

137°E 断面北赤道流、黑潮变异和黑潮大弯曲的关系

王元培

(国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266003)

提要 分析了 1972~1988 年 137°E 断面资料,结果表明,北赤道流和黑潮、黑潮和黑潮逆流、北赤道流和热带水以及黑潮、黑潮逆流和亚热带水等,都有 0.01 以上显著水平相关。黑潮既受制于西太平洋大尺度海洋环流,还受大暖涡变化的影响。北赤道流递减率反应了亚热带环流西部的辐合状况,它的变化是导致日本以南大暖涡迁移,黑潮路径变化、停滞的主要原因。

关键词 大弯曲,递减率,变异

本文以 1972~1988 年冬、夏季 137°E 断面的水文资料,讨论北赤道流、黑潮变异和黑潮大弯曲的关系。

1 137°E 断面的主要海流和水团

137°E 断面有 3 支主要海流和 4 个主要水

团,分别为北赤道流、黑潮和黑潮逆流、热带高盐水、亚热带水、中层低盐水和深层水。

北赤道流,有两个大于 10cm/s 的流核:南流核位于 12°N,宽 8 个纬距,核心流速大于

收稿日期 1993 年 11 月 12 日

20cm/s;北流核位于 16°N,宽 2 个纬距,流速大于 10cm/s。核心深度都在 300~350m 之间(图 1)。

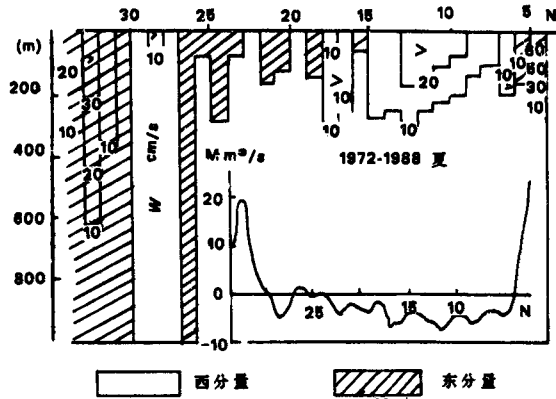


图 1 137°E 断面的海流结构和流量分布(1972~1988 年夏;相对 10⁷Pa)

Fig. 1 The current structure and the volume distribution in section 137°E (Summer 1972-1988, relative to 10⁷Pa)

北赤道流南侧,有一支强劲的赤道逆流,边界很容易确定。北赤道流的北边界不好确定,东西向流速相互交替,水文状况相似,为此取 19°N 为边界;又考虑到历年海流位置变化,取 21~18°N 以南的平均流量为北赤道流的流量。

黑潮,沿断面北端东去。若仍以 10cm/s 作流核,它宽仅 4 个纬距,深 650m,核心流速高达 39cm/s,是一支窄而深的强海流。

黑潮逆流,流幅窄浅,流速小,分别为 3 个纬距、50m 和 10cm/s。流量只有黑潮的 37%。

北赤道流和黑潮,是亚热带环流西部的两支海流。黑潮和黑潮逆流,是构成日本以南大暖涡的一对海流。黑潮是大、小环流共同拥有的一支海流,它随大、小环流变化而变化。

为便于讨论水团变异,以 35.0 等盐线面积标志热带水;以 25~33°N 间 16°C 等温线的平均深度作亚热带水的深度;取 34.2 等盐线面积代表中层水;取 1 000m 以浅 34.4 等盐线面积标志深层水(表 1)。

2 海流和水团间的关系

2.1 北赤道流和黑潮、黑潮和黑潮逆流相关系数分别为 0.48 和 0.50;而北赤道流和黑潮逆流的相关系数很低。说明日本以南黑潮既受大尺度环流的影响,又受大暖涡的干扰;大、小环流的变化,既可以相互渗透,又各自独立(图 2)。

2.2 亚热带水、中层水和深层水中,任何两个都有 0.01 以上显著水平的相关系数:深层水和中层水为 -0.60;深层水和亚热带水为 -0.68;亚热带水 and 中层水为 0.69。三水团中亚热带水是主导因子,相关系数最高;位置最浅,易受海洋环境影响。

2.3 深层水和热带水的相关系数(0.39),只有 0.05 以上显著水平。深层水、亚热带水和热带水的复相关系数为 0.75,回归方程为:

$$DA = 7.72 - 0.0225MH + 0.258TA$$

DA、TA 分别为深层水、热带水面积,以 1% 为单位;MH 为亚热带水的深度,以 m 为单位。亚热带水的标准回归系数为 0.64,比热带水的 0.30 大 1 倍以上,亚热带水是导致深层水变化的主导因子。

