

研究报告

地球卫星遥感影像解译中国台湾地区的构造系统

胡东生¹, 张华京²

(1. 湖南师范大学资源环境科学学院, 长沙 410081; 2. 湖南师范大学化学化工学院, 长沙 410081)

[摘要] 运用区域地质调查资料和地球卫星遥感资料进行综合分析, 发现并确定和划分了环形构造系统、北北东向构造系统、南北向构造系统、北东向构造系统和弧形构造系统等5套构造系统。采用结构面组合及配套的方法恢复重建构造演化序次和形成时期并讨论了地质发展过程等问题, 为研究东亚构造域和板块运动以及大陆板内构造活动提供新信息。

[关键词] 区域地质特征; 构造基本型式; 构造演化次序; 地质学意义; 中国台湾

[中图分类号] P51; P54; P56 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2004)04-0077-05

1 前言

台湾地区是中国的一个特殊地质地理单元^[1], 也是环太平洋西岸岛弧构造的一部分, 西隔台湾海峡与大陆福建省相望, 东临太平洋, 南靠巴士海峡, 北接琉球群岛。台湾连接岛链、紧靠大陆、濒临大洋的特殊地理位置, 是跨洋运输、出海贸易、海陆交往、沟通远东地区及环太平洋旅行的重要港湾和中途转换地, 全球战略地位十分显赫。区域地质资料说明本地区经历了复杂的地质演变过程^[2,3]。台湾陆核曾是华夏古陆的一部分, 其雏形可追溯到早古生代以前。自晚古生代以来, 台湾长期处在大陆边缘海西—印支期地槽环境; 经历了中生代海陆环境交互发展, 受燕山运动的影响发生了伟晶岩侵入; 新生代早期在第三纪渐新世其中央山脉开始隆起形成次生岛弧, 受喜马拉雅运动的影响有中酸性岩体的侵入, 随着边缘海向陆迁移发育了不对称的类复理石建造; 新生代晚期第四纪早更新世以来, 受新构造运动的影响, 台湾地区发生均衡上升, 形成了一系列复杂的断褶带。基础地质研究表明, 台湾地块由古生代以前的结晶岩系构成刚性基底, 其上覆盖了中生代及其以后的柔性沉积盖

层。台湾本岛经板块碰撞对接贴拼冷却成陆以后, 由于遭受复杂的构造应力边界及其长期持续的作用, 形成了地壳板内构造的发育与活动的丰厚物质基础。采用中国科学院遥感卫星地面站制作的台湾地区地球卫星遥感影像镶嵌景观全貌图(Lansat-5, TM, 1991), 通过层块剥离与逐层推演和专题识别及系列解译, 发现台湾本岛线性构造十分发育, 以破裂—断裂结构面为特征的线性构造清晰可见, 走向延伸稳定, 整体规模宏大, 往往出现成束成带分布的格局, 并且出现具有成生联系的特殊结构型式, 形成了复杂的线形—弧形—环形的构造组合, 这在全球大陆构造域^[2,4]的研究中是非常奇特的, 在台湾地区地质构造演化^[4-9]的研究上具有重要的理论和实践意义。

2 基本构造型式

在地球卫星遥感影像景观图上, 台湾岛弧轮廓优美, 山形地貌清晰, 溪流峡谷绵延, 海滨平原广布, 浅海滩涂隐约可见, 祖国宝岛的迤邐风光跃然入目。根据地球动力学规律和线性构造发育型式, 运用破裂—断裂的组合形式和断裂线延伸方向、结构面力学性质与其构造应力场状态以及综合地质分

[收稿日期] 2003-06-10; 修回日期 2003-09-04

[基金项目] 湖南师范大学科学基金资助项目(26010612)

