

三峡、丹江口地区 地震地质研究

李 珩 主编

地震出版社

三峡、丹江口地区地震地质研究

李 坪 主 编

地 震 出 版 社

1 9 9 4

(京)新登字 095 号

内 容 提 要

本书以多年野外工作为基础,从不同学科对三峡、丹江口地区地震地质特征进行了探索。共含论文 14 篇,主要包括区域地层、区域构造及发展、断裂构造及活动、构造应力场及演化、构造运动及地震活动、工程地震及地震区划、水库诱发地震等方面的内容。另外,在结语中,为了满足工程的需要,根据各学科提供的资料和认识,对三峡、丹江口地区的地壳稳定性、未来面临的地震危险性进行了初步评价。

本书可供从事地震地质、工程地震、构造地质、地球物理的科技人员及有关院校的师生参考。

三峡、丹江口地区地震地质研究

李 珏 主编

责任编辑:朱向军



地质出版社出版

北京民族学院南路 9 号

中国地质大学轻印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售



787×1092 1/16 10.5 印张 269 千字

1994 年 2 月第一版 1994 年 2 月第一次印刷

印数 001—500

ISBN 7-5028-1076-5/P. 652

(1469) 定价: 10.00 元

前 言

长江是我国第一大河，流域广阔，水量充沛，蕴藏着极其丰富的水利资源。自四川奉节至湖北宜昌的南津关长约 200 公里，为峡谷地段，其中太平溪至石碑有世界上不可多得的优良坝址，可以修建巨型水利工程。因此，进行本区地壳稳定性的研究，确定地震基本烈度和测定有关的地震物理参数，为今后工程规划设计提供可靠的地震地质依据，具有十分重要的意义。该大坝建成，蓄水达 700 亿立方米，是否可能象丹江口水库那样诱发水库地震，也是一个为人们关注并应当特别深入研究的课题。

丹江口水利枢纽第一期工程于 1967 年建成蓄水。1973 年蓄水至 170 亿立方米后，发生了一系列地震，最大震级为 4.7 级。因震源深度很浅，造成了一定损失。将来第二期工程完成后，蓄水量将增加一倍，达 347 亿立方米，在这种背景下，是否会诱发更大的地震，这涉及到水库地震发展趋势的问题，亦应作出科学的评价。

有关本区地震构造的研究，始于 50 年代。自 1956 年起，徐煜坚、李善邦、李坪、沈玉昌、任美镔、肖楠森等，长江流域规划办公室勘测处、地质部三峡队、北京地质学院、长春地质学院、北京大学地质地理系、南京大学地质系和地理系、地质部地质力学研究所、地质部水文工程地质研究所、地质部航空物探大队、中国科学院地球物理研究所、中国科学院地理研究所、中国科学院地质研究所、国家地震局地质研究所、国家地震局武汉地震大队、湖北省地质局、河南省地质局等单位，先后在本区做了大量工作。

由于工程的需要，我们于 1956—1965、1978—1982 年在本区进行了一些野外地质调查和地球物理探测工作，在取得的资料基础上，进行了一些实验和专题研究。从地震地质的角度，综合上述研究成果，对几个坝址进行了评价。认为：三峡坝址具备优良的地质条件，在坝址区不会发生破坏性地震。丹江口坝址相比之下则差些，尚不能排除在坝区附近发生破坏性地震的可能性，因这里存在活动性丹江断裂和陶岔断裂。两个水利设施，都属于巨型的永久性工程，其下游是我国的经济、文化重地，所以对工程安全的考虑，不仅是百年大计，而应是千年大计、万年大计，在安全上应确保万无一失。从这一点出发，在为工程建设提供地震地质资料和数据的同时，对本区是否会发生水库地震和其他一些有关问题作了探讨。

我们所作的野外调查和观测的范围主要是以三峡和丹江口两个坝址为中心，根据研究课题的需要而确定的，东边大致以钟祥、宜城为界，这里是近南北向巨型地堑地垒系的东部边缘，这条地堑地垒系在中、新生代时期有着强烈的断裂活动，是本区的一条主要地震活动带。西到秭归、巴东，因为三峡大坝所在的地质体，是一个完整的地质构造单元，形成的边界条件及其应力场特征都是以此为界的；同时我们还着重提出了距坝区最近的仙女山断层和新华断层，作为构造单元的边界，它们可能是一条大的活动性断裂带。北边到西峡，这不仅是因为新发现的丹江断裂带，作为一条地震活动带在这里有着较好的剖面，同时北西西向均郧断裂带中的最活动地段，即沿断裂带发育的中、新生代断陷盆地，向北也大致分布在这里。南至松滋、五峰，主要是因为天阳坪断裂发育在这一带，它是三峡坝

址所在构造单元的南缘界线，也是距坝址较近的活动性断裂之一。

本书以多年野外工作为基础，从不同学科对本区地震地质特征进行了探讨。主要工作方法是老构造到新构造再到近代构造，从地壳的表层到深部，从定性到定量，从静态到动态，将野外考察、定点观测与室内实验结合起来，把构造运动的空间、时间和强度几个参量综合起来考虑。试图通过对过去地质事件演变的研究，探讨现在所处的状态，从对“过去”的认识，来预测未来的发展趋势。很显然，这种预测的准确程度，只有等待未来的实践来验证了。

本书首先对本区的地层作了简单的介绍，在此基础上，根据沉积建造和构造变形，对本区的构造发展阶段作了划分。由于作为构造单元分界线的深大断裂与强震的孕育和发生有着密切的关系，所以成为我们研究的重点。

鉴于破坏性地震同活动性断裂带有明显的依附关系，故断裂带中第四纪断层的存在，就具有突出的重要意义。本区第四纪断层多在土层中，由于近十几年来的大量施工或其他原因而遭到破坏，已很不容易找到。为使大家知道这些断层的存在，加深对本区地震危险性的认识，书中对各断层作了专门描述。位于黄陵断块西北角的新华断层和西南角的仙女山断层，是距三峡坝区比较近的两条大断层，曾引起中外学者的极大关注，认为二者有发生强震的可能。为使大家了解这两条断层的具体情况，这里特将过去所调查的结果整理出来以供讨论研究。

