

某化工厂管廊设计分析

张 建

江西晶科电力设计有限公司 南京 211100

【摘要】管廊为化工管道的承载结构,本文以管廊扩建设计的控制要点及设计分析,对管廊扩建设计中可能存在的问题进行充分调研,并分析其产生的原因。针对不同的问题,本文提出合理的解决方案或建议,可为管廊设计及改造扩建提供借鉴。

【关键词】管廊设计;改造扩建;加固

前 言

在石油化工工厂内,纵横连接的化工管道担负着输送液体、气体或固体粒料等的任务。化工管道属于化工场区必不可少的设备,而管廊作为这些管道的支撑载体,其重要性不言而喻。

某化工厂扩建丙烯酸酯项目需进行基础设施和公用工程扩建,其 OSBL 管廊上增设管道,原管廊结构形式为下部钢筋混凝土结构、上部钢结构形式,当跨度较大时,上部为钢桁架结构形式,如图 1 所以。结构在原管廊的高度上根据工艺、管道专业提资进行加层设计。



图 1 现场管廊图



图 2 钢柱与主梁连接节点

本文根据新增加层管廊设计过程中存在的常见问题,进行分析,并给出合理的解决方法。

1 管廊设计阶段

初步设计阶段:工艺、管道专业对现有管廊上管道情况进行复核,结合管道图纸、现场情况进行应力计算,给结构提资;结构专业根据结构设计资料,采用 STAADPRO 软件对现场管廊实际情况搭建模型

进行复原,对新增管廊进行计算,并复核原管廊结构能否满足新增加管道的要求,如不满足则需要进行加固,结构还需配合工艺、管道专业对现场管道进行复核,对加层的位置、尺寸进行确认,并做碰撞检查;本工程由于原管廊基础及钢结构均富余量较大,除跨路段管廊需进行贴钢板加固设计外,其它位置均能满足新加层的要求。结构设计成果主要是计算文件以及新增管廊的初步布置图。

施工图设计阶段:结构专业根据管道专业提资,具体明确进行加层的详细设计,本工程因为工期较紧张,设计方提供结构布置图纸,由钢结构安装单位进行节点深化设计,设计文件由设计单位来复核、出版,这种模式可有效提高工作效率,合理整合各方资源。

施工服务阶段:设计配合施工单位就现场问题进行及时跟踪、解决,并根据项目需要基本在 24 小时内回复工作联系单或出具设计变更单。管廊新加层,吊装作业较多,新增管廊钢立柱与原管廊立柱采用剖口焊以外,考虑到施工方便,现场新增牛腿、管道支架与原有钢结构的连接尽量采用角焊缝连接、可尽量避免在原有管廊上进行打孔作业。现场管道错综复杂,本次改造要求不影响正常生产,故当管道模型与现场不符,管道位置与结构重叠时,结构专业面临的修改设计任务艰巨。

2 管廊设计分析

管廊设计前,必须对现有管廊原钢柱尺寸及柱顶标高进行复测,如原钢柱尺寸或标高与原设计图纸不一致时,可通过调整新增钢柱的长短来调整。新增加层的平面、立面布置如图 3 所以。

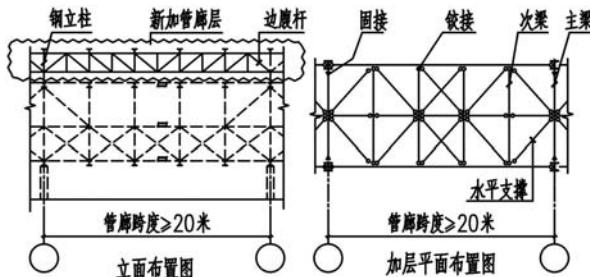


图 3 新加层管廊布置图

加层立柱与原管廊钢柱优先采用剖焊或高强螺栓连接形式,且剖口焊的焊缝质量等级 \geqslant 二级,但由于本工程加层是在工厂预制后运到现场拼装,拼装完毕后吊装。对个别桁架,新增立柱与原钢柱立柱偏差较大,此时可选择在原钢柱柱顶焊接厚板,厚度由计算确定,一般 $\geqslant 20\text{mm}$,连接焊缝的强度 \geqslant 立柱的强度,新、旧钢柱直接通过厚板焊接连接。

夹层的立面设计时,加层桁架建议采用下承式,如图3中的顶部桁架所示。这样处理的好处是,减少桁架边腹杆对钢柱柱顶产生的弯矩,这一点在基础承载力裕量小时尤为重要。桁架腹杆建议采用H型钢,而不是常规的双角钢,因为双角钢不利于锈蚀后重新刷漆、设计时需要增设缀条、施工繁琐,受力性能较H型钢差。

