

福建省构造运动、构造层划分及其主要特征

李兼海

(福建省区域地质调查队, 三明, 365001)

摘要 研究构造运动及构造层特征是查明地壳构造演化历史的重要证据。从福建省目前建立的地层序列分析, 自古元古代以来, 省内初步可划分出 15 次构造运动, 并分别归属迪口、晋宁、加里东、印支、燕山、喜马拉雅 6 个构造旋回。文中对前震旦纪地层首次建立构造地层单位, 并阐述了各构造运动、构造旋回、构造阶段和构造层、亚构造层的基本特征, 较系统地反映了福建省地壳构造演化历史。

关键词 构造地层单位 构造运动 构造层 福建省

构造运动在其波及区域所遗留之陈迹, 如地层不整合、沉积间断等, 是现代地层学中不整合界限地层单位划分的惟一根据, 也是岩石地层单位划分的依据之一, 因而确立福建省构造运动名称、时限、构造旋回和构造层划分等, 对研究地壳构造演化历史具有重要意义。

1 地层序列

现代地层学认为^[1], 地层有多少种类的划分, 地层就有多少种类的单位, 最常用的是岩石地层单位、生物地层单位和年代地层单位。近年提出的构造地层单位^[2], 对研究前寒武纪变质、变形强烈的地层, 为反映其现今之叠置关系, 越来越显示其重要性。

福建省岩石地层单位经过天津地质矿产研究所等^①、李兼海等^[3,4]和福建省区域地质调查队^② 较系统研究, 已取得某些重大进展, 古生代和中生代地层名称及划分对比, 已基本取得共识, 前寒武纪地层虽仍存分歧, 但亦获不少微体古生物及同位素年龄资料以供参考。

本文所列的地层序列, 震旦纪及其以上岩石地层单位, 主要依据福建省地质矿产局^[5]研究成果, 而前震旦纪地层则按构造地层单位重新厘定其地层序列。

构造地层单位与岩石地层单位的显著区别在于所划分的岩石体之间均为构造界面接触, 常无顶底, 岩层(石) 经受强烈变形、变质改造, 形成多级复杂组合的紧闭褶皱, 并发育新生构造面理和层间剪切, 原生构造、原始厚度、岩相标志、基本层序等均难以确切查明。

福建前震旦纪地层区域变质程度较深, 一般达高绿片岩-高角闪岩相。变形强烈, 常形成多级复杂组合的紧闭褶皱, 发育新生构造面理和层间剪切, 往往是由强韧性变形形成的面状

① 地矿部天津地质矿产研究所、福建省地矿局区域地质调查大队、闽北地质大队, 闽北前寒武纪变质岩岩层层序划分和构造演化, 1991。

② 福建省区域地质调查队, 福建省地质图(1:500000)说明书(供审稿), 1996。

李兼海, 男, 1936年生, 高级工程师, 地质矿产及勘探专业。

1998年2月24日收稿

构造系统置换早期层理及片理,原生构造和基本层序很难查清,在地层序列上表现为总体有序、局部无序状态。因此,目前按构造地层单位可划分为4个群级地层单位,即闽西南区桃溪岩组、闽西北区麻源岩群、马面山岩群及闽北区迪口杂岩(表1)。

1.1 闽西南区桃溪岩组 (Pt_1t)

分布于闽西南武平、上杭及永定一带,向西延至江西会昌、寻邬。由斜长(钾长或二长)变粒岩、黑云变粒岩、角闪斜长变粒岩、透辉石变粒岩组合和矽线黑云(绢云或二云)石英片岩、白云片岩夹斜长变粒岩组合两部分组成。未见底,其上与楼子坝组接触关系不明(可能为韧性断层接触),岩石变质较深达角闪岩相,成层无序,多混合岩化。据同位素年龄资料^[6]:永定光坑细碧岩、变中性、基性火山岩 Sm-Nd 全岩等时线年龄为 $1\ 825 \pm 129$ Ma,永定古木黑云斜长变粒岩、池溪变质火山岩混合锆石经宜昌地质矿产研究所测定²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 模式年龄为 $1\ 777$ Ma 和 $1\ 678.5$ Ma,并认为其年龄值比成岩年龄要新,故桃溪岩组的时代主要为古元古代。

1.2 闽西北区麻源岩群 (Pt_1M)

分布于闽西北广大地区,包括天井坪岩组、大金山岩组和南山岩组,同属一套厚度巨大的广海砂泥质复理式建造,普遍以含矽线石、铁铝榴石为特征的变粒岩及片岩组合。原岩为一套含碳高铝陆源碎屑岩为主的沉积岩系,偶有(安山)玄武岩和碳酸盐岩。

1.2.1 天井坪岩组 (Pt_1t)

为闽西北区出露最老地层。岩性由灰、深灰、灰黑色中厚层状黑云(角闪)斜长变(浅)粒岩与黑云(二云)片岩互层夹少量长石石英岩和斜长角闪岩透镜体组合和厚层状黑云斜长(二长)变粒岩夹角闪斜长变粒岩、二云片岩组合两部分组成。混合岩化较强,斜长角闪岩 Sm-Nd 全岩等时线年龄为 $2\ 682 \pm 148$ Ma^[7]和 $2\ 678 \pm 41$ Ma^①。闽北地质大队^②将整合出露于大金山岩组之下的混合岩化、以黑云斜长变粒岩为主的变质岩组合称为回向殿组,其岩石组合特征及层位大致与天井坪岩组相当,从目前对 Sm-Nd 全岩等时线年龄的不同认识(详后),其时代暂归属古元古代,并隶属于麻源岩群下部。

1.2.2 大金山岩组 (Pt_1d)

岩性为黑云斜长变粒岩、黑云石英片岩和黑云片岩,以含晶质石墨为特征,其中发育条带状混合岩,下部夹少量斜长角闪岩,局部偶夹大理岩透镜体。下与天井坪岩组为构造面理剪切接触。建阳麻沙—莒口斜长角闪岩、变粒岩 Sm-Nd 全岩等时线年龄为 $2\ 116 \pm 22$ Ma^[8]。据赵风清、金文山等所获建宁地区3个黑云斜长变粒岩 Sm-Nd 模式年龄分别为 $1\ 841$ Ma、 $2\ 082$ Ma、 $2\ 293$ Ma^③。此外,浦城九牧侵入大金山岩组斜长角闪片岩中的超基性岩体 Sm-Nd 全岩等时线年龄为 $1\ 566.9$ Ma^②,由此看来,大金山岩组时代主要属古元古代。

1.2.3 南山岩组 (Pt_1n)

