

天体引潮力与强台风强度变化关系的探讨

中央气象局研究所

一九七五、五

天体引潮力与台风 风强度变化关系的探讨

中央气象局研究所 任振球
内 容 提 要

日、月引潮力，对海洋潮汐、地壳形变等许多地球物理现象，均有重要影响。本文从大气潮汐角度，对台风的速度变化与天体引潮力的关系，进行相关分析，结果表明：

1、在西北太平洋和南海地区，天体引潮力与台风的速度变化，有着明显的相关。其中以朔望、月台同步（月球赤纬与台风中心纬度连续相等）、和行星近地时合月三者对台风的迅速发展，对应关系最好。

2、朔望（以及行星合月）的引潮力指数（即朔望的时刻与月球当天经台风中心的时刻之差），只有在 $\pm(\leq \pm 3.7$ 小时）范围内，（即朔望当时的引潮力投影在台风附近地区），才对台风增强有关。信度达0.01。否则，对台风发展不起作用，甚至起抑止作用。

3、当朔望时的引潮力指数满足 $\pm(\leq \pm 3.7)$ ，尚需通过大气本身的条件，即海洋上必须已存在扰动（热低或台风）这一前提条件下，才对应台风加速发展。否则，祇会新生一个热低。

4、分析引潮力的垂直分量和水平分量，得到引潮力指标

+ (± 3.7) 正负垂直分量的分布相一致，表明朔望+ (± 3.7) 具有其物理意义。

5. 在其他海洋，从几个著名大台风的例子看，上述天文条件和引潮力指标，同样也适用。

(一) 引言

众所周知，海洋潮汐主要由月球和太阳的引潮力所引起，最大潮差在加拿大的芬地湾，高达19.6米⁽¹⁾。日、月引潮力，使地球外壳（岩石）表面每天上下振动（称为固体潮），在赤道附近，垂直位移最大可超过50厘米，在纬度 50° 附近最大可达40厘米⁽²⁾。据天文、地震部门研究，引潮力对地震有触发作用，朔望、上下弦、月近地、月赤纬变化等，与地震活动有明显相关⁽³⁾，有运用日、月和行星的周期，进行粗略地震预报⁽⁴⁾。地球自转速度变异⁽⁵⁾、地极移动⁽⁶⁾、地核变化⁽⁷⁾等，均与天体引潮力的作用有关。伍德计算了木星、金星、地球三者对太阳引力的合力，所引起的太阳相对潮汐高度，并绘成连续演变曲线，发现与太阳黑子的11年周期，有明显的高相关⁽⁸⁾（称为行星太阳潮）。

大气运动——作为地球物理现象之一，是否也受日、月引潮力的影响？十八世纪，拉普拉斯分析地面气压的日变化，认为没有日、月引力的作用，只有太阳辐射引起的日变化。此后长时期内，许多人认为对流层中大气潮汐作用是微小的⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。

然而，我国劳动人民在历代为生产斗争的实践中，这方面积累了丰富的经验。认为朔望、月赤纬（即月影长短、“月雨于毕、停滯沱矣”）、行星合月（即“月傍星”、“大星逼月”）等与降水有关。东南沿海渔民和一些气象台站，有“台风来临如近朔望，则风大雨大，容易有大台风”和“台风等潮”等经验。国内外有些人的研究，也认为有关。Smiley 分析 1900—1949 年大西洋台风活动，认为台风发生与月球经过赤道洋面有关⁽¹¹⁾。Thomas 等分析全球 78 年的台风资料，得到在大西洋和西北太平洋地区台风发生在新月和满月附近月弦附近多 20% 左右⁽¹²⁾。Bradley 等分析美国 1871—1961 年的降水资料，发现有一个 14.765 天的周期，正是月球朔望周期的一半，表明朔望对美国降水有明显影响⁽¹³⁾。（目前此类研究工作，大多处在理论探索阶段，与日常天气预报使用，尚有一定距离。）

