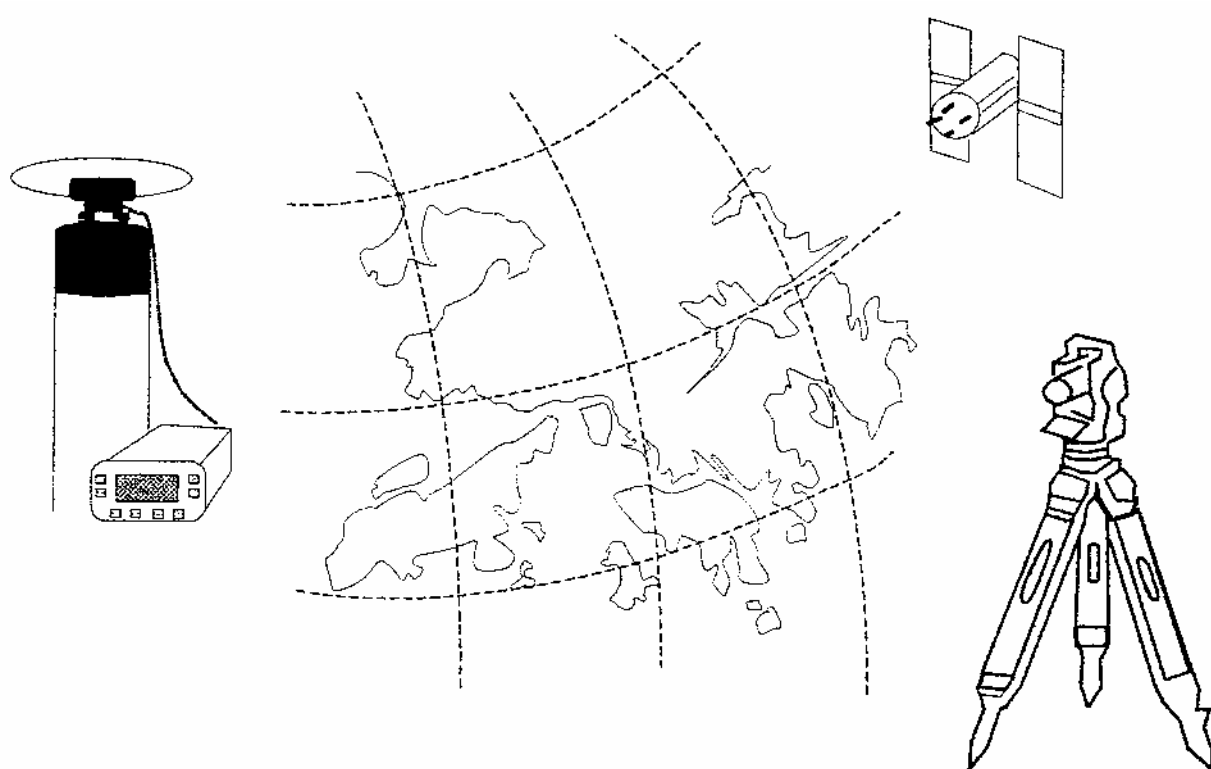




香港大地測量基準說明

Explanatory Notes on Geodetic Datums in Hong Kong



Survey & Mapping Office
Lands Department
地政總署 測繪處

目錄

引言	B1
歷史背景	B2
大地基準	B3
香港大地基準 1980 (HK80) , 1984 年世界大地坐標系(WGS84)	
地圖投影與方格網系統	B4
通用橫墨卡托方格網(UTM 方格網) , 香港 1980 方格網(HK1980 方格網)	
高程基準	B5
香港高程基準面(HKPD)、海圖深度基準面(CD)、 WGS84 及 HKPD 的高程	
坐標換算	B6
經緯度的換算(HK80 基準 « WGS84 基準) UTM 方格網坐標的換算(HK80 基準 « WGS84 基準) 經緯度及 UTM 方格網坐標的換算(相同基準) 經緯度及 HK1980 方格網坐標的換算(HK80 基準)	
附錄	
大地基準顯示圖	C1
香港高程基準	C2
橫墨卡托投影	C2
香港大地基準及地圖投影的發展	C3
不同大地基準之間的坐標換算圖解	C4
香港的 UTM 方格網區(WGS84 基準)	C5
WGS84 與 HKPD 高程差距等高圖	C6
投影公式所用代號的說明	C7
投影公式	C8
經緯度轉為方格網坐標	C9
平面方格網坐標轉為經緯度	C9
投影公式參數及參考例子	C10

引言

科技發展一日千里，到現在，使用全球定位系統接收器，在 30 秒內測定位置達到 5 至 100 米準確度，不再是一件困難的事。如增長觀測時間或運用“差分”更正方法，全球定位系統(GPS)所能達至的定位準確度會更高。

然而，面對香港地圖所應用的各個大地基準及坐標系統，使用者經常感到混淆。本冊子簡介香港現時所用的各個基準及坐標系統，但不會深入探討技術細節。附錄亦提供坐標換算公式及參數資料，以方便使用者在各個基準的坐標之間進行換算。使用者須注意，此等換算得出的坐標，只可達到有關公式所標示的或低於原來坐標的準確度。

歷史背景

三角測量站首次出現於一八四五年。製成的香港地圖上。塔特先生(Mr. Tate)在一八九九至一九〇〇年製成的地圖，及紐蘭先生(Mr. W. J. Newland)在一九〇三至一九〇四年繪製的地圖上均繪有三角網測站，但該等測量站的數據資料卻無處可尋。

一九二八至二九年，當局參照英國空軍在一九二四至二五年於空中攝影的照片，連同殖民地第二測量組工程師於同期提供的地面控制點，製成1:20000的軍用圖。該等地面控制點在一九二八至三〇年間，由軍部地理組進行平差。後於一九四六年，再由“官產及測量處”負拱平差，並採納為香港的主三角測量網。直至一九六三年為止，所有測量均基於該網進行。

一九六三年，由於所用的控制網未能應付繪製大比例地圖及地籍測量的準確度需要，當局再度進行三角測量，並採用“克拉克”(1858)參考橢球，及零號三角網測站（在香港天文台的子午線以南38.4呎）為本地基準原點，訂立“香港大地基準1963”。又利用“卡西尼”投影，發展一個平面方格網坐標系統。並以大嶼山西南為方格網原點，使香港全境的坐標均為正數。

