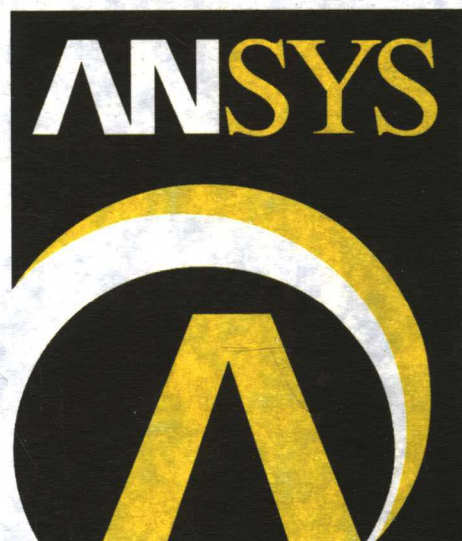


'96 ANSYS

中国用户年会论文集

'96 ANSYS China User's Conference Proceedings



ANSYS®

1996. 10.28 ~ 29 北京
Oct: 28 - 29 Beijing, China

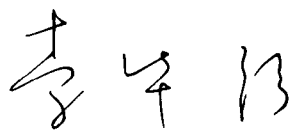
前 言

ANSYS公司自1970年以来,一直致力于发展和溶合有限元分析的最先进的研究成果,及时汲取了计算机硬软件最新技术。经过26年的不断完善和改进,ANSYS已成为求解功能最强并拥有世界上最大用户群的大型有限元分析程序。目前ANSYS在全世界的企业性用户达13,000家,大学装机为40,000台套,而且用户遍及航空航天、汽车造船、铁路、交通、电子、机械制造、地质矿产、水利水电、石油化工、煤碳核能、生物医学、土木建筑、家用产品以及科学研究等领域。本次用户年会共收录近30篇应用型论文,从许多方面反映ANSYS解决实际问题的能力。希望这些论文对于其他用户的ANSYS应用开发有所助益。

ANSYS公司在注重发展技术的同时,还特别注重其产品的质量 and 产品性能的可靠性。早在1983年,ANSYS公司就成立了有限元软件界的第一个质量保证部门,对于ANSYS每一个新版本至少要经过5500个例题验证,对每一种硬件平台也要进行4000以上例题测试。在1995年5月,ANSYS成为目前唯一通过ISO-9001质量验证标准的分析设计类软件。基于ANSYS强大的求解功能,灵活的建模技术和可靠的质量保证,使得ANSYS于1995年10月在中国通过了全国压力容器标准化技术委员会的严格考核,成为迄今为止唯一与中国压力容器分析设计标准(JB4732-95)相适应的有限元分析软件。并已在压力容器行业中被广泛地推广使用。

有效的现代工程设计和迅速的新产品开发已强烈要求CAD, CAE, CAM一体化。CAE作为对CAD和CAM的联结,它的开放性起到至关重要的作用。追求技术完美和充分开放是ANSYS的又一主要特点。ANSYS除了发展多种与CAD直接转换的接口以外,同时使自己的输出文件格式通用化标准化。仅在中国就有多家用户已在ANSYS上成功地作了二次开发。我们相信将来会有更多的用户利用ANSYS作为强有力的求解器,并针对本行业的特点进行二次开发。

世界CAE市场在1995年得到迅速的发展,它的平均增长值为13%。而ANSYS的增长值为28%,高出世界CAE市场平均增长值15个百分点。在世界著名通用有限元分析软件中,增长率名列第一,正是由于用户的成功,才使ANSYS公司及产品得以发展。在此我代表ANSYS公司,ANSYS公司北京办事处及ANSYS公司在中国的代理商向中国的ANSYS用户表示衷心感谢,并预祝大家取得更大的成就和成功。



