

罗城地区的地质构造与注水采盐诱发地震

1. 前言

四川省犍为县罗城地区(北纬 $29^{\circ}17'$ — $29^{\circ}27'$, 东经 $103^{\circ}55'$ — $104^{\circ}10'$)位于威西盐矿厚度带上, 历史上没有地震记载。四川省五通桥盐厂分别于1967年和1976年在罗城地区上了第一、二期基本建设工程, 运用钻井注水采盐工艺对威西盐矿的岩盐进行开发利用。1972年10月又在罗城地区修建了一座面积为 2.7km^2 , 蓄水 2000万m^3 的新店水库。从1970年起, 罗城地区的地震活动开始出现, 并呈现周期性。本文在研究罗城地区地质构造的基础上, 结合地震活动的特点, 讨论了注水采盐与罗城地区地震的关系, 提出了今后地震的发生趋势。

2. 罗城地区的地质构造特征

犍为县罗城地区位于龙泉山构造带的西南端与威远构造的复合部位, 地质构造较为复杂(见图1), 发育着一组北东东向的压扭性逆断层和短轴背斜, 主要有铁山断层、癞子山断层和老鹰山断层以及寿保背斜、盘家山背斜、铁山背斜、双牛坝背斜和九龙埂背斜。其中铁山断层和铁山背斜是本区主要构造。

铁山断层走向北 65° 东, 倾向北西, 倾角较小, 一般为 $20-25^{\circ}$ 。据有关的资料, 在五通桥盐厂九车间的罗24号井下 900m 处见到此断层; 在罗1号井下见此断层的断距为 30m 以上; 在铁6号井下见该断层的斜冲擦痕。铁山断层的性质以压性为主兼扭性。铁山背斜轴走向北 65° 东, 轴面倾向南东, 倾角 70° 左右。

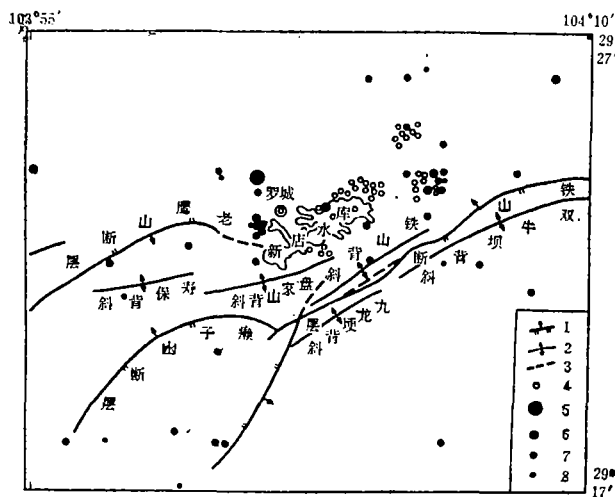


图1 罗城地区地质构造及震中分布图

- 1. 逆断层 2. 背斜 3. 推测断层 4. 盐井 5. $M_L > 4.0$ 6. $M_L = 3.1 - 4.0$
- 7. $M_L = 2.1 - 3.0$ 8. $M_L = 1.5 - 2.0$

该地区地层主要为侏罗系。地表出露岩性为灰白色砂岩、紫红色砂岩、泥岩、灰岩、泥灰岩。铁山背斜两翼为煤系地层，下伏石灰岩、白云岩、硬石膏和岩盐。岩盐埋藏深度在800—1800m之间，盐体的一般厚度为15—20m，最厚部分达44.5m。

由于经历多次构造运动，该区岩石中裂隙、节理较发育，是地下水渗透的通道。由于碳酸盐类具有易溶解于水的特点，由于地下水的侵蚀，该区内还有许多大大小小的溶洞、天井，个别地方还有小暗河。

3. 罗城地区的地震活动及其特点

这一地区在1970年以前没有地震记载。自1970年以来，该区已记录到地震47次（资料截止1986年底），其中 $M_L=1.5-2.0$ 级地震8次； $M_L=2.1-3.0$ 级地震32次； $M_L=3.1-4.0$ 级地震6次；大于 $M_L 4.0$ 级地震1次，即1979年9月15日发生的4.2级地震。

该区地震的发震时间与五通桥盐厂注水采盐和新店水库蓄水时间关系密切。1967年五通桥盐厂在罗城上了第一期建设工程，1970年就发生了3.1级地震。1974年建成新店水库，加速了地震的发生。1976年五通桥盐厂在罗城又上了第二期建设工程（年产盐量1977年为27万吨，1980年超过30万吨，1986年达到50万吨），之后地震频度明显增加。随着五通桥盐厂注水采盐量的增加和新店水库的建成蓄水，地震活动由弱到强，有逐年增多的趋势（图2）。