為配合香港政府在一九七〇年代的十進制政策，英制方格網坐標在一九七五年至七七年間轉換為十進制計量單位。方格網原點再向西移3550米。

隨著採用電磁波測距儀，當局於一九七八至七九年重新測量各山頂三角網測量控制點之間的距離，以改善控制網的一致性及準確程度。此次測量採用“國際海福德”(1910)為參考橢球，在與以前相同的基準原點(零號三角網測站)訂定了新的“香港大地基準1980”(HK80)。同時又改用“橫墨卡托投影”，在相同的投影原點，發展新的平面方格網坐標系統，命名為“香港1980方格網”(HK1980方格網)。直至現在，所有大地測量、地形測量、地籍測量及工程測量均根據此基準及方格網系統。

一九九〇年代初，地政總署測繪處開始運用“全球定位系統”(GPS)，為測量控制點定位。英國軍事測量部第512專家小組的工程師採用“全球定位系統”及“多普勒衛星”的技術，在全港15個測量站(其中12個站是現時的三角測量控制站進行觀測。該網絡的平差準確度甚高。此次測量，為本地的HK1980方格網坐標與1984年世界大地坐標系(WGS84)，建立精確的聯繫。

由於使用全球定位系統接收器，可輕易定出WGS84坐標，所以細比例圖上所示的經度、緯度、及通用橫墨卡托(UTM)方格網坐標，現在已採用這個全球基準，以方便遠足、航海、救援、導航之用。

大地基準

大地測量基準是一個界定了大小、形狀，及方向、位置的橢球。大地測量基準可以是一個地方的本地基準，定義是界定該地方內某一點的地理位置和方位角，作為該基準的原點。如果以地球物質中心作原點，該基準則是全球基準。

香港現時用於平面控制網的大地測量基準共有兩種，分別為本地的 HK80 基準，以及全球性的 WGS84 基準。由於該兩個測量基準有不同的定義，某一點的地理位置(即經度及緯度)可能稍有差別。此等基準的詳情見下列各段及附錄的圖解。

香港大地基準 1980 (HK80)

HK80 的參考橢球是國際海福德 1910 橢球。

其原點位於舊零號三角測量站(現已不存在)，即九龍的香港天文台的子午線向南 38.4 呎。經天文觀測，香港天文台的緯度釐定為 $22^{\circ}18'13.20''N$ ，因此「零號」三角測量站的緯度為 $22^{\circ}18'12.82''N$ 。

零號三角測量站的經度為 $114^{\circ}10'18.75''E$ ，這是一九二四年於格林尼治及香港同時觀測波爾多(Bordeaux)訊號後釐定的。

基準的方位角是 67.2 號三角測量站(大帽山)至 94 號三角測量站(凹頭)一線的方位角，定為 $292^{\circ}59'46.5''$ 。這是從舊的 67 號三角測量站(現已不存在)至 94 號三角測量站釐定的方位角 $292^{\circ}52'58.4''$ 推算出來。後者的數值是在一九六六年二月，由一隊訪港的大地測量人員進行天文觀測後釐定，該等人員估計其準確度為 $\pm 0.2''$ 。

1984 年界大地坐標系 (WGS84)

WGS84 是一個以地球中心為原點及地固式的笛卡爾(Cartesian)坐標系統。該原點位於 WGS84 橢球的幾何中心，亦為地球的物質中心。此基準的 X 軸穿過格林尼治子午線及赤道，Y 軸在赤道平面並與 X 軸成直角，Z 軸則穿過北極。

由於該兩個測量基準有不同的定義，某一點的地理位置(即緯度及經度)與 UTM 坐標可能稍有差別。上述基準的詳情見下列圖表的說明。

基準參數

基準	HK80	WGS84
橢球	國際海福德(1910) 長半徑 $a = 6378388$ 米 扁率 $f = 1/297.0$	1984 年世界大地坐標系 長半徑 $a = 6378137$ 米 扁率 $f = 1/298.2572235634$
原點	位於香港天文台的舊零號三角測量站，其緯度及經度如下： 緯度 $22^{\circ}18'12.82''N$ 經度 $114^{\circ}10'18.75''E$	地球物質中心
方位角	67.2 號三角測量站至 94 號三角測量站： $292^{\circ}59'46.5''$	不適用

地圖投影及方格網系統

地圖投影就是把橢球形的經度及緯度，按照若干數學程式，在平面表達出來。由於投影出來的經緯線並非成直角，故須再經處理成為方格網，以方便進行大比例測繪、地籍及工程測量。

「橫墨卡托」(TM)是正形圓柱投影，可視為圓柱包裹地球，其軸心穿過赤道的平面。通用橫墨卡托投影(UTM)是一種世界性的投影法，方法是將該圓柱環繞地球轉動，每條中央子午線相隔 6 度 (參閱附錄第 C2 頁)。

通用橫墨卡托方格網(UTM 方格網)

香港位於 UTM 的第 49Q 區及第 50Q 區，分別以 111°E 及 117°E 為中央子午線。所有細比例地圖均顯示此方格網系統。UTM 坐標都冠上獨特的分區名稱，以方便分辨位置。這些分區在使用 HK80 基準時，分別為 49Q GQ 與 HQ 區及 50Q JV 與 KV 區。在採用 WGS84 基準時，前綴字母分別改為第 49Q GE 與 HE 區及第 50Q JK 與 KK 區 (參閱附錄第 C5 頁)。

香港 1980 方格網(HK1980 方格網)

HK1980 方格網是一個本地的直角方格網系統，以 HK80 基準及橫墨卡托投影法為根據。香港的地籍測量、工程測量及大比例地形測繪，均採取此方格網系統。投影原點為舊的 2 號三角測量站(現已不存在)，中央子午線尺度系數為 1.0。

儘管當局已引進 GPS 定位，這個本地直角方格網系統在各項測繪工作仍然使用。以 WGS84 為基準的經度、緯度及 UTM 方格網祇用於細比例地圖標示。

投影參數

方格網系統	UTM 方格網		HK1980 方格網
投影	橫墨卡托		橫墨卡托
大地測量基準	HK80	WGS84	HK80
投影原點	第 49Q 區	第 50Q 區	舊 2 號三角測量站 “Patridge Hill”
	緯度 赤道	赤道	緯度 22°18'43.68"N
	經度 111°E	117°E	經度 114°10'42.80"E
原點的方格網坐標	0mN 500000mE	0mN 500000mE	819069.80mN 836694.05mE
中央子午線尺度系數	0.9996		1.0
參考橢球	國際海福德(1910)	1984年世界大地坐標系	國際海福德(1910)