岩性包括以黑云(石英)片岩为主,夹少量黑云变粒岩组合和以黑云斜长变粒岩为主,夹云母石英片岩及二云(黑云)片岩组合两部分。岩石中普遍发育已褶皱变形的同构造期的石

① 福建省地质矿产局,1:5万石陂幅、漳州幅地质图说明书,1993。

② 福建省闽北地质大队,1:5万渔梁、永兴幅区域地质调查报告,1993。

③ 赵风清、金文山等,华南北区深部地壳结构及演化研究报告,1994。

英脉体,多呈片内无根勾状或透镜状。其下与大金山岩组呈构造面理剪切接触,其上与马面山岩群接触关系不明,时代暂置于古元古代。

关于麻源岩群的时代,从目前所获同位素年龄分析,大金山岩组大多介于 1 841~2 293 Ma,其上之南山岩组未获同位素年龄,但空间分布常与大金山岩组形影相随,其下之天井坪岩组,两个 Sm-Nd 全岩等时线年龄为 2 682 和 2 678 Ma,因而以往文献资料据此年龄将天井坪岩组单独划属晚太古代^{[7]①②}。孙大中^[9]曾详细讨论过前寒武纪地质年代学问题,认为 Sm-Nd 全岩等时线年龄在理论上某些方面(是否具有同源、同时和不受后期干扰)尚存疑问,所测年龄数据一般偏老(150~400 Ma),最高可达 500 Ma,甚至有人对全球的 Sm-Nd 等时线年龄产生怀疑,需要用其它方法重新研究。此外,建宁地区天井坪岩组所获 2 682±148 Ma 年龄数据,经胡雄健重新计算为 2 380Ma^③。由此看来,天井坪岩组的时代置于古元古代较妥,而岩石组合特征、变形变质程度与其上之大金山岩组、南山岩组基本相似,因而将其归属麻源岩群下部。麻源岩群的时代暂置于古元古代是恰当的。

麻源岩群与浙西南八都岩群岩石组合特征完全可以对比,同位素年龄亦相近。据浙江省地矿局研究^[10],八都岩群锆石 U-Pb 年龄 1 830~2 032±16 Ma,Sm-Nd 全岩等时线年龄 2 059±62 Ma~2 199±95 Ma,Rb-Sr 全岩等时线年龄 1 603.3±9.3 Ma~2 079.9±11.5 Ma,时代亦属古元古代。

1.3 闽西北区马面山岩群^④ (Pt₂₋₃M)

分布于政和、建瓯、南平一带及邵武、泰宁等地,包括东岩岩组和龙北溪岩组,由一套变质细碧角斑岩建造及海相钙、镁、硅质和砂泥质复理式建造组成,具绿片岩相变质,局部达低角闪岩相,变形强烈,褶皱断裂极其复杂,构造置换明显,地层剖面多无顶底,绿片岩、大理岩、石英岩等特征性岩层常呈尖灭再现或不规则透镜体产出,地层层序难以查明,其下与麻源岩群或迪口杂岩多呈韧性断层接触。

1.3.1 东岩岩组 (Pt₂₋₃d)

为一套中浅变质的细碧角斑岩及凝灰岩,岩石组合为以灰绿、暗绿色由绿帘石、阳起石、角闪石、绿泥石、钠长石等矿物组成的绿片岩,夹黑云钠长(二长)变粒岩、云母石英片岩,局部夹大理岩。政和洋后大理岩中产微古植物:*Trematosphaeridium minutum*,*Micrhystridium* sp.,*Asperatopsophosphaera* sp.,*Quadratimorpha* sp.,*Scaphita* sp.,几丁虫:*Chitinozoans*。政和马面山角闪变粒岩中角闪石⁴⁰Ar-³⁹Ar 坪年龄 1 129.4±169.4 Ma。建瓯西坑及叶坑一带变石英角斑岩不同特点的单锆石 U-Pb 年龄分别为^⑤:3 颗无色透明短柱状晶形好的锆石拟合的不一致线上交点年龄为 1 100±19 Ma,可能代表原岩结晶年龄,另 5 颗灰白色有裂纹且晶形不完整的锆石数据点均位于一致线附近,其加权平均值为 773.8±2.6 Ma,可能为后期热动力构造事件的反映。东岩岩组时代暂置于中元古代晚期至新元古代早期。

① 福建省地质矿产局,1:5 万石陂幅、漳州幅地质图说明书,1993。

② 福建省区域地质调查队,福建省地质图(1:500000)说明书(供审稿),1996。

③ 胡雄健,浙中变质基底的时代构造格架及年代地壳结构模式初论。浙江地质科技情报,1991。

④ 本文所指马面山岩群不包括政和一大埔断裂以东零星出露的变质岩地层,它们是否相当马面山岩群尚待研究。

⑤ 地矿部天津地质矿产研究所、福建省地矿局区域地质调查大队、闽北地质大队,闽北前寒武纪变质岩岩层层序划分和构造演化,1991。

1.3.2 龙北溪岩组 (Pt_{2-3l})

为一套海相含钙、镁、硅质、砂泥质复理式建造。岩性由云母石英片岩、石英云母片岩夹黑云斜长变粒岩、石英岩组合(相当以往文献所称之大岭组)和以含磷灰石、磁铁矿、滑石、石墨为特征的薄层条带状石英岩、块状透辉石石英岩夹大理岩及片岩组合两部分组成。龙北溪岩组与东岩岩组的层序关系难以查明,两者可能互为构造岩片产出。值得注意的是在建瓯杉洋—龙源一带长达 15 km 的龙北溪岩组与迪口杂岩接触带,多处见有厚达数十米至百余米的变质砾岩,反映其间可能有不整合存在。本岩组未获同位素年龄资料,南平北山产微古植物: *Polyedrophaeridium* sp., 政和马面山—富竹庄产微古植物: *Scaphita* sp., *Polyporata* sp., *Pecomorpha* sp. 及几丁虫: *Chitinozoans*, 其时代与东岩岩组相近,亦归属中元古代末至新元古代早期。

1.4 闽北区迪口杂岩 (Pt_{1D})

主要分布于闽北建瓯至南平一带,岩石组合以深灰、灰黑色黑云斜长变粒岩(片麻岩)为主,夹二云斜长石英片岩、黑云斜长石英岩,偶夹石榴阳起(透闪)石英岩。岩石均有不同程度的混合岩化,下部尤甚,长英质脉体沿片(麻)理贯入形成条纹(带)状、眼球状混合岩及均质混合岩。具低角闪岩相变质,常见铁铝榴石、矽线石等变质特征矿物。地层出露多不完整,未见顶底,其上与马面山岩群多呈断层接触。黑云斜长变粒岩碎屑锆石 Pb-Pb 年龄为 1 805~1 851 Ma^[11],时代属古元古代。

目前,对于杂岩一词存在不同的理解,笔者参照陈克强等^[2]、地矿部直属单位管理局^[12]的含义认为:杂岩是相当于岩群一级或更大一些的构造地层单位,系指由不同性质的原岩在强烈的构造变形与变质作用改造下,形成具有区域填图尺度的无序“岩石体”,其总体面貌有别于相邻的岩石(构造)地层单位,而不论其成因如何。

2 构造旋回划分与构造运动

构造旋回又称造山旋回或褶皱旋回,它涉及与地壳大构造形态和总地壳运动所形成的各类岩石,是在地史上多次出现的、长短不一的时间段落之一,通常以角度不整合确立其旋回性,并以旋回的最后一次构造运动命名。一个构造旋回中,由于地壳运动性质的不同,往往可划分为若干构造幕,一个构造幕即是一次构造运动。

根据上述划分和命名原则,福建整个地史时期自老而新可划分为迪口旋回、晋宁旋回、加里东旋回、印支旋回、燕山旋回和喜马拉雅旋回。其中加里东旋回又称广西旋回,但由于加里东一名在省内沿用已久,尽人皆知,故仍称加里东旋回(表 1)。

2.1 迪口旋回

为前震旦纪构造旋回,发生于地槽早期阶段,由于岩石变质较深,变形复杂,构造运动性质很难确切查明,现根据岩石组合特征、变形变质程度及混合岩化作用等因素,将发生于古元古界与中元古界之间的地壳运动称迪口运动。