毛主席教导我们：“实践的观点是辩证唯物论的认识论之第一的和基本的观点。”“理性认识依赖于感性认识，感性认识有待于发展到理性认识。”

根据毛主席的教导，在群众实践经验启示下，本文对天体引潮力与台风强度变化的事实，进行相关分析，试图探讨大气潮汐的作用，从中找出一些台风强烈发展的相应天文条件。

（二） 资料选取和处理方法

考虑到强台风对人民生命财产的重大影响，本文着重分析1949—1974年在我国登陆时风速达12级的强台风的情形（其中包括登陆山东达11级的6005、7203和南海就地生成、登陆时又达11级的6402、6603四个台风）。并抽取1969—1973年（5—11月），分析整个西北太平洋（ 180°E 以西）和南海地区的所有台风（包括热带低压，下同）的相关情况。

台风的强度变化、以台风中心附近海面最大风速表示。根据中央气象局编印的“西北太平洋台风路径图”和“台风年鉴”绘制。

天文条件、选择能反映引潮力变化的、地心座标的天文现象。如（1）朔望，即一个月内日、月对地球的引潮力合力最大之时；（2）行星合月，即行星与月球视赤经相等、两者对地球的引力重合之时；（3）每天四次气象观测时月球和太阳的视赤纬。根据紫金山天文台编制的“中国天文年历”绘制。

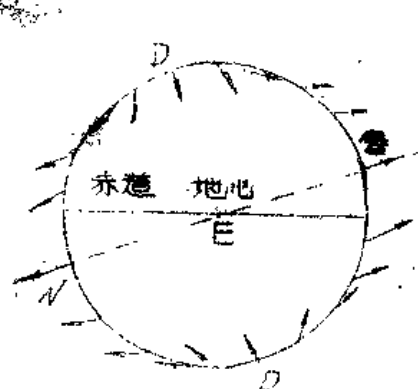
为了区别不同朔望对台风强度变化的不同影响，本文对朔望着重考虑它的具体时刻，即分析朔望当时的引潮力投影是否在台风附近地区；（1）用朔望的时刻减去当天月球经过台风中心所在经度的时刻。本文称此差值为引潮力指数。其计算式为：

$$R = \tau - \left(\tau_0 + \frac{120^{\circ} - E_s}{14.5} \right)$$

式中 R 为朔望对台风的引潮力指数， τ 为朔望时刻（北京

时)， t_0 为当天月球经 120°E 中天的时刻 E_0 为朔望当日的台风中心所在经度， 14.5 为月球每小时运行的平均地理经度。（为简便计，本文计算时取近似值 15° ）这个指数接近于朔望时的日、月引潮力在地面投影点与台风中心在地心所张的角度。（2）当天朔望时，如月赤纬为“+”（处北半球），则将上述差值加括号用“+”表示；反之用“-”表示。有时，朔望的时刻与当天月球经台风中心的下中天相近，则其引潮力指数，将朔望时刻减去当天月球经台风中心的下中天时刻，即用朔望时的对潮来确定其引潮力投影地区是否在台风附近的北半球^{*}。这时，如月赤纬为“-”，其对潮的投影处北半球，则引潮力指数的括号外仍用“+”表示；反之用“-”表示。用此方法求出每个朔望对当时台风的引潮力指数。

^{*}注：据潮力理论⁽⁴⁾，地球上某一点所受月球的引潮力（见图1），是该点所受月球的



引潮力与月球绕月—地系公共质心中心运动的离心力之合力。在月球引潮力投影中心 E 及其对潮中心 N 处，两者引潮力的大小大致相等。

图1、月球引潮力分布的示意图

将每个台风的强度演变和当时的天文条件，逐个绘制成综合动态图。在仔细分析特强台风个例的基础上，分析每个台风在急剧发展时期的天文条件，然后按朔望等进行分类归纳统计。统计的标准：(1)天文条件必须出现在台风风速增强时期内，才算做对应，否则为不对应。(2)如天文条件出现时，台风正值登陆，则按登陆时风速达最大、或登陆前后未因陆地摩擦而减弱，算做对应，否则为不对应。

