

# 西北太平洋 $137^{\circ}$ E 断面 海流的纬向体积输送\*

顾玉荷

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

**提要** 利用日本气象厅 1967—1989 年间沿  $137^{\circ}$  E 断面观测到的水文和海流资料, 计算了该断面上  $1^{\circ}$  S— $34^{\circ}$  N 的纬向体积输送。纬向体积输送的明显特点是夏强冬弱, 无论是多年平均的还是个别年份的, 不管是东向输送分量还是西向输送分量, 该特征都是非常明显的。净输送量有非常大的年际变化, 70 年代以向西输送为主, 80 年代则以向东输送为主, 峰值出现在 El Niño 事件前后, 二者有一定的关系。

**关键词**  $137^{\circ}$  E 纬向体积输送 年际变化 El Niño

西北太平洋的  $137^{\circ}$  E 断面南端起自  $1^{\circ}$  S, 紧贴新几内亚海岸, 北端伸至  $34^{\circ}$  N, 贴近日本南岸, 它西侧是一个半封闭的海域, 东面是广阔的西北太平洋。这是西部海域与西北太平洋发生水交换的最主要的断面。以往的研究 (White et al., 1982) 已证实  $137^{\circ}$  E 断面上的海流以纬向为主, 东、西向海流交错分布, 多年平均的纬向海流呈现出稳定的带状结构, 但由于存在着中尺度扰动, 这种长期的平均状态的带状结构比天气图式的情况要微弱得多, 另外, 还发现夏季的带状结构要比冬季的更为明显。这些结果多半是以表层的地转流为依据的。为了弄清水交换的详细情况, 体积输送远比某一层的海流更有意义, 而体积输送中净输送量只能反映总概况, 由于海流分布的复杂性, 往往使得大范围内的净体积输送变得非常小, 无法反映出实际上非常强烈、复杂的水体交换过程。

本文利用  $137^{\circ}$  E 断面上多年观测到的水文和海流资料, 对该断面上东、西向海流的体积输送分别进行计算, 这样可以清楚地揭示出横越该断面水交换的详细过程, 从而反映出西北太平洋东、西部之间水体交换的大致情况。

## 1 资料与方法

选用日本气象厅 «凌风丸» 调查船沿  $137^{\circ}$  E 断面的水文调查资料和海流观测资料 (Japan Oceanol. Data Center, 1967—1970; Japan Meteorol. Agency, 1970—1989)。水文资料自 1967—1989 年共 23 年, 这期间每年 1 月观测一次, 1972—1989 年又在每年 8 月增测一次, 这里用 1 月和 8 月的资料分别代表冬季和夏季, 共有冬季资料 23 (年) 次, 夏季资料 18 (年) 次, 总共 41 次。该断面南北跨越 35 个纬度, 在整度处均设有测站, 观测深度超过 1 000m, 本文取  $10^4$  kPa 作为动力零面, 对  $3^{\circ}$  N 以北作了动力计算。在  $1^{\circ}$  S— $9^{\circ}$  N 的赤道附近, «凌风丸» 还用两只海流计观测了 0—500m

\* 国家自然科学基金资助项目, 48970263 号。顾玉荷, 女, 出生于 1938 年 6 月, 副研究员。

收稿日期: 1994 年 4 月 9 日, 接受日期: 1994 年 10 月 28 日。

范围内的次表层海流(相对深度为 800m),除 1971 年只在 1 月观测一次外,1972—1985 年每年 1 月和 8 月各观测一次,观测日期与水文资料几乎同期,这样,该断面上

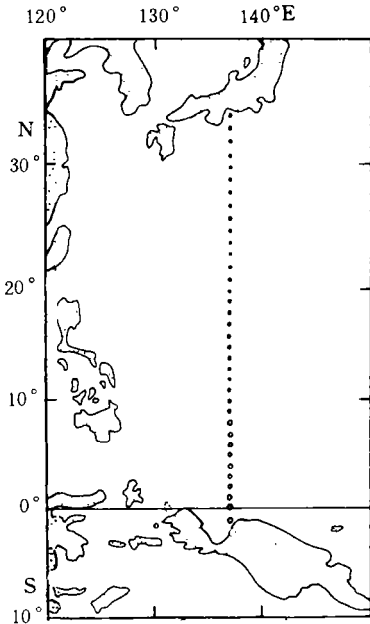


图1 断面位置、测站分布

Fig.1 Section Location chart and distribution of stations at 137° E in the northwestern Pacific

..... 水文测站; ..... 海流和水文测站.

