

丹江口水库 诱发地震文集

国家地震局地震研究所 编

丹江口水库
诱发地震文集

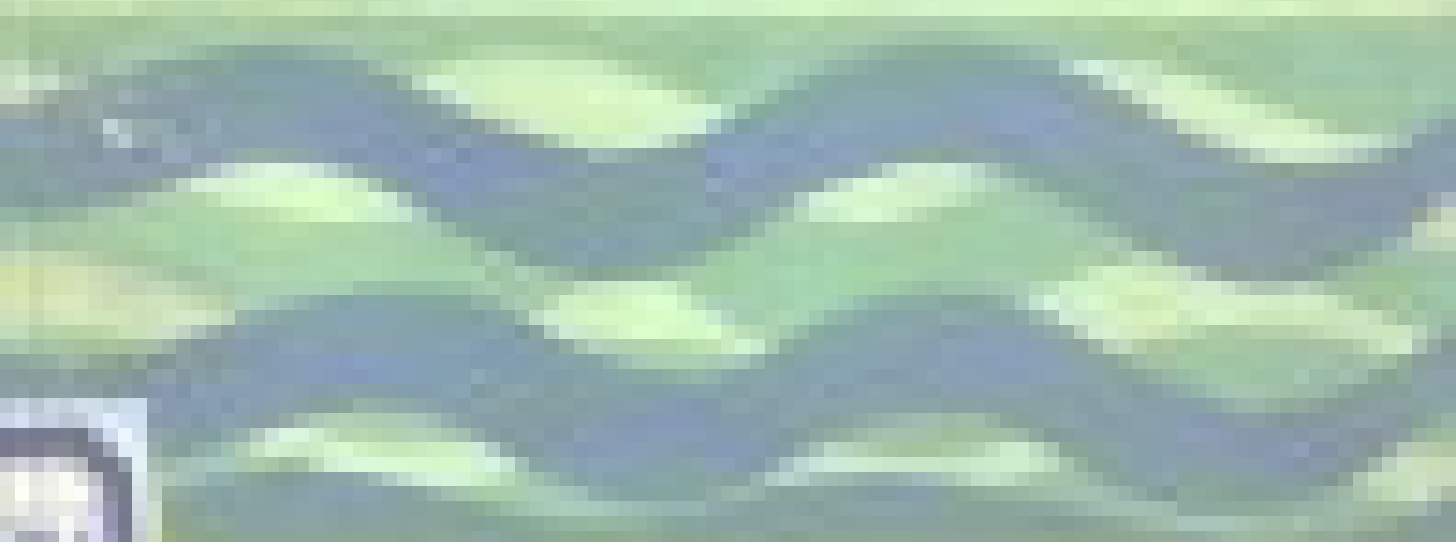


地震出版社

版
社

丹江口水库 诱发地震文集

——



——

丹江口水库诱发地震文集

国家地震局地震研究所 编

地震出版社

1980

内 容 提 要

本书共收集丹江口水库地震有关论文、研究报告十一篇，分成两部分。第一部分以库区发震地质背景和形变成果为主，从区域构造和库区构造、水文地质条件（包括岩性条件）、晚近时期形变特征（包括目前应力场）诸方面来阐明库区的发震条件。第二部分偏重于库区地震活动性分析和水库地震成因机制探讨，提出了一些新看法。

本文集可供地震、地质、地球物理、测绘等科研单位、水工设计部门的科技人员以及高等院校有关专业师生参考。

丹江口水库诱发地震文集

国家地震局地震研究所编

*

地质出版社出版

北京三里河路54号

北京印刷二厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 68/4印张 插图2 178千字

1980年4月第一版 1980年4月第一次印刷

统一书号：13180·73 定价：0.80元

前 言

水库诱发地震指在水库蓄水后,由于水体的作用,改变了库区原有地震活动的频度和强度,这种地震称为水库诱发地震,简称水库地震。它同注水诱发地震、抽水诱发地震、核爆炸诱发地震以及矿山开采时所形成的采矿诱发地震等,构成了一种新的地震类型,按其共同的成因,合称为人工诱发地震。它们从成因上有别于自然因素形成的构造地震、火山地震、塌陷地震等自然地震。在人工诱发地震中,由于水库地震分布范围广、震例多,还可能造成大坝受损而带来严重后果,所以它已成为水工建筑和地震科研中急待解决的问题之一。近年来,有关单位对丹江口水库的诱发地震问题,从多学科、多方面开展了调查研究工作,取得了一些初步成果,为今后水库诱发地震的研究工作奠定了一个较好的基础。

丹江口水库是我国已建成的最大水库之一。坝址位于湖北省均县丹江口镇,为汉江流域综合利用第一期开发的主体工程。水库于1967年11月蓄水。库区在蓄水前有一个北西西方向的稀疏地震活动带。它大体分布在毛堂一内乡断裂以南、两郢断裂(又名均郢断裂)以北,向西随构造线收敛而逐渐变窄,向东延伸进入南阳盆地。蓄水后,地震活动出现了异常情况,震中位置逐渐向丹江库区集中,且大部分收缩到丹江水库主要蓄水区的李官桥盆地南北两端,即河南省淅川县宋湾和湖北省光化县林茂山地区。在其中部,李官桥盆地西缘的玉皇顶、凉水河一带,也有一个较两端为弱的集中活动区。地震的次数随库岸距离的减小而增加,而且强度和频度均超过了本区原有水平。1973年11月,在距大坝36公里的宋湾瓦房沟一带发生了最大震级为 $M_s=4.7$ 的震群活动,震中烈度达七度,进一步显示了水库诱发地震的特点,同时也存在一些与我国内陆浅源构造地震相一致的方面。

文集中的论文和综合报告,对库区的地震地质条件、水文地质条件及其地壳形变、地震活动方面进行了较为详细的讨论。由于作者掌握的材料不尽相同,观点有异,各人得出的结论、看法有不一致的地方,这是完全正常的现象。我们相信,按照百花齐放、百家争鸣的方针,通过讨论,就会促进水库诱发地震科研工作的繁荣和进步,利于解决水工建设中所提出的一些问题。

本文集的文章,主要是1976年6月“丹江口水库地震科研规划会”上宣读过的与丹江口水库地震直接有关的论文和报告,后经作者修改、补充;同时在编辑时又预约了一部分稿件,以充实文集的内容,汇成此集。