统计分析结果表明，天体引潮力与台风的强度变化有着明显的关系。其中以朔望、月台纬度同步，和行星近地时合月，对应台风强烈发展，关系最好，相应的增强幅度为最大。其他如日、月赤纬相等，月、台或日、台纬度相等。

也均与台风发展有一定对应关系，但台风增强幅度不及上述三者为大。

(三) 朔望与台风强度变化

(1) 仔细分析发现，朔望的时刻不同，对台风的影响也不同。只有同时满足如下两个条件的朔望，当时台风才有发展：

①朔望的时刻与当天月球经台风中心所在经度的时刻，两者的差值 $< \pm 3.7$ 小时；②朔望时的引潮力投影必须在台风所在的光半球地区，即上述差值括号外加“+”者。当上述两个条件中只要有一个不符合，即引潮力指数 $> \pm 3.7$ ，或括号外为“-”

者（引潮力投影到南半球），则台风在当时多为不发展，甚至减弱。

图2是1969—1973年(5—11月)西北太平洋和热带地区的台风（色指热低）迁期望时，按引潮力指数与当时台风强度变化的散点图。横坐标为期望时对台风的引潮力指数，纵

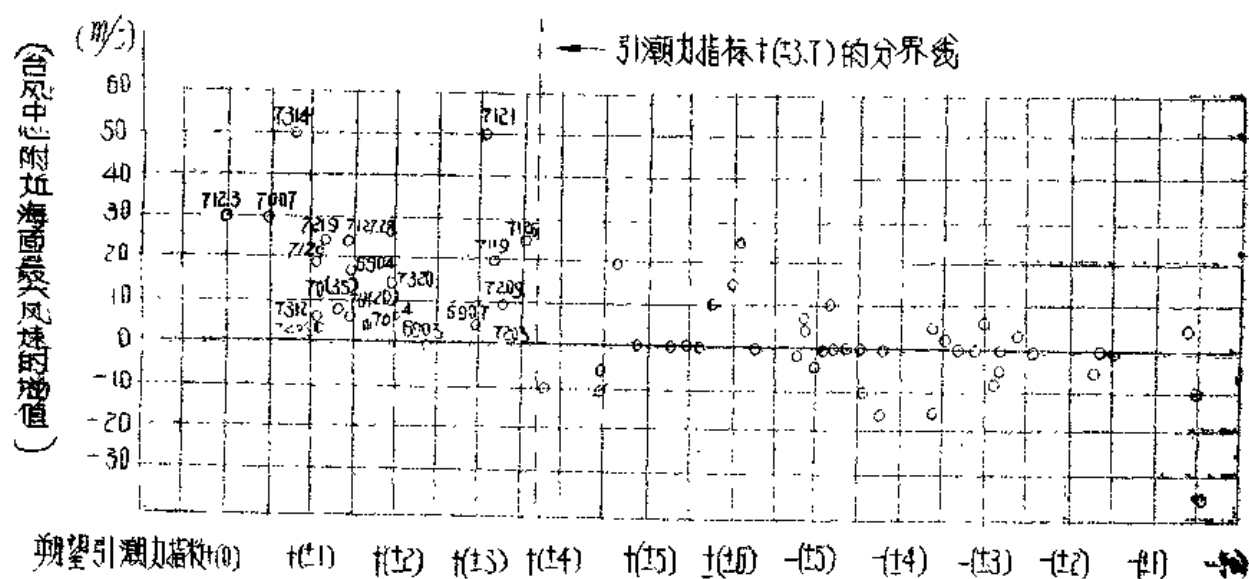


图2. 期望引潮力指数与当时台风强度变化的散点图

(1969—1973年5—11月)

