

青藏高原隆起与东海陆架抬升的对比研究*

赵松龄 于洪军

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 青藏高原的强烈隆起始于第四纪初期,目前仍处于强烈隆起阶段。根据钻孔和浅地层剖面仪测量等大量资料的研究,更新世以来东海陆架的周边也处于快速隆起时期,冰期海退时期的地壳回弹作用有可能加大了东海陆架区的地壳上升量。

晚更新世末期,东海陆架处于沙漠化环境中,大面积分布的第三纪砂岩是冰期时期陆架区最重要的物质来源地。冰期海退时期长江和黄河都不能到达陆架区。

关键词 青藏高原,东海陆架,抬升,第三纪砂岩

通过多年的研究,对陆架区的若干地质问题,可以得到一些有价值的结论,但是仍存在一些难以解决的问题:青藏高原隆起与东海陆架抬升之间的关系、台湾岛何时开始隆升、中国海洋第四纪地层的研究、海洋第四纪地层的划分问题、海洋第四纪地层下界的确定等。通过深海钻探的研究,希望比较完善的解决上述问题。本文在前人工作的基础上,根据掌握的大量资料,对青藏高原隆起与东海陆架抬升作了初步的对比研究。

1 青藏高原的隆起

青藏高原西北部的强烈隆起始于上新世末~更新世初,总上升幅度达 3 100~3 600m^[1],目前仍处于强烈隆起阶段,上升速度达 4.2mm/a。植物学家根据希夏邦马峰北坡上新世地层中发现的高山栎(*Quercus semicarpifoliasmith*)等植物化石,推算上新世以来当地上升了约 3 000m。

上新世时期的青藏高原,地面起伏和缓,一般高度在海拔 1 000m 左右。强烈的隆起的时代始于上新世末,上升幅度达 3 000~4 000m,晚更新世以来上升了 1 500m;高原隆起具有整体性、阶段性和后期加速的趋势^[2]。

塔里木盆地从晚白垩纪到中新世一直处在正常海的环境,中新世晚期,才完全脱离古地中海海侵而成为内陆盆地。

喀喇昆仑山-昆仑山的强烈隆起时代始于上新世末~第四纪初。

据新藏公路沿线两次精密水准复测资料分析(1959~1961,1979~1981),该区的年平均上升速率为 4.22mm/a。其中昆仑山北坡和喜马拉雅山北坡的上升速度最大,达 7~8mm/a^[1]。

青藏高原的许多高山低温环境,成为强大的第四纪冰川作用的中心。青藏高原有三次古冰川

* 中国科学院海洋研究所调查报告研究 2893 号。
国家自然科学基金重大项目提供资助,编号 49291100。
收稿日期:1996 年 3 月 5 日

作用,最早一次出现在中更新世早期,另一次在中更新世晚期,第三次出现在晚更新世。青藏高原存在 4 500m 的切割高原面,是研究古海洋活动的重要场所。茶卡-共和盆地自晚第三纪开始下沉,早、中更新世下沉 1 500m,晚更新世全面回返。

塔里木盆地的极端干旱环境是从更新世晚期开始形成的,其根本原因是由于高原强烈隆起到海拔 4 500m 以后,严重阻挡了西南季风的北进,导致高原内部及北邻地区降水锐减,从而出现冰川退缩,高原湖泊咸化。晚更新世是该区由海洋性冰川转变成大陆性冰川的转折时期。所以晚更新世冰川是在低温、少雪的不利条件下发育的。晚更新世是塔里木盆地沙漠化的重要发展时期,塔克拉玛干沙漠可能主要是晚更新世以来形成的。

拉迪曼认为,大约在 40Ma 至 55Ma 以前,尚未出现高原隆起现象,全球的气温相对平稳。随着高原渐渐升起,大气循环和方向都发生了变化,形成了今天北半球格局迥异的植被组成。西藏高原隆起导致了这个地区季风的形成。高原上空聚积的热空气不断上升,并且由于印度洋海面上吹来的湿润凉爽的空气而发生位移,从而造成了每年的雨季。

雷莫说,正是这些降雨带走了空气中大量的二氧化碳。雨中的二氧化碳与裸露的岩石发生反应,使岩石风化,随之产生的矿物质经河流流入海洋,于是海洋生物的贝壳便有了取之不尽的“食物”来源。最终,这些矿物质将沉积海底,形成石灰石。

