

燃气轮机滑油模块齿轮箱底座返修工艺应用分析

李大选 郭艳妮

(江苏江海润液设备有限公司 江苏 启东 226200)

摘要: 本文主要论述了 H-25 燃气轮机滑油模块油箱齿轮箱底座安装孔定位错误, 对已经加工成型的安装孔进行焊接补焊, 重新加工安装螺纹孔, 并进行平面加工的工艺应用。与其他的返修方案相比, 此方案降低了人工成本和时间成本, 使损失降到最低。

关键词: 燃气轮机; 齿轮箱; 焊接; 返修工艺; 滑油模块

0 引言

H-25 燃气轮机采用新式的燃气轮机技术, 是最适合连续发电和热电联供的设备, 单机组的发电端效率高达 34.8%, 联合循环时热工效率达 50% 以上, 热电联供效率高达 84%。为落实国家关于建设清洁低碳、安全高效能源体系的工作部署, 加快推进能源领域首台(套)重大技术装备示范应用, 推动我国关键能源技术装备产业链、供应链安全和协同发展, 2020 年国家能源局组织了第一批能源领域首台(套)重大技术装备评定工作, “国产 H-25 型燃气轮机”成功入选。

H-25 燃气轮机采用模块设计, 机组分燃气轮机主机和辅机, 以及负荷齿轮箱、发电机等主要模块, 每个模块在制造车间组装, 整体运输方便了现场安装和运输。润滑油系统作为主要的辅机设备之一, 主要负责为燃气轮机、发电机轴承和齿轮箱等提供润滑、顶升和控制用油。润滑油系统主要包括油箱箱体、集成在箱体上的齿轮箱底座、供油管、回油管、供油泵及各种控制元件。图 1 所示为 H-25 燃气轮机结构示意图。

与传统的润滑油站相比, H-25 燃气轮机润滑油系统采用了集成齿轮箱的布置方式, 使油站不仅具备油系统的功能, 同时具有承载动力元件的装配结构。整套润滑油系统采用模块化设计, 机组采用冷端输出, 发电机和燃气轮机本体之间通过安装于润滑油箱模块上的齿轮箱及联轴节进行连接, 润滑油模块设备在电厂以地脚螺栓固定和定位, 在热力发电厂, 燃气轮机和发电机安装就位和调整好水平垂直后便不做

移动。齿轮箱作为提供传递燃气轮机和发电机的主要动力元件, 为发电机和燃气轮机间传递动力, 精密加工的齿轮零件需要输出轴和燃气轮机轴具有较高的同轴度, 对现场安装要求较高。因此, 齿轮箱底座的加工质量和公差控制对 H-25 燃气轮机系统的安全稳定运行和效率保证尤为重要。

1 齿轮箱底座的加工偏差

滑油模块油箱箱体单体质量约 20t, 齿轮箱单体质量约 26t, 齿轮箱集成布置在滑油模块油箱箱体上, 通过调整垫片调平和对中后, 用两排各 10 只 M42 螺栓固定。图 2 所示为齿轮箱安装示意图。

滑油模块油箱设计时, 以模块的固定地脚为设计的基线, 同时与发电机、燃气轮机的中心线保持固定距离, 发电机、燃气轮机的中心线, 也就是齿轮箱输出轴的中心线, 齿轮箱安装座焊接在油箱顶板上, 焊接完成后加工安装孔和安装平面, 保障齿轮箱输出轴的水平位置和

