

# 福建和台湾地震台网测定地震震级差异研究<sup>\*</sup>

傅再扬, 李祖宁, 李仁, 吴绍祖

(福建省地震局, 福州 350003)

**摘要:** 介绍了闽、台地震台网及观测资料情况, 统计了 1971 年以来两台网均有测定的在台湾及其邻近海域地区发生的 6 级以上地震, 并计算了福建地震台网测定近震震级范围、闽台两地震台网测定震级的差量、平均偏差及标准偏差。结果表明, 福建地震台网测定台湾及其邻近海域地区强震震级普遍偏小, 存在 0.3~0.5 级的偏差。进而分析了闽、台地震台网测定台湾强震震级的差异关系, 对福建地震台网测定台湾及其邻近海域强震震级偏差改正及闽、台今后开展地震联合观测有重要参考价值。

**关键词:** 地震台网; 震级偏差; 联合观测; 福建; 台湾

**中图分类号:** P315.61 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0666(2008)01-0032-05

## 0 引言

闽、台地区地震频发, 尤其是台湾强震不断, 台湾强震对福建的影响较大。如 1999 年 9 月 21 日台湾南投 7.6 级强震和 2006 年 12 月 26 日台湾恒春海域 7.0 级强震(速报震级), 福建震感强烈, 加之闽、台地震台网测定同一次台湾强震, 震级有较大偏差, 媒体报道不统一, 造成了严重的社会影响。本文将重点讨论福建数字地震台网近震震级测定, 比较分析不同时期闽、台地震台网测定震级的差异关系, 得出福建数字地震台网测定近震震级范围、闽台两地震台网不同时期测定台湾及其邻近海域强震震级的偏差量, 为福建地震台网测定台湾及其邻近海域强震震级偏差改正, 以及闽、台两地今后开展地震联合观测提供了重要的参考资料。

## 1 闽、台两地地震观测背景与资料选取

海峡两岸在地震观测上形成两个系统, 台湾地区自 1897 年 12 月在台北测候所设立地震仪后, 开始进入地震模拟观测时代。1904 年台北、台中、基隆、台南、澎湖和台东 6 个测候所装设地震仪, 初步形成台湾地区地震模拟观测台网。1991 年台

湾“中央气象局”负责的地震观测网与 TTSN 合并, 形成“中央气象局”地震观测网(Central Weather Bureau Seismic Network, 简称为 CWBSN), 共有 75 个实时测震站, 此时台湾地区的地震观测系统已进入数字化观测时代, 并具有较高的水平。1970 年闽赣地区开始设立地震机构, 并建立区域地震测震台网, 常规测震台站有 18 个, 泉州基准台是全国基准台之一, 南平测震台是全国第 II 类测震台, 其余台站为区域台站, 区域台站全部安装短周期地震仪。1985 年闽赣地区开始建设无线遥测地震台网, 并分设福州台网中心和厦门台网中心。1998 年福建建设了区域数字地震观测台网, 采用了人机交互分析和计算机自动定位及震级测定。1998 年以前福建地震台网采用模拟记录, 记录地震容易限幅, 采用人工分析与交切定位的方法确定震中, 定位精度较低。1998 年以后采用数字记录和人机交互的计算机定位, 定位精度有了显著的提高。数字记录初期使用国产 JCV-100 型短周期地震计、FBS-3 宽频带反馈式地震计和 EDAS 型 16 位字长地震数据采集器的数字地震仪。2002 年后地震数据采集器均改进为 EDAS-3 型 24 位字长地震数据采集器。

台湾地区自 1900 年开始地震记录, 地震记录多分布在台湾本岛及东部邻近海域, 缺少福建和海峡地区地震资料。福建自 1971 年开始地震观测, 对台湾地区及邻近海域中强以上的地震都有记录

