

辽南核电站厂址区断层的评价问题

李愿军

(国家地震局地质研究所, 北京 100029)

摘要 作者通过对核安全法规的学习和前人对辽南核电站厂址区断层的调查,并结合对断层实际踏勘,认为厂址区附近的东岗断层属于现行法规(HAF0101)中规定的能动断层。但是,仅此一点并不能构成对推荐厂址的威胁,因为断层距厂址直线距离约4km,断层的地表或近地表错动不会直接影响到核反应堆的安全。

关键词: 核电站 能动断层 断层评价

1 问题的由来

对辽南核电站厂址的预选最初起始于1978年,到1992年前后共计历经14年。1984年10月,国家地震局东北地震监测研究中心对厂址区断裂的活动性进行了专题研究,对复县温坨子厂址的主要断裂进行了调查。其中对东岗断层的评价引起了人们的关注,当时发现的断层活动证据有三条,即(1)断层错开了中更新统的砂砾石层;(2)断层的线性地貌现象突出;(3)断层泥的热释光测龄为 $(283 \pm 13.5) \times 10^3$ 年,证明在第四纪(Q₂)有过一次活动。

东岗断层是否属于我国现行核安全导则 HAF0101《核电厂厂址选择中的地震问题》(1987)中定义的能动断层?是或不是能动断层对推荐厂址究竟会产生什么影响?这是问题的关键,也是专家们的分歧点。本文不是工程评价报告,只是就作者自己对法规的学习和对厂址断层的调查,提出一点个人的观点和认识。

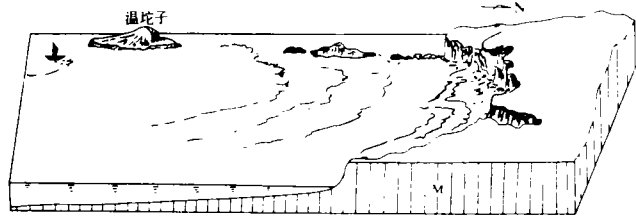


图1 辽南核电站温坨子厂址地貌

M:早太古界混合岩

Fig. 1 Landforms of the Wentuozi site of the nuclear power plant in the southern Liaoning.

的关键,也是专家们的分歧点。本文不是工程评价报告,只是就作者自己对法规的学习和对厂址断层的调查,提出一点个人的观点和认识。

2 东岗断层调查研究与评价

辽南核电站温坨子厂址位于辽东半岛,西临辽东湾,地势平坦,交通便利,水源充沛(图1)。

东岗断层在厂址以南约4km处通过,在赫屯处向西延伸入海。据最新海域地球物理调查证实,该断层西延入海5km后其构造形迹消失(辽宁地震局,1991)。该断层自赫屯向东经东岗、小程屯、东岗乡、西达营、

东大营、柏岚子、刘屯、付屯,在尉屯以北折向北北西,终止于大毛岗子与匡家屯之间(图 2)。断层总体走向近东西,倾向南,倾角 $50^{\circ}-87^{\circ}$ 。断层分布长度包括陆域和海域共计 18km。

