



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117348546 B

(45) 授权公告日 2025.01.24

(21) 申请号 202311324206.5

(22) 申请日 2023.10.12

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 117348546 A

(43) 申请公布日 2024.01.05

(73) 专利权人 成都飞机工业(集团)有限责任公司

地址 610031 四川省成都市青羊区黄田坝
纬一路88号

(72) 发明人 章绍昆 黄明聪 姜振喜 张桂
沈昕 李博 游莉萍 黄思思

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限
公司 44202

专利代理师 杨子亮

(51) Int.Cl.

G05B 19/418 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1214778 A, 1999.04.21

CN 102866672 A, 2013.01.09

CN 104021242 A, 2014.09.03

审查员 王会丽

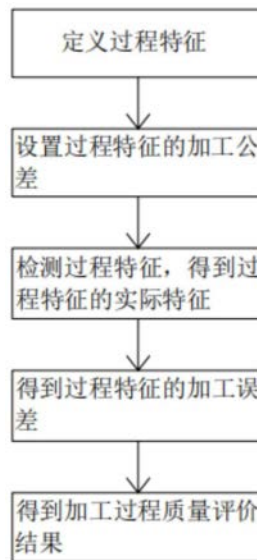
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种柔性生产线过程质量评价方法

(57) 摘要

本申请公开了一种柔性生产线过程质量评价方法,包括:获取待加工零件的数字模型及其加工质量要求;根据获取待加工零件的数字模型及其加工质量要求,得到待加工零件的加工特征以及待加工零件的加工公差;根据待加工零件的加工特征以及待加工零件的加工公差,将加工特征在完成某道工序后的加工余量定义为过程特征,得到过程特征的理论特征以及过程特征的加工公差;检测过程特征的实际特征,并根据过程特征的理论特征与过程特征的实际特征,得到过程特征的加工误差;将过程特征的加工误差与过程特征的加工公差进行对比,得到加工过程质量评价结果。可有效评价当前工序的加工质量,在数据积累到一定程度后可体现加工过程质量的演变规律。



1. 一种柔性生产线过程质量评价方法,其特征在于,包括:
 - 获取待加工零件的数字模型及其加工质量要求;
 - 根据所述待加工零件的数字模型及其加工质量要求,得到待加工零件的加工特征以及待加工零件的加工公差;
 - 根据所述待加工零件的加工特征以及待加工零件的加工公差,将所述加工特征在完成某道工序后的加工余量定义为过程特征,得到过程特征的理论特征以及过程特征的加工公差;
 - 检测所述过程特征的实际特征,并根据所述过程特征的理论特征与所述过程特征的实际特征,得到所述过程特征的加工误差;
 - 将所述过程特征的加工误差与所述过程特征的加工公差进行对比,得到加工过程质量评价结果;
 - 关联所述过程特征与相应加工设备的加工能力,得到加工能力评价特征;其中,所述加工能力评价特征包括:数控机床的X方向加工能力评价特征、Y方向加工能力评价特征和Z方向加工能力评价特征;
 - 设置所述加工能力评价特征的理论特征以及所述加工能力评价特征的加工公差;
 - 根据所述过程特征的实际特征与所述过程特征与相应加工设备的加工能力,得到所述加工能力评价特征的实际特征;
 - 根据所述加工能力评价特征的实际特征与所述加工能力评价特征的理论特征,得到加工能力评价特征的加工误差;
 - 将所述加工能力评价特征的加工误差和所述加工能力评价特征的加工公差进行对比,得到加工能力评价结果。
2. 如权利要求1所述柔性生产线过程质量评价方法,其特征在于,
 - 所述数控机床的X方向加工能力评价特征包括:所述过程特征中沿Y方向分布的筋条特征的筋位,和/或,筋宽;
 - 所述数控机床的Y方向加工能力评价特征包括:所述过程特征中沿X方向分布的筋条特征的筋位,和/或,筋宽;
 - 所述数控机床的Z方向加工能力评价特征包括:所述过程特征中沿XY平面分布的腹板特征的壁厚。
3. 如权利要求2所述柔性生产线过程质量评价方法,其特征在于,所述数控机床的X方向加工能力评价特征还包括:
 - 所述过程特征中沿XY平面分布的孔特征的孔位。
4. 如权利要求2所述柔性生产线过程质量评价方法,其特征在于,所述数控机床的Y方向加工能力评价特征还包括:
 - 所述过程特征中沿XY平面分布的孔特征的孔位。
5. 如权利要求2所述柔性生产线过程质量评价方法,其特征在于,所述数控机床的Z方向加工能力评价特征还包括:
 - 所述过程特征中沿XY平面分布的筋条特征的筋顶高;
 - 所述过程特征中沿XY平面分布的凸台特征的凸台平面位置。
6. 如权利要求1所述柔性生产线过程质量评价方法,其特征在于,设置所述加工能力评