迪口运动由郑文武等(1962)创名,原指元古代龙北溪群与迪口群之间的不整合,龙北溪群底部是变质火山碎屑岩,迪口群是由各种深变质的片麻岩和片岩组成。一般认为迪口运动是元古代中的地壳运动。由于当时对闽北变质岩系(建瓯群)的时代甚至分层都有不同看法,因此,迪口运动一名一直未被采用。

本文按照构造地层单位划分原则对闽西北变质岩系重新研究表明,中深变质岩区的构造运动不应单纯依据典型的不整合来确定,而应综合考虑变质、变形程度,岩浆活动,底砾岩的存在与否等因素,角度不整合界面以及原始层理均被后期复杂的韧性剪切断裂和构造面理置换改造而不能恢复查明,因此,应当重新审视迪口运动的存在与否。

笔者认为:①郑文武等所称之龙北溪群和迪口组即本文的马面山岩群和迪口杂岩,两者在原岩性质及变质程度上均有明显差异,前者为细碧角斑质、砂泥质、钙硅质复理式建造,一般具绿片岩相,后者为砂泥质复理式建造,一般达角闪岩相,且普遍具混合岩化。②同位素年龄表明^①,马面山岩群底界年龄略大于 1 100 Ma,产微古植物,其下之迪口杂岩及麻源岩群可能为 1 840~1 950 Ma 或更老,且从未发现任何微古植物,省内目前仍缺少 16~12 亿年的同位素年龄资料,其间可能为地层缺失。③建瓯杉洋村东、星田村西及龙源等地沿迪口杂岩与龙北溪岩组之间多处发现沿断裂带分布的变质砾岩^②,砾石成分较复杂,厚度数十米至百余米。80 年代初,笔者陪同刘鸿允先生赴杉洋考察该砾岩,认为属沉积变质砾岩应无疑,具底砾岩性质,但受到后期断裂构造的影响。

综上所述,马面山岩群与下伏迪口杂岩或麻源岩群之间可能有一次构造运动,其时限约为 1 800~1 700 Ma,因此,本文沿称迪口运动一名,代表福建古—中元古代之间的一次地壳运动,空间上大致与吕梁运动或中条运动相当,浙西南称之为龙川运动^[10]。

众所周知,省内出露的最老地层为麻源岩群和迪口杂岩,它们是在太古宙原始陆壳的基础上形成的广海地槽沉积,由于迪口运动的强烈造山作用,岩石变质较深、变形强烈且多具混合岩化,地层体多呈韧性剪切断层接触或构造岩片产出,许多重要地质现象很难恢复查明,其中仅见侵入麻源岩群天井坪岩组的上坪英云闪长岩 U-Pb 同位素年龄为 1 714 Ma。此外,在浙西南侵入八都岩群(与麻源岩群相当)的淡竹花岗闪长岩常规锆石 U-Pb 拟合的不一致线上交点年龄为 1 878±27 Ma^[13],天津地质矿产研究所等^①采用单锆石 U-Pb 稀释法测定淡竹花岗闪长岩结晶年龄为 1 837±67 Ma,侵入八都岩群的龙泉八宝山花岗岩²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄平均为 1 842±2 Ma,庆元花岗伟晶岩无色透明短柱状自形锆石 U-Pb 年龄为 1 743 Ma。由此可见,迪口运动在浙西南及闽西北所表现的构造热事件是十分明显的,这与全球岩浆侵入事件可相对比。

2.2 晋宁旋回

为前震旦纪晚期构造旋回,现根据震旦纪与下伏中—新元古代早期地层的差异,其间的构造运动称晋宁运动。

晋宁运动由米士(P. Misch, 1942)创名,指震旦纪的一次褶皱运动,根据云南晋宁、玉溪等地震旦系澄江砂岩和下伏昆阳群之间的显著角度不整合确定。刘鸿允等(1963)认为这一不整合既普遍又显著,晋宁运动一名可在我国南方普遍使用。中国地质科学院 1:400 万地质编图组(1976)认为,其发生时间距今为 9.5 亿年或 8 亿年左右。

晋宁运动在福建境内目前尚未找到明显的地质依据,但近年来对前震旦纪变质岩地层、侵

① 地矿部天津地质矿产研究所、福建地矿局区域地质调查大队、闽北地质大队,闽北前寒武纪变质岩岩层层序划分和构造演化,1991。

② 福建省地质三队,1:5 万迪口幅、夏道幅区域地质调查报告,1980。

人岩的深入研究和部分年代学资料的综合分析,为确定晋宁运动提供了较多的信息。

(1) 震旦纪与前震旦纪地层在变质程度和变形特征方面存在较明显的差异。闽西南早震旦世楼子坝组及丁屋岭组同属浅变质的变质砂岩-千枚岩组合,具低绿片岩相变质,产微古植物和几丁虫,与下伏桃溪岩组中深变质岩明显不同;闽西北早震旦世吴墩组(产微古植物及几丁虫)或黄潭组(U-Pb 及 Rb-Sr 全岩等时线同位素年龄 665~737 Ma)^[3]由中性、酸性火山岩变质形成的钠长、二长及钾长变粒岩,常夹有变质较浅的变质砂岩,具明显的变质不均一性,与下伏马面山岩群在变质、变形特征方面有明显差异。

(2) 晋宁运动对省内前震旦纪地层的影响主要表现为强烈的混合岩化^①,如大金山岩组所测混合岩单颗粒结晶锆石 U-Pb 年龄为 870±3 Ma,代表混合岩化的年龄;建阳莒口大金山岩组斜长角闪岩两颗无色透明长柱状自形锆石近于和谐的年龄为 855.5±7.5 Ma,显然不是斜长角闪岩的原岩年龄,而是锆石的结晶年龄,代表了晋宁期构造热事件年龄。此外,马面山岩群成岩之后的变质年龄主要集中于两组年龄范围之内,一组为 890~760 Ma,一组为 480~400 Ma,分别代表晋宁和加里东构造运动热事件。

(3) 闽西北地区建阳小串和浦城杉坊黑云母二长花岗岩单颗粒锆石 Pb-Pb 年龄分别为 906 Ma 和 865 Ma;闽西南地区上杭梅坝黑云母二长花岗岩单颗粒锆石 Pb-Pb 年龄为 796 Ma,这些年龄数据为晋宁期岩浆活动提供有利的证据。

综上所述,晋宁运动是省内一次重要的构造运动,除前震旦纪地层产生强烈而复杂变质变形外,岩浆侵入和混合岩化亦是其主要活动特征,其时限为 800 Ma 左右或略早。

2.3 加里东旋回

为震旦纪至早古生代构造旋回,发生于地槽后期回返阶段,岩石具轻变质,变形简单,原始层理得以保存,据地层接触关系划分两幕。

2.3.1 澄江运动(上升)

澄江运动由米士(P. Misch, 1942)创名,原指震旦纪的一次褶皱运动,根据云南澄江震旦纪南沱冰碛层和下伏澄江砂岩之间的微角度不整合关系确定。杨暹和(1979)认为澄江运动主要表现为地壳的上升运动。中国地质科学院 1:400 万地质编图组(1976)注明其发生时间距今约 7 亿年。

