

台风同心双环云墙的演变

陈善敏

(气象科学研究院南极气象研究室)

提 要

本文利用飞机探测资料,分析了台风同心双环云墙演变的特征。在1949—1985年的83个同心双眼台风中,双环云墙的演变可分为以下三类。1.随着台风的加强,包围眼的云墙直径逐渐缩小,而外围又会涌入一圈环状闭合云墙,外云墙也逐渐缩小,内云墙很快消失。在这类台风变化过程中,会有几次外围涌入环状云墙的情况;与此相对应,台风强度变化有一振荡。2.另一类台风在变化过程中,外围涌入环状云墙只有一次。外云墙发展变化较复杂:有的台风外云墙会渐渐缩小;有的外云墙会渐渐扩展;有的双环云墙维持较长一段时间;有的外云墙出现后很快消失。3.还有一类双环云墙的形成是由台风眼内积云对流发展而演变为环状闭合内云墙的,这类台风的内云墙维持一段时间后即消散。

一、引 言

台风的同心双眼结构特征已受到研究者的重视^[1-8]。作者曾经分析了西北太平洋大量台风探测资料并指出,同心双眼结构是特强的台风的普遍特征^[9]。H. E. Willoughby和金汉良等^[10]利用非静力轴对称模式模拟热带气旋结构,得到强的热带气旋存在两层环状对流云墙结构特征的结果。H. E. Willoughby等^{[11][12]}还利用飞机穿眼探测台风的资料,分析了大西洋飓风中同心双环云墙的直径与强度变化的关系。

本文利用西北太平洋台风飞机探测报告中有关台风眼的探测资料,进一步分析了同心双眼台风的双环云墙发展演变的过程。由内眼和外眼外围的同心双环云墙的变化与台风强度变化之间的关系,得到有关同心双眼结构形成过程的解释。这种同心双环云墙是台风发展到一定强度时出现的一种结构特征。由于台风眼探测资料的获得受到一定的限制,所以有些台风眼的探测资料比较少,得不到眼区连续发展演变的情况,有些甚至没有眼的探测资料,这给我们讨论问题带来一些困难。从西北太平洋台风年鉴所整理的飞机报告里有关台风中心探测的记录中,挑选出有台风眼直径连续变化的同心双眼台风个例加以分析,发现随着台风强度的加强或减弱,眼区的结构变化有一定的规律。

二、同心双眼台风的直径

根据1949—1985年台风年鉴中的飞机探测资料,发现有83个台风在发展变化过程中出现同心双眼结构,平均每年有2.2个。1968年最多,有8个同心双眼台风;其次是1970和1984年,各有6个。这种台风,除少数在探测到同心双眼结构时内眼或外眼直径资料缺少外,绝大多数是资料完整的。对77个台风136次飞机探测结果进行统计,平均外眼直径为71.9公里,标准差为34.9公里;内眼直径为24.0公里,标准差为12.1公里。图1与图2分别为外眼和内眼直径的频率分布图,横坐标 d 为眼的直径;纵坐标为频率分布百分比。由图中可见,外眼直径分布频率较分散,相对集中在30—80公里,占总数的58.1%,最大直径为160公里,最小直径为15公里。内眼直径比较集中,10—30公里之间占总数的61.8%,最大直径为65公里,最小直径为5公里。

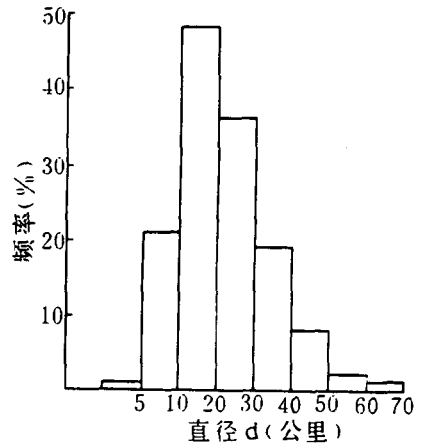
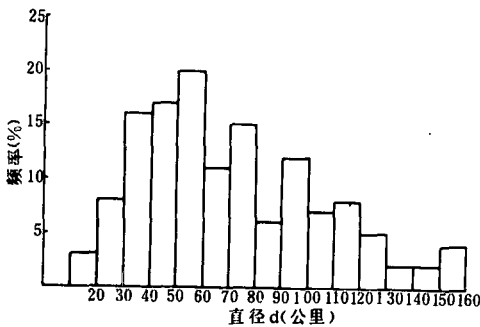


