

秦郑国渠渠首变迁与渭河断陷 北缘断裂的最新活动*

易学发 师亚芹

(中国西安 710068 陕西省地震局)

摘要

本文利用秦郑国渠渠首变迁,并结合考古点(遗址)埋深和水准测量资料,分析了渭河断陷北缘断裂近 2000 余年来的垂直差异活动速率.结果表明,该断裂在明代时期表现出最大的升降差异速率,约为 6.6 mm/a,而自清初以来则表现出较小的升降差异速率,约为 2.6 mm/a.这与渭河断陷在 15—16 世纪出现的强震活跃期有较好的对应关系.

关键词 秦郑国渠;渠首变迁;断裂活动;差异速率;地震强度

一、引言

郑国渠是秦始皇统一中国之前,采用郑国主张“耕战”的意见,在渭河断陷盆地最早兴建的一处大型灌溉工程.该渠始于公元前 246 年,西起泾河谷口,沿北山前缘向东至洛河,全长约 150 km,史称灌田 64 万余亩,渭河断陷(关中)自此“为沃野而无凶年”.

从秦开凿郑国渠以来,该渠渠首曾 6 次变迁,皆因其入水口相对河水面不断抬升所致.经笔者实地考察,认为这与渭河断陷北缘大断裂带的垂直差异活动有关,是现代地壳运动的具体表现.

二、郑国渠渠首的变迁

郑国渠渠首选在陕西省泾阳县西北的泾河谷口左岸,即今木梳湾村西南约 1 km 的黑石湾附近(图 1).干渠古道遗址宽 24.5 m、渠堤高 3 m、深约 10 m.临泾河断岸上暴露渠口宽 13.5 m,剖面呈梯形,原渠底距现泾河水面约 7 m.

郑国渠修成后,虽一直为历代所沿用,但因“暨年代浸远,河底冲低,水势渐下,渠口高悬,水不能至”(秦中行, 1974),乃于汉、宋、元、明、清 5 次“接开石渠首,引使通流”(秦中行, 1974).现在的泾惠渠兴建于 1930 年(民国 19 年),它是秦郑国渠的最后一次修造.

从表 1 和图 1 可以看出,2000 多年来,郑国渠渠首尽管屡经改建,各代取名不一,但均未超出秦代规模,都是因为河床不断下切,泾河水不能入渠,迫使渠口依次向上

* 地震科学联合基金会资助项目.

1989 年 11 月 17 日收到本文初稿,1990 年 6 月 30 日决定采用.

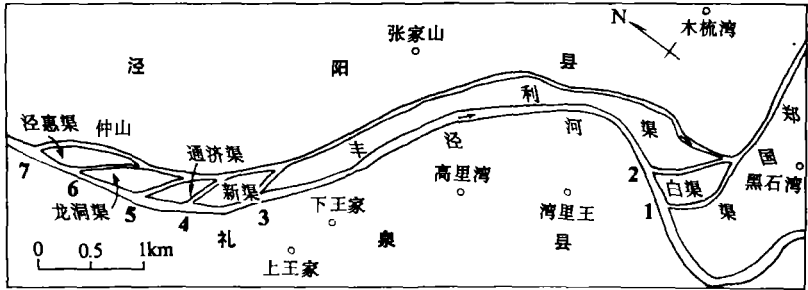


图 1 郑国渠渠首变迁示意图(据秦中行)

游迁移.从秦郑国渠渠首向北迁至现泾惠渠渠口,相距约6km左右,这可能就是2000年间北山相对渭河断陷垂直差异运动的结果.表1中的相对上升速率是用相邻渠首高差除以改造时间差求得,这样可以更加突出地壳运动的非均匀性.

表1 历代渠首上升速率表

编 号	渠首名称	改建时代(年)	距河高度(m)	上升速率(mm/a)	相 对 上 升 速 率(mm/a)
1	郑国渠	先秦(前246)	7.0	3.1	3.3
2	白 渠	西汉(前95)	6.5	3.1	3.1
3	丰利渠	北宋(1107)	2.8	3.2	3.0
4	新 渠	元代(1308)	2.2	3.2	2.5
5	通济渠	明代(1507)	1.7	3.5	5.2
6	龙洞渠	清代(1737)	0.5	2.0	2.0
7	泾惠渠	民国(1930)			

三、灌区的新构造运动

郑国渠灌溉区处于渭河断陷北侧的黄土复盖洪积扇地带,其南北夹峙于渭河与北山之间(见图2).新生代特别是第四纪以来,渭河断陷在近南北向引张应力的作用下(易学发和许国昌,1987),相对其南北两侧的基岩山区表现出以阶梯式断块运动为主的特点(见图3).渭河断陷两侧均为正断层所控制,但其南侧断层的垂直差异活动幅度远比北侧断层为大,而第四纪沉降中心及全新世河流相堆积也都偏南侧分布.华山北坡全新世地层切割及地貌陡坎显示出约有20-30m的断差,而华阴莲花寺南半截山附近的全新世地层位差大于140m,其平均垂直差异运动速率高达10.4mm/a(李祥根和冉勇康,1983).

