

河西堡台传递函数的时间变化及其与地震的关系

赵志新 张映良 王 娟

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文分析了河西堡地磁台1980年至1984年期间的传递函数随时间变化与邻区250公里内, 4.0级以上地震活动性之间的关系。结果表明, 河西堡地磁台在无震时的传递函数A一般为0.18左右, B一般为0.01左右, 而在地震之前, A一般呈现出减小变化, 变化幅度约为0.05左右, 异常持续时间约为7个月至一年。而震前B的变化呈增大变化, 变化幅度约为0.1左右。

同时本文指出, 河西堡地磁台的传递函数A、B因子均有季节变化, A值夏季小于冬季, B值夏季大于冬季。在扣除季节变化后, 以上所述地震前的传递函数A、B的异常幅度较未扣除季节变化的地震前的异常更加明显。

一、引 言

地震的孕育和发生往往伴随着局部地区的电导率的变化。这一现象引起了越来越多的地磁工作者的关注和兴趣。文献^[1]从理论和实践上作了论证和说明。虽然, 地震活动区周围地下介质的电导率变化能够通过人工源的直流电(DC)测深法观测, 但是观测的深度不足以同地震的震源深度进行比较。一般来说, 地震多发生在地壳和上地幔中。对这一深度的介质的电导率的变化, 可借助于大地电磁测深或地磁测深方法进行研究。所以, 利用短周期地磁变化传递函数的时间变化来监视地壳或上地幔中可能出现的电导率的变化是一种有效的方法。

传递函数的概念来自经验公式:

$$\Delta Z = A \cdot \Delta H + B \cdot \Delta D \quad (1)$$

其中 ΔD 是地磁偏角的变化, ΔH 和 ΔZ 分别是地磁场水平分量和垂直分量的变化, 系数A和B被称为传递函数, 它们都是复数, 不仅与地下介质电导率的大小有关, 而且对地磁变化周期有依赖关系。

一些研究表明, 传递函数具有十分明显的与附近发生的大震有关的长期的缓慢的变化。一般来讲, 临近地震前A值下降到最小, 而在其达到最小值之后又较为迅速地回

升〔2、3、4〕。

鉴于近年来河西走廊地区是甘肃省地震活动较多的地区之一,所以我们用河西堡地磁台($102^{\circ}06'E$, $38^{\circ}23'N$)的资料研究传递函数的时间变化与地震发生之间的可能关系。

二、资料处理与分析

本文处理分析了河西堡地磁台1980年—1984年2月份的全部资料的短周期变化。在分析中,选取了所有的持续时间为4—200分钟的短周期地磁干扰变化事件,其中大多数变化是孤立的变化,包括分析期间的磁暴急始和湾扰变化。

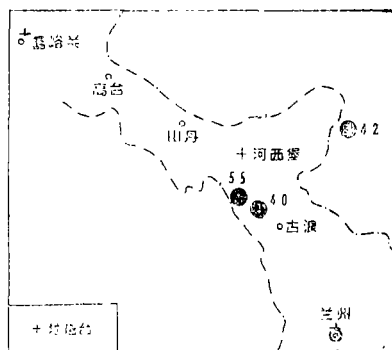


图1 河西堡地磁台及震中位置

Fig. 1 Location of Hexibao Geomagnetic observatory and epicentre.

因为这些资料不是数字化记录的,所以没有采用谱分析的方法。我们采用了一种简便易行的方法,就是分别量出每一个单独扰动的三个分量的最大振幅,然后依照关系式〔1〕,利用最小二乘法原理求出A、B。这种简单的方法引起的误差可能大于谱分析方法,但是由于选取了足够多的地磁短周期变化事件,其结果在某种程度上仍然是可靠的〔2〕。为了证实所得结果的可靠性,资料的处理是通过两种方法同时进行的。一种方法,是将资料每四个月编为一