座标为期望当时24小时内（最大48小时）台风风速增强幅度。

用割联表法对图2进行区分优选，求得引潮力指数 $t(<\pm 3.6-\pm 3.9)$

为最优，取中间值 $t(\pm 3.7)$ ，定义为引潮力指数。由图可见，当

期望引潮力指数在 $t(<\pm 3.7)$ 范围内，共20个台风，当时均为发

展，其中两个台风迁望时已登陆，台风强度未因陆地摩擦而减

弱，估计望时对台风仍有起潮作用。引潮力指数不在 $t(\pm 3.7)$

范围的，共41个台风，有29个台风当时未发展甚至减弱，只有12个台风发展。用 χ^2 ——检验进行显著性检验，给置信度0.01，求得 χ^2 值达27.55。结果是显著的。

表1是1949—1974年(5—11月)登陆我国时达12级的强台风在期望时，其强度变化的相关统计。期望的引潮力指数符合指标 $\pm(\pm 3.7)$ 要求，共22个台风(详见表2)，其中21个台风当

表1、期望引潮力指数与登陆强台风强度变化的相关统计
(1949—1974)

	台风当时发展	台风当时不发展	总 计
期望 $\pm(\pm 3.7)$	21	1	22
期望 $\pm(\pm 3.7)-(0-10)$	15	18	33
总 计	36	19	55

时均发展。仅有1个台风减弱(此台风当时已登陆20个小时)。经 χ^2 显著性检验，给置信度0.01， χ^2 值为14.58，结果也是可信的。

当期望符合引潮力指标时，除少数临登陆台风强度较小外，

表2 期望 $\pm(\pm 3.7)$ 与强台风(登陆我国时达12级以上)的相关统计

(1949—1974.10)

台风编号	台风强度情况				期望	时刻 引潮力指数	台风 位置	说明	是否 对应
	强度 (hPa)	强度 (4时)	强度始终 时间	(定始位) 抵达					
52(17)	10	12	9.4	(30) 40	○	11:19 +(-1.3)	17°N	望后1小时登陆菲律宾	+-
53(05)	30	40	6.26-27	(15) 30	○	11:29 +(对+)	7°20'N		+
57(17)	15	12	9.9 02-14	(15) 30	○	12:55 +(对+1.5)	21°N	月台纬距较大(19°)	+
58(22)	35	45	8.29-9.1	(15) 50	○	13:55 +(对+3.5)	11°N		+
5905	25	36	9.2-3	(35) 60	⊙	9:55 +(-2)	21°40'N		+
6008	40	30	8.5-6 ²⁰	(25) 65	○	10:41 +(对-0.9)	24°20'N		+
6121	5	12	9.9 08-14	(30) 35	⊙	10:50 +(-1.6)	23°25'N	望时登陆9小时	+-
6122	65	48	9.9-11	(20) 85	⊙	10:50 +(-0.4)	22°55'N		+
6213	15	30	8.29-31	(25) 40	⊙	11:10 +(-0.8)	19°25'N		+
6214	20	36	8.29-30	(15) 35	⊙	11:10 +(+0.8)	16°40'N		+
6403			6.25	(<10) <10	○	9:08 +(对+1.6)	8°35'N	初生及低后中心已移出	+-
6416	70	48	9.5-7	(30) 100	⊙	12:34 +(+1.9)	14°45'N		+
6415	-		9.6		⊙	12:34 +(+0.5)	24°5'N	望时台风已登陆20小时	-
6423	>5	6	10.6	(<10) 15	⊙	9:20 +(对+1.5)	7°N		+
6506	20	12	6.4 08-20	(35) (55)	○	10:00 +(对-1)	13°15'N		+
6614	25	30	8.30-31	(35) 60	○	8:14 +(对-3)	25°10'N		+
6615	35	42	8.31-9.1	(15) 50	○	8:14 +(对-2.7)	13°20'N		+
6903			7.29	30	○	10:45 +(对-2.4)	24°N	望时台风已登陆23小时 登陆24小时维持30%	+-
7123	30	48	9.18-20	(25) 65	⊙	22:42 +(对中天)	20°N		+
7203			7.26	30	○	15:24 +(对3.4)	37°N	望时凡正登陆后4小时减弱	+-
7209	10	18	8.8 20 08	(15) 25	⊙	13:26 +(+3.3)	12°3'N	热低在预期17小时生成	+
7314	50	48	9.11-13	(10) 60	○	23:16 +(-0.8)	18°3'N	登陆时达最强	+