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2007-07-23

和测定震级。因此, 为研究分析闽、台地震台网测定震级的差异关系, 我们选取闽、台地震台网都有测定的在台湾地区及邻近海域发生的 6 级以上强震进行分析研究。

## 2 闽、台地震台网测定地震震级范围

震级作为一个观测项目, 是美国地震学家首先提出的 (Richter 1935)。最初的震级标度只适用于近震和地方震  $M_L$ , 后来把震级的应用推广到远震和深源地震 (Gutenberg 1945), 奠定了震级体系的基础。福建地区和台湾地区地震观测系统用来评定地震大小的规模不尽相同。福建地区采用里氏地震震级  $M_L$  及近距离面波地震震级  $M_b$  表示地震大小; 台湾地区则使用有感半径地震规模、徐氏规模、总振动时间规模与芮氏地震规模, 以 CWBSN 所采用的芮氏地震规模 (Ship 1993) 为基准 (叶永田等, 1995), 整合了台湾地区的地震规模系统。数字地震仪记录地震震级范围是由数字地震仪的动态范围决定的, 而数字地震仪的动态范围主要取决于数据采集器的采样字长, 即数据采集器的位数。从理论上讲, 只要数据采集器的位数足够长, 记录地震震级范围将不受限制。台湾地震台网由于装备有数字化、大动态地震仪, 故没有记录限幅问题, 近震统一给出近震震级  $M_L$ , 远震则使用 WWSSN 统一给出的面波震级  $M_b$ 。福建地震台网测定地震震级主要由数据采集器位数决定, 同时由于拾震器 (地震计) 本身的幅频和相频特性的影响, 也将会影响到记录地震的震级。

数据采集器的最大动态放大倍数分贝数的计算公式:

$$d = 20 \lg N \approx 6 \lg N. \quad (1)$$

式中,  $d$  为动态放大倍数分贝数;  $N$  为记录 Counts 数。24 位地震数据采集器采用 24 位定点格式, 记录数据最大 Counts 数值为  $N=223$ 。由式 (1) 计算数据采集器最大动态放大倍数的分贝数为 138 dB; 而采用 16 位数据采集器记录数据最大 Counts 数值为  $N=2^{15}$ , 计算其最大动态放大倍数的分贝数只有 90 dB (傅再扬等, 2004)。考虑到传感器、前置放大器等的噪声系统, 系统的动态范围达不到上述理论值。1999 年 9 月 21 日台湾南投 7.6 级地震等一些震例表明, 采用 16 位地震数据采集器时, 容易造成记录地震波形限幅, 引起量算震级

明显偏小, 但采用 24 位地震数据采集器之后, 基本没有出现因地震数据采集器记录地震 Counts 数溢出, 造成记录地震波形限幅而影响震级测定。

根据近震震级计算公式:

$$M_L = \lg A + R(\Delta) + C. \quad (2)$$

计算震级。式中:  $A$  为两水平分量平均位移;  $R(\Delta)$  为起算函数;  $C$  为台基校正, 取  $C=0$ 。

假设某一台站记录震中距为 100 km 同一地点的两次不同震级地震  $M_{L1.0}$  和  $M_{L9.0}$  则有:

$$\begin{aligned} \Delta M_L &= 9.0 - 1.0 = 8.0; \\ A_{9.0} / A_{1.0} &= 10^8. \end{aligned} \quad (3)$$

将式 (2) 结果代入式 (1) 中计算, 得分贝数  $d=160$  dB。计算表明, 某一台站能记录震中距为 100 km 的同一地点两次地震  $M_{L1.0}$  和  $M_{L9.0}$  要求数字地震仪的动态范围达到 180 dB, 而实际采用 16 位数据采集只有 90 dB 动态范围的数字地震仪记录时, 记录不限幅的震级范围为: 1.0 ~ 4.5 级; 采用 24 位数采有 138 dB 的动态范围数字地震仪记录时, 记录不限幅的震级范围为: 1.0 ~ 6.9 级。从而推算 16 位数采的数字地震仪记录地震不限幅的震级上限与下限之差为 3.5 级; 24 位数据采集的数字地震仪记录地震不限幅的震级上限与下限之差为 5.9 级。因此, 福建数字地震台网测定台湾地区地震记录不限幅的震级为

$$M_L = 5.9 + R(\Delta). \quad (4)$$

式中,  $R(\Delta)$  为起算函数 (量规函数)。

## 3 闽、台地震台网测定台湾地区强震统计

我们统计了 1971 年以后闽、台地震台网均有记录, 并以台湾地震台网测定经度在  $119.5^\circ \sim 122.5^\circ$ , 纬度在  $21.8^\circ \sim 25.5^\circ$  范围内, 震级  $M \geq 6$  为标准的强震共 45 个, 列于表 1。