表1

时期	A	σ_A	B	σ_B	事件数	时期	A	σ_A	B	σ_B	事件数
80. 1—4	-0.167	0.013	0.085	0.027	54	82. 1—4	-0.168	0.011	-0.010	0.023	63
3—6	-0.195	0.013	-0.007	0.039	52	3—6	-0.130	0.015	0.125	0.020	51
5—8	-0.157	0.014	0.122	0.029	66	5—8	-0.131	0.015	0.133	0.021	53
7—10	-0.149	0.014	0.127	0.026	62	7—10	-0.187	0.012	-0.018	0.019	74
9—12	-0.200	0.011	-0.084	0.025	64	9—12	-0.182	0.009	-0.007	0.014	86
11—81.2	-0.197	0.012	-0.058	0.018	63	11—83.2	-0.110	0.010	0.004	0.015	72
81. 1—4	-0.202	0.016	-0.048	0.022	48	83. 1—4	-0.172	0.011	0.013	0.017	59
3—6	-0.191	0.017	0.010	0.038	47	3—6	-0.179	0.011	-0.005	0.021	58
5—8	-0.172	0.013	0.061	0.031	52	5—8	-0.163	0.019	0.074	0.037	67
7—10	-0.169	0.013	0.037	0.027	70	7—10	-0.159	0.011	0.046	0.015	89
9—12	-0.191	0.013	-0.029	0.031	77	9—12	-0.113	0.005	0.053	0.007	94
11—82.2	-0.186	0.012	-0.031	0.027	73	11—84.2	-0.161	0.008	0.026	0.013	94

组,并且后移两个月重新编组;另一种方法是每两个月编为一组,然后后移一个月重新编组的滑动编组法。这样做的目的是为了既能保证每一组内有足够的短周期变化的事件数,以求保证所得结果有较小的误差和较稳定的图象,同时又能获得较多的时间点数,以便获得一个较为精细的传递函数随时间变化的结构。计算结果分别列于表1和表2中,表1为4个月为一组的编组计算结果,表2为2个月为一组的编组计算结果。同时将A、B因子相应时间的标准偏差 σ_A 、 σ_B 也一并列于表中。

表2

时期	A	σ_A	B	σ_B	事件数	时期	A	σ_A	B	σ_B	事件数
80. 1—2	-0.157	0.017	0.088	0.030	30	82 1—2	-0.165	0.016	-0.003	0.033	36
2—3	-0.159	0.020	0.134	0.044	27	2—3	-0.178	0.013	-0.037	0.030	30
3—4	-0.234	0.012	-0.217	0.096	24	3—4	-0.172	0.016	-0.019	0.032	27
4—5	-0.192	0.015	0.028	0.038	28	4—5	-0.159	0.017	0.009	0.033	24
5—6	-0.176	0.016	0.062	0.039	28	5—6	-0.117	0.021	0.164	0.022	24
6—7	-0.123	0.018	0.210	0.032	31	6—7	-0.126	0.021	0.160	0.023	28
7—8	-0.133	0.018	0.190	0.032	38	7—8	-0.174	0.024	0.042	0.042	29
8—9	-0.174	0.017	0.046	0.042	31	8—9	-0.193	0.016	-0.019	0.025	36
9—10	-0.163	0.017	0.025	0.036	24	9—10	-0.173	0.014	-0.002	0.020	45
10—11	-0.186	0.017	-0.035	0.032	35	10—11	-0.178	0.013	-0.015	0.021	42
11—12	-0.198	0.018	-0.059	0.040	40	11—12	-0.189	0.012	-0.008	0.019	41
12—81.1	-0.219	0.015	-0.124	0.023	28	12—83.1	-0.181	0.013	0.014	0.022	39
81. 1—2	-0.195	0.022	-0.058	0.024	23	83 1—2	-0.189	0.015	0.049	0.026	31
2—3	-0.183	0.022	0.004	0.031	26	2—3	-0.164	0.014	0.009	0.022	30
3—4	-0.208	0.024	-0.031	0.049	25	3—4	-0.178	0.018	0.005	0.029	28
4—5	-0.174	0.018	0.085	0.037	26	4—5	-0.174	0.015	0.001	0.027	30
5—6	-0.174	0.021	0.081	0.054	22	5—6	-0.185	0.015	-0.042	0.040	30
6—7	-0.156	0.016	0.084	0.041	23	6—7	-0.163	0.030	0.117	0.077	30
7—8	-0.174	0.018	0.037	0.040	30	7—8	-0.174	0.025	0.060	0.043	37
8—9	-0.172	0.021	0.045	0.040	32	8—9	-0.161	0.012	0.047	0.017	44
9—10	-0.166	0.018	0.35	0.039	40	9—10	-0.146	0.008	0.038	0.011	52
10—11	-0.182	0.016	-0.018	0.036	45	10—11	-0.145	0.007	0.041	0.009	55
11—12	-0.116	0.018	-0.092	0.049	37	11—12	-0.150	0.008	0.039	0.011	42
12—82.1	-0.190	0.021	-0.022	0.042	32	12—84.1	-0.146	0.013	0.042	0.022	39
						84 1—2	-0.173	0.014	0.002	0.025	52