价特征的加工公差,包括:

对当前工序对应的所述过程特征的加工公差缩放后,获得加工能力评价特征的加工公差。

7.如权利要求6所述柔性生产线过程质量评价方法,其特征在于,设置所述加工能力评价特征的加工公差,还包括:

对下一道工序对应的过程特征的加工公差缩放后,获得加工能力评价特征的加工公差。

8.如权利要求1所述柔性生产线过程质量评价方法,其特征在于,设置所述加工能力评价特征的加工公差,包括:

对精加工工序对应的过程特征的加工公差缩放后,获得加工能力评价特征的加工公差。

一种柔性生产线过程质量评价方法

技术领域

[0001] 本申请涉及自动化领域,尤其涉及一种柔性生产线过程质量评价方法。

背景技术

[0002] 柔性生产线自动化程度高、生产节奏快,加工质量受设备、夹具、刀具和加工工艺等多重因素耦合影响,无法直接建立成品质量与工艺系统各影响因素的准确关联关系。传统基于结果检验的质控模式,难以反映加工过程中产品质量的演变规律,当发现零件成品出现质量异常时,往往已经产生批次性质量问题,质量代价极高。如,设备在进行零件加工时往往需要大量的加工工序,假设需要10个加工工序,当我们基于结果(即完成全部10个加工工序后)进行检验时发现不合格零件,则该设备上已经开始这10个工序的所有待加工零件均存在不合格风险,并且零件不合格的具体工序难以溯源,导致需要整个设备需要检修及整改,需耗费大量时间及资源。如何准确描述加工过程质量及其演变规律,对于实现柔性生产线质量管控至关重要。

发明内容

[0003] 本申请的主要目的在于提供一种柔性生产线过程质量评价方法,旨在解决加工过程质量评价的技术问题,具体技术方案如下:

[0004] 一种柔性生产线过程质量评价方法,包括:获取待加工零件的数字模型及其加工质量要求;根据获取待加工零件的数字模型及其加工质量要求,得到待加工零件的加工特征以及待加工零件的加工公差;根据待加工零件的加工特征以及待加工零件的加工公差,将加工特征在完成某道工序后的加工余量定义为过程特征,得到过程特征的理论特征以及过程特征的加工公差;检测过程特征的实际特征,并根据过程特征的理论特征与过程特征的实际特征,得到过程特征的加工误差;将过程特征的加工误差与过程特征的加工公差进行对比,得到加工过程质量评价结果。

[0005] 可选地,根据待加工零件的加工特征以及待加工零件的加工公差,将加工特征在完成某道工序后的加工余量定义为过程特征的步骤之后,还包括:关联过程特征与相应加工设备的加工能力,得到加工能力评价特征;设置加工能力评价特征的理论特征以及加工能力评价特征的加工公差;根据过程特征的实际特征与过程特征与相应加工设备的加工能力,得到加工能力评价特征的实际特征;根据加工能力评价特征的实际特征与加工能力评价特征的理论特征,得到加工能力评价特征的加工误差;将加工能力评价特征的加工误差和加工能力评价特征的加工公差进行对比,得到加工能力评价结果。

[0006] 可选地,加工能力评价特征包括:数控机床的X方向加工能力评价特征、Y方向加工能力评价特征和Z方向加工能力评价特征。

[0007] 可选地,数控机床的X方向加工能力评价特征包括:过程特征中沿Y方向分布的筋条特征的筋位,和/或,筋宽;数控机床的Y方向加工能力评价特征包括:过程特征中沿X方向分布的筋条特征的筋位,和/或,筋宽;数控机床的Z方向加工能力评价特征包括:过程特征