以往野外实地考察多注重在三峡和丹江口等坝址区及其附近地区，再远主要就是一些路线考察，面上工作做得比较少。为了查清大断裂带的展布情况和新活动，以弥补地面观察的不足，为此专门作了卫星照片的解译。

深部构造仅是根据已有的重力资料，以均衡论的观点，对本区现代地壳运动的均衡补偿情况作了分析，并探讨其与地震危险性的关系。另外，对有争议的近南北向丹江大断裂带进行了天然地震转换波的观测。

为了探讨本区近期构造运动与地震的关系，这里利用大地测量资料，对近南北向断裂带及其两侧现代上升地区的运动特征和现代下降区的运动概貌进行了剖析，并进一步分析本区现代构造运动的特征。

有关水库地震问题，书中对已发生水库地震的丹江口水库作了地质条件的分析，探讨了水库地震发生的原因，并对第二期工程后的地震趋势和发震的时间、地点、强度都进行了研究。三峡水库建成贮水后是否会象丹江口水库一样引起地震，文中作了初步的探讨，并对地震的强度和发生地点进行了预测。

根据本区构造格架，我们还进行了不同材料的物理模拟实验，以研究本区的应力分布特征同地震活动的关系，并探讨了丹江口水库地震的成因。根据上述的分析和计算，预测了第二期工程后水库地震的趋势。

地震的发生与构造应力场是密切相关的，对此从构造形态、地形变观测、震源机制分析和实地地应力测量结果进行了综合研究，试图弄清本区应力场的演化及现今所处的状态。最后，结合强震在大断裂带的分布情况和区域应力场背景，参考模拟实验所取得的结果，对未来地震的可能发生地点和强度进行了预测。

根据本区的地震活动频度、强度和分布，进行了区域地震分析，并结合活动性断裂带的展布，进行了地震带的划分。与此同时，对本区历史地震及近期仪器记录的小震作了时、

空、强的分析研究。又利用线性预测理论、小震自相关函数分析等数理统计方法，对本区未来的地震活动作了预测。最后，还计算出将来发生不同震级的地震时，三峡坝区和丹江口坝区可能遭到的最大影响。我们认为采用这些地震物理参数，将比一般所采用的基本烈度更适于工程设计的要求。

最后，在本书的结束语中，为了满足工程的需要，根据各学科提供的材料和认识，作出简短的结论，对本区的地壳稳定性、未来所面临的地震危险性进行了初步评价。

由于本书是从不同的角度、不同的途径来论证本区的地壳稳定性和地震危险性的，所以各篇文章力求保持各自的观点，对某些问题的理解和认识不尽相同，甚至有矛盾的地方。我们为了利于问题的探讨，促进认识的深化，还是把不同的观点和认识都提出来，没有去强求一致。有趣的是，从全书来看，大家对本区的区域稳定性和地震危险性的评价基本上是一致的。

另外，需要说明的是本书在 70 年代就已编就，最早的文章是 1960 年写的（每篇文章都已署出写作年代），为何至今才出版呢？原因种种，诸如组织的规定、出版经费……等等，直到改革开放的今天，三峡工程即将全面动工之际，承上级指示：“有关科研资料和成果，应当刊出，以便交流”。趁此东风，审视 10 多年前各课题所提出的有关材料，觉得仍有出版的价值，因为：它是当时多年实地工作的总结，经过 20 多年来后继工作的检验，尚未发现重大的谬误。这里要特别提出，有些重要的认识，至今尚未引起人们的重视。现正值三峡工程“八五”攻关科研项目的开展；今后在本区将有一系列的大型工程即将兴建；有些工程虽已建成，但现在又发现一些新的问题，需在以后的护养过程中予以解决。因此本书的内容仍有值得参考的地方，现出版以飨读者。

编 者

1993 年 8 月

目 录

前言

三峡、丹江口地区区域地层概况.....	(1)
长江三峡地区区域构造特征.....	(5)
三峡、丹江口地区第四纪断层	(18)
根据卫星像片判读长江三峡地区的断裂构造	(26)
仙女山断层	(33)
新华断层	(41)
丹江断层远震转换波测深	(47)
三峡、丹江口地区现代构造应力场模拟实验	(52)
三峡、丹江口地区区域构造应力场的演化和发展趋势	(74)
三峡、丹江口地区重力均衡补偿的分析	(84)
三峡、丹江口及其周围地区的地震活动性研究	(97)
三峡、丹江口地区现代构造运动及其与地震的关系.....	(118)
三峡、丹江口地区岩石地面地震反应预测.....	(137)
三峡、丹江口库区水库地震问题的探讨.....	(145)
结束语.....	(157)

三峡、丹江口地区区域地层概况*

根据我们自己的调查资料并综合了湖北、河南两省地质局及其他兄弟单位的大量资料,这里将三峡、丹江口地区区内的沉积岩、变质岩和岩浆岩分区简介如下。由于房县—青峰深断带是本区各类岩石的重要分界线,故文中特以此断裂带为界,分为丹江口地区和峡东地区两部分分别介绍。

一、丹江口地区

1. 沉积岩类

本区沉积岩系分布在均郧断裂带以北地区。有寒武纪到石炭纪的地层⁽¹⁾,各时代地层发育不全,都或多或少有所缺失,但地层总的厚度却比较大,达3000—6000米。说明区内在这一地质时期以下沉为主,而且升降运动也比较频繁。志留系与泥盆系之间的角度不整合,乃是加里东运动在本区的反映。

石炭纪以后,整个地区作整体性抬升,故普遍缺失二叠纪到侏罗纪的沉积物。侏罗纪末期,因受到强大的燕山运动的影响,形成了轴向近东西的褶皱系。而后沿断裂带发生了调整性差异运动,形成南襄盆地,并沿一些深大断裂的局部地段发生陷落,堆积了白垩—早第三纪的“红色类磨拉石建造”^(2,3),此即平时大家所说的“红层”。下第三系与上第三系间为不整合接触,表明了喜马拉雅运动对本区的影响。由于本区位于两个不同的大地构造单元的过渡地带。新构造时期,华北平原自晚第三纪以来强烈下沉,表现出超覆式的沉积特点;本区则作整体性抬升,除南襄盆地有比较齐全的沉积物(出露在盆地的边缘)分布外,在外围山区仅在夷平面和阶地上有些残留。如郧西附近的上第三系和河流阶地上的冲积层,表现出退覆的特点。南襄盆地上第三系的厚度同南面洞庭湖盆地差不多,都为800米左右。但南襄盆地的第四系一般厚为50米左右,最厚仅达100米。而洞庭湖盆地内的第四系厚度则在200米以上,反映了二者升降幅度的不同。由此可知丹江口地区的差异运动幅度较之峡东地区微弱。

