

核电站改进项中管道的设计与布置

刘 龙

核工业工程研究设计有限公司, 北京 101300

[摘要]工艺管道系统作为核电站重要组成部分,也在运行过程中具有举足轻重的地位。我国在运行核电站主要采用引进第二代核电,为进一步提高机组的可靠性和运行性能,引进技术的同时在消化吸收的基础上进行自主创新,并不断改进,实现新的历史性跨越。目前,我国已设计出具有完全自主知识产权的三代核电技术分别为“国和一号”“华龙一号”和高温气冷堆等。鉴于此,本篇文章主要对核电站改造项目中管道的设计和布置进行分析研究。

[关键词]核电站;改进项;管道;设计

DOI: 10.33142/ec.v6i7.8892

中图分类号: TU238.2

文献标识码: A

Design and Layout of Pipelines in Nuclear Power Plant Improvement Projects

LIU Long

Nuclear Industry Engineering Research and Design Co., Ltd., Beijing, 101300, China

Abstract: As an important component of nuclear power plants, the process pipeline system also plays a crucial role in the operation process. China mainly adopts the introduction of second-generation nuclear power in the operation of nuclear power plants. In order to further improve the reliability and operational performance of units, while introducing technology, independent innovation is carried out on the basis of digestion and absorption, and continuous improvement is made to achieve new historical breakthroughs. At present, China has designed three generations of nuclear power technologies with fully independent intellectual property rights, including "Guohe No.1", "Hualong No.1", and high-temperature gas-cooled reactors. In view of this, this article mainly analyzes and studies the design and layout of pipelines in nuclear power plant renovation projects.

Keywords: nuclear power plants; improvement items; pipeline; design

1 核电管道安装的特点分析

核电建设项目的工艺管道系统的特点是安装工程量大、系统运行复杂、建造周期长、清洁要求高、工序复杂、施工条件复杂、质量要求高等,因此,它需要更严格的管理要求^[1]。安装过程中,重点是支架安装、管道焊接连接、管道法兰栓接(尤其是与设备的连接)和阀门等在线设备的安装,需要注意的是,与其他工程相比,核电工程中管道支架的安装对整个管道安装具有举足轻重的影响,需要从技术准备、设备准备、人员准备等角度加以严格要求,做好核电管道安装作业管理流程。

2 核电站改进项的原因

就建造核电站项目而言,这一过程中所需改进的主要原因可分为以下几种情况:第一,设备的供货参数调整;第二种情况是设计过程中的缺陷或某些改进措施的改变。

(1) 设备供货问题

设备供货厂家不同所产生的变化是改进项目的一部分原因,可分为设备国产化和国内供货厂家更换。国家核电技术的发展,充分体现在设备的国产化率上,在核电发展初期,电站的设备基本上均为国外进口产品,国产化率极低,这往往受制于人,话语权较低,核电建设期和商业运行期受国外供货影响极大。核电建设发展规划以及伴随

国家工业水平增强,设备逐步实现国产化替代。目前,除个别设备外,基本实现了供货设备国产化。不管是国产化替代还是电站批量化建设后,设备的国内厂家的更换,设备本身质量上均是符合要求的,但因供货单位以及设计的参考电站存在不同,致使设备的某些参数发生较大变化,与设备连接的工艺管道需要相应的改进执行工作。

(2) 设计过程中的问题

①在实际中,外部监督或内部监督确定了修改设计的措施。②已对设计参考工厂进行的技术改进或修改。③在设计过程中,设计核安全标准、业主要求、规格标准或信息交流发生变化,从而使设计投入得到相应改进;④设计安全方面不符合安全审查中提出的设计要求,需要改进;⑤在设计过程中,发现系统、部件或建筑无法满足核电厂建造的功能要求;⑥关于核电站运行过程中发生的问题或故障的数据资料表明,设计过程中存在着需要改进的缺陷或缺陷。

3 核电站改进项中管道的设计与布置原则

改进项中管道设计是综合核电站改进项中管道布置实际进行的一个重要环节,其设计目的是明确核电厂改进项内工艺管道的设计的具体方案,并将所有设备进行准确地定位,通过优化管道设计与施工技术手段,以及力学计

算来检验管道设计是否合理,只有当管道设计在力学的计算下,准确标注出管道上所有支架点的位置,并且在满足力学要求后,结合相对应的数值才能进行改进项工程的具体施工。

由于核电站的特殊性质,在改进项中对管线布局与设计有着严格要求,不仅需要兼顾安全性和可达性,还要同时兼顾经济性。为此,在安全方面,主要包括防辐射、防火、防水、独立、使用中的管道检查等。尤其在铺设管线之前,需要对管线可能经过的部位进行耐火极限、辐射分区、水淹分区等划分。

