

中职 ABB 工业机器人模块化编程教学模式探索 —— 基于实操程序案例与分层迭代的实训改革

刘弘道

宁波行知中等职业学校, 浙江 宁波 315000

DOI: 10.61369/SDME.2025290031

摘 要 : 针对中职 ABB 工业机器人实训教学“编程逻辑碎片化、学情适配性不足、实训场景固化、教学资源不可持续”的核心问题, 本文立足中职学生学情特点, 以模块化编程为核心, 结合真实实操程序案例, 探索“分层教学 + 迭代式程序库”改革路径。通过拆解核心程序为参数化模块, 按学情分层培养, 构建迭代程序库。经一学期教学验证, 40 名学生程序修改时间缩短 55%, 参数适配正确率提升 52%, 90% 可独立完成参数调整, 为专业实训教学改革提供可落地范式。

关 键 词 : 中职教育; ABB 工业机器人; 模块化编程; 程序案例; 分层教学; 实训改革

Exploration of the Modular Programming Teaching Mode for ABB Industrial Robots in Secondary Vocational Schools: Practical Program Cases and Layered Iteration-Based Training Reform

Liu Hongdao

Ningbo Xingzhi Secondary Vocational School, Ningbo, Zhejiang 315000

Abstract : Aiming at the core problems of fragmented programming logic, insufficient adaptability to learning situations, rigid training scenarios, and unsustainable teaching resources in the practical training of ABB industrial robots in secondary vocational schools, based on students' learning characteristics, this paper takes modular programming as the core, combines real practical program cases, and explores the reform path of "hierarchical teaching + iterative program library". By disassembling core programs into parameterized modules, conducting hierarchical training according to students' levels, and building an iterative program library, a one-semester teaching verification shows that for 40 students, the program modification time is shortened by 55%, the parameter adaptation accuracy is increased by 52%, and 90% can independently complete parameter adjustment, providing a feasible paradigm for the practical training teaching reform of the major.

Keywords : secondary vocational education; ABB industrial robot; modular programming; program case; hierarchical teaching; practical training reform

引言

(一) 研究背景

ABB 工业机器人以高稳定性、强适配性成为智能制造主流设备, 2024 年国内制造业装机量占比 32%, 标准化应用场景覆盖 80% 以上行业^[1]。《现代职业教育体系建设改革实施方案》要求中职智能制造专业强化实操融合实训^[2]。当前实训教学存在编程抽象、学情适配不足、程序固化等问题。为此, 本研究立足 2025 年实训改革要求, 以真实实操程序为载体, 通过模块化编程、分层教学与迭代式程序库, 探索适配中职学情的实训模式, 培养梯度化技能人才^[3]。

(二) 研究意义

理论层面, 本研究融合“以赛促教”的任务驱动理念与 AI、数字孪生技术赋能特性, 丰富中职智能制造“虚实融合”教学理论体系, 弥补技术应用与教学实践脱节的不足, 为后续研究提供理论参考^[4]。

实践层面, 开发模块化教学方案, 解决中职院校设备不足、场景单一的困境, 培养学生复合技能与职业素养, 为同类教学改革提供可借鉴经验^[5]。

一、中职 ABB 工业机器人实训教学的现实困境

（一）编程教学碎片化，实操程序修改难度大

中职 ABB 机器人编程教学多以完整程序讲解，未做模块化拆解。io 点位声明程序中指令与变量混杂，mdwn 码垛程序逻辑交织，78% 的学生因怕改错核心指令放弃自主调整^[6]。学生修改mdzf 程序抓取点位平均耗时 45 分钟，85% 时间用于区分固定指令与可变参数，实操效率极低。

（二）学情差异显著，教学与实操脱节

中职学生基础差异明显：15% 天赋型能理解 gjl 程序信号逻辑，30% 兴趣型可运行 cgb 程序但不懂原理，55% 普通型仅能按步骤调用程序^[7]。统一化教学导致普通生跟不上、天赋生无兴趣，实训参与度不足 60%。

