

（一）热能动力实训室

1. 建设基础

我院于 2014 年开设电厂热能动力装置专业，至今已有三届在校生。专业开设至今，教学条件已基本具备，师资条件基本完善，实训条件方面现有 25MW 循环流化床背压机组仿真软件一套，300MW 亚临界仿真软件一套，可拆装汽轮机设备及泵设备等若干。

2. 建设的必要性

电厂热能动力装置专业开设以来，各项教学条件都已逐步完善，学生就业形势良好，教学实训条件基本具备。根据企业需求情况来看，急需建立与企业真实生产相一致的设备环境，建设一套完整的石油化工企业热力发电装置，全程模拟企业现场操作，能够进行企业员工的岗前培训，同时可以完成学生热力设备工作原理、机械结构、工艺流程，系统运行及检修的学习。

3. 建设思路与目标

3.1 基本思路

国内、省内各高职院校现有的同类实验室建设模式基本都为热能动力设备仿真模型或仿真软件的模式，而拟建设的热能动力实训室由学校、企业、中标公司三方共研共建，建成一套基于虚拟现实与实物相组合的实训系统。该实训室的所有设备全部采用石油化工企业的热力发电厂真实设备等比例缩放，控制系统采用与企业完全一致的操作系统，所有数据全部现场采集。

该实训装置是一套基于虚拟现实与实物组合实训系统，是一套全新理念的仿真实训系统，结合了中控系统、DCS 仿真操作系统、实物仿真三种仿真实训方式，目前来说技术较新，可操作性更大，互动性更强，与传统仿真实训室比较更具有先进性，完全符合企业需求。

3.2 建设目标

热能动力实训室拟建成基于虚拟现实与实物的 25MW 循环流化床凝气机组实训系统，该套系统模拟石油化工企业的热力发电厂真实设备及现场采集的真实数据，该套系统的热能动力设备具有石油化工企业热力发电厂的典型性和先进性。

拟建的热能动力装置将 DCS 仿真操作系统、实物仿真与中控仿真系统，三者统一成一个系统构架，而不是各自分开的系统，通过仿真系统可以控制实物仿真系统的实体设备，并能在虚拟现实系统中得到同步反映；DCS 仿真操作系统能够与中控仿真系统实时通讯，仿真界

面中控制某个阀门或设备的状态，实体设备中能够同步变化。通过中控仿真系统能够控制实物仿真系统实训设备的运行状态，整套系统的互动性和可操作性更强，在该套系统上还能够实训分角色操作，实现多人协同、共同完成系统的DCS和就地操作。能够为企业和社会人员进行技术培训和技术服务提供真实环境、真实设备、真实过程、安全现场的培训场所。

拟建的热能动力装置能够加深学生对电厂机、炉、电设备运行原理的理解，全面熟悉生产装置和工艺，掌握动态工艺特性，积累操作经验，提高处理异常事故的能力，能够满足从初级工到高级工的职业技能培训和考核，能够让学生更好的与未来岗位对接。

4. 重点建设内容与资金预算

4.1 实训室概况

4.1.1 实训室简介

本建设方案为25MW循环流化床实物仿真系统，以石油化工企业热力发电厂的热力设备为核心，并分别配备辅机系统及彼此之间的管路系统，同时结合DCS控制系统对整个系统进行控制，其中实物系统中的设备按照场地的要求进行按比例放缩，DCS仿真系统与电厂现场的控制系統一致。实物系统的重要设备和零部件具备可拆卸功能。