加层的平面设计,主要由主梁、次梁、水平支撑构成。本工程次梁选用HM型钢,次梁需承受垂直荷载及管道滑动水平力,次梁与其两侧主梁铰接。横向主梁承受的平面外水平力较大,主梁选用HW型钢,且横向的主梁两端与立柱一般采用固接的螺栓连接形式,以便能够承受更大的平面内、外弯矩。当主梁端部的剪力较大,抗剪螺栓不容易算过时,也可考虑在主梁下增设牛腿来抗剪,详图2所示。夹层平面有较大的水平力,为了承受这些荷载,一般需在平面上增设水平支撑,根据计算,本工程纵向水平支撑采用H型钢,斜支撑采用角钢。端部水平支撑以前设计一般是直接与钢柱相连来将水平力直接传到钢柱上的,但本工程管道支座一般落在横向主梁上,因此管道传水平力较大,考虑到主梁的整体稳定,端部水平支撑在主梁侧跨中交集作为侧向支撑,有效提高了主梁平面外抗水平力的能力,增强了主梁的整体稳定性。

考虑到很多构件都要在现场拼接,本工程桁架的连接采用高强螺栓承压型连接,安装更方便,本工程要求每一杆件一端的螺栓数量不少于2个,承压型的高强度螺栓的孔径比螺栓公称直径d大 $1.0\text{mm}\sim 1.5\text{mm}$ 。本工程选用剪扭型高强螺栓,该型螺栓使用电动工具,对于该型螺栓,只要梅花头掉落,即可认为不合格,现场安装质量比较好控制。而普通大六角头螺栓则需调节扭矩扳手的扭矩来确认,大六角头螺栓施工起来不方便,很容易漏拧,难以确认螺栓是否已经达到设计要求的预紧力。螺栓采用达克罗防腐,达克罗膜层的厚度仅为 $4\sim 8\mu\text{m}$,但其防锈效果却是传统电镀锌、热镀锌或涂料涂覆法的7~10倍以上。

根据钢结构设计标准的要求,露天结构纵向温度区段的长度为120m,因此管廊每隔120m需要设置温度缝。本工程在桁架上弦杆端部(管道布置在上弦杆所在平面)纵向开2处 $22\text{mm}\times 120\text{mm}$ 的椭圆

孔(螺栓为M20),以考虑温度变化对桁架受力的影响。此时伸缩缝处对应的上、下弦所在的平面上水平支撑应取消,以弱化此处连接,使温度应力在此节点位置更好的释放。

3 支架设计分析

在图3所示的管廊加层上,管道会出现各类弯头,比如π型弯等,有的管道会落在加层平面布置图的范围以外,或者在加的层顶部另外附加支架;此外在老管廊上也可能新加一些独立支架,比如T型支架、门型支架、三角支架、牛腿等。这些支架往往承受着直径较大振动管道传来的荷载,该类管道作用在支架上的垂直荷载、水平荷载也一般都比较大。管廊上支架一般有以下类型:

T型支架:一般支撑较小的管道,立柱落在上弦杆与腹杆交叉的节点上,避免桁架杆件产生次弯矩。当管道荷载较大时,需要设置门型支架,门型支架:可以承受较大的垂直荷载,但承受平面外水平力的能力有限。

三角型支架:一般水平构件焊接在腹杆端部或者桁架立柱与弦杆交接节点位置,斜支撑受拉或者受压,斜支撑与弦杆、腹杆的节点连接。三角撑是常用的支架形式,需要注意的是支架上管道荷载较大,PKPM建模时往往不会考虑悬挑梁的整体,需要单独计算。斜支撑受拉性能明显优于受压工况,斜支撑受压时,为稳定承载力控制。当管道水平力较大,支架支座刚度较弱时,也可考虑多个三角型支架组合使用,此时需增设水平支撑将多个三角支架连接以增加平面内刚度。

钢立柱上增设牛腿,牛腿上再设置钢梁与牛腿铰接的形式用于管道转弯处管廊出平面外的形式,当垂直于钢梁长度方向水平力大,梁端抗扭不好满足要求,此时钢梁上翼缘可以通过角钢与钢柱做连接,参考吊车梁端部抗扭节点处理,以达到满足钢梁抗扭的承载力要求。

4 总结

管廊是各类管道的支承结构。管廊设计以及改扩建设计应以工艺、管道专业的应力计算结果为依据,在不同位置设置满足工艺、管道布置要求的活动管架、固定管架。

管廊的合理设计是化工企业管道设备安全、生产安全的有效保证,管廊虽然结构简单,但计算的工作量还是比较繁琐,前期现场管道复核的工作量也较大。

管廊改扩建设设计、施工过程中往往会遇到各种问题,本文以一些实际管廊改扩建设设计项目为背景,详细分析了一些设计过程中需要注意的问题,并给出了合理的解决方案及建议。

【参考文献】

- [1]曲昭嘉,王瑾,曲圣伟.简明管道支架计算及构造手册.北京:机械工业出版社,2002
- [2]汪一骏,郁银泉,冯东,刘敏.新钢结构设计手册.北京:中国计划出版社,2018
- [3]施设,王立军,余海群等.钢结构设计标准(GB50017—2017).北京:中国建筑工业出版社,2017