本文集是由我所邹学恭、于品清同志负责汇编的,本书插图由我所绘图组及各有关单位绘制,并经黄祖智同志修改、清绘。由于我们的水平所限,本文集可能存在不少缺点和错误,恳请同志们批评指正。

1979年3月

目 录

前 言

第一部分

- 丹江口水库地震地质特征 郝用威 (1)
- 均郧断裂带和丹江断裂带的研究并论丹江口地区几个地震地质问题
..... 李 珏 刘行松 (14)
- 丹江口水库区及其周围地区北西—北北西向构造发育特征
..... 原武汉地震大队水库队航判组 (26)
- 丹江口水库库区新构造运动的主要表现 谢广林 (38)
- 丹江口水库发震的水文地质条件 何鉴荣 (46)
- 丹江口水库区蓄水引起的地壳形变与地震 吴翼麟 (52)
- 丹江口坝区地倾斜观测预报地震的试验 吴翼麟 刘国培 (65)

第二部分

- 丹江口水库区地震活动性的某些特点 李治安 (71)
- 汉江丹江口水库的地震活动 高锡铭 殷志山 (80)
- 宋湾地震活动的某些特点及发震条件 原武汉地震大队水库队丹江组 (90)
- 试论丹江口水库宋湾地震 李自强 (99)

丹江口水库地震地质特征

郝 用 威

(湖北省第五地质大队)

丹江口水库区位于鄂西北的郧阳、襄阳地区及豫西南的南阳地区交界处。地处秦岭地槽东段南缘,南为扬子准地台。本区为我国秦岭—大巴山地震区和麻城—常德地震带的衔接部位。

丹江口水库自1967年11月5日下闸蓄水,1970年容量达第一期工程设计要求时,地震活动日趋频繁,近四年来又呈低潮,颇为人们所关注。广大地质、地震工作者,对本区的地震地质背景^[9]和诱发机制,作了有益的工作。本文就地震地质有关问题(如本区地壳结构、构造体系及区域应力场分析等)进行一些讨论。对所引用资料的原作者及原武汉地震大队、水电部第十工程局、长办勘测一队、丹江地震台及作者所在单位同志们给予的积极支持,在此一并表示谢意。

一、丹江口水库区地壳结构

丹江口水库地震,是特定的地质构造背景和库水诱发机制的反映,因而对此分析区内地壳结构(包括上覆沉积盖层)的研究是有必要的。

(一) 本区地壳结构

近年来取得的重力资料证明,我国东部北北东向“巨大梯级带”自北而南由库区西侧穿过,同时北西西向的“大别—桐柏梯级带”自西插入盆地。它们为各自所在高山“山根”的反映,前者与新华夏系第三隆起带相吻合,后者与纬向构造带相吻合。

库区东部(南襄盆地)重力场在-25—-50毫伽平稳变化,而西部山区为-65—-130毫伽的负异常带。盆地相对山地来说为重力高带。据推测,库区东部(盆地)的地壳厚度为33—34公里,西部为37—41公里。根据地震的瑞雷波和勒夫波所得本区地壳厚度^[6,7,8]自东而西大致在37—40公里间。总的看来,重力场显示了库区东西两侧地壳厚度及结构具有很大差异。东部莫氏面深度变化较平稳,南阳、丹江两地相距105公里,而重力值分别为-50毫伽、-65毫伽,其重力变化值平均为0.14毫伽/公里;而西部丹江、竹山两地相距120公里,重力值分别为-65毫伽、-130毫伽,重力变化值平均为0.47毫伽/公里,由此可以看出莫氏界面自库区向西倾斜;并在库区附近形成了一条近南北向的地壳厚度由平稳到急剧变化的转折带。

自地震的瑞雷波和勒夫波的频散曲线获得:本区的沉积盖层厚度大约为4—5公里^[7],与航磁资料获得的结果基本雷同;其下为硅铝层和硅镁层,两者厚度基本相等。库区北部(陕、豫两省)有大量花岗岩出露,南部(鄂省)无花岗岩的踪迹,而为大片基性、超基性岩所替代,这可能意味着南北深部构造作用的差异。

本区的均衡代偿作用,可从两个方面来分析,首先,库区东部为沉降盆地。西部为上升

的山地,包括著名的武当山(海拔1613米)和华南第一峰的大神农架主峰(3052米)。地壳为了达到均衡从而引起了局部升降运动。

其次东部盆地的结晶基底和上覆盖层(白垩—第三纪的红层)之间,是一个较明显的密度分界面,前者密度较后者为大。在基岩密度比较均匀的条件下,重力异常变化反映基岩顶面的起伏。据此将南阳—襄樊盆地划分出几个小的凸起和凹陷。这里重力异常曲线在小面积内变化大,而在大范围内异常值波动甚微。在西部山区,校正后的重力异常值为 -65 — -130 毫伽或更低,这说明山脉下面的质量有巨大的亏损,很可能是莫氏面向下弯曲引起的。山区重力异常曲线在小面积内变化较盆地小,而大范围变化幅度较盆地为大。同时,结晶基底在西部山区有多处出露。丹江口水库区正处于盆地与山地的分界线上,也就是在两个具有不同特色的重力场分区线上。

由此可见,库区地壳目前仍处于一种不断调节的均衡代偿状态,本区地壳以各种活动方式来达到地壳均衡。每次地震活动都意味着地壳均衡被破坏,然后又以地壳升降运动或其他方式进行代偿。研究本区地壳结构的目的,是为了阐明库区地震发生的条件。

(二) 基底和盖层

库区南、北有结晶基底出露,且多形成高山,在两者之间覆有大面积的沉积盖层,东部为低缓的沉陷盆地。而丹江口水库正好界于这三个不同地质体的交汇处。

1. 基底

本区地层分区以青峰断裂为界,北为秦岭区,南为扬子区。秦岭地轴(?)的基底由太古代片麻岩、混合岩夹大理岩类组成;武当、两郧一带基底由元古界的耀岭河群(厚800—1600米)、郧西群(厚度大于800米)及武当山群(23000米)*的变质中基、中酸性火山岩夹沉积碎屑岩层组成。扬子区基底由元古代神农架群(厚7300米)一套浅海相碳酸盐岩及碎屑岩组成,其中产大量迭层石,同位素年龄分别为9.63亿年、13.32亿年;黄陵背斜的基底由崆岭群的片麻岩、花岗片麻岩及大理岩等组成,同位素年龄为7.90—9.15亿年。