福建省地质矿产局^[14]根据闽西南震旦纪丁屋岭组底部出现的含砾砂岩与下伏震旦纪楼子坝组的假整合接触关系,最先指出该假整合界面是澄江运动的反映,但目前仍有人认为可能是晋宁运动的结果。

笔者认为丁屋岭组与其下的楼子坝组主要表现为平行不整合或微角度不整合。丁屋岭组底部含砾石英砂岩及砂砾岩层厚度不大,约 3~15 m,砾石成分较复杂,有变质砂岩、千枚岩、硅质岩等,砾径 0.4~8 cm,最大可达 15 cm,分选性及磨圆度差,界面上下的丁屋岭组与楼子坝组均属一套砂泥质细碎屑岩复理式建造。岩石的变形、变质程度无明显差异,砂砾岩层是地壳短暂上升的一种沉积的(受后期构造作用影响)层间砾岩,因此,将这一界面定为澄江运动(上升)是恰当的,其时限大约为 750 Ma。闽西北地区早震旦世以中酸性火山喷发为

^① 地矿部天津地质矿产研究所、福建地矿局区域地质调查大队、闽北地质大队,闽北前寒武纪变质岩岩层层序划分和构造演化,1991。

主, 澄江运动尚未发现其踪迹。

2.3.2 广西运动

丁文江(1927)创名, 代表中国西南地区志留纪末和泥盆纪初的地壳运动, 指广西莲花山组和下伏的下古生界的不整合。敖振宽(1956)用加里东运动一名代表广西运动, 并列举福建宁洋(现属永安市)泥盆纪南靖群(现改称安砂群包括下部天瓦砾组和上部桃子坑组)和前震旦纪千枚岩之不整合为代表, 此后, 福建多沿用加里东运动一名。本文认为, 以英国苏格兰的加里东山命名的加里东运动, 在欧洲普遍用于早古生代变形的一个名词, 泛指早古生代志留纪和泥盆纪之间发生的地壳运动, 因此, 把加里东一词用作旋回的名称更为确切, 而广西运动则是加里东旋回的最后的一幕。

广西运动是福建境内的一次重要构造运动, 表现为晚泥盆世天瓦砾组底部砾岩与下伏早古生代及其更老地层的明显区域性角度不整合接触, 早古生代及其更老地层遭受强烈的褶皱变形, 地壳隆起成山, 遭受剥蚀, 从而结束福建境内长达约 20 亿年的地槽发展历史, 开始进入准地台演化阶段。

伴随广西运动发生的岩浆侵入和热构造事件亦较明显。近年研究证实的夏茂石英闪长岩(428.2 Ma)、蒲洋格石英二长(闪长)岩(425 Ma)、西溪黑云母二长花岗岩(395 Ma)、竹洲花岗岩(426.1±2.9 Ma)等都是伴随广西运动产生的重要岩浆活动。同时, 马面山岩群许多变质年龄^①, 如泰宁宝石东岩岩组变质角闪岩两颗自形单颗粒锆石平均年龄为 458.1±6.4 Ma、政和马面山东岩岩组角闪变粒岩 3 颗锆石平均年龄为 434.4±4.8 Ma 等, 都暗示了广西运动曾发生过强烈的构造热事件。

根据上述同位素年龄资料以及缺失志留纪和早、中泥盆世地层等事实, 省内广西运动发生的时期主要为志留纪, 即志留纪早中期地壳已开始褶皱回返, 全面升起成山, 早中泥盆世接受剥蚀, 因此, 广西运动的时限约为 405 Ma 或稍早。

2.4 印支旋回

为晚古生代和早中生代(三叠纪)的构造旋回, 发生于地槽结束之后的准地台发展阶段, 地壳以频繁的升降运动为主, 岩石变质、变形微弱。印支运动是福建省内一次强烈的构造运动, 是大地构造格局发生根本性转变的一幕。根据地层接触关系及岩石组合特征, 印支旋回可划为 4 幕。

2.4.1 柳江运动(上升)

柳江运动由朱森(1932)创名, 原指广西早石炭世下燕子组与下伏上泥盆统之间的不整合。其后的研究表明, 两地层间的交角不大, 甚至有呈整合者, 一般认为是造陆运动。

省内柳江运动表现为早石炭世林地组与晚泥盆世桃子坑组之间的整合或平行不整合。林地组是继桃子坑组沉积之后的一次短暂间断再次沉积的另一个由粗到细的以河流相为主的沉积旋回, 岩性为石英砂岩、砂砾岩夹粉砂岩、泥岩。在武平岩前一上杭芦丰—长汀陂角一带以西, 林地组上部夹碳质页岩或煤线; 以东多见含铁质砂岩, 且地层厚度变薄, 并常见超覆于前泥盆纪地层之上, 说明地壳的沉降是由闽西南向东北部的将乐、大田、德化、永春一带

^① 地矿部天津地质矿产研究所、福建地矿局区域地质调查大队、闽北地质大队, 闽北前寒武纪变质岩岩层层序划分和构造演化, 1991。

逐渐扩展的。

2.4.2 淮南运动(上升)

淮南运动由李四光(1931)创名,指中石炭世黄龙群和早石炭世晚期和州段间的侵蚀不整合,以贾汪盆地最清楚。安徽省区测队(1980)则认为在皖中及皖南,黄龙组与早石炭世地层之间普遍有假整合存在,黄龙组可以超覆不整合在下古生界及元古界之上,但淮南及淮北不存在早石炭世地层而不使用淮南运动一名。

省内淮南运动表现为晚石炭世经畚组(层位相当黄龙组)与下伏早石炭世林地组之间普遍存在的平行不整合,为一次地壳短暂振荡上升运动。分布于长汀、上杭、龙岩一带的经畚组底部常见薄层含铁锰质的砖红色硅泥质同生角砾岩或砾岩。经畚组岩性较复杂,在闽西南盆地中心,硅泥质角砾岩、泥岩、粉砂岩中多夹灰岩,盆地的东部及北部边缘以碎屑岩居多,并偶夹薄层硅质岩,地层厚度亦相应变薄。淮南运动(上升)之后,省内晚古生代开始第一次较大规模的海侵,海水由西南向东北扩展,随着时间的推移,经畚组亦由西南向东北具有由晚石炭世达拉期至早二叠世栖霞期穿时特点。

2.4.3 东吴运动(上升)

东吴运动由李四光(1931)创名,指上、下二叠统之间的一次剧烈褶皱运动,系根据南京、镇江一带龙潭组与下伏栖霞组或孤峰组之间推定的不整合确定,属华力西运动中最激烈的一幕。尹赞勋等(1978)则认为上、下二叠统之间都是平行不整合,因而东吴运动不是褶皱运动,而只是造陆运动。

东吴运动在省内表现为晚二叠世翠屏山组与早二叠世童子岩组之间的平行不整合,是一次地壳短暂振荡的上升运动。翠屏山组由砂岩、粉砂岩、泥岩夹煤层(线)组成,底部常见细砾岩或含砾粗砂岩,厚数米至十余米,砾石多为硅质岩,偶有砂岩或灰岩,砾径小于1 cm,次棱角状,分选性及磨圆度差,含量可达30%~50%,硅泥(铁)质胶结。永定、龙岩、永安等地偶见底砾岩之下有数十厘米含铁质的古风化壳存在^①。东吴运动(上升)之后,晚二叠世又开始另一次的海侵。

