



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109445305 A

(43)申请公布日 2019.03.08

(21)申请号 201811257485.7

(22)申请日 2018.10.26

(71)申请人 中国电子科技集团公司第三十八研究所

地址 230000 安徽省合肥市高新技术开发区香樟大道199号

(72)发明人 田富君 周红桥 陈兴玉 张红旗
魏一雄 陈亮希 郭磊 周金文
张燕龙 苏建军

(74)专利代理机构 合肥吴晟德专利代理事务所
(普通合伙) 34153

代理人 王林

(51)Int.Cl.

G05B 17/02(2006.01)

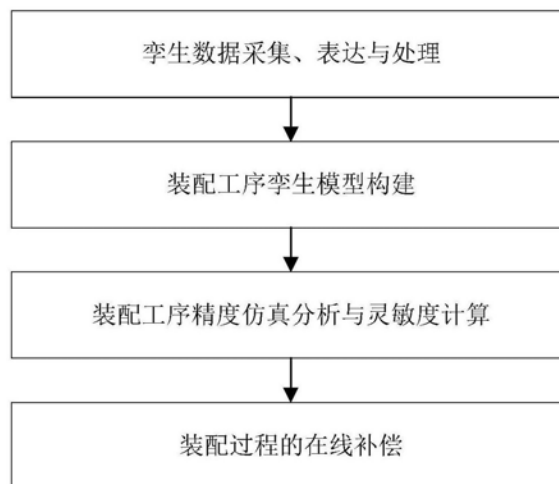
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法与系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法与系统,针对复杂产品装配中的关键工序,对物理装配现场的孪生数据进行采集、处理,并将孪生数据信息进行表达与存储;从三维装配工艺设计系统中获取装配工序模型,并基于孪生数据,对装配工序模型进行重构,生成装配工序孪生模型;将装配工序孪生模型导入商品化装配公差分析软件中进行装配精度仿真与灵敏度计算;依据装配工序精度仿真分析结果,进行装配过程的在线补偿与精准控制。本发明实现了装配现场物理空间和信息空间的深度融合,对于实现复杂产品装配过程的智能闭环控制,提高装配质量和效率有着重要的意义。



1. 一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 孪生数据采集、表达与处理

对关键装配工序物理装配现场的孪生数据进行采集、处理,并将孪生数据信息进行表达存储,使其具备根据孪生数据和孪生模型对实际物理装配过程进行模拟的能力;

(2) 装配工序孪生模型构建

从三维装配工艺设计系统当中获取装配工序模型,并基于孪生数据,对装配工序模型进行重构,生成融合装配现场实际装配情况和实际测量信息的装配工序孪生模型;

(3) 装配工序精度仿真分析与灵敏度计算

将构建的装配工序孪生模型导入到商品化装配公差分析软件中,定义装配工序孪生模型的装配约束,确定仿真分析目标,依据实际装配顺序确定零部件装配顺序,并进行仿真分析,确定仿真目标尺寸的概率分布图,并检查灵敏度数据;

(4) 装配过程的在线补偿

依据装配工序精度仿真分析结果,对装配过程进行控制。

2. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法,其特征在于,所述步骤(1)中,孪生数据包括装配过程信息、关键特征的测量信息、工装信息,孪生数据的表达包括装配过程信息的表达、关键特征的测量信息表达、工装信息表达。

3. 根据权利要求2所述的一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法,其特征在于,所述装配过程信息的表达采用基于关键特征和有向图对物理装配过程进行描述:节点表示关键特征,边表示尺寸、几何公差或装配约束,其中边的起点表示基准特征,终点表示目标特征,虚线表示零件内部或已经完成装配的子装配体内部的尺寸、几何公差或装配约束,实线表示本道装配工序完成后所要实现的尺寸、几何公差或装配约束。

4. 根据权利要求2所述的一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法,其特征在于,所述关键特征为对本道装配工序装配质量有显著影响的零件或零部件的几何特征,或对本道装配工序装配质量有显著影响的定位、装夹的相关基准几何特征。

5. 根据权利要求2所述的一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法,其特征在于,所述关键特征测量信息通过数字化测量设备和分析系统对关键特征进行数据采集,并对测量数据经过噪声点处理、数据整合、数据精简的分析处理后,得到预处理后的实测数据,从而获取关键特征的测量孪生数据,并采用基于模型定义技术,将测量获得尺寸公差、几何公差、表面结构信息定义在装配工序孪生模型中。

6. 根据权利要求2所述的一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法,其特征在于,所述工装信息的表达通过建立工装孪生模型,并将工装的实际几何尺寸信息,定位、装夹精度信息定义在工装孪生模型中。

7. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法,其特征在于,所述步骤(2)中,装配工序模型是由三维装配工艺设计系统产生的,是本道装配工序完成后所形成的在制装配体所对应的三维模型。

8. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法,其特征在于,所述步骤(2)中,装配工序孪生模型是以本道装配工序的在制装配体的物理实体为基础,通过数据采集,将物理空间中的在制装配体模型通过同步虚实映射,利用孪生数据在信息空间中对三维装配工序模型进行重构而形成三维模型。

9. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法,其特征在于,所述步骤(2)中,对装配工序模型的重构包括:

(21) 按照装配车间本道工序零部件的实际装配顺序对装配工序模型结构树零部件节点顺序进行调整,使其能反映装配过程信息;

(22) 对原先用理想尺寸产生的零件几何模型和装配体模型,利用实际的测量孪生数据驱动零件几何模型和装配体模型重新生成;

(23) 加入本道装配工序所采用的工装夹具及其精度信息,即将工装孪生模型加入到装配工序模型中,通过以上处理,构建装配工序孪生模型,实现数字化虚拟环境下三维装配工序孪生模型与现实物理模型的深度融合。

10. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法,其特征在于,所述步骤(3)中,灵敏度计算确定某尺寸或几何公差对目标尺寸或几何公差的影响程度,从而提前掌握本工序装配过程中需要重点协调控制的部位,灵敏度越高,表示该尺寸或几何公差对目标尺寸装配精度影响大,反之影响小。

11. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法,其特征在于,所述步骤(4)中,装配过程进行控制包括提高定位、装夹精度,重点提高灵敏度高的尺寸装配精度,降低灵敏度低的尺寸装配精度,或者通过调整机构进行精度控制等。

12. 一种使用如权利要求1~11任一项所述的基于数字孪生的装配精度仿真分析方法进行仿真的系统,其特征在于,所述系统包括物理装配层、孪生数据感知层、孪生模型层和预测优化层;

所述物理装配层是车间内客观存在的物理实体集合,执行车间的装配生产并向信息空间提供数据;

所述孪生数据感知层通过部署在车间的物联网,利用数字测量设备、PLC、传感器、RFID和其他智能采集设备,将物理装配层的生产数据进行采集、处理和融合,生成孪生数据;

所述孪生模型层是物理装配车间实体的数字化镜像,包括装配工序孪生模型、装配环境孪生模型、装配设备孪生模型、装配工具孪生模型;

所述预测优化层基于孪生数据进行装配精度仿真分析和灵敏度计算,并根据仿真结果进行装配过程的在线补偿和精准控制,实现复杂产品装配过程的智能闭环控制。

13. 根据权利要求12所述的一种基于数字孪生的装配精度仿真分析系统,其特征在于,所述孪生模型层是以物理装配车间实体建模产生的静态模型为基础,通过孪生数据感知层,实时数据采集和监控、动态跟踪物理装配车间装配设备、工装、工具等物理实体的工作状态,将物理空间中的装配车间物理实体通过同步映射在信息空间进行全要素重建形成的虚拟模型集合。

一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法与系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种智能装配精度仿真技术,尤其涉及的是一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法与系统。

背景技术

[0002] 装配是产品研制过程的关键环节,其将零件按规定的技术要求组装起来,并经过调试、检验使之成为合格产品。据统计,在现代制造中装配工作量占整个产品研制工作量的20%~70%,平均为45%,装配时间占整个制造时间的40%~60%。产品的可装配性和装配质量不仅直接影响着产品性能,而且装配通常占用的手工劳动量大、费用高且属于产品生产工作的后端,提高装配生产效率和装配质量具有更加重要的工程意义。随着航空、航天、汽车、船舶、电子装备等大型复杂产品向着智能化、精密化和光机电一体化方向发展,产品零件结构越来越复杂,装配与调整已经成为复杂产品研制过程中的薄弱环节。这些大型复杂产品具有零部件数量种类繁多、结构尺寸变化大且形状不规整、单件小批量生产、装配精度要求高、装配协调过程复杂等特点,其现场装配一般被认为是典型的离散型装配过程,即便是在产品零部件全部合格的情况下,也很难保证产品装配的一次成功率,往往需要经过多次选择试装、修配、调整装配,甚至拆卸、返工才能装配出合格产品。

[0003] 计算机和数字化技术的出现极大地促进了装配技术的快速发展。数字化装配是产品装配技术与计算机技术、网络技术和管理科学的交叉、融合、发展及应用的结果。数字化技术与传统装配技术的结合即数字化装配技术。数字化装配是指利用数字化样机来规划和仿真产品的实际装配过程的技术总称,其主要基于产品数字样机开展产品协调方案设计及其可装配性分析,并对产品的装配工艺过程的装配顺序、装配路径以及装配精度等进行规划、仿真和优化,从而达到有效提高产品装配质量和效率的目的。随着基于模型定义(Model Based Definition, MBD)技术在复杂产品研制过程中的广泛应用,三维模型作为产品全生命周期的唯一数据源,实现了基于三维模型的设计-工艺-制造-装配-检测,使得基于三维模型的装配工艺设计与装配现场应用越来越受到关注与重视。三维装配工艺设计技术利用三维模型,在三维环境下对产品可装配性、可拆卸性、可维修性进行分析、验证和优化,以及对产品的装配工艺过程包括产品的装配顺序、装配路径以及装配精度、装配性能等进行规划、仿真和优化,从而减少复杂产品研制过程中的实物试装次数,提高产品装配质量、效率和可靠性。

[0004] 传统的产品数字化装配仿真方法大多基于理想数模,该模型可在装配工艺设计阶段用于检查装配序列、获取装配路径、装配干涉检测、装配公差分析等环节,虽然在一定程度上减少了装配过程中存在的问题。然而,对于单件小批量生产的武器装备现场装配而言,现阶段的数字化装配仿真仍不能完全满足现场装配发生的修配或调整等实时工艺方案的变化,主要是由于在装配公差分析阶段未考虑来自零件制造误差以及装配过程误差等因素造成的。在复杂产品装配过程中,经常采用修配法或调整法进行现场产品装配作业,如何对装配过程误差累积进行分析,在产品实际装配之前预测产品装配精度,如何根据装配现场

采集的实际装配尺寸实时设计合理可靠的装调方案,是当前虚拟装配和数字化装配的难点之一。当前的虚拟装配或装配仿真技术由于没有考虑零件实际制造精度信息以及实际几何表面的接触约束关系等影响因素,导致现有装配精度预测与优化方法很难运用于实际装配现场。

[0005] 随着新一代信息与通信技术(如物联网、大数据、工业互联网、移动互联等)和软件系统(如信息物理融合系统、无线射频识别、智能装备等)的高速发展,数字孪生技术的出现为实现制造过程中物理世界与信息世界的互联与共融、实现产品全生命周期中多源异构数据的有效融合与管理以及实现产品研制过程中各种活动的优化决策等提供了解决方案。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题在于:当前产品装配过程中虚实映射深度不够,装配现场可装配性预测手段缺失,提供了一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法与系统。

[0007] 本发明是通过以下技术方案解决上述技术问题的,本发明的一种基于数字孪生的装配精度仿真分析方法,包括以下步骤:

[0008] (1) 孪生数据采集、表达与处理

[0009] 对关键装配工序物理装配现场的孪生数据进行采集、处理,并将孪生数据信息进行表达存储,使其具备根据孪生数据和孪生模型对实际物理装配过程进行模拟的能力;

