

曹均锋,冯伟栋,原贺军,等.震源深度对基岩地震动参数的影响[J].华北地震科学,2015,33(1):25-29.

震源深度对基岩地震动参数的影响

曹均锋,冯伟栋,原贺军,董双林

(安徽省地震局,合肥 230031)

摘要:基于安徽地区震源深度分布特征,选取典型场点构造不同震源深度分析模型,重点分析了震源深度的变异性对于基岩地震动参数的影响。研究表明:随着震源深度增加,基岩峰值加速度及加速度反应谱逐渐减小,且基岩峰值加速度减小幅度呈逐渐减弱的趋势;但水平向加速度反应谱特征周期随着震源深度增大而增大,同时震源深度对不同风险水平下基岩峰值加速度比值也产生一定的影响。

关键词:震源深度;基岩峰值加速度;加速度反应谱

中图分类号:P315.319

文献标志码:A

文章编号:1003-1375(2015)01-0025-05

doi:10.3969/j.issn.1003-1375.2015.01.005

0 引言

在地震危险性分析工作中,采用的地震动参数衰减关系通常隐含着平均震源深度的震中距。计算时本不需要考虑震源深度的影响,但得到的基岩地震动参数常常超出正常范围。因此只好将衰减关系中的震中距当震源距看待,以便加入震源深度的影响来得到较适用的结果。有研究表明,基岩地震动参数对震源深度的变化很敏感,同一场点不同震源深度下的基岩峰值加速度及反应谱差异较大^[1-3]。然而相关规范并未对震源深度取值有明确规定,实际工作中震源深度取值存在随意性,导致基岩地震动参数具有可控性,易给技术人员带来困扰。

本次基于安徽地区的震源深度分布特征,选取典型场点构造不同震源深度的分析模型,采用考虑地震活动时空不均匀性的概率地震危险性分析方法^[4],重点研究了震源深度变异性对于安徽地区基岩地震动参数的影响,并对相应的影响范围和变化趋势进行探讨,以期合理确定安徽及同类地区的重大建设工程抗震设防提供参考。

1 安徽地区震源深度分布特征

震源深度是描述震源信息中的一个基本参数。安徽地区(除大别山地区)的震源深度在空间上呈现各向不均匀分布,中西部深,东部浅,中南部深,北部浅^[5-6]。

本次主要取1970年以来(安徽地震台网建立以

来) $M_L \geq 1.0$ 级地震数据进行统计,其中有深度数据的地震4442个。图1为不同震源深度分布的比例情况。从图中可知,安徽地区地震震源深度95%以上都在20 km以内,其中又以5~19 km范围居多,所发生的地震绝大部分属于地壳中上层的浅源构造地震。

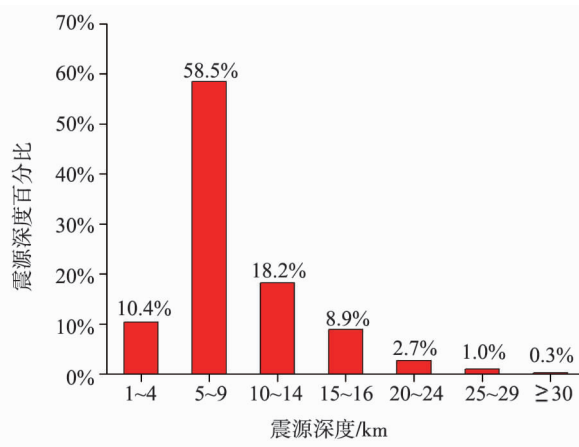


图1 震源深度比例分布图

2 震源深度对基岩峰值加速度影响

基于安徽地区的震源深度分布特征统计,本次选取淮北、阜阳、合肥、宣城、黄山等5个有地域代表性的城市,采用5.0~30.0 km等6种不同的震源深度进行地震危险性分析,得到50年超越概率63%、10%、2%条件下不同震源深度的基岩峰值加速度(表1)。

收稿日期:2014-07-15

基金项目:安徽省地震科研青年基金项目(20140301)

作者简介:曹均锋(1983—),男(汉族),高级工程师,主要从事地震工程方面的工作。E-mail: caojunfeng2009@126.com.

