

团 体 标 准

T/CHI XX—2025

工业机器人激光加工协同控制 通用代码规范

Universal code standard for collaborative control in Industrial robot laser
machining

(征求意见稿)

提交反馈意见时，请将您知道的专利连同支持性文件一并附上。

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	4
4.1 运行环境要求	4
4.2 代码架构	4
4.3 程序结构	4
4.4 语法规则	4
4.5 执行机制	4
4.6 协同机制	4
4.7 代码优化	5
4.8 兼容性与扩展性	5
5 代码应用	5
5.1 总则	5
5.2 程序结构	5
5.3 执行顺序	5
5.4 指令前缀类型及用法	5
5.5 参数格式	7
5.6 指令使用说明	7
5.7 指令应用实例	7
5.8 编写与执行建议	7
附 录 A（规范性）工业机器人激光加工协同控制通用代码指令集	8

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。

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。

本文件由浙江摩克激光智能装备有限公司提出。

本文件由中国高技术产业发展促进会归口。

本文件起草单位：浙江摩克激光智能装备有限公司、温州大学、中国民用航空飞行学院、浙江纪汽零部件股份有限公司、温州大学激光与光电智能制造研究院、奔腾激光（浙江）股份有限公司、深圳技术大学、巨弘（北京）光电科技有限公司、武汉飞成光电科技有限公司。

本文件主要起草人：曹宇、朱小伟、杨文锋、陈再付、向家伟、付兴威、杨焕、马玉策、余光飞、尹西鹏、潘哲豪、陈冠运。

本文件为首次发布。

征求意见稿

引 言

在全球制造业加速向高端化、智能化、绿色化发展的背景下，激光加工技术正面临全新的发展机遇与挑战。传统激光加工设备在复杂形态工件、大尺寸曲面等精密加工任务中日益显现出技术局限性，而集成了工业机器人技术的新型协同驱控激光加工设备，凭借其卓越的加工灵活性、优异的位置精度和显著的高效性能，正成为行业技术发展的主流方向。然而，由于不同品牌和型号的设备在通信协议、数据格式以及控制逻辑上存在差异，导致系统集成复杂度高、维护困难、互操作性差等问题日益凸显。

本文件基于数控编程语言的代码规范，通过有效传输激光加工 TCP 路径数据，整合工业机器人多轴运动、激光器控制以及加工头操控的通信指令集，旨在实现加工路径、速度、激光功率及光斑重叠率等参数的精准控制。该文件的实施将提升工业机器人协同驱控激光加工设备的代码兼容性、互换性与可移植性，对提高生产效率、规范行业发展以及推动产业升级具有重要意义。

征求意见稿

工业机器人激光加工协同控制通用代码规范

1 范围

本文件规定了工业机器人激光加工协同控制通用代码（以下简称“通用代码”）的术语、定义、基本规定、代码应用等。

本文件适用于工业机器人协同驱控激光加工设备，具体适用于激光打标、清洗、切割、焊接、熔覆等典型工业激光加工场景下的激光加工任务。

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 8129—2015 工业自动化系统 机床数值控制 词汇

GB/T 29824—2013 工业机器人 用户编程指令

GB/T 38267—2019 机床数控系统 编程代码

GB/T 39134—2020 机床工业机器人数控系统 编程语言

JB/T 11989—2014 机床数控系统 术语与定义

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

加工协同控制 collaborative machining control

在激光加工设备中，基于统一指令系统（通用代码），通过工业机器人、激光器、加工头及辅助装置等智能协同与多模态数据融合，实现加工路径规划、工艺参数动态优化、过程同步控制及逻辑执行控制的一种集成控制方法。