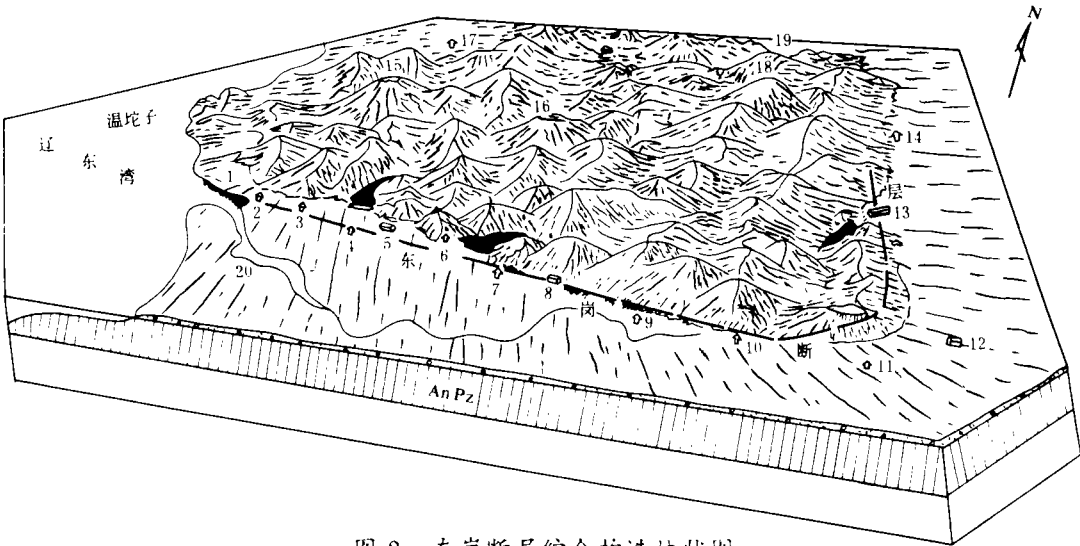


图 2 东岗断层综合构造块状图

1. 远海社;2. 赫屯;3. 东岗;4. 小程屯;5. 东岗乡;6. 西达湾;7. 东边营;8. 柏岚子;9. 刘屯;10. 付屯;11. 尉屯;12. 曹家屯;13. 大毛岗子;14. 匡家屯;15. 城儿山;16. 平山;17. 东身房;18. 大顶山;19. 二都子山;20. 鸿崖河

Fig. 2 Sketch of comprehensive structures of the Donggang fault.

东岗断层有着十分醒目的活动性地貌标志。断层北盘是由晚元古代的页岩、石英岩和砂砾岩组成的低山丘陵剥蚀区;南盘为滨海冲洪积平原区。地貌反差对比明显,鸿崖河流向变化也与断层的活动有一定关系。同时,东岗断层的走向线已形成地貌和地层分布的分界线(图 3)。

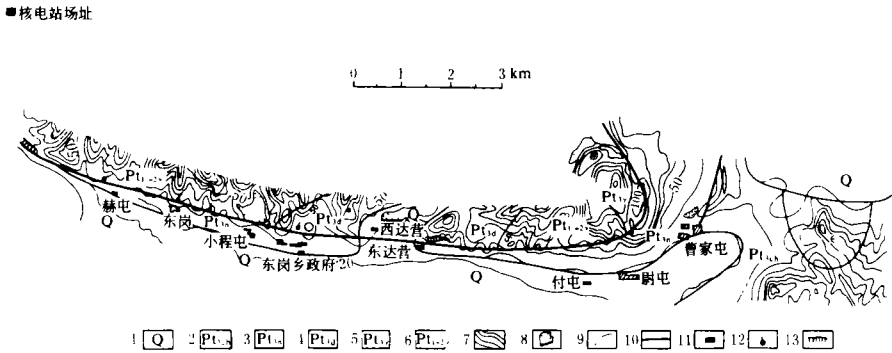


图 3 东岗断层展布图(据国家地震局地质研究所,1990)

1. 第四系;2. 晚元古代长岭组;3. 晚元古代南芬组页岩;4. 晚元古代钓鱼台石英岩;5. 晚元古代永宁组砂岩;6. 早、中元古代混合岩;7. 等高线;8. 水库;9. 地质界线;10. 断层;11. 居民点;12. 地下水出露点;13. 陡坎

Fig. 3 Distribution of the Donggang fault.

第二种地貌现象是断层崖。在赫屯以西所见的断层崖高约10余米。在断层东段向北北西向拐弯处,断层崖高约5m,此处北盘岩性为 P_{13} 砾岩,南盘为南芬组页岩,断面走向 $N70^\circ E$,略呈波状,倾角 88° ,断面十分光滑,且擦面有多层铁质薄膜,局部厚达3—5cm,滑面侧擦角 75° (图4)。

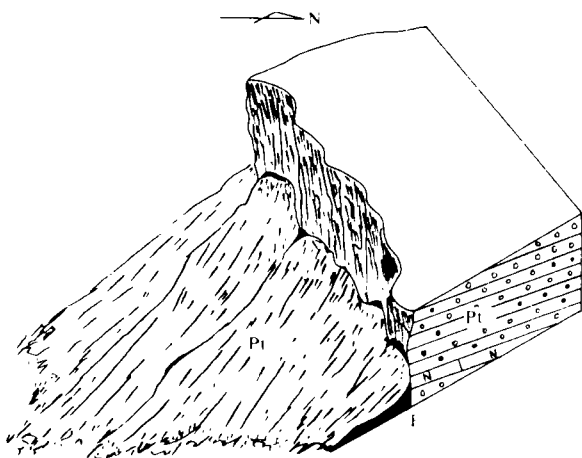


图4 尉屯北断层崖

Fig. 4 Fault scarp in the north of Weitun.