建成后的实训室具备锅炉原理教学、汽轮机原理教学、热力设备运行教学、热力设备检修教学、热力发电厂教学、热工仪表教学，职业技能鉴定，企业员工培训等多种功能。

4.1.2 实训室工艺流程（见图1-1）

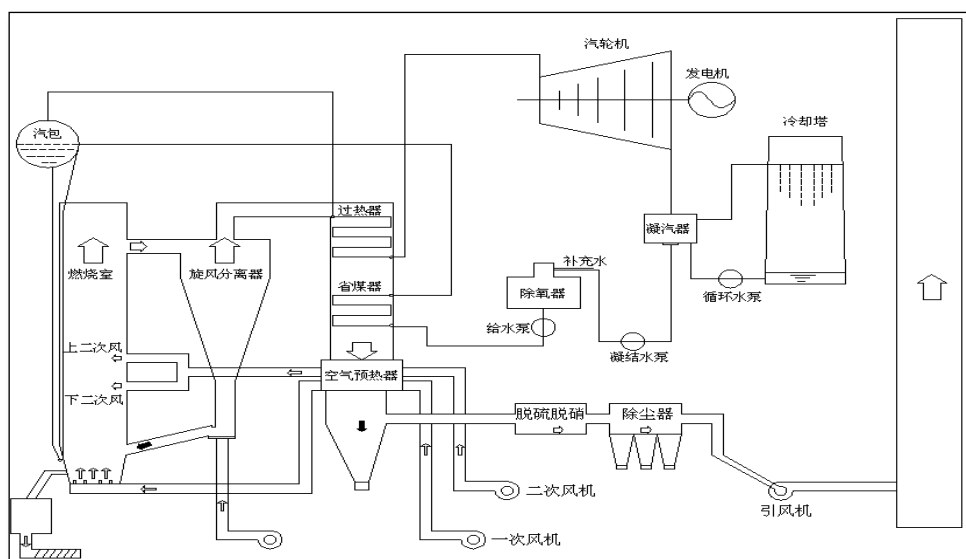


图 1-1 热能动力实训室参考工艺流程图

热能动力实训室工艺是以煤为燃料，煤在锅炉内燃烧，将锅炉里的水加热生成蒸汽，然后将来自锅炉的蒸汽送入汽轮机内做功，将热能转换成机械能。做功后的蒸汽由汽轮机排出，至凝汽器凝结后送往锅炉加热成蒸汽，如此循环。

4.1.2.1 汽水系统

汽水系统是水吸收炉膛的辐射热量和部分对流传热以产生饱和蒸汽的受热面系统。具体过程：锅炉给水有给水泵送入省煤器，给水吸收尾部烟道中烟气的热量后进入汽包，汽包内的水经过下降管到水冷壁，吸收炉内高温烟气的热量，使部分水蒸发，形成汽水混合物向上流回汽包，汽包内的汽水分离装置将水与蒸汽分离开，水回到汽包下部水空间，而饱和蒸汽进入过热器，继续吸收烟气的热量成为合格的过热蒸汽，送往汽轮机。做功后的蒸汽由汽轮机排汽部分排出，排汽至凝汽器凝结成水，经由凝结水泵再送至加热器，补水除氧后经给水泵返回锅炉。

4.1.2.2 燃烧系统

锅炉的燃烧系统由燃烧器、炉膛、烟道及空气预热器等设备组成。由送风机来的空气进入空气预热器，吸收烟气的热量成为热空气。其中一股送入一次风室，用于煤粉流化，另一股用作二次风直接进入炉膛。煤粉和空气混合物在炉膛内燃烧，燃烧的化学能转化成烟气热能。在炉膛内，高温烟气热能以辐射方式传给炉膛四周的水冷壁及其他辐射受热面。随着烟气温度的降低，烟气的热量主要以对流方式传递给过热器、省煤器和空气预热器等。在传热过程中，烟气温度不断降低，最后有引风机送进烟囱。

4.1.3 实训室可进行的实训项目介绍（见表 1-1）

表 1-1 热能动力实训室实训项目列表

| 项目名称 | 主要内容 |
|-----------|--|
| 设备的运行操作 | 通过中控系统可实现全厂的开车、停车、运行参数的调整，根据运行过程中不同参数的改变，及时调整运行工况。设备的操作运行可分为汽机岗和锅炉岗，两岗位人员协调操作，使受训人员能够熟练地掌握机组启停过程和维持正常运行的全部操作，学会处理异常、紧急事故的技能，提高实际操作能力和分析判断能力，训练应急处理能力，确保机组安全、经济运行，这也是现场运行人员所做的工作。 |
| 设备的停机时的检修 | 在实际运行中，设备运行一段时间需要检修，本实训室主要设备均可拆装，可做管路检修、阀门检修、锅炉本体检修、汽机本体检修、汽轮机调速系统检修等，对应现场检修人员所做的工作。 |
| 设备结构的认识、仪 | 本实训室主要设备由现场实物按不同比例缩小，内部结构与实物相同，可以认识设备结构进而了解热力发电的工作原理。同时本实训室的仪表均与石油化工 |