高程基準

高程基準通常根據與平均海面某種關係而釐定(參閱附錄第 C2 頁)。香港現時用作高程控制的高程基準有兩個，即香港高程基準面(HKPD)及海圖深度基準面(CD)。

香港地圖及圖則上所有陸上高程及水平，均以香港高程基準面為準。這個基準以前稱為軍用基準面(Ordnance Datum)。

所有深度及海圖上的等深線，均採用海圖深度基準面 Chart Datum (CD)為起算面。這個基準面前稱為海軍基準面 (Admiralty Datum)。

香港高程基準面 (HKPD)

於一八六六年，英國海軍測量船「利福民號」用一粒銅螺釘，在香港海軍船塢內建立了一個水準點，並以杜伯克博士(Dr. Doberck)於一八八七年至一八八八年所釐定的香港高程基準面，測定該水準點的高程為 5.435 米，此水準點為「利福民的螺釘」(Rifleman's Bolt)，當時的香港高程基準面是「平均海面」之下約 1.125 米。

香港天文台利用記錄於維多利亞港北角的十九年(一九六五至一九八三年)驗潮數據，重新釐定香港高程基準面為「平均海面」之下約 1.23 米。

「利福民的螺釘」後來被搬移到添馬艦海軍基地普樂大廈的東面牆壁。並於一九八四年五月重新測量，高程定為位於 HKPD 之上 5.420 米。由於具有歷史價值，當局將「銅螺釘」保留，但不再作為高程基準面之用。

海圖深度基準面 (CD)

CD 是天文潮汐觀測所定的最低潮面。自一九一七年以來，CD 一直用作潮汐表的零點。CD 位於「平均海面」之下約 1.38 米，或香港高程基準面之下 0.146 米。

WGS84 的高程及 HKPD 的高程

全球定位系統可為一點定出三維坐標。不過，用這方法定出來的高程，是 WGS84 橢球之上的高程。將 WGS84 高程換算為 HKPD 高程必須知道兩者的相互關係。一九九一年在全港進行的全球定位系統測量中，計算出兩個高程基準面的大概關係，WGS84 的高程比 HKPD 的高程大概高 2.4 米(在香港西面)至 0.4 米(在香港東面)(參閱附錄第 C7 頁)。使用此相差換算所得的高程，並準確度是 ± 0.15 米。

坐標換算

使用者請注意，進行坐標換算時，必須確定有關坐標是根據哪一種大地基準制訂。以下所提供的資料，其換算準確度大致為 2 米至 5 米，或為原來坐標的準確度，兩者之中以較低者為準。如要更準確的換算，可向測繪處尋求協助。

顯示換算關係及所採用公式的圖解載於附錄第 C4、C7 至 C10 頁。

經緯度的換算 (HK80 基準 « WGS84 基準)

因為採用不同的參考橢球及基準原點，地面上某一點分別以 HK80 及 WGS84 為基準的經緯度，均有輕微差別。由於香港面積細小，採用下列常數，已足以達致約 0.1 的準確度。

經度 (HK80) = 經度 (WGS84) - 8.8" (調整至最接近的 0.1")

緯度 (HK80) = 緯度 (WGS84) + 5.5" (調整至最接近的 0.1")

UTM 方格網坐標的換算 (HK80 基準 « WGS84 基準)

基於同樣原理，地面上某一點分別以上述兩個系統為基準的 UTM 方格網坐標，亦有輕微差別。下列換算系數，只可用於指定方格網分區，其轉換系數的精確度約為 5 米。另外，轉換 UTM 方格網分區的前綴字母，可參閱附錄 C5 頁所載的地圖。

第 49Q 分區 UTM Northing (HK80) = UTM Northing (WGS84) + 195 米

UTM Easting (HK80) = UTM Easting (WGS84) - 245 米

第 50Q 分區 UTM Northing (HK80) = UTM Northing (WGS84) + 205 米

UTM Easting (HK80) = UTM Easting (WGS84) - 260 米

經緯度及 UTM 方格網坐標的換算 (相同基準)

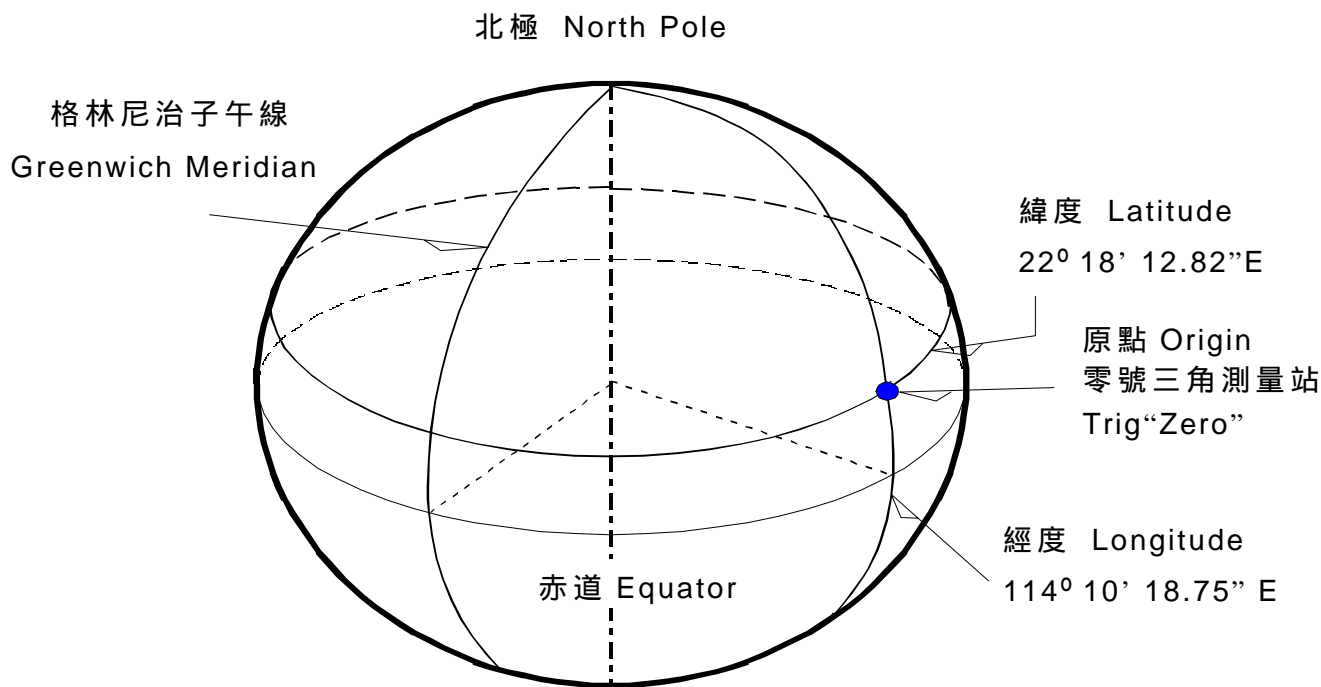
如要換算以 HK80 或 WGS84 為基準的“經緯度”及“UTM 方格網坐標”，可採用載於第 C7 至 C10 頁的第 1 至 3 項或第 3 至 5 項投影公式及相應的參數。使用者須注意不同基準須採用相應的參數，並參照載於附錄的換算例子驗算，以確保換算準確。

