

## 某电厂梁构件检测鉴定与加固研究

吴晓俊<sup>1</sup> 侯召堂<sup>1</sup> 张双庆<sup>2</sup>

(1.西安热工研究院有限公司 西安

2. 神华神东电力有限责任公司萨拉齐电厂 包头 014100)

**摘要:** 钢结构作为现代建筑工程中主要的建筑结构类型被广泛应用。诸多因素导致的钢结构承载力不足,变形过大时有发生。本文针对实际工程中出现的持续变形的梁构件,分析了变形的主要原因,采用有限元方法研究了构件的承载力,根据现行国家规范和标准对构件进行了可靠性分析,并给出了加固改造建议方案。本文研究可为类似问题钢结构加固改造工程提供一定参考。

**关键词:** 钢结构, 检测鉴定, 可靠性, 有限元分析, 加固校正

中图分类号: TU 392 文献标志码: A 文章编号:

## Research on the Identification and Reinforcement of the Beam Components of an Electric Power Plant

Wu Xiaojun<sup>1</sup> Houzaotang<sup>1</sup> Zhang Shuangqi<sup>2</sup>

(1. Thermal Power Research Institute Xi'an

2. Shenhua Shendong Power Co., Ltd. Salaqi power plant Inner Mongolia Baotou )

**Abstract:** Steel structure is widely used as the main type of building structure in modern construction engineering. Many factors lead to insufficient bearing capacity of steel structure, and excessive deformation often occurs. In this paper, aiming at the continuous deformation of beams in the actual project, the main causes of deformation are analyzed, the bearing capacity of the beams is studied by using the finite element method, the reliability analysis of the beams is carried out according to the current national standards and specification, and the scheme of reinforcement and reconstruction is given. The study of this paper can provide some reference for the similar problems of steel structure reinforcement and reconstruction project.

**Key words:** Steel Structure, Identification, Reliability, Finite Element Analysis, Reinforcement and Correction

### 0 引言

钢结构是现代建筑工程中主要的建筑结构类型之一。钢结构是以钢制构件作为主要承重构件的结构。钢材的特点是强度高、自重轻、整体刚性好、变形能力强,故用于建造大跨度和超高、超重型的建筑物。例如:石化厂房设施、电厂厂房、大跨度的体育场馆、展览中心,高层或超高层结构等。设计、施工质量、荷载变化、超期服役、规范和规程改变等因素导致

钢结构承载力不足,变形过大时有发生。

内蒙古自治区某电厂厂房采用的就是钢结构的结构类型。2008 开工建设,2011 年 1#和 2#机组先后投产发电。2#炉 25m 和 6 层炉前钢架(布置平面图见图 1 和图 2)在使用过程中,H 型钢(又称宽翼缘型钢)梁构件 2AB2、2AB8、3DE59、3DE70 实际工作状态与原设计不符,出现持续的弯曲和扭转变形(见图 3),受其负荷的通道、多个连接构件因之变形(见图 4),部分钢构件结点板则呈撕裂状变形(见图 5)。为了掌握该建筑物的结构现状,本文通过对相应构件进行现场检测,分析梁构件变形的主要原因,采用有限元方法验算结构构件承载力,鉴定梁构件的安全性,评定构件的安全性、使

收稿日期:

作者简介:西安热工研究院有限公司员工,从事结构受力分析、支吊架调整、管道振动治理工作。

E-mail: 547613238@qq.com

用性和可靠性并提出加固改造建议。

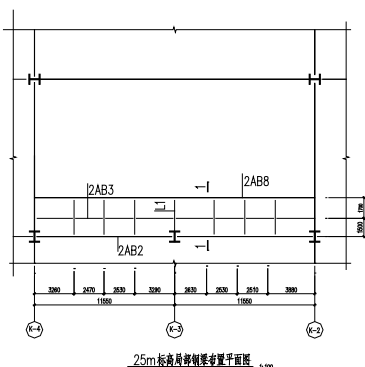


图 1 25m 标高局部钢梁布置平面图

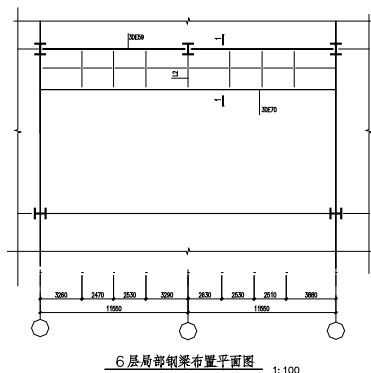


图 2 6 层局部钢梁布置平面图



图 3 2AB8 梁构件弯曲和扭转变形



图 4 通道严重倾斜、扭曲



图 5 2AB8 梁跨中支座 (L1 梁) 结点板受拉变形



图 6 2AB8 梁构件新增的临时拉杆

## 2 现场检测

根据《钢结构现场检测技术标准》<sup>[1]</sup>要求对梁构件 2AB2、2AB8、3DE59、3DE70 的长度、截面尺寸进行现场测量。现场检测发现：

(1) 厂方为了防止变形的进一步加大，设置了系杆对其中 2AB8 梁构件进行了临时加固（见图 6）。

(2) 原设计中 2AB8、3DE70 梁构件跨中的斜撑缺失（见图 7）。

(3) 梁构件的实际长度、截面尺寸与原设计相符，梁构件 2AB2、2AB8、3DE59、3DE70 的挠度测量结果分别如图 8-11 所示。2AB8 梁构件跨中挠度历时 14 天监测结果如图 12 所示，跨中挠度呈增大趋势，但增加量则较小。

根据《钢结构设计规范》<sup>[2]</sup>的相关要求，在永久荷载和可变荷载标准值作用下产生的挠度的容许值为  $[v_T] = l/400$ ，其中  $l$  为梁的跨度。

表 1 是相应梁构件的最大挠度与规范限值的比较。

表 1 梁构件的最大挠度与规范限值

梁构件	2AB2	2AB8	3DE59	3DE70
设计跨数	2	2	2	2
设计跨度/mm	11500	11500	11500	11500
实际跨数	2	1	2	1
实际跨度/mm	11500	23000	11500	23000
最大挠度/mm	12	205	9	40
容许值 $[v_T]$ /mm	28.75	57.50	28.75	57.50

现场检测表明：原设计中 L1 和 L2 梁自由端分别作为 2AB8 和 3DE70 梁构件的跨中支座。但由于 L1 和 L2 梁下部斜撑缺失，实际受力状态为悬臂结构（L1 梁悬挑长度达 2800mm），且固定端为螺栓连接，其实际荷载已经远超过极限承载力，L1 和 L2 梁构件自由

端严重下沉,固定端结点板变形严重甚至撕裂,受拉螺栓出现塑性变形。上述情况,使得在实际工作状态下,2AB8 和 3DE70 梁构件的实际跨度达到 23000mm,为原设计跨度 11500mm 的两倍。2AB8 和 3DE70 梁构件作为传递通道荷载至主梁的关键构件,其跨度增大,引起变形过大,直接导致通道的严重下沉和倾斜。