图 1 同心双眼台风外眼直径的频率分布

图 2 同心双眼台风内眼直径的频率分布

台风眼直径随时间的变化,可以反映台风中心附近环状对流云墙结构演变的特征。在台风眼形成时,眼的周围存在环状闭合云墙,飞机穿眼探测,可观测到眼的直径。当台风中心附近存在两层同心双环闭合云墙时,就形成同心双眼结构,即可观测到外眼直径和内眼直径。台风眼的直径与中心海平面气压之间的相应变化,可反映出台风同心双环云墙特征与强度变化之间的关系。

三、台风同心双环云墙演变过程

根据眼的直径与台风中心气压($d-P_0 \text{ min}$)之间的相应变化,可将同心双环云墙演变情况划分为三类,即外围多次涌入环状闭合云墙;外围有一次环状闭合云墙涌入;眼内积云发展为环状闭合内云墙。

1. 第一类情况

这类台风在发展变化过程中, 多次出现同心双眼结构。有几次外围涌入环状闭合云墙, 内眼云墙很快消失的演变过程, 对应台风强度变化有明显的忽强忽弱的振荡。在 83 个同心双眼台风中, 有 11 个属于此类, 占 13.3%。8521 (Dot) 台风是比较典型的个例。

8521 台风 10 月 16 日 14 时 (北京时, 下同) 强度发展到最强, 中心最低气压达到 893 百帕, 最大风速为 70 米/秒。当台风移至关岛以西后, 飞机探测曾先后四次观测到同心双眼结构, 分别在 15 日 05:30, 16 日 17:59、20:14 和 19 日 19:52。图 3 为 8521 台风强度 (用台风中心最低海平面气压 $P_{0\min}$ 表示, 图中为细实线) 与眼直径 (用直径 d 表示, 图中为粗虚线) 变化关系, 横坐标为时间, 用箭头标注了观测到同心双眼结构的时间 (以下各图说明同图 3)。随着台风强度逐渐加强, 10 月 14 日开始, 台风中心形成直径为 30 公里的圆形眼。在眼形成后, 眼的直径逐渐缩小, 在 15 日 05:30 飞机探测到眼的直径已缩小到 20 公里。与此同时, 眼的外围涌入一圈直径为 55 公里的环状闭合云墙, 在内外环状云墙之间, 为晴空区, 形成了双环云墙的同心双眼结构。以后随着台风继续加强, 内云墙迅速消失, 外云墙缓慢收缩。16 日 17:59 时, 外云墙直径已收缩到 30 公里, 此时其外

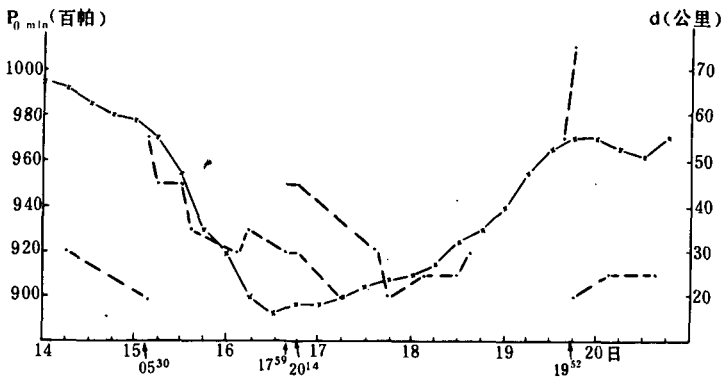


图 3 8521 (Dot) 台风强度与眼直径演变图

(—x— $P_{0\min}$, --- d)

