

# 团 体 标 准

T/CAMER 007—2020

---

## 工业机器人离线编程规范

Industrial robots off-line programming specification

2020-09-14 发布

2020-09-15 实施

---

中国机电装备维修与改造技术协会 发布



## 目 次

前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 技术要求.....	4

全国团体标准信息平台

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。

本标准由中国机电装备维修与改造技术协会人工智能分会提出。

本标准由中国机电装备维修与改造技术协会标准化委员会归口。

本标准起草单位：北京华航唯实机器人科技股份有限公司、中国空间技术研究院、中国汽车工业工程有限公司、北京航空航天大学、上海交通大学、西安交通大学、上海应用技术大学、南京工业职业技术学院、常州工业职业技术学院。

本标准主要起草人：吴宏鑫、夏智武、毕树生、蒋文萍、孟祥智、张小辉、宋立博、刘新祥、郭瑞军、金锋、宋智广、刘浪、李太铎、王泽洋。

# 工业机器人离线编程规范

## 1 范围

本标准规定了应用于工业机器人的离线编程软件的功能定义，以及应用离线编程软件的应用要求。

本标准适用于离线编程软件的产品开发、功能要求、应用，与工业机器人离线编程相关的领域亦可参照采用。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本标准的条款。凡注日期或版次的引用文件，其后的任何修改单（不包括勘误的内容）或修订版本都不适用于本标准，但提倡使用本标准的各方探讨使用其新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件，其新版本适用于本标准。

GB/T 12643—2013 机器人与机器人装备 词汇（ISO 8373:2012, IDT）

GB/T 16977—2019 机器人与机器人装备坐标系和运动命令原则

## 3 术语和定义

凡规范性引用文件界定的、及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了规范性引用文件中的某些术语和定义。

### 3.1

#### **工业机器人 industrial robot**

自动控制的、可重复编程、多用途的操作机，可对三个或三个以上轴进行编程。它可以是固定式或移动式。在工业自动化中使用。

注1：工业机器人包括：

——操作机，含致动器；

——控制器，含示教盒和某些通讯接口（硬件和软件）。

[来源：GB/T 12643—2013, 2.9]

### 3.2

#### **离线编程 off-line programming**

在与机器人分离的装置上编制任务程序后再输入到机器人中的编程方法。

[来源：GB/T 12643—2013, 5.2.4]

### 3.3

#### **离线编程软件 off-line programming software**

一种生成工业机器人可执行的任务程序、模拟其运动的编程软件。

### 3.4

#### **离线编程规范 off-line programming specification**

应用离线编程软件的标准工作流程。

3.5

**设计元素 design element**

操作环境中可被拾取的实体数字模型。

3.6

**工艺包 process package**

应用于具体行业中的某一具体工艺流程的一组功能。

3.7

**基础资源库 basic resource library**

离线编程软件中的机器人、工具、设备的实体数字模型集合。

3.8

**自定义 customization**

用户自行创建的设计元素的实体数字模型。

3.9 坐标系

3.9.1

**绝对坐标系 world coordinate system**

与机器人运动无关，参照大地的不变坐标系。

[来源：GB/T 12643—2013, 4.7.1]

3.9.2

**用户坐标系 user coordinate system**

相对绝对坐标系用户创建的自定义坐标系。

3.9.3

**机座坐标系 base coordinate system**

参照机座或底座安装面的坐标系。

[来源：GB/T 12643—2013, 4.7.2]

3.9.4

**机械接口坐标系 mechanical interface coordinate system**

参照机械接口的坐标系。

[来源：GB/T 12643—2013, 4.7.3]

3.9.5

**工具坐标系 tool coordinate system**

**TCS**

参照安装在机械接口上的工具或末端执行器的坐标系。

[来源：GB/T 12643—2013, 4.7.5]

3.9.6

**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]

## 3. 10

**示教盒 pendant; teach pendant**

与控制系统相连, 用来对机器人进行编程或使机器人运动的手持单元。

[来源: GB/T 12643—2013, 5. 8]

## 3. 11

**操作机 manipulator**

用来抓取和(或)移动物体、由一些相互铰接或相对滑动的构件组成的多自由度机器。

注1: 操作机可由操作员、可编程控制器、或某些逻辑系统(如凸轮装置, 线路)来控制。

注2: 操作机不包括末端执行器。

[来源: GB/T 12643—2013, 2. 1]

## 3. 12

**机械接口 mechanical interface**

位于操作机末端, 用于安装末端执行器的安装面。

[来源: GB/T 12643—2013, 3. 10]

## 3. 13

**末端执行器 end effector**

为使机器人完成其任务而专门设计并安装在机械接口处的装置。

[来源: GB/T 12643—2013, 3. 11]

