

加氢站设备安装精度控制技术研究

曹江

液空厚普氢能装备有限公司 四川成都 610000

摘要: 本研究聚焦于加氢站设备安装精度控制技术,深入探讨了加氢站设备安装精度的重要性、影响因素以及相关控制技术。通过对加氢站各类设备的分析,阐述了安装精度对设备性能、安全运行以及加氢站整体效率的关键作用。详细研究了从施工前的准备到施工过程中的具体控制方法,以及施工后的检测与调整等环节,旨在为提高加氢站设备安装质量提供理论支持和实践指导。

关键词: 加氢站; 设备安装; 精度控制技术

引言

随着全球对清洁能源的需求不断增加,氢能作为一种高效、清洁的能源载体,受到了广泛的关注。加氢站作为氢能产业链中的重要基础设施,其建设和运营对于氢能的推广和应用至关重要。加氢站设备的安装精度直接影响到设备的性能、可靠性和安全性,进而影响加氢站的整体运营效率和经济效益。因此,研究加氢站设备安装精度控制技术具有重要的现实意义。

在加氢站的建设过程中,涉及到多种设备的安装,如氢气压缩机、储氢瓶组、加氢机等。这些设备的安装精度要求极高,任何微小的偏差都可能导致设备运行不稳定、泄漏等安全隐患,甚至影响到加氢站的正常运营。因此,如何有效地控制加氢站设备的安装精度,是当前加氢站建设领域面临的重要问题。

一、加氢站设备安装精度的重要性

1. 对设备性能的影响

加氢站设备的安装精度直接影响到设备的性能。例如,氢气压缩机的安装精度对其压缩效率和使用寿命有着重要影响。如果压缩机的安装存在偏差,可能会导致压缩机的振动加剧、噪音增大,从而降低压缩机的压缩效率,缩短其使用寿命。同样,储氢瓶组的安装精度也会影响到其储存氢气的安全性和稳定性。如果储氢瓶组的安装不水平,可能会导致罐内压力分布不均匀,增加罐体的应力集中,从而影响储氢瓶组的使用寿命和安全性。

2. 对安全运行的影响

加氢站设备的安装精度对其安全运行至关重要。氢气是一种易燃易爆的气体,一旦发生泄漏,可能会引发严重的安全事故。因此,加氢站设备的安装必须保证高

精度,以确保设备的密封性和连接的可靠性。例如,加氢机的安装精度直接影响到其与车辆的连接密封性。如果加氢机的安装存在偏差,可能会导致加氢过程中氢气泄漏,从而引发安全事故。

3. 对加氢站整体效率的影响

加氢站设备的安装精度还会影响到加氢站的整体效率。高精度的设备安装可以确保设备的正常运行,减少设备的故障和维修次数,从而提高加氢站的运营效率。例如,氢气压缩机的安装精度高,可以保证其稳定运行,提高氢气的压缩效率,从而提高加氢站的加氢速度和效率。

二、影响加氢站设备安装精度的因素

1. 设备自身因素

设备自身的制造精度和质量是影响安装精度的重要因素。如果设备的制造精度不高,存在尺寸偏差、形状误差等问题,将直接影响到设备的安装精度。例如,氢气压缩机的气缸内径尺寸偏差过大,可能会导致活塞与气缸之间的配合间隙不均匀,从而影响压缩机的性能和安装精度。

2. 基础施工因素

加氢站设备的基础施工质量对安装精度有着重要影响。基础的平整度、垂直度、强度等指标必须符合设计要求,否则会导致设备安装不平稳,产生偏差。例如,储氢瓶组的基础如果不平整,会使储氢瓶组在安装后处于倾斜状态,影响其稳定性和安全性。

3. 安装工艺因素

安装工艺的合理性和规范性直接影响到设备的安装精度。在安装过程中,如吊装、定位、找正、固定等环节,如果操作不当,可能会导致设备的位置和姿态发生偏差。例如,在吊装氢气压缩机时,如果吊装点选择不

当,可能会使压缩机在吊装过程中发生倾斜,从而影响其安装精度。

4. 环境因素

环境因素也会对加氢站设备的安装精度产生影响。例如,施工现场的温度、湿度、风力等气候条件可能会导致设备和基础材料的热胀冷缩、变形等问题,从而影响安装精度。施工现场的地面沉降、振动等也可能对设备的安装精度造成影响。

三、加氢站设备安装精度控制技术

1. 施工前的准备工作

(1) 设备检验

在设备安装前,必须对设备进行严格的检验。检查设备的外观是否有损伤、变形等问题,核对设备的尺寸、型号是否与设计要求相符。对设备的关键部件进行精度检测,如压缩机的曲轴、活塞等,确保设备的制造精度符合要求。