2. 变质岩类

本区普遍遭受早元古代吕梁运动的强烈影响,区内下元古界及以前形成的所有岩系都经受了强烈的区域变质作用,形成一套以片岩为主的变质岩系。晚元古代震旦系变质较轻微,以片岩、千枚岩、大理岩及白云质灰岩为主。

这里要指出的是,在湖北省随县一带的应山群,过去也是划为元古界的,近年湖北省第八地质大队⁽⁴⁾在该群内发现了腕足类、腹足类、珊瑚及微体古生物等化石,故将其时代定为古生代志留纪至泥盆纪,并将其地层划分为五个组。

天星庙组:为灰黄、灰绿、浅灰色凝灰质钠长板岩、绢云钠长千枚岩和绢云片岩等,厚

* 刘行松执笔(1980)。

730—860 米。

柳林组：为灰黄、灰绿、黄色凝灰质粉砂岩、砂质粉砂岩及变凝灰质砂砾岩，厚度达 1208—1799 米。

尚家店组：为深灰、灰黑、灰黄及浅灰色炭质板岩、泥灰岩、钙质板岩、结晶灰岩、结晶泥灰岩及绢云千枚岩夹枕状基性熔岩，含微体古生物：小光面球泡、冗面膜片、小刺藻、艾森奈克几丁虫、维几丁虫、原始光面球泡等。

雷公尖组：为一套偏碱性的海相喷发岩。灰绿色块状、片状辉斑玄武岩，杏仁状玄武岩、玄武质火山碎屑岩，夹绢云母千枚岩、生物大理岩及凝灰质大理岩等，厚 50—2000 米。含石燕类，蜂巢珊瑚及星园基、全脐螺科，小嘴贝等。

黄家湾组：为灰白、灰黄、深灰、黄灰色石英砂岩、绢云千枚岩、钠长绢云千枚岩、绢云板岩、绢云石英板岩、钠长板岩、凝灰质绢云钠长千枚岩和白云片岩等，厚 3318—4126 米。含腹足类化石：曲线螺科、莫氏螺科。

随县的应山群因发现可靠的化石证据，它的时代变新了，说明本区不仅受到吕梁运动的影响，而且也受到加里东运动的影响。不过要指出，加里东运动只使部分地区的岩系变质，这可能是位于大断裂带受到断裂运动影响所致。

3. 岩浆岩类

本区岩浆活动强烈，但从老到新有逐渐减弱的趋势。

元古代的岩浆活动，有侵入也有喷出。喷出岩几乎分布于中、下元古代所有地层中。郧西、郧县和老均县一带，以酸性火山岩（流纹斑岩、霏细斑岩和酸性凝灰岩）为主，因变质已全部片理化，局部夹有中基性火山岩（石英绿泥石片岩）。武当山北缘，以中酸性火山岩为主，其特点是：从老到新岩性由中性逐渐变为中酸性。武当山南侧，广泛出露中酸性变质火山岩。

元古代末期，喷出岩出现在震旦纪耀岭河群中，岩石受到不同程度的变质作用，是一套多期海底喷发的细碧角斑岩建造。这套火山岩系在不同的地段岩性和厚度变化都比较明显，在郧西附近最大厚度达 5000 余米，向北到南化，向南到羊尾，向东到丹江口都递减变薄，厚度只有 300 米左右，随着厚度的减小，细碧岩减少，角斑岩增多。

侵入岩均侵入到元古代地层中，又被震旦纪地层不整合覆盖。在震旦纪下部的碎屑岩中发现有侵入岩的砾石⁽⁵⁾。早期以超基性—基性岩为主，晚期以中性—酸性岩为主。

超基性岩比较集中在武当山地区，岩体成群产出，规模一般较小，个别可达 10 平方公里以上，常呈岩床、岩墙、岩脉状产出。属铁质或富铁超基性岩。

基性岩的侵入是元古代最主要的岩浆活动，产出的数量较多，主要分布在武当山、大洪山地区，岩体成群产出，为岩床、岩脉、岩瘤、岩盘等，从深成相到浅成相都有。

中—酸性岩，主要分布在河南省境内，为岩基、岩株、岩墙等。岩石类型有闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩、二长花岗岩及石英正长岩等。

早古生代以侵入岩为主，喷出岩次之，侵入的最新地层为志留系。侵入岩以中基性岩最多，如变苏长岩、闪长岩和基性岩；其次是碱性岩，如角闪正长岩、正长斑岩；酸性岩如花岗斑岩、花岗岩较少见。另外，在大洪山地区还有一些类似金伯利岩的偏碱性超基性岩产出⁽⁵⁾。本期侵入岩的共同特点是规模较小，多呈较大的岩墙、岩床及岩脉产出，长宽比相差较大，走向与围岩一致。

本区的喷出岩为一套偏碱性的海相喷发岩和富含钠质的中酸性火山碎屑岩, 产出在大洪山地区的应山群中, 岩石类型有辉斑玄武岩、拉斑玄武岩、安山玄武岩、玄武质角砾熔岩和杏仁状玄武岩等。

晚古生代、中生代的岩浆活动, 只限于河南省境内, 以酸性为主, 如分布在南阳, 西峡一带的老君山岩体(花岗岩)、霸王砦岩体(花岗岩)及龙潭沟岩体群(花岗岩), 均属晚古生代的产物。分布在淅川毛堂以西的花岗岩体和西峡阳城之北的花岗斑岩体, 规模都很小, 为中生代晚期的侵入物。