三、传递函数的变化与地震的关系

为了讨论河西堡地磁台传递函数随时间变化与地震活动的关系,我们将表1、表2中的传递函数A、B值,分别标示于图2和图3中。表3给出了图中标示的地震的有关参数。这些地震资料选自兰州地震研究所汇编的陕、甘、宁、青四省区地震目录。对于震中距大于250公里的4级地震,本文没有分析。

由图2和图3可见,河西堡地磁台传递函数A、B值的变化与周围地震活动有着较明显的关系。在该地区附近所发生的三次地震之前,传递函数的A、B因子均有较明显的变化。在图2中显示出,三个地震之前A因子的绝对值约减少了0.05,在1980年7月29日阿左旗4.2级地震和1982年6月8日武威4.0级地震之前,B因子的变化幅度约为0.1,1984年1月6日九

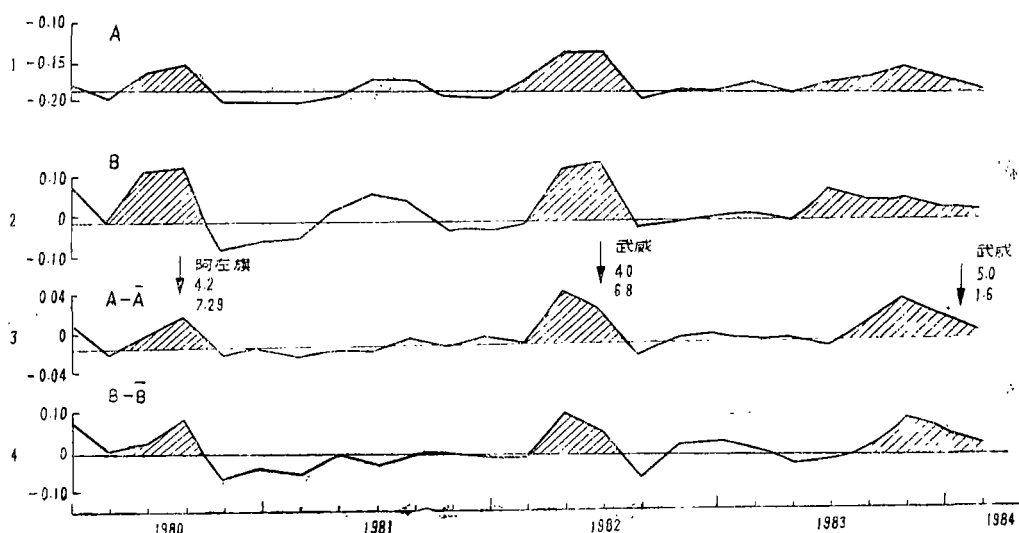


图2 河西堡地磁台传递函数随时间的变化(4个月一组)

Fig. 2 Time change of transfunction of Hexibao Geomagnetic Observatory (four monthes for each group).