[作者简介] 胡东生(1951-), 男, 甘肃天水市人, 湖南师范大学教授

析等方面的证据^[10,11],证实台湾地区存在和发育5套不同型式的构造系统,其基本特征及组合类型划分如图1。

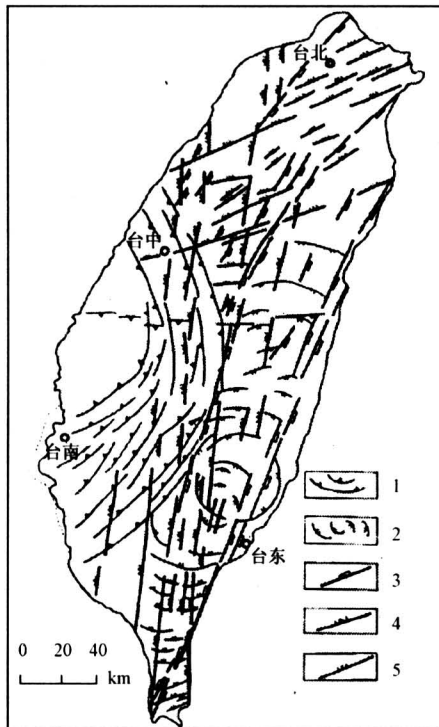


图1 台湾地区构造特征分布图

1—弧形构造系统;2—环形构造系统;3—北北东向线形断裂构造系统;4—南北向追踪断裂构造系统;5—北东向线形断裂构造系统。

Fig.1 The distribute diagram of the structural characterization in the Taiwanese region

1—the arc-shaped structural system; 2—the wreath-shaped structural system; 3—N-N-E reversed of the line form fracture of structural system; 4—S-N reversed of the trailing fracture of structural system; 5—N-E reversed of the line form fracture of structural system

2.1 环形构造系统

以鹿野为中心呈较完美的圆环状断裂构造,其直径约有20~40 km;向外围分别沿南北方向两侧发育有半环状断裂构造,北侧沿富里—玉里—富源—凤林—铜门—新城一线依次展布,南侧沿卑南—郑本—太麻里—下大溪—大武—枫港一线依次展布;北侧越往外其半环状构造的长度越大,其间隔也越大,南侧越往外其半环状构造的长度越小,其间隔也越小;这套构造系统总体展布形态呈现为由中心圆环状往其南北(或北北东和南南西)两侧辐射半环状的构造型式。

2.2 北北东向构造系统

主要分布在台湾东部以直线性延伸断裂为特

征,展布形态在南部较窄、在北部较宽,其总体展布方向为 $N 20^{\circ}E \pm$,长度约330~400 km,宽度约为20~45 km;其东部由南湾经台东大峡谷延至苏奥一带全段呈直线状展布,其西部由老农溪经玉山延至大溪一带呈南部笔直、北部弯曲的状态展布;这套构造系统总体展布形态呈现为东段平直西段弯曲、南段平直北段弯曲的构造型式。

2.3 南北向构造系统

主要分布在台湾中部呈断续状直线性延伸断裂为特征,总体展布方向为近南北向,长度为20~380 km,宽度为20~60 km;其南部沿鹅銮鼻两侧—枋寮—东港等一带发育,其中部沿玉山—雪山一线至西部山丘地带都有出现,其北部在桃园—新竹等一带也有展布;这套构造系统总体展布形态呈现为追踪发育(沿老断裂改造及锯齿状延伸发展)的构造型式。

2.4 北东向构造系统

主要分布在台湾北部呈直线性断裂为特征,存在2组延伸方向:北东向($N50^{\circ}E$)断裂组和北东东向($N70^{\circ}E$)断裂组。北东向断裂组发育在台中—苏奥一线和竹东—双溪一线,断裂带延伸较大,长度约为150 km;北东东向断裂组发育在基隆—台北一线至板桥—内湾—大湖一线,断裂呈断续成组出现,单体长度约10~30 km;这套构造系统展布形态呈现为共轭式发育(两组“X”断裂夹角约为 30° ,往往是主断裂比较发达延伸较大、配套断裂不发育延伸较小)的构造型式。

2.5 弧形构造系统

主要分布在台湾西部平原及其边缘丘陵地带,以台中—竹山—高雄一线呈向东突出近北向展布的弧形束状断裂构造,长度约有150~160 km,宽度约有30~60 km,展布形态在北段较窄、在南段较宽;在西螺一带发育有东西向展布的线性断裂构造,断续延长约40~60 km,浊水溪就是追踪这一断裂线发育的。这套弧形构造系统总体展布形态呈现为“山”字形(边缘弧形束状断裂较发育,中心脊柱线性断裂发育较差,变异为负地形,其后期存在穿越边缘弧向外向东发展的趋势)的构造型式。