二、峡东地区

1. 沉积岩类

在峡东地区, 沿长江峡谷两岸, 由秭归到南津关有名闻中外的中国东部震旦纪—侏罗纪完整的地层剖面。

震旦纪以来到早古生代, 本区是一个比较稳定的地区, 以下沉为主, 同时以平稳的振荡运动活动着。这个时期地层发育完全, 沉积了一套由陆相碎屑沉积逐渐过渡到浅海、滨海相的灰岩和页岩互层, 不同时代的岩层多是整合接触^(7,8,9)。

晚古生代基本上继承了早古生代的特点。在早古生代末期缓慢隆起的基础上, 海水一度退去, 致使区内缺失下泥盆统。到中泥盆世海水再度入侵, 沉积了一套由砂、页岩到灰岩的浅海、滨海相的沉积建造, 与早期沉积层为假整合接触关系。二叠纪中期以后, 区内结束了海侵的历史, 海相沉积被陆相沉积所代替^(7,8,9)。

中生代早期又继承了晚古生代的特点, 沉积了一套海相灰岩, 平行不整合于二叠系之上。根据沉积物分布的局限性和岩相的明显变化, 可以看出, 三叠纪中期以后因印支运动的影响, 本区便进入了一个新的时期, 原先的大范围振荡运动现在为强烈的差异升降运动所代替。此时地壳破裂解体, 断块参差升降, 晚三叠纪的陆相砂、页岩, 在黄陵断块上缺失, 说明它已隆起成为剥蚀区。到侏罗纪, 沉积物更局限在黄陵断块东西两侧的当阳盆地和秭归盆地内。从这个时期长石砂岩的大量出现, 说明黄陵断块受到剥蚀基底已裸露出来, 所以才有大量长石砂岩的堆积^(10,11,12)。侏罗纪末, 本区又经历了一次强烈的构造运动, 即中国东部最普遍的一次构造运动——燕山运动。区内侏罗纪及其以前的所有地层普遍发生褶皱和抬升, 使白垩系局限在黄陵断块以东的江汉盆地及某些活动性深大断裂带的局部断陷地段, 它是一套红色粗碎屑类磨拉石建造, 与侏罗系或其以前的地层呈不整合接触^(13,14)。

下第三系继承了白垩系的特点, 仍是一套红色河、湖相类磨拉石建造, 整合于白垩系之上⁽¹⁵⁾。早第三纪以后, 喜马拉雅运动使早第三纪以前的地层发生变形, 遭受剥蚀。所以, 上第三系不整合覆盖在下第三系之上。总的说来, 这时整个地区大面积抬升, 致使晚第三纪的沉积物局限于仍继续沉陷的洞庭湖盆地之中。上第三系与下伏的白垩—下第三系相比, 它自成为一个系统, 在岩性上自下而上, 为砾岩、砂岩、泥岩到泥灰岩, 表现出一个完整的沉积旋回。在颜色上, 与棕红、紫红色的白垩—下第三系不同, 呈现出灰到灰绿的颜色⁽¹⁶⁾。第四系与第三系间也是不整合接触, 表明晚第三纪末期, 又经历了一次构造运动。在第四纪的沉积上, 仍继承了上第三系的特点, 沉积物主要堆积在洞庭湖盆地区, 厚达 200 余米, 局部地区可达千米。在四周隆起区, 仅在夷平面和阶地上有一些冲积物, 为一套由粗到细

的韵律式沉积。在第四系的整个剖面上,至少可以看到四次以上的沉积韵律。它反映了本地区地壳间歇性活动的特点。

2. 变质岩类

本区的元古代岩系与丹江口地区一样,曾经受了吕梁运动的强烈作用,使区内震旦纪以前的岩系深度变质。在黄陵断块形成一套以片麻岩类为主的岩系,构成本区的结晶岩基底^[19]。在神农架地区为一套以白云岩、板岩、千枚岩为主的岩系。其上均被震旦系不整合覆盖。由于两套岩系没有直接接触,二者在时代上是否相当或孰新、孰老,至今还未定论。

3. 岩浆岩类

本区岩浆主要活动于元古代。出露于黄陵断块的核部和神农架地区。黄陵断块的岩浆活动,独自形成一个完整的系列。最早是超基性、基性岩,如太平溪等地的纯橄榄岩、辉橄岩、辉石岩等;次为斜长花岗岩、黑云母花岗闪长岩;最后是黑云母石英闪长岩、石英正长岩等^[5]。它们均侵入于前震旦纪结晶岩系中。震旦系不整合于基上。

古生代本区岩浆活动微弱,仅在钟祥县附近有小型超基性岩侵入体。

本区中生代基本上没有岩浆活动,至少在我们研究的范围内,到目前为止尚未见有岩浆活动的报道。新生代岩浆活动也不强烈,仅在江陵的早第三纪地层中有多层玄武岩产出。根据江汉石油勘探开发研究院的资料,其绝对年龄值为0.52—0.465万年。

参 考 文 献

- [1] 河南省地质局地质科学研究所, 1978, 1:50万河南省基岩地质图。
- [2] 河南省地质局石油地质队, 1961, 南阳盆地1960年地质总结报告。
- [3] 王德有等, 1976, 河南省白垩纪—第三纪地层。
- [4] 湖北省第八地质队地质科实验室, 1976, 对湖北随县南部原元古界应山群地层的新认识, 湖北地质科技情报, 3期。
- [5] 湖北省冶金地质勘探公司研究所, 1976, 湖北省1:50万岩浆岩分布图及说明书。
- [6] 湖北省地质科学研究所鄂西北基性超基性岩小组, 1973, 中南区基性超基性岩科研座谈会地质资料选编。
- [7] 北京地质学院三峡地层队, 1960, 鄂西三峡区秭归宜昌一带地层志。
- [8] 湖北省区域地质测量队, 1973, 1:50万湖北省地质图说明书。
- [9] 湖北省地质局三峡地层研究组, 1978, 峡东地区震旦纪至二叠纪地层古生物, 地质出版社。
- [10] 李坪、刘行松, 1962, 长江三峡地区区域构造背景及新构造运动发展趋势的探讨。
- [11] 江汉石油管理局石油地质学校一〇一队, 1975, 秭归向斜地层研究报告。
- [12] 王铁冠, 1976, 当阳复向斜北部地面地质详查报告。
- [13] 孙振华, 1978, 江汉盆地北缘的白垩系。
- [14] 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 1961, 三峡地区红层时代及划分问题。
- [15] 江汉石油管理局地质所, 1975, 江汉盆地早第三纪沉积特征。
- [16] 中南地区区域地层表编写小组, 1974, 中南地区区域地层表, 地质出版社。
- [17] 湖南省地质局四一三队, 1978, 洞庭湖及其外围地区的第四纪地层与新构造运动。
- [18] 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 1961, 鄂西川东洞穴调查报告。
- [19] 李鄂荣, 1959, 黄陵背斜前震旦纪结晶岩、岩性、岩相及地质构造的研究, 水文工程地质论文集(2), (三峡专辑), 地质出版社。
- [20] 据湖北省地质局, 1974, 1:20万区域地质调查报告。