赤道附近的海流观测资料冬、夏各 14(年)次,共 28 次。利用这些海流资料直接计算了  $1^{\circ}\text{S} - 8^{\circ}\text{N}$  的体积输送,弥补了地转方法在赤道附近不能应用的不足。因此,在  $1^{\circ}\text{S} - 34^{\circ}\text{N}$  整个断面上的体积输送都可以求得,其中  $1^{\circ} - 3^{\circ}\text{N}$  由实测海流资料直接求得,  $3^{\circ}\text{N} - 34^{\circ}\text{N}$  用水文资料由地转方法求得,而  $3 - 8^{\circ}\text{N}$  范围内用两种资料由两种方法求得。由于海流资料仅限于 500m 以上范围,为便于比较,地转输送也取  $0 - 5 \times 10^3\text{kPa}$  范围内的(相对深度仍为 1000m)。由比较可知,无论冬季还是夏季,也不管是东分量还是西分量,在  $3 - 34^{\circ}\text{N}$ ,  $0 - 5 \times 10^3\text{kPa}$  范围内的流量占  $0 - 10^4\text{kPa}$  范围内流量的 80% 以上。而且两者年际变化趋势也完全一致,因此,  $0 - 5 \times 10^3\text{kPa}$  范围内的输送量可以反映  $0 - 10^4\text{kPa}$  范围内的基本特征。断面位置及站位见图 1。

## 2 主要流系分布

由图 2 明显看出,无论冬季还是夏季,  $137^{\circ}\text{E}$  断面上海流的带状结构是十分明显的,东、西向海流相间分布,且上、下位置变化不大。自南至北主要有以下流系。

**2.1 南赤道流 (SEC)** 它自东向西流动,一般位于赤道以南,但由于新几内亚岛屿的存在,这儿的南赤道流一般跨过赤道,有时可伸至  $2^{\circ}\text{N}$  附近,甚至把赤道潜流挤掉 (Gu Yuhe, 1990)。有时在  $3^{\circ}\text{N}$  以北的地转流剖面图上也能看到,如图 2a 所示的 1986 年 1 月的情形。

**2.2 赤道潜流 (EUC)** 位于南赤道流以北,  $137^{\circ}\text{E}$  是赤道潜流的源地,这里的潜流与东部和中部的潜流相比较,不仅范围小,强度弱,而且其位置也经常性地向赤道以北移动,尤其值得注意的是在过去几次 El Niño 期间,这里的赤道潜流还发生过短期消失的现象 (Guan Bingxian, 1986; Gu Yuhe, 1990)。

**2.3 北赤道逆流 (NECC)** 位于潜流以北并与潜流同向,二者连在一起,很难区分其界线 (Guan Bingxin, 1986; Gu Yuhe, 1990; 顾玉荷, 1990)。北赤道逆流的北界一般在  $6 - 8^{\circ}\text{N}$  之间变动,冬季略偏北移,夏季的流幅比冬季窄大约两个纬度。

**2.4 北赤道流 (NEC)** 位于逆流以北的广大范围内,它来自东太平洋,在  $137^{\circ}\text{E}$  它的北界可以伸到  $19 - 20^{\circ}\text{N}$  附近,这是西北太平洋中最主要的西向流,它在向西流动的过程中发生西向强化并转向,在菲律宾以东海域,强化后的北向分支称为黑潮(其南向分支称为棉兰老海流)。

