

# 西南低涡暴雨的中尺度特征

黄福均 肖洪郁

(成都中心气象台)

## 提 要

本文用综合方法, 分析了对流层各层合成西南低涡所对应的大中尺度流场, 并给出其物理图象。应用每小时雨强、雷达回波和卫星云图资料, 揭露了西南低涡的某些中尺度特征。这对进一步了解西南低涡的形成、发展及其内部的结构是有用的。

## 一、引言

1981年7月12—16日, 四川发生了一次特大暴雨, 一些中外学者对它进行了天气事实、物理特征分析和数值模拟<sup>(1)(2)</sup>。卢敬华对西南低涡写了概论<sup>(3)</sup>。郭英华等<sup>(4)</sup>对四川“81.7”特大暴雨采用PSU/NCAR有限区细网格(80km14层)进行了数值模拟; 得出48小时暴雨中心为278mm, 与观测事实接近。同时指出, 积云对流潜热和中尺度环流相互作用在低涡暴雨中的贡献极为重要。本文主要给出西南低涡的大中尺度背景场, 以及卫星云图和雷达回波特征, 并对此进行了分析, 以揭露西南低涡及其暴雨云团的某些中尺度特征。还从历史资料中选取一些具有预报意义的物理因子, 归纳出预报规则, 制作短时暴雨预报, 已收到成效。

本文所谓的西南低涡, 系指青藏高原东侧1500—3000m高度上, 位于28—32°N、101—105°E区域所产生的低涡。该区域是西南低涡最为活跃的源地之一; 它与垂直地形梯度切割极大的青藏高原相毗邻。

## 二、西南低涡的大中尺度背景场及其温湿场配置

根据1979—1987年5—9月资料, 本文用

Reed的合成方法, 选取14例西南低涡大暴雨两个例(表略)作合成诊断<sup>(5)</sup>。得出西南低涡的平均中心位置位于30.4°N、103.3°E, 西南低涡的环境流场存在“三支气流”的概念模型。即200hPa上在低涡中心北侧5—7纬距处为一支西风急流; 500hPa上低涡西侧为一支西风槽前的西南气流; 700和850hPa上在低涡东侧3—4纬距处存在一支偏南和偏东的湿急流。这三支气流代表了合成西南低涡的平均背景场(见图1)。

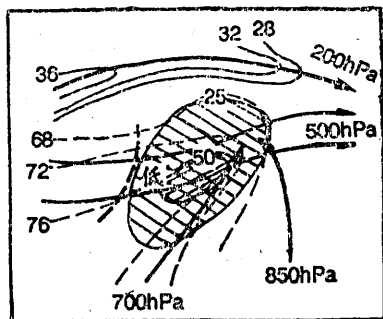


图1 合成西南低涡的“三支气流”概念模型

矢线为各层气流, 粗虚线为500hPa槽线, 虚线为850—700hPa的 $\theta_{se}$ 线, 阴影区和网格区分别为 $>25\text{mm}$ 及 $>50\text{mm}$ 的雨量中心

在温湿场上, 850—700hPa西南低涡附近和前方偏南气流中平均 $\theta_{se}$ 均有 $>70^\circ\text{C}$ 的

\*袁绍华、黄成亮参加了部分工作。

高能中心；而500hPa上 $\theta_{se}$ 的大值中心在低涡的西南侧。这种上下配置，有利于在低涡东侧的高能位势不稳定区内，产生中小尺度对流单体和复合体，导致强的对流性降水。涡的西南侧深厚的湿层产生持续大量级降水，从而发生大范围持续暴雨。三支气流所对应的低涡暴雨区，位于200hPa急流入口区的右前方、500hPa西风槽前、700hPa低涡东侧与低层偏南风急流轴线之间的 $\theta_{se_{500-850}}$ 最大负值中心西部的零值线附近（图略）。

