

Research on the Structure Design of Turbo Generator Base in Thermal Power Plant

Junhu Wang

Powerchina Guizhou Electric Power Engineering Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550000, China

Abstract

Turbo generator is the core equipment of thermal power plant. As its operating platform, the turbo generator base has always been the key research object of structural design. Each part of the turbo generator base has its basic design requirements in the design process. With the improvement of various parameters, the vibration isolation design of turbine base becomes more and more important. This paper makes a brief analysis of the main points in the conventional design of the base plate of the turbine, and presents an innovative design method for vibration isolation of the base plate of the turbine.

Keywords

turbo generator; structure design; vibration isolation design

火力发电厂汽轮发电机基座结构设计探究

汪俊虎

中国电建集团贵州电力设计研究院有限公司, 中国·贵州 贵阳 550000

摘要

汽轮发电机是火力发电厂的核心设备, 汽轮发电机基础作为其运转平台, 向来是结构设计重点研究对象。汽机基座在设计过程中各部位均有其设计基本要求。随着各项参数要求的不断提高, 汽机基座隔振设计的重要性越来越突出。论文就汽机基座常规设计中的设计要点作了一个简要分析, 并创新性地提出了一种用于汽机基座底板隔振的设计方法。

关键词

汽轮发电机; 结构设计; 隔振设计

1 火力发电厂汽轮发电机基座结构概述

目前, 中国常见的火力发电形式有燃煤发电、燃气发电、生物质燃烧发电、垃圾焚烧发电及其他可燃物燃烧发电等。火力发电厂的核心是主厂房, 主厂房的“心脏”是汽轮发电机, 而汽轮发电机基座则能为汽轮发电机正常运行提供平台, 故在火力发电厂结构设计中, 汽机基座的设计是重中之重。当然, 核电站中, 汽轮发电机同样是关键设备。汽轮发电机具有质量大、转速高以及容许振幅要求小等特点, 故要求汽机基座强度大、变形小、裂缝宽度小、动力性能优且经济合理。

依据中国目前的相关政策, 火力发电在一段时间内依旧是发电行业的一个重点领域, 如“上大压小”“煤改气”、新建及改建大容量机组等相关政策, 对火力发电行业而言是相当有利的。

2 汽机基座结构常规设计要点

中国的汽机基座主要为现浇钢筋混凝土框架式结构, 框架式汽机基座通常由基座底板、基座柱及顶板组成, 大机组通常还设有中间平台。框架式基础按多自由度空间力学模型进行多方案分析, 在满足结构安全的前提下, 经济合理地对顶(台)板、柱及地板进行结构选型。

2.1 汽机基座台板常规设计要点

台板设计应保证足够的刚度, 在有绕力作用的部位, 可局部增大质量以减小振动, 台板上受力清晰, 传力路径明确。台板顶面及底面最小配筋率不宜小于 0.15%, 台板梁单侧配筋率不宜小于 0.1%, 高、中压缸(并非每一台汽机都有, 具体依实际工程而定)侧台板梁侧最小配筋率不宜小于 0.15%, 台板浇筑混凝土的强度等级不宜小于 C30, 不宜大于 C40。

台板梁主受力筋直径建议取 22mm~28mm，台板梁侧钢筋直径建议取 16mm~22mm，台板构造部分的钢筋直径建议不小于 12mm。

2.2 汽机基座柱常规设计要点

柱设计在满足强度及稳定性等要求的前提下，可以适当减小柱截面，但柱的长细比不宜超过 14，若柱的强度及稳定性足够可靠，长细比在 14 的基础上可适当放宽。柱轴压比尽可能接近或保持相当，且截面尺寸建议不小于 600mm×600mm，根机组功率的不同，柱截面可参照表 1 取值。