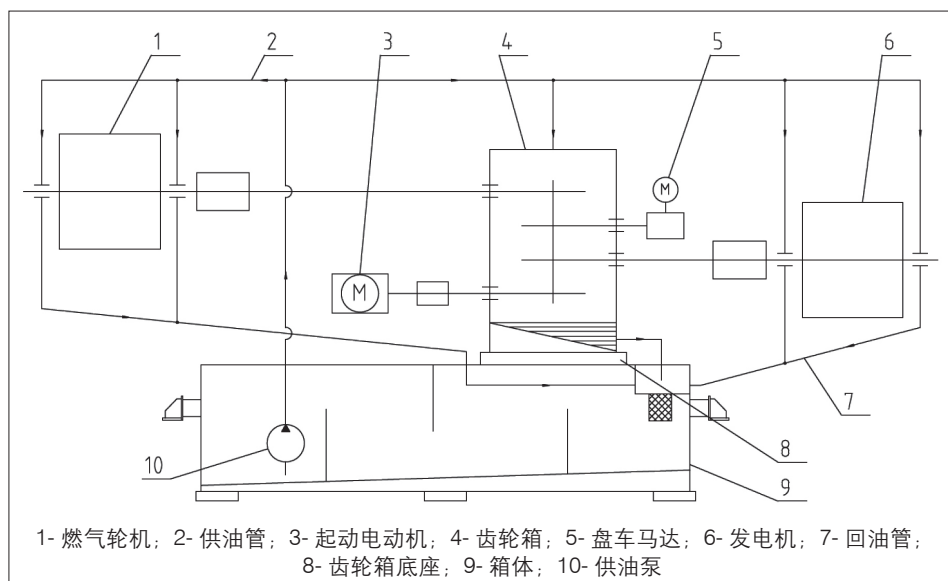


图 1 H-25 燃气轮机结构示意图

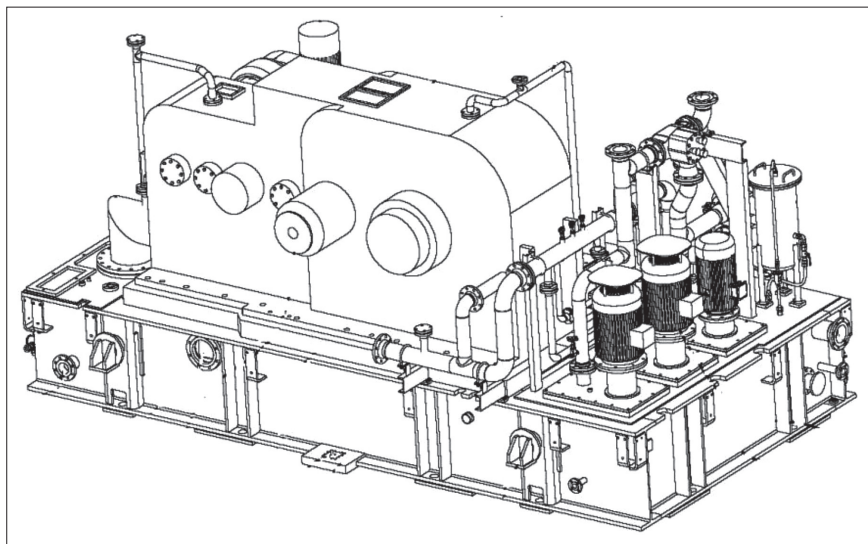


图2 齿轮箱安装示意图

高度标高。考虑到大型焊接件在加工时划线的准确性和机组在电厂定位的便捷性,要求基线两端各冲样孔3点。齿轮箱的安装孔定位两侧偏离基线30mm。图3为齿轮箱安装孔定位示意图。