长江三峡地区区域构造特征*

区域地质构造是论证一个地区地壳稳定性的基础。为解决近期地壳运动的特点及其发展趋势,须从其构造运动的发展及其变形历史着手研究。众所周知,晚期构造往往受到早期构造的制约,表现出明显的继承性特点;但由于各构造期的介质条件和区域构造环境的改变,如岩层物性和结构的不同,作用力的方向、大小的改变,所以我们所说的继承性特点,就不可能是简单的重复,而是随着时间的推移,更进一步增加了许多新的内容,即在老构造的基础上产生了新的构造。虽然这种新的构造有它自己的新生特色,但它又不可避免地包含了老构造的成分。这种构造运动历史中的继承(限制)和发展(改造)的矛盾运动,在现今地壳活动性的研究上有着重要意义。

基于上述指导思想,在这里我们不准备对研究区的大地构造的发展和构造单元的划分作全面的论述,而仅仅是围绕着两个大型工程地区,对与其关系较为密切的一些重要问题进行探讨。

一、区域构造基础

本区构造形态比较复杂,有不同方向、不同时代的褶皱和断裂在这里展布着。从构造形变来看,方向不同、形态各异的构造变形组合在一起,说明这一地区曾受到多期构造运动的影响。由于各种构造体系之间的相互牵连、限制、改造的结果,致使本区形成一幅叠加、镶嵌、穿插、交汇的复杂构造格局。

从图1可以看出,研究地区深大断裂带很发育,不同方向的断裂带纵横交错,将地壳切割成大小不等、形状各异的块体,从被切断的地层和岩体分析,其中有的切割很深,有的切割较浅。深大断裂带和由它们切割而成的断块构成本区的地质结构背景。总的说来,本区以北西西向、北北西向和北东向三个方向的构造最为发育,在本区起了决定作用。它们主要表现在大家所熟知的东秦岭褶断带;南襄盆地、江汉盆地南北向洼陷带;鄂西、湘西褶断带。丹江口大坝就位于东秦岭褶断带中的均郎断裂带和南北洼陷带中的丹江断裂带的交汇处;长江三峡坝址即位于南北向洼陷带和鄂西褶断带的分界处——南北向地堑地垒系中的黄陵断块的内部。

1. 北西西向构造

位于研究区的北部,大致以房县-青峰断裂带为南界,是一套走向北西西或近东西向深大断裂带和同方向的褶皱系所组成的构造带,即东秦岭褶断带。区内自北而南,主要的断裂带有:均郎断裂带、黄龙滩-草店公路断裂带和房县-青峰断裂带等。此外,在三峡地区,尚可见到与其近于平行的雾渡河断裂带和天阳坪断裂带,二者可能是北西西构造带在南部的历史陈迹,后期又有所活动。它们的延伸长度均在几十公里至百余公里。

* 李珏、刘行松执笔(1980)。

根据构造带内元古界的分布和夹于其间的变质岩浆岩的存在（生成于元古代以前）可以看出，本构造带的生成时代当在元古代或更早。元古代末，构造带的南部武当山地区强烈隆起，这时作为本区基底的前古生界已裸露出来，成为武当古陆。而均郢断裂带以北地区，开始沉陷，作为“秦岭地槽系”的一部分，在这里沉积了一套从震旦纪到石炭纪的地层，厚达万米左右。在这一套岩系中，缺失上奥陶统、上志留统和下泥盆统等地层。在泥盆系与志留系之间，二者更存在角度不整合。在这一时期，沿断裂带有超基性、基性、中性、酸性到碱性的岩浆侵入。岩体的延伸方向与构造带的走向基本一致。以上种种现象表明，北西西向构造带在这一时期的活动很强烈，除褶皱运动外，断裂活动也占重要的位置。大断裂带不仅是深部岩浆活动的通道，而且也是地块强烈差异活动的边界。石炭纪以后，整个构造带持续隆起，遭受长期剥蚀，在广大的地区内普遍缺失石炭纪以来的沉积物。其后，大致在侏罗纪末，构造带与南部地区一起经历了一次强烈的构造运动——燕山运动。由于构造带内基底的参差起伏，使整个构造带在构造变形上有着显著的差别。如均郢断裂带以北是古生代沉积区，基底深埋，沉积盖层硬化程度较低，均郢断裂带本身也是一个软弱带，所以二者在燕山运动的强烈侧压下，构造变形显得特别剧烈，在大区域内岩层直立或倒转形成紧密褶皱。而夹持于黄龙滩-草店公路断裂带和房县-青锋断裂带之间的武当山区，由于基底高高隆起，元古代的变质岩系已经硬化固结，所以在这次运动中，除一些断层表现出继承性活动外，早期的宽缓褶皱仍保持了原来的形态。它与北部地区的强烈褶皱形成鲜明的对照。

燕山运动以后，在强大的侧向挤压力逐渐消失的条件下，便转入应力松弛调整阶段。在构造带内，沿着一些大的断裂带，在局部地段形成一些断陷盆地。如在均郢断裂带内，即形成漫川关盆地、郢西盆地、郢县盆地和老均县-丹江口盆地等；在房县-青锋断裂带内有房县盆地，其西北部还有竹山北西向盆地等等。在这些盆地中堆积了白垩—第三纪以来的地层，它是一套以红色类磨拉石建造为主的沉积物，厚达1000—2000余米。这一时期的构造特点是：在整体抬升的背景中，在断裂带的局部地段发生长期陷落形成大小不等形状各异的断陷盆地。从各盆地中沉积物的变形来看，一般多为单斜和正断层，反映出较松的应力环境。断裂带持续活动，一直延续到第三纪。