基础地质调查和综合实验分析的成果表明,这5套不同型式的构造系统在分布空间上互为叠置,在形成时间上相互衔接,在其内部关系上既互为影响,又各具特色,其构造应力场存在协调转化及复杂漫长的演化过程。

3 构造演化次序

台湾属于环太平洋火山—地震构造带的西缘，在地理位置上处于西太平洋岛弧链的中段，其东面为俯冲的菲律宾海盆带，北东方向为俯冲的琉球岛弧—海沟系，南侧则发育向东反向俯冲的吕宋岛弧—海沟带，台湾恰好处于3列俯冲带之间的转换过渡地带^[8,9]，是地壳热力作用和地壳应力作用的剧烈活动部位^[12,13]。区域地质调查资料^[7]证明，台湾地块断褶系经历了多次的褶皱作用和多期的变质作用，晚古生代地槽型建造岩系构成了台湾的核心和中央山脉的基底，在古生代末期或中生代初期经历了区域变质作用并转化为陆壳；中生代由于板块的碰撞叠加形成了双变质岩相带^[14]，在大南澳群^[15]之上发育了玉里高温低压型变质作用和太鲁阁高压低温型变质作用；新生代台湾断褶带在隆起抬升过程中，其早期伴有小型岩浆侵入和低级变质作用，其晚期在新生陆缘海出现拉张作用有拉斑玄武岩^[9]的喷出活动。

根据构造系统发育的部位和断裂切割的位置与出露地层的时空关系，恢复和重建构造系统的形成时期及其演化过程。下面按形成时间及相互穿插关系，简要阐述台湾地区不同构造系统的发育与演化程式。

1) 环形构造系统主要发育在台湾东部的中生代以前的地层之内，其形成时期是中生代地槽（海西—印支期）回返成陆以后，在燕山运动时期台湾初始板块发生碰撞形成双变质岩带的基础之上^[7,15]，由于地壳下部的热力作用和地壳上部的应力松弛作用，以及地幔上涌穿刺作用等共同影响下冷板块地体发生的热爆现象所形成的，继后有后期构造作用的叠加和扰动，其构造层为晚燕山期构造层。

2) 北北东向构造系统主要发育在台湾中东部中生代以前与早新生代的地层之内，其形成时期为新生代初期，受到喜马拉雅运动的影响，具有岛弧活动的构造特征，影响地层的范围基本与环形构造系统相一致并有向东西两侧外扩的态势，是板块对接及其应力持续作用的产物，其构造层为早喜马拉雅期构造层。

3) 南北向构造系统主要发育在台湾中部早新生代与中东部中生代的地层之内，其形成时期为新生代第三纪晚期，对岛内中心地带地层岩相带的后

期改造影响较大，具有板内构造追踪活动发育的基本属性，主要受区域性构造活动的控制，其构造层为晚喜马拉雅期构造层。

4) 北东向构造系统主要发育在台湾北部新生代的地层之内，根据与台北盆地的发育时代^[8]相对，比其形成时期为第四纪初期，形成时间具有南部较早、北部较新的分布格局和演变态势，主要受板内局部拉分运动及其构造应力场的控制，其构造层为近喜马拉雅期构造层。

5) 弧形构造系统主要发育在台湾西部的中南段晚新生代的地层之内，其形成时期为第四纪晚期以来，它切割到山前边缘地带晚第三纪地层并控制了西部平原现代水系流网的基本展布格局，反映了自晚近时期以来的构造应力作用及其活动状态，其构造层为今喜马拉雅期构造层。

6) 台湾地区的新构造活动也是非常活跃的，主要表现为火山活动的威胁、地震灾害的影响、构造下陷及海水浸漫等^[1]。台湾地区处在板块复杂的碰撞及对接的边缘地带，积累了大量的应力高值和丰富的热储基础，自中生代以来火山活动十分活跃，现代本地区地震活动也十分频繁。中生代火山活动序列以基性及超基性为主，第三纪以基性及中基性为主，第四纪以中性及中酸性为主^[8]；台湾现代火山活动以喷气、喷硫及温泉为特征，甚至可以形成硫磺矿床^[1]。台湾地震活动是西太平洋岛弧作用的一部分，岛内现代地震活动多分布在断裂带的转折部位并发生弧形及分支迁移^①，反映了地壳深部震源体应力释放与地壳浅部应力集中这二者之间的不对称镜像关系，为台湾地体运动的地球动力学机制的分析提供了信息。