2.4.4 印支运动

法国地质学者弗罗马热(J. Fromaget, 1934)最早把印支半岛晚三叠世(前诺利克期与前瑞替克期两个造山幕)的褶皱命名为印支褶皱。1945年黄汲清则将中国境内发生于三叠纪的地壳运动称为印支运动,以后并引伸出印支旋回一名,包括整个三叠纪期间(225~190 Ma)的地壳运动。

我国东部印支运动表现强烈和明显,早已为许多地质学家重视并给予研究。福建境内的印支运动亦是继广西运动以来的又一次最强烈的构造运动,表现为晚三叠世大坑村组或文宾山组(焦坑组)与下伏中三叠世及其以前地层的明显不整合,是省内古地理及古构造格局发生根本性剧变的转折点。经印支运动以后,福建全境基本升起为陆,结束晚古生代以来的准地台发展历史而进入亚洲大陆与太平洋板块之间的活动大陆边缘演化的新阶段。

印支运动以地壳的褶皱隆升为主,使得晚古生代地层发生一系列北东向宽缓褶皱与断裂,局部地区如长汀陂角、永安魏坊一大湖一带的泥盆纪—石炭纪地层发生倒转,而在二叠纪煤

^① 黄泉祯, 闽中、闽西南翠屏山组底砾岩及东吴运动。福建省地质科学论文汇编, 基础地质(二), 1979。

系地层中普遍发育的层间褶曲、断裂以及晚古生代地层的大规模推覆、滑脱构造，主要与印支运动有关。与印支运动相伴亦有少量岩浆活动，如德化桂洋二长花岗岩侵入早二叠世童子岩组而被早侏罗世下村组覆盖，Rb-Sr 全岩等时线年龄为 223 Ma，沙县月邦二长花岗岩 Sm-Nd 全岩等时线年龄为 230 Ma，连城宣和黑云母二长花岗岩中的黑云母 K-Ar 年龄为 206~214 Ma 等。此外，文宾山组和焦坑组上部偶有中一基性火山喷发。变质作用除德化阳山至大田广平、大合一带泥盆纪—二叠纪地层变质较深形成片岩、大理岩外，晚古生代早期地层一般均为轻微变质的亚绿片岩相或低绿片岩相。

根据大坑村组和文宾山组盛产诺利克—瑞替克期植物群分子来看，印支运动主要发生于晚三叠世前诺利克期，大致与金子运动、良口运动、安源运动等相当，时限约 235 Ma。

2.5 燕山旋回

为中生代中—晚期（晚三叠世晚期—白垩纪末）构造旋回，福建地壳由海转变为陆，结束准地台型沉积，进入活动大陆边缘演化阶段，由于太平洋板块相对欧亚大陆的挤压（俯冲），频繁的构造运动和大规模岩浆活动（岩浆侵入和喷发）是燕山构造旋回的主要特征，并导致沿海及内地若干北东向热动力变质带的形成。与此同时，北东向的断块升降和北西向的平推挤压则导致闽东沿海大规模的火山喷发，而闽西则形成一系列北东及北西向山间坳（断）陷盆地，形成以磨拉石为主的火山碎屑岩建造。根据地层间的接触关系，燕山旋回可划分为 4 幕。

2.5.1 南象运动（上升）

南象运动由李毓尧等（1935）创名，原指早侏罗世象山群和晚三叠世黄马青组间的不整合关系，以发育于南京南象山得名。1963 年施央申等认为象山群和黄马青组为整合或平行不整合关系，有过渡岩层存在，具有构造的形态继承特点。

福建早侏罗世梨山组或象牙群与下伏晚三叠世文宾山组或焦坑组一般呈平行不整合或超覆于更老地层之上，局部呈整合关系，显示南象运动为造陆性质，早侏罗世沉积大多是继承在晚三叠世之后的残留向斜盆地或超覆于盆地边缘。此外，受北东向断裂控制的新生断（坳）陷盆地，亦是早侏罗世地层沉积的重要场所。南象运动（上升）常伴生北东向的断裂形成，从而导致早侏罗世局部的岩浆侵入和基—酸性的双峰式火山喷发，如永定象牙群上部藩坑组同阶段花岗斑岩 Rb-Sr 全岩等时线年龄为 188 Ma，上部流纹岩、斜长流纹岩 Rb-Sr 全岩等时线年龄为 179 Ma。

王国平将南象运动与金子运动作为印支运动的两个构造活动阶段^[15]。笔者认为，印支运动（相当金子运动）是福建地壳性质发生由海而陆根本转变的一幕，是划时代的一幕，归属印支旋回的末尾，而南象运动（上升）则作为燕山旋回的开始更觉合理。

2.5.2 兰江运动

浙江省区域地质调查大队（1994）创名^①，其后由浙江省地质矿产局（1996）发表^[10]，系指晚侏罗世建德群、磨石山群与下伏中侏罗世地层的不整合，命名地点在兰江之畔的兰溪西樟，以兰溪—梅城的兰江流域较为典型而得名，上侏罗统劳村组与中侏罗统渔山尖组角度不整合关系清晰，接触面不平整状，运动发生时限约为 150~155 Ma。

① 浙江省区域地质调查大队，浙江省岩石地层清理（供审稿），1994。

兰江运动在浙、赣、闽、粤普遍清楚可见,1993年笔者等考察东南沿海中生代火山岩地层剖面时已明确指出晚侏罗世与下伏中侏罗世地层的明显不整合^①,是地层划分的一个重要界面。

福建西部晚侏罗世兜岭群(相当建德群下部)及东部晚侏罗世南园群(相当磨石山群)与下伏中侏罗世漳平组及其更老地层均呈明显不整合接触,是省内燕山旋回的一次重要构造运动,福建省地质矿产局将其划属燕山运动 I 幕^[14]。兰江运动以频繁的北东向挤压型断块升降和大规模的中、酸性岩浆侵入及间歇性的单峰式火山喷发为特点,形成晚侏罗世至早白垩世早期以灰色为主体的火山-沉积岩系。

2.5.3 闽浙运动

李四光(1939)创名,原指中生代末的一次褶皱运动,并认为此运动形成中国东南各省的花岗岩及碱性岩侵入体。顾知微(1989)则认为,闽浙运动在闽、浙两省可以福建石帽山群与浙江馆头组下的微角度不整合为代表^[16]。

闽浙运动是省内燕山旋回的又一次重要构造运动,在闽西表现为早白垩世白牙山组与下伏晚侏罗世一早白垩世坂头组及其更老地层的不整合接触,在闽东则表现为早白垩世石帽山群与下伏晚侏罗世一早白垩世小溪组的明显不整合关系。福建省地质矿产局将其划属燕山运动 III 幕^[14],据近年浙、闽两省岩石地层研究^[5,10],其发生时期为早白垩世早中期,约距今 125 Ma。

闽浙运动仍以北东、北西及北东东向断块升降运动为主,并导致大规模基-酸(偏碱)性的双峰式火山喷发和岩浆侵入,形成以紫红色为特色的火山-沉积岩系。

2.5.4 燕山运动

翁文灏(1927)以燕山为标准地区创名,原指侏罗纪末、白垩纪初期产生的不整合、火成岩活动和成矿作用,后经丁文江(1929)、谢家荣(1936~1937)、李四光(1939)、张文佑(1941)、李春昱(1948~1951)、黄汲清(1960)、赵宗溥(1959、1963)等研究,目前一般认为燕山运动为整个侏罗纪、白垩纪期间广泛发育于我国全境的重要构造运动,主要表现为褶皱断裂变动、岩浆喷发侵入活动及部分地带的变质作用。显然,将发生于整个侏罗纪、白垩纪期间的构造运动统称为燕山旋回更为合理。因此,本文所称之燕山运动仅指发生于白垩纪末、第三纪初的构造运动。