經緯度及 HK1980 方格網坐標的換算 (HK80 基準)

如要換算以 HK80 為基準的“經緯度”及“HK1980 方格網坐標”，可同樣採用載於第 C7 至 C10 頁的第 1 至 3 項或第 3 至 5 項投影公式，及 HK80 參數。

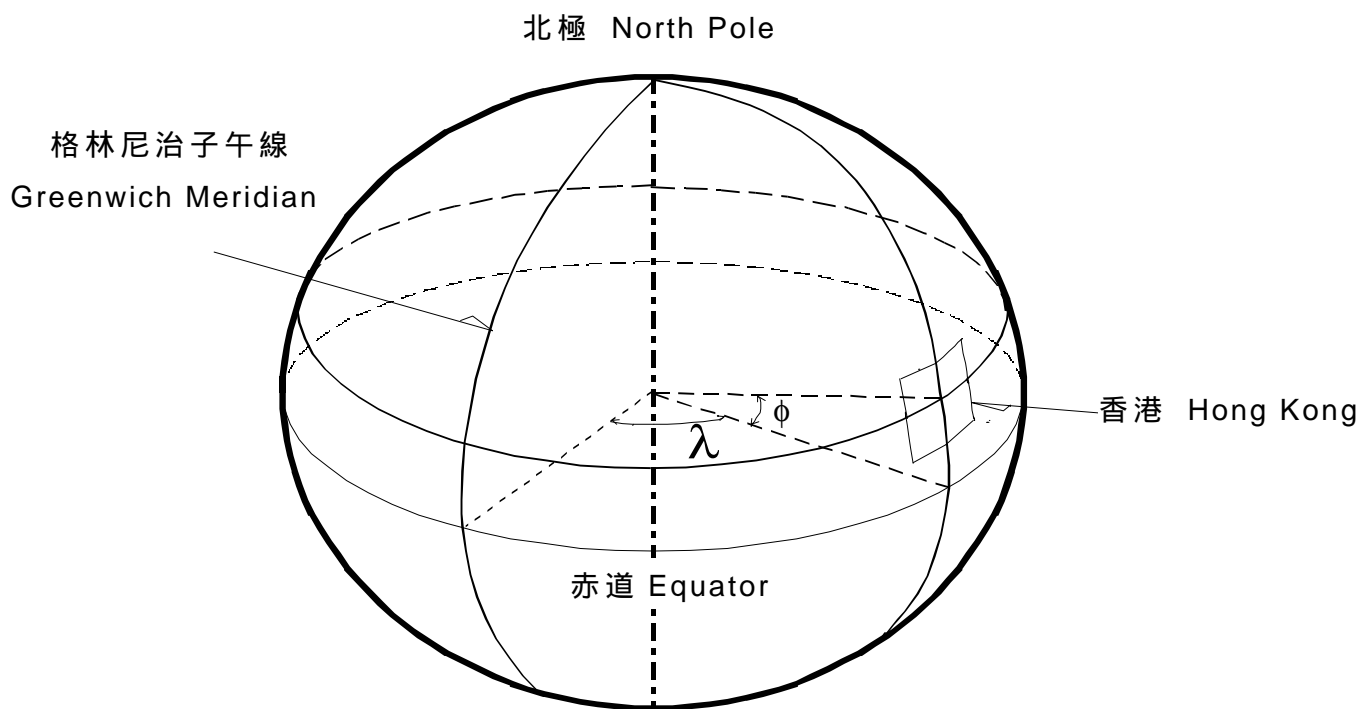
大地測量基準顯示

DIAGRAMS DIAGRAMS ILLUSTRATING GEODETIC DATUMS ILLUSTRATING GEODETIC DATUMS



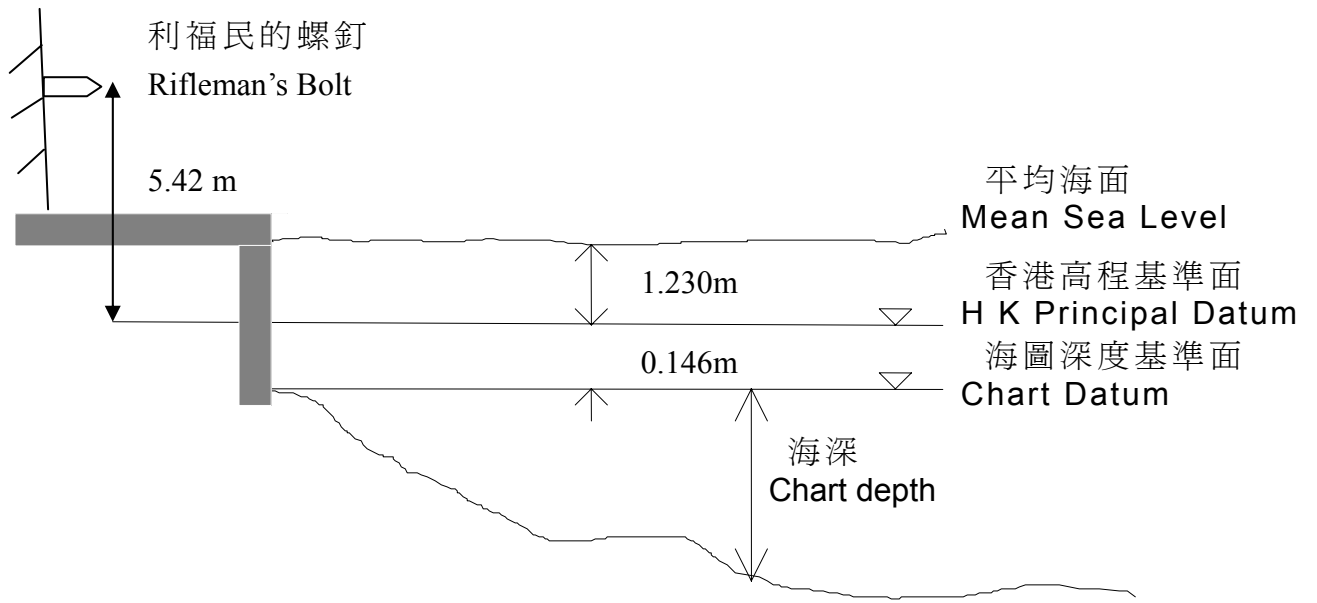
HK 80 Geodetic Datum 香港大地測量基準(1980)