北部太古界及武当山群与其他地层呈断层接触,显而易见,它们是从深处被断层抬出地表的。其余基底伏于震旦系之下,呈不整合接触,因此,后者较前者出露更浅。

本区基底与上覆盖层构造有较大差别:其一,基底构造线呈东西、北西、北北西向展布,与盖层构造不十分协调;其二,基底岩石较盖层岩石强度要大得多;其三,基底破裂结构面较盖层清晰,特别是较新的结构面更易保存,如神农架群的新华断裂,往北延伸到盖层中则不十分明显。还有武当山群中的北东或北东东向断裂,在其两侧盖层中亦不易发现。

由于上述差别的存在,基底与盖层间较易出现层间滑动,如武当山群周缘的断层即为佐证。基底构造对盖层构造具有制约作用,但又不能完全“驾驭”其发展趋势,因此两者在形态上有其差异。库区震源深度大多数在4—5公里,与本区盖层厚度基本相当,同样说明盖层与基底间确实存在一个界面,它可能是本区孕震的又一重要部位。

2. 盖层

(1) 震旦系构造层:以碳酸盐岩为主,包括南沱组、陡山沱组、灯影组、总厚1300—1600米,分布于库区及南部老基底的周缘。下部为砂岩、粉砂岩、冰碛砾岩、泥灰岩、砂质页岩;上部为一套白云质灰岩。南部与下伏神农架群呈不整合接触,北部与耀岭河群有不十

* 此厚度可能偏大。

分明显的沉积间断。

(2) 下古生界构造层: 由寒武系、奥陶系及志留系组成, 分布于库区两侧、西部及南部, 为一套浅海相沉积。下部为黑色炭质、硅质板岩、白云质灰岩等; 中部为白云岩、泥质条带白云质灰岩、千枚岩等; 上部为钙质砂岩和钙质板岩互层, 夹礁灰岩、薄层泥灰岩等, 并间夹粗面岩、玻基辉石岩等火山岩。在南部与下伏构造层呈不整合接触, 北部呈假整合关系。构造层总厚约7900米。

(3) 上古生界构造层: 由泥盆系、石炭系及二迭系组成, 分布库区北部及西部一带, 为一套浅海相沉积。下部为薄层泥灰岩、石灰岩; 中部为厚层白云岩类泥灰岩、石英砂岩; 上部为石英砂岩、含炭钙质页岩等。与下部构造层呈不整合接触。构造层总厚约4700米。

(4) 中、新生界构造层: 以白垩系红层和第三系为主, 分布于库区若干盆地中, 如李官桥盆地、均郢盆地等, 现已为库水所淹没, 是库区较为重要的构造层之一。下部为紫红色泥岩、泥灰岩、砂岩、砾岩, 含薄层石膏; 上部为泥灰岩、泥岩、砂砾岩等。与下覆构造层呈不整合接触。该构造层总厚约3300米。库区的浅源和极浅源地震, 可能多数与该构造层有关。

第四系主要分布在库区东部, 一般厚度不大, 主要为湖积冲积层, 尚有洞穴堆积、冰碛、冰水沉积等。

二、丹江口水库区构造体系

传统大地构造观点划本区为“秦岭地槽的东段南缘”。近年来运用地质力学观点和方法, 对库区内构造和发展规律进行了研究, 现就本区中生代以来的构造体系、复合关系及应力场进行一些讨论, 以期找出库区的发震构造控制条件〔4〕。

(一) 构造体系划分〔3、11〕

本区以横亘东西的纬向构造带, 纵贯南北的新华夏系构造, 以及斜插全区的北西向构造带, 构成了本区的基本构造格局(图1)。同时其它扭动构造镶嵌其内, 形成一幅互有联系的构造图像。

1. 东西向构造体系

本区为秦岭东西向构造带的南侧部分, 由元古代变质火山岩建造的短轴背斜和小的隆起(如两郢背斜、赵川隆起等); 古生代浅海相碳酸盐建造为主的紧密线形倒转褶皱; 中、新生代碎屑岩及粘土岩充填的构造盆地, 以及东西向大型断裂带组成。延展由数十公里到数百公里。青峰断裂、阳日—九道断裂、上寺断裂带等, 是该构造带中的重要活动断裂, 一般宽数十米到数公里。

东西向构造带受到新华夏系和淮阳山字型构造复合干扰, 显得由东向西呈北西西方向偏转, 并向南弯曲〔2〕, 东部没入南阳—襄阳盆地, 但仍以隐伏的东西向隆起或拗陷出现, 如南阳凹陷、新野凸起等。

东西向构造体系早在元古代即具雏形, 其中断裂严格控制两侧的沉积建造、岩浆活动和变质作用。常在武当山群中断续出现东西向压性、压扭性断裂。竹溪的志留系常被东西向断裂所切穿, 北盘西错, 南盘东移。郢西西部的上古代地层亦被其切穿。青峰断裂不仅控制房县红色盆地的堆积, 而且还影响以后的变形。在该断裂带上, 至今仍有多处温泉出露和地震活动。这说明该构造体系是长期的、多次的、如今仍在活动的构造带。