横切断层的冲沟与溪流都有明显的变化。一般来说,断层处小溪的比降加大,有些形成跌水,溪底明显变宽,呈喇叭口状撒开,整个断层线宛如一条镶嵌的花边。

此外,沿断层带地下水富集,植被生长繁茂,与断层两侧的岭秃草枯的现象形成鲜明的对照。这种“绿色条带”现象,显然是受到构造活动的影响,沿断层带岩石高度破碎,因而地下水在此富集,而另一侧为页岩,页岩为不透水层,地下水被页岩所阻,是以断层线有泉眼、沼泽、池塘、水库等成串分布。沿断层带的土层,因常有水的浸润,植物繁茂,是以沿着断层常形成一片一片的黑土带。地下水沿着断层带的富集,是断层新活动的标志。泥炭层的沿带分布乃是断层新活动的一个间接标志。

1990年作者曾对东岗断层进行过实地考察,根据自然露头剖面和探槽剖面的观察,断层具有丰富的新构造运动的特点。首先,整个断层带宽度变化很大,宽者达40m,窄者仅2—5m(图5),破碎带中断层泥比较发育。

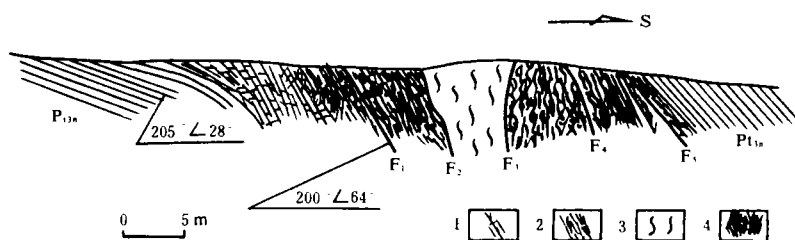


图5 付屯北剖面

1. 浅黄色碎裂岩; 2. 紫红色片状岩; 3. 浅灰色断层泥; 4. 杂色断层泥;

Fig. 5 Section in the north of Futun.

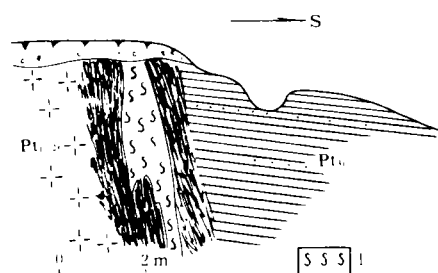


图6 假小子1号剖面

1. 灰绿色断层泥

Fig. 6 No. 1 section at Jiaxiaozai.

断裂带中的断层泥色彩斑斓,有紫红色、浅灰色、灰绿色、淡黄色以及各种色调的混杂,断层泥色彩的成因研究目前尚少,但可推测,断层泥的色调变化应与围岩成份、物理与化学环境、断层运动的速度、温度与压力条件以及时间因素有关。一般而言,地表或近地表的条件大致是相同的。因此,同一剖面上见到的各种色调的断层泥应属不同期断层运动的产物。反过来说,不同色调的断层泥代表了不同的构造物理环境与过程,可以看作是断层的多期活动。这些不同色调的断层泥的接触关系和空间形态,从某种程度上代表着断层运动的性质与特征。如假小子1号剖面(图6)和东大营

以西的开挖剖面,灰绿色的断层泥成为紫红色断层泥之中的包体,两种断层泥的接触界线清晰,包体的形态预示着断层后期的挤压运动过程。

断层的第三个特点是有时以主断层的形式表现,没有其它小的断层(图7);而有时在宽达40m的破碎带中可见到多条平行走向的断层,成为断层束(图5)。这些现象都揭示了断层结构的复杂性。

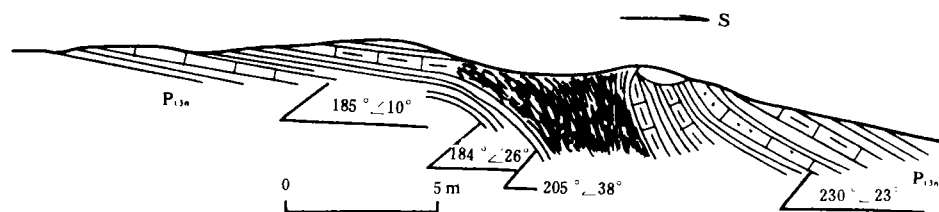


图7 东大营东约200m处剖面

Fig. 7 Section about 200m east of Dongdaying.