独立原则的基本内容:需要在改进项目中结合多个系统的相互独立与长期维持等要求中,确保系统组成部分之间既要维持又要相互独立,以及在具有不同安全水平的系统中,确保各个管道线路之间具有相互独立的空间,避免重要的与不重要的安全物品处于相互独立的状态。如在管道布局设计层面上,可以采取空间分隔或物理分隔的原理,以确保管道在具体实施过程中的独立性。

在役检查原则的基本内容:主要是指在核电站改进项中,为保证核电站持续安全运行,对核电站部分管道或部分构件做必要的检验,需要采取在役检查的方式,制定相关的在役检查标准,确保对核电站管线进行合理的布置,保证管线与被检查构件之间进行必要的检查,判断管线与相关的构件对核电厂继续安全运行是否有不利影响等。

可达性原则的基本内容:主要是指为设备、管线和管线支架的安装,检查和维护预留适当的空间,并配备了相关的设备与设施。

针对核电站改进项中管道的设计与布置原则,应当从以下几个方面出发进行分析:

①为避免与专业设备、管线等部分发生冲撞,改进项中的管线流线方向应当避开其他设备及管线,采取管线的3D制图技术手段,确定改进项中的管线布置的方向与具体位置。此外,依据核电站改进项目因其特殊的核安全要求,可以根据管线布设方面的特点与要求进行适当的调整与优化。

②在铺设管道时,应尽可能使新建管线与原有管线并列或并排布置,以减少管道支座的生根。尤其在对管道走向、支架位置、支承方式等进行了初步的设计,对系统管道进行力学计算,以检验其满足的力学性能与要求。如果符合力学要求,则可决定支吊架的安装位置和选型。反之,则需对其进行改进,并在此基础上不断地进行优化,直至达到其所需的力学性能,并最终获得最优的管线与支承结构。

③在设计管道时,应该尽可能地使用标准管件,比如各系统管道上的各类部件(如阀门、流量孔板、管道视镜、软管等)的位置及与工艺管道的接口,而且还需要有管道三维制作图、支吊架组装图、总体三维制作图作为设计输入。

④在管线布局设计上,是根据该系统来具体实现系统的功能。管件间的焊接间距不宜太小,以免引起热应力的叠加。

⑤除非有特别要求,通常阀门安装在水平管路上,阀杆竖直位置朝上;阀门设计需要为提升阀杆和检查拆卸阀等预留作业位置,达到便于布置、运行、保养和检查的作用,有时对阀门运行和保养应该设置必要的钢台。在管道上布置闸门,尤其是带执行系统的大闸门应装设支撑,以防止管道或接头压力过重。

4 管道的设计过程

在核电站改进项中管道的设计与布置过程中,管道施工图设计是非常重要的一个步骤,而管道施工图是施工单位按照图纸进行改进项施工的重要依据,它不但能够使安装公司用于为管线安装前准备和在现场布置管道,也是管线施工完成后对其进行符合性检查的依据。管道的设计过程是以设计流程图、管线清单、管道等级列表、管线布置图为基准,对新增管线进行进一步的细化设计,具体包括管线和各种零件之间的相对规格、方位、高度、规格型号、等级以及连接的方法方式,包括生产和使用条件的信息,并附有所需材料明细表和管道特殊设备一览表。用找出要连接的设备和管道的方法,在确定改进点和管段的起始部位时,与管道具体的布置图相结合,对管道的走向进行初步计算后,再对支吊架的位置和作用进行设计。

通常,管道设计工作一般由这样两部分构成:首先,根据结合实际的需要对项目进行了初步设计。其次,详细工程设计。第一,初步设计工作大致分为以下流程:先按照管线体系的设计特点,确定管线种类、流程图、设置数据和使用情况,再明确管线体系的设置参数。第二,把主要设施的具体处置方法和位置情况整合一下,明确了管线的位置要求,然后再明确使用的基本资料类型和设施数量^[2]。

另外,在管道的设计过程中,进行详细的管道设计主要包含以下几方面的程序。首先,在进行工程设计之前,需要设计单位必须严格地根据有关设计标准,并根据管道的安装方法,同时还必须要注意到初步的设计依据、装置的列表、支架的定位与作用等,如果无法达到设计条件的,需要对设计图进行重新设计,并优化支架的位置,并极力得到满足应力的设计要求,直至其达到设计标准为止^[3]。经过管道应力计算后,可以从中得到支架的负荷和功能等,可以设计支架图,之后展开力学的核对工作,从而确定支架的形式,满足支架的负荷和功能的要求,最终确定材料设备的清单。

在设计过程中,根据上游提供的数据,包括支架标准、管道等级表、设备图纸、流程图、管线清单、土建模板图、设备就位图等,并且结合系统显示的管线清单,可以定义管线的相关参数^[4]。如在改进项中的管道进行设计时,要根据管道的技术参数(如管道管径、介质)来决定支架