构造带的近期活动，主要表现在一些深大断裂带上存在大量疏松的未胶结的断层角砾岩和断层泥、在陶岔等地更发现第四纪断层和沿断裂带的地震活动。

2. 北北西向构造

本区北北西向构造带中的断裂极其发育，且经历了多期活动，它是本区控制地壳活动和地震发生的主要构造。北北西向构造是我国东部近南北向巨型构造带的一部分，其总体走向北北西，但在微观上更沿袭了北东、北北东和北北西向的早期断裂，是深切地壳、长期活动的深断裂带。此带延伸到本区主要作北北西向，在许多地段表现为大型的地堑、地垒系。在布格重力图上，表现为明显的重力梯级带。它的西侧重力等值线异常宽缓、完整，作北东向展布；东侧则比较零乱，常呈现出孤立的异常区。这表明，构造带两侧的深部地壳结构有着明显的差异，这种两侧的差异与表部构造是吻合的。

本构造带的主要浅部特征表现为走向稳定、规模巨大的北北西向中、新生代地堑、地垒系。构成地堑地垒系的主要断层自东而西有：汉水断层、南漳-荆门断层、远安断层和仙女山断层等。

本区太古代岩系多出露在本构造带以东的大别山地区，而断裂带以西的武当山、神农架、黄陵断块和武陵山等地，则多出露元古代岩系。元古代的岩浆岩则多局限在构造带以西的鄂西山区（秦岭—大别山近东西向构造带除外）。这些古老岩系的区域性分布特点，反映了断裂带的生成时代同北西西向构造带一样，在元古代或更早。众所周知，在古生代到中生代，我国东部有广泛的岩浆活动，它的西部边界恰好就是近南北向构造带。另外，我们在江陵十里堡见到，在早第三纪的地层中，有玄武岩溢出，说明在新生代时期构造带还曾作为岩浆活动的通道，断裂活动可能还继续着。

从三峡地区地层的接触关系来看，自震旦系到侏罗系，其间除缺失下泥盆统外，不同时代地层间的接触关系多为整合或假整合。侏罗纪末期的燕山运动，是本区最强烈的一次褶皱运动，使区内的地层普遍发生强烈褶皱，同时构造带表现出顺时针方向的扭动。如南漳-荆门断层东侧震旦到志留纪的各时代地层与断层西侧同时代地层连不起来，断层以东地层向南错动达30余公里。同时褶皱轴向表现出有规律的转向。如黄陵断块北端保康一带的近东西向褶皱，当延伸到远安、荆门一带则转为北北西向，这显然是因为构造带发生顺时针方向扭动的结果。

其后，由于强烈的挤压力逐渐消失，在较松弛的应力条件下，同北西西向构造带所经历的情况一样，本构造带也进入一个新的断陷阶段。在这个阶段内，以大、中型盆地的形成和沿深、大断裂带地堑、地垒系的发育为其特征。在盆地和地堑中堆积了厚达数千米的白垩—第三纪的陆相类磨拉石浅水相沉积物。从沉积物的岩性为由粗到细（砾岩→砂岩→粉砂岩→泥岩）所表现出的多次沉积旋回，以及巨大的厚度（数千米）和独特的阶梯状断层和地堑、地垒系来看（图1），它乃是一种边断陷边沉积的产物，显然断陷活动是长期的、持续性的。

断陷活动一开始，也就揭开了南襄盆地和洞庭湖盆地发育的序幕。此时秦岭和大别山被北北西向地堑地垒系所分隔，成为东西遥遥相望的两部分山系。

3. 北东向构造

研究地区的西南部，有一系列大规模的北东向褶皱带和断裂带，我们称之为鄂西、湘西北东向褶断带。这一构造带最突出的特点是：展布宽广，从鄂西、湘西到四川盆地东缘宽达数百公里。我国华南、中南地区，就以这个方向的构造占着绝对优势。另外，从岩浆活动来看，我国东南地区，是岩浆岩最发育的地区之一，那里有大量的、多期的、多类型的岩浆岩分布，它们的生成大多与北东向的构造带有关。但有趣的是，在本区，岩浆岩并不发育，极为少见，而是以断裂和线状褶皱为主。所以如此，可能是因为位于大构造带最西部边缘的缘故。以板块学说的观点，这里已是俯冲带的最外缘。

根据本构造带被揉皱的地层来分析，卷入强烈褶皱的最新地层为侏罗系，所以，这里最主要的构造运动还是燕山运动。从所形成的褶皱形态分析，在四川盆地东部是一系列梳状褶皱，而在鄂西、湘西地区则以箱状褶皱为多。后者乃反映出由于基底埋藏较浅，沉积盖层的变形更多地受到基底断块的制约。

燕山运动以后，本构造带同上述的两条构造带一样，在较松弛的应力环境中，沿断裂带的一些局部地段形成了断陷盆地。如建始盆地、恩施盆地以及来凤-龙山盆地等。其特征与前述两构造带上的断陷盆地类同。不过这里的盆地规模较小，数量也少，表明在断陷时期，其活动性较之前述两构造带为弱。