[0010] (2) 装配工序孪生模型构建

[0011] 从三维装配工艺设计系统当中获取装配工序模型,并基于孪生数据,对装配工序模型进行重构,生成融合装配现场实际装配情况和实际测量信息的装配工序孪生模型;

[0012] (3) 装配工序精度仿真分析与灵敏度计算

[0013] 将构建的装配工序孪生模型导入到商品化装配公差分析软件中,定义装配工序孪生模型的装配约束,确定仿真分析目标,依据实际装配顺序确定零部件装配顺序,并进行仿真分析,确定仿真目标尺寸的概率分布图,并检查灵敏度数据;

[0014] (4) 装配过程的在线补偿

[0015] 依据装配工序精度仿真分析结果,对装配过程进行控制。

[0016] 作为本发明的优选方式之一,所述步骤(1)中,孪生数据包括装配过程信息、关键特征的测量信息、工装信息,孪生数据的表达包括装配过程信息的表达、关键特征的测量信息表达、工装信息表达。

[0017] 进一步的,所述装配过程信息的表达采用基于关键特征和有向图对物理装配过程进行描述:节点表示关键特征,边表示尺寸、几何公差或装配约束,其中边的起点表示基准特征,终点表示目标特征,虚线表示零件内部或已经完成装配的子装配体内部的尺寸、几何公差或装配约束,实线表示本道装配工序完成后所要实现的尺寸、几何公差或装配约束。

[0018] 进一步的,所述关键特征为对本道装配工序装配质量有显著影响的零件或零部件的几何特征,或对本道装配工序装配质量有显著影响的定位、装夹的相关基准几何特征。

[0019] 进一步的,所述关键特征测量信息通过数字化测量设备和分析系统对关键特征进行数据采集,并对测量数据经过噪声点处理、数据整合、数据精简等分析处理后,得到预处理后的实测数据,从而获取关键特征的测量孪生数据,并采用基于模型定义技术,将测量获得尺寸公差、几何公差、表面结构信息定义在装配工序孪生模型中。

[0020] 进一步的,所述工装信息的表达通过建立工装孪生模型,并将工装的实际几何尺寸信息,定位、装夹精度信息定义在工装孪生模型中。

[0021] 所述步骤(2)中,装配工序模型是由三维装配工艺设计系统产生的,是本道装配工序完成后所形成的在制装配体所对应的三维模型。

[0022] 所述步骤(2)中装配工序孪生模型是以本道装配工序的在制装配体的物理实体为基础,通过数据采集,将物理空间中的在制装配体模型通过同步虚实映射,利用孪生数据在信息空间中对三维装配工序模型进行重构而形成三维模型。

[0023] 所述步骤(2)中装配工序模型的重构包括:

[0024] (21)按照装配车间本道工序零部件的实际装配顺序对装配工序模型结构树零部件节点顺序进行调整,使其能反映装配过程信息;

[0025] (22)对原先用理想尺寸产生的零件几何模型和装配体模型,利用实际的测量孪生数据驱动零件几何模型和装配体模型重新生成;

[0026] (23)加入本道装配工序所采用的工装夹具及其精度信息,即将工装孪生模型加入到装配工序模型中,通过以上处理,构建装配工序孪生模型,实现数字化虚拟环境下三维装配工序孪生模型与现实物理模型的深度融合。

[0027] 所述步骤(3)中通过灵敏度计算确定某尺寸或几何公差对目标尺寸或几何公差的影响程度,从而提前掌握本工序装配过程中需要重点协调控制的部位,灵敏度越高,表示该尺寸或几何公差对目标尺寸装配精度影响大,反之影响小。

[0028] 所述步骤(4)中,装配过程进行控制包括提高定位、装夹精度,重点提高灵敏度高的尺寸装配精度,降低灵敏度低的尺寸装配精度,或者通过调整机构进行精度控制等。

[0029] 一种使用所述的基于数字孪生的装配精度仿真分析方法进行仿真的系统,所述系统包括物理装配层、孪生数据感知层、孪生模型层和预测优化层;

[0030] 所述物理装配层是车间内客观存在的物理实体集合,执行车间的装配生产并向信息空间提供数据;

[0031] 所述孪生数据感知层通过部署在车间的物联网,利用数字测量设备、PLC、传感器、RFID和其他智能采集设备,将物理装配层的生产数据进行采集、处理和融合,生成孪生数据;

[0032] 所述孪生模型层是物理装配车间实体的数字化镜像,包括装配工序孪生模型、装配环境孪生模型、装配设备孪生模型、装配工具孪生模型;

[0033] 所述预测优化层基于孪生数据进行装配精度仿真分析和灵敏度计算,并根据仿真结果进行装配过程的在线补偿和精准控制,实现复杂产品装配过程的智能闭环控制。

[0034] 所述孪生模型层是以物理装配车间实体建模产生的静态模型为基础,通过孪生数据感知层,实时数据采集和监控、动态跟踪物理装配车间装配设备、工装、工具等物理实体的工作状态,将物理空间中的装配车间物理实体通过同步映射在信息空间进行全要素重建形成的虚拟模型集合。

[0035] 基于数字孪生的装配精度仿真通过建立三维装配孪生工序模型,引入了装配现场实际装配情况和实际测量信息,可基于孪生数据和孪生模型实时高保真地模拟物理装配现场及装配过程,能实现装配精度预测,并根据实际装配精度仿真结果,实时准确地给出修配建议和优化的装配方法,为实现复杂产品科学装配和装配质量预测提供了有效途径,对于

实现复杂产品装配过程的智能闭环控制,提高装配质量和效率有着重要的意义。

[0036] 本发明相比现有技术具有以下优点:装配过程仿真由虚拟装配仿真向虚实结合的装配仿真转变,模型数据由理论设计模型向实测模型数据转变,装配过程由以数字化指导物理装配过程向物理、虚拟装配共同进化转变。