## 4 闽、台地震台网测定地震震级偏差计算

闽、台地震台网测定地震震级偏差计算公式为

$$\Delta M = M_b - M_{\text{闽}}. \quad (5)$$

式中,  $\Delta M$  为震级偏差;  $M_b$  为台湾地震台网测定的地震震级;  $M_{\text{闽}}$  为福建地震台网测定的地震震级。

表 1 闽、台地震台网测定台湾及其邻近海域 6级以上强震统计比较

序号	时 间 /年—月—日	经度 / (°)		纬度 / (°)		震 级		偏 差
		台湾台网	福建台网	台湾台网	福建台网	台湾台网	福建台网	
1	1971-08-19	121. 3	121. 5	23. 0	24. 4	6. 1	5. 8	0. 3
2	1972-01-04	122. 1	121. 7	22. 7	22. 5	6. 5	7. 3	-0. 8
3	1972-01-25	122. 3	121. 8	22. 5	23. 0	7. 3	7. 7	-0. 4
4	1972-04-24	121. 4	121. 8	23. 5	23. 1	6. 9	7. 3	-0. 4
5	1972-09-23	121. 4	121. 4	22. 3	22. 5	6. 4	6. 0	0. 4
6	1978-07-23	121. 3	121. 0	22. 3	22. 6	7. 4	6. 8	0. 6
7	1978-12-23	122. 1	122. 1	23. 3	23. 5	6. 8	6. 9	-0. 1
8	1980-06-18	121. 2	120. 5	22. 4	23. 2	6. 0	5. 5	0. 5
9	1982-01-23	121. 6	122. 2	24. 0	23. 0	6. 5	6. 1	0. 4
10	1983-05-10	121. 5	121. 7	24. 4	24. 6	6. 0	5. 5	0. 5
11	1985-06-12	122. 2	122. 0	24. 6	24. 8	6. 1	5. 4	0. 7
12	1986-01-16	122. 0	121. 7	24. 8	25. 0	6. 1	5. 9	0. 2
13	1986-05-20	121. 6	121. 2	24. 1	24. 3	6. 2	5. 8	0. 4
14	1986-11-15	121. 8	121. 7	24. 0	24. 1	6. 8	6. 7	0. 1
15	1987-06-07	121. 0	121. 0	22. 1	21. 0	6. 1	5. 7	0. 4
16	1988-10-16	121. 8	121. 4	22. 0	22. 1	6. 0	5. 5	0. 5
17	1989-08-03	122. 0	121. 7	23. 1	23. 3	6. 4	6. 0	0. 4
18	1990-12-13	121. 5	121. 6	23. 9	23. 9	6. 5	6. 1	0. 4
19	1990-12-14	121. 8	121. 5	23. 9	23. 8	6. 7	6. 5	0. 2
20	1994-06-05	121. 8	121. 8	24. 4	24. 5	6. 2	6. 3	-0. 1
21	1995-06-25	121. 7	121. 5	24. 6	24. 6	6. 5	6. 2	0. 3
22	1998-07-17	120. 7	120. 8	23. 5	23. 4	6. 2	6. 1	0. 1
23	1999-09-21	120. 8	120. 8	23. 9	23. 9	7. 3	6. 9	0. 4
24	1999-10-22	120. 4	120. 5	23. 5	23. 5	6. 4	6. 0	0. 4
25	2000-06-11	121. 1	121. 1	23. 9	23. 6	6. 7	6. 2	0. 5
26	2000-07-29	120. 9	121. 0	23. 4	23. 2	6. 1	5. 6	0. 5
27	2000-09-10	121. 6	121. 4	24. 0	24. 0	6. 2	5. 8	0. 4
28	2001-06-13	122. 4	122. 0	24. 4	24. 3	6. 3	5. 7	0. 6
29	2001-06-14	121. 9	121. 5	24. 4	24. 3	6. 2	6. 1	0. 1
30	2001-11-24	122. 2	122. 1	25. 3	25. 2	6. 2	4. 6	1. 6
31	2002-02-12	121. 7	121. 3	23. 8	23. 6	6. 2	5. 7	0. 5
32	2002-03-31	122. 1	122. 1	24. 2	24. 1	6. 8	6. 8	0
33	2002-05-15	121. 9	121. 5	24. 6	24. 4	6. 2	6. 8	-0. 6
34	2002-08-29	121. 4	121. 2	22. 2	22. 2	6. 0	5. 5	0. 5
35	2002-09-16	122. 4	122. 1	25. 1	25. 0	6. 8	5. 4	1. 4
36	2003-06-09	122. 0	121. 5	24. 4	24. 3	6. 3	5. 9	0. 4
37	2003-06-10	121. 7	121. 3	23. 5	23. 4	6. 5	6. 2	0. 3
38	2003-12-10	121. 3	121. 2	23. 1	23. 1	6. 6	6. 4	0. 2
39	2004-02-04	122. 1	121. 6	23. 4	23. 4	6. 0	5. 6	0. 4
40	2004-11-08	122. 5	122. 4	23. 9	23. 6	6. 7	6. 4	0. 3
41	2005-06-02	122. 1	121. 5	24. 6	24. 5	6. 0	5. 7	0. 3
42	2005-09-06	122. 3	122. 1	24. 0	24. 0	6. 0	5. 7	0. 3
43	2006-04-01	121. 1	121. 8	22. 9	22. 5	6. 2	6. 1	0. 1
44	2006-12-26	120. 6	120. 5	21. 9	21. 9	6. 7	6. 3	0. 4
45	2006-12-26	120. 4	120. 5	22. 4	22. 0	6. 4	6. 6	-0. 2

