



中华人民共和国国家标准

GB/T 20868—2024
代替GB/T 20868—2007

工业机器人 性能试验应用规范

Industrial robot—Application specification for performance test method

2024-08-23发布

2025-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验前的准备工作	1
4.1 制造商的准备工作	1
4.2 检测机构的准备工作	2
5 仪器的选择	2
6 姿态角的表达方式	3
7 试验步骤	3
8 指令位姿的确定	4
8.1 通则	4
8.2 示教编程的指令位姿和指令轨迹	4
8.3 手动数据输入或离线编程的指令位姿	4
9 运动程序的编制	4
9.1 通则	4
9.2 位置稳定时间和位置超调量试验运动程序	4
9.3 位姿准确度和位姿重复性试验运动程序	5
9.4 多方向位姿准确度变动试验运动程序	5
9.5 位姿特性漂移试验运动程序	5
9.6 互换性试验运动程序	5
9.7 距离准确度和距离重复性试验运动程序	5
9.8 轨迹准确度、轨迹重复性和轨迹速度特性试验运动程序	6
9.9 重复定向轨迹准确度试验运动程序	6
9.10 拐角偏差试验运动程序	6
9.11 摆幅误差和摆频误差试验运动程序	7
9.12 最小定位时间试验运动程序	7
9.13 静态柔顺性试验运动程序	7
10 试验报告	8
附录 A (资料性) 坐标系对齐方法	9
A.1 概述	9
A.2 坐标系对齐方法的步骤	9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替GB/T 20868—2007《工业机器人 性能试验实施规范》，与GB/T 20868—2007相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了“工具中心点”术语和定义(见3.1)；
- 删除了“一般要求”(见2007年版的第4章)；
- 增加了测试立方体的边长要求(见4.1)；
- 更改了对测试设备信号同步的要求(见第5章，2007年版的5.1 k)；
- 增加了“位置稳定时间和位置超调量”和“位姿准确度和位姿重复性”的具体测量方法(见第7章)；
- 更改了关于指令位姿的描述(见第8章，2007年版的第9章)；
- 更改了“重定向轨迹准确度”为“重复定向轨迹准确度”，并更改了“重复定向轨迹准确度编制要点”(见9.9, 2007年版的10.8)；
- 增加了“静态柔顺性试验运动程序”的编制要点(见9.13)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国机器人标准化技术委员会(SAC/TC 591)归口。

本文件起草单位：北京机械工业自动化研究所有限公司、重庆凯瑞机器人技术有限公司、沈阳新松机器人自动化股份有限公司、遨博(北京)智能科技股份有限公司、中国科学院沈阳自动化研究所、江苏汇博机器人技术股份有限公司、机科发展科技股份有限公司、中国软件评测中心(工业和信息化部软件与集成电路促进中心)、法奥意威(苏州)机器人系统有限公司、杭州海康机器人股份有限公司、苏州大学、河北工业大学、埃夫特智能装备股份有限公司、珞石(山东)智能科技有限公司、中国科学院重庆绿色智能技术研究院、深圳市越疆科技股份有限公司、乐聚(深圳)机器人技术有限公司、苏州艾利特机器人有限公司、重庆鲁班机器人技术研究院有限公司、北京航空航天大学、深圳云天励飞技术股份有限公司、重庆凯瑞认证服务有限公司、重庆大学、中关村机器人产业创新发展有限公司、创客天下(北京)科技发展有限公司、北京鹏鹏科创科技发展有限公司。

本文件主要起草人：杨书评、李木旺、张锋、宋仲康、李志海、王茂林、王恒之、王振华、张胜、陈绿萍、管越、姚庭、徐志军、孙添飞、魏洪兴、陈国栋、王嘉、刘颖、阮伟伟、唐燕生、何国田、于洪鹏、吴永海、刘培超、郎需林、冷晓琨、何治成、陶永、朱志昆、孙恺、王松、袁杰、雷建勇、蒙洋、王烁石、孙振江、牟宏磊、刘晶晶、梁学修。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2007年首次发布为GB/T 20868—2007；
- 本次为第一次修订。