## 3. 14

**末端执行器连接装置 end effector coupling device**

位于手腕末端的法兰或轴和把末端执行器固定在水腕端部的锁紧装置及附件。

[来源: GB/T 12643—2013, 3. 12]

## 3. 15

**机座或底座 base**

一平台或构架, 操作机第一个杆件的原点置于其上。

[来源: GB/T 12643—2013, 3. 8]

## 3. 16

**路径 path**

一组有序的位姿。

[来源: GB/T 12643—2013, 4. 5]

## 3. 17

**轨迹 trajectory**

基于时间的路径。

[来源：GB/T 12643—2013, 4. 6]

3. 18

**轨迹点 trajectory point**

形成轨迹的点。

3. 19

**轨迹历史 trajectory history**

轨迹生成的过程记录。

3. 20

**轨迹控制 trajectory control**

包含速度规划的连续路径控制。

[来源：GB/T 12643—2013, 5. 3. 3]

3. 21

**任务程序 task program**

为定义机器人或机器人系统特定的任务所编制的运动和辅助功能的指令集。

注 1：此类程序通常是在机器人安装后生成的，并可在规定的条件下由通过培训的人员修改。

注 2：应用是指一般的工作范围；任务是指应用中特定的部分。

[来源：GB/T 12643—2013, 5. 1. 1]

3. 22

**事件 event**

机器人代码中除了移动之外的所有代码指令。

## 4 技术要求

### 4. 1 软件组成

软件应至少包括以下功能模块：

- (1) 基础资源库管理模块
- (2) 元素移动工具模块
- (3) 元素定位工具模块
- (4) 轨迹模块
- (5) 仿真模块
- (6) 后置模块
- (7) 自定义模块
- (8) 参数化工艺模块

### 4. 2 软件界面

软件主体界面宜参照图 1 软件界面示意图，具备以下要求：

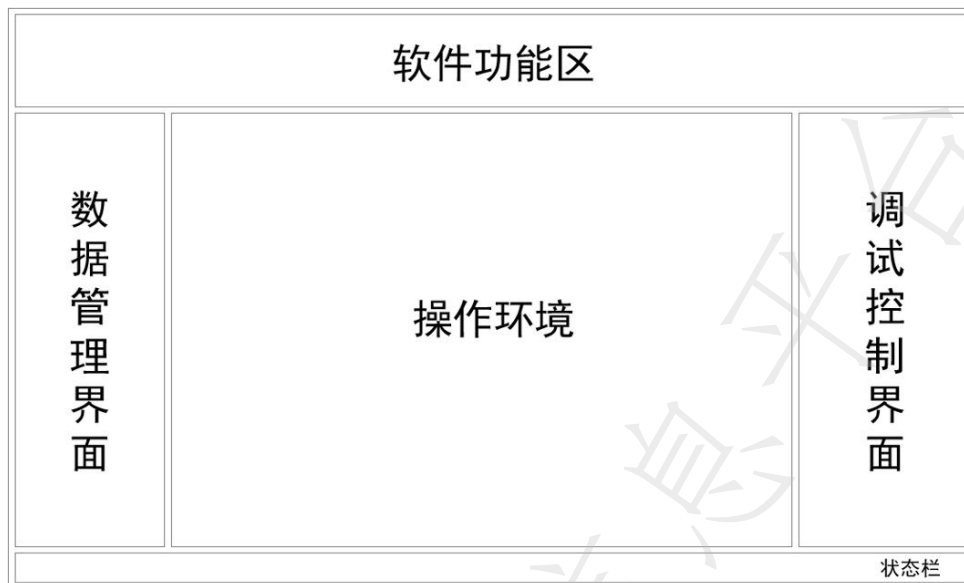


图 1 软件界面示意图

#### 4.2.1 软件功能区

包含文字或图符菜单面板。

#### 4.2.2 数据管理界面

以树状方式展示操作环境中各要素，包括但不限于坐标系、机器人、机座或底座、轨迹、任务程序。

#### 4.2.3 操作环境

包含文字或图符菜单、下拉式菜单、对话框、提示信息、元素、元素操作手柄、坐标系等。

#### 4.2.4 调试控制界面

包含设计元素动态调试面板、轨迹点控制界面、仿真状态显示、出错信息等。

#### 4.2.5 状态栏

用于控制操作环境中元素显示状态的命令区域。

### 4.3 软件模块功能

#### 4.3.1 基础资源库管理模块

基础资源库管理应具备下列资源数据：

(1) 覆盖“抛光打磨”、“焊接”、“切割”、“打孔”、“喷涂”等任务的多品牌机器人的三维资源库，其中：

- 1) “抛光打磨”包含打磨、去毛刺/水口/批锋、抛光；
- 2) “焊接”包含点焊、弧焊、激光焊；
- 3) “切割”包含激光切割、等离子弧切割、高压水射流切割、数控切割、线切割；
- 4) “打孔”包含冲孔、钻孔；
- 5) “喷涂”包含喷漆、密封胶、底涂、鸵鸟毛擦净、辅助开门；