断层的最新活动证据有两点。一是在断层泥中发现有新滑动面(图8a),该滑动面呈缓波状,且有极薄的一层铁锰质薄膜,无指向性阶步,擦光面上的擦线近于垂直。其次,在小程屯假小子2号剖面上发现一个楔形构造呈下掉趋势,它表明中更新世以后断层曾发生过一定规模的运动,属于断层错断地表的一个直接证据(图8b)。

断层活动的新年代学数据进一步支持了上述结论。根据国家地震局地质研究所1990年的测年证据证明,断层在约10万年时曾有过明显的活动,而在约5万年前发生过最后一次小规模的运动,5万年以来断层已经平静下来(表1)。

核电站选址的断层评价是以核安全法规为准绳的。在我国,现行的核安全导则中针对地震地质问题的导则是《核电厂厂址选择中的地震问题(HAF0101)》(1987年),根据其中对能动断层的识别标准,可以认为东岗断层属于现行规定中的能动断层,它满足50万年以来重复活动的条款约束。如果上述标准又有新的变化,问题自然应该另当别论。但是我们应该把最终目的放在安全和安全所需资料的可靠程度上,这才是问题的关键。

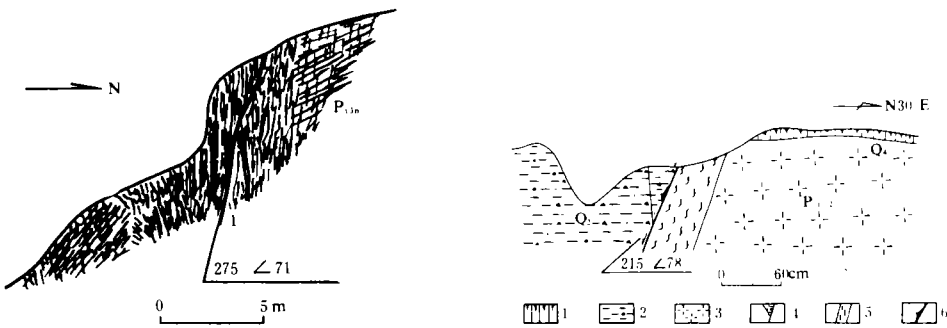


图 8

a) 付屯北自然露头点； b)小程屯(Dr-08)假小子 2 号剖面(国家地震局地质所,1990)
1. 断层泥中的新滑面； 2. 表土层； 3. 含砾亚砂土；
4. 早、中元古代混合岩； 5. 构造楔； 6. 断层泥； 7. 断层
Fig. 8 a) Natural outcrop points in the north of Futun;
b) No. 2 section at Jiaxiaozhi, Xiaochengtun (Dr-08).

表 1 断层破碎物测年结果表

采样剖面	样品编号	样品物质	测年方法	年龄值(万年)
假小子 1 号剖面	D _{FE} -07	混合岩磨碎物	电子自旋共振	5.09—7.73
	24-4	绿色断层泥	热释光	16.96
老实人剖面	D _{FE} -01	绿色断层泥	电子自旋共振	11.76—13.13
三条狗剖面	24-2	紫红色断层泥	电子自旋共振	9.62—10.63
哑巴 1 号剖面	24-6	绿色断层泥	电子自旋共振	9.77—10.34

3 东岗断层的地震活动性

东岗断层上无任何历史地震记载。1972 年以来,在厂址周围半径 30km 范围内只记录到 3 级以下地震 15 次,20km 范围内只有 6 次,距厂址最近的一次地震(2.3 级)也在 10km 以外。

区域震源机制资料表明,辽东半岛主压应力轴和主张应力轴近于水平,P 轴集中于 NEE—SWW 方向,与华北地区完全一致。如果它所代表的区域应力场方向作用于东西向的东岗断层上,将为一个较小角度相交,断层的张应力应大于断层的剪应力,而张应力产生较大的破坏性地震的概率是很小的。这与我国东部东西向构造不发生破坏性地震的结果是一致的。