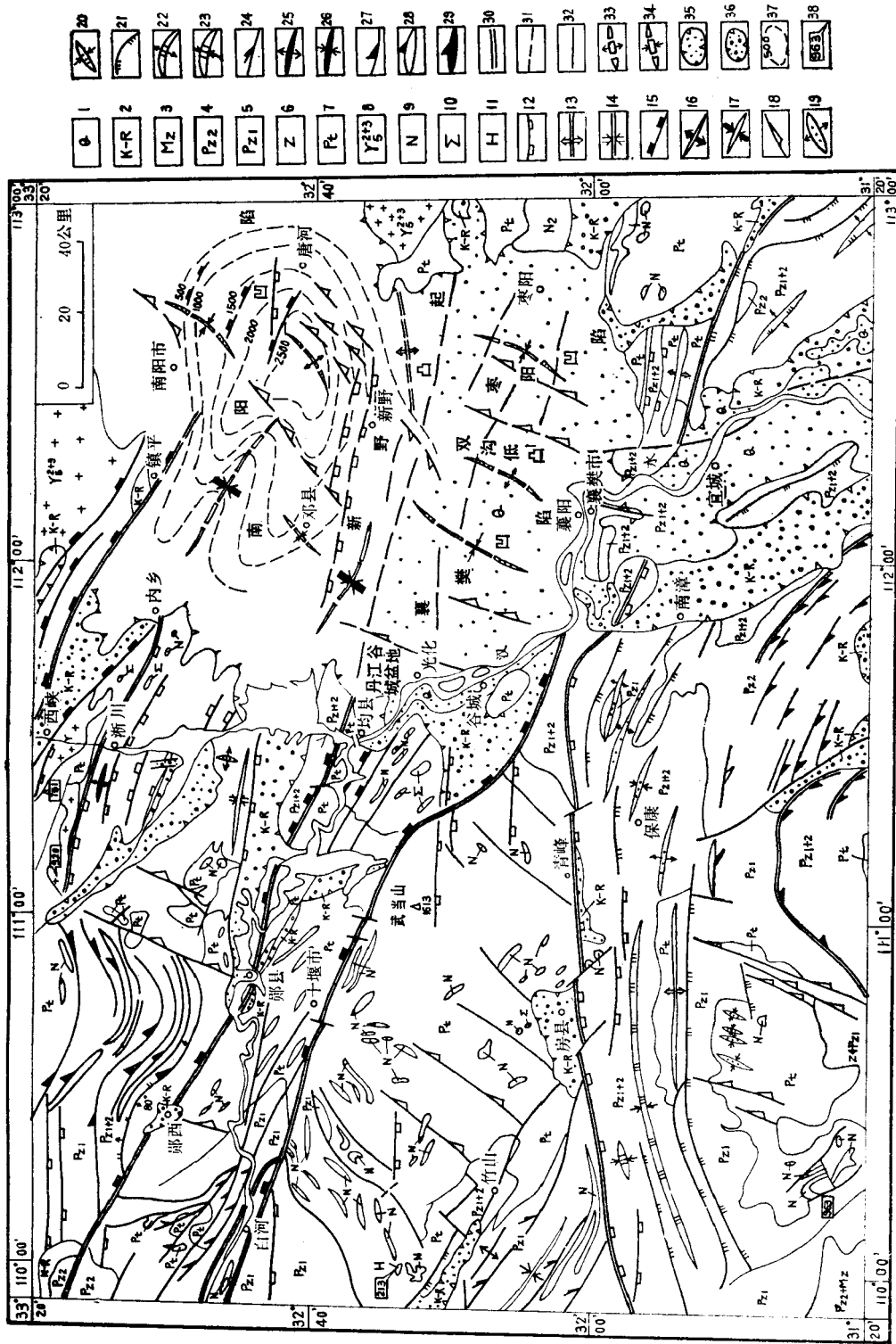


图1 丹江口水库区构造体系简图

1. 第四系；2. 白垩系一第三系；3. 中生界（包括T₁）；4. 上古生界（包括D、C、P）；5. 下古生界（包括S、O、G）；6. 震旦系（包括Zb）；7. 元古界（包括崆岭群、武当山群、神农架群、郧西群、郧岭河群）；8. 花岗岩；9. 基性岩；10. 超基性岩；11. 碳酸盐岩；A. 东西向构造体系；12. 压性断裂或冲断裂；13. 背斜或复式背斜；14. 向斜或复式向斜；B. 北西向构造带；15. 压扭性断裂或冲断裂；16. 背斜或复式背斜；17. 向斜或复式向斜；C. 新华夏系构造；18. 压性或压扭性断裂；19. 背斜或复式背斜；20. 向斜或复式向斜；D. 山字型构造；21. 挤压带压性或压扭性断裂；22. 背斜或复式背斜；23. 向斜或复式向斜；E. 歹字型构造；24. 压性或压扭性断裂；25. 背斜或复式背斜；26. 向斜或复式向斜；F. 旋扭构造；27. 压扭性断裂；28. 背斜或复式背斜；29. 向斜或复式向斜；30. 活动性或多次活动的断裂；31. 推测或物探隐伏断裂；32. 构造体系暂未归属断裂；33. 隐伏背斜或复式背斜；34. 隐伏向斜或复式向斜；35. 新生界盆地；36. 中、新生界盆地；37. 中、新生界底板等深线（米）；38. 同位素年龄值（百万年）

赵川反“S”型构造的形成,是由于赵川及两郧隆起的存在,而受到不均匀挤压的结果,并产生水平扭动,将东西向的紧密褶皱和断裂,自郧西北部(即两郧大断裂以北),由东西向折转南东而后北东,呈反“S”形,褶皱轴面西部倾向北东,东部倾向南西,压扭性断裂面的倾向也同样。再向东为新华夏系构造的南化一大堰断裂所阻。在这一带弧顶,西自何家井,经芙蓉沟东到南化,为1964年4—9月期间著名的地震活动区。

由于两郧和赵川隆起的相对运动,导出了太阳山帚状构造,为一组压扭性结构面,外旋方向是弧形向撒开方向旋扭。

东西向构造带活动强度由西向东,显示了递减的趋势。该构造体系,为本区最早形成的构造体系,并影响着其它构造体系的发生和发展。

2. 北西向构造带

该构造带展布于北起西峡、镇平一带,南到公路断裂。以断裂构造形迹为主体,伴有较多的基性、超基性岩脉和低序次的压扭性结构面,故航磁异常亦呈线(带)状分布。断裂表现了右行扭动,控制并切割中、新生代盆地,影响自奥陶纪直到中、新生代红层,说明在奥陶系沉积之前已具雏形,下古生代形成北西向褶皱及压扭性断裂,其后又以隆起、拗陷和断裂形式出现。红色盆地形成后,又为北西向断裂所切割破坏,至今仍在活动。前进水库、丹江口水库及马山口水库的地震活动均与此有关。

