

# 冲绳海槽至马里亚纳海沟重力异常和地壳结构的初步研究

王述功 高仰  
(国家海洋局第一海洋研究所)

**关键词** 重力异常, 冲绳海槽, 马里亚纳海沟, 地壳结构

**提要** 根据我们实测的水深、重力连续剖面资料, 计算了自东海至北斐济盆地的地壳厚度。本文旨在对冲绳海槽至马里亚纳海沟的重力异常和地壳结构进行初步的研究。该地段位于太平洋板块俯冲带以西, 构造活动十分复杂、剧烈, 并含有多种类型的地壳结构。

## 一、琉球海沟-岛弧-弧后盆地系统

### 1. 冲绳海槽扩张带

位于东海陆架边缘隆褶带和琉球岛弧之间的冲绳海槽, 为一向太平洋凸出, 北北东向延伸的狭长弧状深水盆地。

从实测剖面资料的计算结果看, 海槽深部重力异常较东海大陆架有较大幅度的提高, 最高处恰与海槽的中轴线对应为 170mGal, 东西两侧较低, 约 100mGal。海槽的中部地壳厚度约 20km, 东西两侧逐渐加厚到 24km, 莫氏面呈一巨大的拱形, 与深部重力异常吻合得很好, 地壳结构的倒形特征在该海槽表现得尤为突出。由此不难看出, 该海槽为大陆型地壳逐渐向大洋型地壳转变的过渡地壳。

种种证据说明, 冲绳海槽是一个目前仍在活动着的边缘海盆。近年来大量地震的震中, 多集中在海槽中; 海槽中的热流值比正常值高得多。海槽中的自由空间异常高达 50mGal, 说明该地区处于不平衡状态。在海槽西南部获得的有关地震资料证实, 有一条呈标准形状的发育良好的地堑沿海槽底部的轴延伸, 这就为地幔物质的上涌提供了一个良好的通道。显然,

该海槽是弧后扩张的产物, 它的形成或许经历了地幔上升—地壳隆起—剥蚀的过程。

### 2. 琉球岛弧隆褶带和大陆坡

琉球岛弧由内、外两弧组成。内弧主要由第四纪的火山岩组成, 即所谓吐噶喇火山链; 外弧主要由花岗岩或被辉绿岩侵入的不同时代的沉积岩所组成<sup>[1]</sup>。

地壳厚度最大近 31km, 与深部重力异常的最低点 30mGal 对应得很好, 与冲绳海槽的重力异常最高点相比重力异常下降了约 140mGal, 而地壳厚度却增加了近 10km。在外弧的顶部和西坡, 沉积物较薄, 自由空间异常最大达 95mGal。据地震资料(木村, 1983), 在大陆坡上有一个陆坡盆地或阶地, 沉积厚度可达 6km 左右, 地震波速为 3.3km/s。从计算剖面上可以看出, 与该地形相吻合的是一个 -30mGal 的自由空间异常低值, 这种特殊的重力地形关系或许表明了弧前盆地的大体位置。

从大陆坡到琉球海沟, 地震波速为 6.0km/s 的层 2 的厚度较琉球海脊显著变薄, 地壳结构发生了强烈变化。计算结果表明, 地壳厚度以每 10km 下降 2km 的梯度向海沟方向急剧变薄, 是一种向大洋型地壳转变的典型的过渡型

地壳，这里可能是太平洋西部边缘地区地壳结构变化最剧烈的地区。

### 3. 琉球海沟俯冲带

与琉球海脊毗邻的细长的琉球海沟，其轴部大部分地段的水深超过 6500m，海沟中部水深竟达 7800m。海沟底部宽约 10km。地壳厚度较以上各带都薄，上地幔自大陆坡迅速抬升，及至海沟底部，地壳厚度一般为 6km。与之相对应的是在陆侧的沟波上有一个重力的梯度带，从沟波到海沟轴，深部重力异常从 270mGal 猛增到 380mGal，平均每 10km 增加 20mGal。海沟下面的地壳显然为大洋型地壳。

琉球海沟是菲律宾海板块的沉落边界。在测线所经过的位置，有一个 -100mGal 的自由空间异常与海沟轴部对应，这说明海沟下面物质的极大“亏损”。造成“亏损”的原因，主要是菲律宾海板块的俯冲，物质在俯冲带下迁移搬运，造成了所谓的构造剥蚀，引起了海沟附近物质的吸附。与之形成鲜明对照的是，在海沟的向洋一侧，外重力高，深部重力异常高达近 410mGal，自由空间异常为 30mGal 左右，而且向大洋方向延伸 300km。这种重力的组合关系代表了海沟向洋一侧物质的过剩。藤本等 (1977) 认为，这主要是由下沉岩石圈和软流圈之间的密度差引起的，或者说是由岩石圈在海