引 言

GB/T 12642—2013提供了工业机器人的重要性能指标和相应的试验方法。本文件提供了使用GB/T 12642—2013对工业机器人进行性能试验时的实施细则和操作步骤，对GB/T 12642—2013的规定做了进一步陈述和解释，便于制造商、第三方检测机构和用户准确使用与实施工业机器人性能试验标准，有利于提高工业机器人产品质量。

根据工业机器人的类型和要求，能全部或部分采用本文件所述的试验。



工业机器人 性能试验应用规范

1 范围

本文件提供了制造商和用户等使用GB/T 12642—2013对工业机器人进行性能试验时的实施细则和操作步骤，并给出了运动程序的编制要点。

本文件适用于工业机器人(以下简称机器人)制造商、检测机构和用户实施GB/T 12642—2013。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 12642—2013 工业机器人性能规范及其试验方法

GB/T 12643—2013 机器人与机器人装备词汇

3 术语和定义

GB/T 12643—2013界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

工具中心点 tool centre point;TCP

参照机械接口坐标系为一定用途而设定的点。

[来源：GB/T 12643—2013,4.9]

4 试验前的准备工作

4.1 制造商的准备工作

在试验前做好以下准备工作。

- 应通过压板或紧固件固定安装机器人，避免试验过程中机器人高速运动时因基础不稳造成的振动对性能指标的影响。
- 对机器人进行全部功能检查，并检查机器人控制器中的所有可设置参数。在试验过程中，如不得不重新调整机器人或设置参数，应重新试验。
- 选定需要测量的性能指标。针对被试机器人的应用场合，可按GB/T 12642—2013中附录B选择所要测量的性能指标。
- 可按GB/T 12642—2013中6.3的要求，规定试验的环境条件和正常操作条件。
- 参照GB/T 12642—2013中图1，准备机器人的额定负载，其质量、重心位置和惯性力矩应符合要求。如某些性能指标需在10%额定负载或由制造商指定的其他数值下进行附加试验时，则试验用负载应能方便减重。机器人控制器中的工具中心点(TCP)位置参数应按所制造的负载的数据设置。
- 可按被试机器人的技术指标确定位姿特性和轨迹特性的试验速度。位姿特性和轨迹特性的额

定速度可不同。对于位姿特性，是否以50%或10%额定速度进行试验，由制造商确定。

- g) 按 GB/T 12642—2013中6.8的要求选定测量平面。对于6轴机器人，制造商如不选用C₁-C₂-C₇-C。作为测量平面，则应在征得试验部门同意的情况下规定特殊的测量平面；对于少于6轴的机器人，制造商应指定选用的测量平面。测量平面的立方体边长宜按GB/T 12642—2013中A.2的要求，从250 mm、400 mm、630 mm和1000 mm 中选取最大的立方体或按制造商的规定。
- h) 计算测量平面上的5个试验位姿 $P_i \sim P_5$ ；试验位姿以何种坐标表示取决于被试机器人的编程方式。如需测量最小定位时间及重复定向轨迹准确度，则还需按GB/T 12642—2013中图6、表19和图24计算测试立方体对角线上一系列定位点的位姿。
- i) 如不选用GB/T 12642—2013中6.8.6.2规定的试验轨迹，制造商应对所选择的试验轨迹加以说明。
- j) 按每一试验项目对机器人的运动要求，编制运动程序。通常可采用任何一种编程方式，但若采用离线编程方式，则试验前应实现编程所用的坐标系与测量坐标系之间的高精度转换。
- k) 为使测量仪器的数据采集与机器人的运动同步，可选定机器人控制器的开关量输出信号，并在机器人运动程序中适时地将该输出置1。