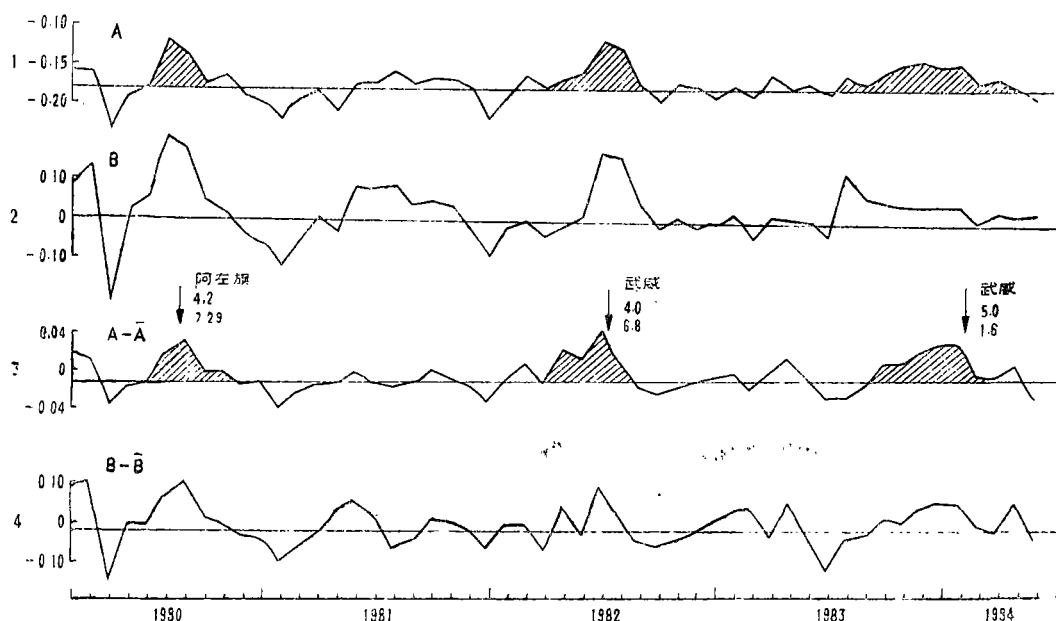


图3 河西堡地磁台传递函数随时间的变化(2个月一组)

Fin. 3 Time change of transfunction of Hexibao Geomagnetic Observatory (2 monthes for each group).

条岭地震之前变化约为0.05。图3中A、B因子随时间的变化曲线也有类似的现象。由于该曲线是由2个月的短周期地磁变化事件编为一组的计算结果,因此在每组内事件数目相应地少一些,因此曲线的波动就略显得大些。但地震之前的A、B因子的异常变化的幅度基本是

一致的。A、B因子在地震之前的异常都超过了它们的各自相应时期内的高差的2倍，所以本文认为，在地震之前A、B因子的异常量是可靠的。

四、传递函数的季节变化及扣除季节变化后 传递函数的变化与地震的关系

图4a是从80年~83年四年中每一年相同的4个序点的传递函数A、B因子的算术平均值 $\bar{A}$ 、 $\bar{B}$ ，然后作出它们依时间的变化，它是由四个月为一组的传递函数所求得的季节变化。图4b是由表2中的2个月编组的传递函数所求得的季节变化，其中A的季节变化幅度约为0.05、B的变化幅度平均为0.12左右，且季节变化规律与图4a相同。

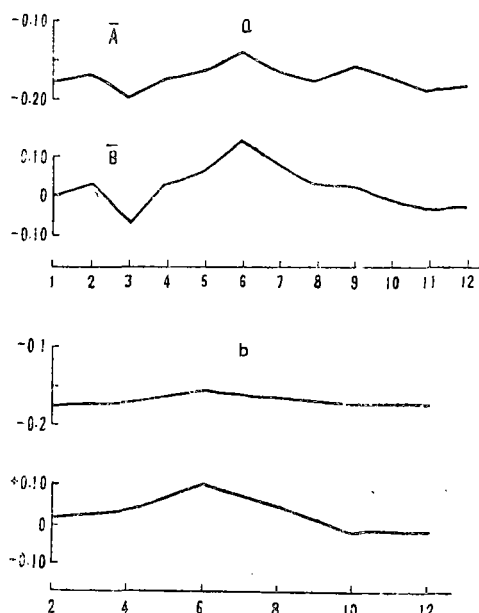


图4 传递函数的季节变化(a.四个月编组b.二个月编组)

Fig. 4 Seasonal change of transfunction.

a. 4 monthes for each group

b. 2 monthes for each group

文献[2]认为，传递函数A、B的变化似乎包含了部分季节变化，这意味着传递函数的一部分可能归因于外部磁扰变化的影响。图4中A的季节变化的最大幅度为0.04，B的季节变化的最大幅度为0.1。为了消除这种季节变化，我们将所求得的传递函数A和B的每一个值(表1、表2)分别减去他们相应时期的季节变化值，得到 $A-\bar{A}$ 和 $B-\bar{B}$ 的残差值，同时绘于图2和图3中，图3中各次地震前的异常幅度(4个月编组的异常量)