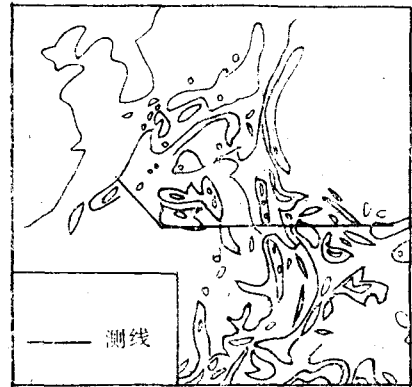


图 1 测线位置<sup>[2]</sup>

Fig. 1 Position of measured line

沟附近突然增厚引起的。这说明俯冲作用的驱动力来自海沟附近密度差所造成的反向浮力。

总之，菲律宾海板块向亚洲大陆板块俯冲，导致琉球海沟下沉、琉球褶皱隆起和冲绳海槽上地幔隆起。以上三个带在生成和发育过程中，有着密切的联系，是相互依存、相互制约的统一体，即所谓的海沟-岛弧-弧后盆地系统(图 2)，是全球最特殊的构造系统之一，与大陆架有着本质的区别。

## 二、菲律宾海

菲律宾海由九州—帛琉海脊将其分成东西

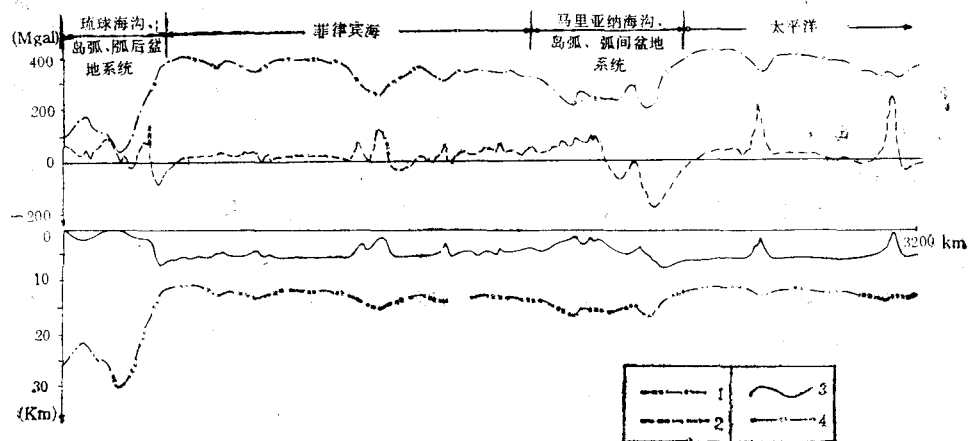


图 2 冲绳海槽至马里亚纳海沟的重力异常和地壳结构

Fig. 2 Gravity anomaly and crustal structures from Okinawa Trough to Mariana Trench

1. 深部重力异常; 2. 自由空间异常; 3. 海底地形; 4. 地壳深度

两个部分——帕里西维拉海盆和西菲律宾海盆(图2)。

### 1. 西菲律宾海盆

西菲律宾海盆的地形走向为近东西向。从实测剖面看,除冲大东和大东海岭水深较浅外,整个海盆水深一般在5000m左右,地形不平坦。深部重力异常近400mGal,自由空间异常在20—30mGal之间变化,是标准的大洋型重力组合关系,表明该海盆地壳处于平衡状态。实际计算的地壳厚度为6—7km。Seeking(1977)认为,该盆地下面的低速地幔之上的岩石圈仅有30km厚。据地震资料(木村等,1968),上覆有0.5—0.7km厚的沉积物,波速为5.1km/s的层2一般为2km厚,波速为6.6km/s的层3约5km厚,属标准的大洋型地壳。但测线所经过的冲大东、大东海岭,地壳厚度在16km以上,6.0km/s的层2增厚到近5km,深部重力异常降为250mGal,显示出是一种过渡型地壳。

### 2. 帕里西维拉海盆

帕里西维拉海盆的走向为近南北向。水深为4000—5000m,比西菲律宾海盆约浅1000m,海底地形崎岖不平。自由空间异常为20—40mGal,深部重力异常为350mGal,地壳厚度为7—8km,比西菲律宾海盆约厚1km。据地震资料(村内1968),三层的波速分别为3.1km/s, 4.8—5.1km/s, 和6.8—7.0km/s,对应的地壳厚度为0.9—2.0km, 1.6km和5.0km,为一正常的大洋地壳。

### 3. 九州-帛琉海脊

位于上述两海盆之间的九州-帛琉海脊是在太平洋板块的运动方向由北北西变为北西时间问世的。

从实测资料看出,自由空间异常最大为60mGal,深部重力异常最低为300mGal,皆与海脊对应。计算的地壳厚度为10km左右,比其左右海盆约厚4km。三层的地震波速分别为3.5km/s, 5.6km/s和6.6km/s,对应的地壳厚度为2.0km, 3.2km和4.6km,基本属大洋型地壳;但从波速为5.6km/s的层2的厚度增加