4.2 检测机构的准备工作

在试验前做好以下准备工作。

- a) 按机器人说明书安装被试机器人，测量仪器应稳固地设置，避免试验过程中被试机器人与仪器间的相对运动。
- b) 按制造商选定的需测量的性能指标，制定试验实施计划。
- c) 试验时可不选择GB/T 12642—2013中图1的TCP作为直接测量点，但试验结果应表达TCP处的特性。检测机构应确定直接测量点的位置并按负载图纸确定其与TCP的转换关系。
- d) 检查所选用的测量仪器，应保证其不确定度满足GB/T 12642—2013中6.5的要求。
- e) 试验环境应满足GB/T 12642—2013中6.3.2的要求，试验环境中不应有其他设备造成的明显振动。
- f) 应熟悉被试机器人的性能和操作条件，并对机器人制造商的试验运动编程提出建议。
- g) 应检查机器人制造商编制的运动程序是否符合试验的要求。
- h) 宜选用与测量仪器启动采集的输入端相匹配的接口装置。

5 仪器的选择

仪器的选择符合下列要求。

- a) 对于被试机器人应运动的试验项目，测量仪器不应因运动造成明显的干扰，宜采用非接触式测量仪器。
- b) 如有部分测量仪器需要附加在被试机器人上，附加仪器的位置不宜在机械接口上。
- c) 测量的不确定度不应超过被测特性数值的25%，这里的被测特性数值应是机器人制造商提出的技术指标，而不是实际测量出的数值。

示例1:被试机器人位置重复性指标为1 mm,测量仪器不确定度为0.2 mm,实际测量出的位置重复性为0.1 mm,虽然测量仪器的不确定度满足规定要求，但实际测出的0.1 mm的位置重复性可信度不大。此例中，如测量仪器不确定度小于0.04 mm,则实际测出的0.1 mm的位置重复性可信度较大。

- d) 轨迹特性、位置稳定时间和位置超调量的测量均要求测量仪器的数据采集速率足够高。可按下述要求选择数据采集速率：

- 制造商在轨迹运动编程时已确定加、减速时间，测量仪器的采集速率应保证在加、减速段的数据采集点数不小于10个；
- 位置超调量试验时，位姿试验速度乘以采样间隔时间不应大于超调量指标；
- 如位置稳定时间试验时测出机械接口有明显的振动，则采样间隔时间不应大于振动周期的1/10。

- e) 本文件规定的所有测试项目可归结为测量TCP 的三维空间位置和腕法兰平面的三维姿态及它们随时间的变化。除直接测量这些数据外，可间接测量。

示例2: 腕法兰平面的姿态可根据其上三个点的空间位置推算。因此，从测量仪器所获得的独立测量值需与测量要求相对应。例如，若要求同时测量TCP的三维空间位置和腕法兰平面的三维姿态，测量仪器至少应得到三个空间点的三组空间位置数据。为减少测量误差，只要仪器有足够的力量，允许增加测量点。

- f) 在某些情况下，可只要求测量TCP 的空间位置，所选用的测量仪器也只具有测量某一点空间位置的能力，在配置仪器时应消除腕法兰平面姿态的变化对测量点空间位置的影响。

示例3: 用三自由度关节式测量机对机器人进行接触式测量时，测量机与机器人连接处采用球铰。

- g) 仪器应具备与机器人运动同步的功能，即能在接收机器人控制器输出的信号后启动和停止测量，至少应能跟随并依据时间或设置的循环等条件停止测量。
- h) 仪器应具有按相关标准规定的指标计算方法计算性能指标的能力。

6 姿态角的表达方式

姿态角可采用任何表达方式。但是，如某一种表达方式使测出的姿态角在 2π 或 360° 附近，则姿态角的变化就可能使其数值发生 2π 或 360° 的间断，而在很多姿态特性指标的计算中又需计算姿态角测量的平均值，间断将使姿态角的平均值完全错误。本文件规定表达姿态角的转动顺序应使姿态在数值上是连续的，这就要求测量系统对姿态角有多种表达方式，一旦发现测出的某一姿态角接近 2π 或 360° ，就应改用另一种表达方式，直到三个姿态角均不在 2π 或 360° 附近。

