

台风环流内的海平百气压 廓线和阵风

福建省气象科学研究所

1979.3

编 者 的 话

吸取外国的先进经验“洋为中用”是毛泽东同志历来的教导，粉碎“四人帮”以来，我省广大气象工作者掀起了学习外语的热潮，我们希望有更多的习作者能把翻译练习稿寄给我们，我们将选印部份稿件，以供同志们业务学习参考。

编者 一九七九年三月九日

台风环流内的海平面气压廓线和阵风

格里菲斯·C·Y·Wang

提要:

台风飓风海平面气压廓线可以由台风中心气压加上一个指数函数 e^{-r/r_0} 乘以台风中心内外气压差的方程来描述。为计算台风环流内的梯度风速, 将气压廓线的导数作为气压梯度。如果对个别测站预先作出地形的订正, 那么, 在相应的径向距离内, 计算风速和阵风的记录之差约为在 2.5 米/秒 范围内。

在台风西尔马 (Ikeema) 和维拉 (Vera) 的眼经过基隆, 台北、高雄时, 由微气压计测得的海平面气压廓线曲线, 证实了指数方程的真实性。

于是, 模式台风可以用来模拟实际的台风, 因而, 在台风临近时, 可帮助气象工作者把风的手校放得更好。

一. 引言

台湾是中国的一个省份, 是一个热带岛屿, 从气候学观点来看, 除了山区地形以外, 与美国的佛罗里达州相似。在台湾东面西北太平洋, 或者在台湾的西南面中国的南海, 发生的热带风暴和台风, 经常严重地影响台湾岛。1977 年 7 月下半月中, 一个星期内有两个非常强的台风, 西尔马和维拉 (我国编号 7704 号, 7705 号, 译注), 分别袭击了南部的高雄商港及机场, 及北部基隆高港, 台北机场, 台风造成价值 25 亿美元的损失, 成百人