实践表明，把握三支气流的相互作用及其温湿场的配置，就能较好地预报出四川的大范围强暴雨过程。

三、西南低涡暴雨云团及其内部中小尺度系统活动

1. 西南低涡暴雨云团的云图特征

西南低涡暴雨云团与来自青藏高原的斜压扰动东移相联系。扰动主要来自巴尔喀什湖一带，其次是高原自生的。当它们东移逼近四川盆地西部上空时，云系便发展。可分为三个阶段：①当高原扰动云系（即低槽云系，下同）移到95—100°E时，开始在盆地西部产生中小尺度对流云团。发生局地暴雨的区域一般在低层暖辐合线及沿河谷地带。②随着低槽云系逼近，原若干中小尺度对流云团逐渐发展组织成低涡云团；直到低槽云系东移到100°E以东叠加在盆地上空时，准圆形低涡云团发展到极盛时期。③在低槽云系叠加过程中，槽后部的西北气流易引导冷空气沿高原东缘入侵低涡后部，使其后部产生大片降温。这标志着川西暴雨云团开始消散，低涡东移，其前方又新生云团并东移（图略）。随季节和副高的位置不同而影响我国东部的不同地区。西南低涡的准圆形暴雨云团偏心率为0.5—0.6，云顶温度可达-70—-80℃（图2）。

我们以1987年6月24—27日的西南低涡大暴雨过程为例，用GMS-3的3小时到1小

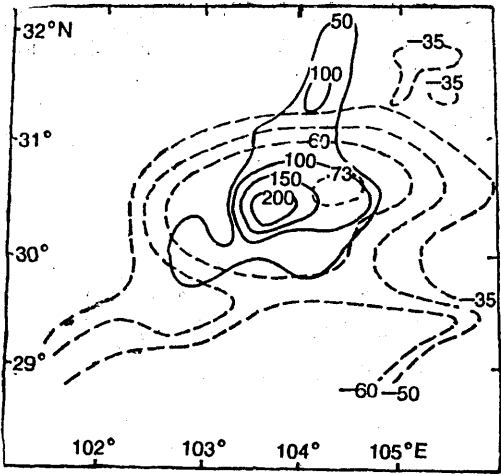


图2 1984年7月29日NOAA卫星云图云顶温度(虚线)及所对应的24小时雨量(实线)分布

时一次的卫星云图来追踪。这次降水过程雨量如图3所示。大暴雨主要分布在川西沿青藏高原东部边界一带，中心在安县，48小

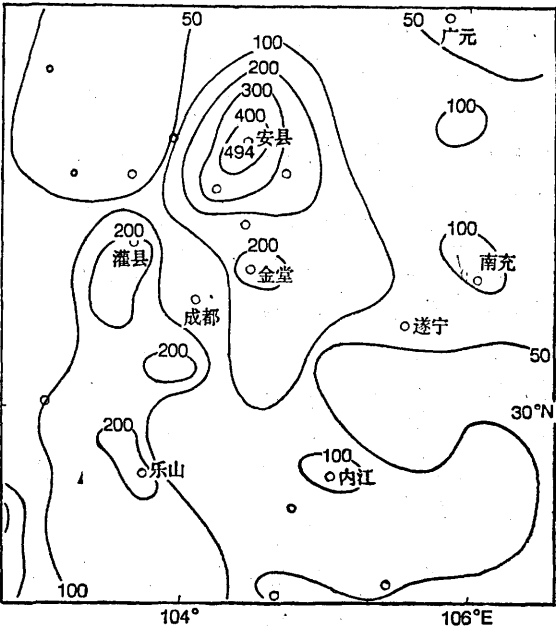


图3 1987年6月23—28日08时过程雨量图(mm)