7 试验步骤

宜按如下顺序进行试验：

- a) 位置稳定时间和位置超调量，通过此项试验确定位置稳定时间，作为测量停顿时间的参考，在分析稳定时间时，门限带可定义为GB/T 12642—2013中7.2.2的位姿重复性或制造商规定；一般地，取运动轨迹稳定点的平均值作为实到位置，再绘制对应的轨迹图，结合门限带确定位置稳定时间和位置超调量；
- b) 位姿准确度和位姿重复性，非轨迹性能测试项目停顿时间应大于位置稳定时间，以保证被试机器人稳定在指令位姿；
- c) 多方向位姿准确度变动；
- d) 位姿特性漂移；
- e) 互换性；
- f) 距离准确度和距离重复性；
- g) 轨迹准确度、轨迹重复性和轨迹速度特性，进行此项试验前对各种试验轨迹先测量一次轨迹速度特性，确定加、减速时间，以便保证机器人至少能在试验轨迹50%的长度内达到稳定速度，如加、减速时间过长，不能达到此要求，机器人制造商应重新调整加、减速时间；
- h) 重复定向轨迹准确度；
- i) 拐角超调和圆角误差；

- j) 摆幅误差和摆频误差;
- k) 最小定位时间;
- l) 静态柔顺性。

8 指令位姿的确定

8.1 通则

位姿及轨迹准确度的计算均涉及指令位姿数据。指令位姿是机器人运动编程时由指令确定的机器人位置和姿态。为计算准确度指标,指令位姿与仪器测量的实到位姿应以同一坐标系表示,坐标系转换方法见附录A。由于机器人运动编程方法的不同,指令位姿的确定方法也不同。

8.2 示教编程的指令位姿和指令轨迹

编程时,将机器人依次引导到示教点($P_1 \sim P_n$, 及大圆和小圆轨迹的几个特定点),机器人控制器显示的当前位姿值,就是指令位姿。测量设备测出的实到位姿的坐标系应与指令位姿的坐标系相同,如坐标系不同时,应先将测量设备的坐标系与指令位姿坐标系对齐。在计算准确度指标时无需再次进行换算。由直线轨迹端点及大圆和小圆轨迹的几个特定点确定的理想直线和圆弧(大圆和小圆轨迹可用超过半圆的圆弧代替)即为指令轨迹。

8.3 手动数据输入或离线编程的指令位姿

手动数据输入或离线编程时, $P_1 \sim P_n$ 及大圆和小圆轨迹的几个特定点的指令位姿宜用基座坐标系表示。而测量仪器测得的实到位姿宜用仪器确定的测量坐标系表示。因而,测量设备在测试前应将坐标系与指令位姿的坐标系对齐。

在编程确定指令位姿后,不应使机器人到达某一位姿点再用仪器测量其位姿作为指令位姿(虽然此位姿与以后测出的实到位姿的坐标系相同)。

9 运动程序的编制

9.1 通则

除静态柔顺性试验外,进行其他项目的性能试验时,被试机器人都应按一定要求运动。编制运动程序时宜加入适当的同步信号,以便使测量仪器的数据采集自动进行。

9.2 位置稳定时间和位置超调量试验运动程序

位置稳定时间和位置超调量试验运动程序包括以下编制要点。

- a) 从位姿点 P_2 开始,将机械接口以额定速度(或其50%、10%)移至 P_1 ,再回到 P_2 ,为一个运动循环。运动时采用点到点控制或连续轨迹控制均可。
- b) 到达 P_1 时,将选定的用于仪器同步的开关量输出信号置1.0.1s后,再将该输出信号置0。
- c) 超过预先估计的位置稳定时间后,返回 P_2 。
- d) 循环执行a)~c),待仪器采集完3次循环的数据后,停止机器人的运动。
- e) 仪器数据采集的停止应采用定时方式。宜预先估计位置稳定时间,在仪器上设置略大的采集终止时间。如预设的时间不能使仪器采集到完整的稳定过程,应加长设置的时间重新进行试验。

