

基座改造及柱配筋问题的探讨

夏宏君 张兰春 张欲晓

山东电力工程咨询院 山东 济南 250013

摘要: 介绍黄台电厂7号机组增容改造工程中汽轮发电机基座的改造情况,并对基座改造中的界面处理、钢筋及混凝土疲劳验算等相关问题进行分析。通过对基座抗震设计的分析,指出基座柱配筋应根据抗震计算确定。

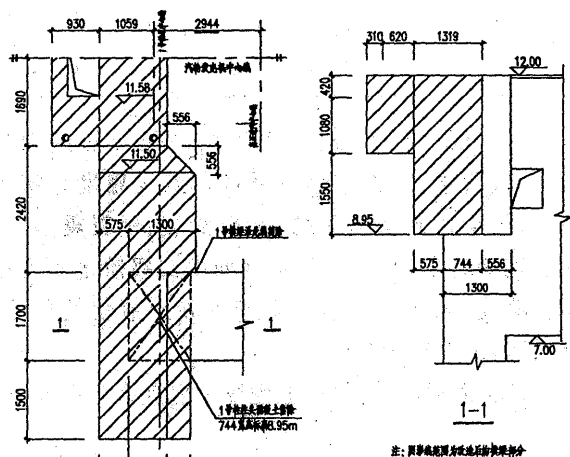
关键词: 基座; 动力基础; 施工缝; 界面剂

中图分类号: TU357 **文献标志码:** A

黄台电厂7号汽轮发电机是东方汽轮机厂1974年设计制造的第一台国产亚临界一次中间再热双缸双排汽300MW机组。由于设计制造年代较早,机组运行效率低,于2004年4月3日停机对中高压缸进行增容改造,改造后汽机额定出力为330MW,2004年7月11日投运至今,已运行两年,情况良好。

1 基座的改造内容

1号轴承箱前移451mm后原基座框架横梁须拆除,与之相连的部分机头平台也相应拆除,待基座改造完成后恢复。原基座框架横梁拆除时,沿框架柱内边整体割除,原基座框架柱柱头部分混凝土人工凿除,范围为1300mm×1700mm,高为3050mm。凿除部分外露的钢筋包括横梁钢筋、纵梁钢筋、柱钢筋。其中横梁钢筋全部去掉,纵梁钢筋全部保留,柱中纵向钢筋全部保留,箍筋保留。基座改造内容见图1。



为保证新浇筑混凝土与原混凝土的连接质量,浇筑横梁前必须在新老混凝土界面处满涂优质界面剂。而且在每根纵梁内采用HLLT5植筋技术植16根钢筋(见图2),这些钢筋端头套丝后伸出梁外,钢筋埋在混凝土部分外包PVC套管内,待混凝土养护28d后用双螺母拧紧,预紧力控制在15kN以内,详见图2。

0.8 的折减系数, 可得 $\sigma_{s,\max}^f = 320\text{N/mm}^2$, 满足疲劳计算要求。由此可知, 当钢筋的最小应力与最大应力之比大于 0.9 时钢筋及钢筋接头的疲劳计算均满足要求, 不会发生疲劳破坏。因此对于严格控制振动线位移、振动速度的汽轮发电机基座结构而言, 在其使用年限内不会产生疲劳破坏。

3 新旧混凝土结合面粘结问题

文献[1]中明确了汽机基座施工缝可在柱顶、柱脚及柱子 0m 附近设置, 并给出了较为严格的处理措施, 考虑到基座须承受动力荷载, 在运转层内通常不允许设置施工缝。而本次改造在运转层的水平和竖向均须做施工缝, 因此新旧混凝土之间的粘接是决定本次改造可行性的关键因素, 改造中对梁柱节点区域应力分布情况进行了有限元计算分析, 结果表明, 在各工况荷载组合作用下, 在负弯距区最大拉应力为 5.6MPa, 在新旧混凝土结合面附近节点应力以压应力为主。在基本荷载组合作用下, 横梁跨中顶点最大竖向位移 1.3mm (非振动线位移, 且含横梁压缩变形值)。

