

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2014.04.039

换流站阀厅结构抗震性能的 ANSYS 计算机仿真分析

余 萍,刘林超

(信阳师范学院 土木工程学院,河南 信阳 464000)

摘 要: 利用结构分析软件 ANSYS 对某换流站阀厅结构进行抗震性能分析,建立换流站阀厅结构的有限元计算模型,进行模态分析求解和四种地震波作用下时程分析对比,得到有益的结论,研究成果可供工程实际参考。

关键词: 仿真分析;换流站阀厅结构;抗震性能

中图分类号: TU399

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2014)04-0196-04

Analyzing the Earthquake Performance of Inverter Station Valve Hall by ANSYS

YU Ping, LIU Lin-Chao

(School of Civil Engineering, Xinyang Normal College, Xinyang, Henan 464000, China)

Abstract: The aseismic performance of a inverter station valve hall was analyzed by using structural analysis software ANSYS, based on which the finite element model of the inverter station valve hall was established. The solution of the modal analysis and dynamic time history analysis under four kinds of seismic waves were carried out to get beneficial conclusions. This research result is referential to practical engineering of inverter station valve halls.

Keywords: simulation analysis; inverter station valve hall; aseismic performance

从我国第一个直流工程“±500 千伏葛州坝至上海直流输电工程”到现在,经过二十几年的引进、消化、吸收和应用,近年来我国在换流站建设方面虽然取得长足的进步,但是几乎所有换流站的主控楼阀厅结构都是由外方设计,有时甚至连其加工制造都是在国外完成,国家为此花费了大量外汇。这种现状与我国快速发展的土建设计技术是不匹配的,另外在已建换流站的阀厅结构中,ABB 和 SIMES 公司的做法也有一些不同,为了更深入的吸收和消化他们的设计理念,并为我国所用,同时随着换流设备的国产化率的不断提高,结构设计也要加快国产化的进程,必须在换流站的阀厅结构设计方面进行研究,尤其对于阀厅结构抗震性能的研究必须更加重视^[1]。

目前我国对换流站阀厅结构的研究还没有现成的抗震设计规范^[2]可用,仅有一些国外的参考资

料^[3-6]作为借鉴,国内相关研究^[7-9]也主要是针对阀塔挂上之前结构的振动进行的分析,而阀塔挂上之后的研究相对很少^[10],由于阀塔挂上前与挂上后的实际工作状态相差情况目前还不明确,则需要针对阀塔挂上后的情况进行专门研究。因此,论文为了能较实际地反映地震应力,运用有限元分析软件 ANSYS 建立有限元模型,对单榀简化模型进行了 100 gal 的广州波、El-centro 波、兰州波和天津波四种地震波作用下的时程分析,全面了解阀厅结构抗震性能。

1 工程概况

图 1 为深圳某换流站阀厅平面布置,主要结构形式为钢筋混凝土剪力墙-钢框架结构。其轴③剖面如图 2 所示。由于工艺要求,F 轴结构为钢筋混凝土防火墙,其力学特点类似于钢筋混凝土剪力墙,厚 380

mm;轴 A 结构和屋架为钢结构,轴 A 上的柱为钢柱(HW 400×400×13×21)。阀塔及其相关设备通过悬索悬挂于水平的钢梁上,阀塔共有 6 层,层与层之间由悬索连接,整个阀厅结构共有 6 个阀塔,每个阀塔(6 层)重 120 kN,屋面荷载取 0.15 kN/m^2 [11]。