9.3 位姿准确度和位姿重复性试验运动程序

位姿准确度和位姿重复性试验运动程序包括以下编制要点。

- 从位姿点 P_1 开始,依次将机械接口以额定速度(或其50%、10%)移至 P_3 、 P_4 、 P_3 、 P_2 ,再回到 P_1 ,为一个运动循环。运动时采用点到点控制或连续轨迹控制均可。
- 在每一位姿点应停顿一段时间,停顿时间应大于测出的位置稳定时间。此后,将选定的用于仪器同步的开关量输出信号置1。
- 将开关量输出信号置0,移动机械接口至下一位姿点。
- 循环执行a)~c),待仪器采集完30次循环的数据后,停止机器人的运动。

9.4 多方位姿准确度变动试验运动程序

多方位姿准确度变动试验运动程序包括以下编制要点:

- 在机座坐标系 $-x$ 、 $-y$ 、 $-z$ 方向上分别选定与位姿点 P_1 距离不小于200 mm的三点a、b、c;
- 从a点开始,将机械接口以额定速度(或其50%、10%)移至 P_1 ,然后移至b点,再移至 P_1 ,移至c点,再移至 P_1 ,最后回到a点为一个运动循环;
- 每次到达 P_1 后,应停顿一段时间,停顿时间应大于测出的位姿稳定时间。此后,将选定的用于仪器同步的开关量输出信号置1,然后置0,使仪器采集数据;
- 循环执行a)~c),待仪器采集完30次循环的数据后,停止机器人的运动;
- 对位姿点 P_2 、 P_4 的试验程序与a)~d)类似,但 P_2 的a、b、c点应分别在 $-x$ 、 $-y$ 、 $-z$ 方向上; P_4 的a、b、c点应分别在 x 、 y 、 z 方向上。

9.5 位姿特性漂移试验运动程序

位姿特性漂移试验运动程序包括以下编制要点:

- 从位姿点 P_2 开始,使机械接口以额定速度(或其50%、10%)移至 P_1 ,再回到 P_2 ,为一个运动循环。运动时采用点到点控制或连续轨迹控制均可;
- 在 P_1 应停顿一段时间,停顿时间应大于测出的位姿稳定时间。此后,将选定的用于仪器同步的开关量输出信号置1;
- 将开关量输出信号置0,移动机械接口至 P_2 ;
- 由 P_1 返回 P_2 过程中应设一中间位姿点,使机械接口的姿态有较大变化,以保证返回时所有关节均运动;
- 循环执行a)~d),待漂移试验结束后,停止机器人的运动。

9.6 互换性试验运动程序

互换性试验运动程序包括以下编制要点:

- 互换性试验运动程序与位姿特性试验运动程序相同,但仅在100%额定速度条件下进行试验;
- 试验在5台同型号机器人上进行,更换机器人时不应移动测量仪器,并保持相同的试验条件。

9.7 距离准确度和距离重复性试验运动程序

距离准确度和距离重复性试验运动程序包括以下编制要点。

- 从位姿点 P_4 开始,将机械接口以额定速度(或其50%、10%)移至 P_2 ,再回到 P_4 ,为一个运动循环。运动时采用点到点控制或连续轨迹控制均可。
- 到达 P_2 和 P_1 时,应停顿一段时间,停顿时间应大于测出的位姿稳定时间。此后,将选定的用于仪器同步的开关量输出信号置1,然后置0,使仪器采集数据。