死亡，两个港口，由于建筑倒塌，满地瓦砾。台风西尔马和维拉路径如图一所示。1977年7月31日世界时9:30台风维拉眼区

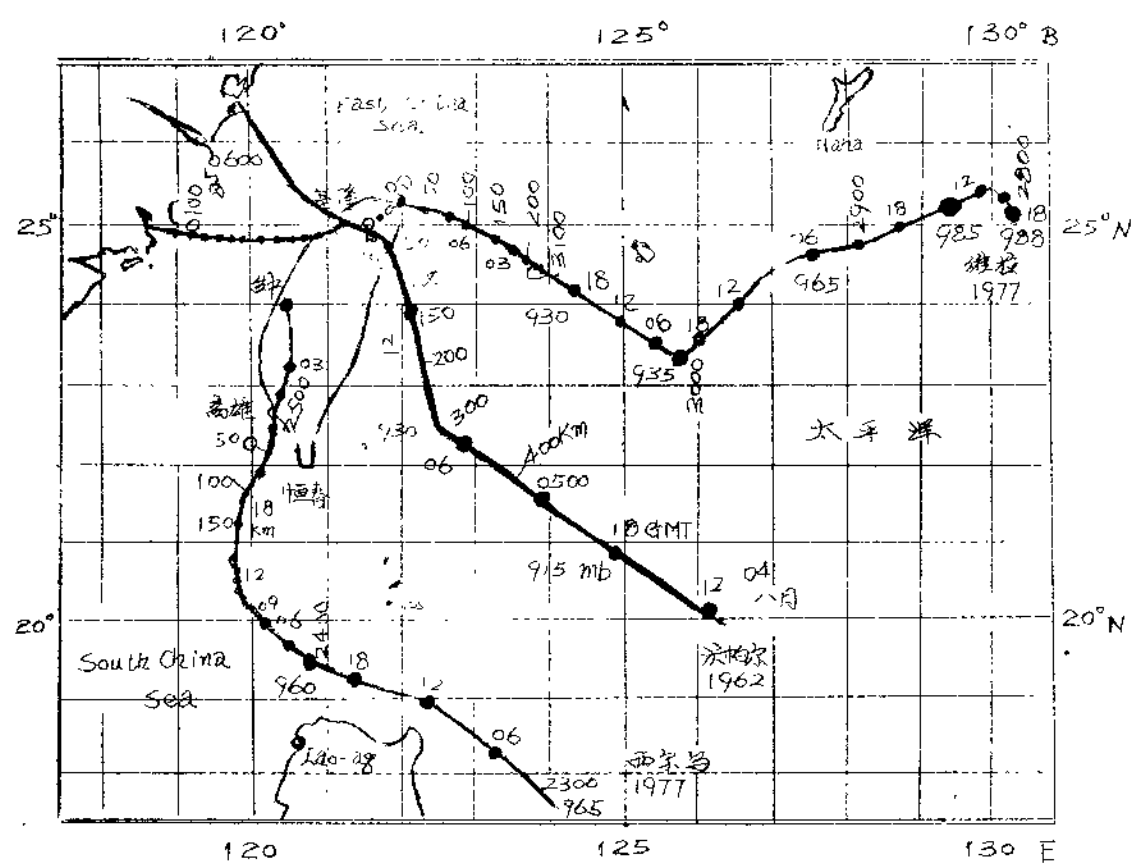


图 一

说明：台风西尔马，维拉和沃帕尔路径，（虚线表示热带风暴阶段）小圆点表示由雷达观测或飞机定时（世界时）观测，每小时台风中心位置及资料（标在0000世界时位置上）。台风中心相距测站径距用公里表示（维拉至基隆，西尔马至高雄，沃帕尔至台北）台风中心最低气压表示在路径的相应位置上。

经过基隆，世界时10:30台风眼又移到台北国际机场；同时，在7月25日世界时01:15时，台风西尔马眼移到高雄机场。10分钟

后移到港口，台风西尔马和维拉海平面气压廓线轨迹如图 2—4 所示，这资料对于验证指数方程的正确性是极其有用的。正如早期 Schoemer (1954) 研究指出的，此方程经常用在海岸工程上，为了设计防波堤，计算台风可能直接影响下风浪的高度和周期。为了使方程运用于预报海上或陆上台风环流内的阵风，只对方程作了较少的变动。

二. 指数方程：

上述的经验方程可以写成 $p = p_c + a \exp(-Y_0/r)$

式中的 p 表示台风半径 r 处海平气压， p_c 台风中心气压， a 是台风闭合环流外环境海平面气压(同量外闭合等压线差 1 mb)同台风中心气压的差。 Y 为台风中心径距， Y_0 为台风中心到其外圈径距的 $1/10$ ，并规定在该距离附近风速降为 17 米/秒。

在这篇研究报告中，一个重要的考虑是发展一种方便方法以估计 Y_0 值。自 1954 年以来，使用得到的台风资料对这种方法的试验已取得令人满意的结果。实际上， Y_0 是由方程 (17) 所确定的模式台风环流内的最大风速带的半径。这个带不一定同真实的一级准气旋从观测的最大风速精确确定。17 米/秒的风速的外围半径 Y_0 可由陆地和船舶报告确定，半径 Y_0 经常就在海上 1000 mb 等压线附近；根据作者前面所规定的方法 Y_0 是比较容易得到的。同时，这个方程对尺度不同的台风均可使用。

三. 梯度风方程：

用一个相应于方程(1)确定的气压廓线的梯度方程, p 对 r 的导数, 成为

$$dp/dr = a r_0 r^{-2} \exp(-r_0 r^{-1}) \quad (2)$$

因此地转风 $V_g = p^{-1} f^{-1} dp/dr$,

$$V_g = a p^{-1} f^{-1} r_0 r^{-2} \exp(-r_0 r^{-1}) \quad (3)$$

在北半球气旋性梯度风 (V_{gr}) 与地转风 (V_g) 之间关系是:

$$V_{gr}^2 + frV_{gr} - frV_g = 0 \quad (4)$$

将(3)式代入(4)式得:

$$V_{gr}^2 + frV_{gr} - a p^{-1} r_0 r^{-1} \exp(-r_0/r) = 0 \quad (5)$$

气旋性梯度风 V_{gr} 之方程可求出其解:

$$V_{gr} = \left(a p^{-1} r_0 r^{-1} \exp(-r_0/r) + r^2 \Omega^2 \sin^2 \phi \right)^{1/2} \cdot r \Omega \sin \phi \quad (6)$$