围又涌入直径为 45 公里的新的环状外云墙, 台风已发展到最强, 中心最低气压已降到 893 百帕。这种同心双眼结构维持约 12 小时, 内、外眼云墙同步收缩, 台风强度也维持, 并未很快减弱, 中心气压只是略有回升。围绕台风眼的环状云墙变化很复杂, 有时组成云墙的积云塔群对流发展, 则云墙厚度加大、高度升高, 有时云墙对流受到抑制, 则变化相反。对 8521 台风而言, 17 日以后, 内眼云墙维持了一段时间, 受到大的外眼内下沉气流的抑制, 内眼再次消失, 外眼云墙也加速收缩。随着台风向菲律宾靠拢, 而后登陆, 台风明显减弱。18 日 20 时以后, 有一段时间已观测不到台风眼。台风进入南海后再度加强, 19 日 17:18 观测到直径为 55 公里的台风眼。19 日 19:52 第三次观测到台风同心双眼结构, 外眼直径为 75 公里, 内眼直径为 20 公里。分析第三次同心双环云墙的形成过程, 早在 17:18 时, 在 55 公里直径的台风眼内, 已有一片积云区。由分析可见, 以后同心双眼的内云墙, 是由这片云区发展而成的。此后, 外云墙逐渐消失, 而内眼云墙仍维持一段时间。直径略有扩大, 由 20 公里增加到 25 公里。随着台风强度减弱, 眼也消失。在第

三次同心双眼结构出现后，台风保持稳定状态约42个小时，它的强度变化略有起伏。这与作者^[9]曾提出的在台风减弱阶段出现同心双眼结构后，其强度将再度加强或维持的结论是一致的。

上述分析表明，在台风眼外围涌入环状对流云墙，是形成同心双眼结构的关键，台风强度也相应地出现振荡变化。这与H. E. Willoughby^[10-11]分析大西洋飓风的情况十分相似。另外，6211 (Thelma) 台风也属外围几次涌入环状闭合云墙的这类情况(图4)。在8月24日5:47和17:47两次外围涌入环状闭合云墙，出现同心双眼结构，台风强度的振荡也是明显的。再如，7519 (June) 台风也属此类，其中11月19日11:02曾观测到三层同心环状闭合云墙，其直径分别为75公里、50公里、9公里(图略)。

2. 第二类情况

多数同心双眼台风，只观测到一次外围涌入环状闭合云墙。这类台风有61个，占同心双眼台风数的73.5%。图5 8220 (Mac) 台风强度与眼直径演变过程，就是比较典型的例子。在台风眼形成后，随着台风加强，10月5日18:09眼的直径由55公里缩小为15公里。与此同时，在外围75公里处，出现一环闭合云墙。此后，外眼云墙收缩，眼的直径减小到45公里，此时台风强度再度加强。

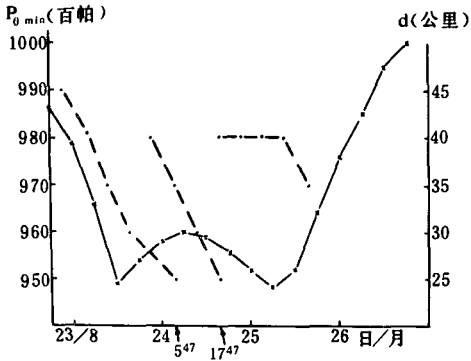


图 4 6211(Thelma)台风强度与眼直径演变图
(-x- $P_{0\min}$, - · - · - d)

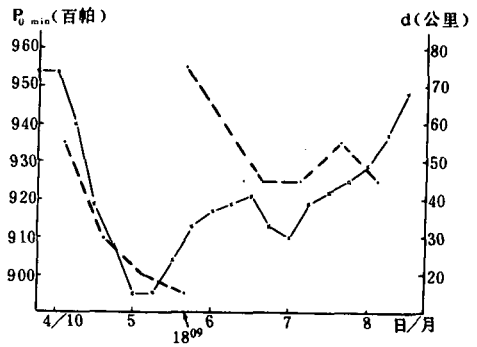


图 5 8220(Mac)台风强度与眼直径演变图
(-x- $P_{0\min}$, - · - · - d)