灌溉渠首所在的泾河口地区,一系列北东东-北东向的正断层组成渭河断陷北缘断裂带,多处见到其断开下更新统砂 石层的露头(见图4).断裂带的总体走向北40°-60°东,倾向南东,倾角60°-80°,第四系中的可见断距为1.5-2.5m.据陕西省水文队物探及钻孔资料,该断裂带控制着渭河断陷的新生代沉积,下覆的寒武-奥陶纪灰岩由北向南渐次跌落.

此外,在泾河口以北的基岩山区是一挤压逆冲褶断带,其走向与渭河断陷北缘断裂带一致.如泾河口筛珠洞逆断层(见图 5),断面清晰,走向北 70° 东,倾向南东,倾角 70°,断层面上盘的下寒武系,由南向北逆冲于中上寒武系和奥陶系之上,力学性质显然为压性逆断层.虽说其规模较大,但形成时代较老,新活动性较之渭河断陷北缘断裂带要弱得多.

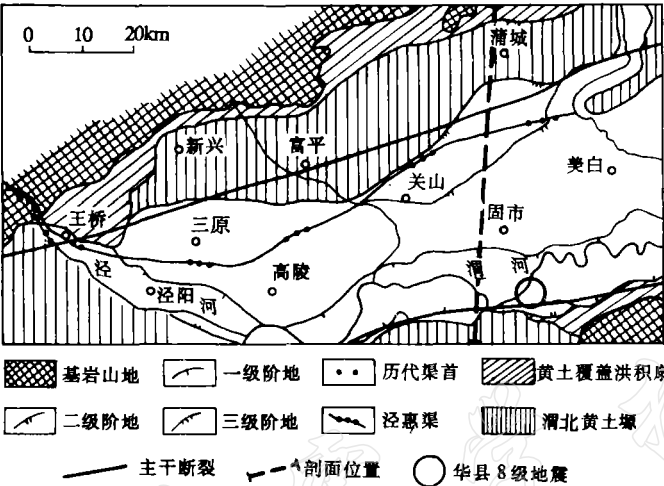


图 2 郑国渠灌溉区构造地貌图

现有地质资料表明:渭河断陷北缘断裂带有早期亦是压扭性逆断层(易学发师亚芹,1989),只因伴随新生代渭河断陷的形成才转化为张扭性正断层.在泾河口—泾阳口镇一段的张扭性基岩断面上,至今还保留着压扭逆冲的老构造形迹.这说明第四纪以来,渭河断陷北缘断裂带在郑国渠灌溉区(沿袭原先的压扭性断层面)主要表现为张扭性正断层活动,而郑国渠渠首的逐次上迁在某种意义上显示了该断裂带的最新活动.

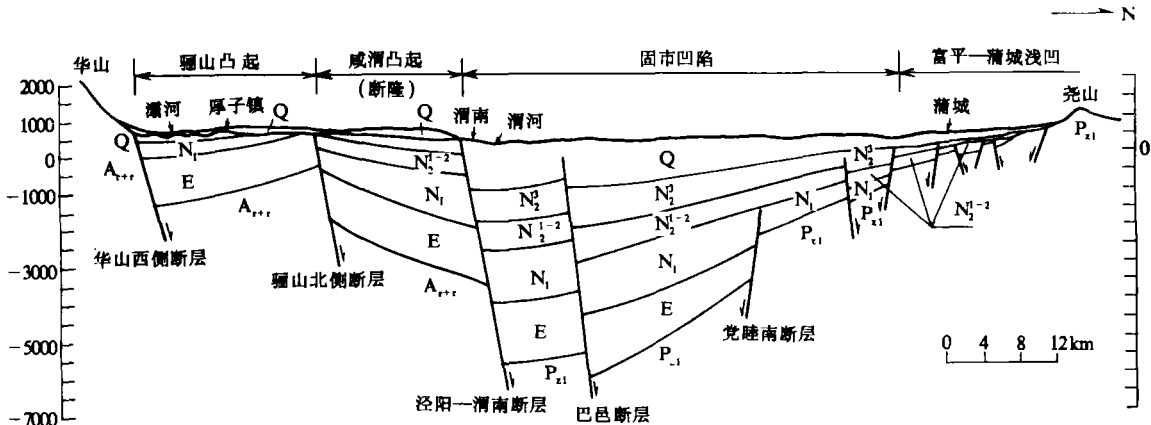


图 3 渭河断陷基底构造(南北)剖面图(据地矿部第三普查大队)