美国 ANSYS 公司北京办事处

首席代表

一九九六年十月

目 录

1. ANSYS在压力容器设计中的应用
..... 全国压力容器标准化技术委员会 伊莉 (1)
2. 核级往复式上充泵应力分析
..... 国家科委 核安全中心 任晓辉 (9)
3. 重要冷冻水泵机组地震分析
..... 沈阳水泵研究所 范德杰 叶冰 (17)
4. 核级风机的抗震分析
..... 上海核工程研究设计院 谢永诚 姚伟达 施国麟 (31)
5. ANSYS程序在核电厂“分析法设计”中的应用与展望
..... 上海核工程研究设计院 姚伟达 杨仁安 谢永诚 贺寅彪 (41)
6. 贮水器的ASME复证应力分析
..... 煤科总院上海分院 孙扬 上海电站辅助机厂 吴炳祥 (51)
7. 中频感应局部加热小弯曲弯管工艺的计算机辅助设计与分析系统的开发
..... 清华大学机械工程系北京 胡忠 李家庆 (59)
8. ANSYS二次开发及在金属塑性成形模拟中的应用
..... 清华大学 王本一 胡忠 刘庄 陈国学 (71)
9. ANSYS在无缝钢管减径工艺量化过程的应用
..... 北京科技大学 江建华 王先进 阎红 上海宝山钢铁公司 潘克云 (79)
10. 铸造过程三维应力场数值模拟
..... 北京 清华大学机械系 陈瑶 白雪峰 (87)
11. ANSYS分析软件在瞬态温度场应力场
..... 北京工业大学 李峻勤 谷祖强 费仁元 (95)
12. 小尺度竖板自然对流换热的数值分析
..... 清华大学工程力学系 朱世炜 李志信 (103)
13. 用ANSYS分析整体叶盘的动态特性
..... 北京航空航天大学 陶涛 王建明 张锦 (111)
14. 航空发动机榫头/榫槽接触问题的有限元应力分析
..... 贵州航空发动机研究所 高庆 肖波 (121)
15. 复杂气冷涡轮叶片的三维弹塑性有限元应力计算
..... 贵州航空发动机研究所 许继业 高庆 萧波 (131)
16. 高速动力车车体静、动态计算分析
..... 铁道部大连内燃机车研究所 臧权同 王旭 (139)
17. 16v240EJ柴油机连杆的三维有限元分析
..... 资阳内燃机车厂设计处 张清泉 (147)
18. ANSYS软件在高速列车头部上的应用
..... 长沙铁道学院 许平 (155)

19. 12150 柴油机橡胶密封圈的有限元分析
..... 北京理工大学 左正兴 廖日东 (161)
20. 利用 ANSYS 软件优选 16V240EJ 柴油机曲轴
..... 资阳内燃机车厂 设计处 张清泉 (169)
21. 地铁转向架结构的有限元改进设计
..... 四川资阳内燃机车厂设计处 唐伟 (177)
22. 汽轮机低压外缸刚性和振动特性分析
..... 东方汽轮机厂 刘东旗 (185)
23. P 单元法在采煤机齿轮齿根应力计算中的应用
..... 煤科院上海分院 杨生华 (193)
24. 压力机底座结构的有限元分析
..... 济南二机床集团公司设计处 CAD 室 阮小宁 李初晔 张新宇 (203)
25. 利用 ANSYS 程序进行外科口腔整畸术后脸部变形预测的有限元分析
..... 北京理工大学车辆工程学院 廖日东 (209)
26. 天线结构力学分析
..... 电子部第五十四所 郭海鹰 郑元鹏 (217)
27. Plasma Transpirt in Divertor Region and serres Analysis
of Divertor plate for a Tolcaalc Reactor
..... SHI HANWEN, XIE ZHONGYOU, GUO BINYAN, Hu Gang (223)
28. 惯性振动给料机静态、模态和谐波响应分析
..... 西安重型机械研究所 杨甲申 (233)
29. 液体运载火箭燃烧室静力承载能力判据
..... 中国运载火箭技术研究院 液体火箭发动机研究所李绪昌 (241)
30. 中型车驱动桥壳体有限元分析
..... 吉林工业大学轿车车型开发中心 邱敏 胡子正 王立 刘锡国 (253)
31. 分析见效益缩短电子产品的开发周期
..... 摩托罗拉公司 James Fusare (259)
32. 保持 747 飞机的经济性
..... 波音公司 (267)
33. 在三维世界中观察分析结果
..... Conveyor Dynamics 有限公司 (271)
34. 用有限元软件分析颌部的应力分布制造出更好的假牙
..... Crystal Medical Technology 公司 (275)
35. 用有限元法优化人造关节
..... DePuy 有限公司 (279)
36. 有限元分析提高了产品抗撞击能力
..... Symbol Technolies 有限公司 (283)
37. 用有限元分析来满足市场需求
..... Dresser-Rand 公司 (289)