和所在位置看,或许稍具陆壳性质。

## 三、马里亚纳海沟-岛弧-弧间盆地系统

马里亚纳岛弧由东、西两个海脊组成,分别称作马里亚纳海脊和西马里亚纳海脊。Karig(1976)把两个海脊之间的马里亚纳海槽称之为弧间盆地。与马里亚纳海脊毗邻的,便是世界上最深的海沟——马里亚纳海沟,科学家们广泛地认为太平洋板块在这里俯冲<sup>[2]</sup>。

### 1. 马里亚纳岛弧

两个海脊的区别在于西马里亚纳海脊已经停止活动,而马里亚纳海脊目前仍在活动,但它们同属火山活动的产物,岛弧基本上由中新世的海底火山岩组成<sup>[1]</sup>。一个值得注意的问题是,在马里亚纳海脊的前面,没有琉球岛弧前面那样厚的沉积物;有的学者认为,这是因为在海脊的前面有一些900m以下的沉积物小盆地,它们之间的海槛限制了沉积物的搬运。

东、西两海脊的实测水深分别为2000—3000m和3000m以上。西马里亚纳海脊上有一些短波长、高幅度的自由空间异常,这可能是火山岩引起的。马里亚纳海脊上有0mGal以下的自由空间异常,或许是水深较深的缘故。实际计算的地壳厚度为15km,西面的海脊较东西的海脊稍厚。地震资料(村内,1968)表明,岛弧上波速为3.3km/s的层1厚2km, 5.5km/s的层2变厚,近5km, 6.6—7.0km/s的层3也变厚,约8km,这些与计算所得地壳厚度相符。整个岛弧具有一定的大陆型地壳的性质。

### 2. 马里亚纳海槽

该海槽平均水深为4000m,最大近5000m,地形平坦,它由前述两海脊张裂而成,是一正在发生构造活动的典型的弧间盆地。

海槽中的自由空间异常几乎全在0mGal以下,最低达-80mGal。我们可以得出一个重要结论:这种异乎寻常的低重力异常,无疑是由岩石圈以下低密度、高温度的地幔引起的。地壳厚度为10km,属大洋型地壳。

### 3. 马里亚纳海沟

在测线所经过的位置,海沟水深达 7500m。在海沟上有一 190mGal 的自由空间异常。它与琉球海沟明显不同的是,重力异常的最小值不是与水深最大的海沟轴对应,而是在海沟的陆侧斜坡上;这可能是因为太平洋板块在海沟处俯冲时,一些推迟俯冲的海山在海沟的内壁上形成了一条增生构造带。从大比例尺实测的水深剖面图上可以较明显地看到海沟内壁上锯齿状的残余海山的缩影;而在琉球海沟的内壁上却见不到这种现象。俯冲带的这样一种轮廓及其可能造成的反向浮力,便导致海沟接合部向陆一侧的最小负自由空间异常。

该海沟和琉球海沟一样,在海沟向洋一侧存在着一个外重力高值,它们的形成机制相同,所不同的是,该海沟的外重力高值受到了海沟

外海山周围的负自由空间异常的影响。外重力高被距海沟轴约 400km,高出海底 4000m 的一座海山周围的重力低所补偿,使自由空间异常从 50mGal 降到山角下的 8mGal。而另一座较远的海山(图 2)的周围有一 20mGal 的自由空间异常。这说明,海山若与海沟轴相距较远,外重力高与其周围的重力低就不会发生相互干扰。

据计算,该海沟的莫氏面在海沟轴部约 6km 厚,波速为 4.7km/s 的层 2 和波速为 6.9km/s 的层 3 比马里亚纳岛弧明显变薄,属大洋型地壳。

### 主要参考文献

- [1] 米纳德, H. W., 1964. 太平洋海洋地质, 郝颐寿等译, 1983. 海洋出版社, 20—80 页。
- [2] 国家海洋局, 1986. 中太平洋北部锰结核调查综合研究报告. 海洋出版社, 第 122 页。

## PRELIMINARY STUDY OF THE GRAVITY ANOMALY AND CRUSTAL STRUCTURES FROM OKINAWA TROUGH TO MARIANA TRENCH

Wang Shugong and Gao Yang

(First Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography)

**Key words** Gravity anomaly, Okinawa Trough, Mariana Trench, Crustal structures

### Abstract

The crustal thickness from East China Sea to North Fiji Basin was calculated on the basis of the actually measured water depth and the gravimetric data from continuous profiling. This paper aims to preliminarily discuss the gravity anomaly and the crustal structures from Okinawa Trough to Mariana Trench (Fig. 1). Because this segment is situated to the west of Benioff Zone of Pacific Oceanic Plate, its tectonic movement is quite violent and complicated. This segment also includes a variety of crustal structures that demands further study because of its far reaching importance.