**2.5 黑潮 (KURO) 及黑潮逆流 (C-KURO)** 黑潮在菲律宾以东海域起源后沿中

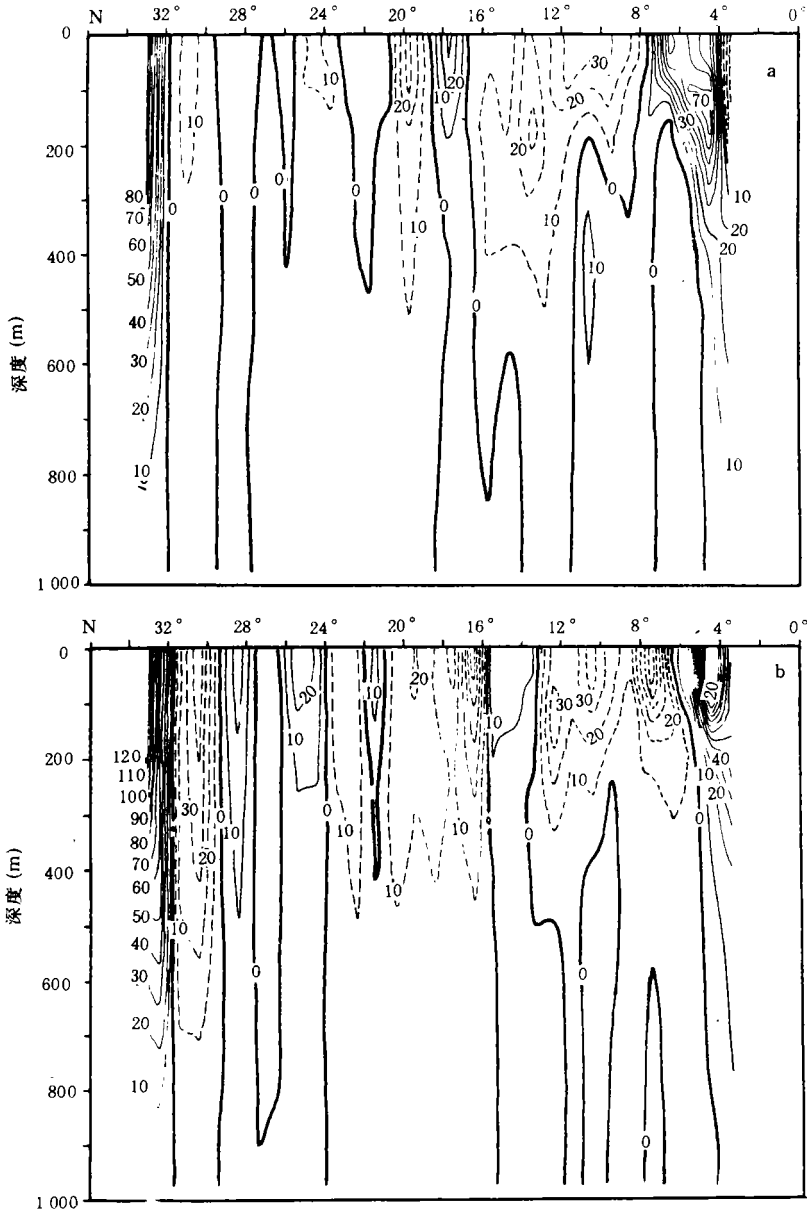


图2 137° E 纬向地转流的经向分布 (单位: cm/s, 参考面 10<sup>4</sup>kPa)

Fig.2 Meridional distribution of zonal geostrophic current at 137° E

a. 1986.1; b. 1986.7. — 东向流; ..... 西向流.

国大陆坡向东北流去, 经过大约 10 多个纬度的漫长流程后又出中国东海沿日本南岸回到西北太平洋, 并继续向东延伸, 与西向的北赤道流构成了西北太平洋中最大最主要的环流系统。137° E 断面上北部的东向流便是出东海又回到西北太平洋的黑潮, 这是该断面上最主要的东向流(图 2、图 3)。黑潮南侧的西向流是黑潮逆流。