附图说明

- [0037] 图1是本发明的方法流程图;
- [0038] 图2是本发明基于关键特征和有向图的装配过程表达示意图;
- [0039] 图3是实施例中的装配体模型示意图;
- [0040] 图4是实施例中基于关键特征和有向图的装配过程表达示意图;
- [0041] 图5是实施例中平面度关键特征测量示意图;
- [0042] 图6是实施例中目标尺寸的装配精度仿真分析结果示意图;
- [0043] 图7是实施例中灵敏度计算示意图;
- [0044] 图8是实施例中阵面精度调整机构示意图;
- [0045] 图9是实施例中阵面精度调整机构过渡支座示意图;
- [0046] 图10是本发明系统的结构框图。

具体实施方式

[0047] 下面对本发明的实施例作详细说明,本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0048] 如图1~9所示,本实施例包括以下步骤:

[0049] (1) 孪生数据采集、表达与处理

[0050] 对关键装配工序物理装配现场的孪生数据进行采集、处理,并将孪生数据信息进行表达存储,使其能够具备根据孪生数据和孪生模型对实际物理装配过程进行模拟的能力。其中孪生数据包括配过程信息、关键特征的测量信息、工装信息。

[0051] 装配过程的表达采用基于关键特征和有向图对物理装配过程进行描述,如图2所示。节点表示关键特征,边表示尺寸、几何公差或装配约束,其中边的起点表示基准特征,终点表示目标特征,虚线表示零件内部或已经完成装配的子装配体内部的尺寸、几何公差或装配约束,实线表示本道装配工序完成后所要实现的尺寸、几何公差或装配约束。以图3一个装配机构为例,该装配体由基座1和操作臂2经轴孔装配和端面贴合装配而成,机械臂末端的位姿控制要求极高,为本案例的功能要求FR。根据零部件特征、几何公差和装配约束,可建立如图4所示的装配过程模型。例如,FE4为基座1安装轴端面与轴线的垂直度公差0.01,为零件内部的约束关系,而FE2为操作臂2与基座1之间的轴孔配合约束。

[0052] 关键特征为对本道装配工序装配质量有显著影响的零件或零部件的几何特征,或对本道装配工序装配质量有显著影响的定位、装夹的相关基准几何特征。关键特征测量信息通过数字化测量设备和分析系统对关键特征进行数据采集,并对测量数据经过噪声点处理、数据整合、数据精简等分析处理后,得到预处理后的实测数据,从而获取关键特征的测量孪生数据,并采用基于模型定义技术,将测量获得尺寸公差、几何公差、表面结构信息定

义在装配工序孪生模型中。

[0053] 如图5所示为某天线阵面平面度关键特征摄影测量。首先,在每个天线罩3中心部位先安装标靶4,然后用摄影测量法对整个天线阵面进行测量,通过各个测量点的坐标,拟合得到一个平面,以此平面作为基准平面,计算每个测量点到该平面的距离,最高点与最低点到平面距离之和,即为该平面的平面度。

[0054] 工装信息的表达通过建立工装孪生模型,并将工装的实际几何尺寸信息,定位、装夹精度信息定义在工装孪生模型中。

[0055] (2) 装配工序孪生模型构建

[0056] 从三维装配工艺设计系统当中获取装配工序模型,并基于孪生数据,对装配工序模型进行重构,生成能够融合装配现场实际装配情况和实际测量信息的装配工序孪生模型,实现装配过程物理空间和信息空间的深度融合。本实施例装配工序模型是由三维装配工艺设计系统产生并传递给基于数字孪生的装配精度仿真分析系统,是本道装配工序完成后所形成的在制装配体所对应的三维模型,它能够反映装配过程和装配顺序。装配工序孪生模型是以本道装配工序的在制装配体物理实体为基础,通过实时数据采集,将物理空间中的在制装配体模型通过同步虚实映射,利用孪生数据在信息空间中对三维装配工序模型进行重构而形成三维模型。

[0057] 装配工序模型的重构包括:(21)按照装配车间本道工序零部件的实际装配顺序对装配工序模型结构树零部件节点顺序进行调整,使其能反映装配过程信息;(22)对原先用理想尺寸产生的零件几何模型和装配体模型,利用实际的测量孪生数据驱动零件几何模型和装配体模型重新生成;(23)加入本道装配工序所采用的工装夹具及其精度信息,即将工装孪生模型加入到装配工序模型中。通过以上处理,构建装配工序孪生模型,实现数字化虚拟环境下三维装配工序孪生模型与现实物理模型的深度融合。

[0058] (3) 装配工序精度仿真分析与灵敏度计算

[0059] 将构建的装配工序孪生模型导入到商品化装配公差分析软件中,如TeamCenter Visualization mockup尺寸公差分析软件或CETOL公差分析软件,定义装配工序孪生模型的装配约束,确定仿真分析目标,依据工艺设计结果确定零部件装配顺序,并进行仿真分析,确定仿真目标尺寸的概率分布图,如图6所示,假设目标尺寸在检验时满足 3σ 的质量要求,则目标尺寸装配的合格率为99.73%。然后计算灵敏度,灵敏度是指某尺寸或几何公差对目标尺寸或几何公差的影响程度,灵敏度越高,表示该尺寸或几何公差对目标装配精度影响大,反之影响小。如图7所示为灵敏度计算结果,第1个尺寸特征对目标尺寸的影响最大,达到61.68%。因此,在装配过程中,应重点控制该尺寸特征的装配精度,并放宽其他对目标尺寸影响较小的尺寸的装配精度。

[0060] (4) 装配过程的在线补偿

[0061] 依据装配工序精度仿真分析结果,对装配过程进行控制,包括提高定位、装夹精度,重点提高灵敏度高的尺寸装配精度,降低灵敏度低的尺寸装配精度,或者通过调整机构进行精度控制等措施,从而优化装配过程,提高装配质量。如图8所示为某雷达阵面在线精度调整机构5示意图。调整机构5的上部为阵面基本模块6,下部为天线骨架7,调整机构5的过渡支座按从骨架到阵面基本模块的顺序分为下座51、上座52和法向调整机构53三层,如图9所示。其中法向调整机构53为一螺旋机构,仅调整法向高度,上支座仅调整X向间距,而