2.4 海流流量和水团特征间的相关系数,达到 0.01 以上显著水平的有:北赤道流和热带水为 0.45;黑潮和亚热带水为 0.59;黑潮逆流和亚热带水为 0.60(图 3)。这说明,热带水和亚热带水变异受大尺度环流制约;亚热带水还受到大暖涡的影响。

如果忽略大暖涡对日本以南黑潮的影响,简单地认为,黑潮变异导致亚热带水深度变化,引起深层水上升、下沉,形成不同的黑潮路径;甚至得到和现有认识不相容的推理:北赤道流偏弱,黑潮大弯曲;北赤道流偏强,黑潮非弯曲,这是片面的。

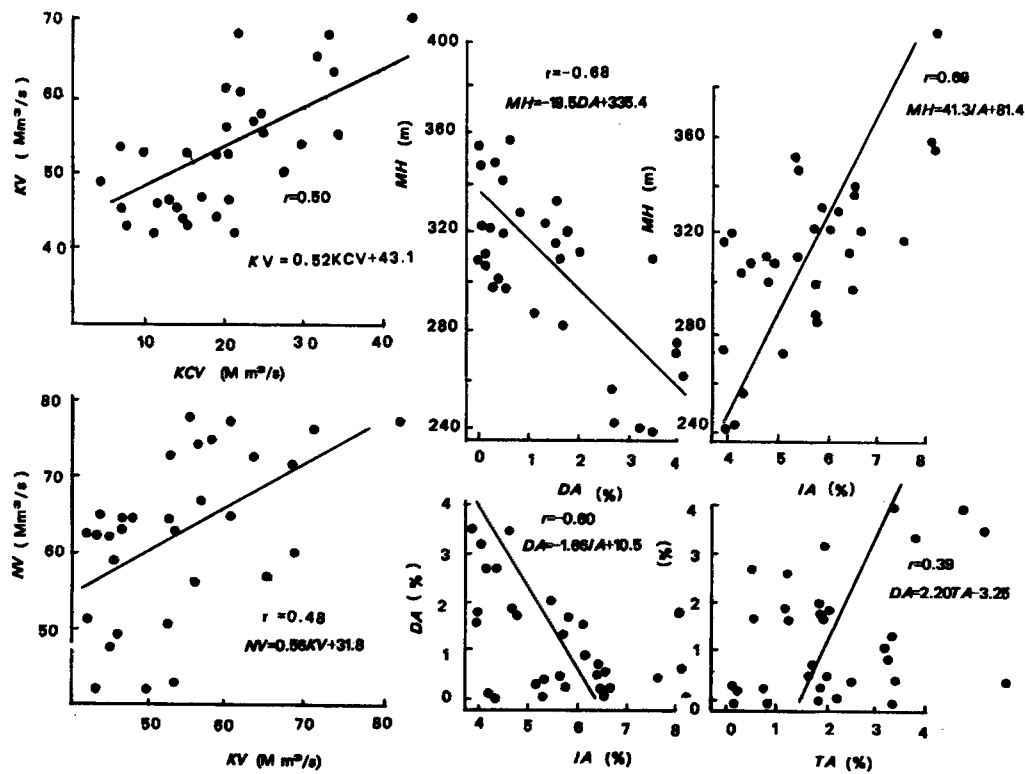


图2 137°E断面北赤道流、黑潮和黑潮逆流流量(NV、KV和KCV)的相互关系;亚热带水深度、中层水、热带水和深层水面积(MH、IA、TA和DA)的相互关系

Fig. 2 The correlations between the volumes of the North Equatorial Current, the Kuroshio and the Kuroshio Countercurrent (NV, KV and KCV). The correlations between the depth of the subtropical water and the areas of the intermediate water, the tropical water and the deep water (MH, IA, TA and DA) in section 137°E.

表1 137°E断面北赤道流、黑潮和黑潮逆流的平均流量;热带水、中层水和深层水平均面积和亚热带水的平均深度(1972~1988年冬、夏)

Tab. 1 The mean volumes of the North Equatorial Current, the Kuroshio and the Kuroshio Countercurrent, the mean areas of the Tropical Water, the intermediate water and the deepwater, and the mean depth of the subtropical water in section 137°E

项目	流量(Mm ³ /s)		流量(Mm ³ /s)		季节指数 ²⁾
	面积(%) ¹⁾ (冬季)	标准偏差	面积(%)(夏季)	标准偏差	
北赤道流	56.0	9.5	68.5	9.5	1.32
黑潮	53.0	7.1	57.7	11.1	0.52
黑潮逆流	16.8	8.3	23.8	10.1	0.75
热带水面积(>35.0)	1.92	1.34	2.18	1.53	0.18
亚热带水平均深度(m)	309	32	313	39	0.11
中层水面积(<34.2)	5.61	1.21	5.49	1.36	-0.09
深层水面积(>34.4)	1.26	1.38	1.24	1.84	-0.01