两郧断裂(又名均郧断裂)是区内著名的大断裂之一,具多期活动,长达200余公里,走向北西西(285° — 320°),西北端断面倾向北东(图2-A、B、C),东南端倾向南西(图2-D),倾角 45° — 80° 间。断面呈波状弯曲,破碎带宽由十余米到五百余米不等,有时为两条以上断裂组成,常见挤压角砾及菱形透镜体,砾径10厘米到10余米,胶结紧密。断裂两侧发育有较多基性岩体。在郧西盆地,似有一条北北西向的隐伏断裂(大约沿天河分布)切割两郧断裂,致使西段北移,东段南错。西段北盘陡山沱组逆冲于灯影组和灯影组逆冲于耀岭河群之上。在郧西城郊一带北盘郧西群逆冲于红层之上(图2-B、C)。断裂东延至均县紫山凹(图2-D)一带南盘红层高耸于北盘耀岭河群之上200余米*,并切割红层,断面整齐,具缓倾角擦痕,根据力学性质判断,显然是在南北向挤压力作用下形成的。该断裂有三次不同性质的活动,其顺序为扭—张—压。因此北西向构造带可能是由纬向构造体系改造而来的。

关于两郧断裂展布的具体位置,通常认为西起郧西,经郧县越汉江,经肖川直至均县。据卫星像片(参见本文集“丹江口水库区及其周围地区北西—北北西向构造发育特征”一文图1)显示,该断裂越过汉库向南错,经龙河附近,在谷城北面越汉江东下,后入襄樊凹陷。但上述断裂方向,与相邻的公路断裂似有交角。因此,作者认为两郧断裂应西起郧西、经郧县越汉江,经长岭、王庄、史家河到油坊沟,在凉水河—寺山—蔡湾附近,似乎存在一条北北东向断裂,将其错开,于寺山南继续东下,经水库,在计家沟—焦李营隐伏,并进入襄樊凹陷。证据有五:其一,航磁异常有明显的反映,1:20万航空磁测磁力平剖面图(图3)郧县至均县一段,正负异常间的连线呈一条北西向直线,在凉水河向南错动,于寺山继续出现。1976年1:5万航空磁测获得的1:5万磁场垂直强度幅差(ΔZ)等值线平面图(图4),上述异常凉水河以东一段,依然显示正负异常且呈直线,在何家湾、计家湾到焦李营向东

* 据长江流域规划办公室勘测一队资料。

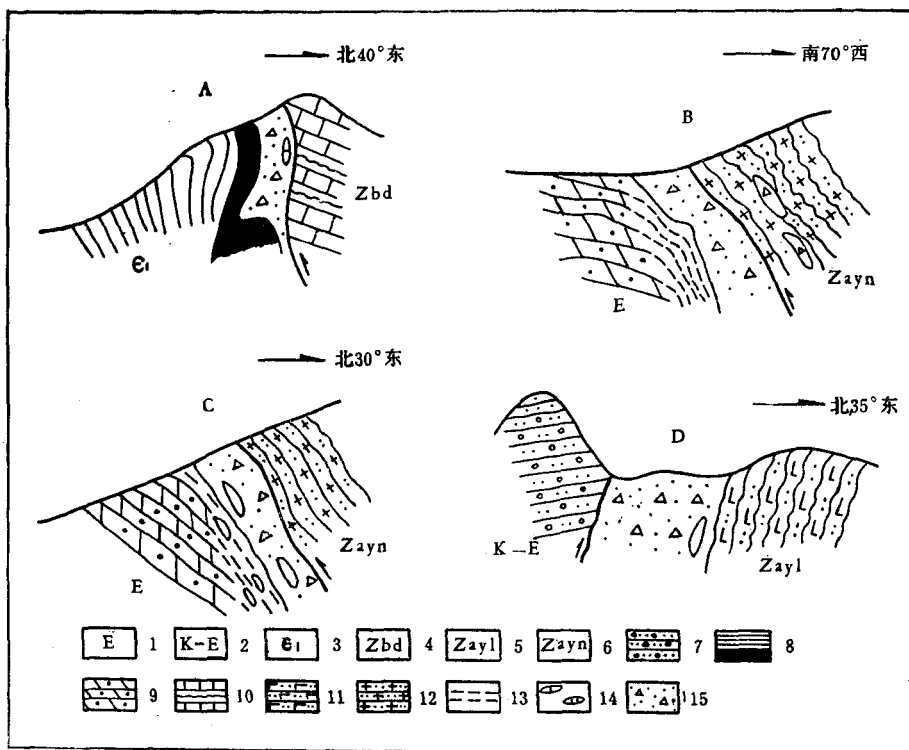


图2 两郧断裂示意剖面图

A. 郧西交战关公路旁；B. 郧西秦家干沟；C. 郧西井沟；D. 均县紫山凹。1. 下第三系；2. 白垩系-第三系；3. 下寒武统；4. 陡山沱组；5. 耀岭河群；6. 郧西群；7. 砂砾岩；8. 硅质板岩夹石煤层；9. 砂质泥岩；10. 钙质片岩与薄层灰岩互层；11. 基性火山岩；12. 酸性火山岩；13. 挤压片理化带；14. 挤压透镜体；15. 破碎角砾岩夹糜棱岩

延。因此，这里应为主断裂；其二，断层所在震旦系陡山沱组与耀岭河群火山岩之间，有明显的扭压性破裂结构面；其三，断层沿汉水平行分布，说明河流迁就断层，即所谓断层河；其四，断层东端的孟桥川、古城、水桥河及西排子河等水库的连线，正好与断层线吻合；其五，两郧断裂东延可与新野隐伏断裂相联接。因此两郧断裂是存在的，并且是库区内一条重要的发震构造。

库区另一些北西向断裂东延至南阳—襄阳盆地红层之下，目前仍有活动，因此它们东延的端点〔4〕，也是应力集中的部位，较易产生地震。

3. 新华夏系构造

本区的新华夏系构造是在特定空间和构造环境中产生的，故有形成方式上的特点。首先表现在：库区正好位于第二沉降带和第三隆起带的接合部位；属于第二沉降带组成部分的南阳—襄阳盆地，其中一部分插入第三隆起带的主体连线上，这一事实，也许是深部构造作用的反映，值得注意。其次，本区的新华夏系是在迁就、利用、改造东西向、北西向等构造基础上继承和发展起来的；第三个特点是区内分布有多条扭压性褶皱和扭压性破裂结构面，大致呈雁行排列。

现将本区新华夏构造分区列述如下：

(1) 水库东部的南阳—襄阳盆地属于第二沉降带。在盆地中隐伏着若干个凹陷和凸

起,并间以断裂和褶皱。如以北西西向的新野凸起分界,北侧为南阳凹陷,接受了近3000米的红层堆积。由于受到北西向构造的抗阻,使近东西向的南阳凹陷向北东推扭,归属于新华夏系的断裂和褶皱也有同样的现象。