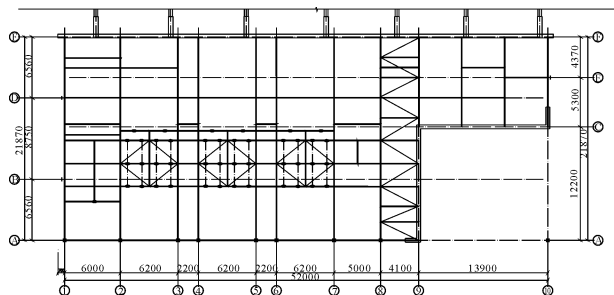


图1 换流站阀厅结构平面布置图

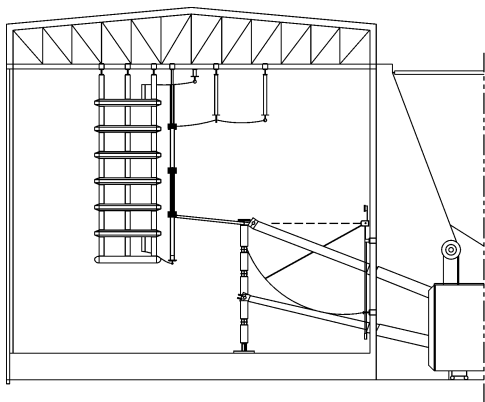


图2 换流站阀厅结构剖面图

2 计算模型

现已建成的阀厅结构均是钢结构与混凝土结构的组合体。阀塔及其相关设备通过吊杆悬挂于水平的钢梁上,结构振动时,阀塔会伴随着结构的振动而产生晃动,而阀塔的晃动又将对结构的振动产生影响,整体结构响应的分析较为复杂。为了突出悬挂阀塔对阀厅结构的地震响应作用这一关键问题,论文选取图 1 阀厅结构的单榀为研究对象,建立图 3 所示的 ANSYS 有限元单元模型。利用 ANSYS 对四种典型地震波作用下悬挂阀塔前后阀厅结构的横向地震进行计算机仿真分析,全面了解悬挂阀塔对阀厅结构抗震特性的影响。

3 ANSYS 仿真分析

3.1 ANSYS 功能简介

ANSYS 软件的功能强大,主要有基本功能和高级功能之分。基本功能包含:结构静力分析、结构动力学分析、结构非线性分析、动力学分析、热分析、电

磁场分析、流体动力学分析、声场分析、压电分析。高级功能包括:多物理场耦合分析、优化设计、拓扑优化、单元生死、用户可扩展功能(UPF) [12-13]。

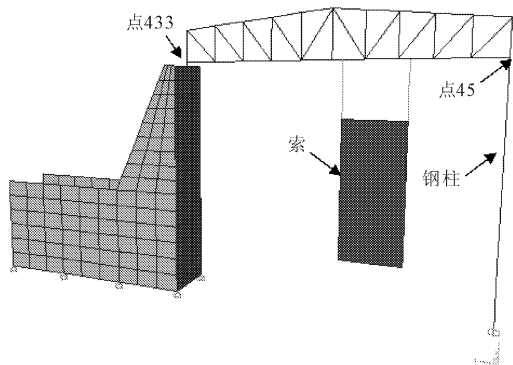


图3 阀厅单元模型

ANSYS 软件是一种大型通用的有限元分析软件 [14-15],界面直观,为用户提供了强大的实体建模及网格划分工具,直接建模与实体建模相结合,能对各种物理场量进行分析。结构分析中可进行线性、非线性结构静力分析,结构动力分析(包括模态、谐波响应、瞬态动力响应、谱、随机振动等分析),几何、材料、边界和单元非线性分析,断裂力学分析,复合材料分析,疲劳及寿命估算分析等。前、后处理及求解阶段紧密结合,可以进行计算结果的彩色等值线显示、梯度显示、矢量显示、变形显示及各种动画显示等。通过 ANSYS 仿真试验,可以克服动力试验观测难、重复难,费用高的不足,还可以得到实验室无法真实再现的试验现象 [16]。

3.2 地震波的选择

在地震作用下分析悬挂阀塔前后对阀厅结构的效应,对图 3 阀厅单元模型沿横向即图 1 轴③进行分析。为了能较真实地模拟不同种场地选了广州波、El-centro 波、兰州波和天津波四种地震波。