从方程(1)和(5)我们得以从第一实际风暴观测资料计算海平面气压廓线和模式台风的梯度风。例如: 台风维拉中心气压是 930 mb [同 1958 年台风泰 (Taisy) 强度一样, 阿特金森 1971] 17 米/秒风速外圈半径为 200 公里, 台风环流外环境海平面气压为 1004 mb。根据不同径向距离计算的相应海平面气压和风速, 分别示于表 1 中 1~3 列。这些资料可以绘在高雄 (图 2) 和台北 (图 3) 两个微气压计记录纸上 (虚线) 图 2、图 3 绘出台风跟移经高雄和台北测站时, 台风维拉的海平面气压廓线和阵风风速记录 (光滑实线)。如前所述, 台风维拉在海上时中心气压 930

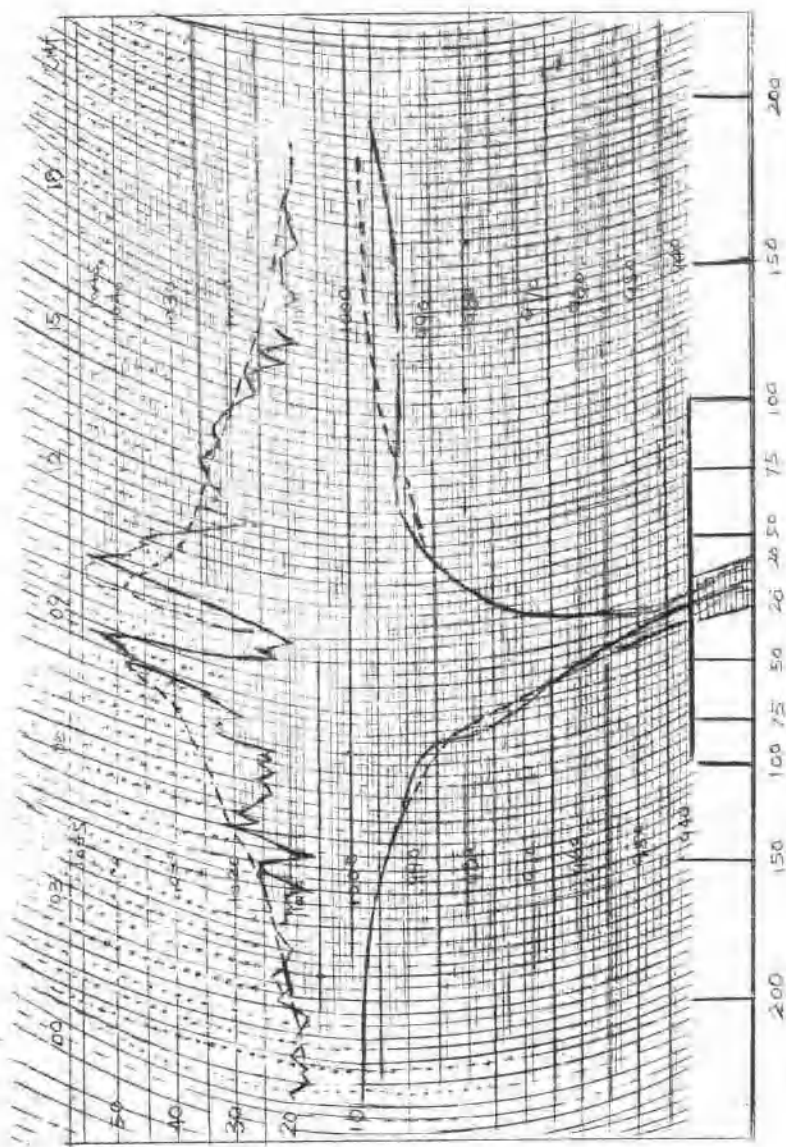
表一

r (km)	p (mb)	V_{gr} (ms ⁻¹)
200	997.3	18
150	995.9	23
100	990.7	30
73	986.2	34
50	979.6	40
40	974.4	44
30	967.0	47
20	957.4	49
10	940.0	43
5	931.5	23
0	930.0	0