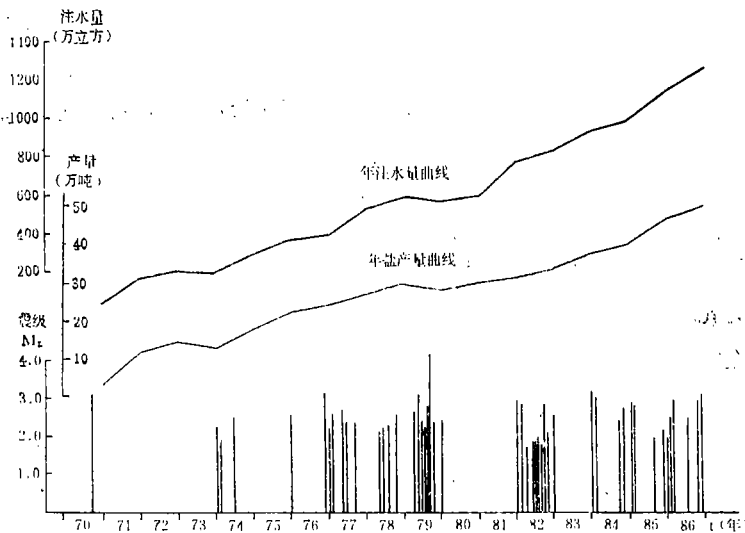


图2 五通桥盐厂年产量、注水量曲线及地震序列 $M-t$ 图

地震主要分布在断层端点、五通桥盐厂九车间的生产井附近和新店水库周围（见图1），呈现震群活动性质。全部地震序列中有7次大于3.0级的地震，最大为4.2级，具有小震—较大震—平静的规律性，没有突出的主震。地震震源浅，震中烈度高，影响范围小而强烈。已发生的最大地震（ $M_L 4.2$ 级）的震中烈度达到六度。对于 $M_L 1.7$ 级地震，震中区强烈有感，在离震中区2—3 km以外人的感觉就不明显了。根据经验公式推算，震源深度约为3—5 km。

4. 罗城地区地震与注水采盐的关系

如前所述，该区断层较多，岩石破碎。库水和因采盐注入地下的高压水（40—45 kg/

cm^2) 沿着岩石孔隙渗入地下, 在一些特殊部位聚集起来后, 形成巨大的孔隙水压力。根据文献〔1〕、〔2〕, 孔隙水压增高将使孔隙面上及断层面上正应力降低, 从而减小了断层两盘间的粘结强度, 相应就降低了断层错动所需剪应力的临界值, 因而在不很大的构造应力作用下, 即可造成断层错动, 发生地震。由于盐水的渗透能力要比一般水强得多, 据统计, 平均每年有几百万 m^3 的盐水注进了断层面和裂隙面, 为断层的运动创造了有利条件。

根据钻探资料, 岩盐底部的隔水石膏层仅 1 m 多厚, 很容易被高压注水所破坏。又由于该地区断层较多, 岩石中裂隙、节理较发育, 因此, 在盐矿开采过程中容易出现因顶底板垮塌而形成的小震。硬石膏为亲水矿物, 在高压水的长期冲击下, 也会发生水化作用, 引起体积剧烈膨胀, 诱发地震〔1〕。

另外, 水不断向地下渗透, 越往深处, 水温越高, 甚至发生气化。水吸收热量, 引起体积膨胀, 产生热应力的相对集中, 引起局部地壳应力场的变化, 也使断层活动加剧。

5. 对今后地震发展趋势的估计

从图 2 可以看出, 罗城地区自开始注水采盐以来, 随着采盐量的增加, 发震频次有所增加, 但震级没有多大变化, 十多年来除 1979 年 9 月 15 日发生 4.2 级地震外, 一般发生地震的震级为 1.5—3.2。有关水库地震的研究认为, 主震发生后, 即使水位再度达到了主震时的水平, 甚至在比主震时还高的情况下, 也不曾有比主震更大或与之相当的地震出现〔1〕。因此, 估计今后罗城地区地震的发展趋势是以小震群为主, 最大震级不会超过 4.2 级。

(本文 1987 年 9 月 28 日收到)

(四川省乐山市人民政府地震办公室 徐泽奎)

参 考 文 献

- 〔1〕北京大学等, 地震地质学, 地震出版社, 1982。
〔2〕郭增建、秦保燕, 震源物理, 地震出版社, 1979。

GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE LUOCHENG REGION AND INDUCED EARTHQUAKES BY INJECTING WATER TO MINE SALT

Xu Zekui

(Seismological Office of Leshan City, Sichuan Province)