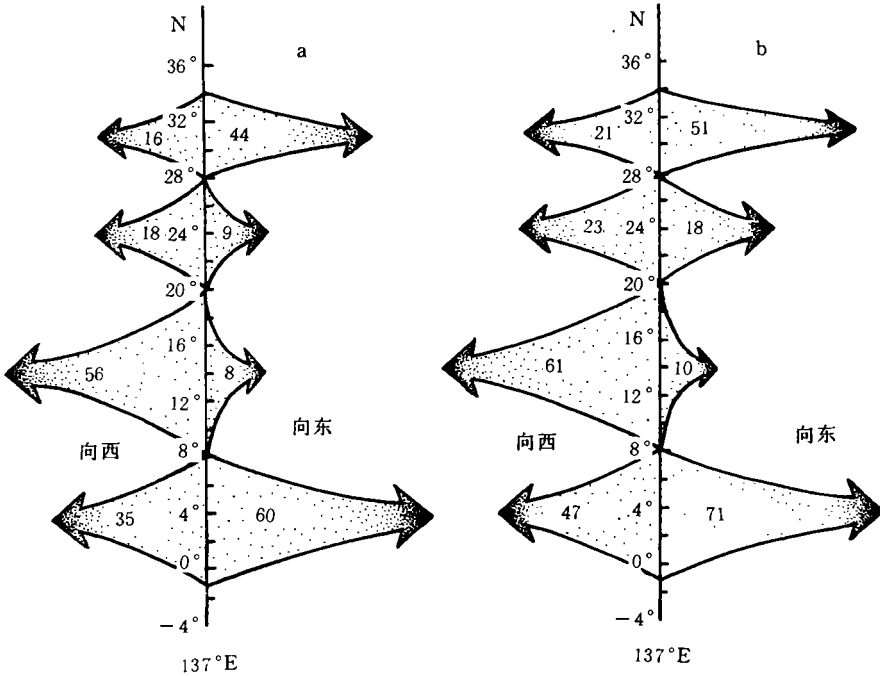


图3 主要纬向海流多年平均流量(Sv)分布示意图 (a. 冬季、b. 夏季)

Fig.3 Long-term annual mean volume transport of main zonal current

**2.6 副热带逆流 (SCC)** 在黑潮逆流以南, 北赤道流以北的中间广阔地带存在着数支宽度不等, 强度不同, 不很稳定的东向流, 这是副热带逆流。它与西向流相间存在使断面上的流动更具有带状特征。黑潮逆流、副热带逆流及其他海流, 这些东、西相间的流动又构成了西北太平洋的二级、三级环流系统, 使这里的环流具有双涡甚至多涡的特征(管秉贤, 1991)。

### 3 体积输送的多年平均状况

表1中3—34°N的多年平均体积输送由地转方法求得, 冬季为23年平均, 夏季为18年平均。1°S—3°N由海流资料求得, 冬季为12年平均, 夏季为9年平均。

**3.1 夏强冬弱** 由表1可知, 除3—8°N之间的东向流的多年平均值呈现出冬季略大于夏季的特例外, 其余各纬度范围的体积输送, 不论是东向的或是西向的, 都有一个共同的特点, 即夏季的多年平均值均大于冬季, 说明夏季各流系均强于冬季。如, 1°S—3°N的赤道附近, 夏季的东、西向输送量分别比冬季大17.5Sv和6.9Sv, 分别是冬季的221%和128%。这个范围内的东向流主要是赤道潜流和一部分北赤道逆流, 西向流主要是南赤道流。这表明, 就多年平均而言, 赤道潜流和南赤道流均具有夏强冬弱的特点。在8°S—20°N之间的西向流主要是北赤道流, 夏季的多年平均流量也比冬季大10%左右。20—28°N之间的东向流主要是副热带逆流, 夏季的平均流量几乎是冬季的两倍, 副热带逆流的夏强冬弱的特点是明显的。28°N以北的东向流主要是黑潮, 夏季的平均流量也比冬季强16%, 而西向流主要是黑潮逆流, 夏季也比冬季大。由图3

也可以清楚地看出, 在各个纬度范围内的主要流系, 不管是东向的还是西向的, 多年平均流量均具有夏季比冬季强的特点。

整个断面的多年平均总流量冬季东、西向分别为 121.5Sv 和 125Sv, 夏季分别为 149Sv 和 152Sv。夏季的东、西向输送量分别比冬季大 27.5Sv 和 27.0Sv。

3.2 净输送量小 整个断面的冬夏净输送都是向西的, 且量值很小, 表明从气候式平均状况而言, 来自西北太平洋中部通过 137° E 进入西部的水, 在西北太平洋西部经过一系列的循环后, 绝大部分又越过了 137° E 返回中太平洋, 西进的与东出的二者基本平衡。少量的净的西向输送, 可能是计算误差、观测误差等因素造成的, 也可能有少量水体通过菲律宾和印度尼西亚之间的海峡进入南海和印度洋所致。

表 1 多年平均输送量 (单位: Sv)