Reference Ellipsoid : International Hayford (1910) 參考橢球：國際海福德(1910)

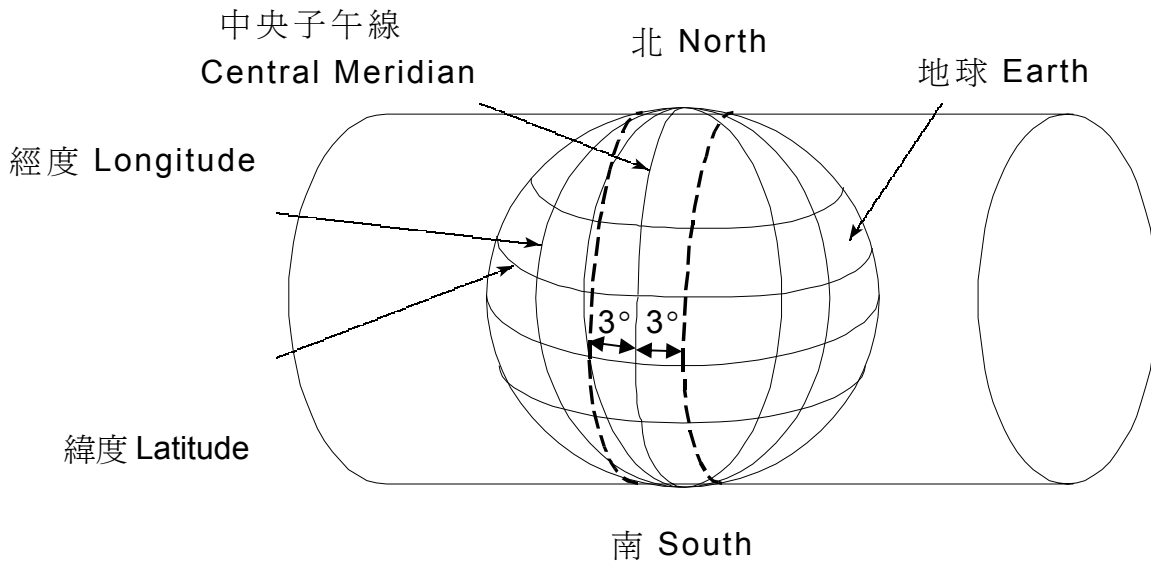


WGS84 Datum 1984 年世界大地坐標系

Reference Ellipsoid: WGS84 參考橢球：WGS 84



香港高程基準
Hong Kong Vertical Datum



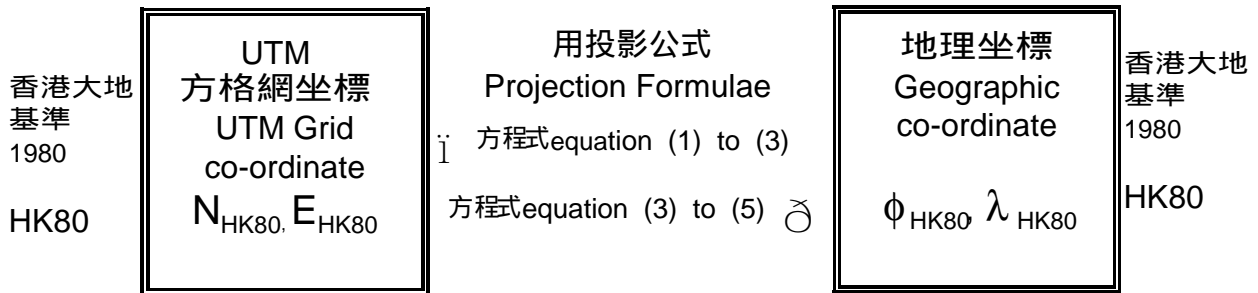
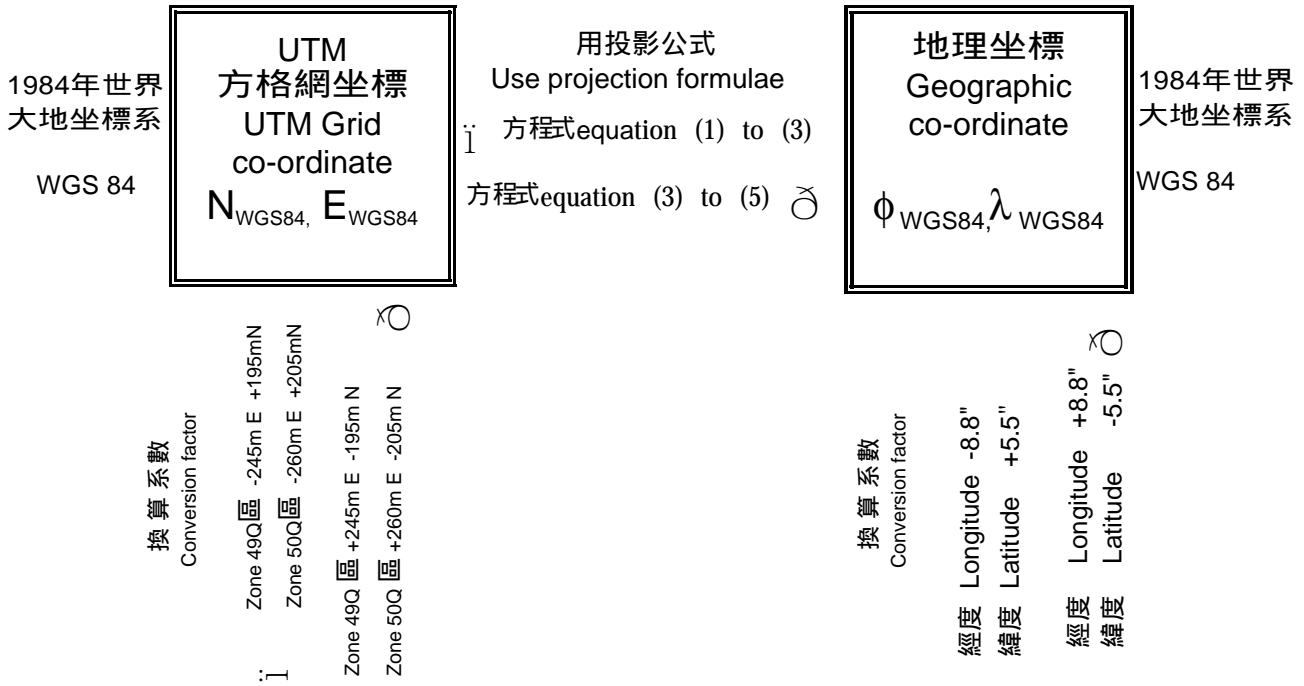
橫墨卡托投影
The Transverse Mercator Projection