燕山运动是省内燕山旋回最后的重要一幕,福建省地质矿产局划属燕山运动 V 幕^[14],表现为白垩纪赤石群、石帽山群全面的抬升遭受剥蚀,其上被晚第三纪佛昙组不整合所覆盖。由于太平洋板块相对欧亚大陆的俯冲,陆壳的进一步抬升,省内缺失早第三纪沉积,同时,此次运动也奠定了福建现今地形、地貌的基础。

2.6 喜马拉雅旋回

为新生代构造旋回,是活动大陆边缘演化的后期阶段,表现为地壳缓慢地上升,逐步形成现今的地形地貌。岩浆活动微弱,构造以继承性断裂复活和断块隆升活动为特征。根据地层接触关系分为 3 幕。

2.6.1 龙海运动(上升)

^① 福建省地层清理研究组,东南沿海中生代陆相火山岩地层野外考察专报,1993。

龙海运动由笔者提出，指中新世佛昙组与下伏白垩纪花岗岩及更老地层之不整合（图 1、2）。以龙海、漳浦、厦门沿海一带发育，呈北东向分布。

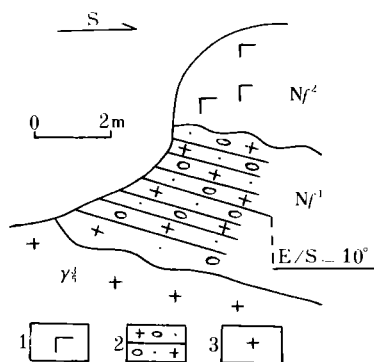


图 1 龙海县港尾东南 6 km 中新世佛昙组与下伏白垩纪细粒花岗岩不整合素描图

Fig. 1 Sketch map showing the discordant contact of the Miocene Fotan Group and the Cretaceous fine granite in southeastern Gangwei, Longhai County

1—玄武岩；2—花岗质砂砾岩；3—细粒花岗岩

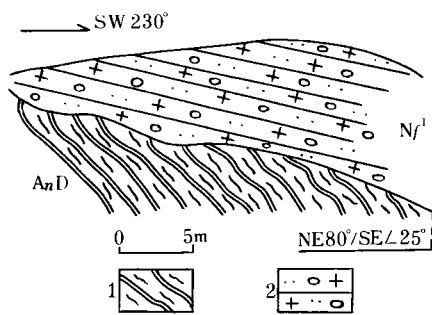


图 2 漳浦县大岭山中新世佛昙组与前泥盆纪变质岩系不整合素描图

Fig. 2 Sketch map showing the discordant contact of the Miocene Fotan Group and the Pre-Devonian metamorphic series from Dalingshan, Zhangpu County

1—片麻状混合岩；2—花岗质砂砾岩

在福建沿海，佛昙组岩性由粗玄武岩和拉斑玄武岩组成，岩石具气孔状、杏仁状构造。受北东向的断裂构造控制。福建西部，佛昙组多呈零星出露，主要为中心式喷发或岩筒状产出，以碱性程度较高的橄榄玄武岩为主。

龙海运动除表现为断块升降导致基性火山喷发外，还见少量受断裂控制的辉长、辉绿岩，呈小岩瘤、岩墙产出，岩体面积一般小于 0.5 km²。福建省地质矿产局在构造旋回划分简表中称之为喜马拉雅运动 I 幕^[14]。

2.6.2 台湾运动（上升）

台湾运动由小林贞一（1954）创名，指台湾地槽的造山运动在更新世以前达到了很剧烈的阶段，台湾的构造由此而趋于完成。中国地质科学院（1962）认为，台湾在上新世末—更新世初是重要的造山期，使本区全面褶皱回返，显示了这次造山运动的强烈和普遍性。

福建更新世沉积与下伏晚第三纪地层普

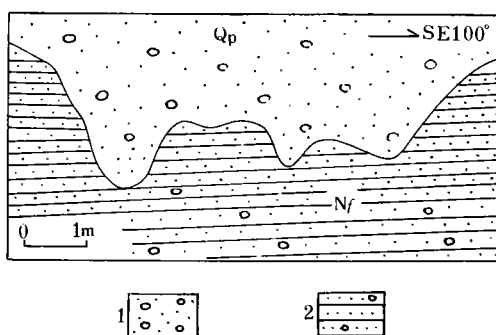


图 3 漳浦县文庵更新统与下伏晚第三纪佛昙组平行不整合素描图

Fig. 3 Sketch map showing the discordant contact of the Pleistocene series and the Miocene Fotan Group in Wen'an, Zhangpu County

1—砂砾、砂土；2—石英砂（砾）岩

遍呈平行不整合。在漳浦文庵可见更新统砂土、砂砾层与下伏佛县组石英粗砂岩呈平行不整合接触(图 3), 内地山区可见海拔高程 700~800 m 的夷平面, 可能为此次运动抬升的结果。因此, 台湾运动在福建境内主要表现为断块抬升。福建省地质矿产局在构造旋回划分简表中称为喜马拉雅运动 II 幕^[14]。

2.6.3 喜马拉雅运动

黄汲清(1945)首先引用时指新生代以来的造山运动, 其实应称作喜马拉雅旋回更为合理。本文特指全新世与更新世地层间的平行不整合, 归属喜马拉雅旋回的最后一幕。

在福建沿海第四纪平原, 全新统东山组底部普遍发育有砾石层, 上更新统龙海组顶部也存在古风化面, 两者表现为平行不整合。在内地山区, 晚更新世 II 级阶地被抬高距现今侵蚀基准面 10~20 m, 与全新世 I 级阶地高差达 5~10 m, 反映此造山幕在福建境内的普遍抬升, 形成现今的地形地貌以及沿海众多的温泉露布。

3 构造阶段和构造层划分及其主要特征

构造层这一概念是 40 年代苏联地质学家提出来的, 美国地质学家则用地层组合来表示这一概念。构造层是地壳发展过程中在一定构造发展阶段中形成的岩层组合。各构造层之间的分界通常表现为明显的间断、区域不整合和构造格局的根本性改变。不同构造层在变质、变形强度和类型上都有明显的不同。

从表 1 中可以看出, 福建地壳演化经历由地槽—准地台—活动大陆边缘 3 大构造发展阶段, 因此可明显划分为地槽构造阶段、准地台构造阶段和活动大陆边缘构造阶段。各构造发展阶段又可进一步划分若干构造层及亚构造层。

3.1 地槽构造阶段

包括元古代至早古生代沉积, 按时间分为 3 个构造层。

3.1.1 迪口构造层

由闽西北区古元古代麻源岩群、迪口杂岩和闽西南区桃溪岩组组成。属一套厚度巨大的广海砂泥质复理式建造, 下未见底, 其上以迪口运动与马面山岩群不整合分界。岩性由各种变粒岩、片岩夹少量斜长角闪岩组成, 其主要特征是岩层变质较深达角闪岩相, 多有混合岩化或长英质脉体贯入, 变形强烈, 原始层理基本消失, 新生构造面理及层间韧性剪切断裂发育, 岩层多呈复杂的线型紧闭褶皱, 地质体多呈块体拼贴或构造岩片, 难以建立正常地层层序。同位素年龄表明, 大约在 $1\ 800 \pm 100$ Ma 产生较强的岩浆热事件, 可能为迪口运动的反映。