表 1 不同震源深度的基岩峰值加速度 (单位:cm/s²)

城市	超越概率	震源深度/km					
		5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
淮北	50 年 63%	21.4	19.4	18.0	16.8	16.0	15.3
	50 年 10%	68.6	57.4	50.6	44.1	40.4	38.1
	50 年 2%	127.4	102.1	86.4	75.9	70.1	66.6
阜阳	50 年 63%	26.1	22.6	20.5	18.7	16.8	15.0
	50 年 10%	100.6	78.5	65.8	57.1	47.7	38.8
	50 年 2%	199.0	151.2	122.0	102.1	81.6	68.1
合肥	50 年 63%	30.0	26.7	24.2	21.8	19.8	18.1
	50 年 10%	121.8	102.0	87.0	75.2	65.0	57.8
	50 年 2%	236.6	194.7	162.2	138.8	119.7	105.8
宣城	50 年 63%	26.1	22.2	20.0	18.4	16.3	14.4
	50 年 10%	109.4	84.4	69.8	59.9	49.8	39.7
	50 年 2%	213.7	163.3	131.2	108.5	86.1	71.8
黄山	50 年 63%	11.0	10.5	10.1	9.1	7.8	6.6
	50 年 10%	42.3	32.0	25.9	21.6	18.3	17.0
	50 年 2%	95.6	67.1	51.5	39.1	30.1	27.6