总计、台风22次，对应频率达 $21/22$

(注：引潮力指数中“对”表示对潮；○表示望；⊙表示朔)

一般均有大幅度增强。例如，7314 特强台风（图3），在其发展过程中过望，引潮力指数为 $+(-0.8)$ ，符合指标要求，台风在登

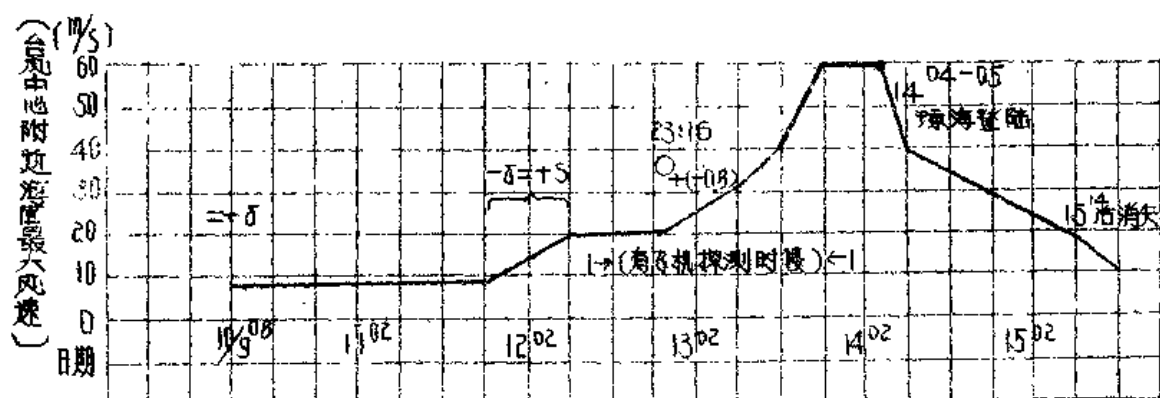


图3 7314 特强台风综合动态图

说明： δ 为当时台风纬度与赤纬（负相等）； $\delta=+5$ 为赤纬（负）与太阳

赤纬（正）相等； $\bigcirc_{+(-0.8)}^{23:16}$ 为望，左上角是望的时刻，右下角为引潮力指数。

随前48小时内猛增 50 m/s ，列登陆海南岛琼海时达 60 m/s 。这个台风在天气图上范围虽小，但强度之大，发展之迅速，为南海地区几十年所未见。6122台风（图4），自生成后四天之内一直未发展，当9月10日过朔（ $+(-0.4)$ ），台风在朔的前后猛烈发展，达到 85 m/s ，登陆台湾花莲时达 60 m/s 。6903台风登陆于东港来后23小时才过望（对潮-2.4），适又过月，台纬度相等，不仅登陆时达 45 m/s ，且登陆后21小时内一直维持 30 m/s ，成为1949年以来登陆后维持 30 m/s 时间最长的一个台风。7203台风，登陆山东荣成时正处望（对潮+3.4）的时刻，登陆前后18小