3.1.2 晋宁构造层

主要分布于闽北建瓯—南平一带, 由中元古代晚期至新元古代早期马面山岩群组成, 为一套海底喷发的细碧角斑岩及砂泥质、钙硅质复理式建造, 其上以晋宁运动与震旦纪地层呈不整合接触。岩性主要为变粒岩、绿片岩及少量大理岩、石英岩, 偶有变质的中—基性火山岩, 其主要特征是岩石变质较深达高绿片岩相—低角闪岩相, 变形强烈, 原始层理基本消失, 新生构造面理和层间剪切明显, 褶皱断裂极为复杂, 常呈线型紧闭褶皱, 难以建立正常地层层序, 与下部迪口构造层共同组成紧闭褶皱基底, 岩浆活动以中基性海底火山喷发为主。

3.1.3 加里东构造层

由震旦纪—早古生代地层组成。闽西南为浅海—次深海砂泥质、硅质复理式建造,岩性主要为变质砂岩、千枚岩、变质粉砂岩、泥岩夹硅质岩;闽西北震旦纪为中—酸性火山复理式建造,岩性为钠长、钾长或二长变粒岩夹少量变质砂泥岩。其上以广西运动(加里东运动)与晚泥盆世天瓦崙组呈区域性不整合接触。主要特征是岩石具低绿片岩相变质,局部为高绿片岩相,同斜褶皱发育,局部岩层倒转。早古生代沿武夷山脉隆起,海水由闽西北向闽西南退出,同时伴有较强的中—酸性岩浆侵入(同位素年龄 439~425 Ma),在前寒武纪地层中留下明显的变质热事件。

3.2 准地台构造阶段

按时间划分即称为印支构造层,由晚泥盆世—中三叠世地层组成,属一套浅海含煤碎屑岩建造,为省内前泥盆纪褶皱基底之上的盖层沉积,按岩石组合特征进一步划分为 3 个亚构造层。

第一亚构造层 由晚泥盆世—早石炭世(包括天瓦崙组、桃子坑组和林地组)以陆相为主的磨拉石建造组成,是在拉张环境下形成的一套冲积扇-辫状河流相沉积^{[17]①},广泛分布于闽西南地区,其下以广西运动为界,上以淮南运动(上升)为界,主要岩石组合为砾岩、砂砾岩及砂岩,偶夹千枚状粉砂岩及碳质页岩,岩石变质轻微,多形成开阔宽缓褶皱。泥盆纪末、早石炭世初,闽西南拗陷局部有短暂上升(柳江运动),造成林地组与下伏桃子坑组的局部平行不整合,但整个地形格局未发生变化。

第二亚构造层 由晚石炭世—早二叠世(包括经畚组、老虎洞组、船山组、栖霞组、鸣山组或泉上组、文笔山组、童子岩组)海陆交互相含煤细碎屑岩-碳酸盐岩建造组成,广泛分布于闽西南地区,下以淮南运动(上升)为界,上以东吴运动(上升)为界,主要岩石组合为砂岩、泥岩、碳酸盐岩、硅质岩及煤层(线)。由于地壳振荡频繁,海水由闽西南向闽东北入侵,总体构成一个由海侵到海退的沉积旋回,早二叠世栖霞期为最大海侵期,早期海侵地层(经畚组)具明显的由闽西南向闽东北穿时特点。岩石变质一般较轻微,但变形较强烈,褶皱断裂发育,局部地层倒转或产生推覆、滑脱,早二叠世煤系地层的滑塌构造尤为明显。

第三亚构造层 由晚二叠世—中三叠世(包括翠屏山组、罗坑组、长兴组、溪口组、安仁组)以浅海为主的海陆交互相碎屑岩建造组成,下以东吴运动(上升)为界,上以印支运动为界。主要岩石组合为砂岩、泥岩及少量硅质岩、灰岩夹煤线,岩石基本未变质,多形成开阔宽缓褶皱。由于地壳振荡频繁,但海水进退规程仍继承第二亚构造层的基本格局,总体构成一个由海侵到海退的沉积旋回。晚二叠世罗坑组或长兴组为最大海侵期,其后地壳总体处于抬升,至印支运动基本结束在省内的海侵历史。

3.3 活动大陆边缘构造阶段

包括晚三叠世—第四纪沉积,主要由太平洋板块与欧亚大陆板块相互作用的结果,按时间划分为燕山构造层和喜马拉雅构造层两部分。

3.3.1 燕山构造层

包括晚三叠世—晚白垩世沉积。本构造层以陆相山间断(拗)陷盆地沉积和大规模火山活动为其特点,下以印支运动为界,上以燕山运动为界,按岩石组合特征划分为 4 个亚构造

① 福建省区调队,福建省石炭纪岩相古地理及有关矿产的远景预测(地矿部重点科研项目第 6 项),1988。

层。

第一亚构造层 由晚三叠世(包括大坑村组、文宾山组或焦坑组)陆相山间断(坳)陷盆地含煤细碎屑岩建造组成,下以印支运动为界,上以南象运动(上升)为界,主要岩石组合为砾岩、砂岩、泥岩夹煤层(线),晚三叠世晚期局部有浅海-沼泽相沉积和中基性火山喷发,沉积物组成规模不等的北东向盆地。

第二亚构造层 由早—中侏罗世(包括下村组、藩坑组、梨山组、漳平组)陆相山间断(坳)陷盆地细碎屑岩建造组成。下以南象运动(上升)为界,上以兰江运动为界。主要岩石组合为砂砾岩、砂岩、页岩夹煤线。早侏罗世闽西南局部有浅海-沼泽相沉积,早侏罗世晚期偶有中心式基性—酸性火山喷发,形成双峰式火山岩。

第三亚构造层 由晚侏罗世—早白垩世早期(包括闽西园盘组、下渡组、坂头组、吉山组和闽东长林组、鹅宅组、赤水组、小溪组)陆相火山喷发盆地沉积-火山岩建造组成。下以兰江运动为界,上以闽浙运动为界。主要岩石组合为基性—中性、酸性火山熔岩、火山碎屑岩及砂砾岩、泥页岩等。火山岩具挤压环境单峰式特点,沉积岩呈山间断(坳)陷盆地产出。火山岩在闽西以中心式喷发为主,闽东为大规模裂隙式或沿裂隙带的中心式喷发,形成由中性—酸性和中酸性—酸性两个喷发旋回,即鹅宅组和赤水组。地壳以北东向的断块隆升为主,伴随火山喷发的同时或稍晚则是大规模的潜火山岩和深成侵入体的形成。

第四亚构造层 由早白垩世中晚期—晚白垩世(包括闽西白牙山组、均口组、沙县组、崇安组和闽东黄坑组、寨下组、石牛山组)陆相红色断陷盆地沉积-火山岩建造组成。下以闽浙运动为界,上以燕山运动为界。主要岩石组合为紫红色基性—酸(偏碱)性火山熔岩、火山碎屑岩及紫红色砾岩、砂岩、粉砂岩等。火山岩具拉张环境双峰式特点,以中心式喷发为主;沉积岩呈北东、北西及北东东向断陷盆地产出,岩石均呈紫红色。伴随火山喷发的同时或稍晚亦有潜火山岩及深成侵入体的形成。地壳仍以断块升降为主,长乐—东山沿海形成热动力变质带。