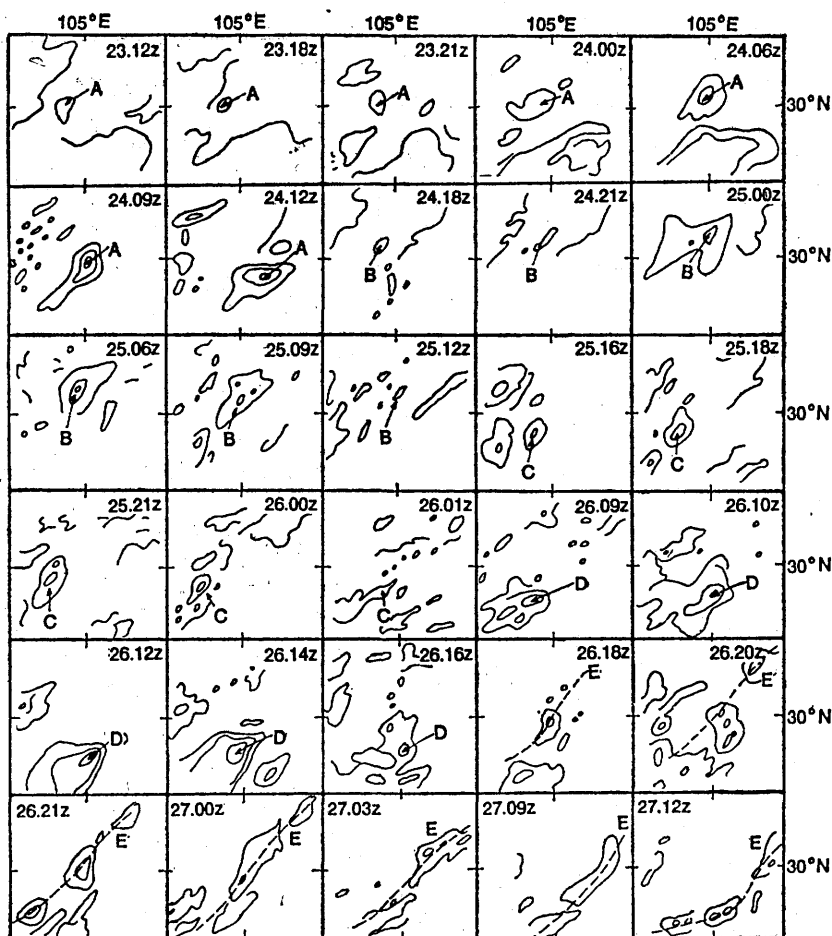


图4 1987年6月23日12Z—27日12Z GMS-3云图演变图

A、B、C、D、E分别表示西南低涡暴雨云团,虚线为云团东移轴线

时降水量达450.9mm。卫星云图上先后生成5个暴雨云团,分别以A、B、C、D、E表示,见图4。

由图可见,23日12Z—24日12Z(世界时)为A云团活动期,主要降水集中在成都平原的沿河谷地区。24日18Z—25日12Z为B云团活动期,主要降水集中在川西北绵阳、德阳地区,产生一片200mm的降水区,安县494mm的降水主要发生在这一时段。C云团从25日16Z—26日06Z止,云团从川西南乐山境内首先发展,并逐渐与原在川西北的强降水云团相连,组成南北长达500km,宽60—100km地带的持续大量级降水。D云团活动期

为26日09Z—26日16Z,从宜宾、滇东北的季风云团中发展北上而到达内江、乐山南部一带。E云团活动为26日18Z—27日12Z,生成

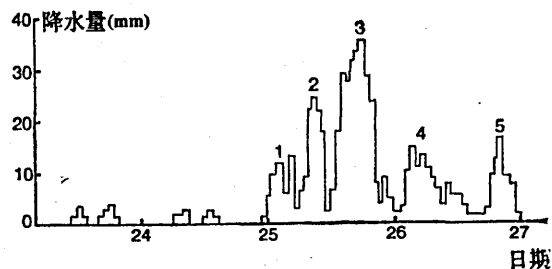


图5 安县1987年6月24—27日

每小时雨量图

1、2、3、4、5表示中尺度雨团

在川中，并与陕南到川东北的新生云团连成一线。表征低涡和500hPa高原斜压扰动的东移。上述A、B、C、D、E5次云团活动分别持续24、18、15、8、20小时。其中A云团阶段是暴雨云团初生期；B、C、D云团阶段为暴雨云团持续期；E云团阶段为暴雨云团东移期。

2. 低涡云团内部的中小尺度雨团\*活动据统计，1987年6月24—27日的这次暴雨过程，在四川省境内过程降水量 $\geq 25\text{ mm}$ 的有171站， $\geq 50\text{ mm}$ 的有135站， $\geq 100\text{ mm}$ 的有55站， $\geq 150\text{ mm}$ 的有26站， $\geq 200\text{ mm}$ 的有11站， $\geq 300\text{ mm}$ 的有3站， $\geq 400\text{ mm}$ 的有一站。