同时按照不同地震风险水平对各城市基岩峰值
加速度随震源深度变化情况分别进行统计,结果如

图 2 所示。

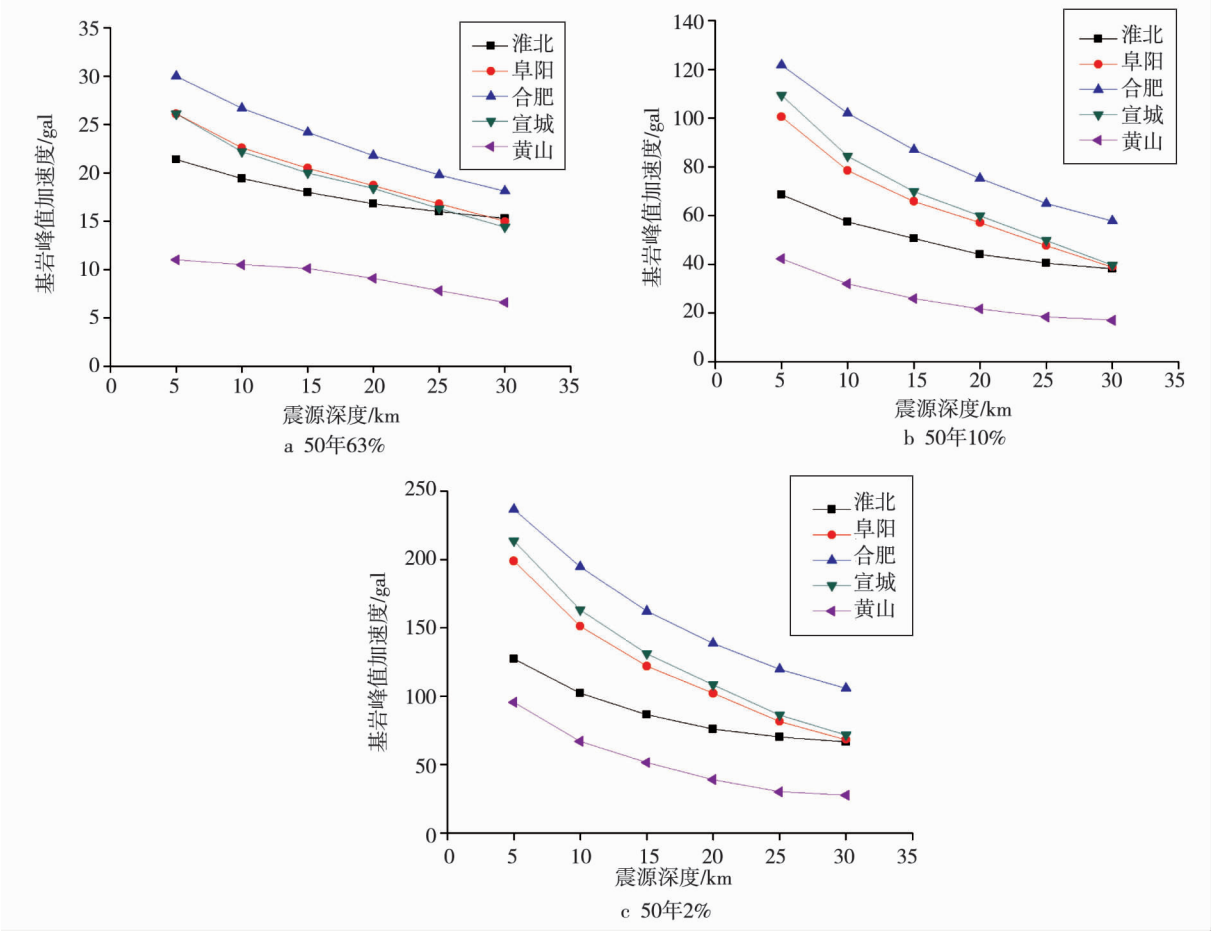


图 2 震源深度对不同风险水平下基岩峰值加速度的影响

分析结果表明：

(1)震源深度变化对基岩地震动参数的影响确实较大,不同震源深度的基岩峰值加速度之间可以相差 2~3 倍。以宣城市为例,50 年超越概率 2% 条件下震源深度 5 km 的基岩峰值加速度为 213.7 cm/s^2 ,而当震源深度增加到 30 km 时,其基岩峰值加速度为 71.8 cm/s^2 ,两者之比高达 2.98。

(2)随着震源深度的增加,基岩峰值加速度逐渐减小,但减小幅度呈逐渐减弱的趋势。

(3)震源深度对大震(50 年超越概率 2%)的基岩峰值加速度影响最大,中震(50 年超越概率 10%)次之,小震(50 年超越概率 63%)影响最小,表明大震的基岩峰值加速度对震源深度的变化更敏感。

(4)当震源深度较浅时,同属于峰值加速度 0.05 g 分区的淮北、宣城、阜阳等 3 个城市基岩峰值加速度相差较大;当震源深度达到 30 km 时,三者的基岩峰值加速度几乎一致。这表明震源深度达到一定值时,同一峰值加速度分区的基岩峰值加速度主要与区域的地震背景有关,场点附近的地震环境影响有限。

3 震源深度对基岩水平加速度反应谱的影响

本次以合肥市为例,选取 50 年超越概率 10% 条件下不同震源深度的基岩水平向峰值加速度反应谱 $S_a(T)$ 进行了对比(图 3)。

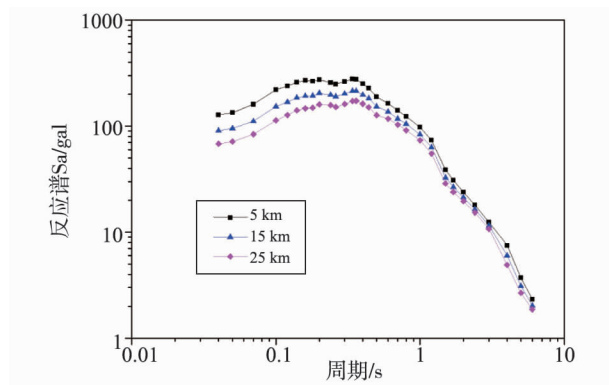


图 3 50 年 10% 下不同震源深度的基岩水平向加速度反应谱
(震源深度 5 km、15 km、25 km)

由图 3 可知,随着震源深度的增加,基岩水平向加速度反应谱逐渐减小,这种减小的趋势在反应谱的高频段最明显、中频段次之、低频段最弱,也表明震源深度的变化对基岩水平向峰值加速度影响最大、对基岩水平向峰值速度影响稍弱,对基岩水平向

峰值位移的影响最小。

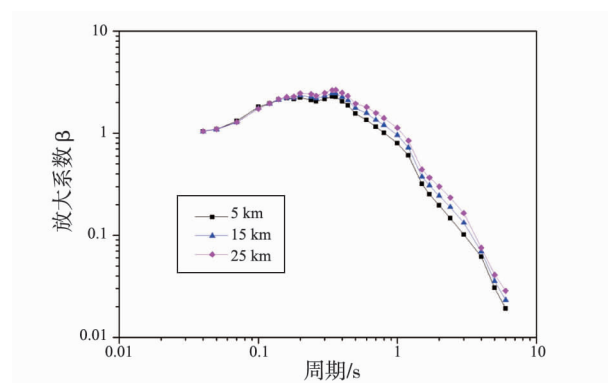


图 4 50 年 10% 下不同震源深度的基岩水平向加速度放大系数谱
(震源深度 5 km、15 km、25 km)

根据公式 $\beta(T) = S_a(T) / A_{\max}$, 其中 $A_{\max}$ 为基岩峰值加速度。将图 3 中基岩水平向加速度反应谱变换成放大系数谱 $\beta(T)$ 。由图 4 可以看出,放大系数谱在 0~0.2 s 高频段基本保持一致。但在 0.2 s 以后,随着震源深度的增加,放大系数谱逐渐向右侧低频方向移动,反应谱变宽,表明基岩水平向加速度反应谱的特征周期也受到震源深度的影响,并呈现随着震源深度的增大而呈增大的趋势。