表 1 汽机基座柱截面尺寸取值参考表

序号	机组功率 (MW)	建议截面尺寸 (mm)	真实案例对比
1	12~25	600~800	越南正阳纸厂垃圾焚烧机组功率 3MW，柱截面 600x600； 玖龙纸业（泉州）有限公司环保焚烧动力车间项目 15MW 机组，柱截面 900x900 赤水市农林生物质发电项目 30MW 机组，柱截面 800x1000、900x1000 组合；
2	50~125	800~1000	越南正阳纸厂燃煤机组功率 60MW，柱截面 850x1000、850x1500 组合； 龙纸业（泉州）有限公司二期动力车间项目 80MW 机组，柱截面 1200x1600、800x1600 组合
3	200~300	1000~1500	南川工业园水江组团热电联产项目 350MW 机组，柱截面 1400x1500、1000x1400、1300x1400 组合
4	600~1000	1200~2000	发耳电厂 4x600MW 机组，柱截面 2250x2400、2100x2570、1260x2800、2400x2800 组合

基座柱身沿高度方向可设置 2~3 道施工缝，柱上施工缝的位置一般布置在底板顶 300mm~500mm 范围、零米标高附近，中间层（如有）板面上 200mm~500mm 范围以及台板底 200mm~300mm 范围。尽可能柱纵向最小配筋率不宜小于 0.6%^[1]，大机组汽机基座柱主受力筋直径建议取 25mm~32mm，小机组汽机基座受力主筋直径建议取 22mm~28mm；柱箍筋直径建议取 10mm~14mm，采用封闭箍形式，焊接封闭，不建议采用绑扎封闭^[1]。

2.3 汽机基座底板常规设计要点

基座底板应具有足够的刚度，根据地质条件及上部条件的不同，基座底板可设计为平板式、梁板式或井式^[1]。当有需要时，可以采用桩基；当需进行地基处理时，可采用超深、换填、复合地基等方式。基座底板厚度或是井式、梁板式的梁高以计算作为最基本的依据，在满足基座柱嵌固的前提下，可取基座相邻柱之间净距的 1/3.5~1/5^[4]，该范围仅为建议，最终基座底板厚（或底板梁高）依据计算结果综合确

定。基座底板混凝土强度等级不宜小于 C25，建议与基座柱保持同一个混凝土强度级别，若实际需要，基础底板砼强度等级亦可按照小于柱砼强度一个等级选用^[1]。汽机基座底板顶及板底最小配筋率不宜小于 0.1%，建议钢筋直径选取 20mm~25mm；底板侧面四周设置构造钢筋，钢筋直径建议为 16mm~20mm。

2.4 汽机基座中间平台常规设计要点

汽机基座中间平台可以与主体结构整体现浇，亦可采用分离式布置。当采用整体现浇时，起混凝土强度等级建议取 C30~C40^[4]，与主体结构保持一致，平台主梁截面高度可取柱净距的 1/6~1/12，前提是计算上得满足强度及稳定性。平台板厚建议取值不小于 120mm。中间平台梁的主受力筋配筋率建议控制在 0.5%~1.6% 之间，板配筋率建议控制在 0.3%~0.8% 之间。

3 汽机基座结构隔振设计要点

汽机基座结构的振动一直是结构设计中重点考虑及研究的内容。随着汽轮发电机精细化程度的大幅飞跃，以及实际工程中，对振动及舒适度要求的不断提高，关于基座隔振设计的研究工作愈发紧迫。

目前，常见的隔振设计主要目光集中在台板及中间层平台两个部位，最核心的还是台板隔振设计。

3.1 汽机基座台板隔振设计

台板隔振主要利用台板下设弹簧隔振单元，支承于支承结构之上，基座台板与支承结构之间脱开设计^[5]。中国最早于 1980 年在河南登封电厂汽轮发电机基础汇总应用弹簧隔振技术，该电厂汽机基座运行 20 余载，隔振效果良好。目前弹簧隔振技术在中国的电厂汽机基座中的应用，尤其是大型机组中的应用较为广泛。其结构设计也日趋成熟，目前汽轮发电机弹簧隔振基础的主要设计步骤为：获取资料→初选台板尺寸→选择弹簧隔振单元→顶板动力计算→核实、调整台板尺寸→台板静力计算→调整、确定台板尺寸→弹簧下支承结构设计→基础底板设计。弹簧隔振元件的合力作用点应与支承柱截面形心重合^[5]。