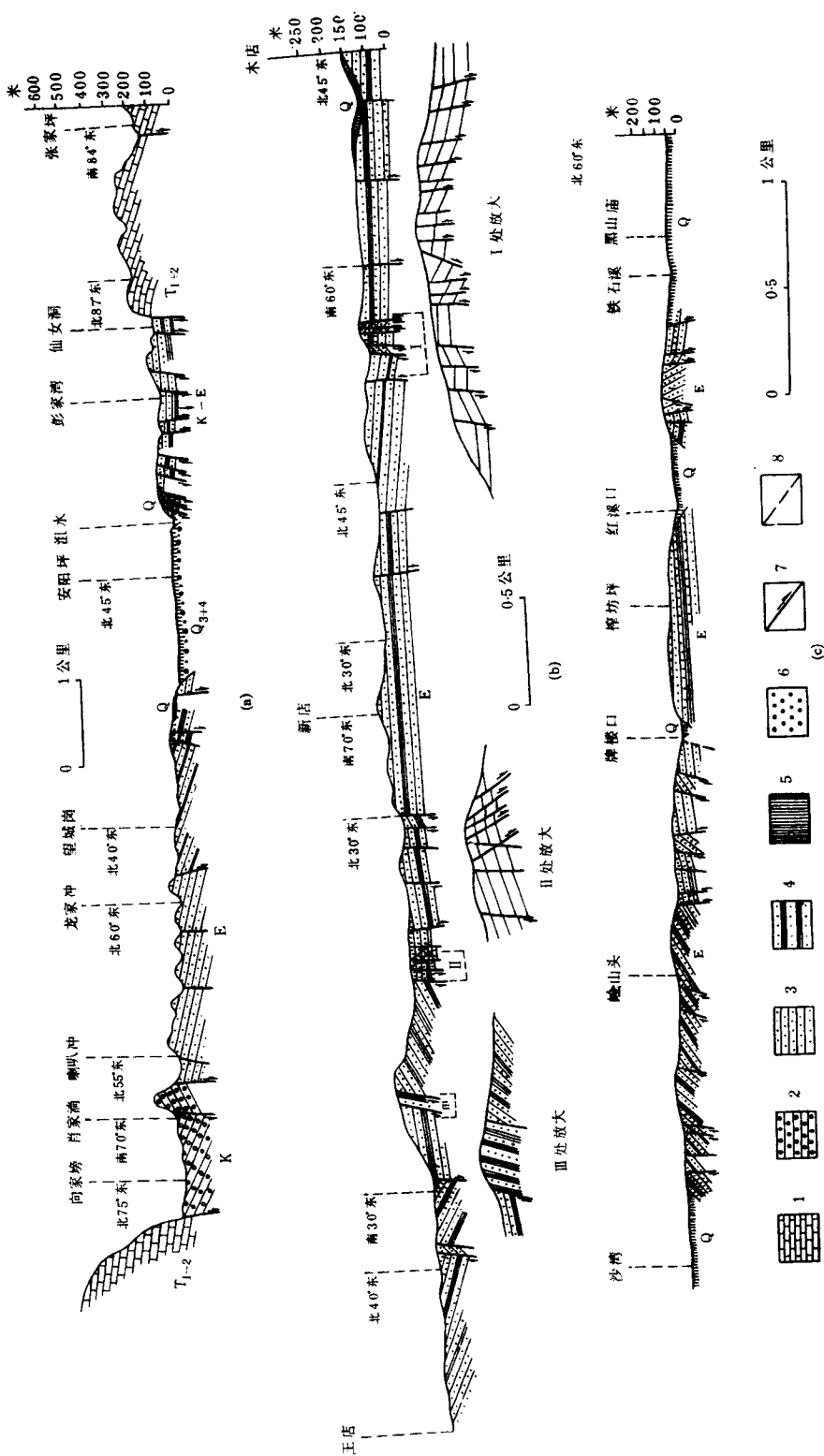


图 1 远安地堑南延的三个剖面

a. 远安向家坊—张家坪剖面; b. 当阳王店—木店剖面; c. 松滋沙湾—黑山庙剖面

1. 大柏灰岩; 2. 砂岩; 3. 砂岩; 4. 砂岩; 5. 冲积类黄土; 6. 砂岩; 7. 断层及运动方向; 8. 推测断层

本构造带的新活动前人研究得不多。给人们的一个直观印象是，在以鄂西期夷平面为主的山地中，沿着建始-恩施断裂带，发育有红色断陷盆地，同时沿着断裂带又出现一条极为醒目的较低平的洼地。洼地宽 20—30 公里，作北东向延伸，它是本区的另一级夷平面——山原期夷平面。我们认为，这一洼地可能就是沿断裂带发育的广义的第四纪盆地。第四纪盆地的存在，乃是构造带近期活动的结果。北东向的第四纪盆地，自建始向东北延伸，可能穿过秭归盆地的西北缘，再远就大致同新华断层相接。1979 年 5 月 22 日在秭归龙会观发生 5.1 级地震，可能就是这条北东方向构造带最新活动的反映。

二、均郢断裂带和丹江断裂带

1. 均郢断裂带

它是本区北西向构造带中的深断裂带之一，在区内的延伸长度达 200 余公里，宽约 20—30 公里。向西可能与白水江-黄龙滩断裂带相连，向东可能切穿南襄盆地而与大洪山北侧深断裂带相接（图 2）。断裂带作为深断裂有下列证据：沿断裂带广泛分布着与其走向大致平行的多种火成岩体，有花岗岩、闪长岩、辉长岩、辉长辉绿岩、辉石橄榄岩，含镍超基性岩体和大量变质火山岩。根据地质部航空物探队的航磁资料，从黄云铺经郢县到赵岗，呈现出一条极为醒目的线性异常带（图 3），以 $700—100 \times 10^{-2}$ 米/秒的强磁异常连续分