38. 用有限元分析火箭自毁装置的爆破过程	Ensign-Bickford 公司 (293)
39. 为小型卡车设计电动机	Fisher 电机技术公司 (299)
40. 有限元在振动机械上的应用	FMC 公司 (303)
41. 有限元分析法加速了赛车的发展	Lola Cars 有限公司 (307)
42. 应用有限元分析优化叉车设备	Melroe 公司 (311)
43. 用粘塑性分析支持 DFA	Motorola 公司 (315)
44. 有限元分析缩短了航天飞机发动机部件的设计时间	《DESIGN NEWS》(319)
45. 有限元分析保证了 MRI 设备的安全	Advanced NMR Systems 公司 (323)
46. 应用有限元分析来确保旋转的安全	Speed Queen 公司 (327)
47. ANSYS/LS-DYNA 功能简介	(331)

ANSYS 在压力容器设计中的应用 ——对典型压力容器部件进行应力分析 的步骤和方法

全国压力容器标准化技术委员会 伊莉

'96 ANSYS 中国用户年会论文集

ANSYS 在压力容器设计中的应用

——对典型压力容器部件进行应力分析的步骤和方法

全国压力容器标准化技术委员会 伊莉

自1995年以来,随着我国第一部压力容器分析设计标准的颁布实施,压力容器设计中对分析设计的计算手段也提出了更高的要求。压力容器的分析设计多用于复杂结构、复杂载荷及材料的设计,对计算结果也要求根据标准规范进行评定,因此,对用于压力容器分析设计的软件也要求具备:

- 方便灵活的前处理功能;
- 多种形式的单元库;
- 计算结果的图形显示;
- 具有应力分类的功能;
- 能进行疲劳分析计算。

ANSYS软件是一个功能强大的FEA (Finite Element Analysis) 软件,特别是其前后处理的方便性,能让使用者节省大量用于建模和结果分析的时间。另外,ANSYS与美国ASME设计规范的一致性使得在工程中使用该软件就可直接按标准规范的要求进行应力分类和疲劳分析。

全国压力容器标准化技术委员会根据压力容器分析设计的要求提出了一套用于压力容器分析设计的计算机软件标准考题,其中包括典型压力容器部件的应力分析、温度载荷及循环载荷下的应力分析等。ANSYS 5.1版已于95年10月率先完成了这套餐题,通过了全国压力容器标准化技术委员会的认证。彩页插图即为一些例题的计算结果。

作者自95年以来,利用ANSYS 5.1和5.2版完成了若干实际工程结构的应力分析计算,解决了一些实际生产中遇到的问题,所计算过的典型压力容器部件如:园柱壳开孔(图一);椭圆封头开中心孔及侧孔(图二);锥形封头开侧孔(图三)等,所碰到的实际问题如:循环次数为 6.7×10^6 的化工容器的强度分析、疲劳分析;压力为19MPa的换热器管箱的强度分析(图四);柱壳开弧线孔的结构的应力分析(图五)等。

下面,对用ANSYS解决压力容器领域工程实际问题的步骤及处理方法做一简单介绍:

压力容器的设计有其特定的结构形式及设计要求,例如,从结构上,多为回转壳体,壳体上接有各类接管,因此,结构上有对称面;从载荷上,以内压为主,同时需考虑多种接管力和力矩,有时需要同时进行温度场和应力场的耦合分析,对于循环性的操作条件,如开、停车,操作压力的波动等工作循环,就必须计算交变应力;从结果的处理上,要能够做出符合实际又简单易行的评定方法。因此,进行有限元分析时要考虑以上这些特点及要求。

分析设计的步骤可以归纳为：

- (1) 载荷分析；
- (2) 结构分析；
- (3) 应力分析；
- (4) 强度评定。

一、载荷分析

载荷分析的目的在于确定容器或其部件所承受的外载形式、量级和作用区域，来确定分析计算的条件。载荷分析包括确定容器的设计条件、所选材料的力学性能及对循环载荷的评价。在压力容器设计中，通常考虑的载荷为：

- 1) 分布载荷：如压力、温度、自重等；
- 2) 局部载荷：如接管力、力矩、局部温差等；
- 3) 循环载荷：如开、停车次数、压力、温度的变化周期等。

一般来说，分布载荷用于确定总体设计条件；局部载荷和分布载荷一起作为容器部件应力分析的计算条件；循环载荷用于确定疲劳分析条件。

二、结构分析

考虑到压力容器结构的特点（如对称性）及减少分析计算工作量，应力分析基本上都是针对容器的局部区域进行的。从原则上容器的所有几何不连续和承受局部载荷的元件都应作为分析部位。结构分析的关键是合理地建立简化力学模型及边界条件，建立力学模型应遵循以下原则：