图5是安县单站每小时雨强直方图。由图可见，从25日00时（北京时，下同）到25日07时，安县共有5个中小尺度雨团影响。分别是25日2—6时、9—12时、15—22时、26日5—9时、21—22。我们通过川西60余个气象站连续96小时的雨量自记纸，分析每个雨团的活动路径。分析表明，A云团有12个雨团活动（其中有4个不动雨团），它们大多生成在河边并沿江河由南向北移动。B云团有11个雨团活动（其中有6个少动或不动雨团），主要活动于金堂、德阳、北川、安县等地。除川北雨团打转外，其余均由南向北移动。雨强最大的北川、安县、江油、绵阳4站是3个最强雨团交互影响的结果。它反映了强盛偏南暖湿气流中的中尺度对流云团北移受阻于高原东侧与弱冷空气交汇的结果。C云团有12个雨团活动（其中有6个在原地徘徊和4个不动雨团），仅有2个南北移动的雨团。它们构成该地区持续性大暴雨。图6为C云团的雨团中心动态。

D云团控制时间仅有5个较明显的雨团活动，其中有4个原地徘徊，仅有1个缓慢东移。

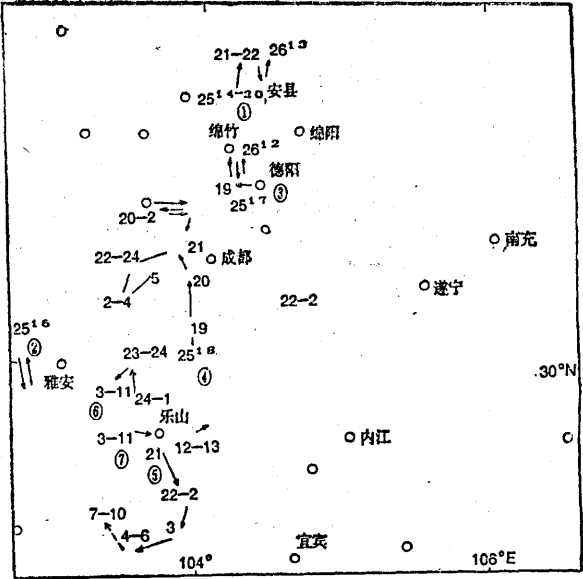


图6 1987年6月25日14时—26日13时C云团的主要雨团中心动态  
 矢线表示雨团活动路径，①—⑦为雨团编号，数字为时间

移。E云团影响时段内也只有4个较明显的雨团活动，其中有3个沿江河东南移，1个东移。

从成都、宜宾一线的 $0\text{se}_{500-850}$ 时间剖面图(图略)可见，26日20时起，成都、宜宾的对流不稳定能量已经大为减弱。 $0\text{se}_{500-850}$ 已由26日08时的-4和-6，转变为27日08时的+8和+10。表明冷空气已控制川西；对

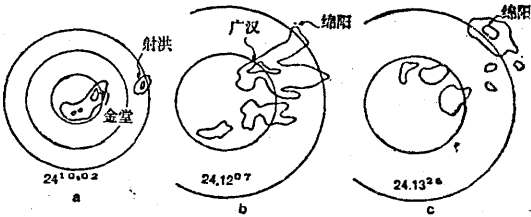


图7 A云团内部分中尺度回波演变图  
 (回波廓线第一圈为 $\geq 30\text{ dBz}$ ，第二圈为 $\geq 40\text{ dBz}$ ，下同)每圈50km，a仰角 $0.9^\circ$ ，b、c仰角 $1.5^\circ$

\*中小尺度雨团指单站雨量自记曲线中每小时 $\geq 15\text{ mm}$ 的雨强中心构成的降水系统。  
 \*\*中尺度对回波指雷达回波中水平范围在20km以上，强度在30dBz以上的成片块状回波；强中心高显为柱状特征。

流不稳定能量和有效位能已大量释放。说明云团已经东移。

### 3. 低涡云团内的中尺度对流回波\*\*

图7为1987年6月25日低涡暴雨A云团的回波图。由图7a可见, 24日10时02分, 金堂有40dBz的强回波中心, 射洪附近有新生对流单体回波。12时07分, 原在金堂的中尺度对流回波已移到广汉(图7b)。13时26分, 绵阳的新生回波代替了射洪的对流单体回波(图7c)。这反映了降水回波随低空偏南气流向北移动。