(2) 适用于以上任务涉及的工具三维资源库，包括但不限于打磨工具、焊枪、喷枪、切割头。

(3) 辅助以上任务涉及离线编程过程中的设备三维资源库，包括但不限于 PLC、传感器、传送带、状态机。

#### 4.3.2 元素移动工具模块

元素移动工具模块包含一个中心点、三个平移手柄和三个旋转手柄，应具备下列功能：

- (1) 基于绝对坐标系，对元素的空间坐标位置编辑，到点、到中心点、到边中点的移动功能。
- (2) 对元素沿平移手柄方向，进行任意或精确距离的移动功能。
- (3) 对元素沿旋转手柄方向，进行任意或精确角度的旋转功能。

#### 4.3.3 元素定位工具模块

元素定位工具模块，应具备下列功能：

- (1) TCP 设置，将机器人示教盒上标定好的 TCP 数据输入至软件 TCP 界面。
- (2) 三点校准，通过模型上的三个点位，匹配真实环境与操作环境中模型位置的功能。
- (3) 多点校准，通过模型上的多个点位，匹配真实环境与操作环境中模型位置的功能。
- (4) 点轴校准，通过模型上的单个点位和轴的位置，匹配真实环境与操作环境中模型位置的功能。
- (5) 三面校准，通过模型上的三个平面位置，匹配真实环境与操作环境中模型位置的功能。
- (6) 点云校准，通过模型上的多个点位，匹配真实环境与操作环境中模型位置的功能。

#### 4.3.4 轨迹模块

轨迹模块功能应包括：

(1) 基于点、边、曲线、环、面要素的相互组合，根据末端执行器、TCP、坐标系的定义，生成机器人的运动轨迹。

- (2) 通过元素定位工具，插入轨迹。
- (3) 导入轨迹，导入外界软件生成的轨迹数据，需支持.nc、.cls、.aptsource 等文件格式。
- (4) 轨迹出入刀点的编辑功能，为一条轨迹生成/编辑出入刀点。
- (5) 轨迹点的速度、位姿的编辑功能：

##### 1) 单点编辑：

- ① 单点移动工具编辑。通过移动工具改变某个点的位置和姿态。
- ② 单点坐标编辑。直接输入某个点的位置和姿态。
- ③ 单点速度编辑。直接输入某个点的速度。

##### 2) 多点编辑：

- ① 多点移动工具编辑。通过移动工具统一修改多个点的位置和姿态。
- ② 多点曲线编辑。通过一个平滑的曲线来修改多个点的位置和姿态。
- ③ 多点坐标编辑。直接输入多个点的位置和姿态。
- ④ 多点速度编辑，直接输入多个点的速度。

(6) 轨迹点与外围设备的数字信号通讯功能。通过添加事件以及对应的语句来达到机器人执行相应的通讯程序，事件包括：

- 1) 发送事件。机器人发送一个信号。
- 2) 等待事件。机器人等待一个信号的发生。
- 3) 等待时间事件。机器人等待一段时间。
- 4) 抓取事件。机器人抓取一个物体。

- 5) 放开事件。机器人放开一个物体。
- 6) 自定义事件。机器人程序里添加一段语句。
- (7) 对轨迹历史的编辑功能，对轨迹的操作进行参数化编辑。

#### 4.3.5 仿真模块

仿真模块功能应包括：

- (1) 机器人沿轨迹运动模拟的仿真功能。
- (2) 机器人仿真模拟错误界面。
- (3) 仿真速率调整。
- (4) 仿真碰撞监测。
- (5) 仿真运动时间、进度、事件的展示界面。

#### 4.3.6 后置模块

后置模块功能应包括：

- (1) 轨迹、坐标系等信息生成机器人可执行的代码语言功能。
- (2) 后置代码编辑器。

#### 4.3.7 自定义模块

自定义模块功能应支持三维模型导入，并包括：

- (1) 自定义 6 自由度机器人功能。根据输入的参数定义 6 自由度机器人模型。参数至少应包括：
  - 1) 模型。
  - 2) 连杆参数。L1 到 L6。
  - 3) 后置格式。
  - 4) 运动学解算方法。
  - 5) 轴参数。包括最大角度、最小角度、角速度。
  - 6) 品牌。
- (2) 自定义机构功能。根据输入的参数定义离线编程软件中机器人模型。参数至少应包括：
  - 1) 模型。
  - 2) 轴数。
  - 3) DH 参数
  - 4) 后置格式。
  - 5) 运动学解算方法。
  - 6) 轴参数。包括最大角度、最小角度、角速度。
  - 7) 品牌。
- (3) 自定义工具。根据输入的参数定义离线编程软件中工具模型。参数至少应包括：
  - 1) TCP。
  - 2) 类型。
  - 3) 安装位置。
  - 4) 品牌
- (4) 自定义零件。根据输入的参数定义离线编程软件中零件模型。参数至少应包括：
  - 1) 类型。