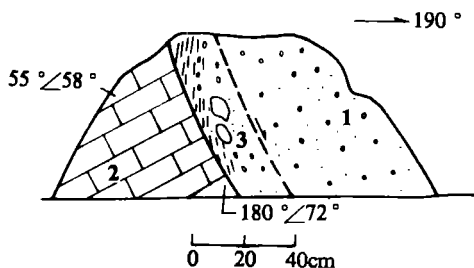


图4 泾河口(张家山)正断层素描图

1. 下更新统砂砾石; 2. 寒武系泥质灰岩; 3. 断层破碎带

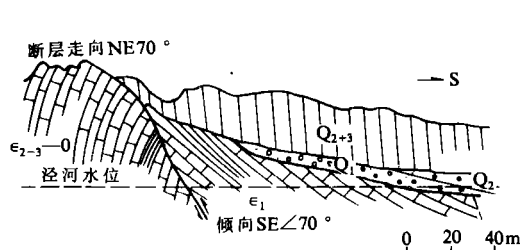


图5 泾河口筛珠洞逆断层示意图

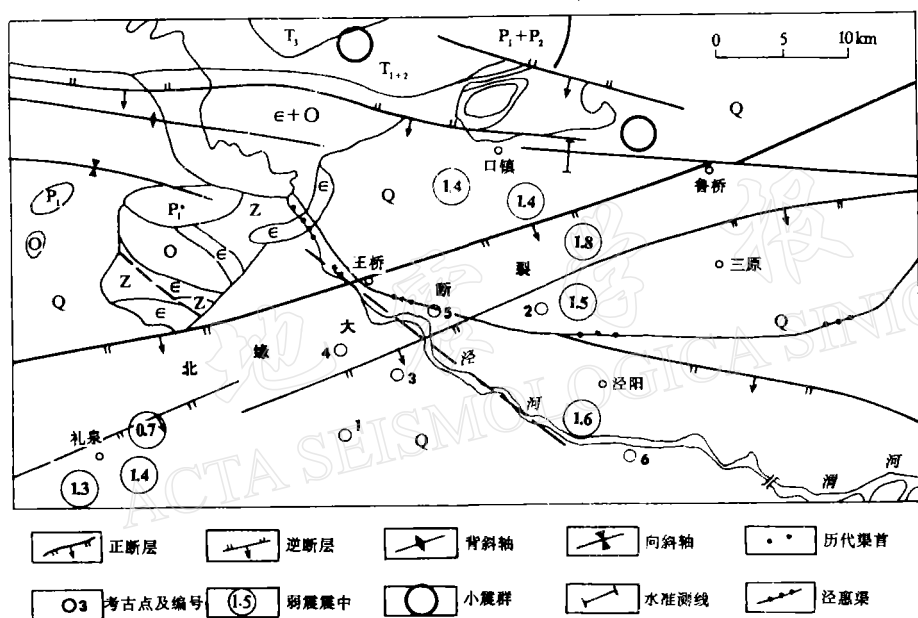


图6 北缘断裂带考古点及弱震分布图

四、北缘断裂最新活动与地震

郑国渠渠首变迁区位于渭河断陷北缘断裂带(泾河口—口镇)的相对上升盘(图6),受断裂控制的筛珠洞温泉出露于本区寒武系石灰岩中.参照表1,是否可以说明,近2000余年来,以北缘断裂为界,基岩山区相对渭河断陷北侧(中部)的年平均抬升速率为2.0—5.2 mm(见表1);另外,从表2中可以看出,处于北缘断裂带相对下降盘的历代考古点,其年平均下沉速率为0.5—1.4 mm.据1981—1985年的跨断层短水准测量结果,在泾河口—泾阳口镇附近,北缘断裂南(上)盘相对北盘呈缓慢趋势性下降(图7),最大变幅约2.7 mm,年平均下降速率约1.6 mm(王新吾,1987),这与考古数据求得的下沉速率大体一致.此外,唐(太宗)昭陵的167座陪葬墓位于北缘断裂带的南侧(上盘),其占地面积万余亩,墓群前的石碑、祭坛、石马、石羊、石虎、石狮,绝大部分的底座都被沉积物掩埋了70—80 cm,所以,用考古方法计算的地面沉积速率在一定程度上是断裂最新活动的反映.