| | |
|-----------|---|
| 表的使用 | 企业热力发电厂的实际仪表相一致，能够认识并学会使用仪表。 |
| 设备的仿真操作 | 可以通过仿真操作系统虚拟现实画面学习设备的工作原理和机械结构，熟悉工艺流程，模拟常见故障的处理。仿真系统具有考核功能，可实现故障设置及排除的考核。 |
| 针对社会人员的培训 | 本实训室的所有设备及仿真系统与石油化工企业热力发电厂的现场基本相同，完全可以实现企业人员的培训 |

4.2 实训室建设内容及资金预算

实训室主要建设内容包括环境准备、锅炉设备、汽机设备和控制系统建设，其参考布局图如图 1-2 所示。

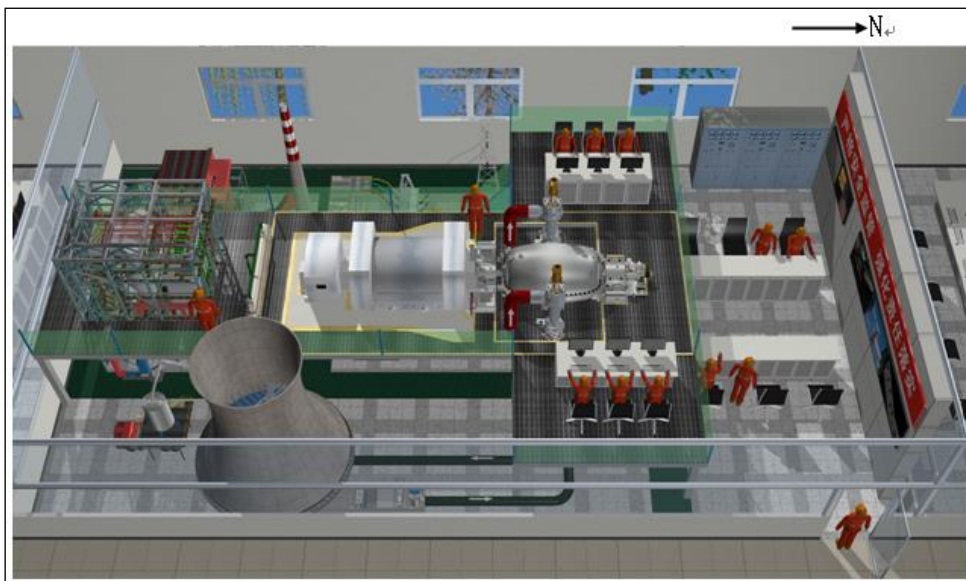


图 1-2 实训室参考布局图

4.2.1 基础改建

拟建设的热能动力实训室，是将原数控车间进行搬迁改造后建设，故在实训室设备建设前需对原数控设备进行拆除、搬迁，并对实训室进行基础工程建设，其资金预算见表 1-2。

表 1-2 热能动力实训室环境准备项目列表

| 序号 | 名称 | 主要内容 | 参考价格 (万元) |
|----|-------|--|--------------|
| 1 | 原设备拆除 | 数控车床、数控铣床、数控加工中心、线切割、普通车床等 28 台设备的拆除 | 2 |
| 2 | 原设备搬运 | 数控车床、数控铣床、数控加工中心、线切割、普通车床等 28 台设备的运输及数控车床、数控铣床、数控加工中心等 16 台设备的安装调试 | 8 |
| 3 | 水电改造 | 根据设备布置及需要对水电进行改造 | 2 |

| 序号 | 名称 | 主要内容 | 参考价格 (万元) |
|----|-------|--------------------------------------|--------------|
| 1 | 原设备拆除 | 数控车床、数控铣床、数控加工中心、线切割、普通车床等 28 台设备的拆除 | 2 |
| 4 | 墙面粉刷 | 对实训室约 300 平米墙面进行粉刷 | 3 |
| 5 | 铺设地面 | 原设备拆除后, 对约 220 平米地面重新平整铺设 | 3 |
| 6 | 棚顶改造 | 对实训室棚顶进行改造 | 2 |
| 7 | 配套桌椅 | 电脑桌椅 11 套及配套学习用桌椅 | 1 |
| | 合计 | | 21 |