下支座则不仅调整Y向间距,还要对横滚角、倾角和方位角进行调整。

[0062] 如图10所示,本实施例的基于数字孪生的装配精度仿真系统,包括物理装配层、孪生数据感知层、孪生模型层和预测与优化层:

[0063] 物理装配层对于复杂产品装配活动而言,物理装配层主要是指装配车间客观存在的物理实体集合,如装配设备、装配工装、测量设备、在制装配体等,它负责执行车间的装配生产活动,并提供物理空间的数据,如设备数据、人员信息、环境数据等。

[0064] 孪生数据感知层实现物理层装配生产数据的采集、处理和融合,通过部署在装配车间的制造物联网,利用数字测量设备、PLC、传感器、RFID、激光跟踪仪、摄影测量和其他智能采集设备,也包括全站仪、三坐标测量及其他测量方法,对装配生产过程中的关键特征进行数据采集,并对获取到的数据进行预处理和数据融合,为装配精度的分析与预测提供数据支撑。

[0065] 孪生模型层是物理装配实体的数字化镜像,包括装配工序孪生模型、装配环境孪生模型、装配设备孪生模型、装配工具孪生模型。孪生模型层是以物理装配车间实体建模产生的静态模型为基础,通过孪生数据感知层,实时数据采集和监控、动态跟踪物理装配车间装配设备、工装、工具等物理实体的工作状态,将物理空间中的装配车间物理实体通过同步映射在信息空间进行全要素重建形成的虚拟模型集合。

[0066] 预测优化层是基于数字孪生的装配精度仿真分析的核心,基于孪生数据进行装配精度仿真分析和灵敏度计算,并根据仿真结果进行装配过程的在线补偿和精准控制,包括提高定位、装夹精度,重点提高灵敏度高的尺寸装配精度,降低灵敏度低的尺寸装配精度等措施,从而实现复杂产品装配过程的智能闭环控制。