说明：表<1>台风维拉模式，观测资料，台风离海面气压1004 mb 中心气压930 mb，17米/秒 阵风半径200公里， $r_0 = 1004 - 930 = 74$ mb $r_0 = 20$ 公里

mb,然而，当袭击基隆港时台风中心气压上升到937.4 mb，即使台风在台北（伸入陆地约37公里）填塞很多，但仍测到离海面气压950.5 mb。在基隆台风眼气压廓线呈V型，而在台北同台风的填塞气压廓线更圆些，计算的海平面气压和记录海平面气压几乎是相等的。一些差别可以由离海面气压的半日变化说明，这些差别在台北记录（图3）清楚地看到。在11:00到16:00一段时间内，计算值比观测值高，而在21:00左右计算值比观测值低，风暴经过基隆和台北后，两地处于气旋性气流的背风面，计算的海平面气压比观测的海平面气压高。

为了比较起见，图4和图5绘出了两个台风的海平面气压廓线，第一个是台风西尔马，台风西尔马在1977年7月25日的早晨



说明
 图2 1977年台风维拉经过基隆观测到台风气压廓线和阵风风速，(上面部分)实线表示气压记录，(中间部分)虚线表示计算梯度风速和气压，(下面部分)虚线表示计算梯度风速加上台风移动分量。