- c) 将开关量输出信号置0, 移动机械接口至下一位姿点。
- d) 操作被试机器人按上述程序循环运行, 待仪器采集完30次循环的数据后, 停止机器人的运动。

9.8 轨迹准确度、轨迹重复性和轨迹速度特性试验运动程序

轨迹准确度、轨迹重复性和轨迹速度特性试验运动程序包括以下编制要点。

- a) 直线轨迹准确度的直接轨迹是由 $E_1(P_2) \sim E_3(P_1)$ (E_1 、 E_3 、 P_2 、 P_4 点位姿参照GB/T 12642—2013)。
- b) 从试验轨迹起点开始, 使TCP 以额定速度(或其50%、10%)沿轨迹(直线, 或大圆, 或小圆)运动至轨迹终点, 再回到起点, 停顿数秒, 为一个测试循环。
- c) 开始运动前, 将选定的用于仪器同步的开关量输出信号置1, 停顿0.1 s 后置0。
- d) 到达终点后, 停顿数秒, 再向起点运动。在终点和起点停顿的目的是使仪器有足够时间处理采集到的数据(例如, 数据存盘)。
- e) 仪器数据采集的停止可有定时和同步两种方式。定时停止需要预先估计全轨迹运动时间, 在仪器上设置略大的采集终止时间。同步停止需要在机器人控制器上选定另一开关量输出, 到达轨迹终点后, 停顿0.1 s, 使该信号置1, 0.1 s 后置0, 仪器收到信号后停止采集。这两种方式均能使仪器采集到完整的轨迹数据。
- f) 操作被试机器人按上述程序循环运行, 待仪器采集完10次循环的数据后, 停止机器人的运动。

9.9 重复定向轨迹准确度试验运动程序

重复定向轨迹准确度试验运动程序包括以下编制要点。

- a) 从位姿点P。开始, 使机械接口以额定速度(或其50%、10%)变姿态地经 P_7 、P、P。到达 P_7 , 再回到起点, 停顿数秒, 为一个测试循环。运动时采用连续轨迹控制。
- b) 开始运动前, 将选定的用于仪器同步的开关量输出信号置1, 停顿0.1s 后置0。
- c) 到达终点后, 停顿数秒, 再向起点运动。在终点和起点停顿的目的是使仪器有足够时间处理采集到的数据(例如, 数据存盘)。
- d) 仪器数据采集的停止可有定时和同步两种方式。定时停止需要预先估计全轨迹运动时间, 在仪器上设置略大的采集终止时间。同步停止需要在机器人控制器上选定另一开关量输出, 到达轨迹终点后, 停顿0.1 s, 使该信号置1, 0.1 s 后置0, 仪器收到信号后停止采集。这两种方式均能使仪器采集到完整的轨迹数据。
- e) 操作被试机器人按上述程序循环运行, 待仪器采集完10次循环的数据后, 停止机器人的运动。

9.10 拐角偏差试验运动程序

拐角偏差试验运动程序包括以下编制要点。

- a) 以 $E_1(P_5)$ 和 $E_1(P_2)$ 的中心点作为起点, 将机械接口以额定速度(或其50%、10%)直线地移向 E_1 , 再移至 E_1 和 $E_2(P_3)$ 的中心点, 其作为终点。
- b) 拐角点 E_1 是两段直线轨迹的交点, 机器人在这里不停顿, 但可按制造商规定的方式完成两条轨迹的平滑过渡。
- c) 开始运动前, 将选定的用于仪器同步的开关量输出信号置1, 停顿0.1s 后置0。
- d) 到达终点后, 停顿数秒, 再向起点运动。在终点和起点停顿的目的是使仪器有足够时间处理采集到的数据(例如, 数据存盘)。
- e) 仪器数据采集的停止可有定时和同步两种方式。定时停止需要预先估计两段轨迹总运动时间, 在仪器上设置略大的采集终止时间。同步停止需要在机器人控制器上选定另一开关量输出, 到达拐角终点后, 停顿0.1 s, 使该信号置1, 0.1 s 后置0, 仪器收到信号后停止采集。这两

种方式均能使仪器采集到完整的拐角轨迹数据。

- f) 循环执行a)~e), 待仪器采集完3次循环的数据后, 停止机器人的运动。
- g) 对于拐角点 E_2 的特性试验, 起点为 $E_1(P_2)$ 和 $E_2(P_3)$ 的中点, 终点为 E_2 和 $E_3(P_4)$ 的中点; 对于拐角点 E_3 的特性试验, 起点为 E_2 和 E_3 的中点, 终点为 E_3 和 $E_4(P_5)$ 的中点; 对于拐角点 E_4 的特性试验, 起点为 E_3 和 $E_4(P_5)$ 的中点, 终点为 E_4 和 $E_1(P_2)$ 的中点。
- h) 如在编程时不愿增加4个中点位姿, 可选择 $E_1 \sim E_4$ 作为起、终点。例如, E_1 拐角轨迹的起点为 E_4 , 终点为 E_2 , 余类推。这样编程不会影响拐角特性。