4.2.2 锅炉设备

锅炉为单汽包、自然循环、循环流化床燃烧方式, 其设备主要布置在实训室的南侧, 整体呈左右对称布置, 支吊在锅炉钢架上。锅炉由一个水冷壁炉膛, 一台旋风分离器和一个由汽冷包墙包覆的尾部竖井三部分组成。炉膛内布置有屏式受热面: 四片屏式过热器管屏和三片水冷蒸发屏。炉膛底部是由水冷壁管弯制围成的水冷风室, 水冷风室后布置风道点火器, 风道点火器一共有两台, 其中各布置一个高能点火器。炉膛与尾部竖井之间, 布置有一台旋风分离器, 其下部布置一台回料器。在尾部竖井中从上到下依次布置有高温过热器、低温过热器、省煤器和卧式空气预热器。过热器系统中设有两级喷水减温器。锅炉设备清单及资金预算见表 1-3。

表 1-3 热能动力实训室锅炉设备项目列表

| 序号 | 名称 | 功能 | 数量 | 参考价格 (万元) |
|----|-------|----------------|-----|-----------|
| 1 | 整体框架 | 不锈钢框架含二层平台 | 1 | 6 |
| 2 | 水冷壁炉膛 | 燃烧并加热工质 | 1 套 | 5 |
| 3 | 尾部竖井 | 耐火砖加防护板保护尾部加热面 | 1 | 0.7 |
| 4 | 屏式过热器 | 加热饱和蒸汽 | 4 | 1.5 |
| 5 | 顶棚包墙 | 加热饱和蒸汽 | 4 | 1.5 |
| 6 | 高温过热器 | 利用烟气加热蒸汽 | 1 | 1.5 |
| 7 | 水冷风室 | 提供一次风 | 1 | 0.3 |
| 8 | 旋风分离器 | 分离烟气中的固体颗粒 | 2 | 2 |
| 9 | 返料系统 | 将固体颗粒送回炉膛 | 1 | 0.5 |
| 10 | 点火系统 | 点燃燃料 | 1 | 0.1 |
| 11 | 流化风机 | 提供流化风 | 1 | 0.3 |
| 12 | 汽包 | 水、蒸汽分离 | 2 | 3 |

| 序号 | 名称 | 功能 | 数量 | 参考价格 (万元) |
|----|-------|------------|----|-----------|
| 13 | 低温过热器 | 加热蒸汽 | 1 | 1 |
| 14 | 省煤器 | 加热给水 | 1 | 0.7 |
| 15 | 空预器 | 加热一次二次风 | 1 | 0.8 |
| 16 | 减温器 | 降低蒸汽温度 | 3 | 1.2 |
| 17 | 一次风机 | 保持燃料流化状态 | 2 | 0.4 |
| 18 | 二次风机 | 助燃 | 1 | 0.2 |
| 19 | 引风机 | 排烟 | 1 | 0.2 |
| 20 | 布袋除尘器 | 收集烟气中的固体颗粒 | 1 | 0.1 |
| 21 | 控制仪表 | 监测设备运行情况 | 一批 | 10 |
| 22 | 管路及阀门 | | 一批 | 15 |
| | 合计 | | | 52 |

4.2.3 汽机设备

汽轮机为高压、单缸、凝气式，额定功率为 25MW，其设备主要布置在实训室中间位置。汽机侧除汽轮机本体外还包含凝汽器、冷却塔、除氧器、电动给水泵等设备，其设备清单及资金预算见表 1-4。