新野凸起的南侧为北北东向的襄樊和枣阳凹陷,间以双沟低凸分布区,同时存在同一方位的两个向斜间以背斜,并出现平行的断裂若干条,这里保持了新华夏系构造形迹的本来面貌。与北侧的南阳凹陷形成鲜明的对照。

对于南阳盆地红层沉积状况的研究表明,沉积岩相带具有北东或北北东向变化的现象。早期,南阳、唐河、邓县一带沉降较快,红层厚达2200余米;西部李官桥一带相对上升,或沉降缓慢,红层厚度仅1600余米。晚期,东部沉积范围收缩,沉积厚度620—700米;西部李官桥一带仅厚520米。沉积等厚线的走向呈东西向展布。

总之,南阳—襄樊盆地确系新华夏构造,但又受到早期形成的构造体系形迹的影响。

(2) 水库以西为第三隆起带,同样出现多条北北东向断裂,自东而西主要有浪河—新华、高庙—鸟池、南化—大堰—高塘、大柳—黄龙—竹山、观音—鲍峡—高桥等,同时具相应的配套构造,如北北西向结构面。在库区西北的杨家堡向斜中有一个北北东向小隆起,自此向西,在5公里范围内,出现同方位的向斜、背斜组就有三条之多。褶皱轴线间距1.5公里左右。由此可以看出:这里的新华夏系构造形迹是发育的,在塑性岩石中特别鲜明,早期的构造体系对其抗阻的影响程度较沉降带中要弱得多。

(3) “丹汉断裂”(也有人称为丹江断裂),沿汉江、丹江、老灌河发育,近南北向或北北西向延伸,长约160公里,是一条与新华夏系相配套的扭性断裂(图6),似乎可归并到“大义山式”构造中去〔3、15〕。关于这条断裂的存在和规模尚有争议,但作者认为其存在的证据有四:

第一,鄂豫境内有几条呈北西或北西西向近乎平行分布的河流,它们自北而南为老灌河、丁河、丹江、汉江及南河,在东经 $111^{\circ}30'$ 附近,依次折转南下,先后汇流成一条北北西向河谷,长达160余公里,先后穿切10余条大的或比较大的断裂,所有这些河流均为“断层河”(图5)。

第二,上述北北西向河谷,延展至茨河附近,正好与南漳—荆门地堑西侧的北北西向断层在一条连线上,意味着“丹汉断裂”有可能是南漳—荆门断裂的北延部分,直至伏牛山而消失,也有可能是该地堑的北延部分。在老灌

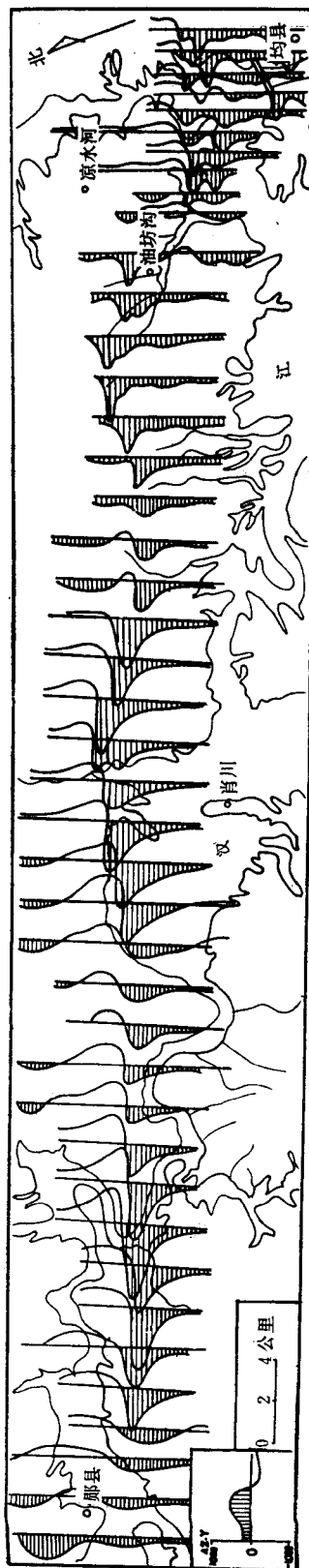


图3 郧县—均县间航空磁测磁力剖面图

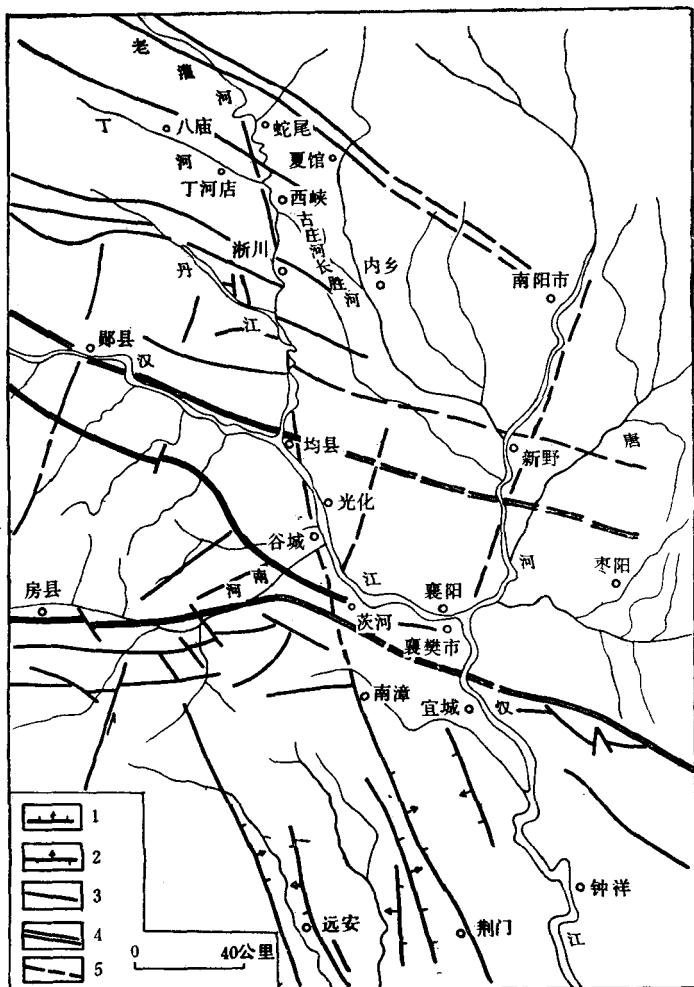


图5 鄂豫边境及荆襄地区汉江流域水系与断裂分布图

1.正断层；2.逆断层；3.性质不明断裂；4.大断层；5.隐伏断层

唐、白河支流长胜河间的分水岭，位于屈原岗，主河道本应切穿该分水岭东下，但偏要切穿花岗岩体而南流。

综上所述，丹江河道应视为沿北北西向“丹汉断裂”发育的断层河，“丹汉断裂”也是东部南阳—襄阳盆地与西部山地的分界线，为压扭性结构面，高倾角，东盘下降深，北段较南段下降为浅；东盘北移，西盘南错，垂直位移量大於水平位移量。