Tab.1 Long-term annual mean volume transport

范 围	主要海流	冬			夏		
		向东	向西	净	向东	向西	净
1° S— 3° N	EUC SEC	13.1	-24.1	-11.0	28.9	-31.0	-2.1
3° —8° N	NECC	47.2	-10.5	36.7	41.6	-16.1	25.5
8° —20° N	NEC	8.1	-56.1	-48.1	10.1	-61.4	-51.3
20° —28° N	SCC NEC	8.8	-18.4	-9.6	17.6	-22.5	-4.9
28° —34° N	Kuro C-Kuro	44.3	-16.0	28.3	51.0	-20.6	30.0
1° S— 34° N		121.5	-125.1	-3.6	149.2	-151.6	-2.4

### 4 输送量的年际变化

4.1 东、西向输送量的年际变化 由图 4 知, 从 1971 — 1986 年, 除个别资料外, 几乎所有的观测年份, 无论是东向输送量还是西向输送量, 夏季均大于冬季。因此,

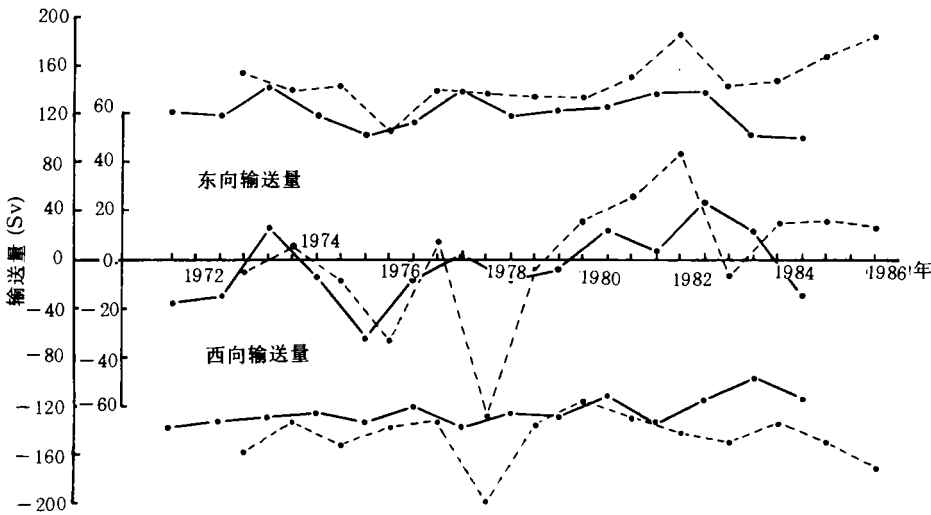


图 4 总输送量的年际变化 (1° S— 34° N, 0— 500m)

Fig.4 Interannual variation of total volume transport at 137° E, — · — 冬季; - - - - 夏季。中部折线为净输送量的年际变化。

137° E 段面输送量的夏强冬弱现象不仅是长期的多年平均的气候式特征,而且也是一种普遍的,几乎每年都发生的经常性特征。

观测期间,夏季的东向输送量大多在 132 — 185 Sv 之间,平均为 148Sv,最大值发生在 1981 年,高达 185Sv,最小值发生在 1975 年,为 106Sv,几乎与冬季值接近。冬季的东向输送量在 98 — 142Sv,平均为 121Sv,比夏季小 27Sv。东向输送量的夏强冬弱特点是十分明显的。西向输送也具有夏强冬弱的特征,由图 4 知,除 1979 年夏季异常偏小外,其余各年夏季均大于冬季。夏季的西向输送量在 117 — 200Sv 之间,平均为 146Sv。冬季在 97 — 199Sv,平均为 124Sv。夏季比冬季平均大 22Sv。