表 1-4 热能动力实训室汽机设备项目列表

| 序号 | 名称 | 功能 | 数量 | 参考价格 (万元) |
|----|-------|---------------|----|-----------|
| 1 | 整体框架 | 不锈钢框架含二层平台 | 1 | 5 |
| 2 | 汽轮机主体 | 将热能转化为动能 | 1 | 30 |
| 3 | 除氧器 | 不锈钢材质，对给水进行除氧 | 1 | 1 |
| 4 | 凝汽器 | 将蒸汽凝结成水 | 1 | 1 |
| 5 | 凝结水泵 | 将凝结水送至给水系统 | 1 | 0.3 |
| 6 | 真空泵 | 保持真空 | 1 | 0.2 |
| 7 | 冷却塔 | 冷却循环水 | 1 | 1.5 |
| 8 | 给水泵 | 为锅炉提供给水 | 1 | 0.3 |
| 9 | 给水旁路 | 辅助系统 | 1 | 2 |
| 10 | 主蒸汽旁路 | 辅助系统 | 1 | 3 |
| 11 | 循环水泵 | 提供循环水 | 1 | 0.3 |

| 序号 | 名称 | 功能 | 数量 | 参考价格 (万元) |
|----|-------|--------------|----|--------------|
| 12 | 主汽门 | 控制蒸汽否进入汽轮机 | 1 | 0.2 |
| 13 | 主汽调门 | 控制蒸汽进入汽轮机的量 | 1 | 0.2 |
| 14 | 减温减压器 | 将蒸汽的参数进行合理调整 | 1 | 0.4 |
| 15 | 抽汽系统 | 保持凝汽器真空 | 1 | 0.3 |
| 16 | 均压箱 | 均衡压力 | 1 | 0.2 |
| 17 | 盘车 | 带动汽轮机转子低速转动 | 1 | 0.6 |
| 18 | 电气附件 | | 一批 | 10 |
| 19 | 管路及阀门 | | 一批 | 15 |
| | 合计 | | | 71.5 |

4.2.4 实训室的控制系统

实训室的控制主要由自动控制系统仿真模型及 DCS 控制系统完成，控制设备主要布置在实训室的北侧及汽机侧的二层平台。工艺管路以不锈钢为主，工艺设备采用标准或自制设备，仪表选型方面均采用工业场合常用的仪器仪表，如智能压力变送器、智能差压变送器、智能浮筒式液位计、超声波液位计、孔板流量计、电磁流量计、超声波流量计、铂热电阻、热电偶等；执行机构多采用气动调节阀，电动调节阀，手动调节阀，弹簧式安全阀，配置多种种类。此外，控制系统采用现场采用的 DCS 系统，实训室配置若干智能变送器，并将这些仪表组成控制回路应用于生产流程中。控制系统清单及资金预算见表 1-5。

表 1-5 热能动力实训室控制系统项目列表

| 序号 | 名称 | 功能 | 数量 | 参考价格 (万元) |
|----|--------------------------|------------------|----|--------------|
| 1 | 计算机 | 设备的运行操作,显示设备运行状态 | 11 | 5.5 |
| 2 | 25MW 循环流化床凝气机组自动控制系统仿真模型 | 对整套电厂设备进行智能化控制 | 一套 | 20 |

| 序号 | 名称 | 功能 | 数量 | 参考价格 (万元) |
|----|----------|----------------|----|--------------|
| 3 | DCS 控制系统 | 对整套电厂设备进行智能化控制 | 一套 | 30 |
| | 合计 | | | 55.5 |

4.3 建设内容资金预算及工作计划（见表 1-6）

表 1-6 热能动力实训室建设内容资金预算及工作计划表

| 序号 | 建设任务 | 负责人 | 完成期限 | 资金来源 | 预算 (万元) |
|----|------|---------|---------|------|------------|
| 1 | 基础改建 | 武海滨、孙建 | 2017.3 | 中央财政 | 21 |
| 2 | 锅炉设备 | 王荣梅、宋党伟 | 2017.10 | 中央财政 | 52 |
| 3 | 汽机设备 | 王荣梅、张璎珞 | 2017.10 | 中央财政 | 71.5 |
| 4 | 控制系统 | 武海滨、王荣梅 | 2017.11 | 中央财政 | 55.5 |
| | 合计 | | | | 200 |