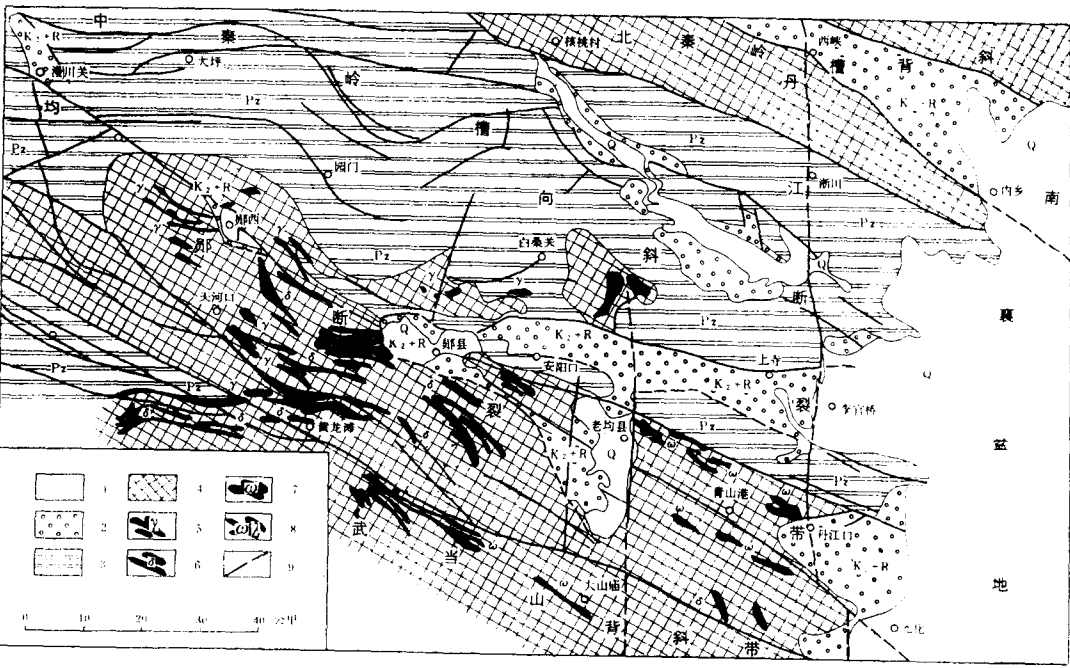


图 2 丹江口地区均郢深断裂带及其相邻地区构造略图

1. 南襄盆地；2. K+R 上白垩、第三系；3. P₂ 古生代沉积岩系；4. 前震旦纪变质岩系；
5. γ 前寒武纪到下古生代花岗岩类；6. δ 前寒武纪到下古生代闪长岩类；7. ω 前寒武纪到下古生代辉长岩；
8. ωλ 前寒武纪到下古生代辉长辉绿岩；9. 大断层及推测断层（根据北京地质学院秦岭地质大队 1:20 万区测图，湖北省地质局、北京地质学院编 1:50 万湖北省地质图，湖北冶金地质勘探公司研究所编 1:50 万湖北省地质图）

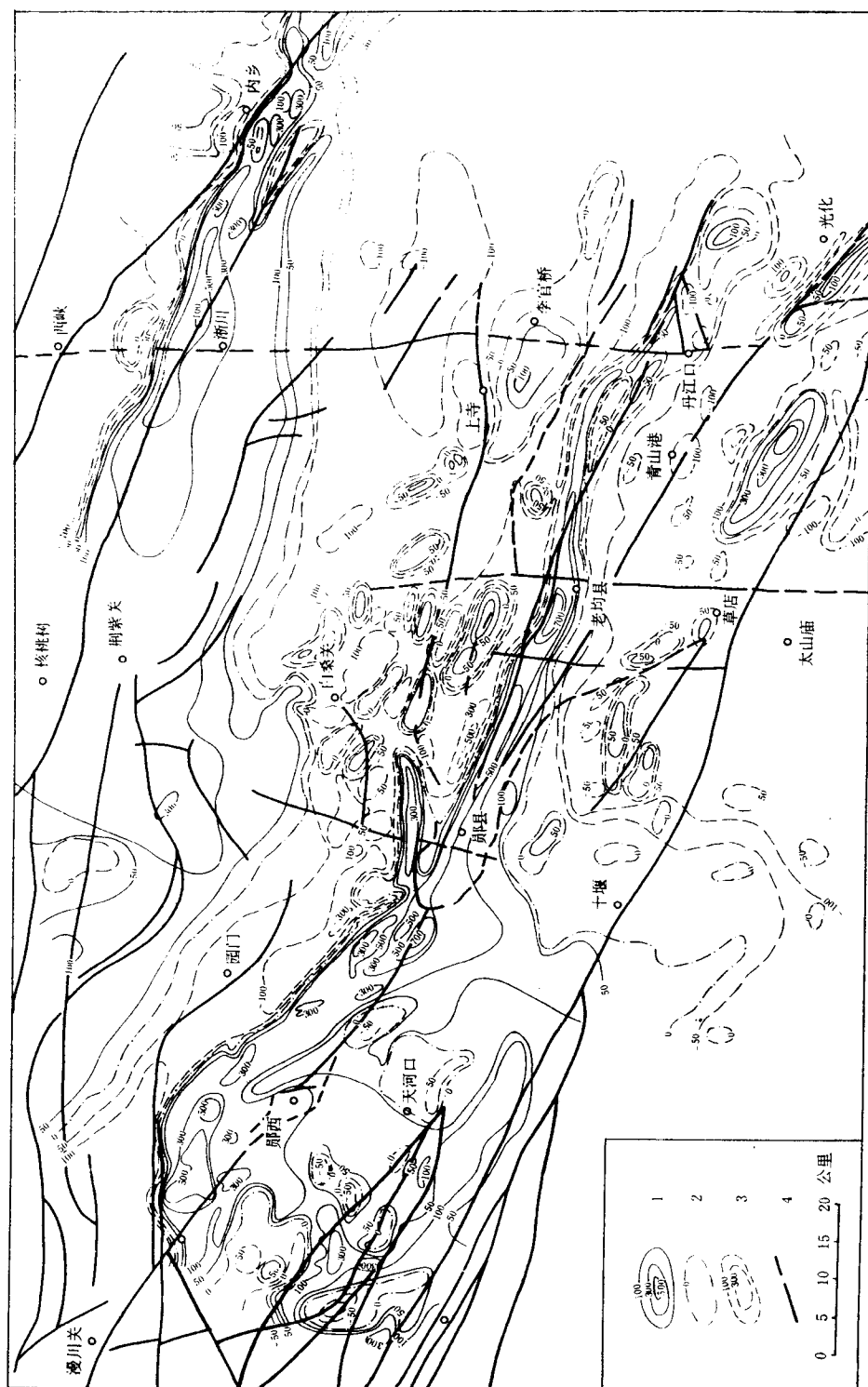


图 3 丹江口地区均郎深断裂带及其邻区航空磁测总磁场等值线平面图

1. 正磁场等值线 (单位 10^{-2} 米/秒); 2. 零磁场等值线 (单位 10^{-2} 米/秒); 3. 负磁场等值线 (单位 10^{-2} 米/秒);

4. 断层及推测断层 (根据地质部航磁七队、鄂西北豫南地区航空磁测 ΔT 平面图 1:20 万, 1961)