香港大地基準及地圖投影的發展

階段	大地基準	地圖投影及本港方格網系統
1963 年前	<p>參考橢球：克 拉 克 (Clarke)1880 原點：零號三角測量站， 在香港天文台子 午線以南 38.4 呎</p>	<p>投影：卡 西 尼 投影原點：扯 旗 山 方格網坐標：5.18 呎 N 0.38 呎 E 方格網原點：1 號三角測量站</p>
1963 年 重新進行 三角測量	<p>參考橢球：克 拉 克 (Clarke)1858 原點：零號三角測量站</p>	<p>投影：卡 西 尼 投影原點：扯 旗 山 方格網坐標：50 000 呎 N 120 000 呎 E 假方格網原點：大嶼山西南</p>
1976 年 採用十進制及 轉換坐標	<p>參考橢球：克 拉 克 (Clarke)1858 原點：零號三角測量站</p>	<p>投影：卡 西 尼 投影原點：扯 旗 山 方格網坐標：15240mN 33026mE 假方格網原點：1993 年假方格網原點以 東 3550 米</p>
1980 年 重新進行 三邊測量	<p>參考橢球：國 際 海 福 德 (International Hayford) 1910 原點：零號三角測量站</p>	<p>投影：橫 墨 卡 托 投影原點：Patridge Hill 的 2 號 三角測量站 方格網坐標：819069.80mN 836694.05mE 假方格網原點：與 1976 年原點相同</p>
1990 年 全球定位系統 觀測	<p>確定本港平面直角坐標系統的 本地大地基準並無改變。 細比例地圖上的經、緯度及通 用橫墨卡托坐標是以 1984 年 世界大地坐標系為基準。</p>	<p>本港平面直角坐標系統的地圖投影及方 格網原點並無改變。 細比例地圖上的通用橫墨卡托方格網採 用了新的區系統。</p>

各種大地基準之間的坐標換算圖解

SCHEMATIC DIAGRAM SHOWING TRANSFORMATION OF CO-ORDINATES BETWEEN GEODETIC DATUMS

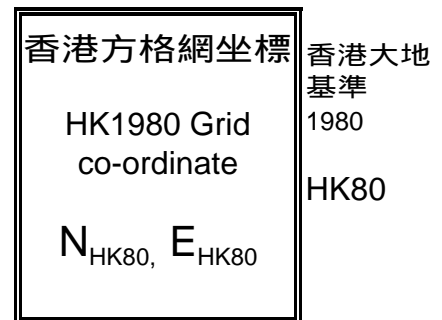


用投影公式
Projection Formulae
方程式 (1) 至 (3)
equation (1) to (3)
方程式 (3) 至 (5)
equation (3) to (5)

換算準確度

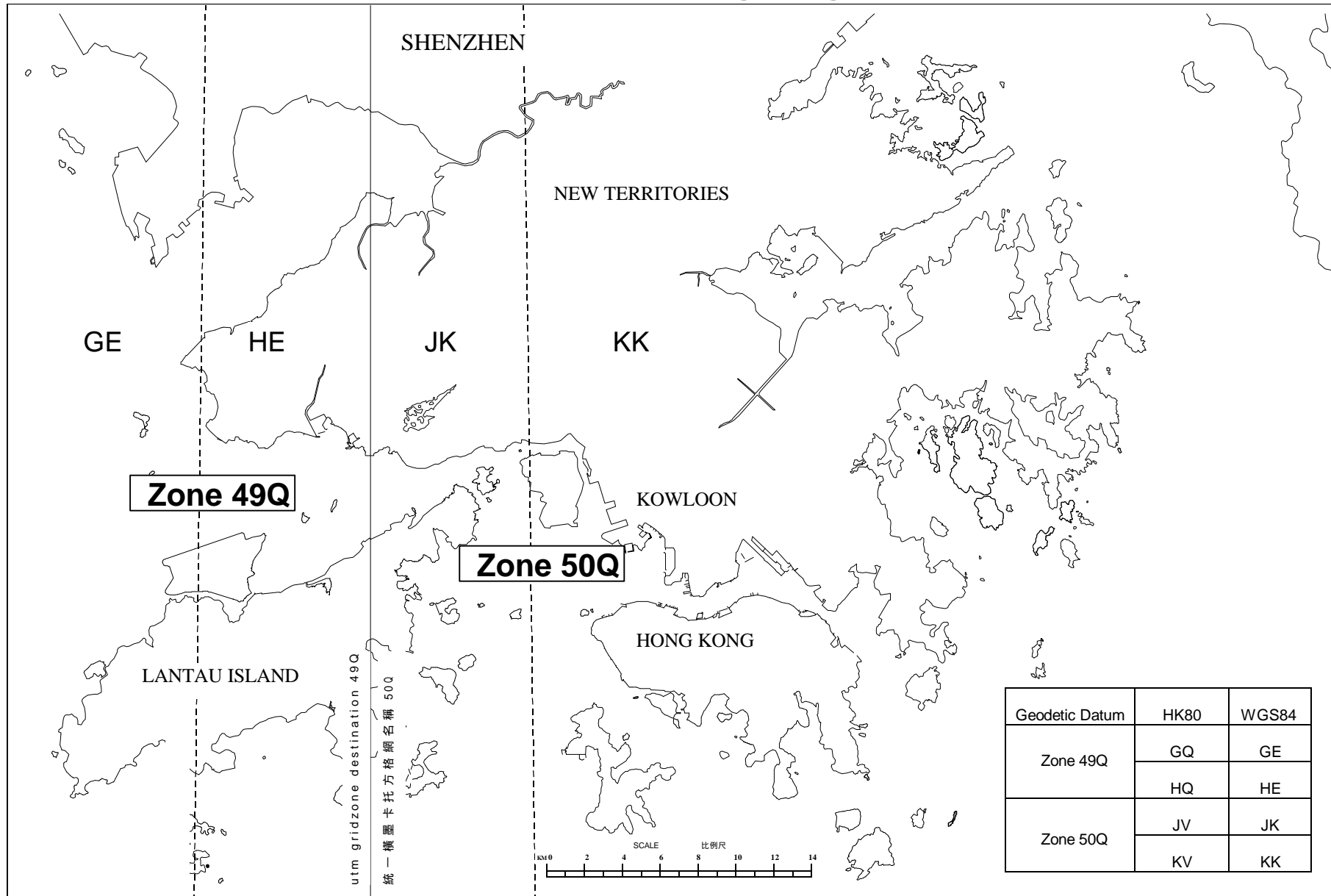
Transformation Accuracy

UTM _{WGS84}	○	UTM _{HK80}	5m	
ϕ, λ_{WGS84}	○	ϕ, λ_{HK80}	0.2"	
UTM	○	ϕ, λ	5m	or 或 0.2"
N, E	○	ϕ, λ	5m	or 或 0.2"