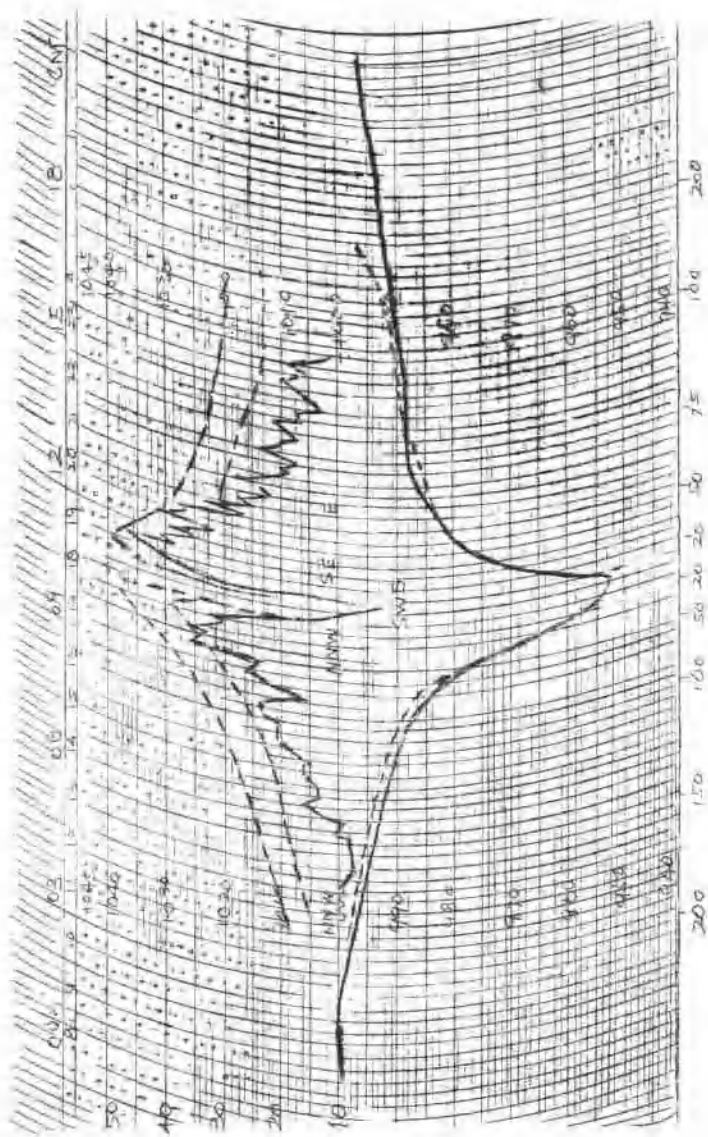


图 3

说明 说明图2. 1. 线表示由于地形影响台北灯正风速

11-11-12

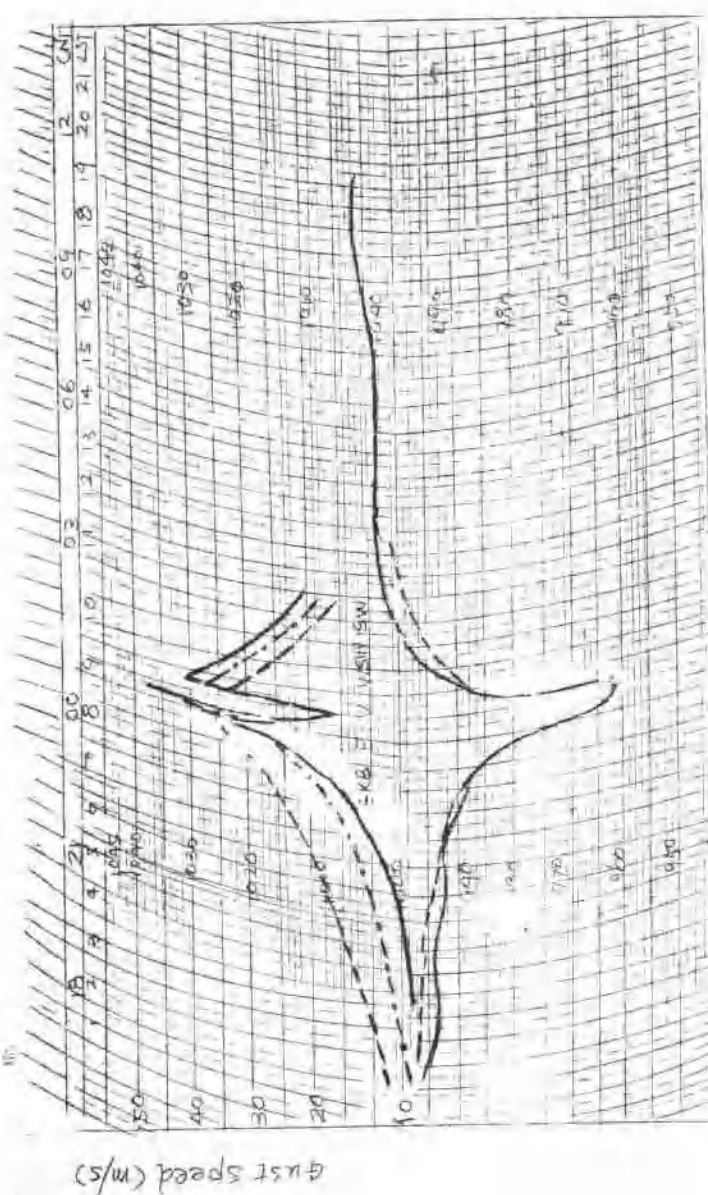


图 4

说明 1977年台风西尔马在高雄，箭头表示由于地形影响修正风速

袭击高雄，当时西尔马较小，但是对高雄地区工业起了很大破坏作用。使用台风西尔马观测资料如：环境海平面气压 1002mb ，台风中心气压 960mb ， 17米/秒 风速半径 150公里 ，使用相应半径所计算出的海平面气压和梯度风速由图4中虚线所示。