图 7 原设计预留的中间支座斜撑结点

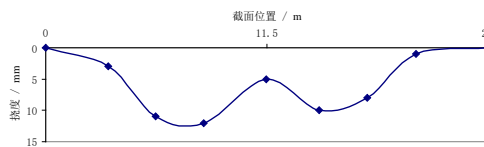


图 8 2AB2 梁构件挠度曲线

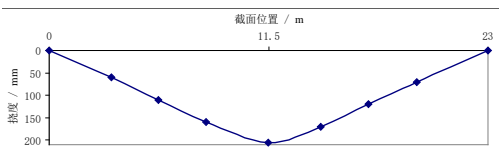


图 9 2AB8 梁构件挠度曲线

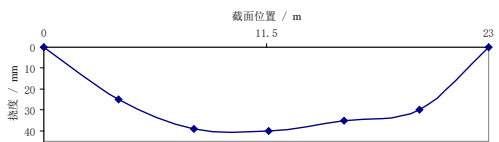


图 10 3DE70 梁构件挠度曲线

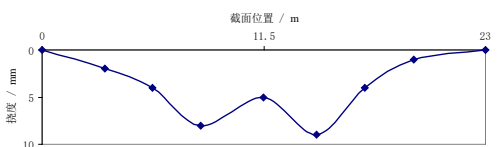


图 11 3DE59 梁构件挠度曲线

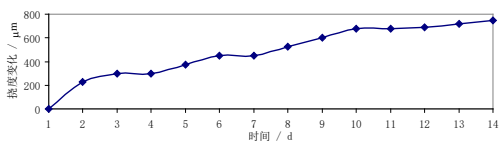


图 12 2AB8 梁构件跨中挠度监测曲线

### 3 有限元分析

根据梁构件 2AB8 和 3DE70 的实际工作状态和挠度测量结果曲线可知,其计算简化模型为简支梁,荷载按图 13 中的两种情况施加。假

设梁构件处于弹性阶段,按照材料力学中计算变形的叠加法,采用试算法计算梁构件 2AB8 跨中的挠度。在挠度为 205mm 时,梁构件上作用的荷载已经非常大,不符合实际情况。因此梁构件进入塑性阶段。

为保证计算结果的可靠性,计算采用大型通用有限元分析软件 ANSYS 进行计算分析。用铁木辛柯梁单元模拟梁构件,本构关系采用双线性强化模型。型钢构件取 Q345b 钢材,其屈服强度按厚度小于 16mm 时为 310MPa;厚度 16-40mm 为 205MPa。密度取  $7850\text{kg/m}^3$ 。2AB8 梁的截面为  $\text{H}700\times 320\times 18\times 10$ ,其有限元分析模型如图 14 所示。

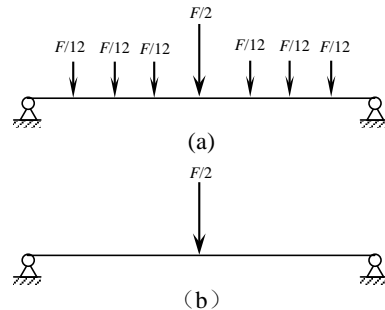


图 13 梁构件计算简图

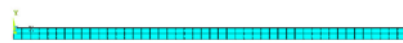


图 14 有限元分析模型

图 15 和图 16 分别是按计算简图 13 (a) 分析所得的应变和应力云图。在荷载  $F=300\text{kN}$  时,跨中最大位移 213mm,峰值应力为 300MPa。峰值应力超过设计强度值<sup>[3]</sup>的 90%,梁处于高应力工作状态。

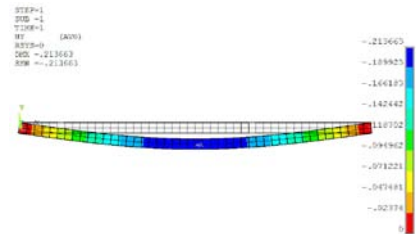


图 15 梁的变形云图 (缩放因子 5)

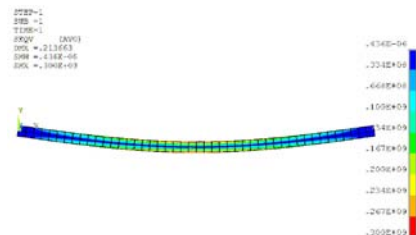


图 16 Von mises 应力云图 (缩放因子 5)

图 17 和图 18 分别是按计算简图 13 (b) 分析所得的应变和应力云图。在荷载  $F=240\text{kN}$  时, 跨中最大位移  $208\text{mm}$ , 峰值应力为  $305\text{MPa}$ 。峰值应力超过设计强度值<sup>[3]</sup>的 90%, 梁处于高应力工作状态。

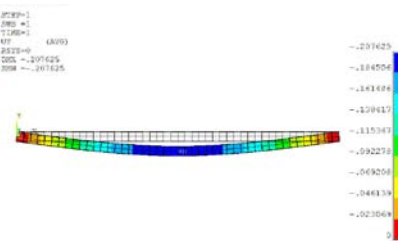


图 17 梁的变形云图 (缩放因子 5)

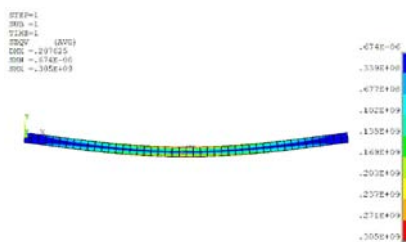


图 18 von Mises 应力云图 (缩放因子 5)

可见, 2AB8 梁构件在现有服役状态下, 其变形超过了有关规范的限值, 通过以变形为目标值的应力分析, 其应力峰值超过屈服应力的 90%, 处于高应力工作状态, 构件的强度安全储备较小, 存在较明显的安全隐患。