在油箱箱体齿轮箱底座机械加工过程中,由于定位错误,造成靠边侧的齿轮箱底座板9个M42螺纹孔整体背离基线错位30mm,即实测螺纹孔与基线的相对尺寸为60mm。

2 齿轮箱底座返修实施

2.1 返修方案确定

齿轮箱底座材料为Q235-B碳钢,厚度为170mm,发生尺寸偏差的9个齿

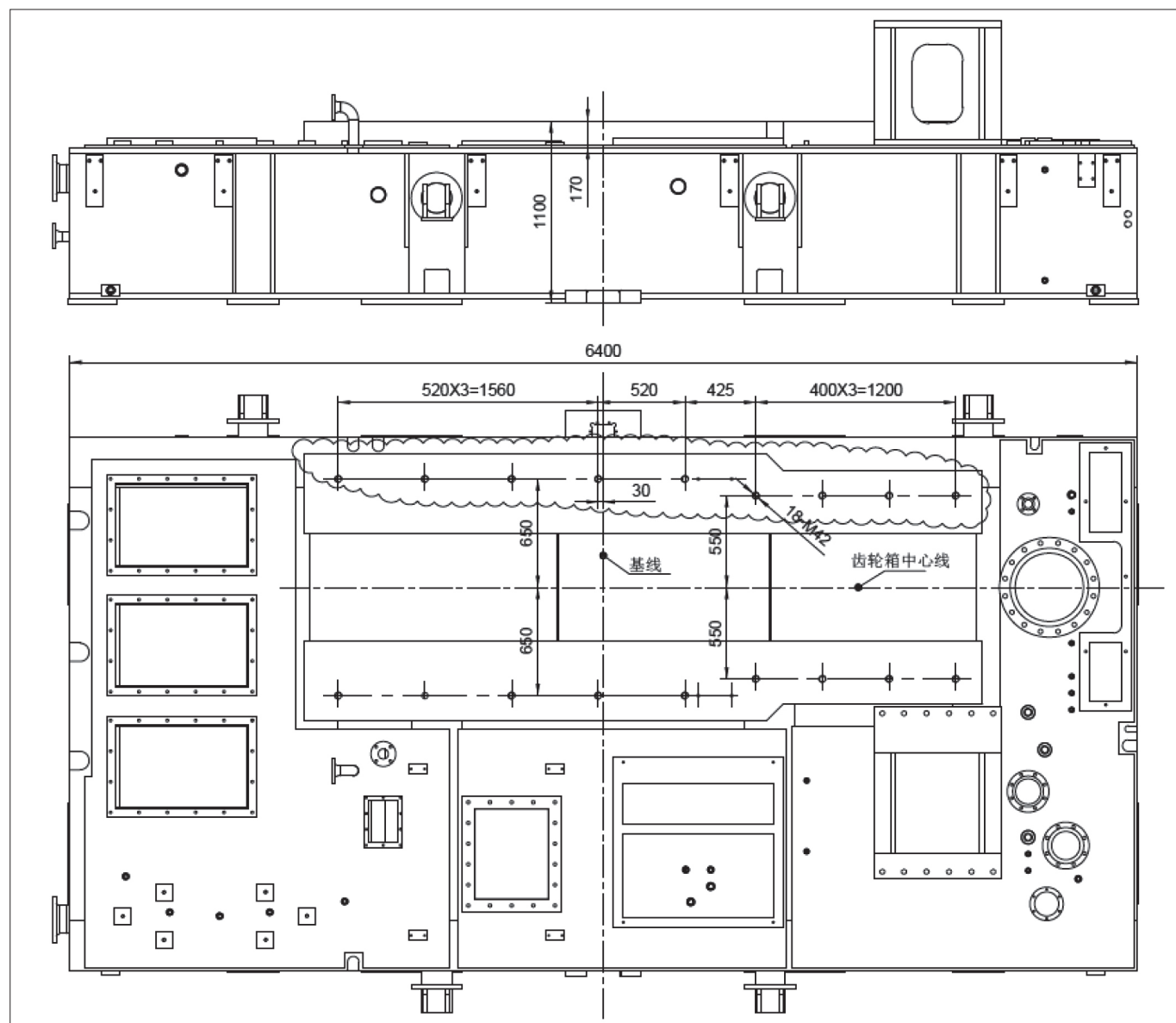


图3 齿轮箱安装孔定位示意图

轮箱安装孔螺纹均为 M42，单个孔加工螺纹深 80mm 底孔深 100mm。

针对安装孔偏差问题的返修，传统的方案是将两块齿轮箱底座板报废，从已经焊接完成的油箱箱体上切割下来，重新制作两块新的齿轮箱底座板焊接替代，并按图纸尺寸重新进行机加工。此方案存在以下特点：费材料成本高，工期时间长，焊接工作量大，以及二次焊接热输入会造成较大的应力，从而引起较大的焊接变形，两块齿轮箱底座板火焰切割比较费力，且切割后的油箱质量无法评估。