中沿XY平面分布的腹板特征的壁厚。

[0008] 可选地,数控机床的X方向加工能力评价特征还包括:过程特征中沿XY平面分布的孔特征的孔位。

[0009] 可选地,数控机床的Y方向加工能力评价特征还包括:过程特征中沿XY平面分布的孔特征的孔位。

[0010] 可选地,数控机床的Z方向加工能力评价特征还包括:过程特征中沿XY平面分布的筋条特征的筋顶高;过程特征中沿XY平面分布的凸台特征的凸台平面位置。

[0011] 可选地,设置加工能力评价特征的加工公差,包括:对当前工序对应的过程特征的加工公差缩放后,获得加工能力评价特征的加工公差。

[0012] 可选地,设置加工能力评价特征的加工公差,还包括:对下一道工序对应的过程特征的加工公差缩放后,获得加工能力评价特征的加工公差。

[0013] 可选地,设置加工能力评价特征的加工公差,包括:对精加工工序对应的过程特征的加工公差缩放后,获得加工能力评价特征的加工公差。

[0014] 本申请所能实现的有益效果为:通过计算某个加工特征在完成某道工序后的加工余量,定义过程特征,以此得到过程特征的理论特征,并根据实际生产需要设置该过程特征的加工公差。设置该过程特征的理论特征并检测该过程特征的实际特征,以此得到该过程特征的加工误差。将该过程特征的加工误差和将该过程特征的加工公差进行对比后得到加工过程质量评价结果,可有效评价当前工序的加工质量,实时监控加工过程质量评价结果可在第一时间发现有可能导致零件不合格的加工工序,可及时暂停设备运行,并且可针对该工序进行单独的检修,在降低不合格产品数量的同时节省设备检修的时间和资源。在数据积累到一定程度后可体现加工过程质量的演变规律,可为柔性生产线的质量管控提供丰富可靠的评价数据,对提高质量管控能力奠定了坚实的基础,比如:可以判断每个工序在进行检修后能保持多长时间不出问题,在设备整体保养后对各工序的积极影响,以此来制定设备以及各工序的保养或检修周期。

附图说明

[0015] 图1为本申请所公开的一种柔性生产线过程质量评价方法中,得到加工过程质量评价结果的流程示意图。

[0016] 图2为本申请所公开的一种柔性生产线过程质量评价方法中,得到加工能力评价结果的流程示意图。

[0017] 图3为本申请所公开的一种柔性生产线过程质量评价方法中,在实际应用中具体应用过程的流程示意图。

具体实施方式

[0018] 应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本申请,并不用于限定本申请。

[0019] 参照图1,本申请的第一实施例提供了一种柔性生产线过程质量评价方法,包括:

[0020] 步骤1,获取待加工零件的数字模型及其加工质量要求。具体的,在对零件进行加工前,将待加工零件的数字模型及其加工质量要求以可视化的图形、公式,和/或,文字的形式进行表达。比如,在进行整流罩部件加工时,将整流罩部件的数字模型和加工精度要求等

进行表达。

[0021] 步骤2,根据步骤1设计加工工艺方案,得到加工特征以及相应加工公差要求。具体的,根据待加工零件的数字模型及其加工质量要求进行加工工艺的设计,将整个加工过程拆解为加工特征的集合,即,要将待加工零件加工完成,需要先将其加工为第一加工特征,然后在第一加工特征的基础上将其加工为第二加工特征,然后在第二加工特征的基础上将其加工为第三加工特征,反复如此至代加工零件加工完成。根据代加工零件的加工质量要求对加工特征设置加工公差的要求,以满足最终加工完成的零件符合质量要求。

[0022] 步骤3,根据步骤2将某个加工特征在完成某道工序后的加工余量定义为过程特征,得到过程特征的理论特征以及相应加工公差要求。具体的,每个加工特征均需要进行多道工序的加工才能完成,每完成一道工序均存在一个加工余量,将每道工序完成后的加工余量定义为过程特征。被定义后的过程特征即为理论上的过程特征,再根据加工特征的加工公差要求来设置过程特征的加工公差要求。

[0023] 步骤4,在步骤3的基础上检测过程特征的相应实际特征,计算过程特征的理论特征与过程特征的实际特征,得到过程特征的加工误差。具体的,可采用在机测量等检测方法对过程特征进行检测,得到过程特征的实际特征。将过程特征的实际特征与过程特征的理论特征一一对应后进行误差计算,最终得到过程特征的加工误差。

[0024] 步骤5,将步骤4中的过程特征的加工误差与步骤3中的过程特征的加工公差进行对比,得到过程质量评价结果。具体的,在取得过程特征的加工误差后,将其与设置的过程特征加工公差进行对比计算,即可对当前工序的过程质量进行评价,当多个零件以及多个工序的过程质量评价汇总后,即可得到加工过程质量的演变规律。