相关研究表明, 新老混凝土界面之间起粘结作用的主要是机械咬合力, 涂刷界面剂后新旧混凝土 28d 名义强度可提高为不涂刷时的 1.3~2 倍。掺入混凝土中的膨胀剂的微膨胀效应, 可抵消水泥水化过程中的干缩, 使新旧混凝土界面上过度层的结构密实, 增强粘结面上的机械咬合作用。沿纵梁方向在节点施加适当的预压应力, 减小竖向界面上的混凝土拉应力。

改造前已将基座上主要设备及管道拆除, 因此改造后基座结构承受荷载的整体性与新建工程基本相同, 使振动计算时的模型与实际受力情况相同。

4 基座配筋问题

现行抗震理论认为, 在强震作用下结构构件不存在强度储备, 梁端实际达到的弯距与其受弯承载力相等, 柱端实际达到的弯距也与其偏压下的受弯承载力相等, 通常所说的强柱弱梁是指节点处梁端实际受弯承载力小于柱端的实际受弯承载力, 即 $\sum M_{cy}^a > \sum M_{by}^a$, 文献[3]采用增大柱端弯距设计值的方法以减缓柱端的屈服。

基座运转层框架纵梁、横梁上下层配筋率通常在 0.5%左右, 表 1 为某 600MW 汽机基座头部柱、横梁及纵梁的截面尺寸及配筋情况。

| 构件名称 | 截面尺寸/mm | 单侧配筋 | 单侧配筋率 | 端部实际受弯承载力/ (kN·m) |
|------|-----------|-------------|-------------|---------------------|
| 框架柱 | 2600×2250 | 14Φ40/13Φ40 | 0.3%/0.28% | 横向: 10776/纵向: 13188 |
| 框架横梁 | 2771×2440 | 32Φ40/32Φ40 | 0.59%/0.59% | 28215 |
| 框架纵梁 | 2480×2565 | 32Φ40/32Φ40 | 0.63%/0.63% | 29722 |

由表 1 可知, 基座柱端抗弯承载能力约为运转层框架梁的 0.4 倍, 与文献[3]中的要求相差极大, 因此可判定基座结构体系不符合抗震设防中的‘强柱弱梁’的概念设计要求, 无法满足第三水准的设计要求。

由于基座与普通框架结构构件截面尺寸确定的原则完全不同, 柱轴压比通常均在 0.15 左右, 基座各方向框架的整体抗侧刚度和强度均较强, 因此其在强震作用下杆件端部的内力不能够达到受弯承载力, 此时梁端、柱端及节点均不出现塑性铰, 表 2 为某 600MW 基座纵向按罕遇地震作用水平力简化计算出的框架结构内力, 此基座设计已在国内多个电厂中采用。

表 2 7 度 ($a_{\max}=0.50$) 罕遇地震作用下基座柱纵向弯距值

| 构件名称 | 截面尺寸/mm | 地震弯矩 (kN·m) | 纵向配筋 (mm ²) | 实际配 筋率/% | 柱抗弯承载力 (kN·m) | 抗震计算 配筋率/% |
|-------|-----------|----------------|----------------------------|-------------|------------------|---------------|
| 1号框架柱 | 2600×2250 | 9892 | 13Φ40 | 0.28 | 12246 | 0.36 |
| 2号框架柱 | 2100×2250 | 8817 | 13Φ40 | 0.35 | 9830 | 0.31 |
| 3号框架柱 | 2180×2700 | 11470 | 15Φ40 | 0.32 | 11835 | 0.31 |
| 4号框架柱 | 2600×3400 | 24136 | 21Φ40 | 0.30 | 19980 | 0.36 |
| 5号框架柱 | 3300×3400 | 22982 | 21Φ40 | 0.24 | 25659 | 0.21 |

注：上表中同时忽略了地震作用分项系数 1.2 与构件承载力抗震调整系数 0.75。

表 2 的计算表明，7 度设防罕遇地震作用下，此基座柱的承载能力可基本满足要求。由于运转层框架梁的线刚度比远大于柱，因此当柱承载力不足时，将先后在柱脚和柱顶破坏，形成可变机构，即使不倒塌，基座自振周期等动力特性也将发生变化，加固、修复极为困难，因此基座柱的配筋问题应区别于其他结构，不应仅按构造要求进行设计。

注：本文发表在《武汉大学学报》2006 年