9.11 摆幅误差和摆频误差试验运动程序

摆幅误差和摆频误差试验运动程序包括以下编制要点。

- a) 从位姿点 P_1 开始, 使TCP以一定摆幅和摆频向y方向运动, 运动距离至少包含10个摆动周期。摆动结束后无摆动地回到 P_1 , 停顿数秒, 为一个测试循环。
- b) 其他关于同步和停顿的安排与9.8编制要点相同。

9.12 最小定位时间试验运动程序

最小定位时间试验运动程序包括以下编制要点。

- a) 从位姿点 P_1 开始, 使机械接口以额定速度直线地依次移向 $P_2 \sim P_4$ 。直线上一系列符合GB/T 12642—2013中表19要求的位姿点, 最后回到 P_1 , 为一个运动循环。
- b) 位姿点的个数与距离取决于所选的立方体大小。
- c) 开始运动前, 将选定的用于仪器同步的开关量输出信号置1, 停顿0.1 s后置0。
- d) 到达终点后, 停顿数秒, 再返回起点。在终点和起点停顿的目的是使仪器有足够时间处理采集到的数据(例如, 数据存盘)。
- e) 仪器数据采集的停止可有定时和同步两种方式。定时停止需要预先估计从起点到终点的全程运动时间, 在仪器上设置略大的采集终止时间。同步停止需要在机器人控制器上选定另一开关量输出, 到达终点后, 停顿0.1 s, 使该信号置1, 0.1 s后置0, 仪器收到信号后停止采集。这两种方式均能使仪器采集到全程的数据。
- f) 循环执行a)~e), 待仪器采集完3次循环的数据后, 停止机器人的运动。

9.13 静态柔顺性试验运动程序

静态柔顺性试验运动程序包括以下编制要点:

- a) 将机器人底座固定, 按GB/T 12642—2013中图4的 P_1 点示教机器人位姿, 部分机器人可通过回零点示教该位姿;
- b) 将施力装置放置在机器人正前方, 通过辅助装置将施力方向调整至平行于机座坐标系的一个方向, 再通过工装与机器人机械接口连接;
- c) 应在伺服系统通电、制动器脱开的情况下进行试验;
- d) 使用仪器记录空载状态下机器人机械接口坐标值;
- e) 根据最大负载对机器人逐步加载, 从10%额定负载逐步增加到100%额定负载。每次加载后使用仪器记录坐标值。负载加载方式可为均匀加载或非均匀加载, 加载间隔次数应不小于3次;
- f) 重复a)~e)3次, 将采集到的数据进行分析;
- g) 同理, 调整施力装置和机械接口姿态, 完成其余两个方向的静态柔顺性测试。

10 试验报告

GB/T 12642—2013已给出试验报告示例，试验单位可参照示例的格式编制试验报告。基于微型机的测试系统宜具有自动生成试验报告的能力，以避免填写试验结果时出错。