图8为B云团中尺度对流回波演变图。这是特大暴雨云团停滞于川西北的阶段。25日00时59分, 龙泉、中江和安县各有一块对流回波(图略); 03时10分, 上述回波强中心分别北移到金堂、德阳、北川附近(图8a)。06时24分, 江油为强回波中心(图8b)。07时37分, 江油强回波中心移到绵阳, 另在北川又新生对流回波(图8c)。09时18分, 北川回波中心减弱移到江油(图8d)。09时

此对流回波在安县停滞、发展达6小时并酿成洪灾(见图6)。19时52分, 绵竹、灌县

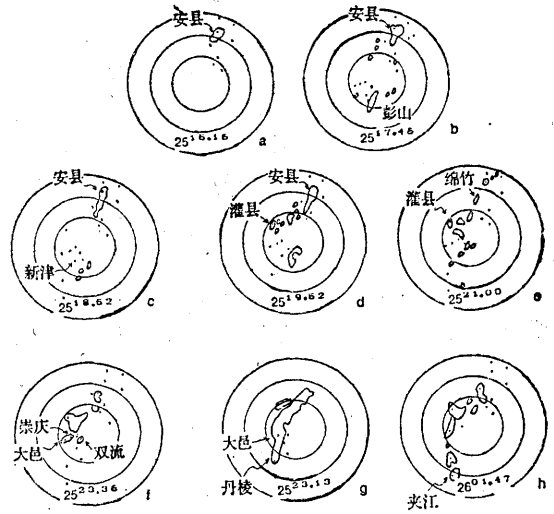


图9 C云团的主要中尺度对流回波演变图

距离每圈50km, 图a—h的仰角分别为0.7°, 0.7°, 1.6°, 1.0°, 0.3°, 1.3°, 1.4°, 1.1°

一带的对流回波开始发展。此后该地的中尺度对流回波中心在原地徘徊10—21小时之久, 造成特大暴雨。与此同时, 在17时46分至21时36分的5张回波图(图9b—f)上, 成都南面位于新津、彭山附近的对流回波中心缓慢移到成都市西部的崇庆、大邑、双流等地。23时以后, 大邑南面的丹棱、夹江对流回波发展(图9g、h)。

我们将中尺度对流回波最活跃的C云团时期与当天08时的物理量诊断场对应, 并用1984—1986年的5次个例验证得出: 中尺度对流回波的发生、发展区域, 多在500hPa暖平流中心东南侧、850hPa水汽通量散度最大辐合区西北侧、K指数大值区( $\geq 35$ )内的理查逊数零线附近或孤立负值区内(图略)。以沿河河口地区初生几率最高(见图6)。

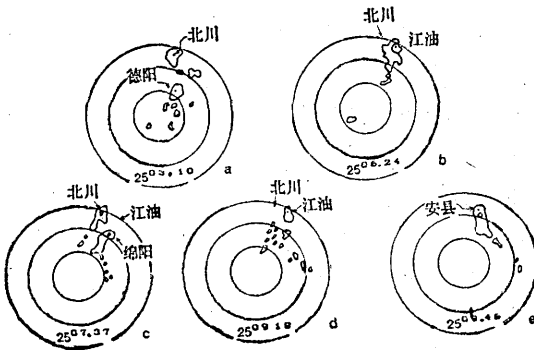


图8 B云团内主要中尺度对流回波演变图

每图50km, a、b、c、d、e的仰角分别为1.0°, 0.7°, 0.8°, 1.2°, 1.1°

46分, 江油回波中心西移到安县, 强度明显发展。

图9为C云团的中尺度对流回波演变图。25日15时16分, 安县为对流回波中心。

#### 4. 低涡暴雨的持续期与700hPa切变线

图10是700hPa沿青藏高原东部边界(104°E)的风场时间剖面图。由图可见,

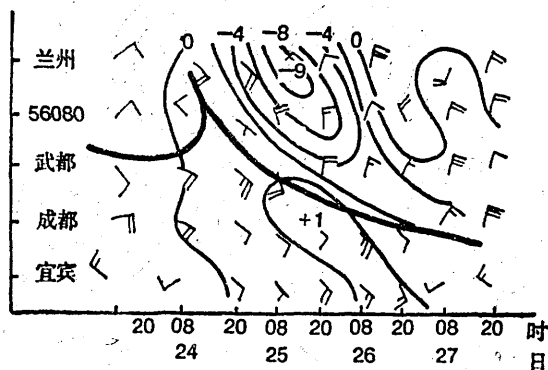


图10 700hPa沿104°E风

的时间剖面图

粗线为切变线, 细线为24小时变温

25日08时—26日20时,从绵阳到成都准东西向风场切变线竟维持48小时,切变两侧的偏南、偏北风风速达 $8-12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。27日08时,当北风南移到成都时,川西暴雨立即停止,低涡东移。