4 构造系统的地质学意义

台湾地区是东亚构造域中特殊的构造域，具有交错的构造边界和复杂的地壳动力性质，在全球板块运动中也表现为一种特殊的运动形式。地球布格重力演算^[16]的结果表明，台湾地区的地壳厚度为20~35 km，与大陆相比是较薄的陆壳，由于其地壳组成具有陆海过渡的属性，其陆缘迁移和薄壳滑移的特征是非常明显的。大陆一侧福建沿海热流值为1.8 HFU，台湾东侧东海陆架热流值为2.0 HFU，台湾地区的热流值为1.0~2.0 HUF，西部

① 个人通讯，台北大学审稿人，2003

高东部低, 显示出台湾地区具有岛弧热流分布的特征^[8,17]。台湾地区的地震也是非常活跃的, 地震的周期性^[18]与构造的活动性^[19]存在密切的联系。尤其构造系统的晚近活动控制了台湾近期地震的分布规律^①。

台湾地质构造的演化方式, 在台湾学术界称之为阿尔卑斯型构造^①, 阿尔卑斯型构造 (alpinotype tectonics) 是一种不具时代意义的产生于正地槽 (即大陆克拉通和大洋克拉通之间的地槽) 区内的正构造 (orthotectonics) 型式^[20], 在中国大陆地壳构造的研究和实践上使用较少。国内大多数学者认为台湾地壳构造是复杂的, 其地块断褶带演化过程历史的早期可以追溯到海西-印支构造期 (古生代), 继而遭受了燕山构造期 (中生代) 的改造, 最终在喜马拉雅构造期 (新生代) 定型^[21]。

根据综合分析表明, 台湾地区发育的环形构造系统、北北东向构造系统、南北向构造系统、北东向构造系统、弧形构造系统均属于板内构造运动的产物, 在时间上是逐次演化的, 在空间上是相互交割的; 区域构造应力场随着板块运动的不同阶段发生不同形式的转变, 产生复杂的结构面并且具有成生配套的基本属性; 构造系统的动力学机制受全球板块运动时空位置及其地质历史发展过程不同阶段的边界条件所控制。研究台湾地区的构造型式和动力学机制以及历史发展过程, 对分析海-陆碰撞和弧-陆碰撞以及陆-陆碰撞等不同的板块边界的运动形式及其动力学性质有独特的借鉴价值, 对认识东亚板块与太平洋板块的相向运动和构造演化及发展过程以及全球构造动力学机制也有重要的积极意义。

致谢 本项工作得到中国遥感卫星地面站潘京明、王晓冀、寇连群、郑一泊等同志的帮助支持; 西北大学地质系张国伟院士曾给予鼓励指导; 中国科学院地理与资源研究所李栓科研究员提供了工作方便; 台湾台北大学地质科学教授审稿人提出修改意见。在此谨表谢忱。