试验报告应注意对试验条件的说明，如试验未能完全按照规定进行，对差异应特别予以说明。



附录 A (资料性) 坐标系对齐方法

A.1 概述

机器人坐标系对齐方法示意图见图A.1, 涉及的设备见GB/T 12642—2C13中附录NA。

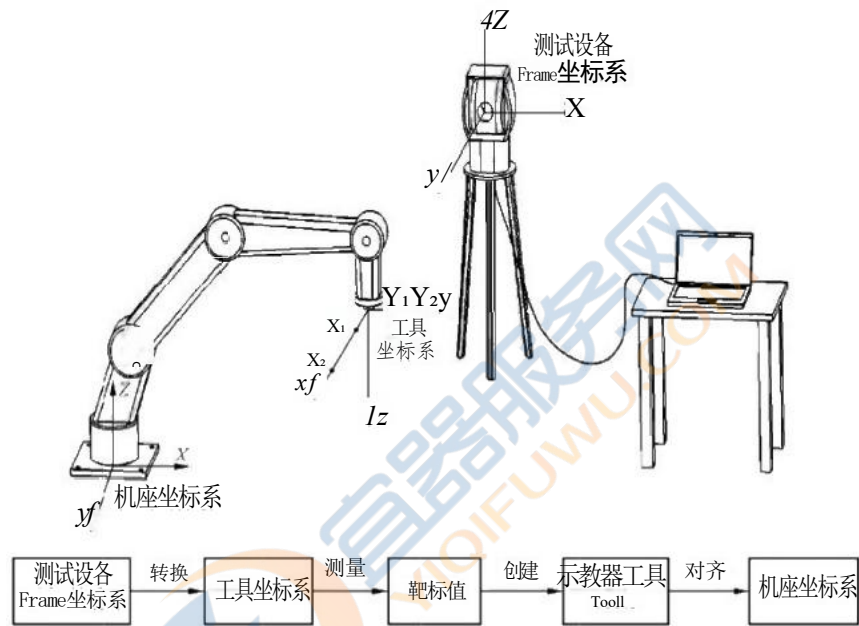


图 A.1 机器人坐标系对齐方法示意图

A.2 坐标系对齐方法的步骤

测量设备坐标系对齐方法可按以下步骤:

- a) 将测量设备靶标安装到机器人法兰上;
- b) 选定一个机器人位置用作测量位置, 保证测量设备靶标在此位置下能被测量, 机器人控制器记录下此位置为位置A;
- c) 控制机器人在工具坐标系(以机器人工具末端作为坐标原点的坐标系)下, 沿X 轴任意方向运动一段距离后, 测试设备测量一个点 X_1 , 控制机器人在工具坐标系下沿当前 X 轴运动方向继续运动一段距离后测试设备再测一个点 X_2 ;
- d) 控制机器人回到位置A, 然后机器人在工具坐标系下Y 轴方向运动两次(同步骤c)], 测试设备测得两个点 Y_1 和 Y_2 ;
- e) 机器人回到位置A, 控制机器人绕工具坐标系X 轴旋转三个角度(保证测量设备靶标能被测量的情况下, 旋转角度确保最大), 测量三个点 $O_1 \sim O_3$;
- f) 机器人回到位置A, 控制机器人绕工具坐标系Y 轴旋转三个角度, 测量三个点 $O_4 \sim O_6$;
- g) 机器人回到位置 A, 控制机器人绕工具坐标系Z 轴旋转三个角度, 测量三个点 $O_7 \sim O_9$;
- h) 测试设备创建坐标系Frame1, 以 X_1 - X_2 连线作为X 轴, Y_1 - Y_2 连线作Y 轴, 以 $O_1 \sim O_9$ 拟合成的球的球心作为原点; 将Frame1 设为工具坐标系;

- i) 机器人回到位置A, 测量设备测量当前位姿坐标 A_1, A_1 的 X, Y, Z, r_x, r_y, r_z 就是靶标相对于机器人工具坐标系的位置, 将此 X, Y, Z, r_x, r_y, r_z 的坐标转换方式, 要与机器人控制器的坐标系转换方式一致)输入到机器人控制器当中, 创建一个工具Tool1;
- j) 控制机器人运动到机器人最大立方体所有端点和中心点共9个点, 保证这9个位置下测试设备靶标都能被测试设备测量, 当机器人每到一个位置的时候, 从机器人控制器读取当前Tool1相对机器人基坐标系的位置 (X, Y, Z) 值, 并且测量设备测量该点位置。在测量设备中建立理论值点组合, 输入机器人控制器中读取的 $X、Y、Z$ 值。将测量点放置到测量点组合; 然后按照上述步骤运动完9个点, 理论值点组合和测量点组合里面分别有9个点并且一一对应; 在测量设备中将两个组合进行拟合, 完成跟踪仪和机器人坐标系的对齐。