这类外围有一次云墙涌入的台风，还有几种特殊情况。一种是当外围涌入环状云墙后，内眼云墙并未很快消失，在其维持的这段时间内，飞机连续多次观测到同心双眼结构。如图6的1968年Carmen台风，在9月20日17:10、22:05，21日05:15和17:10连续四次观测到同心双眼结构。这种情况为数不算少，连续两次以上观测到同心双眼结构的台风有12个。另一种情况是当外围涌入环状闭合云墙后，内眼云墙很快消失，但外眼云墙并不收缩，而是逐渐扩展直至消散。这种情况为数不多，一般均发生在台风强度持续减弱时期出现同心双眼的情况。如图7中6416 (Sally) 台风，9月9日12:00，在台风减弱时期，观测到同心双眼结构，内眼直径为8公里，外眼直径为50公里。此后，内眼云墙消失，外眼云墙由50公里扩展到60公里直至消散。还有一种情况是，当外围涌入环状闭合云墙后，内眼云墙并不消失，而外眼云墙很快消散，台风维持一段时间的单

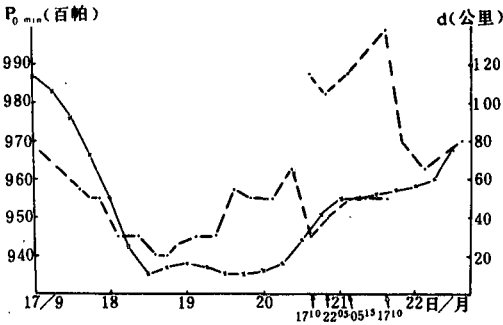


图 6 1968年Carmen台风强度与眼直径演变图
(-x- $P_0 \text{ min}$, - · - · - d)

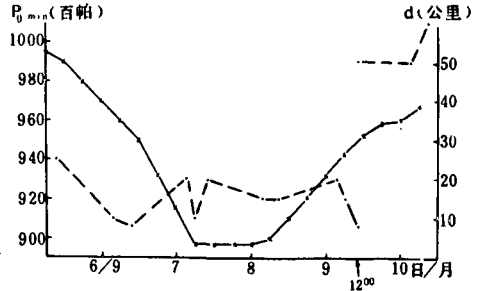


图 7 6416(Sally)台风强度与眼直径演变图
(-x- $P_0 \text{ min}$, - · - · - d)

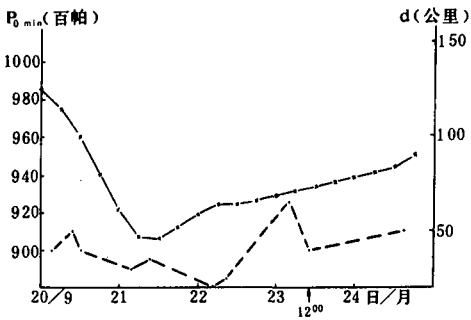


图 8 6419(Wilda)台风强度与眼直径演变图
(-x- $P_0 \text{ min}$, - · - · - d)

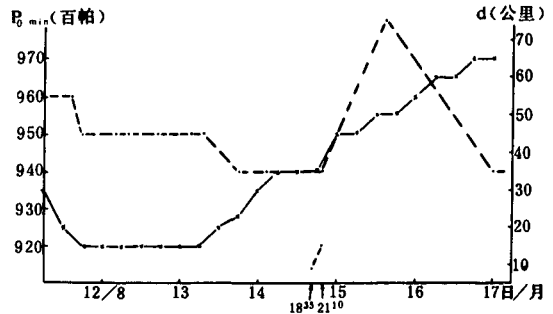


图 9 8305 (Abby)台风强度与眼直径演变图
(-x- $P_0 \text{ min}$, - · - · - d)

眼结构。这种情况下，一般台风的内、外眼都比较大，平均分别为29.7公里和87.6公里。图 8 中6419 (Wilda) 台风，9月23日 12:00在距中心160公里处出现环状闭合外云墙，它很快消失，而内眼云墙仍继续存在。

3. 第三类情况

此类台风的演变过程是台风中心先有一个直径比较大的眼，眼内存在一片云，当云塔对流旺盛发展时，逐渐演变为环状闭合的内云墙。如图 9 中8305 (Abby)台风同心双眼结构演变过程所示，8月14日 18:35在直径为35公里的台风眼内，又发展出一圈直径为9公里的环状闭合内云墙，形成小的圆形内眼。两个半小时以后，内眼直径又扩展为15公里。以后的几次探测中，外眼仍存在，内眼已消失，但飞机探测报告中曾说明，眼内上空布满破碎云层，呈单眼结构。这类同心双环云墙形成的过程显然与前两类有所不同。属此类的同心双眼台风仅11个，占13.3%。平均外眼直径为52.3公里，内眼直径为18.3公里。对比来看，这类台风的内、外眼直径都较小。