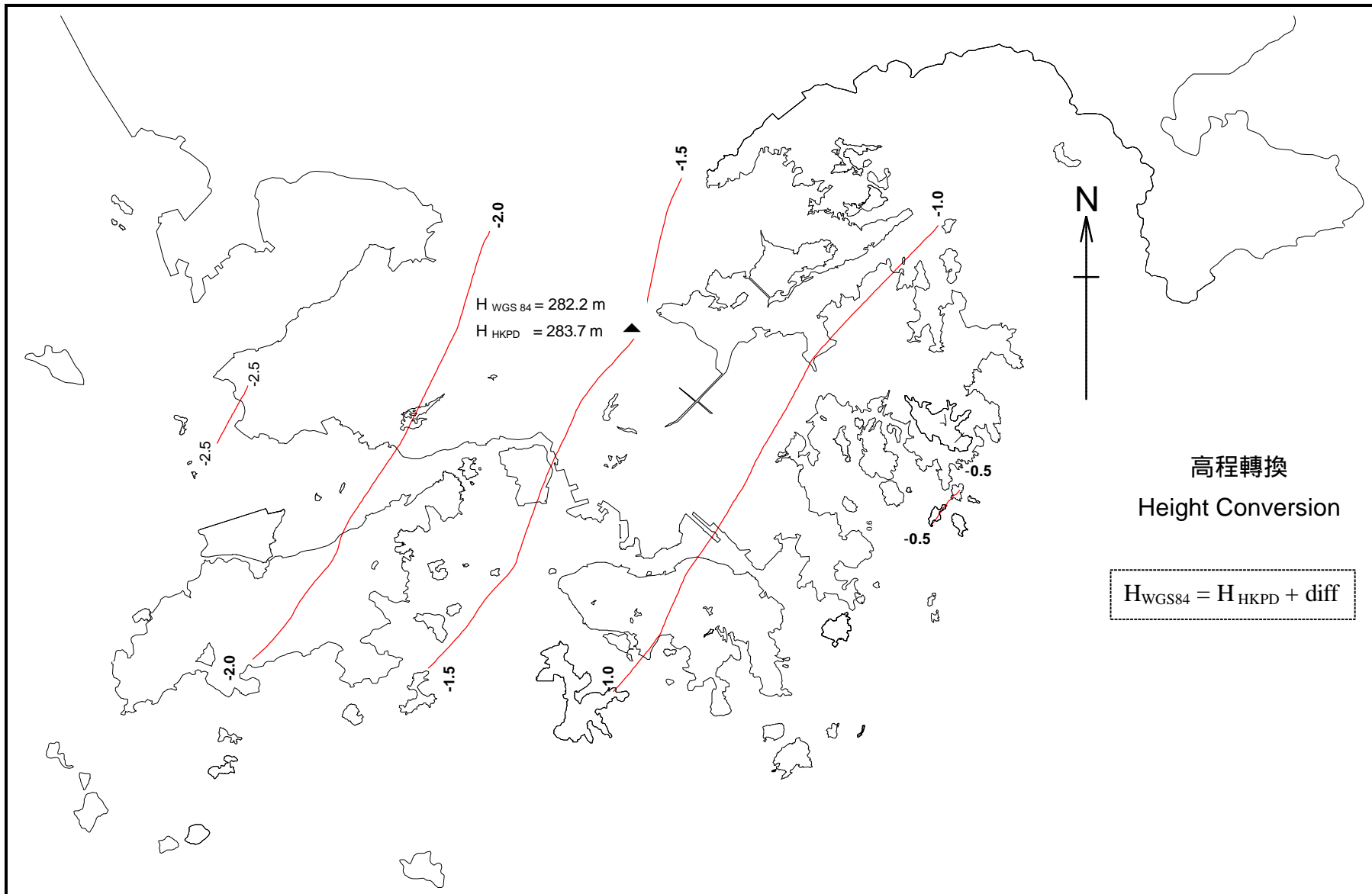
香港的 UTM 方格網 (WGS84)

UTM Grid Zone in Hong Kong (WGS84)



WGS 84 與 HKPD 高程差距等高圖

WGS 84 and HKPD Height Difference Contour Map

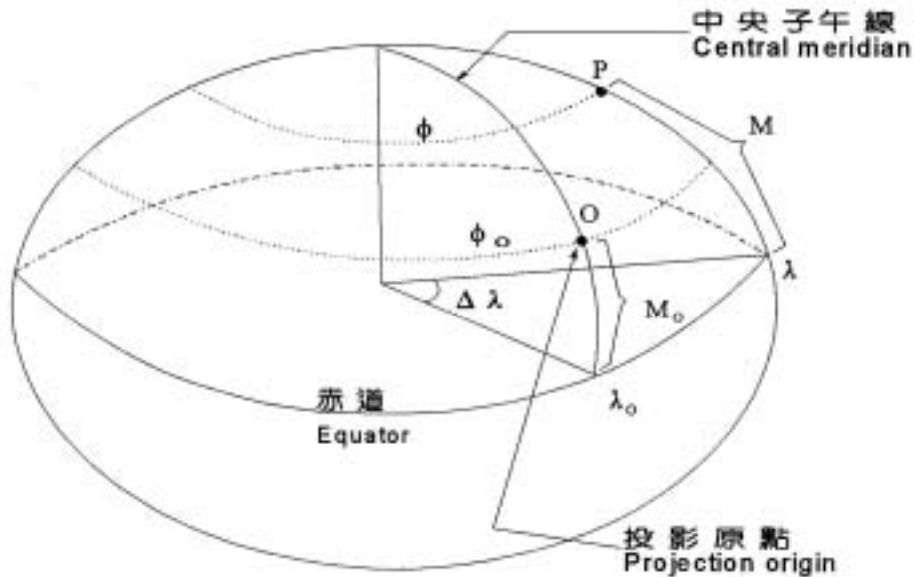


投影公式所用代號的說明

DEFINITIONS OF TERMS USED IN THE PROJECTION FORMULAE

Let P be the point to be converted.