3.3.2 喜马拉雅构造层

包括整个新生代沉积。本构造层以陆相基性火山喷发和河谷阶地沉积为特征,沿海地区偶有海积和风积。按沉积物特征分为两个亚构造层。

第一亚构造层 由晚第三纪佛昙组陆相基性火山岩建造组成,省内缺失早第三纪地层。下以龙海运动(上升)为界,上以台湾运动(上升)为界。岩石组合为中心式喷发的玄武岩及少量碎屑岩。沿海地区以块状(拉斑)玄武岩为主,发育柱状节理,其下有薄层砂砾岩、砂泥岩夹油页岩;内地以(碱性)橄榄玄武岩为主,其上有薄层砂砾岩、砂泥岩夹玄武岩及泥炭层。地壳处于缓慢的整体上升。

第二亚构造层 由第四纪松散沉积组成,沉积物为砾石、砂粘土等,沿海地区偶有海积淤泥及风成砂,均未成岩。更新世与全新世之间的喜马拉雅运动,使福建地壳继续呈断块式差异隆升,在沿海地区,闽江口以北相对隆升较高,缺少全新世沉积。

4 结语

(1) 根据福建境内地层序列中的不整合、平行不整合接触关系以及变质、变形作用和岩浆活动等特征,划分出 15 次构造运动,并较系统地阐述了福建构造运动名称、时限及构造运

动性质。

(2) 按区域性不整合界面, 福建省可划分为 6 个构造旋回, 由老而新为迪口旋回、晋宁旋回、加里东旋回、印支旋回、燕山旋回和喜马拉雅旋回。构造旋回的命名, 一般采用该旋回最后一次(幕)构造运动名称, 但加里东旋回因沿用已久而予保留。各构造旋回所划分的构造幕, 即表示一次构造运动。

(3) 从福建元古代至第四纪以来的地壳演化历史以及所表现的阶段性和岩石组合特征, 可划分地槽、准地台和活动大陆边缘 3 个构造发展阶段, 进而按时间由老而新划分出迪口构造层、晋宁构造层、加里东构造层、印支构造层、燕山构造层和喜马拉雅构造层。其中印支、燕山、喜马拉雅构造层又进一步划分为若干亚构造层。

(4) 对所划分的构造层、亚构造层、主要岩石组合特征, 以及变质、变形作用, 岩浆活动、地壳运动性质和古地理格局的形成等地质事件作了较系统地论述和探讨。

(5) 文中沿用省内创名的迪口运动一名并作了系统论述和探讨, 指出迪口运动在空间上可与吕梁运动、中条运动对比, 与邻区浙西南龙川运动相当, 代表马面山岩群与下伏迪口杂岩或麻源岩群的不整合, 可能发生于古元古代末至中元古代早期。

(6) 本文所创龙海运动(上升)指晚第三纪佛县组与下伏白垩纪侵入岩及其更老地层之平行不整合, 将其归属喜马拉雅构造旋回一幕, 代表福建新生代以来的初次地壳抬升运动。

(7) 根据国际前寒武纪地层分会 1988 年在天津讨论(1989 年 7 月国际地科联地层委员会通过)的元古宙三分为古元古代、中元古代和新元古代, 本文予以引用, 以便与国际接轨。但古元古代与中元古代的分界年龄不采用 1 600 Ma, 据省内同位素年龄资料仍以 1 800 Ma 作为分界较好。

(8) 对福建前震旦纪地层首次采用构造地层单位进行划分, 建立桃溪岩组、马面山岩群、麻源岩群和迪口杂岩 4 个群级构造地层单位。其中, 关于天井坪岩组的时代, 从已获 Sm-Nd 全岩等时线年龄 $2\ 678 \pm 41$ Ma 和 $2\ 682 \pm 148$ Ma 两个数据分析, 其年龄值可能偏老, 且天井坪岩组在岩石组合特征、变质变形程度与其上的麻源岩群相似, 故将天井坪岩组置于麻源岩群下部, 归属古元古代较为合理。

本文承福建省区域地质调查队张开毕、李学燮、揭育金、陈斯盾诸工程师审读并多处给予指正, 谨表谢意。

参 考 文 献

- 1 张守信. 理论地层学——现代地层学概念. 北京: 科学出版社, 1992
- 2 陈克强, 汤家富. 构造地层单位的划分与使用. 构造地层单位研究. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995
- 3 李兼海, 王国平, 郑铁藩等. 福建省地层多重划分、对比研究. 福建地质, 1995, 14 (4)
- 4 李兼海, 王国平, 郑铁藩等. 福建省地层多重划分、对比研究. 福建地质, 1996, 15 (1)
- 5 福建省地质矿产局. 福建省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997
- 6 马金清, 王文腾. 福建永定地区下、中元古界变质岩基本特征及地层时代依据. 福建地质, 1993, 12 (4)
- 7 傅树超, 陈觉民, 林文生. 福建建宁西部太古界天井坪组地质特征. 福建地质, 1991, 10 (2)
- 8 袁忠信, 吴良士, 张宗清等. 闽北麻源群 Sm-Nd、Rb-Sr 同位素年龄研究. 岩石矿物学杂志, 1991, 10 (2)

- 9 孙大中. 前寒武纪地质年代学问题的探讨. 中国区域地质, 1990, 9 (4)
- 10 浙江省地质矿产局. 浙江省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996
- 11 李根坤, 林亨才. 福建省同位素年龄及其区域地质构造意义. 福建地质, 1988, 7 (2)
- 12 地质矿产部直属单位管理局. 变质岩区 1:5 万区域地质填图方法指南. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991
- 13 胡雄健, 许金坤, 童朝旭等. 浙西南前寒武纪地质. 北京: 地质出版社, 1991
- 14 福建省地质矿产局. 福建省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1985
- 15 王国平. 福建印支运动基本特征探讨. 福建地质, 1983, 2 (2)
- 16 顾知微. 论闽浙运动和闽浙两省侏罗系与白垩系的分界. 中国南方白垩系会议论文集. 南京: 南京大学出版社, 1989
- 17 王东坡, 刘招君等. 马坑式铁矿形成的古地理古构造特征. 长春地质学院学报, 1983, 14 (3)

Classification and Characteristics of the Tectonic Movements and Structural Layers in Fujian Province

Li Jianhai

(Regional Geological Surveying Party of Fujian Province, Sanmin, 365001)

Abstract

Study of the characteristics of tectonic movements and structural layers is of significance in ascertaining the history of the crustal tectonic evolution. As analysing the stratigraphic sequence of Fujian Province, fifteen tectonic movements since the Proterozoic era can be divided and respectively belong to the six tectonic cycles. The author first established the tectono-stratigraphic units for Pre-sinian strata in Fujian Province and made a systematic exposition on the basic characteristics of the tectonic movements, tectonic cycles, tectonic stages, and structural and sub-structural layers, which systematically reflected the crustal and tectonic evolution of Fujian Province.

Key words tectono-stratigraphic unit, tectonic movement, structural layer, Fujian Province