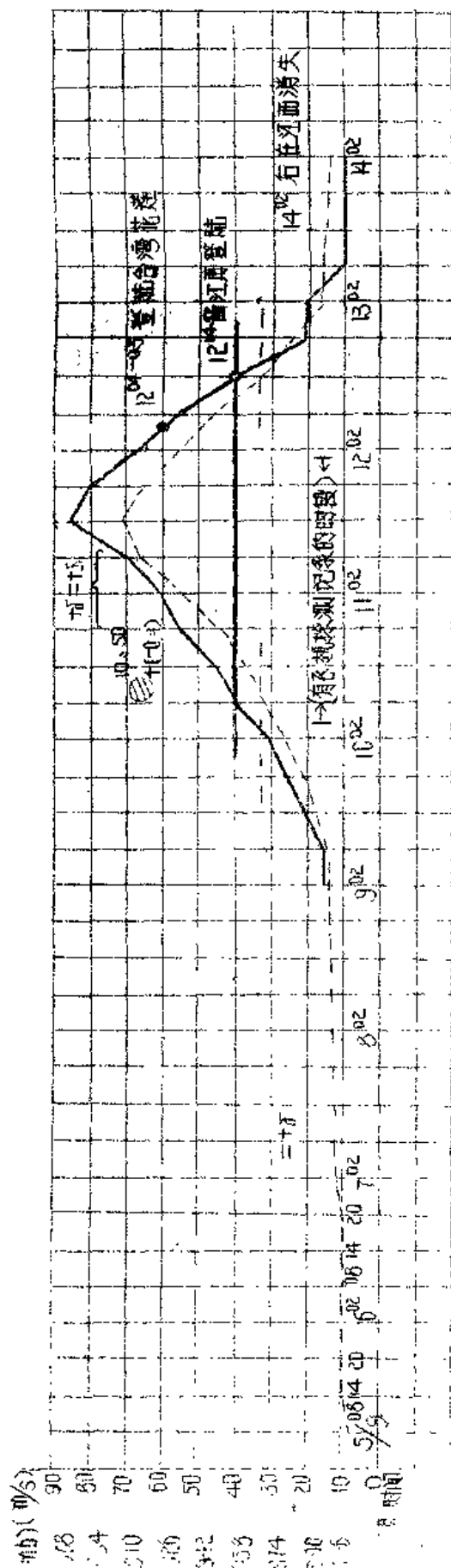


图 4 6122 特强台风综合动态图

说明：③为朔；其余符号意义同图 3，纵座标为台风中心气压（虚线）和

海面最大风速（实线），横座标为日期和四次观测时间。

时，也一直维持 30 m/s 。此外 1501 台风，1 月 27 日过望 ($+1.6$)，当天风速达到 12 级，为解放以来南海地区在一月份唯一的强台风。

(2) 反查情况

以上是台风过期望时的相关情况。本文又挑出 1949 年以来西北太平洋地区所有期望 ($< \pm 3.7$)，反查当时台风 (包括热低) 的发生发展情况。从表 3 可见，1949—1974 年 5—11 月

表 3 期望 ($< \pm 3.7$) 与当时台风、热低演变的反查统计

(1949—1974 年 5—11 月)

	期望 ($< \pm 3.7$) 总个数	台风 当时发展	台风 当时减弱	有热低 新生	低无热低	频率
海洋上已有扰动	53	47	6			发展频率 $47/53$
海洋上无扰动	63			20	43	新生频率 $20/63$

注：① 1974 年缺热低资料

② 已有扰动中，尚有 10 个期望，台风已 $> 30^\circ \text{N}$ ，或已登陆，不易辨别影响与否，在此未计入。

台风季节，在西北太平洋和南海地区，共过期望 ($< \pm 3.7$) 115 个，当时台风 (包括热低) 的演变有两种情况：

① 当海洋上已有扰动，即已存在台风、热低情况下，符合引潮力指标的期望共 53 个，其中 47 个期望，当时台风均发展，

祇有 6 个反例。对应频率达 88.6 % (47/53)。

2) 朔望 $\pm(\leq \pm 3.7)$ 时，海洋上无扰动，计 63 个朔望。有 43 个朔望时海洋上仍^无热低或台风（其中 30 个朔望时的月赤纬 $> 17^\circ$ ）；有 20 个，朔望前后 19 小时内有热低新生（其中 14 个朔望时的月赤纬 $< 17^\circ$ ），但一般强度在 15 m/s 以下，少数同时迁其他有利天文条件，24 小时内有达 20 m/s 以上。