汽机基座隔振设计中，弹簧隔振器的选型十分关键。一般情况下，弹簧隔振单元宜选用定型产品，使用寿命不少于 30 年^[5]，且要求其使用寿命大于主机设备的使用寿命；弹簧

隔振器应配置适当的阻尼器以增加其耗能的能力；弹簧隔振元件的金属构件部分必须做好防腐除锈工作；在汽机基座正常运行下，弹簧隔振器的压缩变形应保持基本相同，不同柱顶上隔振器变形差不应超过 0.5mm。

3.2 汽机基座中间平台隔振设计

实际工程中，汽机基座中间层平台，更多的情况是与主体结构整体浇筑，整体浇筑的弱点就是中间层平台往往振幅较大且容易增加整个基座的自振频率，中间平台舒适度有所降低，为满足振动性能设计，中间层平台往往需要浇筑大量的混凝土。在此背景之下，中间平台的隔振设计显得十分重要，也很有必要。中间平台隔振设计时，与主体结构脱开设计，思路大致为：平台结构形式初选→隔振元件布置→主体支承体系设计→主体结构柱设计→基座底板设计。中间隔振平台通常采用钢梁 + 钢筋混凝土组合楼板的隔振平台结构形式，中间平台隔振元件可以选用弹簧隔振或是橡胶隔振^[5]，具体依据机组大小、设备资料、主体结构及现场实际等因素综合考虑。

4 汽机基座底板隔振设计探究

基座中，在隔振设计方面，顶板隔振及中间层隔振应用技术日趋成熟。上面上个部位的隔振主要是针对设备本身的隔振和中间平台本身的隔振，通过隔振耗能之后，依旧难以消除整个汽机基座的振动，而整个基座的振动最终都会传递到地基，由于地基与周边的建构筑物是一个整体，故而不可避免地会引起临近建构筑物的振动。为缓解基座振动对周边建构筑物产生的不利影响，可考虑对基座底板进行隔振减振设计。大致思路如图 1 所示，通过在底板下设橡胶垫及砂质缓冲褥垫层，达到耗能减振的目的。在实际工程设计中，一定要注意隔振设计和隔震设计之间的区别与联系，隔振主要考虑的工况是非地震作用下，设备运转过程中为减小设备及

基座振动的设计技术方法，而隔震主要是基座抗震设计中的一种隔震消能设计技术方法。隔振与隔震两者之间性质不同，出发点不同，但是设计思路有共同之处，实际设计中应加以注意。论文主要是针对隔振进行相关探讨。

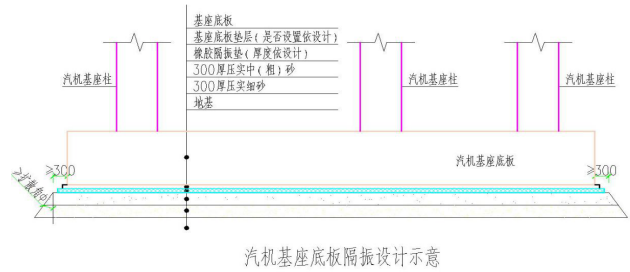


图 1 汽机基座底板隔振设计示意

5 结语

汽轮发电机基础应高度重视结构动力计算及分析，且应在设计实践过程中探索汽机基座隔振减振设计方法。在汽机基座隔振减振设计中，由下至上，分别从基座底板、中间平台及运转层顶板进行隔振设计，隔振设计的基本思路即通过隔振元件的变形耗能以达到减振的目的。

参考文献

- [1] 吴德安. 混凝土结构设计手册 (3 版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [2] 中国建筑科学研究院. 混凝土结构设计规范 GB50010-2010(2015 年版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [3] 陈载赋. 钢筋混凝土建筑结构与特种结构手册 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1992.
- [4] 中国电力工程顾问集团公司企业标准. 汽轮发电机基础设计导则 [EB/OL]. [2011-03-19]. Q/DG1-T008.1-2011.
- [5] 中国电力工程顾问集团公司企业标准. 火力发电厂汽轮发电机弹簧隔振基础设计导则 [EB/OL]. [2015-03-19]. Q/DG1-T014-2015.