日期	震中位置		震中距 (公里)	震级 (Ms)	地磁变化 异常幅度	
	纬度	经度			$A-\bar{A}$	$B-\bar{B}$
80-7-29	38°50'	104°41'	225	4.2	0.04	0.1
82-6-8	37°40'	102°34'	87.5	4.0	0.05	0.1
84-1-6	37°55'	102°11'	50	5.0	0.05	0.09

图2中的传递函数A、B因子在地震前的变化幅度也大致相同。总之,即使在扣除季节影响之后,表3中所给出的传递函数的异常幅度也达到平均量的25%—30%,远远大于两倍的离差值。似乎应该认为,这些变化与附近的地震有着密切的关系。然而应该注意的是,A是负值,所以这样A的增加就意味着绝对值的减少,所以河西堡台传递函数A值在地震前表现为前兆性减小变化。

为了进一步说明河西堡台震前传递函数A值的减小现象可能是地震前兆性异常,本文作出兰州地磁台传递函数随时间变化图,以便与河西堡台传递函数变化对比。图5 a. b分别为

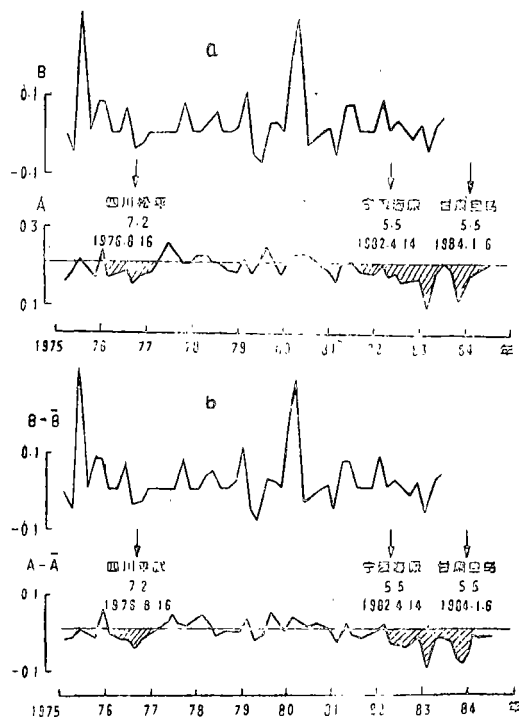


图5

a. 兰州地磁台传递函数A、B

b. 兰州地磁台消除季节影响后的传递函数A—A、B—B

Fig. 5 a Transfunction A、B of Lanzhou Geomagnetic Observatory.

Fig. 5 b Transfunction A—A、B—B of Lanzhou Geomagnetic Observatory after deducting seasonal effect.

1975年至1984年兰州地磁台传递函数A、B变化曲线和消除季节影响后的传递函数A—A、B—B曲线。对兰州台的资料处理的方法与河西堡台相同,选取了地磁短周期变化扰动从3分钟到120分钟的所有变化事件,其全部计算是用DJS—6算法语言计算完成的。1975年至1984年,兰州周围300公里范围内共发生5级以上地震三次:1976年8月四川松潘两次7.2级地震(包括它的几次较大余震)、1982年4月14日海原5.5级地震和1984年1月6日的九条岭5.0级地震。从图5可以看出,在这三次地震之前,传递函数A及消除季节影响后的A—A都有较明显的下降异常。扣除季节影响后的A—A值的减小变化量达到0.04,即为平均值的

25%，超过了误差的两倍。1980年7月9日阿左旗4.2级地震距兰州较远（超过300公里），震级又偏小，因此，兰州台传递函数没有异常反应。同样，1982年4月14日海源5.7级地震距河西堡台较远，因此，河西堡台没有反应。从对河西堡和兰州台传递函数的分析中发现，A值在震前都表现为减少变化，这与文献〔2〕所得结果一致。对兰州台与河西堡台地磁传递函数变化的对比分析在一定程度上提高了上述分析结果的可信度，使我们认识到，利用传递函数震前异常变化监视周围地震活动是一项很有意义的探索性研究。

五、讨 论

河西堡地磁台位于河西构造性磁异常区〔5〕。由图1可知，它位于高导带的东南，而本文所分析的全部三个4.0级以上地震与观测台都位于高导带的一侧。在孕震过程中，孕震区及周围的地下介质的温度升高，这样就可能导致这一地区电阻率降低，尤其是1982年6月8日和1984年1月6日两个地震都距河西堡地磁台很近，很可能影响高导带的分界面发生变化，所以这就会导致A值的减少，同时B值也发生一定的变化。当然，这仅是一种尝试性的解释。