[0025] 通过计算某个加工特征在完成某道工序后的加工余量,定义过程特征,以此得到过程特征的理论特征,并根据实际生产需要设置该过程特征的加工公差。设置该过程特征的理论特征并检测该过程特征的实际特征,以此得到该过程特征的加工误差。将该过程特征的加工误差和将该过程特征的加工公差进行对比后得到加工过程质量评价结果,可有效评价当前工序的加工质量,实时监控加工过程质量评价结果可在第一时间发现有可能会导致零件不合格的加工工序,可及时暂停设备运行,并且可针对该工序进行单独的检修,在降低不合格产品数量的同时节省设备检修的时间和资源。在数据积累到一定程度后可体现加工过程质量的演变规律,可为柔性生产线的质量管控提供丰富可靠的评价数据,对提高质量管控能力奠定了坚实的基础,比如:可以判断每个工序在进行检修后能保持多长时间不出问题,在设备整体保养后对各工序的积极影响,以此来制定设备以及各工序的保养或检修周期。

[0026] 作为一种可选的实施方式,参照图2,提供一种柔性生产线过程质量评价方法,还包括:

[0027] 步骤6,在步骤3的基础上关联过程特征与相应加工设备的加工能力,得到加工能力评价特征。具体的,每个过程特征均需要相应加工设备进行加工,而该过程特征也能从一定程度的反应出加工该过程特征的相应加工设备的加工能力,将一些具有代表性的过程特征与相应加工设备的加工能力的表现进行关联,即可得到对应的能够用于评价加工能力的加工能力评价特征。

[0028] 步骤7,在步骤6的基础上设置相应加工设备的理论加工能力评价特征以及加工公

差要求。在选出加工能力评价特征后,对该加工能力评价特征的理想值进行设置,即假设设备在完美状态下的加工能力,并根据需要设置一个公差要求。

[0029] 步骤8,根据步骤4得到相应加工设备的实际加工能力评价特征,计算相应加工设备的实际加工能力评价特征与步骤7中的相应加工设备的理论加工能力评价特征,得到加工能力评价特征的加工误差。具体的,采用在机测量等检测方法对过程特征进行检测,得到过程特征的实际特征,将其中与加工能力关联的特征选出,即为加工能力评价特征的实际特征。再将相应加工设备的实际加工能力评价特征与相应加工设备的理论加工能力评价特征进行对比计算,可以得到加工能力评价特征的加工误差。

[0030] 步骤9,将步骤8中的加工能力评价特征的加工误差和步骤7中的加工能力评价特征的加工公差进行对比,得到加工能力评价结果。具体的,在取得加工能力评价特征的加工误差后将其与加工能力评价特征的加工公差进行对比计算,即可对相应加工设备的加工能力进行评价。当多个评价汇总后就能够得到加工能力的变化规律。

[0031] 在本实施例中,通过在过程特征中选取加工能力评价特征,再根据需要设置加工能力评价特征的理论特征与加工公差。通过检测得到加工能力评价特征的实际特征,将加工能力评价特征的理论特征与加工能力评价特征的实际特征进行对比计算后得到加工误差。再将加工公差和加工误差进行对比计算,即可对相应加工设备的加工能力进行评价,当多个评价汇总后就能够得到加工能力的变化规律。进而可评估对当前零件后续工序以及后续零件当前工序的加工能力。再结合上述对当前工序的过程质量的评价,即可为柔性生产线的质量管控、设备维护提供了丰富可靠的评价数据,对提高质量管控和设备维护能力奠定了坚实的基础。

[0032] 作为一种可选的实施方式,提供一种相应加工设备的加工能力评价特征的具体组成,包括:数控机床的X方向加工能力评价特征、Y方向加工能力评价特征和Z方向加工能力评价特征。在本实施例中,在采用数控机床作为相应加工设备时,将加工能力分为X方向加工能力、Y方向加工能力和Z方向加工能力,在过程特征中进行选择时,分别在多个方向进行旋转,得到X方向加工能力评价特征、Y方向加工能力评价特征和Z方向加工能力评价特征,以此可得到多个方向分别的能力评价,在出现问题后或进行后期维护时可针对性的,对具体方向进行分别维护,不需要整台机器一致性检修。

