

文章编号:1002-5855(2011)05-0037-02

水轮机圆筒阀筒体屈曲分析

吕桂萍¹ 赵冰燃²

(1. 哈尔滨大电机研究所 黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 厦门大学 福建 厦门 361005)

摘要 介绍了运用 ANSYS 软件对某电站圆筒阀筒体进行屈曲分析的方法和结果,并与 GB 150-1998 规定的计算结果进行了比较,其相对误差较小,表明可以采用 ANSYS 软件对圆筒阀筒体进行屈曲分析计算。

关键词 水电站用阀;圆筒阀;屈曲分析;CAD

中图分类号:TH134 文献标识码:A

The buckling analyses about cylinder valve for large turbine

LU Gui-ping¹ ZHAO Bing-yan²

(1. Harbin Institute of Large Electrical Machinery, Harbin 150040, China; 2. Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The cylinder valve of hydraulic turbine is the one of important parts. In this page, the buckling analysis is finished with ANSYS software for cylinder valve. The analysis result is compared with GB150-1998, the relate error is so small that we can calculate the buckling of cylinder valve with ANSYS software.

Key words: valves for hydropower station; cylinder valve; buckling analyses; CAD

1 概述

圆筒阀安装于水轮机固定导叶与活动导叶之间,用于截断水流。圆筒阀是水轮机进水阀门的一种新的结构型式,适宜安装在多泥沙河流的单管引水式电站 >80m 水头以上的混流式水轮机组上,为机组提供良好的封水性能和充分的安全保护。正常工况时,阀门在导叶开启之前开启,导叶关闭之后关闭,飞逸状态下或调速器失灵时阀门紧急关闭,起事故阀门的作用。机组长期停机关闭圆筒阀,可保护导水机构免遭泥沙和汽蚀磨损,此外,圆筒阀不会引起总的效率损失。对于圆筒阀的设计,除要满足刚度要求外,作为承受一定外界压力的筒体,还要保证圆筒阀的稳定性,即对筒体进行屈曲分析。

2 原理

在结构的屈曲分析中,常用分叉(bifurcation)描述。分叉点代表结构两个平衡路径的交点,表征屈曲失稳的萌生位置(图 1)。

对屈曲失稳问题的分析方法大致有两类。一类是通过特征值分析计算屈曲载荷,根据是否考虑非

线性因素对屈曲载荷的影响,这类方法又分成线性屈曲分析和非线性屈曲分析。另一类是利用结合 Newton 和 Raphson 迭代的弧长法确定加载方向,追踪失稳路径的增量非线性分析方法,能有效地分析高度非线性屈曲和失稳问题。

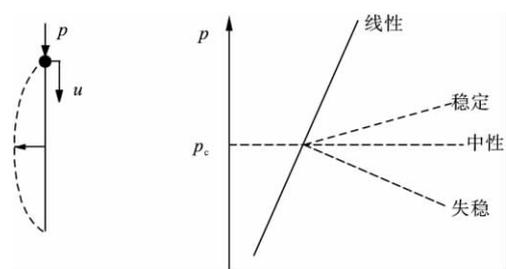


图 1 平衡路径的分叉点

线性屈曲分析通过提取使线性系统刚度矩阵奇异的特征值来获得结构的临界失稳载荷及失稳模态。线性屈曲分析忽略各种非线性因素和初始缺陷对屈曲失稳载荷的影响,对屈曲问题大大简化,从而提高了屈曲失稳分析的计算效率。由于未考虑非线性和初始缺陷的影响,得出的失稳载荷可能与实际

作者简介:吕桂萍(1963-),研究员级高工,从事水轮发电机组大部件刚强度研究工作。

相差较大。从特征值分析角度研究失稳,只能获得描述结构失稳时各处相对的位移变化大小,即失稳模态。无法给出位移的绝对值。这种结果对于需要关心失稳后结构最大位移的情形来说,提供的信息是不够的。