表 2 文化遗址埋深速率表

编号	地 点	名 称	时 代	遗 址 埋 深 (m)	沉 积 速 率 (mm/s)
1	礼泉马家寨	文化遗址	仰韶	2.5	0.4
2	泾阳李家湾	文化遗址	仰韶	3.0	0.5
3	礼泉烟霞镇	古墓群开口	西汉	1.5	0.7
4	礼泉烽火镇	薄太后塔基	汉代	1.7	0.8
5	泾阳王桥镇	宫殿地面遗址	明末	0.5	1.4
6	礼泉阡东镇	古墓群开口	清初	0.2	0.6

以上资料至少表明,渭河断陷北缘断裂带的泾河口—泾阳口镇段,在人类有史以来的活动是明显的.主要表现为继承第四纪正断层活动的特点.虽说以该断裂带为界,渭河断陷北侧相对北山的现代断块垂直差异运动有明显表现,

但对南深北浅的渭河断陷盆地来说,其南侧的渭南—华县一带相对华山的现代断块垂直差异运动远比其北侧要表现强烈(李祥根和冉勇康,1983).事实上,郑国渠灌溉区相对其南侧的西安凹陷和固市凹陷,在地貌上已明显表现了整体性缓慢上升的特征(易学发和师亚芹,1989).

渭河断陷自公元前 1177 年有地震记载以来,在 15—16 世纪表现了一个大地震高潮,这个高潮除 1556 年华县 8 级地震外,尚有 1501 年朝邑 7 级地震、1487 年临潼 $6\frac{1}{4}$ 级地震和 1568 年西安东北 $6\frac{3}{4}$ 级地震等.这是 3100 余年来该区的一次大震活跃期,地震集中发生于渭河断陷东部的南侧.

显然,渭河断陷北缘大断裂不是历史强震的发震断裂,但控制着渭河断陷北界的北缘大断裂,在这次大震活跃期(明代)却表现出它最大的垂直差异活动速率,约为 6.6 mm/a (见表 1,2).从 1568 年以后的 400 余年间,渭河断陷处于地震活动的相对平静期,而北缘大断裂带自清代初以来也相应表现出较小的垂直差异活动速率,约为 2.6 mm/a (见表 1,2).

这种同步性是否说明,在渭河断陷 1487—1568 年的大震高潮中,尽管强震集中在该区的东南部,但构造活动却涉及到整个渭河断陷或更大范围.近 30 余年来,弱震在北缘断裂的泾河口—口镇一带不断发生,最大震级为 1.8 级.而 1976 年和 1984 年的淳化及泾阳两起小震群都出现在北缘断裂带的中段,说明该断裂带至今依然还在活动着.

五、结 语

用考古方法研究现代构造运动与地震的关系,在国内首先由刘正荣和孟繁兴(1975)提出,尽管这种方法本身还不很成熟,但在地质环境大致相同,并通过较大范围的比较,可以研究近 2000—3000 年以来断裂活动速率与地震的关系,这正好填补了目前用地质方法和大地测量在时间尺度上的空白.笔者用秦郑国渠渠首变迁和文物遗址埋深估算了渭河断陷北缘大断裂带的升降速率,其结果与近期水准测量数据基本吻合.有意义的是,北缘断裂带在渭河断陷历史大震高潮期表现出最大的垂直差异活动速率,虽说难免有其它干扰因素迭

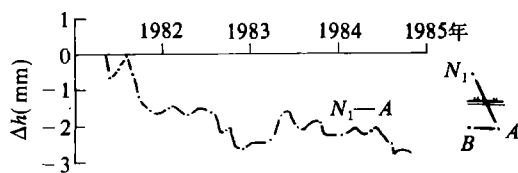


图 7 泾阳台短水准高差月均值图(据王新吾)

加,但这种趋势性变化是无疑的.

本文在准备过程中得到苏刚、鄢家全的指导,王振武参加了野外考察,在此谨致谢意.

参 考 文 献

- 刘正荣、孟繁兴,1975. 以临汾盆地为例论用考古学方法研究现代构造运动与地震的关系. 地球物理学报, 18, 2, 127—135.
- 李祥根、冉永康, 1983. 华山北坡及渭南塬前活断层. 华北地震科学, 1, 2, 10—18.
- 秦中行, 1974. 秦郑国渠渠首遗址调查记. 文物, 7, 33—38.
- 王新吾, 1987. 渭河盆地中部的垂直形变特征. 地壳形变与地震, 7, 2, 98—102.
- 易学发、许国昌, 1987. 西安地区活动断裂带及地震危险性探讨. 华北地震科学, 5, 4, 85—92.
- 易学发、师亚芹, 1989. 考古数据在渭河断陷地震地质研究中的应用. 地震, 3, 76—78.

地 震 学 报
ACTA SEISMOLOGICA SINICA