- 2) 抓取位置。
- 3) 著作权信息
- 4) 品牌。

(5) 自定义后置。通过非代码开发的方式，让用户可以将离线编程里面的数据以程序文本的形式输出。输出格式通过调整自定义后置里面的节点的参数和顺序完成修改。

(6) 自定义底座。根据输入的参数定义离线编程软件中底座模型。参数至少应包括：

- 1) 类型。
- 2) 安装位置。
- 3) 著作权信息。
- 4) 品牌。

#### 4.3.8 参数化工艺模块

具备将轨迹的操作和相应参数打包的功能。

### 4.4 离线编程规范

#### 4.4.1 工作流程

离线编程工作流程如图 2 所示，为一组离线编程的标准工作循环：

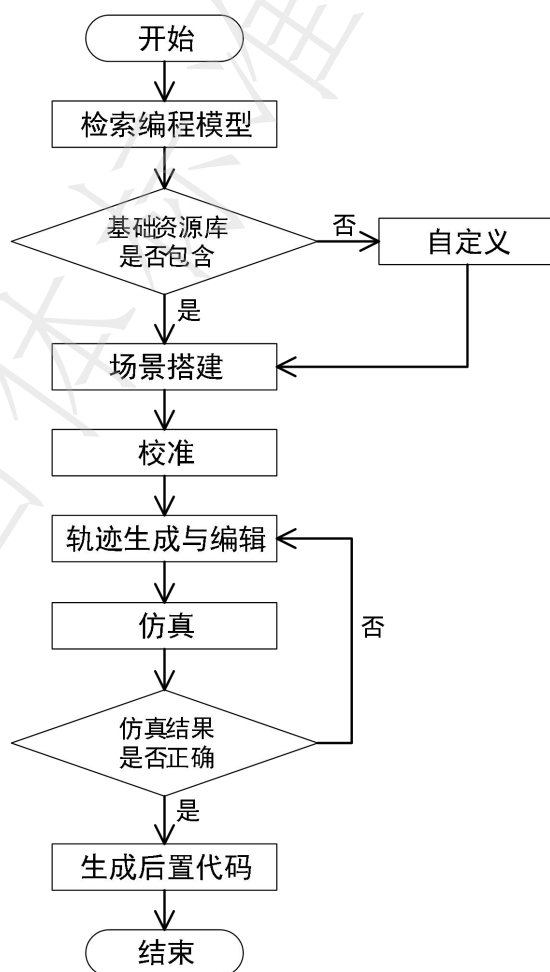


图 2 离线编程工作流程

#### 4.4.2 检索编程模型

(1) 通过“基础资源库模块”检索离线编程所需要的机器人、工具、设备的实体数字模型，并调用至操作环境。

(2) 若“基础资源库”中不包含编程模型时，通过“自定义模块”载入自定义的设计元素并定义相应参数。

#### 4.4.3 场景搭建

通过“元素移动工具模块”，根据实际工作环境，进行场景搭建，实现机器人、设备、工具就位。

#### 4.4.4 校准

(1) 根据机器人实际的校准装置，校准末端执行器，获取示教器数据，完成TCP在线设置。

(2) 通过“元素定位工具模块”的校准方法，结合实际工作环境，完成校准数据在线设置。

#### 4.4.5 轨迹生成与编辑

(1) 通过“轨迹模块”，确定“坐标系”、“点”、“线”、“面”等要素，在“操作环境”中生成机器人离线作业轨迹。

(2) 通过轨迹编辑（如出入刀点编辑、轨迹点编辑等），优化任务程序，实现最佳作业过程。

#### 4.4.6 仿真

(1) 通过“仿真模块”，在“操作环境”中对机器人的作业程序进行模拟，验证程序的正确性。

(2) 若仿真结果不正确，包含但不限于问题或异常的轨迹点、碰撞，通过“轨迹模块”再进行作业轨迹优化。

#### 4.4.7 生成后置代码

通过“后置模块”，根据机器人的语言格式要求，生成可执行的作业程序。

---



全国团体标准信息平台

工业机器人离线编程规范

T/CAMER 007—2020

出版发行单位

地址

邮编

网址

电话

印刷单位

版本版次及印刷日期

T/CAMER 007—2020