3.2

通用代码 universal code

按照规定的语言和格式书写的指令，用于控制工业机器人协同驱控激光加工设备执行工业机器人轨迹运动、激光器状态控制和加工头操控等操作及动作。

3.3

程序 program

使用通用代码编写的、完成特定激光加工任务的指令集合。程序由一个程序号和多个程序段组成。

3.4

程序号 program number

程序的唯一标识符，位于程序起始位置。格式为大写字母“L”加四位无符号整数，如“L0001”。

3.5

程序段 program block

程序中的基本执行单元，由一行通用代码组成。各程序段以行号区分，按顺序执行。

3.6

指令 instruction

程序段所包含的基本组成部分，包括行号、指令前缀、参数和注释四个部分。

3.7

行号 line number

用于标识程序中各段顺序的编号，以“N”开头，从 N1 开始递增。

3.8

指令前缀 instruction prefix

用于区分指令类型的标识符，一般以“L”开头，后接不同字母组合表示功能型或逻辑型指令。

注：逻辑型指令不使用“L”前缀，采用结构化关键字表达形式。

3.9

参数格式 parameter format

定义指令中参数的数据格式，适用于功能型指令。

3.10

参数 parameter

定义指令执行内容的数值或表达式，适用于功能型和逻辑型指令。

3.11

注释 comment

用于解释代码含义或提供补充说明的信息文本，以半角字符“:”开头，不参与程序执行。

3.12

功能型指令 functional instruction

用于驱动机器人、激光器、振镜及辅助装置执行具体操作的指令集合，包括模态与非模态两类。

3.13

模态指令 modal instruction

在执行后持续有效，直至被同类型新指令替换或显式取消的功能型指令。

3.14

非模态指令 non-modal instruction

仅在所在程序段中生效的功能型指令，不影响后续指令的执行状态。

3.15

机器人参数设置指令 robot parameter setting instruction

机器人运动坐标系标定、运动学参数配置等相关参数设置的指令集合。

3.16

机器人控制指令 robot control instruction

用于控制机器人多轴联动、速度规划、路径插补等指令集合。

3.17

激光参数设置指令 laser parameter setting instruction

用于设定激光器输出参数（如功率密度、频率、脉冲宽度）的指令集合。

3.18

激光控制指令 laser control instruction

用于控制激光使能及状态控制的指令集合。

3.19

加工头控制指令 auxiliary device control instruction

用于控制激光加工头加工操作的指令集合。

3.20

辅助机构控制指令 auxiliary device control instruction

用于控制各类辅助模块状态的指令集合。

3.21

逻辑型指令 logical instruction

用于实现程序流程控制的指令集合，包括条件判断、循环结构与跳转语句等。

注1：逻辑型指令不以“L”为前缀，而是采用结构化的关键字表达形式。

注2：逻辑型指令不直接控制加工设备，而用于控制代码执行流程，是通用代码系统中的流程控制语法组件。

3.22

数值 value

描述对象在物理意义中量的多少。

3.23

布尔表达式 boolean expression

由布尔变量或常量及逻辑运算符组成的表达式，结果为真或假。

注：布尔表达式中的变量可引用程序中已执行过的功能型指令的当前状态或参数值，用于流程控制判断。

3.24

逻辑运算符 logical operator

用于构造布尔表达式的操作符。

3.25

布尔变量 boolean variable

仅能取真或假的逻辑变量，用于控制程序逻辑判断条件。

4 基本规定

4.1 运行环境要求

通用代码应具备跨平台适用性，可适配不同品牌、型号的工业机器人、激光器、激光加工头及辅助装置，并支持二次开发与系统扩展。

4.2 代码架构

通用代码指令分为两大类：用于控制机器人、激光器、加工头及辅助装置操作行为的功能型指令和用于控制程序流程，支持判断、循环、跳转等结构的逻辑型指令。功能型指令进一步划分为以下六类：机器人参数设置指令；激光参数设置指令；激光控制指令；机器人控制指令；加工头控制指令；辅助机构控制指令。