**4.2 净输量的年际变化** 尽管从长期的、多年平均的、气候式观点看,跨越 137° E 断面的东、西向总的体积输送量基本平衡,多年平均的净输送量很小。但这并不意味着个别年份的输送量也是平衡的。净输送量的年际变化非常大,由图 4 中部的折线可知,夏季从 -64 — 42Sv,变幅为 106Sv,冬季从 -34 — 22Sv,变幅为 56Sv。这表明有的年份大量的西北太平洋的水通过该断面由中部进入西部,使净输送量成为负值,但也有的年份,大量水从西跨过断面进入中太平洋,使净输送量成为正值。总的趋势看,70 年代,净输送量以向西为主,而 80 年代以后则以向东为主。如 1971 年— 1972 年 1 月,1974 — 1976 年的冬季和夏季及 1977 — 1979 年期间,净输送均为向西的,前两个负峰值均在 1972 — 1973,1976 — 1977 年 El Niño 事件之前。净输送量向东的时期主要发生在 1973 年,1976 — 1977 年,1980 — 1983 年的 1 月和 1979 — 1981 年及 1983 — 1986 年的夏季。前两次东向净输送的量值不大。而后几次净东向输送不仅持续时间长,且量值也大,都处在 El Niño 事件之前,如 1982 — 1983 特大 El Niño 事件之前,连续 3 — 4 年,冬、夏季的净输送均为东向的,而且强度非常大,是观测期间最强的东向净输送时期。夏季资料中 1983 年以后出现的连续 3 — 4 年东向的净输送,也处在随即发生的 1986 — 1987 El Niño 事件前。上述关系表明,净输送量的峰值与 El Niño 事件的发生有一定的关系,但 70 年代的关系与 80 年代的有所不同。

## 5 小结

137° E 断面的水文和海流观测资料是西北太平洋中时间序列最长、分布范围最广、最完整的资料,因此用这些资料求得的结果应该具有很好的代表性和普遍意义,能反映出本断面体积输送的基本情况。该断面上东、西向海流体积输送的一个非常突出的特点是夏强冬弱,无论从长期的、多年平均的、气候式观点看,还是逐年比较看,这一特征都是十分明显的,经常存在的。表明夏季各流系普遍强于冬季,夏季的水交换比冬季更为强烈。整个断面的净输送量有着很大的年际变化,观测期间的前期,即 70 年代,净输送明显的以西向为主,而 80 年代,则以东向为主。1972 — 1973,1976 — 1977 两次 El Niño 事件发生前,净输送量为向西的,事件发生期间则变为向东的。1982 — 1983,1986 — 1987 El Niño 事件之前和发生过程中,净输送量均呈现出持续时间较长的且量值也较大的正的(向东)输送,这些关系为进一步研究 El Niño 事件的遥相关提供了新的思路,当然其内在的物理联系有待于进一步研究。

## 参 考 文 献

- 顾玉荷, 1990. 海洋与湖沼, **21** (4): 320 — 327.
- 管秉贤, 1991. 海洋环流研究会议论文集, 海洋出版社(北京), 1 — 9.
- Guan Bingxian, 1986. *chin. J. Oceanol. Limnal.*, **4** (3): 239 — 255.
- Gu yuhe, 1990. Proceedings of US-PRC International TOGA Symposium, 1988, Beijing, Ocean Press (Beijing), pp. 113 — 120.
- Japan Occanol. Data Center, 1967 — 1970. Preliminary Data Report of C.S.K., No. **82** — **237**.
- Japan Meteorol. Agency, 1970 — 1986. The Results of Marine Meteorological and Oceanographical Observations, No. **47** — **78**.
- White, W. B. and Hasunuma. K., 1982, *J. Mar. Res.*, **40** (4): 1035 — 1046.

ZONAL VOLUME TRANSPORTS AT 137° E IN THE  
NORTHWESTERN PACIFIC

Gu Yuhe

*(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)*

**Abstract** Two data sets from JODC obtained by the R/V Ryfoou were used to calculate the volume transport along 137° E between 1° S — 34° N. Routine 1967 — 1989 meridional hydrographic data, from 23 repeated cruises in winter and 18 cruises in summer were used to calculate the geostrophic volume transport between 3 — 34° N (referred to 10<sup>4</sup>kPa). 1971 — 1985 subsurface current data (measured with two current meters, between 1° S — 8° N, 0 — 500m, obtained in 14 repeated summer and winter cruises) were used to calculate the transport between 1° S — 8° N. The eastward and westward components of the transport were calculated separately.

The basic features of the volume transport in this section were as follows. In the whole section the long term annual mean eastward and westward component of the transport in summer were larger than that in winter, but the net volume was not. Over most of the observed year the eastward and westward component of the volume transport in summer were obviously larger than in winter. The net transport showed very large interannual variation and in general was mainly westward in the 1970's, but eastward in the 1980's, a few eastward peaks of the net transport appeared before and during the past El Niño events. There are some close relationship between the net volume transport and the El Niño events.

**Key words** 137° E Zonal volume transport Interannual variation El Niño