#### 4 可靠性分析

为了确定梁构件 2AB2、2AB8、3DE59、3DE70 的可靠性, 按《工业建筑可靠性鉴定标准》<sup>[4]</sup>对相应梁构件进行安全性、使用性等级和可靠性鉴定评级。

安全性评定:

2AB2 和 3DE59 梁构件安全性等级为 a 级, 安全性符合国家现行标准规范的安全性要求, 安全, 不必采取措施。

2AB8 和 3DE70 梁构件安全性等级为 c 级, 不符合国家现行标准规范的安全性要求, 影响安全, 应采取的措施。

使用性评定:

2AB2、3DE59 梁构件使用性等级为 a 级, 符合国家现行标准规范的正常使用要求, 在目标使用年限内能正常使用, 不必采取措施。

2AB8 梁构件使用性等级为 c 级, 不符合

国家现行标准规范的正常使用要求, 在目标使用年限内明显影响正常使用, 应采取的措施。

3DE70 梁构件使用性等级为 c 级, 虽符合国家现行标准规范的正常使用要求, 在目标使用年限内能正常使用, 但考虑到不满足设计要求, 应采取的措施。

可靠性评定:

2AB2 和 3DE59 梁构件可靠性等级为 a 级, 符合国家现行标准规范的可靠性要求, 安全, 目标使用年限内能正常使用或不明显影响正常使用, 不必采取措施。

2AB8 和 3DE70 梁构件可靠性等级为 c 级, 不符合国家现行标准规范的可靠性要求, 或影响安全, 或在目标使用年限内明显影响正常使用, 应采取的措施。

#### 5 加固校正建议

实测表明, 2AB8 梁构件由于原设计的中间支座失效, 已经影响到其支撑的炉前平台的正常工作。建议适度校正后, 更换 L1 梁构件及连接结点, 恢复原设计的 L1 梁构件下方的斜撑。

对 2AB8 梁构件的校正应考虑到长久使用的安全性、以及与之相关构件(尤其是炉前平台)适用性。建议对 2AB8 梁采用复位、恢复原设计支撑、加固或替换相关构件的综合性措施, 达到安全、适用的目的。2AB8 梁构件校正方案建议如下:

①在标高 31.5 米层 2AC7 主梁跨中支座处设置加固用拉杆, 承担 2AB8 梁校正对 2AC7 梁新增荷载。

②在 2AC7 跨中设置两组手动起重滑轮组, 1/4 处及 3/4 处各设置一组手动起重滑轮组。手动起重滑轮组额定荷载不应小于 10t。

③安装各组手动起重滑轮组, 使之均处于拉紧状态。

④拆除梁 L1 和加固 2AB8 梁构件的临时拉杆。

⑤四组手动起重滑轮组同步起重, 并控制校正过程中各起重滑轮组吊点位移协调, 同步吊重。

⑥2AB8 梁恢复到预定位置后, 四组手动起

重滑轮组保持负荷状态。安装 2AB8 梁原设计的斜撑，再安装梁 L1。

⑦卸除各手动起重滑轮组，拆除 2AC7 加固用拉杆。

⑧恢复炉前平台等其他构件。

⑨复位过程应严格监控相关构件的变形，并确保各手动起重滑轮组的荷载不超过额定值的 70%。

3DE70 梁构件中间支座已部分失效，建议适当校正后、恢复原缺失的中间支座的斜向支撑。校正梁构件和恢复斜撑的做法可参考 2AB8 梁。

## 6 结语

针对上述实际工程中出现的持续弯曲和扭转变形的梁构件，分析变形的主要原因，采用有限元方法分析梁构件承载能力，根据现行的国家规范和标准对梁构件进行安全性鉴定，评定构件的安全性、使用性和可靠性，并提出加固改造建议。本文研究可为类似问题钢结构加固改造工程提供一定参考。

### 参考文献

- [1] GB/T 50621-2010 《钢结构现场检测技术标准》[S]
- [2] GB 50017-2003 《钢结构设计规范》[S]
- [3] GB 50009-2012 《建筑结构荷载规范》[S]
- [4] GB 50144-2008 《工业建筑可靠性鉴定标准》[S]