[0067] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

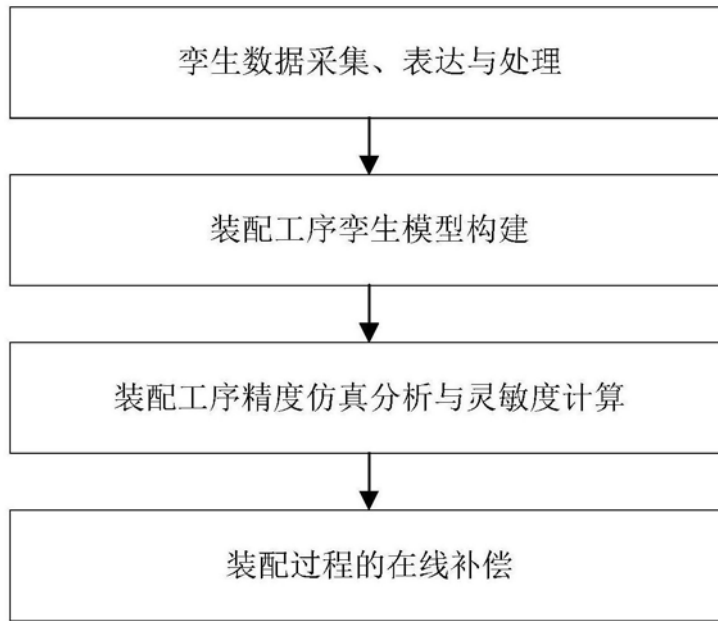


图1

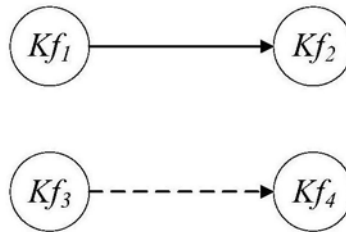


图2

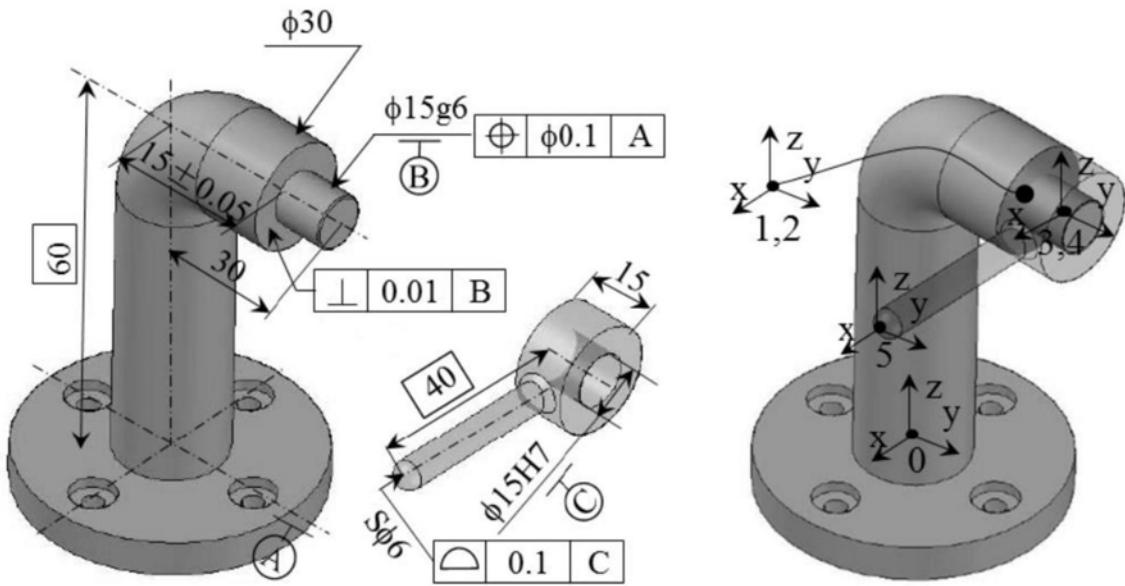