绝对平均  
偏差: 0.46

绝对平均  
偏差: 0.28

绝对平均  
偏差: 0.58

绝对平均  
偏差: 0.29

利用式（5）计算闽、台地震台网测定台湾强震震级偏差列入表 1。可以看出，闽、台地震台网测定台湾地震震级有一定的差量，总体表现为福建台网测定的震级偏小约 0.5 级。个别地震，两地震台网测定的震级相差 1 级以上，认为造成的主要原因是福建台网使用横波水平分量最大记录双振幅进行震级测定，难以人工识别和精确量算同一时刻两水平分量最大位移振幅，同时给出的震级为台网平均震级，未加台基修正值等。为了客观地反应闽、台地震台网测定台湾强震震级的定量关系，震级相差 1 级以上的地震将不参加计算。

地震震级平均偏差计算公式如下：

$$\overline{\Delta M} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \Delta M_i$$

(6)

标准偏差校验的计算公式为

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \overline{\Delta M})^2}{N(N-1)}}$$

(7)

利用式（6）、（7）计算得出闽、台地震台网测定台湾及邻近海域 6 级以上强震震级的平均偏差为： $\overline{\Delta M}=0.24$  标准偏差校验值为： $\delta=0.325$ 。

5 闽、台地震台网测定震级差异分析

统计 1971 年以来，闽、台地震台网都有测定的在台湾及其邻近海域发生的  $M \geq 6$  强震，共 45 次，以台湾地震台网测定震级规模为横坐标轴，得出闽、台地震台网测定震级的对应关系（图 1），其中震级差量相等的事件 1 次，占 2%；台湾震级高的 36 次，占 80%；福建震级高的 7 次，只占 16%。福建与台湾平均震级差为 -0.24 而标准偏差则为 0.325。利用中国地震目录面波震级与台湾地震目录研究认为，在  $M \geq 6$  地震范围内，平均看来，台湾地震目录震级稍高，其均值在 -0.13 统计的标准偏差为 0.32（杨智娴等，1999）。中国地震目录与台湾地震目录震级差在 1971 年前后有明显变化，1971 年前台湾震级高的事件居多，1972 年后，中国大陆震级高的事件多。利用 1994 ~ 1995 年闽、台地震台网都有测定的  $3.0 < M_L < 6.0$  地震共 346 个地震统计分析认为（陈祥熊等，1997），台湾地震台网测定的震级普遍大于福建台

网测定震级 0.5 级，平均震级差为  $0.5 \pm 0.3$  级，深度差异会更大。因此，认为福建地震台网测定台湾及邻近海域发生  $3.0 < M \leq 7.5$  地震时震级偏小，应选用平均偏差及标准偏差进行修正，修正后的震级将更加客观的反映地震的大小，修正经验公式：

$$M_{\text{闽}} = M_{\text{台}} - \overline{\Delta M} \pm \delta$$

即：

$$M_{\text{闽}} = M_{\text{台}} - 0.24 \pm 0.325$$

(8)