“丹汉断裂”是控制库区地震活动的重要构造，这可从下面几点讨论得到说明：

首先，它本身兼有不对称的地堑特征^[1]，西侧断裂发育，处于隆起带的边缘，而东侧隐没在盆地中，或被黄土所掩伏，西高东低，呈阶梯状。丹汉断裂为高角度张性断裂，库水沿着断层面进入深处，促进断裂运动而发生地震。因此这里的地震活动应视为地堑构造活动的一种伴生现象和表现形式^[4、9]。

“丹汉断裂”切穿若干条北西、北西西、东西向断裂。与之交汇处，由於东西向、北西向构造强烈抗阻新华夏系构造的发展，因此地应力得以相对集中，同时多组破裂结构面相交，

河与丹江汇合处的红层中，出现一个北北西向小地堑，其走向与南漳—荆门地堑一致，形成南北呼应之势。

第三，地形上的差异明显，西部山地一般海拔450—550米，东部丘陵一般海拔250—400米。即使是同一地层，在丹江两岸出露的高程也不一样。

第四，该北北西向的河流，有几处处理应沿地形较低、地层岩性较软弱处穿切东流与唐、白河归并。事实正好相反，丹（江）唐（白河）分水岭，由第四纪更新统的红色、黄色粘土层构成，厚20—100余米，在香花、王岗、范营、陶岔一带，海拔170—279米，而丹江偏要切穿海拔320—400米由震旦纪、寒武纪和奥陶纪的碳酸盐岩组成的朱连山（海拔469.7米）、羊山（海拔441.6米）和马头山（海拔447.9米）而形成峡谷。

老灌河支流古庄河与

形成在三度空间上结构和应力上的“闭锁”部位^[15],是应力容易集中的地方,“丹汉断裂”就成了库区构造上的“闭锁”纽带。库区内南北两个(史家庄和宋湾)地震密集区,分别在构造的“闭锁”地段。库区其它震中所在位置,也有相似之处,如玉皇顶东面水库边缘地震密集区,下面也有隐伏断裂与“丹汉断裂”交汇。自本区构造体系图(图1)和卫星像片(参见本文集“丹江口水库区及其周围地区北西—北北西构造发育特征”一文图1)可知,库区被若干条北西西向、北北西向断裂所切割。由于地壳运动的一个主要趋向是沿着经向自两极向赤道运动^[14],一股强大的压力由北而南,因此,这些块体自转角速度也逐渐发生变化,水库蓄水后,丹江库段上的两大水体,以“丹汉断裂”为连杆发挥某种特殊作用,从而促使累积应力的释放。

最后,“丹汉断裂”线上有几处拐点,也是目前地震活动的位置。在拐点,即断裂走向曲折最突出部位^[4,12],或者北西向断裂与之斜截处,由于断面不平,导致应力集中。河谷急拐弯处往往反映拐点之所在。宋湾附近系“丹汉断裂”上的一个拐点,为库区主要震中分布地段之一。自1:5万航空磁测磁力剖面图(图6)上可知,在陈庄一带有一组正异常杂乱分布,说明地下隐伏有某种构造,这也许是本区发生地震的原因。

鉴于新华夏系构造应力场对库区地震活动起控制作用,因此,进一步研究该体系的发生发展是极为重要的。

新华夏系构造出现于印支末期或燕山早期,现今仍在活动。

4、山字型构造

通常认为秦岭—昆仑纬向构造带的一支,因受淮阳山字型构造的干扰而向南弯曲^[2,3]。本区位于其西翼反射弧的内带,因此,本文仅讨论青峰断裂以南地段。在房县、神农架林区一带主要构造形迹,由一套下古生代地层构成的平行线状褶皱、冲断面,以及北西、北东向扭裂面组成,并切穿青峰断裂。黄陵背斜为反射弧的脊柱,神农架古老隆起造成反射弧脊柱两侧盾地的不对称性,而在隆起区内留下极为鲜明的新华夏系构造形迹,这是否意味着黄陵背斜与神农架林区在新华夏系构造作用下,又一次抬升,同时又顽强地保存其各自原有的构造形迹。

淮阳山字型萌芽于震旦纪,定型于印支—燕山期,其后又为新华夏系构造所干扰、破坏和改造。

5、歹字型构造

分布两竹一带的大巴山弧或叫“入”字型构造^[3],经初步分析,应视为“秦巴歹字型构造”的尾部^[13]。压性或压扭性的青峰断裂向西,以南西走向急转为北西到北北西,贯穿整个构造的头尾。头部在陕西境内的汉南地块,中部进入竹溪一带,线状褶皱成群,北部挤压较强烈,地层倒转,压性、压扭性走向断裂,使东盘向南,西盘向北错动,呈右行扭动。由于黄陵背斜阻挡,致使尾部不能顺势撒开,而呈东西向收敛。由于歹字型构造的存在,尾部扭性加强,出现得胜铺、银洞坪等地小型旋卷构造群。从竹山得胜铺一带小型旋卷构造碳酸盐岩体中获得的同位素年龄值为2.13—2.55亿年,这说明该构造虽始于印支期,但直到燕山期才形成。这里是我国秦岭—大巴地震区的组成部分,自公元前159年—公元141年,在竹山东侧发生了三次5级地震,1633年又在竹溪北部和1742年在房县东南各发生一次5级地震,1948年在保康发生一次4³/₄级地震,1959年9月在竹山宝丰北部发生一次3.3级地震,这七次地震震中的连线正好为北西西向,与构造线一致,充分说明这个构造带的北侧至今仍在