(2) 基础验收

对设备基础进行全面的验收。检查基础的尺寸、标高、平整度、垂直度等指标是否符合设计要求。使用水平仪、经纬仪等测量工具对基础进行精确测量,确保基础的各项指标误差在允许范围内。

(3) 安装方案制定

根据设备的特点和安装要求,制定详细的安装方案。安装方案应包括安装工艺流程、安装方法、质量控制措施等内容。在制定安装方案时,要充分考虑各种影响安装精度的因素,采取相应的预防措施。

2. 施工过程中的精度控制

(1) 吊装与定位

设备吊装是安装过程中最关键的初始环节,直接决定后续安装的基准精度。首先,需根据设备重量、外形尺寸及现场空间条件,合理选用起重机、吊车或液压提升装置,避免因起重能力不足或操作不当造成设备晃动甚至碰撞。其次,吊点的设置必须严格遵循设备制造商提供的技术文件,优先选择设备本体上的专用吊装接口,严禁随意焊接临时吊耳或在非承重部位施力,以防结构变形。起吊过程中应采用多点同步吊装方式,保持设备重心稳定,防止倾斜或扭转。设备就位前,预先在基础上标定中心线与标高基准点,利用全站仪或激光对中仪进行实时监测,确保设备落位时与预设位置偏差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内。对于氢气压缩机这类高精度动设备,还需在初步定位后使用电子水准仪和高精度倾角传感器复测机体纵横向水平度,必要时通过微调千斤顶进行姿态修

正,确保后续找正工作的顺利开展。

(2) 找正与找平

找正与找平是实现设备几何精度的核心步骤,需分阶段、分层次实施。找正工作以工艺管道轴线和基础中心线为基准,采用激光对中系统,逐段校核设备中心线与设计轴线的重合度,尤其关注压缩机与电机联轴器之间的同心度,其径向与轴向偏差应控制在 0.05mm 以内。对于多段式设备,需采用“由中间向两端延伸”的校正顺序,避免误差累积。找平则需在设备多个测量面上布设检测点,使用高精度框式水平仪或电子水平仪进行交叉测量,确保设备在纵向和横向均达到设计要求的水平状态。测量过程中应避免阳光直射、温差剧烈变化等干扰因素,选择清晨或阴天进行,防止因热胀冷缩导致读数失真。每项调整后均需重新紧固地脚螺栓,并复测数据,确保调整结果稳定可靠。

(3) 连接与固定

连接与固定不仅是机械安装的收尾环节,更是保障长期运行精度的关键。管道对接前必须清理法兰密封面,去除油污、氧化皮等杂质,选用符合介质特性的垫片材料,如氢气系统应采用金属缠绕垫或八角垫,确保密封可靠性。螺栓紧固遵循“对角、分步、逐级”原则,使用力矩扳手按设计预紧力分三次均匀施加,防止法兰偏压导致泄漏或应力变形。设备地脚螺栓的灌浆必须采用无收缩高强度灌浆料,养护期间严禁扰动设备。最终紧固前应再次复核设备水平度与对中状态,确保固定过程中不产生附加位移。所有连接完成后,还需进行一次全面复查,确认无遗漏项,为后续试运行奠定基础。

3. 施工后的检测与调整

(1) 静态检测

设备安装完毕后,静态检测是验证安装质量的第一道关键程序。检测工作应在设备未通电、未加载的静止状态下进行,重点包括设备的三维空间位置、基准面水平度、轴线垂直度以及传动部件的同心度等关键参数。检测应依据设计图纸和技术规范设定允许偏差范围,采用激光水准仪、电子经纬仪、框式水平仪及千分表等高精度仪器逐项测量。对于大型设备,如压缩机、储气瓶组等,还需分段检测基础与设备接触面的贴合情况,防止因局部悬空导致应力集中。所有测量数据应形成书面记录,作为后续动态检测和验收的比对依据。

(2) 动态检测

在完成静态检测并确认合格后,进入设备试运行阶段的动态检测。该环节旨在模拟实际工况,检验设备在

运行状态下的稳定性与协调性。检测内容涵盖运行中的振动幅值、轴承部位温升、异响情况以及各连接节点的紧固状态。尤其在高速旋转设备如氢气压缩机运行时,应利用振动分析仪采集频谱数据,判断是否存在不平衡、不对中或基础松动等问题。对于多机组联动系统,还需检测各设备间的同步性与传动链的平稳性。动态检测周期应不少于连续运行2小时,期间安排专人定时记录关键参数变化趋势,确保异常情况可追溯。