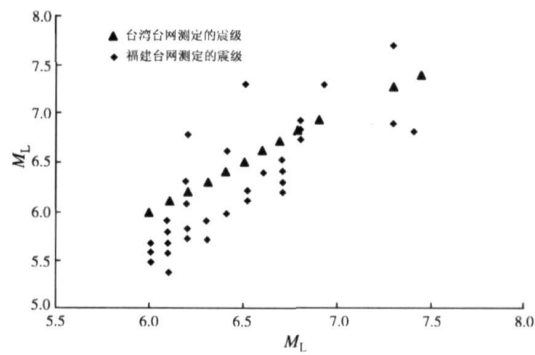


图 1 闽、台两地震台网测定的震级对应关系

根据线性回归分析公式： $y = ax + b$  拟合可得闽、台地震台网测定强震关系为

$$M_{\text{闽}} = 1.22M_{\text{台}} - 1.6$$

(9)

分析研究认为，福建地震监测可分为两个时代四个阶段，分段计算各个阶段闽、台地震台网测定震级的绝对平均偏差列入表 1 中。分别是模拟观测时代 1971 ~ 1985 年统计地震样本为序号 1 ~ 11 号共 11 个地震震例（计算其绝对平均偏差为 0.46）；1986 ~ 1998 年统计地震样本为序号 12 ~ 22 号，共 11 个地震震例（计算其绝对平均偏差为 0.28）；数字观测时代 1999 ~ 2002 年统计地震样本为序号 23 ~ 35 号共 13 个地震震例（计算其绝对平均偏差为 0.58）和 2003 年至今的统计地震样本为序号 36 ~ 45 号共 10 个地震震例（计算其绝对平均偏差为 0.29）。可以看出，福建地震台网模拟观测和数字观测时代的初期对台湾地区强震观测，记录容易限幅，测定震级误差较大，绝对平均震级偏差高达 0.5 级以上，而后期误差相对较小，绝对平均震级偏差不到 0.3 级。这正好反映了福建地震观测系统的更新换代和观测技术的进步。

## 6 结语

由于海峡两岸地震观测台网各自独立,在台网布局、仪器性能与类型、地震基本参数测定所用的方法和公式,都存在差异。因此对同一个地震,两岸台网分别给出的地震参数本身也存在不同程度的差异。但是由于地震观测的原理是相同的,地震的发生是客观而唯一的。同时,由于地震学上测定近震震级  $M_L$  的原始定义是相同的,因此有必要对闽、台地震台网测定的同一地震震级进行比较研究。研究表明,福建地震台网对台湾地区地震测定存在 0.3~0.5 级的偏差,主要是由于福建地震台网测定台湾地区发生的地震属网外地震,整体偏西、定位精度相对较低造成的。闽、台地震台网布局在地理上存在一定的局限性,在精确测定震源参数和研究地震过程都存在一定困难,尤其是台湾海峡地震。研究闽、台地震台网测定近震震级  $M_L$  的量规函数(林仙坎, 2006),闽、台地震台网使用统一的量规函数(起算函数)开展闽、台地震联合观测,既可弥补闽、台地震台网布局不合理的缺陷,又可统一测定发生在海峡两岸地区的地震,解决闽、台两岸独立地震观