参考文献

- [1] 曾昭璇. 台湾自然地理 [M]. 广州: 广东省地图出版社, 1993
- [2] 张文佑. 中国及邻区海陆大地构造 [M]. 北京: 科学出版社, 1986
- [3] 杨兆宇. 东海几个地质问题的讨论 [A]. 地质矿产部石油地质研究所, 石油与天然气地质文集, 第三集 [C]. 北京: 地质出版社, 1991. 1~17
- [4] 王鸿祯. 全球构造研究的简要回顾 [J]. 地质学前沿, 1995, 2(1): 1~10
- [5] 毕庆昌. 台湾造山后块断构造的某些特征 [A]. 黄玉昆编, 西太平洋岛弧近代地壳运动 [M]. 北京: 科学出版社, 1985. 50~56
- [6] 俞何兴, 周颖蔚. 台湾北部及西部陆架之地貌与地质特征 [J]. 中国科学 (D辑), 2001, 31(6): 486~495
- [7] 曹荣龙, 朱寿华. 中国东南部沿海及台湾中生代古构造体系 [J]. 科学通报, 1990, (3): 130~134
- [8] 黄镇国, 张伟强, 钟新基, 等. 台湾板块与环境演变 [M]. 北京: 海洋出版社, 1995
- [9] 金性春. 板块构造学基础 [M]. 上海: 上海科技出版社, 1984
- [10] 李四光全集, 第五卷·地质力学 [M]. 武汉: 湖北人民出版社, 1996
- [11] Somerton W H. Rock Mechanics-theory and Practice [M]. Society of Mining Engineers, The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc. New York, 1970
- [12] 秦蕴珊, 赵一阳, 陈丽荣, 等. 东海地质 [M]. 北京: 科学出版社, 1987
- [13] 刘以宣, 詹文欢, 丘学林, 等. 南海及邻区现代构造应力场与近代地壳运动及地壳稳定性研究 [J]. 华南地震, 1993, 13(1): 11~21
- [14] 都城秋穗. 变质作用与变质带 [M]. 周云山译. 北京: 地质出版社, 1979
- [15] 何春荪. 台湾地质演化之综论 [J]. 南海开发与研究, 1988, (2): 28~36
- [16] 刘光夏, 赵文俊, 吴岫云, 等. 台湾地区地壳厚度的研究 [J]. 科学通报, 1990, (24): 1892~1895
- [17] 谢庆道, 彭阜南. 琉球岛弧及东海盆地的构造演化 [J]. 中国科学 (B辑), 1981, (9): 1117~1125
- [18] 鄢挺骅. 本世纪以来台湾及邻近海域的强震活动特征 [J]. 华南地震, 1991, 11(2): 52~57
- [19] 时振梁, 环文林, 卢寿德, 等. 中亚、东亚大陆地震活动特征 [J]. 中国科学 (B辑), 1982, (9): 840~849
- [20] 地质矿产部地质辞典办公室编. 地质辞典 (一). 下册 [M]. 北京: 地质出版社, 1983
- [21] 崔盛芹, 李景蓉. 东亚滨太平洋地区的喜马拉雅期构造演化 [J]. 地质学报, 1988, 62(3): 1~11

① 个人通讯, 台北大学审稿人, 2003

Earth Satellite's Remote Sensing Images Explained Structural System in the Taiwan Region

Hu Dongsheng¹, Zhang Huajing²

(1. *College of Resources Environment Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China*;
2. *College of Chemistry Chemical Engineering, Hunan Normal University, Changsha 410081, China*)

[**Abstract**] This text studied the synthetic analysis for the regional geology investigating data and the image data of remote sensing of earth satellite and the other data. The authors mark and divide 5 kinds of structural system in the Taiwan region: (1) the structural system of the wreath form, (2) the structural system of the north and north east direction, (3) the structural system of the south and north direction, (4) the structural system of the north and east direction, (5) the structural system of the arc - shaped. By combination and assorting of structures, the generations of structural evolves and the formative time of structures are resumed and rebuilt. The geological developmental process is discussed. It will provide new information to the study on the East Asia construction field and the tectonic plate movement as well as the mainland plank inside construct activity.

[**Key words**] characterization of regional geology; basic pattern of structures; generations of structural evolve; meaning of geology; Taiwan of China

(cont. from p. 76)

Research on Raising Heat-power of the Gear Reducer With Middle-power

Hu Rufu¹, Zhang Dongsu²

(1. *Taizhou Professional & Technological College, Taizhou, Zhejiang 318000, China*;
2. *Anhui University of Science & Technology, Huainan, Anhui 232001, China*)

[**Abstract**] Heat-power is an impartment performance index to choose the gear reducer. The working efficiency of the gear reducer lies on the value of the heat-power when working with the temperature at which heat balance is achieved. Raising Heat-power will benefit working efficiency, and reduce the waste of energy sources. The formula to calculate efficiency is deduced, and the heat-power is tested by way of experiment. The heat-radiating equipments with the structures of plank-lumped and pipe-ranked are developed. On the basis of this, the methods are brought forward to raise heat-power of gear reducers considering the factors of designing, manufacturing and lubricating.

[**Key words**] gear-reducer; heat-power; heat-efficiency; heat-radiating equipment