(3) 调整与优化

检测发现偏差后,需立即启动调整程序。若静态数据超标,应优先检查地脚螺栓预紧力是否均匀,垫片配置是否合理,并通过微调顶丝或增减垫片厚度进行修正。对于动态检测中出现的振动异常,应结合静态数据综合分析,判断是安装误差、基础沉降还是装配不当所致。调整过程须遵循“由外及内、由整体到局部”的原则,先校正宏观位置,再处理微观配合。优化措施还包括重新校核联轴器对中、复紧连接螺栓、补充润滑等。所有调整操作完成后,必须重新进行静态与动态复测,确保问题彻底消除,最终实现安装精度与运行性能的双重达标。

四、案例分析

1. 某加氢站氢气压缩机安装精度控制案例

某加氢站在氢气压缩机安装过程中,系统性地实施了多维度精度控制策略。施工前阶段,技术团队不仅对压缩机本体的制造公差、机加工表面粗糙度及关键配合尺寸进行复核,还重点检查了转子动平衡报告与出厂试压记录,确保设备内在质量达标。同时,基础验收环节引入激光扫描仪对混凝土承台进行三维建模,精确评估地脚螺栓预埋位置偏差、基础标高误差及表面平整度,杜绝因基础缺陷导致的安装偏移。

施工过程中,吊装作业采用平衡梁配合多点起吊方式,避免设备受力变形。定位阶段,结合全站仪与数字水准仪进行空间坐标控制,实现压缩机底座纵横向中心线与基准轴线的精准对齐。找正环节分步实施:首先利用框式水平仪进行粗平,再通过高精度电子百分表在主轴两端进行径向与轴向跳动测量,反复微调垫铁高度,确保水平度控制在0.05mm/m以内。垂直度则借助铅垂线与千分尺组合测量,消除视觉误差。在管路对接与电机联轴器安装时,严格执行力矩扳手分阶段紧固工艺,并采用塞尺检测法兰间隙,保障连接密封性与同心度。

安装完成后,静态检测涵盖坐标位置、标高、水平度等多项参数,数据均录入数字化管理平台进行偏差分析。动态测试阶段,在额定工况下连续监测压缩机轴承部位振动速度与壳体温度变化,同时使用声级计测定周边噪

声值。结果显示,振动速度小于2.5mm/s,噪声低于85dB(A),运行状态稳定。该案例表明,安装精度控制需贯穿“预控—过程—验证”全链条,每一环节的技术细化与工艺闭环是保障氢能核心设备高精度安装的关键所在。

2. 案例总结与启示

通过该案例可以看出,加氢站设备安装精度控制需从施工前的准备、施工过程中的控制到施工后的检测与调整等各个环节进行全面管理。严格的设备检验和基础验收是保证安装精度的基础,合理的安装工艺和精确的测量调整是关键。要建立完善的质量控制体系,加强施工过程中的质量监督和管理,确保每一个环节都符合要求。

五、结论与展望

1. 研究结论

本研究通过对加氢站设备安装精度控制技术的深入研究,得出以下结论:加氢站设备安装精度对设备性能、安全运行和加氢站整体效率具有重要影响;影响加氢站设备安装精度的因素包括设备自身因素、基础施工因素、安装工艺因素和环境因素等;通过施工前的准备工作、施工过程中的精度控制和施工后的检测与调整等一系列措施,可以有效地控制加氢站设备的安装精度。

2. 研究展望

随着氢能产业的不断发展,加氢站的建设规模和数量将不断增加。未来,加氢站设备安装精度控制技术需要进一步发展和完善。要加强对新型加氢站设备的研究,掌握其安装特点和精度要求,开发相应的安装精度控制技术。要引入先进的测量技术和自动化控制技术,提高安装精度控制的效率和准确性。要加强对加氢站设备安装精度控制的标准和规范的制定,促进加氢站建设行业的健康发展。

参考文献

- [1] 吴承骏. 电-氢-交通耦合系统的概率最优能量流分析方法研究[D]. 重庆大学, 2023.
- [2] 陈威, 王永恒, 沈欣炜, 等. 计及碳排放流的光储充一体化电站及加氢站协同规划[J]. 电力系统自动化, 2024(3).
- [3] 李兴虎. 氢燃料电池汽车加氢站氢气压缩和冷却能耗研究[J]. 交通节能与环保, 2023, 19(4): 45-50.
- [4] 卫春峰. 考虑低碳排放的并网型风电制氢加氢站优化运行[J]. 电力学报, 2023, 38(5): 405-411.
- [5] 王书征, 单婷婷, 赵洋, 等. 考虑不同制氢方法的高速公路加氢站布局规划[J]. 电力自动化设备, 2024, 44(4): 9-17.