3.3 不同地震波作用下模型地震响应仿真分析

荷载采用峰值 100 gal 的广州波、El-centro 波、兰州波和天津波四种加速度地震波作用下的时程分析。利用 ANSYS 软件进行地震波瞬态动力学分析图 3 中 433# 节点在四种地震波作用下,结构悬挂阀塔前后 433# 节点水平位移时程曲线见图 4 至图 7,水平位移最大值的对比见表 1,钢柱内力时程曲线见图 8~图 15,时程曲线中的位移或内力值以及图表中的位移或内力值均为仅有地震作用所产生的数值,不包括恒载、活载等其他荷载的作用效应,但考虑了恒载、活载的质量效应,钢柱内力最大值对比见表 2 和表 3。

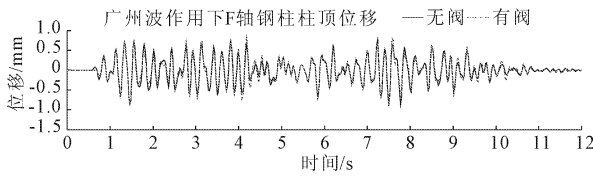


图 4 广州波作用下结构模型 433# 节点水平位移时程图

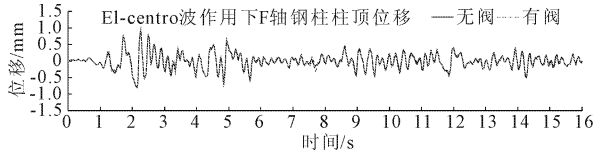


图 5 El-centro 波作用下结构模型 433# 节点水平位移时程图

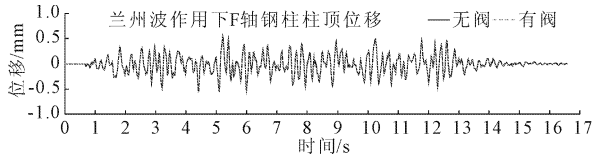


图 6 兰州波作用下结构模型 433# 节点水平位移时程图

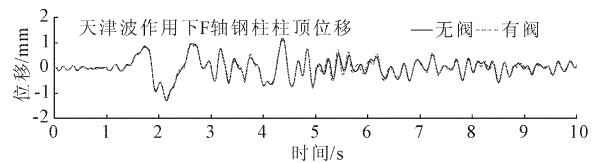


图 7 天津波作用下结构模型 433# 节点水平位移时程图

表 1 有阀塔 433# 节点水平位移最大值对比

地震波	无阀/mm	有阀/mm	减震效果/%
广州	0.86965	0.913369	-5.03
EL-centro	0.929155	0.948978	-2.13
兰州	0.552742	0.557232	-0.81
天津	1.302976	1.24263	4.63

由时程曲线图 4~图 7 和表 1 可知: 阀厅结构悬挂阀塔前后的地震时程分析的 433# 节点水平位移变化不大, 柱顶位移的变化为 -0.81%~4.63% (负值表示加阀后, 位移有所加大), 变化幅度因场地地震波的不同, 存在一定的差异。