经过讨论，还提出另一种返修方案：补焊已经加工完成的螺纹孔，补焊后重新加工螺纹孔。此方案具有以下特点：不需要废除消耗原材料，工期时间短，焊接工作量大，但是需要严格控制工艺，避免局部焊接应力集中而产生变形。

在评估了材料成本、时间因素，以及考虑局部焊接的变形和热量输出等因素，决定采用补焊后二次加工的工艺方案，制定详细的返修方案并严格执行返修方案。

2.2 返修工艺编制

按照先补焊已经加工完成的螺纹孔，后重新加工螺纹孔的返修方案，编制如图 4 所示的返修工艺流程图。

2.3 返修方案实施

2.3.1 钻工艺孔

在钻床上将原 10-M42 螺纹孔上的螺纹部分钻掉(钻

孔 $\phi 45$ ，深 80mm)，再钻工艺孔 $\phi 60$ 深 50mm。图 5 所示为钻工艺孔示意图。

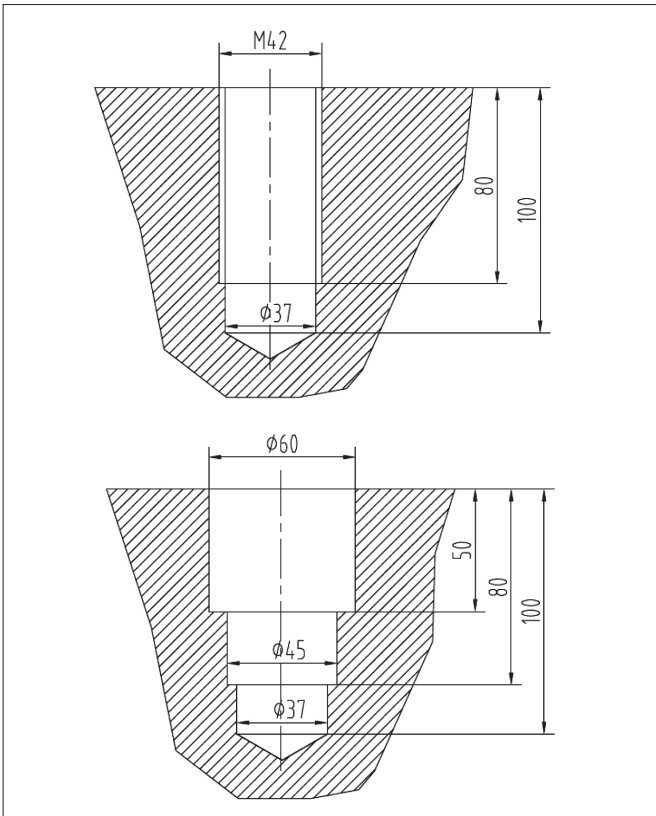


图 5 钻工艺孔示意图

2.3.2 焊接工艺制定

(1) 操作者资质：经过焊接培训考试取得承压焊工资格，持证上岗。

(2) 焊接设备：型号为 NB-500，电流表、电压表经过校准并在有效期内。

(3) 焊接材料：ER50-6 实芯气保焊丝，直径 $\phi 1.2\text{mm}$ ，符合 NB/T 47018.3-2017《承压设备用焊接材料订货技术条件 第 3 部分：气体保护电弧焊钢焊丝和填充丝》标准要求。

(4) 环境：风速不大于 2m/s，相对湿度不大于 90%。

(5) 工艺参数要求(见表)。

(6) 按焊接要求将 $\phi 37\text{mm}$ 的孔堆焊填满，补焊时使用小线能量，然后堆焊，填满孔 $\phi 45\text{mm}$ ，依次完成堆焊，填满孔 $\phi 60\text{mm}$ ，控制层间温度不能大于 150°C ，控制焊接变形量在 0.5mm 以内。