設“P”為須換算的一點



- N, E = Northing, Easting of P
P 點座標
- N_0, E_0 = Northing, Easting of projection origin O
投影原點座標
- Φ, λ = Latitude, Longitude of P
P 點經緯度
- Φ_0, λ_0 = Latitude, Longitude of projection origin O
投影原點經緯度
- m_0 = scale factor on the central meridian
中央子午線尺度系數
- $\Delta\lambda$ = longitude of P measured from central meridian in radian (i.e. $\lambda - \lambda_0$)
由中央子午線起計的 P 點經度(弧)
- t = $\tan \Phi$
緯度正切
- M = meridian distance measured from the Equator to P
由赤道至 P 點的子午線距離
- M_0 = meridian distance measured from the Equator to origin of projection
由赤道至投影原點的子午線距離

投影公式

PROJECTION FORMULAE

- ν_s = radius of curvature in the prime vertical = $a / (1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2}$
卯酉圈曲率半徑
- ρ_s = radius of curvature in the meridian = $a(1 - e^2) / (1 - e^2 \sin^2 \phi)^{3/2}$
子午線曲率半徑
- ψ_s = isometric latitude = ν_s / ρ_s
等量緯度
- a = semi-major axis of the reference ellipsoid
參考橢球長半徑
- f = flattening of the reference ellipsoid
參考橢球扁率
- e^2 = first eccentricity of the reference ellipsoid = $2f - f^2$
參考橢球第一偏心率 = $2f - f^2$

Projection Formulae

Conversion of Φ, λ to Grid co-ordinates

經緯度轉為方格網座標

$$N = N_0 + m_0 \{ (M - M_0) + v_s (\sin \Phi) \left(\frac{\Delta \lambda^2}{2} \right) (\cos \Phi) \} \quad \text{--(Eq. 1)}$$

$$E = E_0 + m_0 \left\{ v_s \Delta \lambda \cos \Phi + v_s \frac{\Delta \lambda^3}{6} (\cos^3 \Phi) (\psi_s - t^2) \right\} \quad \text{--(Eq. 2)}$$

Meridian distance, M

子午線距離

$$M = a [A_0' \Phi - A_2' \sin (2\Phi) + A_4' \sin (4\Phi)] \quad \text{--(Eq. 3)}$$

where
方程式內

$$A_0' = 1 - \frac{e^2}{4} - \frac{3e^4}{64}$$

$$A_2' = \frac{3}{8} \left(e^2 + \frac{e^4}{4} \right)$$

$$A_4' = \frac{15}{256} e^4$$

Notes: 1. M_0 is computed using Eq. 3 by putting $\Phi = \Phi_0$

(Latitude of the projection origin.)

2. λ, Φ are in radian.

備註: 1. 以 $\Phi = \Phi_0$ 代入方程式 3 可計算 M_0

2. λ, Φ 的計算單位是弧度

Conversion of Grid Co-ordinates to Φ, λ

方格網座標轉為經緯度

$$\lambda = \lambda_0 + \sec \Phi_p \left(\frac{\Delta E}{m_0 v_p} \right) - \sec \Phi_p \left(\frac{\Delta E^3}{6 m_0^3 v_p^3} \right) (\psi_p + 2t_p^2) \quad \text{--(Eq. 4)}$$

$$\Phi = \Phi_p - \left(\frac{t_p}{m_0 \rho_p} \right) \left(\frac{\Delta E^2}{2 m_0 v_p} \right) \quad \text{--(Eq. 5)}$$

where
方程式內

$$\Delta N = N - N_0$$

$$\Delta E = E - E_0$$

and 及 Φ_p is the latitude for which $M = (\Delta N + M_0) / m_0$
 $M = (\Delta N + M_0) / m_0$ 時的緯度是 Φ_p

Notes: 1. Φ_p must be computed by iteration using Eq. 3.

2. All other quantities, such as t_p, ρ_p, v_p, ψ_p have their usual meanings but are computed using Φ_p .

備註: 1. 計算 Φ_p 須用方程式 3 及疊代法

2. 用 Φ_p 來計算 t_p, ρ_p, v_p, ψ_p

投影公式參數
Parameters for Projection Formulae

參數 Para.	1984 年世界大地坐標系 WGS84 Datum (UTM ↔ Φ, λ)	香港大地測量基準 1980 HK80 Datum (UTM ↔ Φ, λ)	香港大地測量基準 1980 HK80 Datum (HK1980 Grid ↔ Φ, λ)
N ₀	0m N	0m N	819 069.80m N
E ₀	500 000m E	500 000m E	836 694.05m E
Φ ₀	Zone 49Q: 0° Zone 50Q: 0°	Zone 49Q: 0° Zone 50Q: 0°	22°18'43.68"N
λ ₀	Zone 49Q: 111°E Zone 50Q: 117°E	Zone 49Q: 111°E Zone 50Q: 117°E	114°10'42.80"E
m ₀	0.9996	0.9996	1
M ₀	0m	0m	2 468 395.723m
υ _s	6381309.467m	6381480.500m	6 381 480.500m
ρ _s	6344897.718m	6359840.760m	6 359 840.760m
ψ _s	1.005738745	1.003402560	1.003402560
a	6 378 137m	6 378 388m	6 378 388m
e ²	6.694379989x 10 ⁻³	6.722670022x10 ⁻³	6.722670022x10 ⁻³

參考例子
Reference Example

基準 Datum	輸入數據 Input Data	結果 Result
WGS84	Φ 22° 26' 01.26"N λ 114° 10' 29.31" E	UTM 2 483 566m N 209 194m E
	UTM 2 483 568m N 209 192m E	Φ 22° 26' 01.16" N λ 114° 10' 29.24" E
HK80	Φ 22° 26' 06.76" N λ 114° 10' 20.46" E	UTM 2 483 772m N 208 932m E
	Φ 22° 26' 06.76" N λ 114° 10' 20.46" E	HK1980 832 699m N GRID 836 055m E
	UTM 2 483 775m N 208 930m E	Φ 22° 26' 06.89" N λ 114° 10' 20.39" E
	HK1980 832 699m N GRID 836 055m E	Φ 22° 26' 06.76" N λ 114° 10' 20.45" E