1) 力学模型在结构上应能代表真实容器或部件，在结构尺寸参数上要尽量模拟实际结构，在载荷条件上要符合应力分析计算不同类别应力的要求。（如强度分析应用设计载荷，疲劳分析则要用操作载荷）

2) 力学模型的边界条件（力边界条件和位移约束条件）应符合力学简化原则。例如：锥壳开孔的结构受内压工况，简化的力学模型为图6，力边界条件为内表面的均布内压及接管周圈拉力，位移边界条件为三个方向的对称位移约束。

3) 对于多种载荷同时作用时，由于压力容器的计算一般是在弹性范围内，所以，可以用叠加原理。

三、应力分析

用有限元数值解法进行应力分析，对于目前软件发展水平来看，主要工作在于选择划分单元。一般来讲，四面体单元可以拟合任意形状体的结构形式，三角形单元可以拟合任意形状的面，但划分的单元个数较多，而用六面体元划分体，四边形单元划分面，这在工程上较易于接受，计算结果较归整，且所用单元数目也比用三角形元大大减少，但对于复杂形状的划分难度较大。在此问题上ANSYS中concatenate的功能较方便地解决了这个问题，可以很简单地用四边形单元划分多边形的曲面，用六面体元划

分由七个面以上组成的体。

应力分析的结果应包括网格的形态、单元类形、应力分布图及最大应力截面的位置及沿截面的应力分布。

四、强度评定

应力计算的结果是结构中各点的应力值,但在某种载荷下结构是否满足强度要求,则需根据力学理论及标准规范进行分析。强度评定都是针对局部点进行的,其方法为:首先根据计算所得的应力分布选定应力评定点或截面,再根据载荷的性质和应力分类准则进行应力分类。应力分类就是把需要校核的截面上的应力作线性化处理,根据静力等效原则把校核线上的应力分解为薄膜应力、弯曲应力和峰值应力,然后,再根据设计准则对各类应力给予评定。

由于ANSYS是与美国ASME规范一致,而应力分类的方法又是国际通用的进行工程评定的方法,因此,ANSYS中提供的Path Operation菜单,可以直接提供应力分类的手段来进行应力分类。分析人员只需选定分析路径,即可由软件进行等效线性化处理,分析人员再根据载荷的性质、分析点的位置按设计准则进行评定。

例如:园柱壳开孔部位的应力评定

取内边界应力最大点A点到外边界B点为校核线,在此线上的应力分类如图7,由于此处应力是由为满足变形谐调而产生的,具有局部性质,所以,此路径上的薄膜应力的性质为局部薄膜应力,用小于1.5倍应力强度来控制;而此路径上的膜+弯曲应力的性质归为一次+二次应力,用小于3倍应力强度来控制。

另外,疲劳分析也是应力分析设计中的一个重要方面。疲劳分析是在应力计算的基础上利用设计疲劳曲线来评价结构承受疲劳载荷的能力。ANSYS具有疲劳分析的功能,在ANSYS的后处理中专门有Fatigue的菜单,在输入了设计疲劳曲线、疲劳分析点、定义各循环工况和次数之后,即可由程序进行计算,得到交变应力强度幅 S_{alt} 及疲劳使用系数 u 。

总之,以应力分析为基础的容器设计在我国虽然刚刚起步,但由于容器设计的需要和计算手段的提高定会促进其快速发展。ANSYS软件由于其强大的计算功能和完整、方便的前后处理使得它成为压力容器分析设计的有效工具。