表 1 青藏高原隆起的时代、幅度、高度和速率

Tab. 1 Age, range, altitude and rate of the uplift of Tibetan Plateau

构造运动年代 (Ma)	主要隆升标志	西南季风区的标志年均温	平均累积隆升幅度 (m)	高原面平均度 (m)	隆升速率 (mm/a)
现代				4 950	18.8
0.008	MS ₀ 古土壤 山地棕壤	现代垂直分带上界约 3℃	150(100~300)	4 800	5.4
0.1	MS ₁ 古土壤 山地褐土	现代垂直分带上界约 9℃	650(300~1 000)	4 300	1.7
0.5	MS ₂ 古土壤 山地褐红壤	现代垂直分带上界约 11℃	1 320(800~2 100)	3 630	1.9
0.9	MS ₃ 古土壤 高原褐红壤	现代垂直分带上界约 13℃	2 060(1 600~2 600)	2 890	1.0
1.4~1.2	MS ₄ 古土壤 高原褐红壤	现代垂直分带上界约 13℃	2 450(1 800~2 900)	2 500(2 000~3 000)	
2.2~1.7 (2.3~2.0)	落叶阔叶林或针 阔混交林组合	30°N 针阔混交林上界海拔 3 400m	(1 700~2 500)		

表 2 青藏高原的隆起(据综考会)

Tab. 2 The uplift of the Tibetan Plateau

时代	距今年龄(Ma)	高原面高度(m)	隆升平均速率(cm/a)	构造与地貌发育
全新世	0.000	4 700	4.167	加速上升
晚更新世末	0.120	4 000	0.532	峡谷下切,整体隆起断裂,水热
中更新世末	0.200	3 000	0.1	活动大切割期(200~1 000m)断
早更新世末	1.200	2 000	0.435	裂上升,火山活动地盘较稳定
上新世末	3.500	1 000	4.167	构造活动微弱,平面发育时期

从表 1 和表 2 所列举的数据来看,自晚更新世末期以来青藏高原隆起的速度显著加快,具有冰后期地壳均衡回弹现象。产生这种现象的原因是否与青藏高原冰盖消融有关,是值得进一步研究的问题。

2 东海陆架的抬升证据

2.1 朝鲜半岛的抬升

朝鲜半岛的南部普遍存在全新世以来发育的 10m 高的海岸阶地。

2.2 济州岛的抬升

苏维朴组与底部的上新世玄武岩成不整合的关系,该组地层富含海洋动物群,软体动物和有孔虫等,当时的水深在 50~100m,为浅海环境,出露地层达 60m 厚。时代大约为距今 0.6Ma 以来发育的地层。

2.3 东海外陆架的抬升

郑守仪在东海外陆架曾发现有中更新世时期的有孔虫;东海外陆架的海绿石,经钾氩法测年,获得两组年龄为距今 7Ma 和 14Ma。

2.4 台湾岛的抬升

中生代末或第三纪初期,台湾岛开始下沉,海水入侵,成为第三纪地层沉积的场所。从渐新世初到上新世的初期,每一个沉积循环中由一个海退性的陆台相含煤地层和一个海进性的盆地相的海相地层组成,所以台湾北部是 3 个中新世的含煤地层和夹在其中的 3 个海相地层。在西部的新第三纪沉积盆地中,台湾北部和中部的上新世地层由地槽型的海相砂岩、粉砂岩和页岩组成,富含海相化石,全部厚度在 2 000m 以上。在出露的中新世地层中,最老的地层单位由北向南依次消失,所以台湾南部只有中新世中部和上部的地层出露,所有的中新世下部和渐新世的地层已不见出露。

台湾南部的中新世地层大都由深灰色页岩、泥岩和粉砂岩组成,只含有少量的砂岩夹层,它的全部厚度可以达到 4 000m 左右。上新世时,该区有巨厚的泥岩系堆积,全厚可以到达 4 000m 以上^[3]。