图3

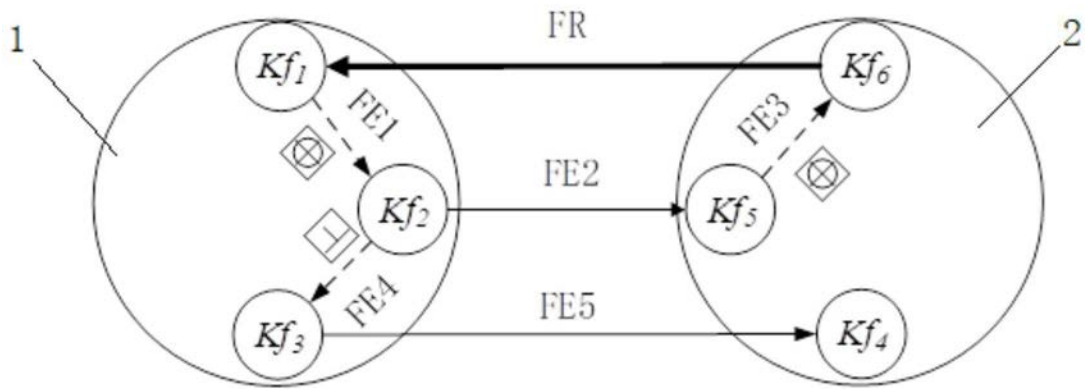


图4

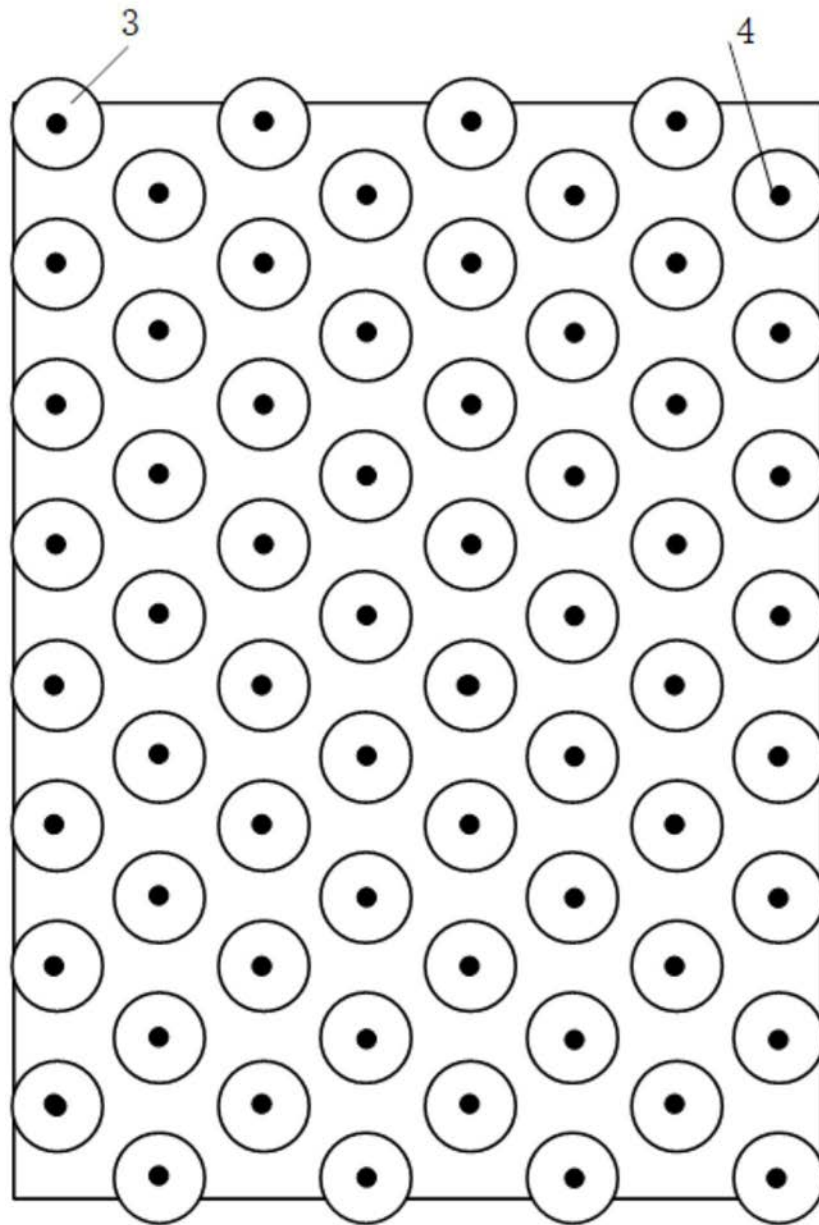


图5

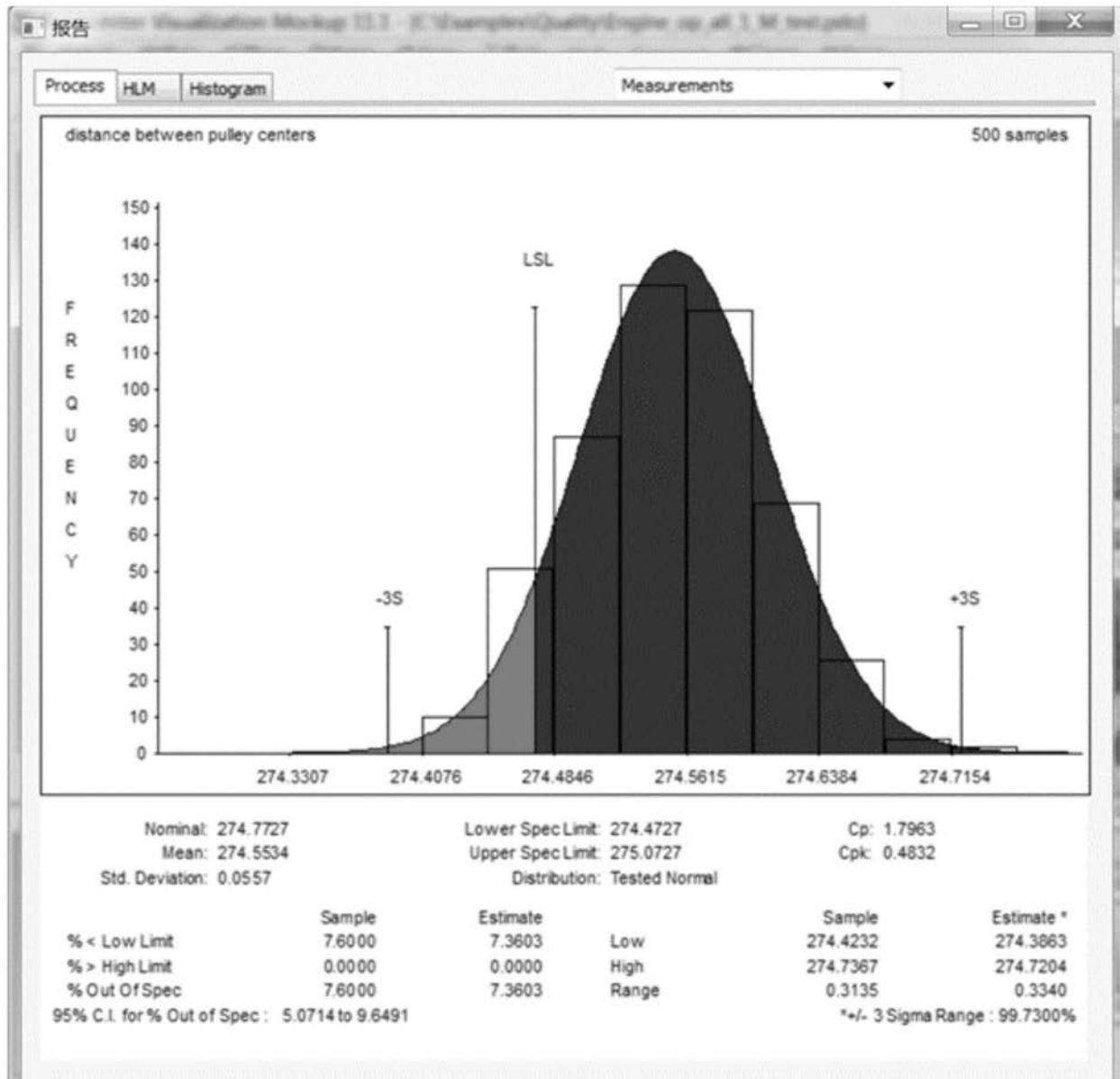


图6