[0033] 作为一种可选的实施方式,提供一种关联过程特征与数控机床的X方向、Y方向和Z方向的加工能力评价特征的具体过程特征,包括:步骤6中关联过程特征与数控机床的X方向加工能力评价特征包括:选取过程特征中沿Y方向分布的筋条特征的筋位,和/或,筋宽作为X方向加工能力评价特征;步骤6中关联过程特征与数控机床的Y方向加工能力评价特征包括:选取过程特征中沿X方向分布的筋条特征的筋位,和/或,筋宽作为Y方向加工能力评价特征;步骤6中关联过程特征与数控机床的Z方向加工能力评价特征包括:选取过程特征中沿XY平面分布的腹板特征的壁厚作为Z方向加工能力评价特征。在本实施例中,在数控机床的X方向、Y方向和Z方向均选取有能够对加工能力进行评价的过程特征,使得数控机床的X方向、Y方向和Z方向均能够进行评价,使设备的评价体系得以完善。

[0034] 作为一种可选的实施方式,提供一种关联过程特征与数控机床的X方向的加工能力评价特征的具体过程特征,还包括:选取过程特征中沿XY平面分布的孔特征的孔位作为X方向加工能力评价特征。在本实施例中,增加部分能够反映X方向加工能的过程特征作为数

控机床的X方向的加工能力评价特征。以此,使加工能力评价特征更为丰富,以此得到更全面的加工能力评价。

[0035] 作为一种可选的实施方式,提供一种关联过程特征与数控机床的Y方向的加工能力评价特征的具体过程特征,还包括:选取过程特征中沿XY平面分布的孔特征的孔位作为Y方向加工能力评价特征。在本实施例中,增加部分能够反映Y方向加工能的过程特征作为数控机床的Y方向的加工能力评价特征。以此,使加工能力评价特征更为丰富,以此得到更全面的加工能力评价。

[0036] 作为一种可选的实施方式,提供一种关联过程特征与数控机床的Z方向的加工能力评价特征的具体过程特征,还包括:选取过程特征中沿XY平面分布的筋条特征的筋顶高作为Z方向加工能力评价特征;选取过程特征中沿XY平面分布的凸台特征的凸台平面位置作为Z方向加工能力评价特征。在本实施例中,增加部分能够反映Z方向加工能的过程特征作为数控机床的Z方向的加工能力评价特征。以此,使加工能力评价特征更为丰富,以此得到更全面的加工能力评价。

[0037] 作为一种可选的实施方式,提供一种相应加工设备的加工能力评价特征的加工公差的具体设置方式,包括:对当前工序对应的过程特征的加工公差缩放后,作为加工能力评价特征的加工公差。在本实施例中,通过对当前工序的过程特征的加工公差缩放后,作为加工能力评价特征的加工公差,可对设备加工当前工序的加工能力进行评价,可用于评估设备是否可用于后续零件当前工序的加工。

[0038] 作为一种可选的实施方式,提供一种相应加工设备的加工能力评价特征的加工公差的具体设置方式,包括:对下一道工序对应的过程特征的加工公差缩放后,作为加工能力评价特征的加工公差。在本实施例中,通过对下一道工序对应的过程特征的加工公差缩放后,作为加工能力评价特征的加工公差,可对设备加工当前零件的下工序的加工能力进行评价,可用于评估设备是否可用于当前零件下一道工序的加工。

[0039] 作为一种可选的实施方式,,提供一种相应加工设备的加工能力评价特征的加工公差的具体设置方式,包括:对精加工工序对应的过程特征的加工公差缩放后,作为加工能力评价特征的加工公差。在本实施例中,通过对精加工工序对应的过程特征的加工公差缩放后,作为加工能力评价特征的加工公差,可对设备进行精加工工序的加工能力进行评价,可用于评估设备是否可用于当前零件所有工序的加工。

[0040] 参照图3,本申请所公开的一种柔性生产线过程质量评价方法,在实际应用中的具体应用过程,以采用五轴数控机床加工预设零件为例,具体为:

[0041] 在对零件进行加工前,将待加工零件的数字模型及其加工质量要求以可视化的图形,和/或,文字的形式进行表达。根据待加工零件的数字模型及其加工质量要求进行加工工艺的设计,将整个加工过程拆解为加工特征的集合。加工特征的集合表示为:

[0042] $F = \{f_i | i = 1, 2, \dots, m\}$,

[0043] 其中,m为特征个数。

[0044] 根据加工工艺方案,计算第i个加工特征在第j道工序完成后的特征加工余量 $t_{i,j}$,将其定义为过程特征,得到过程特征集为:

[0045] $P = \{p_{i,j} | i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n\}$,