1) 面积,以25个纬距×1000m为100%。

2) 季节指数 $I = (M_s - M_w) / \sqrt{(S_s^2 + S_w^2) / 2}$, 分别是冬、夏季平均值之差和标准偏差的平方和。

3 大弯曲、非弯曲期间的海流和水团特征

在研究期间,黑潮路径变化如下:1972~1975年非弯期;1976~1980年强型大弯曲期;1981年非弯期;1982~1985年弱型大弯曲期;1986年非弯期;1987~1988年弱型大弯曲期。孙湘平和王元培曾有相似的描述^[1]。由于日本

以南黑潮沿大暖涡北边缘东去,强弯、弱弯和非弯路径都有其相应的暖涡位置。如1977年夏、1979年冬强型大弯曲,大暖涡偏西南;1983年夏、1985年冬和1987年冬、夏弱型大弯曲,大暖涡中心位于30°N、135°E附近;1981年夏和1986年冬非弯曲,大暖涡偏东北(图4)。表2给出强弯、弱弯和非弯期3支海流的流量和4个水团的特征。

表2 大弯曲、非弯期3支海流的流量和4个水团特征(1972~1988年)

Tab. 2 The volumes of the three currents and the characteristics of the four water masses in the large meandering and the non-meandering periods (1972-1988)

项目	非弯期	弯期 ¹⁾	强弯期 1976~1988	弱弯期 1987~1988	弱弯期 1982~1985
热带水面积(%)	1.26	2.48	2.76	2.66	2.04
亚热带水深度(m)	331	299	270	328	322
中层水面积(%)	6.11	5.25	4.80	5.62	5.65
深层水面积(%)	0.14	1.86	2.48	1.77	1.12
北赤道流流量(M m ³ /s)	56.6	65.5	63.6	71.1	65.2
黑潮流量(M m ³ /s)	54.0	52.6	48.6	58.5	54.7
黑潮逆流流量(M m ³ /s)	24.0	18.8	16.6	18.1	21.9
北赤道流递减率(%)	5	20	24	18	16
东海黑潮流量(Mm ³ /s) ²⁾	26.6	26.4	25.6	29.0	26.2

- 1)三次强、弱大弯曲的平均值。
- 2)以长崎海洋(象台海洋速报(1991, No. 140)刊登的PN断面黑潮流量计算。

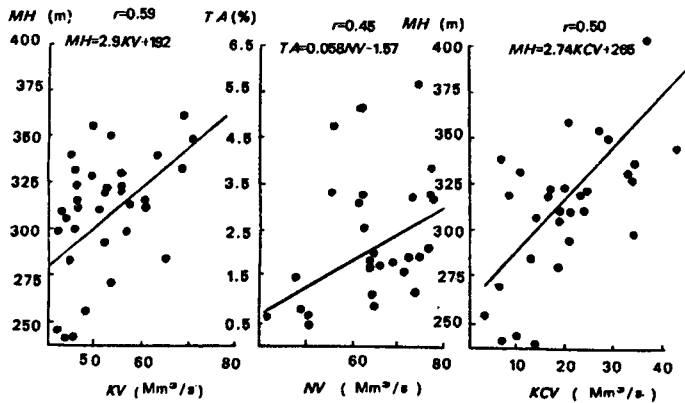


图3 亚热带水深度和黑潮、黑潮逆流流量(MH, KV 和 KCV)的相互关系、热带水面积和北赤道流量(TA, NV)的相互关系

Fig. 3 The correlations between the depth of the subtropical water and the volumes of the Kuroshio and the Kuroshio Counter-current (MH, KV and KCV). The correlation between the area of the tropical water and the volume of the North Equatorial Current (TA, NV).

3.1 弯曲期北赤道流流量比非弯期偏大14%;弱弯期比强弯期偏大2~10%。北赤道流

偏强是大弯曲的必要条件,而弯曲的强、弱和流量没有明显关系。

3.2 强弯期黑潮流量比非弯期偏小11%;弱弯期比强弯期偏大11~17%,又比非弯期偏大1~9%。东海黑潮也有相似变化。因此很难说,黑潮偏弱是大弯曲的原因。

3.3 黑潮逆流非弯期最大,弱弯期次之,强弯期最小,变化幅度小,仅7.4Mm³/s。它不是形成大弯曲的主要原因。

3.4 若以各自的流量分成三等,则可以得到:强弯期,北赤道流一般,黑潮偏弱;弱弯期,北赤道流、黑潮都偏强或一般;非弯期,北赤道流偏弱、

黑潮一般。也可简单地说,北赤道流偏强,黑潮偏弱,呈强弯型;两支海流都有同一相对强度,呈弱弯型;北赤道流偏弱,黑潮偏强,呈非弯型。三类型所占时间几乎相等,为 17/3a 左右。