到了更新世,西台湾盆地中有浑厚的砾岩层堆积,地槽中的沉积物因淤塞达到饱和状态而渐告结束。随之而来的是剧烈的地壳变动造成台湾最广泛而最重要的造山运动——蓬莱运动。西部山地原来地槽中的沉积物都受到推挤而隆起成山脉,其东面沉积的老第三纪到中新世以泥质岩层为主的沉积物也在这次运动中受到变动,成为一个硬页岩和板岩系,出露在现今的中央山脉中。老第三纪的变质岩盘也受到这个运动的影响而再次活动,并出露在中央山脉的东翼。

这次造山运动发生以后,西部盆地内的新第三纪岩层就发生变形,造成许多褶曲和断层。

更新世晚期构造变动的特征是和缓的区域性上升作用、断块作用、平缓的挠曲作用以及区域性的倾斜作用,表示更新世的造山运动尚未完全停止。台湾现代最重要的构造运动是强烈的垂直运动,这从更新世晚期就开始,一直持续至今。台湾的构造上升率是世界上最高之一,据彭宗宏的报告,在过去 9 000a 台湾南部及海岸山脉的平均上升率是 5.7cm/a,北部海岸地区构造上不活跃,大约 2cm/a(从距今 1 500~5 500a)到 5.3cm/a(5 500~8 500a),台湾的上升率和琉球群岛很相似。

2.5 福建莆田附近港湾海岸的抬升

福建莆田沿海存在近 20m 高的全新世海相地层,这种阶地形成的原因值得进一步研究。

2.6 舟山群岛的抬升

泗礁岛早更新世湖相杂色粘土在海滩上的出露,标志着舟山群岛一带在逐渐抬升。

2.7 苏北浅滩东部第三纪砂岩的隆起

位于勿南沙隆起区的地层,已被最近的研究证实为第三纪砂岩大面积出露区^[4,5]。

3 冰期海退时陆架区“地壳均衡回弹”说的证据

3.1 学说产生背景

冰消期以来,“地壳均衡回弹”作用使西北欧、加拿大都上升了数百米,这已是众所周知的事实。冰期时黄、东海陆架的出露,陆架上失去 130m 以上的水体,这种如释重负是否会引起东海陆架发生回弹?事实上,这种“回弹效应”已经使东海陆架的周边出现了明显的抬升。地壳回弹的典型地区,有可能在济州岛、东海外陆架以及福建沿海一带。

东海外陆架第三纪砂岩的出露,表明外陆架也在升起,这有利于槽坡上形成滑坡堆积、水下冲积扇的发育。这些滑坡体的形成,极易地被误认为三角洲沉积。所以从冲绳海槽的北部、中部和南部都可以找到所谓“长江三角洲”堆积体。

3.2 国外的研究

由于冰后期出现的冰川消融,使加拿大和欧洲地区形成典型的“地壳均衡回弹”现象。这一回弹作用,发生于冰后期,即从大约从距今 15 000a 的冰消期开始,至今仍在持续中。亚洲东部陆架区的情况比较特殊,在冰期时期未能出现大陆冰盖,而出现了大面积海退的环境。中国陆架在冰期海退时是否有可能也会出现“地壳均衡回弹”现象,这是值得进一步研究的问题。假如存在这一现象,那么它应从冰期海退时就已经开始,当全球气候进入全新世后逐渐消失。

太平洋板块与亚洲大陆板块相撞的结果,使台湾和福建沿海的地壳发生隆起,冰期海退时期的地壳回弹作用,有可能加速了当地地壳的上升速度。

4 “海面与河口”关系中双向后退说的提出

冰期时期,长江上游受青藏高原抬升作用的影响,致使冰川发育;固态降雪量的增加有利于冰川发育,而很少产生径流。长江中游冰缘现象的存在,季节性的积雪得以富集,使径流减少。据有关专家的推算,冰期时降水量的减少。中国东部的降水量要减少 1/3,或者仅相当于现在降水量之半,大河流所能得到的降水量将大为减少。据张兰生的研究,在冰期时期的降水量与今日相比的情况是:东北北部为今日的 40%、东北中南部至北京为 30%、山西高原与泰山为 40%,华山与长江中下游山地为 50%;而日本仅有现在降水量的 20~30%,甚至更少。如果降水的形式也发生改变,即年中的降水量主要以固态形式出现,也不利于大河流得到足够的径流。