4.3 程序结构

通用代码的基本执行单元为程序，每个程序由一个程序号和若干程序段组成，用于描述一个完整的激光加工任务。

注 1：每个程序段由一条指令结构组成；

注 2：每条指令结构包含四部分：行号、指令前缀、参数与注释；

注 3：程序段按行号顺序依次执行，形成程序的加工流程逻辑；

注 4：程序段可以包含功能型指令或逻辑型指令。

4.4 语法规范

通用代码语法需遵循统一规则，便于编译、解析和控制系统执行。

注 1：每条指令结构独占一行；

注 2：各字段之间使用空格分隔；注释使用半角分号“:”引导，置于每行末尾；

注 3：指令应使用符合语义的参数值，单位统一、格式明确；

注 4：逻辑型结构需成对书写（如：IF...ENDIF, FOR...ENDFOR），不应嵌套错误或遗漏结束标志。

4.5 执行机制

程序自上而下顺序执行，支持嵌套结构的逻辑判断与循环。模态指令持续生效，直到被新指令覆盖；非模态指令仅对当前程序段有效。

4.6 协同机制

通用代码应支持机器人与激光器、加工头及辅助装置等模块之间的状态同步与并发控制。执行过程中，控制系统应确保激光开启时机器人位姿已到达设定位置，激光参数已设置完毕。

4.7 代码优化

代码应尽可能减少冗余指令，提高执行效率，并支持路径优化、动态参数调整等功能，以提升加工质量与设备利用率。

4.8 兼容性与扩展性

通用代码应支持与其他工业控制协议的兼容，并允许用户根据不同应用需求进行功能扩展，以适应多样化的激光加工场景。

5 代码应用

5.1 总则

本章规定了通用代码的编程结构、指令类型、调用方式与应用示例，用于指导用户按照标准格式编写、解析和执行通用代码程序。程序以程序号开头，包含由程序段组成的多个指令结构，用于完成加工路径、工艺参数、逻辑控制等协同任务的描述。