第二条是台风沃帕尔 (Opal) 气压廓线 (我国编号 6104 号，译名) 台风沃帕尔约在台北正东方 40公里 (图1)， 1962 年 8 月 5 日袭击了台湾东海岸，台风沃帕尔眼区经过台北国际机场附近时造成很大破坏。使用台风沃帕尔观测资料如：环境海平面气压 1006mb ，台风中心气压 930mb ， 17米/秒 风速半径 400公里 。台风沃帕尔同 1960 年飓风多纳 (Donne) 的强度及范围几乎一样 (米勒 1967 年) 计算的海平面气压廓线由图5虚线所示。有意思的是，虽然台风沃帕尔和台风维拉的海平面气压最低值相同，但它的气压廓线仍有某些差别。这个差别可由台风沃帕尔 17米/秒 这个圈风速半径较大这一事实说明。

指出下面一点同样也是有趣的，在 $15:00$ 世界时，台风沃帕尔袭击台湾东海岸时，其最强的风速和最低海平面气压都发生在台风登陆台北时，因山地影响，海平面气压廓线 U 型随着强度显著减弱部分消失 (图5)。这里作者想强调一下，所求出气压廓线使用中心气压是观测的最低气压，因当时台风还在海上。

四. 阵风风速计算值的讨论：

当台风最初接近测站时，阵风在以分钟计的不规则时间内反复出现；

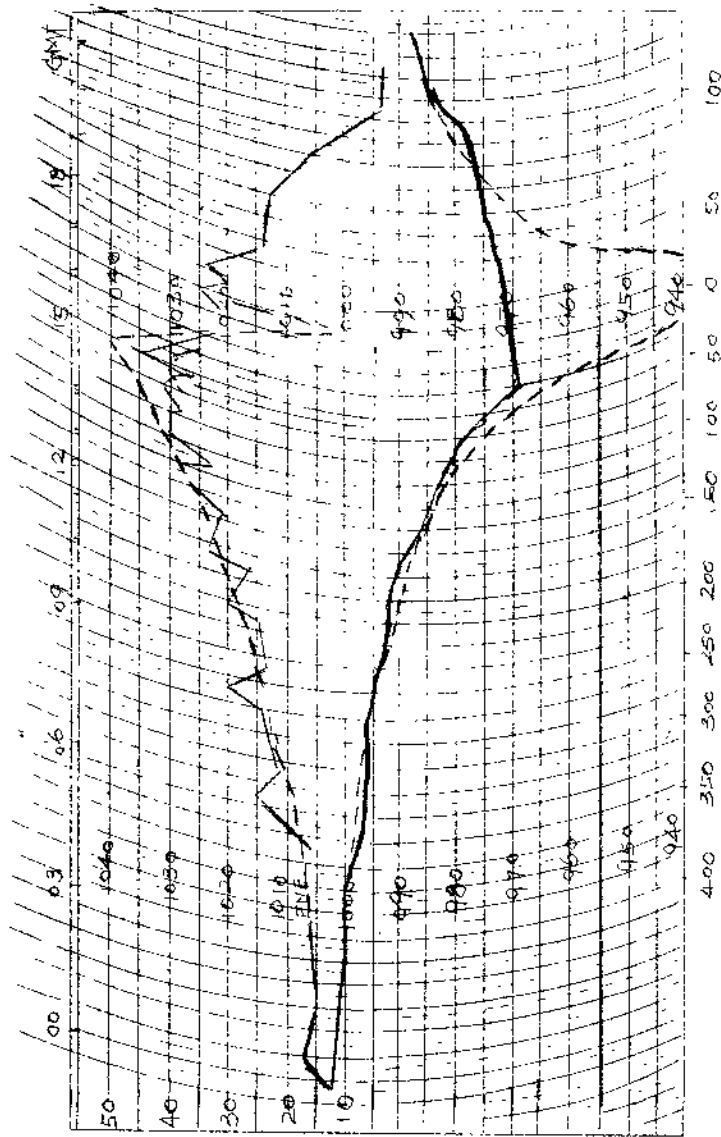


图 5

说明 图 4 台北观测的台风波印尔

随后则以十秒计,最后随着则北进入最大风速带阵风互相融合成持续地面风。表2列出四个无线电探空测风记录,可用此来说明在台风直接影响下,阵风和梯度风高度风速之间关系(为2000英尺以上比较平坦地形)。我们认为这是台风环流内不稳定热带空气伴