小 结

对西北太平洋台风中具有同心双环云墙结构的同心双眼台风的眼直径变化规律的分析表明, 台风的同心双眼形成, 与外围涌入环状闭合云墙有着密切的关系。也有少数台风是由眼内积云对流发展演变为环状闭合内云墙而形成同心双眼的。这反映出同心双眼台风形成过程的复杂性。

台风眼的变化与台风强度变化有一定关系, 一般随台风强度的加强, 眼的直径会缩小。对同心双眼台风而言, 当外围涌入环状闭合云墙, 形成外眼时, 台风强度会一度减弱。内眼消失后, 外眼直径开始缩小, 台风强度又会增强。因此, 可以认为在同心双眼台风演变过程中, 台风强度会有一个振荡。

参 考 文 献

- [1] Hoose, H. M. and Colon, J. A., Some aspects of the radar structure of Hurricane Beulah on September 9, 1967, *Mon. Wea. Rev.*, 98, No.7, 1970.
- [2] John, R. Hope, Atlantic hurricane season of 1974, *Mon. Wea. Rev.*, 103, No.4, 1975.
- [3] 陈联寿、丁一汇, 西太平洋台风概论, 31—61, 科学出版社, 1979.
- [4] 包澄澜, 热带天气学, 124—151, 科学出版社, 1980.
- [5] 周笃诚、刘同达, 十公分雷达所探测到的台风回波特征, 1981年台风会议文集, 上海科学技术出版社, 1984.
- [6] H. E. Willoughby, J. A. Clos and M. G. Shoreibah, Concentric eye walls, Secondary wind maxima and the evolution of the Hurricane Vortex, *J. Atmos. Sci.*, 39, No.3, 1982.
- [7] 陈善敏, 同心双眼台风结构和强度的初步分析, *大气科学*, 10, No.2, 1986.
- [8] 陈善敏, 同心双眼台风眼区演变的云图分析, *气象*, 第1期, 1985.
- [9] 陈善敏, 同心双眼台风的特征分析, 1985年台风会议文集, 气象出版社, 1987.
- [10] H. E. Willoughby, Jin Hanliang and S. J. Lord, Hurricane structure and evolution as simulated an axisymmetric nonhydrostatic numerical model, *J. Atmos. Sci.*, 41, No.7, 1984.
- [11] H. E. Willoughby, D. P. Jorgensen, R. A. Black and S. L. Rosenthal, Project stormfury: A scientific chronicle 1962—1983, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 66, No.5, 1985.
- [12] Frank D. Marks, Evolution of the structure of precipitation in Hurricane Allen(1980), *Mon. Wea. Rev.*, 113, No.6, 1985.

THE EVOLUTION OF DOUBLE-RING CLOUD WALL OF CONCENTRIC EYE TYPHOONS

Chen Shanmin

(*Antarctic Meteorological Laboratory, AMS*)

Abstract

By using aircraft sounding data (1949—1985) of 83 typhoons, the evolution of the double-ring cloud wall of concentric eye typhoons are analysed. It is found that there are three types of evolution:

1. In the first type, accompanying the increase of typhoon intensity with time, the diameter of cloud wall encircled the original eye region of typhoon gradually shrinks. Meanwhile, a new cloud wall would occur in the periphery of the region and then invade inward. So a double-ring cloud wall is formed. Then the inner wall rapidly disappears and the outer wall gradually shrinks. Usually, several processes similar to the above evolution may occur successively and the intensity of typhoon would oscillate with time.

2. In the second type, a closed cloud wall occurs and invades from the periphery of the typhoon eye region. The evolution of the outer cloud wall is quite complex. It may sometimes shrink, and sometimes extend. In some cases the double-ring cloud wall lasts for a period of time, and in other cases its outer wall disappears rapidly.

3. In the third type, the double-ring cloud wall is formed as a result of the development of cumulus convection in the inner region of typhoon into a well-closed inner cloud wall. The inner wall usually lasts for a period of time and then rapidly disappears.