2.3.3 焊接实施

(1) 钻孔，实施第 1 ~ 2 层焊接，堆焊满孔锥部分。

(2) 实施第 3 ~ 12 层焊接，堆满 4/5 孔。

(3) 实施第 13 ~ 15 层焊接，焊满整个工艺孔并形成 1 ~ 2mm 余高。

2.3.4 重新加工安装孔

(1) 在镗床上以润滑油箱底平面作为基准，加工侧

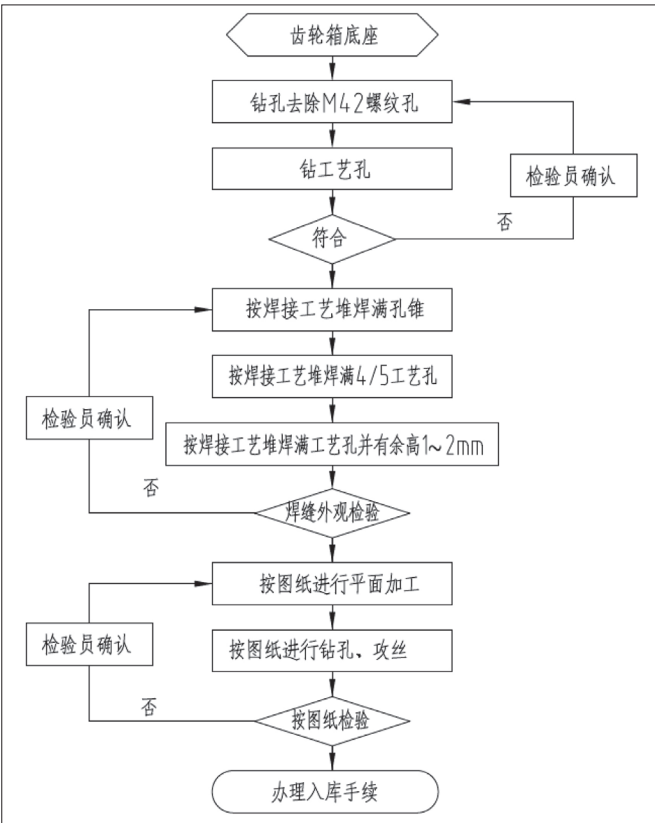


图 4 返修工艺流程图

表 焊接工艺参数表

焊接 层次	焊接 方法	填充材料		焊接电流		电弧电压 /V	气体 成分	气体流量 / (L/min)
		型号	直径 /mm	极性	电流 /A			
1	GMAW	ER50-6	1.2	直反	300 ~ 340	34 ~ 38	CO ₂ 99.5%	8 ~ 12
2	GMAW	ER50-6	1.2	直反	280 ~ 320	32 ~ 36	CO ₂ 99.5%	8 ~ 12
3 ~ 12	GMAW	ER50-6	1.2	直反	280 ~ 300	32 ~ 36	CO ₂ 99.5%	8 ~ 12
13 ~ 15	GMAW	ER50-6	1.2	直反	300 ~ 320	32 ~ 36	CO ₂ 99.5%	8 ~ 12

面临时四只基准面。

(2) 将油箱竖立起来，用等高块垫在四只临时加工的基准面，固定后用百分表检测油箱底平面度，并调整达到 0.10mm 以内，夹紧固定后检测齿轮箱底座平面度。

(3) 在数控镗床上，根据检测的齿轮箱底座平面度进行加工平面达到图纸要求的尺寸公差 (1099 ± 0.5) mm 和平面度要求。

(4) 按图纸要求加工 10-M42 螺纹孔 (图 6 为螺纹孔加工图)。

2.3.5 返修后的检验

经过检测，补焊后的齿轮箱底座，焊接变形量在 0.10mm 内，在镗床上加工补焊的齿轮箱底座平面，最终尺寸为 1098.90mm，符合图纸尺寸要求。

3 结语

滑油模块在电厂安装运行至今已近两年时间，从平时对滑油模块和齿轮箱的检查记录看，没有出现异常情况，所连接的燃气轮机、发电机等设备也未出现振动异常等情况，说明上述的返修焊接工艺方案是可行的。此次返修方案的实施，相比其他的返修方案，降低了人工和时间成本，从而使损失降到最低，具有重要的工程应用参考价值。