(表二)

Altitudes (ft)	Trix 8 Aug. 1960	Opal 5 Aug. 1962	Amy 5 Sep. 1962	Gloria 10 Sep. 1963
Srfc	300/35+53	060/18+27	040/40+59	030/32+49
1000	350/33	060/19	050/40	020/31
2000	360/50	070/24	060/62	010/48
3000	360/56	070/37	070/54	010/41
4000	360/54	070/37	070/44	030/39
5000	360/43	070/41	—	030/55
6000	360/43	—	—	030/55

说明: 表之台风环流内, 台北无线电测风(风向/风速哩+表示阵风+值)

随频繁阵雨或骤雨所携带动量, 从梯度风高度周围大气传向地面。

1. 当阵风通过持续的地面风(摩擦减速), 例如, 1960年8月8日, 台风特黑克斯(Trix) 接近台北国际机场, 地面风向是

0°, 风速35哩/时, 而阵风达53哩/时, 阵风风速同2000~

3000呎平均风速非常一致。如, 台风格洛里亚(Gloria) 地面阵

风几乎同2000呎高度风相同。作者认为: 从方程(6)计算的 U_{gr}

可望得到离风暴中心相应径距非常一致的阵风风速, 而持续风相

(表三)

Station	Computed gradient wind directions	Percentage Corrections	percentage of cases Verifying (within 17-40 m s ⁻¹ range)
Taipei 1897-1976	NNW-NNE	-20	65
	NE-ENE	0	79
	E	-20	68
	ESE-SE	0, +20*	71
	SW, W, NW	-10	69
Keelung 1917-1976	NW-NE	0	81
	ENE	+10	85
	E-SE	0	74
	SSE-S	-30	62
	SSW	-50	68
	SW-WNW	-30	71
Kaohsiung 1932-1976	N-ENE	-30	58
	E-ESE	0	72
	SE	+10	85
	SSE-S	0	67
	SSW-WNW	+10	79
	NW-NNW	0	71

说明：表三计算阵风风速百分比时，是根据22.5 m/s风速等于平坦地势阵风值的 $2/3$ ，或者小岛上阵风值的 $1/5$ 。然后，个别测站地面风所受地形影响，根据不同情况，修正地面风速和梯度风高度风速比较之前，我们必须加以修正。

五. 地形的影响

就我们所知，曲折海岸，狭窄的海峡，水道和山区，是引起风向风速发生变化的因子，如果台湾或者其它地方是完全平坦的，计算梯度风高度风速与阵风非常一致，可是，台湾岛屿是椭圆形（图6），南北长386公里，东西最宽140公里，山脉走向沿着

它的东海岸（玉山最高峰 3990 米），於是东海岸地势突起升高，而西海岸地势平坦，从海面逐渐升高，高雄位于西部平原的南部，除了东北风外（因最高的玉山位于东北方向），其它风向均不受地形阻挡。另一方面，北部海港基隆，北面面临大海，背面依山。因此对北面半圆气流是自由流通的，而限制了南来气流。当测站在台风直接影响下，为了考虑测站风的记录受到地形的影响，表 3 给出了对阵风风速的梯度风修正。虽然这些修正图是针对台湾的