之间的最大跨距,以防止管子由于各种载荷所形成过内部应力。在水平管道上的支架要调节好跨距,避免管道形成过大的弯曲应力、剪应力和屈曲挠性;在竖向管线上设置支撑吊架时,也要注意距离,避免管道在不同荷载的联合作用下出现过应力。此外,依据支架生根条件设置管道的支架时,当条件受到限制时,可相应减小或加大间距,以管道系统的力学计算为准。新建的管线在设计中尽量与既有管道成排安装,也可以借用原来支架形成共用支架,减少其生根量;在进行支架设计的同时,对原来的管道做力学分析。所以,在支架设计的过程中,先根据原有的管线支架形式进行分析,并在相应的位置上加入原有管线进行全面考虑,才能对支架进行合理的选择,以及在三维绘制技术支持下确定管道线路。同时,有效结合固化模型,结合其他设计部门对管道模型进行碰撞校核和修正后直接提取施工图,施工图包括支架施工图图纸、管道等轴图等,将在内部进行力学计算后进行,结合所得到的力学数据反馈继续修改施工图,再完成审批手续完成正式文件的生成,然后通过设计单位和工程公司签发,分发到安装公司承包商的施工队进行严格的施工。

5 优化改进项之中的管道布置方案

在方案优化过程中,布置方案的确定对整个核电站的成本控制有直接影响。整个管道系统众多、复杂,再加上管道实际建设过程中有一定程度的偏差,导致新的管道改良与布置方案确定有一定的难度。如果管道改进项目中的布局工作开展遇到阻碍,并在设计层面上存在缺陷或错误,主要原因是核岛内部的空间是封闭的且受限的,对于改进项中的管道布置要求也就更高。

对于在施工阶段增加的项目改进,管道优化需要在设计上进行全面的协调,避免在施工期间因缺乏安装空间而造成的施工进度无法保证;对于在施工阶段增加的项目改进,也需要在设计上进行协调。在核电站改进项中管道的改造阶段中,由于缺乏安装空间而造成的施工困难问题特别尖锐,随着工程的进展,新管道的布局设计越来越困难。在上述情况下,管道的处理计划可以两种方式设计布置方案:

首先是利用优化管道布置方案和三维设计软件的PDMS进行优化,PDMS优化程序是专业设计与数据库平台的进一步整合,可用于详细设计的工厂设计管道,包括电缆桥架、结构设备、暖通、土建结构等各种详细设计的专

业人员,在一个统一的操作平台上,将正式系统的专业人员联系起来,对设计的功能性、用户友好性、复杂性、协同作用、开放性和可访问性都是极为有利的,这种阶段项目的方法,即改进优化调整方案的布置和方案优化,可满足美学、多专业协作设计、工艺和经济等多方面的要求。

其次,管道的设计要结合实际施工中的具体情况,整理现场拟布置管线的资料,要对现场实际情况进行勘察。对于核电工程施工阶段由于施工而产生的误差和累积偏差,这些不能在PDMS三维设计软件上反映出来,将管道平面布置图中存在的问题和难点与整理出的现场数据和资料进行对比,甚至在PDMS三维设计软件上显示出来的问题,并提出改进意见,采取到达施工现场的布局方式。因此作为核电改造项目工程中的设计代表与施工单位,应当依据现场实际情况讨论管道布置的具体方案,由此由双方共同依据设计要求,确定管道布置与改进方案后,及时将需要改进的管道方案如实反馈给设计单位,最后由设计单位重新设计符合施工标准与布置要求的具体实施方案。

6 结语

总之,通过对核电站管道布置方案改进的原因进行分析,同时通过对核电站管道布置方案改进项目实施难点的原因分析,从而提出优化设计核电站管道布置方案,即通过PDMS软件的应用,从现场的实际情况出发,确定了管道布置的方式,并举例说明了两种方法的应用情况,为今后核电站的管道布置设计提供了必要的参考。

[参考文献]

- [1]舒作敏.浅议核电站改进项中管道的设计与布置[J].科技创新与应用,2016(26):199.
- [2]李伟正,王永士.核电站管道支架结构设计及力学分析[J].能源与节能,2022(6):92-95.
- [3]姚蓉,贺梅葵,俞宙.研究核电站改进项中管道的设计与布置[J].中国科技投资,2017(14):204-207.
- [4]张建伟.核电站改进项中管道的设计与布置[J].城市建设理论研究:电子版,2015(19):102.

作者简介:刘龙(1985.9—),男,毕业于邵阳学院:机械类(热能工程)专业,目前就职于核工业工程研究设计有限公司,职务:核工程设计所防城港二期现场设计技术服务副主任(主持工作)兼红沿河现场设计室副主任,职称:管道中级工程师。