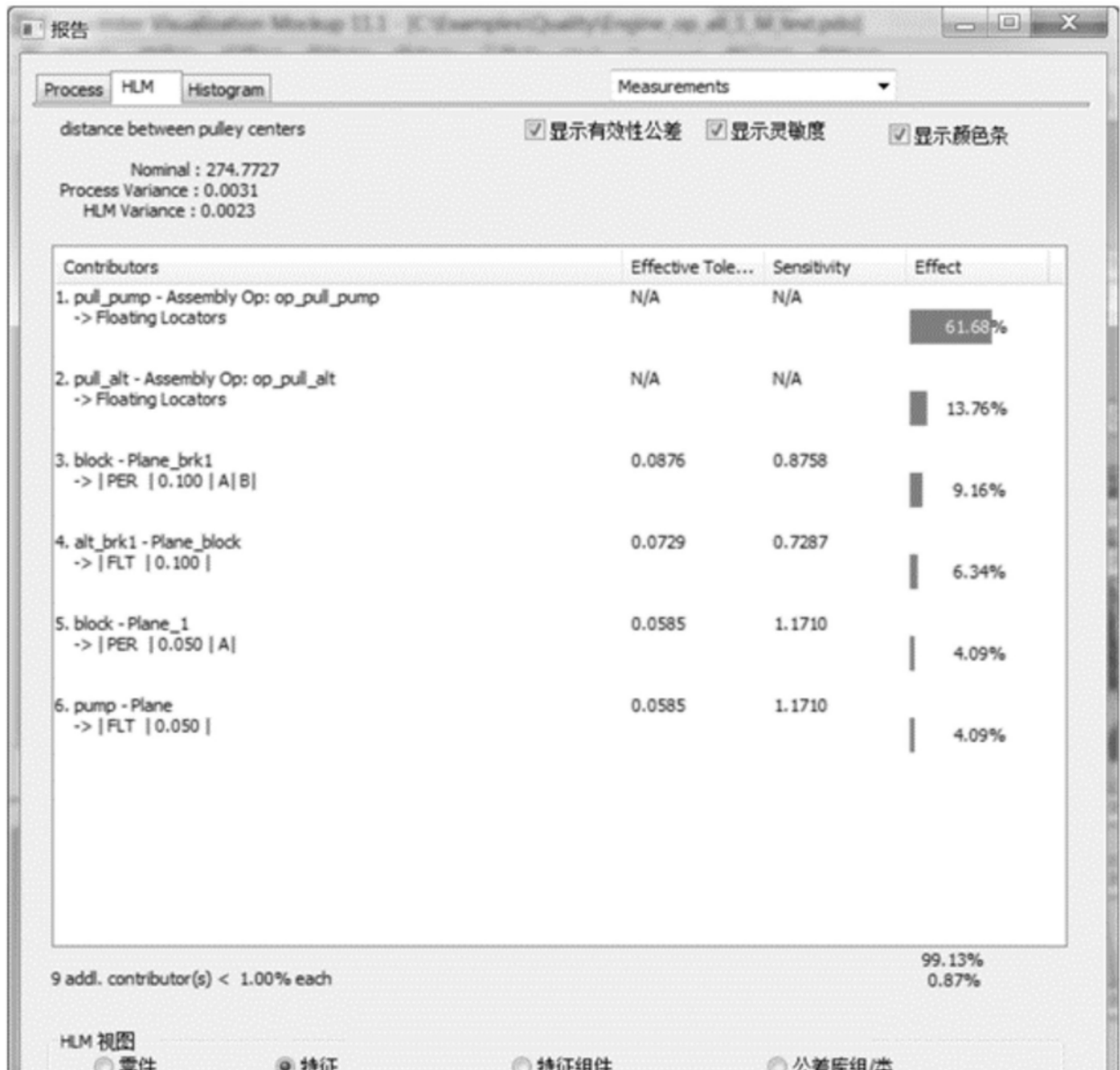


图7

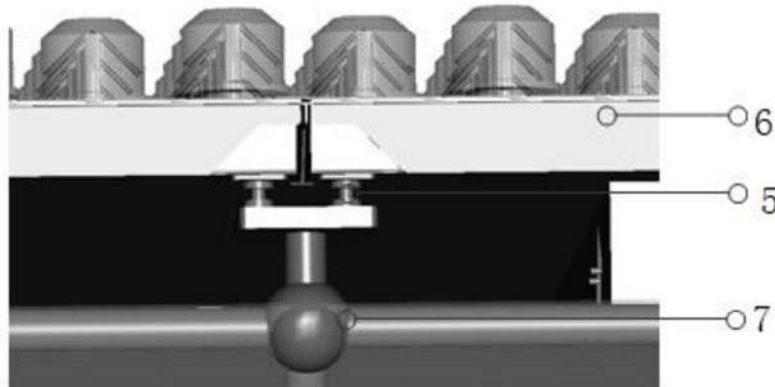


图8

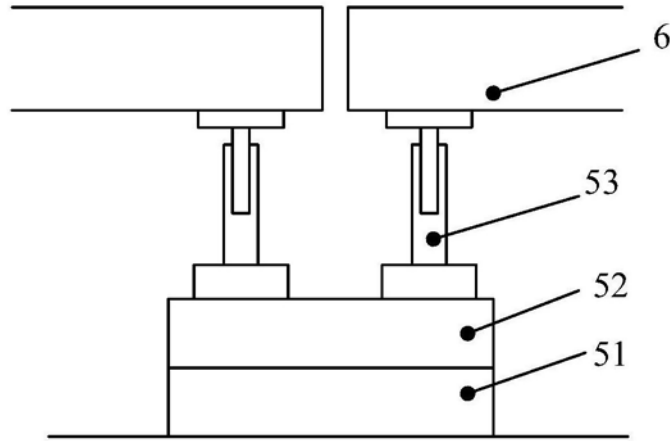


图9

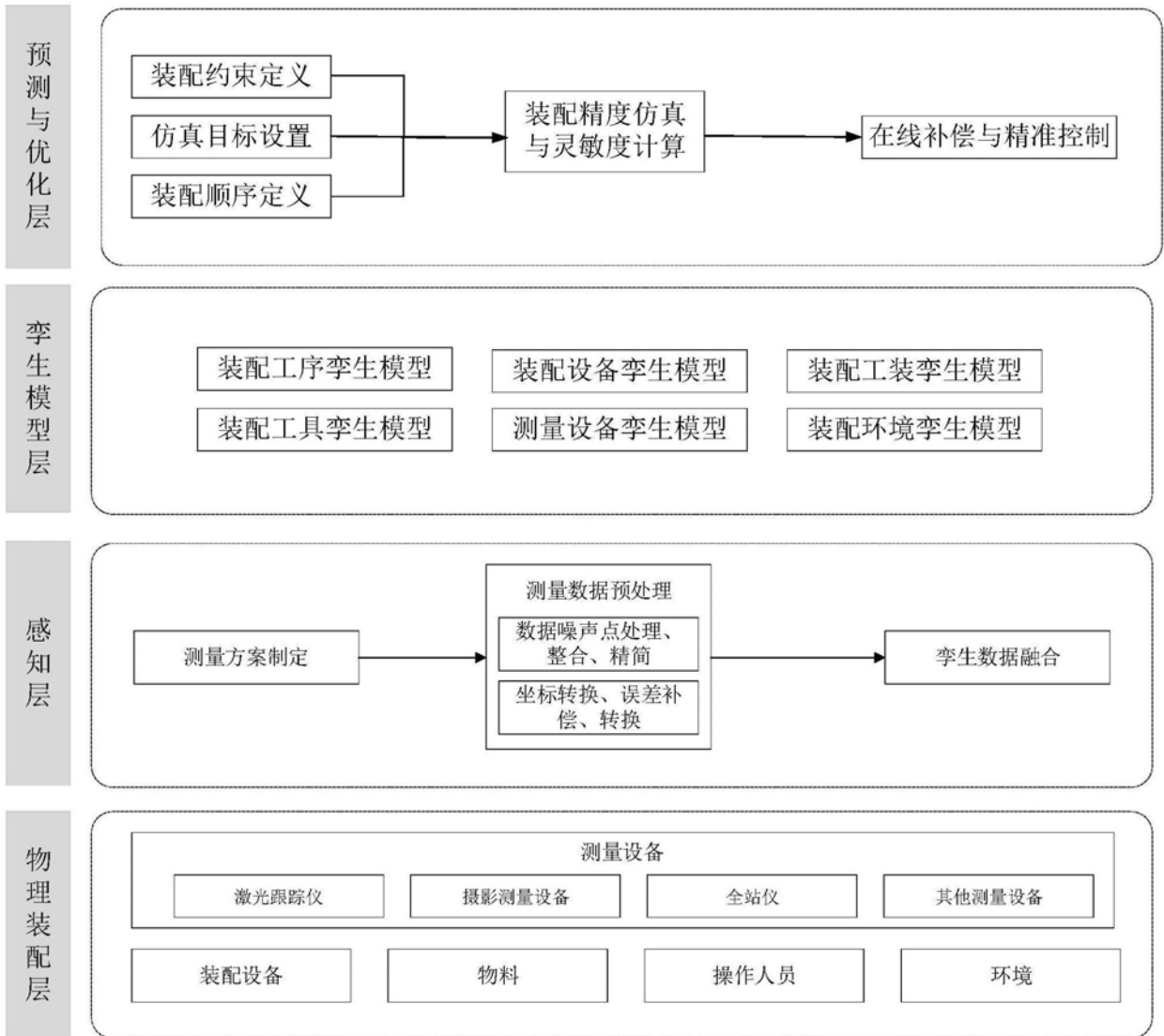


图10