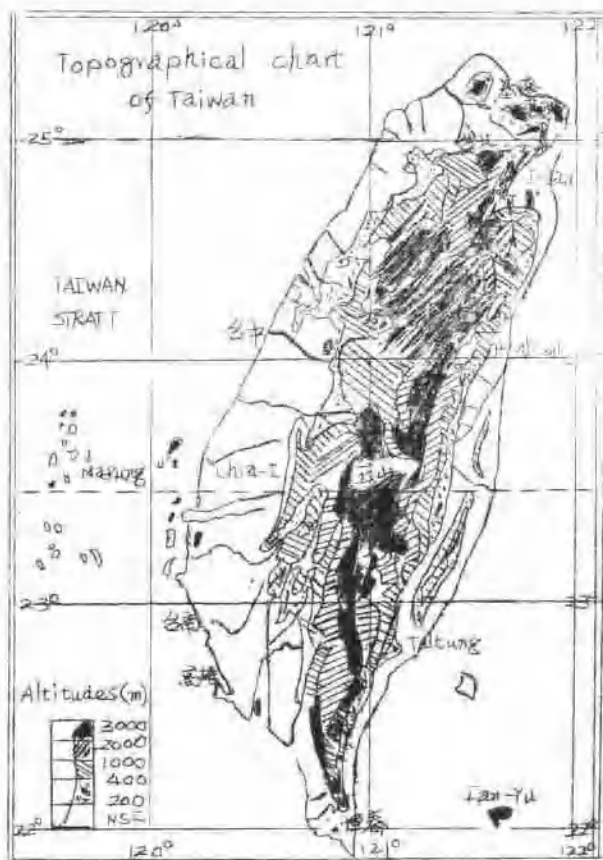


图 6

中国台湾省地形

测站已经确定，如地形相同，这些订正因子对世界其它一些测站也可使用，表3说明如下：

1. 风向可以由测站同台风中心联线的方位角加上 60° 得到（地面持续风向假定和等压线成 30° 交角）。例如，在台风的影响下，台北位于台风中心西边（ 270° ），则 333° 为台北的标准风向。

2. 使用方程(6)来计算不同半径 r 的风速。

3. 使用计算的风向作为参考，将观测和计算的风速画出风的玫瑰图，任何风向较大的偏差（大于 $\pm 20^\circ$ ）认为有地形的表现。

4. 将计算的风速作为基准，按照风速记录的偏差百分数，把风的玫瑰图分成若干部分。这种一致的偏差被用来作为风玫瑰图相应部分的订正因子。例如，如果计算风速是 45 米/秒，而观测风速是 22.5 米/秒，则偏差是 2.5 米/秒，总的订正因子是 -10% ，由于角效应或者偶然的文图里效应，订正因子可以是负的。

在图2-5中上部给出了记录和计算阵风风速。必要时，对计算风做了速度订正（锁链）。图4因当时微气压计被风暴移经测站时的骤雨所破坏，因此用观测的阵风风速代替风速资料画风的廓线。

六. 制作风预报程序：

当台风正在接近测站时，最主要的预报量是风速将达到 17 米/秒， 25 米/秒等等的具体时间，以及可能出现的最大破坏风力和风向。

为了提供详细资料，下面介绍风的预报程序。

1. 根据可得到的全部资料，建立模式台风，以计算表(1)所列各项。
2. 使用有影响的测站为圆心，以不同半径作数圈同心圆。
3. 将预报的台风路径按指定时间间隔画在同一张图上。
4. 参照表(1)，用距离图作为参考，在相应的距离和时间下去测定阵风的风速和风向，必要时，对计算的梯度风使用速度修正。

七. 台风四周非对称环流：

风暴中心周围环流是非对称的。这是计算对称梯度风和由台风移动引起风分量迭加的结果。于是，风力强度在台风路径右侧要比左侧强。一般风暴向前移动速度 ≤ 20 公里/小时，而且在离风暴中心100公里范围内，或更远处，由台风移动引起风分量可忽略不计。但是，每当台风移动而引起风分量和预报大风一致时，这部分风仍须加到破坏性风力上去。例如，在图2，当台风维拉眼区边缘袭击海边基隆测站时，记录到最大西北阵风为55米/秒，这时台风中心以每小时40公里速度向西南方方向移动，当时基隆处于台风维拉眼区边缘前进方向上，风暴移动时对强风贡献是零。在台风眼的另一边，由于南面山脉阻挡，最大风也没有发生，直至台风眼经过测站约15分钟后，而风向由南变或东南东，这时东南东风为55米/秒，包括台风移动相对风分量6米/秒。