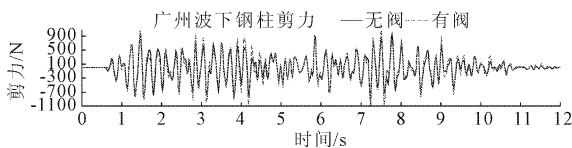


图 8 广州波作用下结构悬挂阀塔前后钢柱顶部剪力时程图

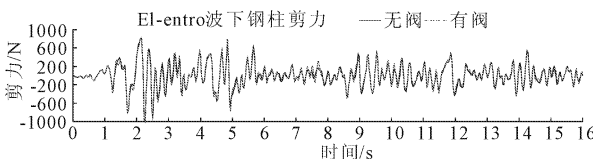


图 9 El-centro 波作用下结构悬挂阀塔前后钢柱顶部剪力时程图

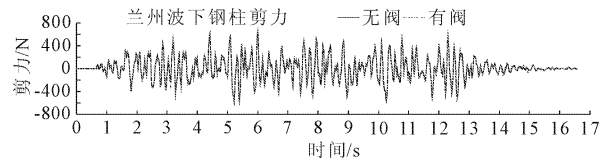


图 10 兰州波作用下结构悬挂阀塔前后钢柱顶部剪力时程图

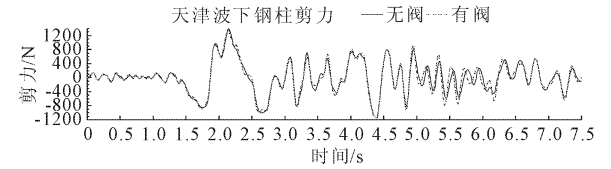


图 11 天津波作用下结构悬挂阀塔前后钢柱顶部剪力时程图

表 2 钢柱剪力最大值对比

地震波	剪力/N		减震效果/%
	无阀	有阀	
广州	1026.76	1070.99	-4.31
El-centro	1011.95	1063.38	-5.08
兰州	679.12	709.94	-4.54
天津	1387.83	1357.4	2.19

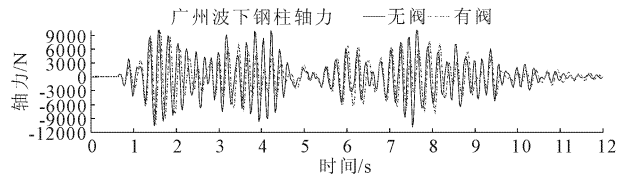


图 12 广州波作用下结构悬挂阀塔前后钢柱顶部轴力时程图

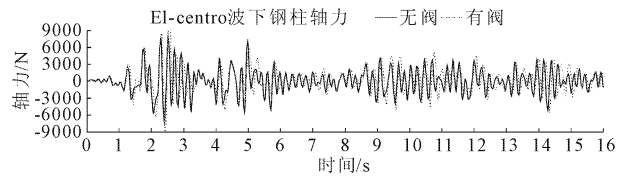


图 13 El-centro 波作用下结构悬挂阀塔前后钢柱顶部轴力时程图

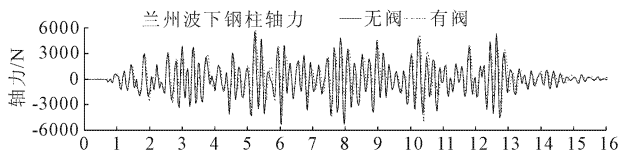


图 14 兰州波作用下结构悬挂阀塔前后钢柱顶部轴力时程图

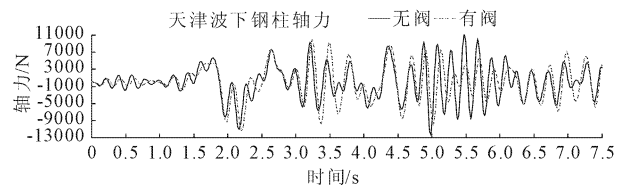


图 15 天津波作用下结构悬挂阀塔前后钢柱顶部轴力时程图

表 3 钢柱轴力最大值对比

地震波	轴力/N		减震效果/%
	无阀	有阀	
广州	11328.25	10046.35	11.32
El-centro	8045.46	9701.32	-20.58
兰州	5651.85	5786.31	-2.38
天津	12205.21	11302.82	7.39

由时程曲线图 8~图 15 和表 2 和表 3 可知:结构悬挂阀塔之后,在水平地震作用下钢柱最大轴压力有所增大,增大值不超过 21%。钢柱的最大剪力在不同地震波作用下的相对变化量从 -5.08% 到 2.19%,但是绝对变化量最大值有 51.43 N,而静力作用下钢柱剪力有 4 200 N。地震作用下结构有无阀塔钢柱剪力变化量占钢柱总剪力的 1.22%,故可以忽略阀塔对钢柱剪力的影响。