非线性屈曲分析是在增量加载过程中,将某个增量步开始时包含了以往加载历史的各种非线性影响的切线刚度矩阵用于屈曲分析,提取结构在施加到当前载荷水平后进一步发生失稳时的特征值分析,称为非线性屈曲分析。非线性屈曲分析考虑了加载历史的影响、非线性影响(材料非线性、几何非线性、边界条件非线性、预应力、非保守力和追随力)和初始缺陷。中等非线性程度的屈曲失稳问题,可给出足够准确的失稳载荷。非线性屈曲分析对呈高度非线性的屈曲失稳问题,按非线性屈曲分析,其精度会受较大的影响。

3 阀体参数

- 筒体外径 6 590.0mm
- 筒体厚度 130.0mm
- 筒体高度 1337.0mm
- 设计升压水压 2.30MPa

4 筒体有限元屈曲分析

分析采用 ANSYS 软件完成。选取一个完整的筒体作为分析计算模型(图 2)。采用 ANSYS 软件中的每个节点具有 3 个自由度的 20 节点六面体单元,即 SOLID186 单元(图 3)。

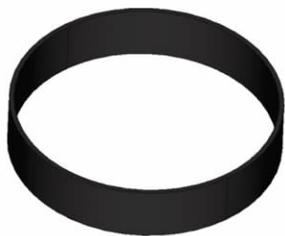


图 2 筒体屈曲分析计算模型

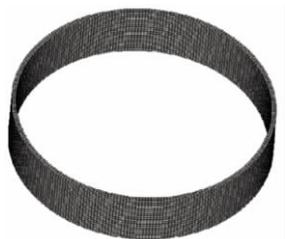


图 3 筒体屈曲分析有限元网格剖分

边界条件是在筒体的底部,约束 0°、90°、180°和 270°位置节点的切向位移和轴向位移。因为由屈曲分析计算出的特征值,表示屈曲载荷系数,因此在圆

筒阀的外侧施加 1.0MPa 的压力,这样得出的屈曲特征值即为筒体承受的最大外载荷极限值(图 4)。

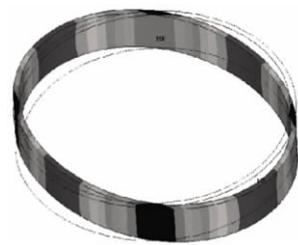


图 4 筒体屈曲分析模态

有限元分析可知,该圆筒阀承受的最大外压力为 3.44MPa。

5 公式计算法

根据 ASME 规范和 GB 150 - 1998 钢制压力容器规范计算,该筒体的中心半径 $R = 3\ 230\text{mm}$,高度与外径的比 ψ 和直径与厚度的比 ξ 分别为

$$\Psi = \frac{H}{D_1} = 0.203 \tag{1}$$

$$\xi = \frac{D_0}{t} = 50.69 \geq 20 \tag{2}$$

根据式(1)和式(2)计算的值以及 GB 150 - 1998,通过插值求出系数 A , $A = 0.026$,恰好落在设计温度下材料的右方,查 GB 150 - 1998 中相应图的系数 B 值, $B = 180\text{MPa}$ 。因此,许用外压力 p 为

$$p = \frac{B}{D_0/t} = \frac{180}{50.69} = 3.55\text{MPa}$$

计算得出,筒体的最大许用外压力为 3.55MPa。有限元计算与公式计算结果的相对误差 γ 为

$$\gamma = \frac{3.55 - 3.44}{3.55} \times 100\% = 3.10\%$$

有限元计算结果小于公式计算的结果,使结构偏于安全。

6 结语

通过采用 ANSYS 软件与计算法比较,可以采用 ANSYS 软件对水轮机的圆筒阀进行屈曲分析,而且计算的结果略小于公式计算结果,使设计的结构偏于安全。

参 考 文 献

- (1) 陈火红等.新编 Marc 有限元实例教程(M).北京:机械工业出版社 2007.
- (2) 王燕.基于 ANSYS 的圆筒阀刚度及屈曲分析与研究[J].上海大中型电机 2010(3):26-28.
- (3) 叶先嘉,史亚杰.ANSYS 工程分析软件应用实例(M).北京:清华大学出版社 2003.
- (4) 丁彦闯,兆文忠,马思群等.屈曲分析在车辆应用中的关键技术(J).大连铁道学院学报 2003(2).

(收稿日期:2011.01.07)