[0046] 其中,n表示加工工序数量。

[0047] 根据代加工零件的加工质量要求对加工特征设置加工公差的要求,具体为:

$$[0048] \quad T_{p,i,j} = [-l_{i,j}, u_{i,j}],$$

[0049] 其中, $l_{i,j}$ 和 $u_{i,j}$ 分别为过程特征 $p_{i,j}$ 的下偏差和上偏差。

[0050] 关联过程特征与五轴数控机床各方向(X、Y和Z)的加工能力,针对第j道工序,在过程特征集P中,选取可反映五轴数控机床各方向(X、Y和Z)加工能力的过程特征作为评价加工能力的加工能力评价特征。其中X轴方向加工能力评价特征集为:

$$[0051] \quad R^X = \{r_{i,j}^X \mid i \in \{1, 2, \dots, m\}, j \in \{1, 2, \dots, n\}\},$$

[0052] 其中, $r_{i,j}^X$ 表示在第j道工序中机床X轴方向加工能力评价特征,取为过程特征 $p_{i,j}$ 中可反映机床X轴方向加工能力的质量特性, R^X 表示机床X轴方向加工能力评价特征集。同理地,可定义其他各轴方向的加工能力评价特征集 R^Y, R^Z ,形成机床各轴方向加工能力特征集:

$$[0053] \quad R = \{R^X, R^Y, R^Z\}.$$

[0054] 在选取可反映五轴数控机床各方向(X、Y和Z)加工能力的过程特征作为评价加工能力的加工能力评价特征时:

[0055] 可以选择以下过程特征作为机床X轴方向加工能力评价特征:大致沿Y方向分布的筋条特征的筋位、筋宽等质量特性特征;大致沿XY平面分布的孔特征的孔位等质量特性。可以选择以下过程特征作为机床Y轴方向加工能力评价特征:大致沿X方向分布的筋条特征的筋位、筋宽等质量特性特征;大致沿XY平面分布的孔特征的孔位等质量特性。可以选择以下过程特征作为机床Z轴方向加工能力评价特征:大致沿XY平面分布的腹板特征的壁厚等质量特性;大致沿XY平面分布的筋条特征的筋顶高等质量特性;大致沿XY平面分布的凸台特征的凸台平面位置等质量特性。

[0056] 根据需要设置加工能力评价特征的加工公差要求,针对机床X轴方向加工能力评价特征 $r_{i,j}^X$,具体为:

$$[0057] \quad T_{r,i,j}^X = [-l_{r,i,j}^X, u_{r,i,j}^X],$$

[0058] 其中, $l_{r,i,j}^X$ 和 $u_{r,i,j}^X$ 分别为特征 $r_{i,j}^X$ 的下偏差和上偏差;同理地,可确定 $r_{i,j}^Y, r_{i,j}^Z, r_{i,j}^M, r_{i,j}^N$ 的加工公差要求 $T_{r,i,j}^Y, T_{r,i,j}^Z, T_{r,i,j}^M, T_{r,i,j}^N$ 。

[0059] 设置不同的加工能力评价特征的加工公差可对设备加工能力的不同维度进行评价,以X轴为例,具体为:

[0060] 对当前工序对应过程特征的加工公差缩放后,作为加工能力评价特征的加工公差,即:

$$[0061] \quad T_{r,i,j}^X = [-l_{r,i,j}^X, u_{r,i,j}^X] = \alpha [-l_{i,j}, u_{i,j}],$$

[0062] 其中, α 为缩放系数,可取 $\alpha \leq 1$ 。当选用此方式时,以此特征为基础评价的五轴数控机床加工能力为针对当前工序的加工能力,可用于评估机床是否可用于后续零件当前工序的加工。

[0063] 对下一道工序对应过程特征的加工公差缩放后,作为加工能力评价特征的加工公差,即:

$$[0064] \quad T_{r,i,j}^X = [-l_{r,i,j}^X, u_{r,i,j}^X] = \beta [-l_{i,j+1}, u_{i,j+1}],$$

[0065] 其中, β 为缩放系数, 可取 $0.5 \leq \beta \leq 1.5$ 。当选用此方式时, 以此特征为基础评价的机床加工能力为针对下一道工序的加工能力, 可用于评估机床是否可用于当前零件下一道工序的加工。

[0066] 对精加工工序对应过程特征的加工公差缩放后, 作为加工能力评价特征的加工公差, 即:

$$[0067] \quad T_{r,i,j}^X = [-l_{r,i,j}^X, u_{r,i,j}^X] = \gamma [-l_{i,n}, u_{i,n}],$$