4 结 论

(1) 采用 ANSYS 软件可以简化有限元模型,能较好地模拟阀厅结构抗震性能,时程曲线图直观,计算简捷。软件的应用能提高专业人员对阀厅结构计算的能力,并为今后阀厅结构抗震能力分析奠定了基础。

(2) 通过仿真分析,分析模型符合实际受力情况,在 7 度设防烈度地震四种地震波作用下阀厅结构有限元模型在挂阀前后,柱顶位移影响不大,钢柱内力影响也不十分显著,在不同的地震波下存在差别,分析结果为全面了解换流站阀厅结构抗震特性的研究提供理论参考。

参考文献:

- [1] 黄利军. 阀厅结构的振动测试与非线性动力分析研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2007.
- [2] 中华人民共和国建设部,国家质量监督检验检疫总局.

GB50011-2001. 建筑抗震设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.

- [3] Goodno B J, Gere J M. Analysis of shear cores using super-elements[J]. Journal of the Structural Division, 1976, 102(1):267-283.
- [4] Goodno B J, Gere J M. Earthquake behavior of suspended floor buildings [J]. Journal of the Structural Division, 1976, 102(5):973-992.
- [5] Nikolaenko N A, Burgman I N. Earthquake Resistance of Structures with Suspended Masses [C]//Proceedings of 5th International Symposium Earthquake Structural Engineering, Misiouri, USA: University Missouri, 1976.
- [6] Chai W, Feng M Q. Vibration control of super tall buildings subjected to wind loads[J]. International Journal of Non-Linear Mechanics, 1997, 32(4):657-668.
- [7] 李宏男. 摆一结构体系减震性能研究[J]. 工程力学, 1996, 13(3):123-129.
- [8] 李宏男,孙玉良. 工程结构利用悬吊摆的振动控制[J]. 地震工程与工程振动, 1996, 16(3):61-71.
- [9] 李宏男,宋本有. 高层建筑利用悬吊质量摆的减震研究[J]. 地震工程与工程振动, 1995, 15(4):54-61.
- [10] 余萍. 悬吊质量体系结构地震模拟振动台试验研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2008.
- [11] 魏文晖,周兴乐,胡孝平. 换流站阀厅结构地震效应动力分析[J]. 建筑结构, 2010, (3):75-77.
- [12] 陈精一,蔡国忠. 电脑辅助工程分析 ANSYS 使用指南[M]. 北京:中国铁道出版社,2001.
- [13] ANSYS. Inc, ANSYS Elements Reference[M]. Eleventh Edition, SAS, IP Inc, 2001.
- [14] Madenci E, Civen I. The Finite Element Method and Applications in Engineering Using ANSYS[M]. New York: Springer, 2007.
- [15] Nakasone Y, Yoshimoto S, Stolarski T A. Engineering Analysis with ANSYS Software[M]. Oxford; Boston, MA: Butterworth-Heinemann, 2006.
- [16] 谭建国. 使用 ANSYS 6.0 进行有限元分析[M]. 北京:北京大学出版社,2002.

(上接第 170 页)

- [11] 闫鑫,龚秋明,姜厚停,等. 土压平衡盾构施工中泡沫改良砂土的试验研究[J]. 地下空间与工程学报, 2010, 6(3):449-453.
- [12] 南京水利科学研究所土工研究所. 土工试验技术手册[M]. 北京:人民交通出版社,2002.
- [13] 中华人民共和国水利部. SL237-1999. 土工试验规程

[S]. 北京:中国水利水电出版社,1999.

- [14] 中华人民共和国铁道部. TB10102-2004. 铁路工程土工试验规程[S]. 北京:中国铁道出版社,2004.
- [15] 魏康林. 土压平衡盾构式施工中“理想状态土体”的探讨[J]. 城市轨道交通研究, 2007, (1):67-70.