测系统测定地震震级大小存在明显差异问题。

## 参考文献:

- 叶永田, 郑世楠, 辛在勤, 等. 1995. 台湾地区数个地震目录的地震定位与规模之评估(III) [J]. 中央气象局技术报告汇编, 11 (3): 243—264
- 傅再扬, 吴绍祖, 杨贵, 等. 2004. 区域数字地震台网面波震级  $M_S$  测定与系统误差分析 [J]. 地震地磁观测与研究, 25 (6): 72—77.
- 杨智娴. 1999. 海峡两岸地震目录中台湾地震震级之异同 [J]. 地震学报, 21 (6): 608—615.
- 陈祥熊, 吴长江, 黄向荣, 等. 1997. 闽、台两岸区域地震监测台网及地震监测能力比较 [J]. 地震地磁观测与研究, 18 (3): 13—20.
- 林仙坎. 2006. 闽、台地区近震震级  $M_L$  量规函数研究 [J]. 中国地震, 22 (3): 287—293.
- Richter C F. 1935. An instrumental earthquake magnitude Scale [J]. BSSA, 25: 1—32.
- Gutenberg B. 1945. Amplitudes of Surface waves and magnitudes of shallow earthquakes [J]. BSSA, 35: 3—12.
- Gutenberg B. 1945. Amplitudes of P, PP and S and magnitudes of shallow earthquakes [J]. BSSA, 35: 57—69.
- Gutenberg B. 1945. Magnitude determination for deep-focus earthquakes [J]. BSSA, 35: 117—130.
- Shin T C. 1993. The calculation of local magnitude from the simulated Wood-Anderson seismograms of the short-period seismograms in the Taiwan area [J]. TAQ, 4: 155—170.

## Difference Research on Magnitude Determined by Fujian Seismic Networks and Taiwan's

FU Zaiyang, LI Zuning, DING Xueren, WU Shaoyu  
(Earthquake Administration of Fujian Province, Fuzhou 350003, China)

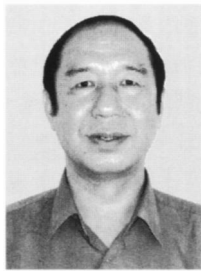
## Abstract

The situation of Fujian and Taiwan seismic networks and their data has been briefly introduced. We collected Taiwan and adjacent sea earthquakes ( $M \geq 6.0$ ) recorded by Fujian and Taiwan seismic networks from 1971, and analyzed the range of magnitude determined by Fujian seismic network and magnitude deviation, mean deviation and standard deviation between determined by Fujian network and by Taiwan's. The result shows  $M_{0.3-0.5}$  less deviation of Taiwan and adjacent sea macroseismic magnitude determined by Fujian seismic network. And then we analyzed the difference relation between macroseismic magnitudes determined by Fujian seismic network and by Taiwan network. It is an important reference for Taiwan and adjacent sea macroseismic magnitude correction determined by Fujian network and joint observation of Fujian and Taiwan networks.

Key words: Seismological network; magnitude deviation; joint observation; Fujian; Taiwan



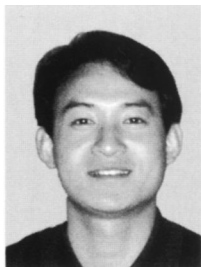
**杨国华** 中国地震局第一监测中心研究员。1982年毕业于武汉测绘学院大地测量系。现主要从事地震预测、地壳动力学及GPS应用技术研究。



**张宏志** 中国地震局地球物理所副研究员。1978年毕业于北京大学地球物理系。主要从事数字地震观测资料处理、参数测定及相关研究工作。



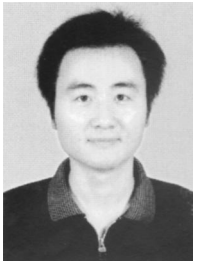
**杨清湖** 台湾省屏东县消防局防灾企划课课长。1989年毕业于警官学校消防系,2006年9月起在屏东科技大学土木工程系攻读硕士学位。主要从事消防与灾害防救企划工作。



**王志勇** 山东科技大学讲师。2001年毕业于山东科技大学测量工程专业,获学士学位;2007年毕业于山东科技大学摄影测量与遥感专业,获博士学位。主要从事微波遥感、InSAR及D-InSAR数据处理、摄影测量与遥感等方面的研究工作。



**傅再扬** 福建省地震局信息网络与应急指挥中心工程师。1996年毕业于防灾技术高等专科学校地球物理专业,2003年取得福州大学计算机科学与技术专业本科学历。主要从事地震应急指挥中心技术系统管理与维护工作。



**蔡辉腾** 福建省地震局,工程师。2006年毕业于重庆大学土木工程学院防灾减灾工程与防护工程专业,获硕士学位。主要从事地震工程和结构抗震等方面的研究工作。



**刘仕锦** 四川省地震局康定地震中心站工程师。1991年毕业于北京地震技术专科学校(现为防灾技术学院)。主要从事地震分析预报研究和科技档案管理工作。



**徐云马** 中国地震局第二监测中心工程师。1998年毕业于长安大学测量工程系。现主要从事重力和地形变研究工作。