通过对东岗断层的多次考察和历史地震研究,均未发现古地震遗迹和历史地震记载,近期不存在小震活动的成带性,因此东岗断层不是一条孕震断层。

4 能动断层与厂址的适宜性评价

美国佐治亚工学院的 G. G. Eichholz 教授在《核动力的环境问题》一书中这样写到:“对

于核电站的厂址来说,为了慎重起见,只要有可能就不应选择有活动断层(应为能动断层—作者)的地点。在约5mile(8km)以内的地面有长度超过1000foot(300m)的活动断层,一般不宜选作厂址。”这种思想对我国带来了深远的影响,应该说是厂址合理性评价设置一道重要的障碍。因为要在几十亿年的地质演化过程中,要想找到8km半径范围内连300m长的能动断层都没有的地方,实在是超出目前科学认识范围的困难工作,对核能的和平利用与发展将是无益的。

我国的核安全规定中(HAF系列)没有这样的规定。在《核电厂厂址查勘(HAF0109)》(1989年)中作了以下约束:在高地震活动区中,通常在区域分析时要否定靠近已知大的能动断层的地区,也要否定靠近已知能动断层的可能厂址。也可采用厂址到可疑能动断层的距离作为以后筛选和选择候选厂址的一个因素。靠近已知能动断层的候选厂址应予以否定,而离能动断层有足够距离的那些厂址则通常予以优先选择。

根据上述规定,东岗断层距推荐厂址尚有近4km,且无分枝断层延伸到厂址。即使未来断层发生地表或近地表的破裂,也不存在直接导致核反应堆破坏或撕裂的潜在影响。因此,从原则上来说,辽南核电站温坨子厂址是满足我国现行核安全法规最低安全要求的。

5 主要结论

通过对辽南核电站温坨子厂址区东岗断层的调查和研究,结合我国现行核安全法规的学习,对断层的评价可总结为以下几点:

(1)辽南核电站选址历经十余年,直到目前为止,东岗断层仍然是人们十分关注的一个焦点,这是一个重大的工程问题。

(2)通过对东岗断层的实地考察发现,第四纪以来断层是活动的,活动性构造地貌现象突出,断层走向线已形成地貌和地层的分界线,断层崖和冲沟都有变化,形成一条黑土带、地下水分带和绿色植被生长带。构造观察发现断层结构复杂,破碎带宽度变化很大,断层泥发育,不同色调的断层泥形成包体或后期受到挤压所呈现出复杂的空间几何形态。

(3)在断层泥中发现后期新的滑动面以及断层错开 Q_2 砂砾石层的直接证据。

(4)年代学证据显示断层在约10万年和约5万年时曾发生过断层运动。

(5)东岗断层没有古地震遗迹和历史地震记载,仪器记录也没有小震的成带分布,因此不是一条孕震断层。

(6)根据HAF0101以及HAF0109的现行规定,东岗断层应属能动断层。但是,由于厂址距断层的直线距离有约4km,东岗断层能动性的评价本身并不构成否定厂址的直接原因,因为断层未来可能发生的地表或近地表破裂不会导致对核反应堆的错动影响。

(本文1993年7月14日收到)

参考文献

- 1 国家核安全局. 核电厂厂址选择安全规定(HAF0100). 1991.
- 2 国家核安全局, 国家地震局. 核电厂厂址选择中的地震问题(HAF0101). 1987.
- 3 国家核安全局. 核电厂厂址查勘(HAF0109). 1989.
- 4 US NRC. Seismic and geologic siting criteria for nuclear power plants. 10CFR100 App. A. 1987.
- 5 M. J. Adair. Geologic evaluation of a site for a nuclear power plant, Geology in the siting of nuclear power plants. GSA. 1979. 27—40.
- 6 杰弗里 G 艾科尔兹. 核动力的环境问题. 李国鼎, 等译. 北京: 原子能出版社, 1985. 267—288.

THE FAULT EVALUATION OF SITE AREA OF NUCLEAR POWER PLANT IN THE SOUTHERN LIAONING

Li Yuanjun

(*Institute of Geology, SSB, Beijing, China*)

Abstract

Before constructing a nuclear power plant, it is highly important to evaluate the capability of faults in its site area in seismology and geology sitings. The author studies the NUSS Codes and Guides, and combining with field fault investigation of the site area, further suggests that Donggang fault is a capable fault defined in the NUSS Codes and Guides(HAF0101). However, this is not a subversive factor for the recommended site. Because the fault is 4km from the site, the fault rupture at or near the ground surface will not affect straight the operation safety of nuclear reaction pile. Thus, it is considered that the site is satisfied with the demands of the NUSS Codes and Guides in China.

Key Words: Nuclear power plant; Capable fault; Fault evaluation