随着夏季风的减弱,冰期时期的年降水总量是否还集中在 7、8 月份,如果出现“地中海型”的气候特征,使年降水量多集中在冬季,长江与黄河更得不到应有的径流量。这是因为寒冷的冬季,如果出现降水也是以固态为主。无疑,雪地的发育也应当是冰期时期中国东部重要的环境之一。再加上长江、黄河中上游冰川的发育,也储存了大量的水体。这样,冰期时的长江与海面之间就出现了双向后退的现象。双向后退说的提出是对东海外陆架存在所谓古三角洲说的挑战。

5 东海陆架钻孔中提出的问题

5.1 东海 DC-2 孔,孔深 91m,岩芯 18.3m 以下全部为沙质沉积。

5.2 长江口外 Ch-1 孔,水深 24m,0~36m 为三角洲相的泥质沉积;36~60m 为晚更新世末期的沙质沉积;60~84m 为砾石层。从砾石的组成来看,主要是来自当地的古老变质岩系,表明该砾石与长江活动无关;84~99m 为近于砂岩的地层。砾石层厚 24m。

5.3 长江口外 Ch-2 孔,水深 13.4m,孔深 47m 以上为三角洲沉积,47.1m 以下为砂质沉积。

5.4 长江口外 Ch-3 孔,水深 31m,33m 以上为三角洲沉积;33m 以下为砂质沉积。

5.5 崇明岛 Ch-4 孔,41m 以上为现代三角洲沉积;41~88.9m 为砂质沉积;88.9~97.5m 为杂色粘土层;97.6~120m 为灰色细砂层;120~147.8m 为砾石层。砾石层厚 27.8m。

5.6 南汇县 Ch-5 孔,0~28m 为现代三角洲沉积;28~54m 为黄色细砂 54~66m 为粘土质粉砂(相当于黄土沉积层)66~94m 为灰色细砂层;94~134m 为砂砾层,砂砾层厚 40m。

5.7 东海 QC-1 孔,水深 29.5m,85~75m 为砾石层。据中科院海洋研究所的研究资料,上述钻孔中的砾石,主要由当地侏罗纪~白垩纪砾岩风化而来的多岩性的混杂成分所组成,与古长江活动无关。

5.8 晚更新世期间,在现代长江口附近至少有 5 次高海面时期,为何都不能形成类似于全新世以来发育的三角洲沉积,而仅仅在全新世形成了长江三角洲。假如,相当于氧同位素 3 期的亚洲高海面时期存在长江三角洲,为何在 Ch-1 孔的孔深 60~84m 出现砾石层? 值得注意的是,在长江三角洲地区,全新世海侵发生以前为大面积沙的分布区,而在这些沙的下风头上,分布着大面积的下蜀黄土,两者之间有可能存在发生学上的联系。

6 苏北浅滩东部埋藏砂岩体的发现

中国科学院海洋研究所在“八五”期间发现 33°N~32°N,122°30'E~125°E 为海底第三纪砂岩出露区,它的存在同样证明了东海陆架周边确实在抬升。该砂岩体的出现进一步证明苏北浅滩的东部并不存在过去所推想的古长江三角洲的沉积体。

7 冰期海退时期东海陆架地形特征的分析

东海外陆架水深 60m 附近是否存在“垅岗型”第三纪砂岩分布区,这是值得认真研究的问题。通常认为在现代水深 60m 附近已经出现了残留沉积。

从图 1 可以看出,晚更新世末期海退以后的长江口,处于较低的位置,在那时并不存在所谓自然延伸的形态。大约从 60m 水深开始的残留沉积区,实际上为一条 NE-SW 向分布的垅岗,即使存在流水的话,大型河道也难以越过该垅岗,而只能向南流。

8 全新世海侵以前长江是否流入东海陆架的怀疑

8.1 西高东低地形的形成时间的问题。

8.2 晚更新世多次高海面时期,仅形成了全新世长江三角洲,为何其他时间不形成三角洲?