综上所述,西南低涡暴雨云团之下有数个中尺度对流系统和中小尺度雨团存在。这些系统可在雷达回波和降水自记的雨强中追踪到。这类中小尺度降水系统活动特征有三:其一,它们活动于西风扰动前的西南季风气流中。其二,初生于水、陆交错的江河地域,在盆地内多由南向北或沿江河北移。其三,停留、合并及发展于地形切割的高原东侧边界的河口或低层辐合线附近。值得提出的是:一、这些中小尺度对流系统的活动存在着明显的日变化;二、它们的传播方式与我国北方<sup>[6]</sup>中尺度回波单体产生于原单体东侧的生命史迥然不同;三、初生的中小尺度对流降水系统,雷达探测较卫星探测有明显的先兆性。

四川盆地的区域性大暴雨多数与西南低涡相联系。上述概念是我们建立暴雨预报专

家系统的基本思路。该专家系统所选的预报因子,正是按照大尺度环流背景、天气尺度扰动、低层辐合流场、地面温压湿特征、雷达回波、卫星云图、物理量诊断分析、数值预报产品等综考虑的。用它们组合的预报规则作四川暴雨预报,经3年的实践,已收到明显的效果<sup>[7]</sup>。

#### 小 结

通过上述分析,可初步得出以下几点结论。

1. 西南低涡暴雨的平均背景场,在高、低层存在三支气流:200hPa上在合成低涡北部5—7纬距处有一支大尺度西风急流;500hPa上在低涡西部有一支天气尺度或次天气尺度的槽前西南气流;700和850hPa上在低涡东侧3—4纬距处存在一支偏南的低空湿急流。当扰动叠加在低涡上空时,在西北气流与偏南季风气流相互作用下,引发区域暴雨。

2. 西南低涡暴雨过程一般都要经历开始期、持续期和东移减弱期三个阶段。每个阶段由若干个对流云团组成。每个低涡云团又可从雷达回波及每小时 $\geq 15\text{mm}$ 的雨强连续变演中,追踪到中小尺度对流回波单体和雨团的活动。

3. 暴雨初生期和持续期,新生的对流回波单体出现在原单体的北侧。它们由暖区中的偏南位置向北集中到切变、辐合最强处,并组成强的辐合型暴雨回波。每个低涡云团内部有8—12个中尺度雨团活动,并伴有强烈降水。

#### 参考文献

- [1] Zhou, X-P, and X.F. Hu, A brief analysis and numerical simulation of the Sichuan extraordinarily heavy rainfall event. Proc., First Sino-American workshop on mountain meteorology 18—23 May 1982, Beijing.
- [2] Hovemale, J.B., Numerical experiments with the Sichuan flooding catastrophe (11—15

- July 1981) Proc.,同(1).
- [3] 卢敬华, 西南低涡概论, 气象出版社, 1986.
- [4] Kuo, Y-H, and L.S. Cheng, Numerical simulation of the 1981 Sichuan flood. Part I. Evolution of a mesoscale southwest vortex S-A workshop on mesoscale meteorology 4-6 September 1988, Beijing.
- [5] Huang Fujnn, A relationship between the activity of summer monsoon and vortex heavy rainfall in southwestern China. Proc. First Sino-Japan workshop on general circulation 10-15 April, 1987, Chengdu.
- [6] Wang Angsheng, Some characteristics of severe storm in Beijing mesoscale system 15th Conference on severe local storms Baltimore, 1987.
- [7] 汪之义等, 四川区域性暴雨专家系统论文集, 1988.

## The meso-scale characteristics of SW vortex heavy rainfall

Huang Fujun      Xiao Hongyu

(Chengdu Meteorological centre)

### Abstract

Large-and meso-scale flow fields of SW vortex heavy rainfall are comprehensively analysed and their physics schemes are given. Their meso-scale characteristics are revealed using hourly rain intensity, radar echoes and satellite data That does us a great help to further understand the formation development and internal constructure of SW vortex.