另外，选择地震是一个很重要的问题。本文中舍弃了距离为250公里以外的4.0级以下的地震，原因是因为这些地震能量较小，故其前兆性的地震磁异常也不易观测到。1984年元月6日九条岭5.0级地震前所观测到的地磁传递函数A、B的变化，使我们对地震前兆磁异常的探索产生了极大的信心。

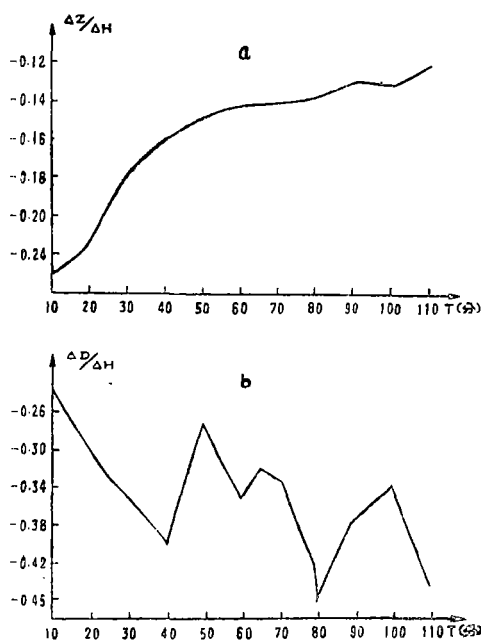


图 6

a. $\Delta Z/\Delta H$ 与周期 T (分) 的关系

b. $\Delta D/\Delta H$ 与周期 T (分) 的关系

Fig. 6 a Relation between $\Delta Z/\Delta H$ and the period T (minute).

Fig. 6 b Relation between $\Delta D/\Delta H$ and period T (minute).

由于分析中所使用的资料不是数字化记录的,因此,未能进行谱分析,但为了检验资料可靠性,我们对不同周期的短周期地磁变化事件的 $\Delta Z/\Delta H$ 值和 $\Delta D/\Delta H$ 进行了统计,统计时每隔10分钟分为一组,统计结果见图6。由图中可见, $\Delta Z/\Delta H$ 的大小随周期变化规律性较好,开始随周期的增加迅速增加,而到 $T \geq 50$ 分钟后,变化平缓,基本趋于稳定。这就说明随深度的增加而电导率增高,这与文献[1]中的结果一致, $\Delta D/\Delta H$ 的变化似乎难以找出什么规律。

本文的讨论是探索性的,本文中的论点有待于今后大量震例的不断充实和理论上的提高。

参 考 文 献

- [1] 祁贵仲,渤海地区地磁短周期变化异常、上地幔高导层的分布及其与唐山地震的关系,中国科学, №7, 1981.
- [2] 陈伯舫, A Search for correlation between time change in transfer functions and seismic activity in North Taiwan, J.G.G., Vol.33, 1981.
- [3] Yanagihara, Secular variation of the electrical conductivity anomaly in the central part of Japan, Mem Kalaioaka obs, Vol.15, 1972.
- [4] Yukizo SANO, Time change of Transfer function at kakioka Related to earthquake occurrences (Ⅱ), Mem, Rakioka obs, Vol, 19, №2, 1982.
- [5] 赵志新等,甘肃地区电导率异常的研究,西北地震学报, Vol. 4, №4, 1982.

The Discussion on the relation Between the Changes of Transfunctions with Time and the Seismoactivity near Hexibao

Zhao Zhixin, Zhang Yenniang, Wang Zhuan
(Seismological Institute of Lanzhou, State Seismological
Bureau, Lanzhou, China)

Abstract

In this paper, relation between the transfunction at Hexibao and the seismoactivity of magnitude M_s above 4.0 within 200 km during the period from 1980 to April 1984 were analysed. The results suggested that the transfunction A generally be about 1.8 and B be 0.02 more or less during the period without earthquake. But before the earthquakes A decreases by about 0.05 and B increases by 0.1 more or less.

Meanwhile it is pointed that there were seasonal changes in both A and B at Hexibao. A is less in summer than in winter, but B is more in summer than in winter. It is more obvious after deducting seasonal changes from A and B respectively than that without deducting such changes.