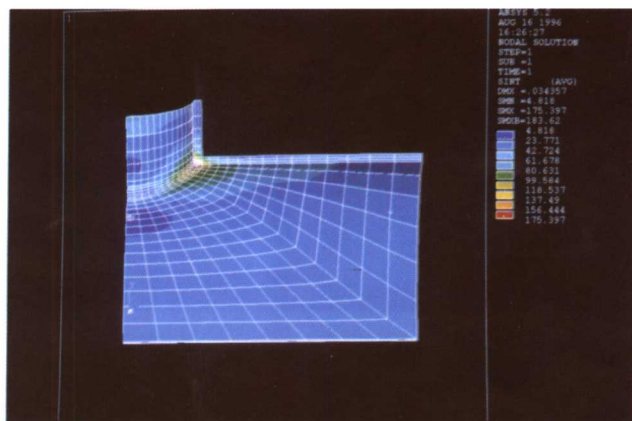


图1 圆柱壳开孔应力分析结果

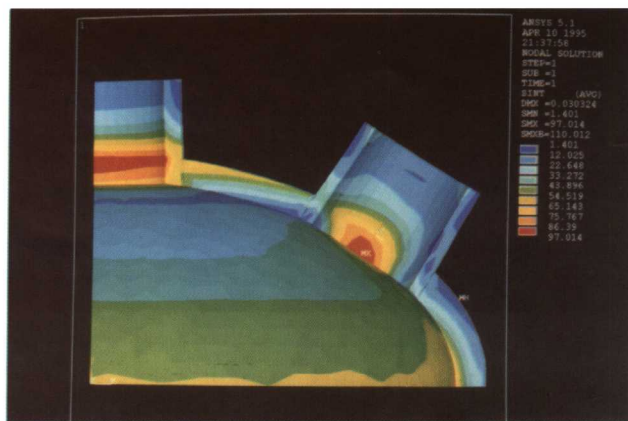


图2 椭圆封头开孔应力分析结果

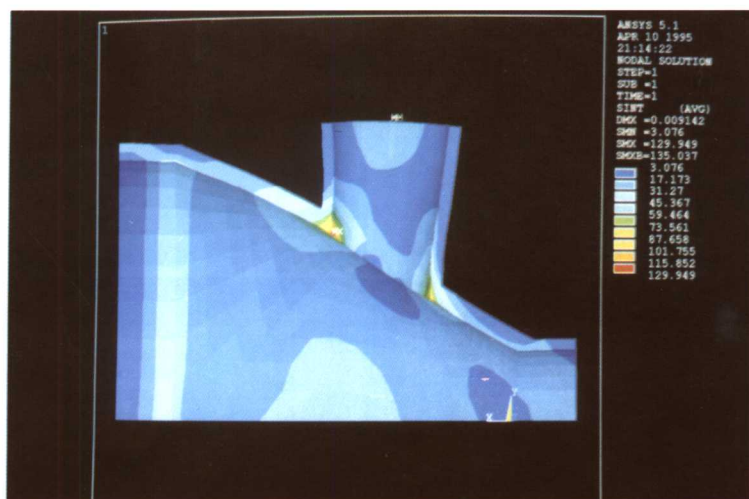


图3 锥壳开孔应力分析结果

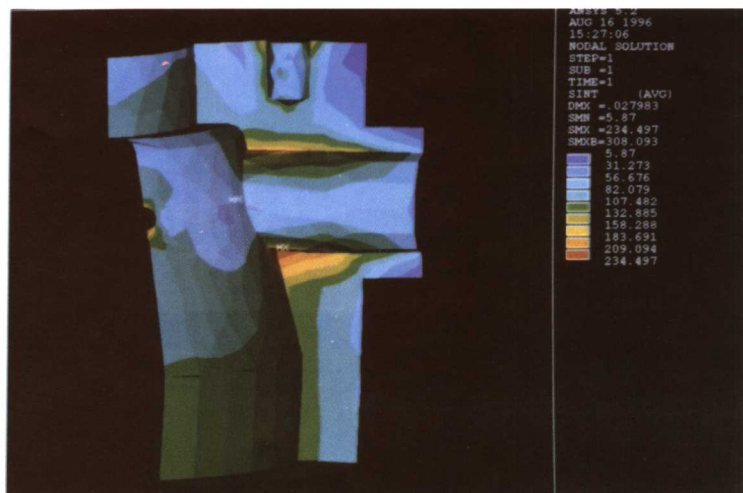


图4 高压管箱应力分析结果

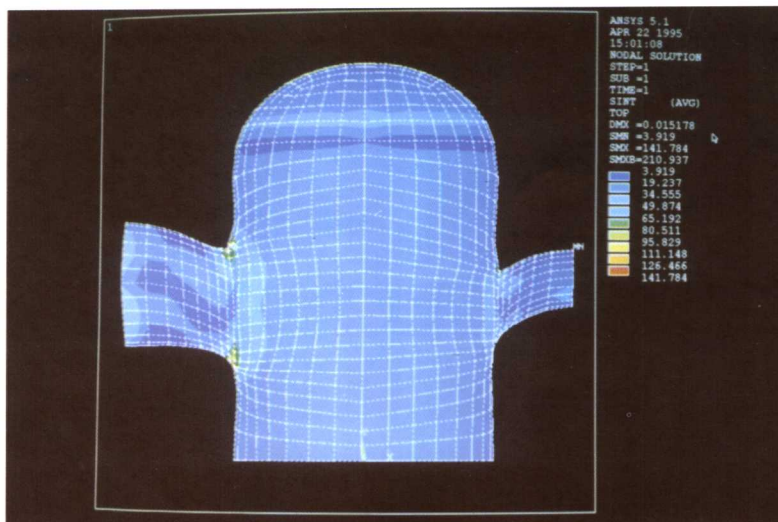


图5 容器封头开弧线孔应力分析

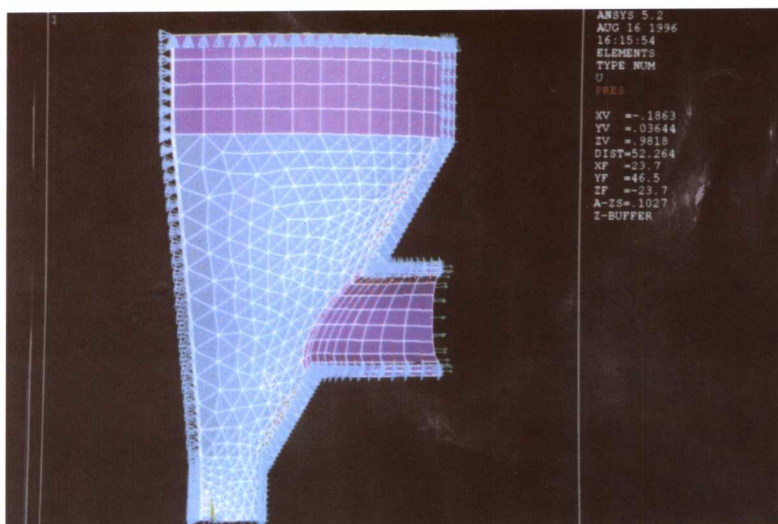


图6 锥壳开孔力学模型 (边界条件)