[0068] 其中, γ 为缩放系数, 可取 $0.5 \leq \gamma \leq 1.5$ 。当选用此方式时, 以此特征为基础评价的机床加工能力为针对精加工工序的加工能力, 可用于评估机床是否可用于当前零件所有工序的加工。

[0069] 过程特征的加工精度表征了当前工序的加工质量, 而加工能力评价特征的加工精度则表征了当前设备对于当前零件后续工序或后续零件的加工能力, 两者均从不同维度反映了柔性生产线的过程质量控制能力, 在加工工序间, 可对过程特征和加工能力评价特征进行检测。定义过程特征集P和加工能力评价特征集R的并集为过程质量检测特征为过程质量检测特征集Q, 即:

$$[0070] \quad Q = P \cup R = \{q_k | k = 1, 2, \dots, N\},$$

[0071] 其中, N表示过程质量检测特征数量, Q的前m个元素为过程特征, 后N-m个元素为加工能力评价特征。将过程质量检测特征 q_k 离散为过程质量检测特征点云 C_k , 进而形成过程质量检测特征点云集C, 即:

$$[0072] \quad C = \{C_k | k = 1, 2, \dots, N\}.$$

[0073] 采用在机测量等检测方法, 在当前加工工序完成后对过程质量检测特征点云集C进行测量, 采集过程质量检测特征实测点云集, 记为CM, 具体为:

$$[0074] \quad CM = \{CM_k | k = 1, 2, \dots, N\}.$$

[0075] 对过程质量数据进行评价, 过程质量数据评价分为两部分:

[0076] 根据过程质量检测特征实测点云集CM中的前m个元素 $CM_k, k = 1, 2, \dots, m$, 计算过程特征加工误差:

$$[0077] \quad e_{p,i,j} = E_p(p_{i,j}, CM_k),$$

[0078] 其中, E_p 表示过程特征加工误差计算方法, 视实际特征类别而定。根据过程特征加工误差 $e_{p,i,j}$ 和加工公差 $T_{p,i,j}$ 进行对比计算, 可评价当前工序的过程特征加工质量。

[0079] 根据过程质量检测特征实测点云集CM中的后N-m个元素 $CM_k, k = m+1, m+2, \dots, N$, 计算加工能力评价特征加工误差:

$$[0080] \quad e_{r,i,j} = E_r(r_{i,j}, CM_k),$$

[0081] 其中, E_r 表示加工能力评价特征加工误差计算方法, 视实际特征类别而定。根据加工能力评价特征加工误差 $e_{r,i,j}$ 和加工公差 $T_{r,i,j}$, 可以评价当前加工设备加工能力。

[0082] 本发明专利在过程特征和加工能力评价特征的基础上, 定义了过程质量检测特征, 通过对该特征的检测分析, 可实现对工序的过程特征加工质量和加工设备加工能力的评价。定义的过程特征及其检测数据, 可有效评价当前工序的加工质量, 体现加工过程质量的演变规律; 定义的加工能力评价特征及其检测数据, 可有效评价当前加工设备加工能力,

体现生产线加工设备加工能力变化规律,进而评估对当前零件后续工序以及后续零件当前工序的加工能力。两者结合,为柔性生产线的质量管控、设备维护提供了丰富可靠的评价数据,对提供质量管控和设备维护能力奠定了坚实的基础。

[0083] 以上仅为本申请的优选实施例,并非因此限制本申请的专利范围,凡是利用本申请说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换,或直接或间接运用在其他相关的技术领域,均同理包括在本申请的专利保护范围内。