5.2 程序结构

通用代码程序结构由以下部分组成：

5.2.1 程序号

标识完整程序，格式为“L+四位整数”，如“L0001”。

5.2.2 程序段

程序的基本执行单元，每段由一行完整指令结构构成，包括行号、指令前缀、参数格式、参数和注释，五部分之间以空格分隔；

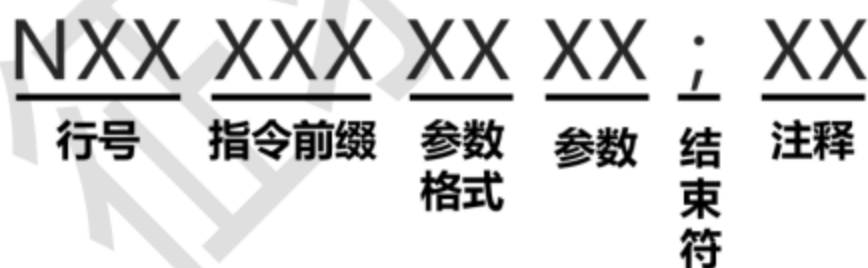


图 1 程序段语义规范

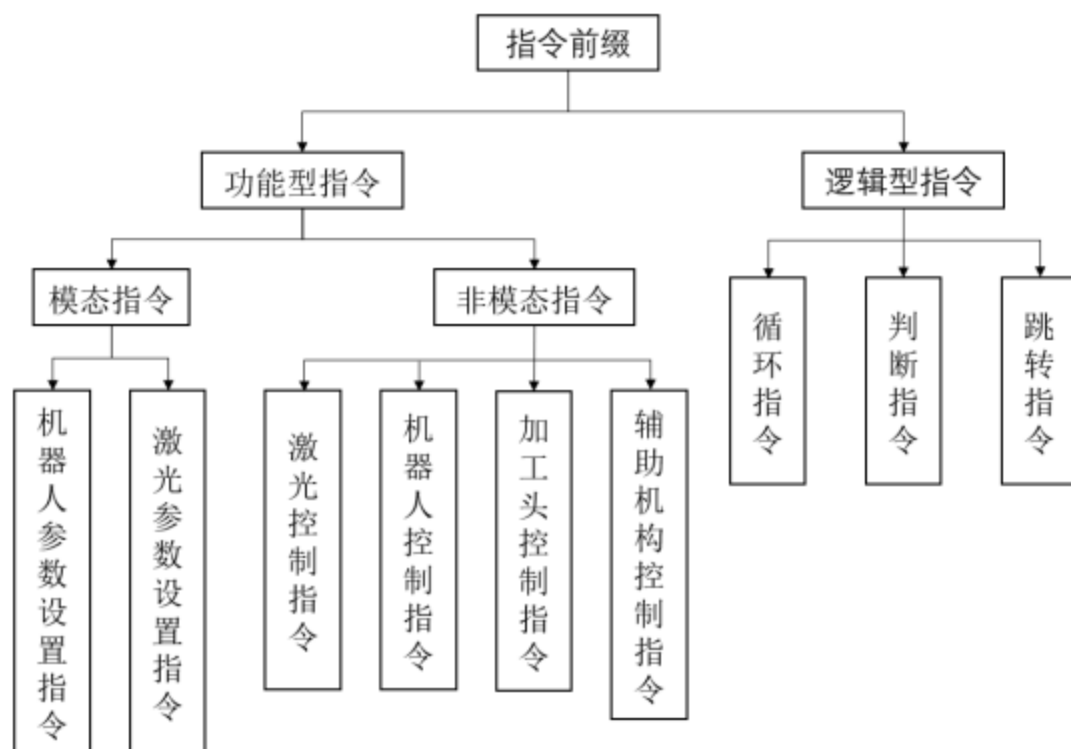
5.3 执行顺序

程序段按行号从上至下依次执行，支持逻辑跳转与循环嵌套。

5.4 指令前缀类型及用法

通用代码的指令前缀支持以下两类：功能型指令和逻辑型指令。

功能型指令用于机器人参数设置、机器人控制指令、激光参数设置、激光控制指令、加工头控制指令、辅助机构控制指令；逻辑型指令用于控制程序的执行流程，使得机器人能够根据特定的条件或逻辑规则来执行相应的动作或任务，分为循环、判断和跳转指令。



5.4.1 功能型指令

功能型指令是用于控制各类设备执行具体操作的通用代码指令，按照设备类别与功能用途，可分为以下五类：

- a) 机器人参数设置指令
设定机器人的速度、加速度、逼近距离、坐标系等参数。
- b) 机器人控制指令
实现机器人多轴联动、速度规划、路径插补等动作。
- c) 激光参数设置指令
设定激光器功率密度、频率、脉冲宽度等参数。
- d) 激光控制指令
实现激光出光、指示光及模块使能状态控制等操作。
- e) 加工头控制指令
实现激光加工头振镜扫描、光斑重叠率调节等操作。
- f) 辅助机构控制指令
控制冷却装置、标定装置、避障系统、传感器系统等外部辅助模块。

5.4.2 逻辑型指令

通用代码支持结构化的逻辑型指令，用于控制程序的执行流程，包括条件判断、循环执行与程序跳转等功能。逻辑型指令采用关键字形式表示，不以“L”为前缀，应独立成行书写，且除跳转指令外，

均应成对使用（如：IF 与 ENDIF、FOR 与 ENDFOR）。

逻辑型指令包括以下四类：

- a) 条件判断指令（IF…ENDIF）
- b) 固定次数循环指令（FOR…ENDFOR）
- c) 条件循环指令（WHILE…ENDWHILE）
- d) 跳转至指定程序段指令（GOTO）