参考文献：

[1] 日立 H-25/H-15 燃气轮机发电机组及应用方案 [Z]. 日立公司, 2018.

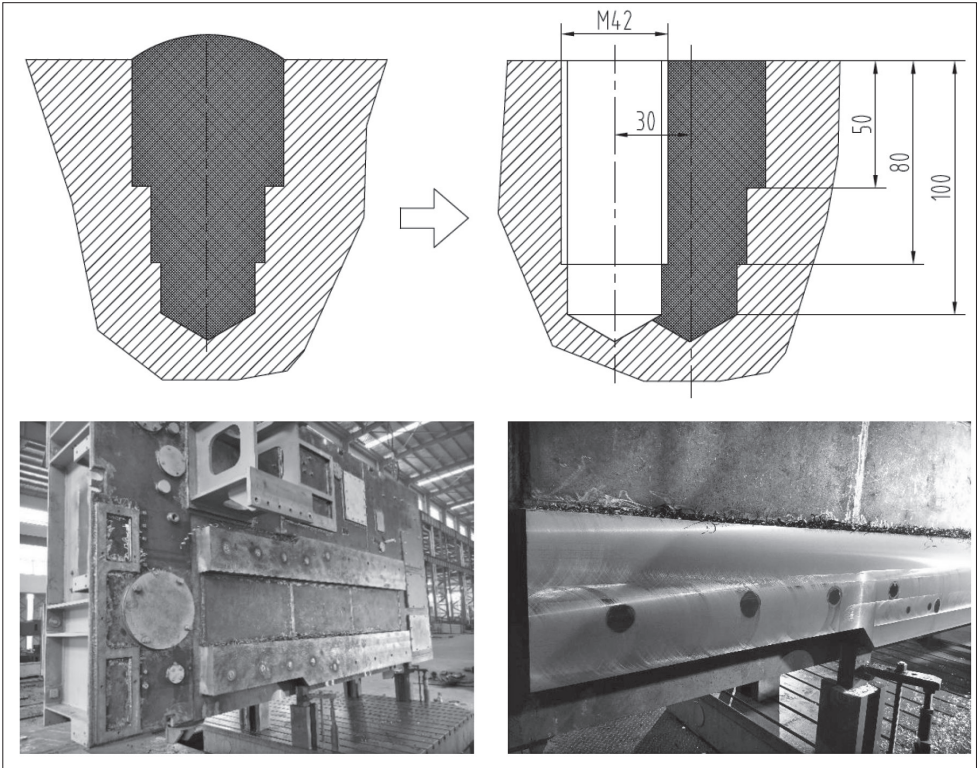


图 6 螺纹孔加工图

[2] “工业低排放 CGT25-EB 型燃气轮机”、“国产 H-25 型燃气轮机”正式获批国家能源局第一批能源领域首台 (套) 重大技术装备项目 [J]. 热能动力工程, 2021, 36 (04): 157.

[3] NB/T 47018.3-2017, 承压设备用焊接材料订货技术条件 (第 3 部分): 气体保护电弧焊钢焊丝和填充丝 [S].

[4] NB/T 47003.1-2009, 钢制焊接压力容器 [S].

[5] 中国机械工程学会焊接学会. 焊选手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

作者简介: 李大选 (1966.07-), 男, 汉族, 江苏连云港人, 大专, 工程师, 研究方向: 汽轮机、燃气轮机及电动机等大型转轴类设备的润滑油系统和液压系统及其自动化控制系统的研发和设计。