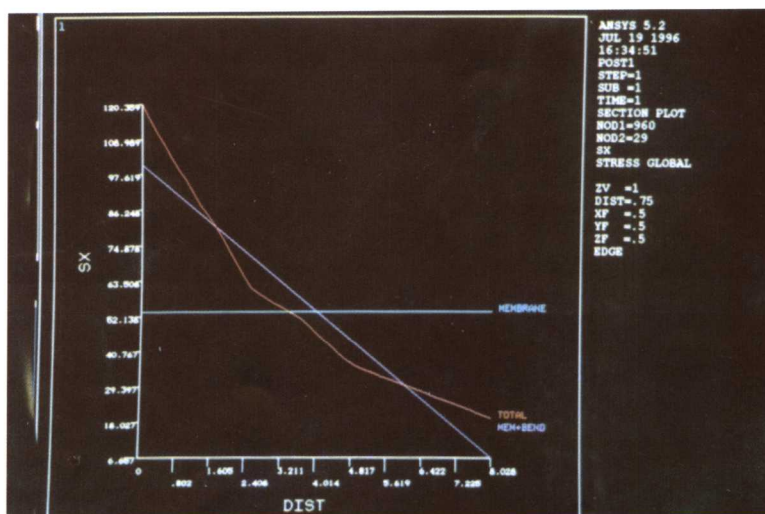


图7 柱壳开孔应力分类 (SX)

核级往复式上充泵应力分析

国家科委 核安全中心 任晓辉
北京市 8088 信箱, 100088
Tel : 62258833-6529

核级往复式上充泵应力分析

国家科委 核安全中心 任晓辉

北京市 8088 信箱, 100088

Tel: 62258833-6529

摘要 本文介绍了采用分析法对核级往复式上冲泵进行强度设计的过程和结果, 分析程序是 ANSYS5.2 版。在计算中全面考察了该泵的设计工况、使用工况、扰动工况、事故工况和试验工况, 并依据 ASME 规范第 III 卷第一册 ND 分卷以及该泵的设计任务书对该泵的整体结构强度及疲劳强度进行了评定。

一、概述

往复式上充泵是核电厂化容系统的主要设备之一, 其功能如下:

- 反应堆启、停堆时作为离心式上充泵的备用泵;
- 在反应堆冷却剂系统进行强度性和密封性水压试验时, 提供压头和流量。

根据往复式上充泵所承担的核安全功能, 该泵被划定为核安全三级设备, 其承压部件的设计应遵循 ASME 规范第 III 卷第一册 ND 分卷。本文就往复式上冲泵的工况分类、载荷组合及接受准则、计算模型的建立、应力计算及分析评价等内容进行了论述, 以确保在核电厂的设计基准工况下往复式上冲泵的结构完整性。

二、工况分类、载荷组合及接受准则

根据 ASME 规范第 III 卷的要求, 在采用分析法对往复式上冲泵进行强度设计时, 应首先对其设计基准工况进行分类, 对每一类工况明确其载荷及载荷组合, 并确定适用的限制准则。在确定载荷组合时应考虑运行基准地震 OBE 和安全堆地震 SSE。

根据文献 4) 中的计算结果, 泵体和机座相当刚硬, 其对地震的动态响应可忽略不计。因此, 可采用等效静力法来考虑地震的影响, 即将地震力简化为惯性力和接管载荷。

惯性力均匀地分布于泵体上, 是体积力, 其值等于泵体材料的密度与泵体的地震加速度 (与楼板相同) 分量的最大值的乘积。接管载荷作用于泵体的进液口和出液口处, 各有三个内力分量和三个弯矩分量。表 2 列出了在运行基准地震 OBE 和安全停堆地震 SSE 两种工况下的最大接管载荷。

表1 工况类别、设计和使用寿命、载荷组合和应力限值

工况类别	设计及使用寿命	载荷组合	应力限值 (MPa)
设计工况	$P_{in}=27\text{MPa}, P_{out}=1\text{MPa};$ $T=70\text{C}$ $\gamma=7.8 \times 10^{-6}\text{kg/mm}^3$ $G=9.8 \times 10^3\text{mm/s}^2;$	设计压力; 设计温度; 静重。	$\sigma_m \leq 110$ $\sigma_m (\sigma_L) + \sigma_b \leq 165$
正常使用工况	反应堆启堆 480 次 (40 年); $P_{out} = 0 \sim 16.5\text{MPa}; T=10\sim 60\text{C}$ 停堆工况 480 (40 年): $P_{out}=16.5 \sim 0\text{MPa}; T=60\sim 10\text{C}$ 一回路系统泄漏水压试验 200 次: $P_{out}=0 \sim 20\text{MPa}; T \approx 50\text{C}$ 一回路系统强度水压试验 10 次: $P_{out}=0 \sim 24.5\text{MPa}; T \approx 50\text{C}$	设计压力; 设计温度; 自重; 稳态接管载荷。	$\sigma_m \leq 110$ $\sigma_m (\sigma_L) + \sigma_b \leq 165$
事件工况 (扰动工况)	正常使用工况 + OBE; 备用状态 + OBE	设计压力; 设计温度; 自重; 最大接管载荷; OBE。	$\sigma_m \leq 121$ $\sigma_m (\sigma_L) + \sigma_b \leq 181.5$
事故工况	正常使用工况 + SSE; 备用状态 + SSE;	设计压力; 设计温度; 自重; SSE; 最大接管载荷。	$\sigma_m \leq 220$ $\sigma_m (\sigma_L) + \sigma_b \leq 264$
试验工况	泵出厂水压试验: $P_{in}=1.2\text{MPa}; P_{out}=37\text{MPa}$ $T \leq 40\text{C}$	水压试验压力; 水压试验温度; 自重。	$\sigma_m \leq 0.9S_y=154.8$ $\sigma_m (\sigma_L) + \sigma_b \leq 232.2$

表2 地震载荷

	加速度 载 荷		接管载荷 (SRSS)							
			进液端				出液端			
SSE	a_x	1.2g	F_x	2270	M_x	16843	F_x	4021	M_x	13992
	a_z	0.85g	F_z	2345	M_z	18730	F_z	2843	M_z	45382
	a_y	2.3g	F_y	39.17	M_y	30640	F_y	656.1	M_y	14098
OBE	a_x	0.9g	F_x	1708	M_x	13026	F_x	3023	M_x	10524
	a_z	0.64g	F_z	36.28	M_z	13739	F_z	2140	M_z	34096
	a_y	1.73g	F_y	29.44	M_y	41603	F_y	493.9	M_y	10603