此种反查结果，正符合毛主席的教导：“唯物辩证法认为外因是变化的条件，内因是变化的根据，外因通过内因而起作用。”当具备朔望 $\pm(\leq \pm 3.7)$ 这一天文条件时，对于台风能否起作用，必须通过海洋已经存在热低或台风此种不稳定扰动的大气本身的内因，才有可能发生作用。否则，最多祇能新生一个热低。由此表明，朔望 $\pm(\leq \pm 3.7)$ 对于台风（和热低）这一低纬天气系统，可能是一种触发、加速作用。当海洋上已经存在扰动、能量不稳定时，迁到朔望 $\pm(\leq \pm 3.7)$ 对其施加自上而下的提升力，形成一种启动、引发作用，从而促使台风强烈发展。而当海洋上不存在热低的不稳定扰动时，朔望 $\pm(\leq \pm 3.7)$ 此种外因就可能不发生作用，或者祇能部分激发热低新生。

(3) 引潮力指标的物理意义

在海洋潮汐理论中，根据牛顿万有引力定律推导出的地球某一点单位质量所受月球引潮力的垂直分量和水平分量的公式

是 (15)

$$F_L = \mu_0 \frac{MY \cdot 1}{D^3} (3\cos^2\theta - 1) \quad (1)$$

$$F_H = \frac{3}{2} \mu_0 \frac{MY \cdot 1}{D^3} \sin 2\theta \quad (2)$$

式中 F_L 、 F_H 分别为月球引潮力的垂直分量和水平分量， μ_0 为万有引力常数， M 为月球质量， Y 为地球某一点至地心的距离， D 为地、月中心的距离， θ 为地球某一点的月球天顶距。

我们将 (1)、(2) 式的系数 $(3\cos^2\theta - 1, \sin 2\theta)$ ，分别作图，如图 5、6 所示（假定月球位于赤道正上空的情况）。

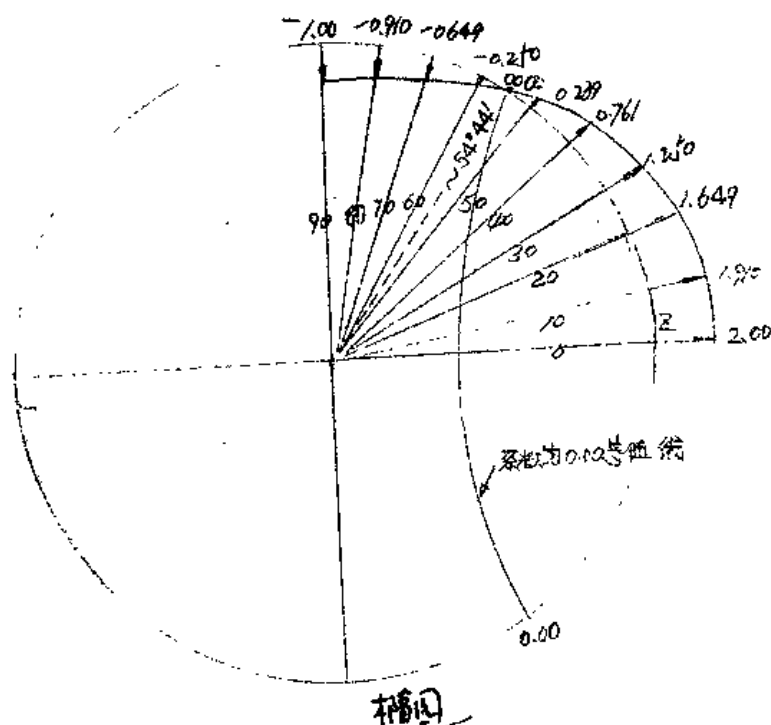


图5. 月球引潮力垂直分量的分佈(系数), (虚线为赤道起潮示位)