注1:条件判断或循环结构中的变量（如LPP、LRV等）表示当前系统中已设定的参数值，即功能型指令执行后的状态数据。

注2:固定次数循环指令FOR的参数为正整数，表示循环体的执行次数。

注3:跳转指令GOTO的参数为已有程序段的行号（如N10），跳转目标应明确存在。

注4:所有结构化逻辑型指令应语法闭合，避免遗漏结束语句（如ENDIF、ENDFOR、ENDWHILE）导致程序解析失败。

5.5 参数格式

参数格式是定义指令中参数的数据格式，包含整数类型、浮点类型、字符串类型。用两位数字来区分，如01表示整数类型，10表示浮点类型，11表示字符串类型。

5.6 指令使用说明

完整指令参数列表详见附录A。

5.7 指令应用实例

以下为通用代码在典型激光加工任务中的应用程序示例：

```
L0001
N1 L12 01 01:激光器端口使能
N2 M12 40:设置激光功率为40%
N3 L30 01:开启冷却系统
N4 FOR 1 TO 3:执行3次扫描
N5 L01 01 X800 Y0 Z520 A0 B0 C90
N6 L10 01 :激光开启
N7 L02 01 X850 Y0 Z520 A0 B0 C90;
N8 L02 01 X850 Y50 Z520 A0 B0 C90;
N9 L10 00 :激光关闭
N10 ENDFOR
N11 L30 00 :关闭冷却系统
```

注1:示例中的“L0001”为程序号。

注2:各程序段按行号分开。

注3:示例第三行中的“:”用于引出其后的注释。程序注释不具有控制功能,只为程序提供补充解释和说明。

5.8 编写与执行建议

所有通用代码应使用标准格式，避免混合缩进、缺少参数等非规范写法；推荐添加必要注释，提升代码可读性和可维护性；对于复杂工艺，应合理使用逻辑结构，避免程序段冗余；控制系统在执行前应支持通用代码语法校验，确保执行安全。

附录 A

(规范性)

工业机器人激光加工协同控制通用代码指令集

A.1 功能型指令汇总表

A.1.1 模态指令 (以“M”开头)

A.1.1.1 机器人参数设置指令 M0_ 系列

a) 名称: M01

功能解释: 机器人速率设置

设定形式: M01 x

说明: x 表示对机器人速率设定范围 (单位百分比, 1~100%) 的指定;

b) 名称: M02

功能解释: 机器人运动轴速率设置

设定形式: M02 x1 x2

说明: x1 表示对机器人轴的指定; x2 表示对机器人速率设定范围 (单位百分比, 1~100%) 的指定;

c) 名称: M03

功能解释: 机器人运动轴加速度比率设置

设定形式: M03 x1 x2

说明: x1 表示对机器人轴的指定; x2 表示对机器人加速度比率设定范围 (单位百分比, 1~100%) 的指定;

d) 名称: M04

功能解释: 机器人直线速度设置

设定形式: M04 x

说明: x 表示对机器人直线运动速度的指定;

e) 名称: M05

功能解释: 机器人直线加速度设置

设定形式: M05 x

说明: x 表示对机器人直线运动加速度的指定;

f) 名称: M06 后续指令扩展。

A.1.1.2 激光参数设置指令 M1_ 系列

a) 名称: M10

功能解释: 激光开光延时

设定形式: M10 x

说明: x 表示延时时间, 单位 ms;

b) 名称: M11

功能解释：指示光延时

设定形式：M11 x

说明：x 表示延时时间,单位 ms;

c) 名称：M12

功能解释：激光器参数设置

设定形式：M12 x1 x2 x3 x4

说明：x1 表示激光器的功率,使用最大功率的百分比表示；x2 表示激光器的电流,单位为 mA；x3 表示激光器的频率,单位为 Hz；x4 表示激光器的脉冲宽度,单位为 ns；

d) 名称：M13 后续指令扩展。

A.1.2 非模态指令（以“L”开头）

A.1.2.1 机器人控制指令 L0_ 系列

a) 名称：L01

功能解释：机器人点到点运动

设定形式：L01 10 x1 x2 x3 x4 x5 x6

说明：x1 表示 X 轴坐标,单位为 mm；x2 表示 Y 轴坐标,单位为 mm；x3 表示 Z 轴坐标,单位为 mm；x4 表示 X 轴旋转,采用欧拉角表示,单位为°；x5 表示 Y 轴旋转,采用欧拉角表示,单位为°；x6 表示 Z 轴旋转,采用欧拉角表示,单位为°；