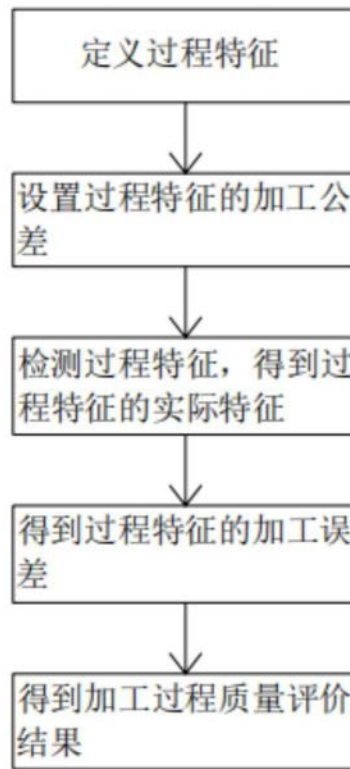


图1

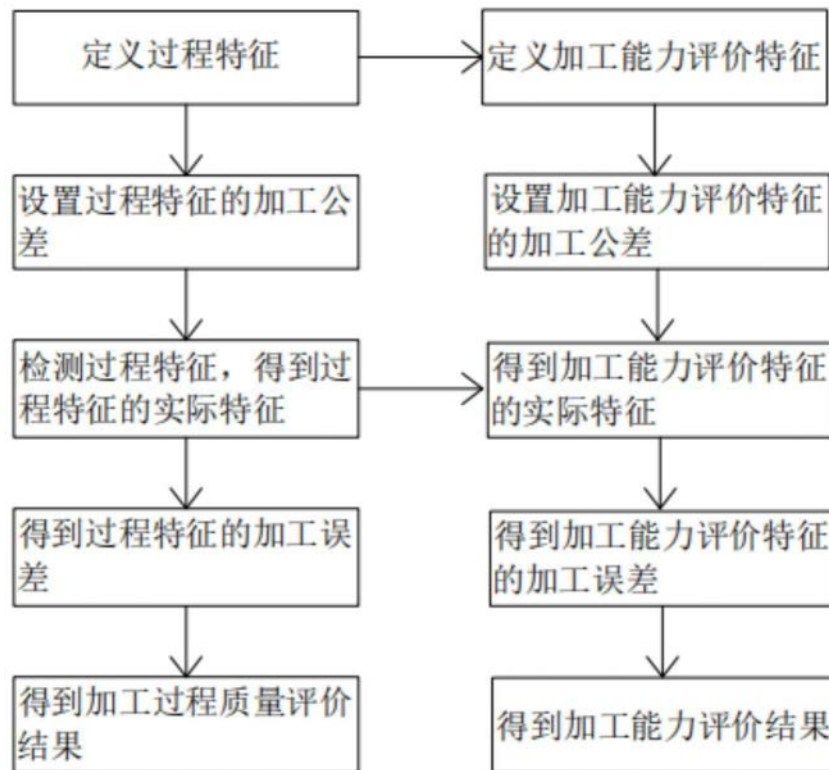


图2

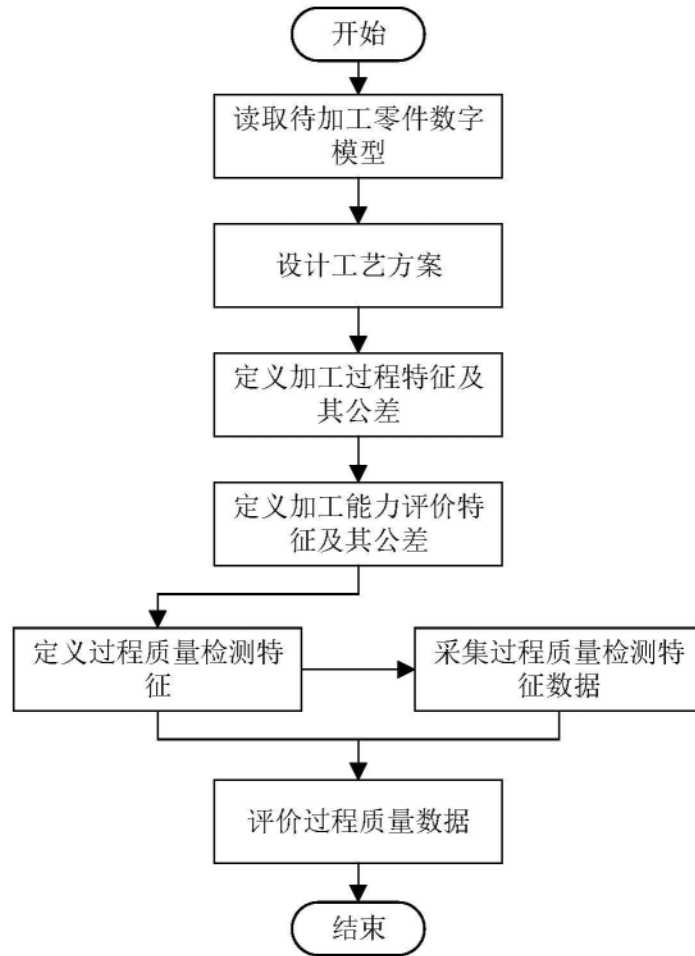


图3