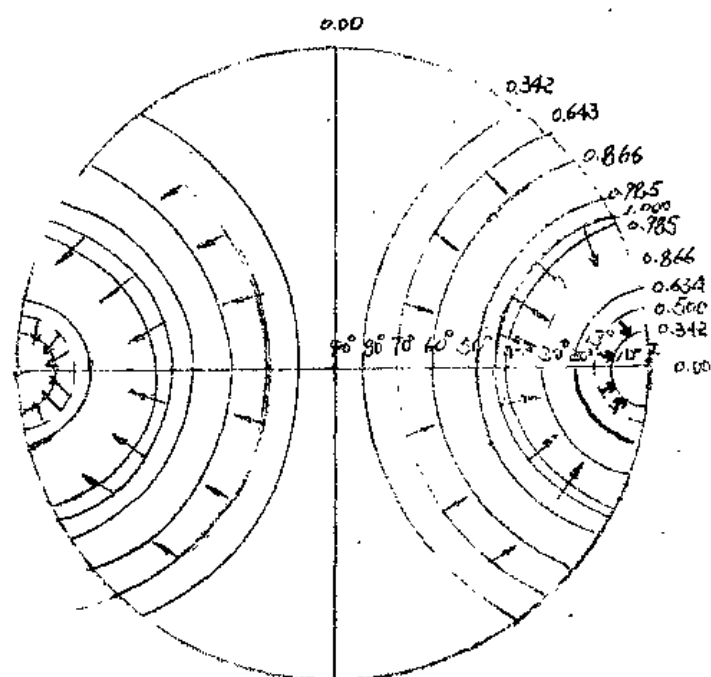


图6. 月球引潮力水平分量的分布(系数)

从图5看，月球引潮力的垂直分量，在月球投影中心(乙央)为最大，系数达2.00，而在距乙央 $54^{\circ}44'$ 圆圈处，系数为0.00，再至距乙央 90° 处，系数渐减为-1.00。意即：图中0等值线(以乙央为中心、以 $54^{\circ}44'$ 纬距为半距的圆周处)范围内，引潮力为向上的提升力，并至月球投影中心达最大；在0等值线以外，引潮力则为下压之力，并至 $\pm 90^{\circ}$ 处达最大。而月球每小时运行的地理经度为 $14^{\circ}.5$ ， $54^{\circ}44'$ 用 14.5 除，得3.77小时。故系数为0的等值线($\pm 54^{\circ}44'$ 处)正好为 ± 3.77 小时。即在 ± 3.77 小时内，引潮力的垂直分量都是向上提升力的正区。这为本文由事实归纳统计得到的引潮力指标 $\pm(3.7)$ 相一致。图6中，引潮力的水平分量在 $\pm 45^{\circ}$ 处最大(即 ± 3 小时)，也为本文

的引潮力指标相接近，（在 $<45^\circ$ 附近，引潮力的水平分量有较大的切变）但至月球投影中心（ Σ 点）反而为0。显然，引潮力指标 $+$ （ $<\pm 3.7$ ），与垂直分量的分布更相一致。本文还曾普查期望的引潮力指数达 $+$ （ $\pm 4.5 - \pm 5$ ）（即垂直分量系数为 $-0.6 - -1$ ）的例子，发现如当没有其他天文条件的加强作用时，台风都为减弱（一般减弱 5 m/s 左右）。即58（32）台风过望 $+$ （ -4.5 ），当时减弱 15 m/s ，并在望后8小时消失。这也表明与垂直分量的分布相一致。由此可见，本文中的期望引潮力指标，对于台风发展来说，^{可能}有其物理的意义。

（4） 台风增强幅度的分析

表4为1949—1974年55个台风过期望 $+$ （ $<\pm 3.7$ ），当时台风最大风速的增加值的分类统计。由表可见：①正潮时（台风过期望时刻的投影地区）的台风增值，比对潮时（台风过期望

表4、期望 $+$ （ $<\pm 3.7$ ）时台风风速增值的分类统计

台风个数	台风总数	台风增值分类				
		50-70% (48小时)	35-45% (48小时)	20-30% (24-36小时)	10-20% (12-24)4时	<10% (6小时)
正潮	18	5	3	9	1	
对潮	27		5	13	5	4
过登陆	10				5	5
总计	55	5	8	22	11	9