b) 名称：L02

功能解释：机器人直线运动

设定形式：L02 10 x1 x2 x3 x4 x5 x6

说明：x1 表示 X 轴坐标,单位为 mm；x2 表示 Y 轴坐标,单位为 mm；x3 表示 Z 轴坐标,单位为 mm；x4 表示 X 轴旋转,采用欧拉角表示,单位为°；x5 表示 Y 轴旋转,采用欧拉角表示,单位为°；x6 表示 Z 轴旋转,采用欧拉角表示,单位为°；

c) 名称：L03 后续指令扩展。

A.1.2.2 激光控制指令 L1_ 系列

a) 名称：L10

功能解释：关闭/开启激光

设定形式：L10 x

说明：x 取 00 为关闭；取 01 为开启；

b) 名称：L11

功能解释：关闭/开启指示光

设定形式：L12 x

说明：x 取 00 为关闭；取 01 为开启；

c) 名称：L12

功能解释：关闭/开启某激光或振镜端口使能

设定形式：L12 x1 x2

说明：x1 表示对端口号的指定,如激光器(端口 1)、振镜(端口 2)等；x2 表示该端口使能状态,00 表示关闭,01 表示开启；

d) 名称：L13 后续指令扩展。

A.1.2.3 加工头控制指令 L2_ 系列

a) 名称：L20

功能解释：加工头振镜参数设置

设定形式：L20 01 x1 x2 x3 x4 x5

说明：x1 表示扫描单元横向尺寸,单位为 mm；x2 表示扫描单元纵向尺寸,单位为 mm；x3 表示填充方式：1 为单向填充、2 为双向填充、3 为环形填充、4 为环形反转、5 为弓形填充、6 为优化弓填充；x4 表示光斑速度,单位为 mm/s；x5 表示填充线间距,单位为 μm ；

b) 名称：L21

功能解释：激光加工次数设置

设定形式：L21 01 x

说明：x 表示次数；

c) 名称：L22 后续指令扩展。

A.1.2.4 辅助机构控制指令 L3_ 系列

a) 名称：L30

功能解释：关闭/开启冷却装置

设定形式：L30 x

说明：x 取 0 为关闭；取 1 为开启；

b) 名称：L31

功能解释：机器人激光标定基准距离设置

设定形式：L31 x

说明：x 表示距离，单位 mm；

c) 名称：L32

功能解释：设备运行避障阈值设置

设定形式：LAAT x

说明：x 表示距离，单位 mm；

d) 名称：L33 后续指令扩展。

A.2 逻辑型指令汇总表（结构化关键字形式）

a) 名称：IF...ENDIF

功能解释：条件判断

功能：判断 IF...ENDIF 内的程序段是否运行

示例：

```
N1 IF L22<50;
```

```
...
```

N10 ENDIF;

说明：若 L22<50 为真，则运行 IF…ENDIF 内的程序段

b) 名称：WHILE…ENDWHILE

功能解释：条件循环

功能：无限循环 LOOP…ENDLOOP 内的程序段

示例：

N1 LOOP;

…

N10 ENDLOOP;

c) 名称：FOR…ENDFOR

功能解释：固定次数循环

功能：指定 FOR…ENDFOR 内的程序段循环次数

示例：

N1 FOR 8;

…

N10 ENDFOR;

说明：指定 FOR…ENDFOR 内的程序段循环次数为 8；

d) 名称：GOTO

功能解释：程序跳转

功能：跳转到某一程序段

示例：

N1 GOTO N8;

说明：跳转到行号为“N8”的程序段；

A.3 注

注 1:所有功能型指令需以“L”开头并遵循统一结构，所有参数以空格分隔；

注 2:所有逻辑型指令需独占一行，起止结构需闭合，语法错误将导致程序中断；

注 3:附录 A 中列出的指令为常用项，用户可根据实际设备配置进行扩展定义（详见第 4.9 节）；

注 4:在逻辑型指令中，布尔表达式可引用功能型指令所设置的当前值（如 M01、L22 等），用于判断其是否满足某一逻辑条件。