3.5 北赤道流递减率(北赤道流和黑潮的流量差除以北赤道流流量),反映了亚热带环流西部的辐合状况;它是导致日本以南大暖涡迁移和黑潮路径变化、停滞的主要原因。递减率偏大,亚热带环流西部辐合较强,亚热带水大量积

聚,大暖涡迁向西南,深层水挪向东北,因受岸线和伊豆海岭的限制,出现较强的上升现象,形成大冷涡和黑潮大弯曲。递减率偏小,辐合较弱,亚热带水积聚减少,大暖涡迁向南部沿岸,大冷涡消失,形成非弯路径。正因为地形上的差异,黑潮出现湾流所没有的大弯曲现象。KER 总结报告中指出,日本以南大暖涡生、消过程都开始于深层^[2]。也支持了这一物理设想。

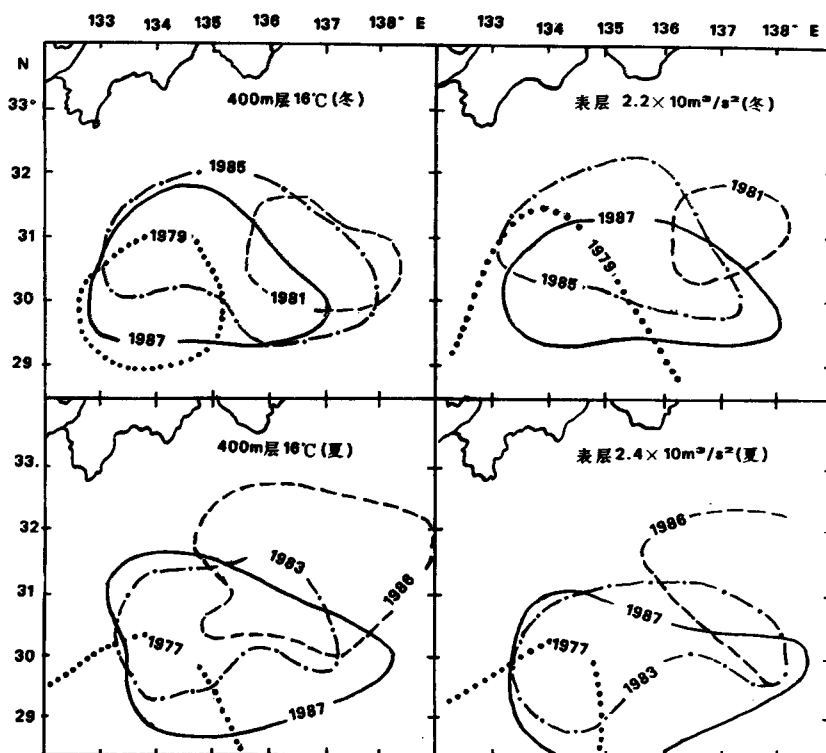


图 4 日本以南 400m 层 16°C 等温线分布和表层 $2.2 \times 10^{-2} \text{m}^2/\text{s}^2$ 、 $2.4 \times 10^{-2} \text{m}^2/\text{s}^2$ 等值线分布(冬、夏;相对 10^7Pa) South of Japan

参考文献

[1] 孙湘平、王元培,1990。黑潮调查研究论文选(4) 海洋

出版社。

[2] Project leaders Committee for Kuroshio Research, 1985. Kuroshio Exploitation and Utilization Research Summary Report (1977-1982). Japan Marine Science and Technology Center.

VARIATIONS OF THE NORTH EQUATORIAL CURRENT AND THE KUROSHIO IN SECTION 137° E AND THEIR RELATIONS TO THE KUROSHIO LARGE MEANDER

Wang Yuanpei

(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266003)

Received: Nov. 12, 1993

Key Words: Variation, Large meander, Decrease ratio

Abstract

Based on the data analyses in section 137°E from 1972 to 1988, the correlations are of 0.01 confidence level between the North Equatorial Current and the Kuroshio, the Kuroshio and the Kuroshio Counter Current, the North Equatorial Current and the Tropical High Salinity Water, the Kuroshio, the Kuroshio Counter Current and the Subtropical Water. The variation of the Kuroshio is not only controlled by the variation of the large scale ocean circulation in the western Pacific Ocean but also affected by the variation of the large warm eddy.

The decrease ratio of the North Equatorial Current indicates the convergence condition of the west subtropical gyre, which is the main cause of the movement of the large warm eddy south of Japan and the variation and maintenance of the Kuroshio path.