8.3 钻孔中并不存在古长江沉积,而只出现厚层砂质沉积。

8.4 由于外陆架砂岩垅岗的发现,陆架地形是否存在倒置现象。

8.5 在现代的内陆架上存在由长江形成的沿岸流沉积,如果长江口随海面的降低而降低,又随海面的升高而升高,那么在陆架上应存在大面积的泥质分布区,而实际上,陆架为大面积的残留沉积区,不存在沿岸流活动形成的泥质沉积。

8.6 东海外陆架存在系列滑坡堆积体,它们与古长江的活动并无关系。

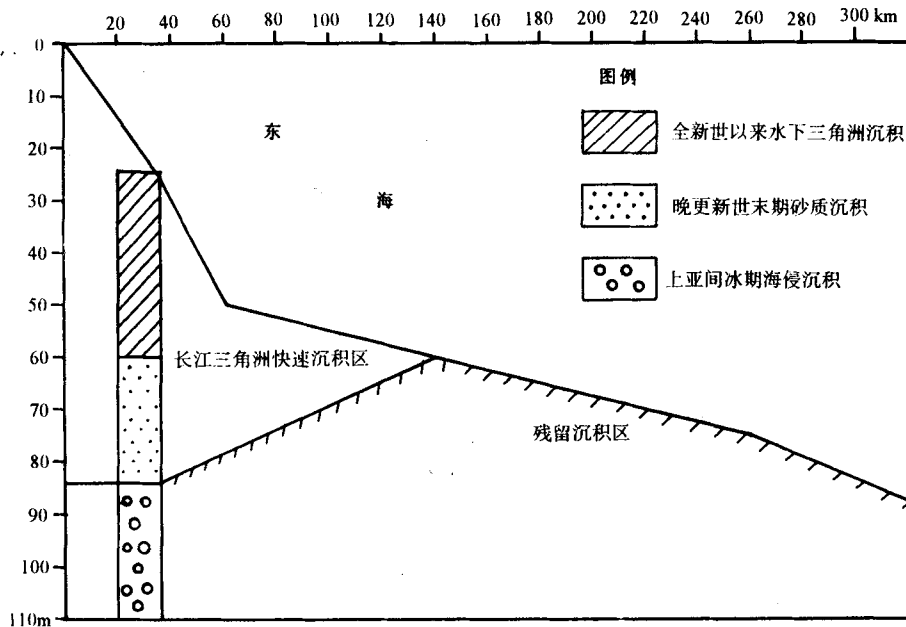


图1 冰期海退时期东海外陆架的地形剖面

Fig. 1 The topographic section of East China Sea shelf during low-sealevel stage in glacial periods

9 几点结论

9.1 现代的长江和黄河三角洲都是全新世海侵发生以后逐渐形成的,冰期海退时期长江和黄河都不能到达陆架区,河流与海面出现双向后退的关系。

9.2 东海外陆架存在垅岗状地形,它在构造上与钓鱼岛隆褶带相一致。

9.3 东海陆架在晚更新世末期也处于沙漠化环境中,大面积分布的第三纪砂岩是冰期时期陆架区最重要的物质来源地。

9.4 东海陆架的周边处于快速隆起时期,从冰期海退时期开始的地壳回弹作用有可能加大了东海陆架区的地壳上升量。

参考文献

- [1] 张青松等,1994。地理学报 49(4):289~297。
- [2] 刘代志,1992。地质论评 38(1):60~67。
- [3] 何春荪编著,1986。台湾地质概论(增订第三版)。经济部中央地质调查所出版。
- [4] 于洪军,1993。海洋与湖沼 24(4):440~441。
- [5] 申顺喜、陈丽蓉、李安春等,1995。海洋与湖沼 28(5):70~75。

STUDY ON COMPARISON THE UPLIFT OF THE TIBETAN PLATEAU WITH RISE OF THE EAST CHINA SEA SHELF

Zhao Songling and Yu Hongjun

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

Received: Mar. 5, 1996

Key Words: Tibetan Plateau, East China Sea shelf, Uplift, Tertiary sandstone

Abstract

The stronger uplift of the Tibetan Plateau began in early Quaternary and it's going on now. Based on the study of many cores data and shallow layer profiler records, all around the East China Sea shelf were also in rapid rising period since Pleistocene. During low-sealevel stage in glacial periods, the rebound maybe increase the ascendind measurement in the East China Sea.

During the upper stage of Late Pleistocene, the desertization occurred in the East China Sea shelf. The large range of Tertiary sandstone was the most important material source. The Changjiang River and Yellow River didn't reach the shelf region during low-sealevel stage in glacial periods.