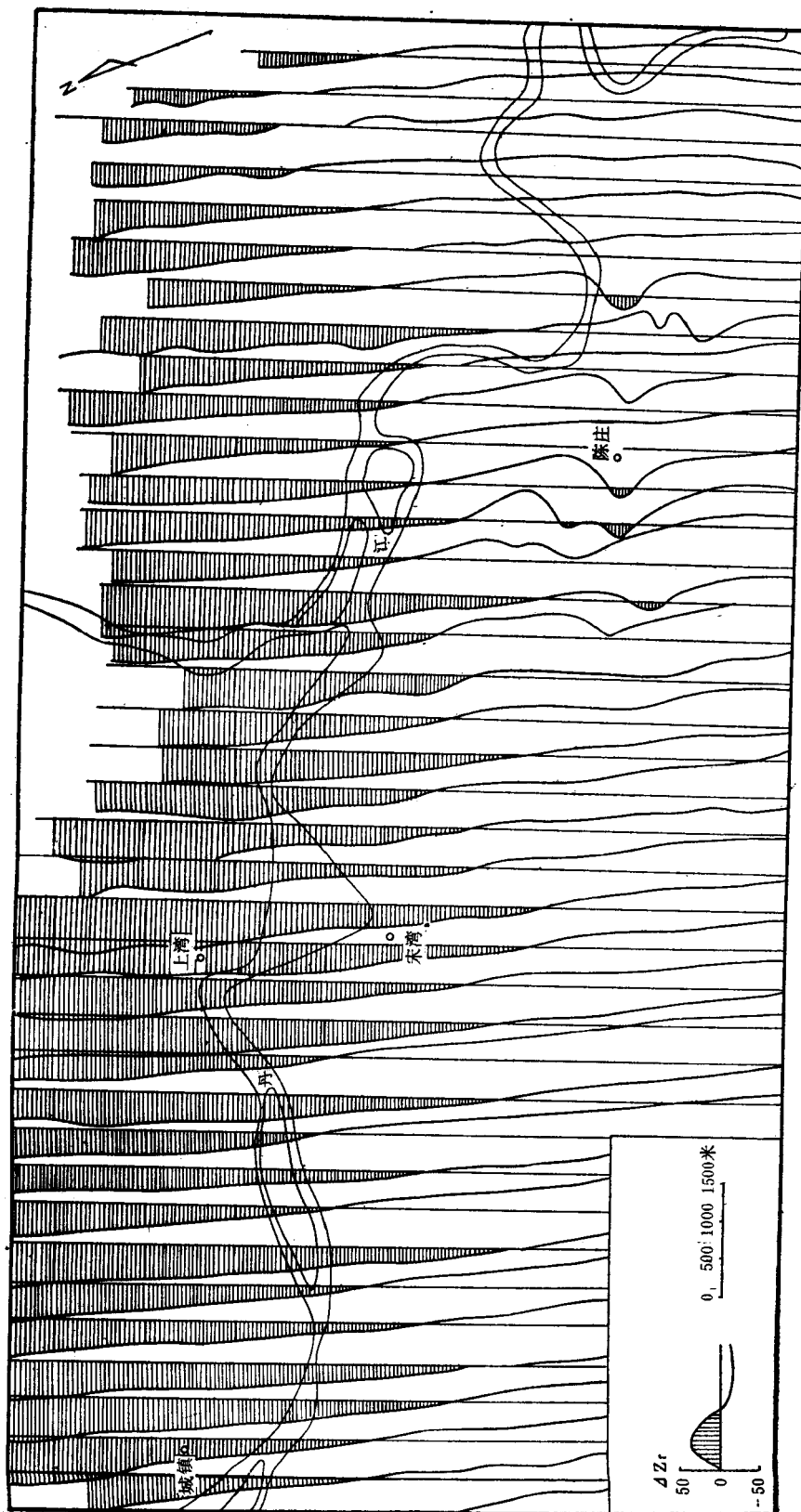


图 6 宋湾—陈庄航空磁测磁力平面剖面图

活动。

(二) 构造体系生成及复合关系

1、构造体系生成时间

在讨论各构造体系复合关系之前，对库区各个构造体系的发生、发展时间，作一叙述。

东西向构造体系，是本区最早生成的一组巨型构造，早在元古代就已出现，并控制早震旦世的沉积，其后各个时期，均有活动，根据这一构造带的地震活动，证明它至今仍有活动。

淮阳山字型构造，就其总体来说可能萌芽于震旦纪，定型于印支末—燕山早期。

其他旋扭构造，大多数发生于印支期，成型于燕山期。

将本区各构造体系发生发展时期，综合为表 1。

表 1

时 期 构造体系	元 古 代	古 生 代		中 生 代		新 生 代
	震旦纪及以前	加里东	海 西	印 支	燕 山	喜马拉雅山
东 西 向						
北 西 向						
山 字 型						?
新 华 夏 系						
旋 卷						

2、构造体系复合关系

分析本区各个构造体系间的复合关系，其目的是为了寻求鉴定构造运动发展史，以建立本区构造变形的顺序和目前应力集中的部位，通过分析应力场的状况，进而确定库区发震构造体系和地段。

本区东西向构造体系，几乎被所有其它构造体系所破坏，或包含在另一构造体系中，如两郛背斜、青峰断裂、赵川反“S”构造等，均为东西向构造形迹，其后为其它构造体系所改造利用，成包容、归并关系。当然也有印支期或以后各时期形成的东西向构造。

新华夏系构造，与北西向构造，东西向构造呈大角度反接关系，有时截接切穿它们，南化一大堰间的新华夏构造截接赵川反“S”形构造东端，这里为目前地震活动带。经均县向东延伸的北西向断裂，在赵岗东与新华夏系构造呈反接关系，1959年4月在其附近发生了3级地震。宋湾和史家庄两个地震活动密集区，也落在这样两个有密切联系的构造体系的交汇部位。

(三) 区域应力场分析

在讨论本区构造体系及其复合关系之后，不难看出，地壳运动的方式和方向，具有各自的应力场活动规律（图 7）。

纬向构造为本区重要构造骨架，是经历了多次运动的复杂构造带，是在自北而南的压应力作用下形成的构造形迹，代表境内构造应力场的主要方向。自北而南的单向压应力活动，