4 震源深度对基岩峰值加速度比值的影响

有研究表明,大震、中震、小震三者之间的关系十分复杂,且关系到建设工程抗震设防参数的科学性、合理性。因此,本次选取合肥、黄山 2 个城市,将其不同震源深度下的大、中、小震的基岩峰值加速度进行相互对比(表 2 和图 5)。

表 2 不同风险水平下的基岩峰值加速度比值关系

城市	震源深度/km	大震/中震	中震/小震	大震/小震
合肥	5.0	1.94	4.06	7.89
	10.0	1.91	3.82	7.29
	15.0	1.86	3.60	6.70
	20.0	1.85	3.45	6.37
	25.0	1.84	3.28	6.05
	30.0	1.83	3.19	5.85
黄山	5.0	2.26	3.85	8.69
	10.0	2.10	3.05	6.39
	15.0	1.99	2.56	5.10
	20.0	1.81	2.37	4.30
	25.0	1.64	2.35	3.86
	30.0	1.62	2.58	4.18

分析结果表明:

(1)震源深度对基岩峰值加速度比值也产生一定的影响,基岩峰值加速度比值随着震源深度的增加而逐渐减小,但深度越深、减小幅度也越小。值得注意的是,当震源深度超过 25 km 时,黄山市的基岩峰值加速度比值出现转折,开始呈现缓慢增大的趋势,这可能与黄山市所处的弱地震环境有关。

(2)震源深度对大、小震比的影响最大,中、小震比次之,对大、中震比的影响最小。以合肥市为例,随着震源深度从 5 km 逐渐增大到 30 km,其大、小震比降幅高达 25.8%,中、小震比降幅达 21.4%,而大、中震比的降幅仅为 5.7%。

(3)据不完全统计,我国大震与中震的基岩加速

度比值的平均值为 1.8,大震与小震的比值一般为 5~6 倍^[7-8]。由表 2 可见,震源深度对大、中、小震比例的协调性有一定的影响。当震源深度取值小时,大、中、小震相互比值通常超出统计的范围,协调性较差;但随着震源深度的增加,参数之间的协调性逐步得到了改善。

(4)相较而言,震源深度对黄山市基岩峰值加速度比值的影响要比合肥市的影响大。这可能与两者自身所处的地震环境有关,黄山市属于弱地震活动区,其地震危险性主要受中远场中强地震的控制和影响;而合肥市属于中强地震活动区,其地震危险性主要受中近场中强地震及远场复发间隔很长的大地震的控制和影响。

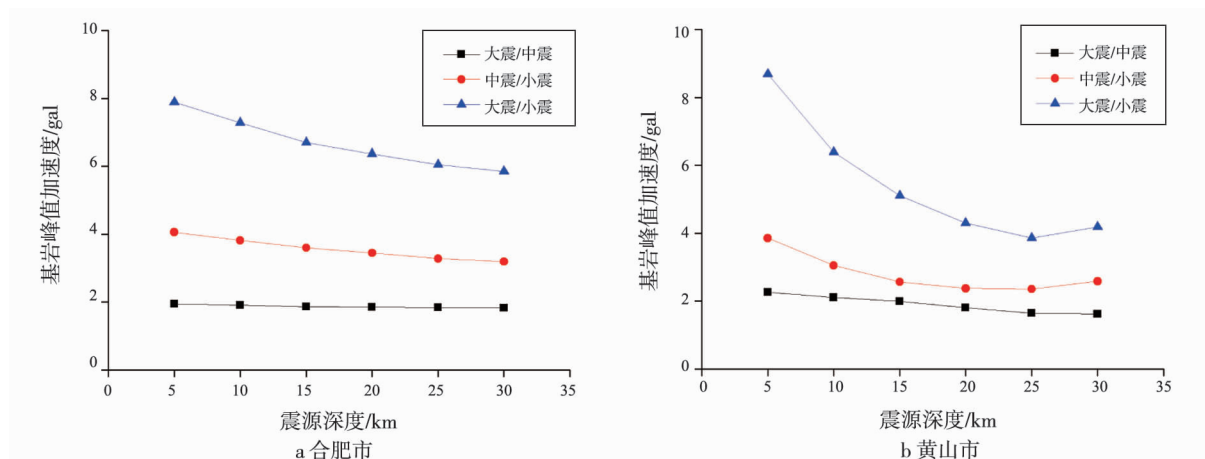


图 5 震源深度对不同风险水平下基岩水平向加速度比值的影响

5 结语

本文基于安徽地区的震源深度分布特征,选取 5 个城市进行地震危险性分析,重点探讨了震源深度的变异性对基岩地震动参数的影响。研究结果表明:

(1)震源深度对基岩地震动峰值加速度影响较大,不同震源深度的基岩峰值加速度之间可以相差 2~3 倍。随着震源深度的增加,基岩峰值加速度逐渐减小,但减小的幅度呈逐渐减弱的趋势。

(2)震源深度对大震基岩峰值加速度影响最大、中震次之,小震影响最小,即大震的基岩峰值加速度对震源深度的变化更敏感。

(3)随着震源深度的增加,基岩水平向加速度反应谱逐渐减小,这种减小的趋势在反应谱的高频段最明显、中频段次之、低频段最弱。但水平向加速度反应谱的特征周期随着震源深度的增大而呈逐渐增加的趋势。

(4)震源深度对大、中、小震的比例协调性有一定的影响。当震源深度取值较小时,大、中、小震的协调性较差;但随着震源深度的增加,参数之间的协调性逐步得到了改善。

可见,震源深度的变化对基岩地震动参数有着显著影响,因此,根据场点所处的地震环境,选取合适的震源深度参数对于地震危险性分析来说至关重要。

参考文献：

- [1] 高德潜, 黄伟生, 张永凯. 地震危险性程序 SHA 的敏感性分析[J]. 地震学刊, 1998(2): 41-47.
- [2] 鄢家全. 地震危险性分析的困惑与希望[J]. 国际地震动态, 2005(6): 14-24.
- [3] 林建生, 陈俊峰, 林子健, 等. 场地地震安全性评价中确定设计的震动参数方面若干问题的研究[J]. 世界地震工程, 2006, 22(4): 150-159.
- [4] 中华人民共和国国家标准, 工程场地地震安全性评价(GB 17741-2005) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [5] 汪素云. 中国大陆地震震源分布特征的初步研究. 地震研究[J]. 1996, 19(3): 310-310.
- [6] 李军辉, 王行舟, 洪德全, 等. 安徽及邻区震源深度分布特征研究[J]. 防灾科技学院学报. 2011, 13(3): 15-20.
- [7] 高孟潭, 卢寿德. 关于下一代地震区划图编制原则与关键技术的初步探讨[J]. 震灾防御技术, 2006, 1(1): 1-6.
- [8] 雷建成, 高孟潭, 吕红山, 等. 四川及邻区不同风险水平下地震动峰值加速度的比值特征[J]. 地震学报, 2010, 32(5): 588-600.

Effect of Focal Depth on Bedrock Ground Motion Parameters

CAO Jun-feng, FENG Wei-dong, YUAN He-jun, DONG Shuang-lin

(Earthquake Administration of Anhui Province, Hefei 230031, China)

Abstract: Based on focal depth distribution features of Anhui area, this paper mainly studied the influence of the variability of focal depth on bedrock ground motion parameters by constructing analysis model of different focal depth with typical sites. The results show that, bedrock peak acceleration and acceleration response spectrum decrease gradually with the increase of focal depth, and the decreasing range of bedrock peak acceleration is gradually weakened. But the characteristic period of horizontal acceleration response spectrum increases gradually with the increase of focal depth. Meanwhile, there are some influences of focal depth on the ratios of between bedrock peak accelerations under different risk levels.

Key words: focal depth; bedrock peak acceleration; acceleration response spectrum

欢迎订阅《华北地震科学》

《华北地震科学》是由河北省地震局主办的地震科学综合性学术刊物, 国内公开发行人。主要刊登地震学方面具有创新性的研究成果, 也登载地球物理、地震地质、地震工程等方面的学术论文及国内外地震科学研究的最新进展和成果。

《华北地震科学》均为季刊, 每季末出版, 每年 4 期, 每期定价 15 元, 全年定价为 60 元(含邮寄费)。2015 年继续由编辑部直接发行。凡欲订本刊的读者可通过全国非邮发报刊联合发行部或与本刊编辑部联系均可。

(1) 全国非邮发报刊联合征订服务部

邮 编: 300381

地 址: 天津市卫津南路李七庄邮局 9801 信箱全国非邮发报刊联合征订服务部

电 话: 022-23973378, 23962479

电子邮件: LHZD@public.tpt.tj.cn

(2) 本刊编辑部

邮 编: 050022

地 址: 石家庄市槐中路 262 号《华北地震科学》编辑部

电 话: 0311-85814313

电子邮件: he3g@eq-he.ac.cn; hbdzkx2015@163.com