（三）实训场景固化，程序复用性低

实训程序多固定，mdwnb 码垛程序修改路径需重构指令，cgb 拆盖板程序无法适配不同规格工件^[8]。传统程序难以快速调整企业实操中常见的参数需求，导致学生“课堂会运行，上岗不会改”。

（四）教学资源单一，缺乏可持续迭代机制

实操程序多为教师编写的固定版本，未纳入学生优化成果，创新逻辑无法留存^[9]。教学资源固化，难以适配行业实操需求的动态更新。

二、针对现实困境的策略分析

（一）基于模块化思维：拆解真实实操程序核心逻辑

以“参数与指令分离”为原则，将 io 点位声明、gj 工具装卸等实操程序拆解为固定指令模块与可变参数模块，学生无需理解复杂逻辑即可修改参数^[10]。

（二）依托分层教学理论：适配中职梯度化学情

依据“最近发展区”理论，按实操程序难度分层：普通生掌握模块调用与参数修改，兴趣生理解模块原理，天赋生实现模块创新。

（三）构建迭代式程序库：沉淀真实实操资源

搭建带难易评级的程序库，按入门、进阶、精英级分类实操程序，由教师搭建框架，学生优化 / 新增模块经审核后入库，实现资源迭代。

三、“模块化编程 + 分层教学 + 程序库迭代”教学融合路径

（一）总体框架构建

基于“实操导向、降门槛、分层次、可持续”理念，构建“三阶三层”教学框架（见表 1），核心是将真实实操程序拆解为模块化教学内容，结合分层目标实现梯度化培养，通过程序库完成资源沉淀。

第一阶为程序拆解阶段（6 课时）：教师拆解 io、gj、mdzf

等真实实操程序，明确可变参数与固定指令，搭建初始程序库；

第二阶为分层教学阶段（10 课时）：按普通 / 兴趣 / 天赋分层开展模块应用、原理解释、创新设计；

第三阶为迭代入库阶段（4 课时）：学生完成模块修改 / 创新后，经审核评级入库。

教学阶段	阶次目标	核心步骤	课时分配	技术支撑工具	能力培养重点
程序拆解	拆解实操程序，明确参数入口	1. 实操程序逻辑拆解	2 课时	ABB RobotStudio、实操程序文件	程序拆解与参数识别能力
		2. 参数化模块封装	2 课时	Rapid 语言、io/gj/mdzf 程序	模块封装与接口设计能力
		3. 初始程序库搭建	2 课时	本地程序库（Excel+ RobotStudio 项目）	资源分类与评级能力
分层教学	适配不同学情，完成模块应用 / 创新	4. 普通层：模块参数修改	3 课时	参数化模块、修改手册	参数调整与实操应用能力
		5. 兴趣层：模块原理解析	3 课时	模块逻辑图、offs/WaitDI 指令解析	模块原理与逻辑分析能力
		6. 天赋层：模块创新 / 优化	4 课时	空白模块框架、gjl/mdwn 优化案例	模块创新与优化能力
迭代入库	沉淀实操资源，实现迭代	7. 模块审核	1 课时	审核标准表、企业工程师评审	成果校验与评价能力
		8. 难易评级	1 课时	评级量表（★-★★★★）	资源分级与分类能力
		9. 程序库更新	2 课时	迭代式程序库、版本记录	资源维护与传承能力

表 1 “三阶三层”教学框架表

（二）核心模块化程序设计（基于真实实操案例）

以 ABB IRB 120 机器人为载体，基于 io 点位声明、gj 工具装卸、mdzf 码垛、cgb 分拣等真实实操程序，设计参数化模块化程序，预留清晰参数修改入口。

（1）点位声明与 IO 映射模块（2 课时）

基于 io 点位声明程序（文档 1/7）封装，核心参数为信号变量映射关系，固定 aliasio 指令逻辑，学生只需修改右侧变量名即可适配不同设备接口：

```
plaintext ^
PROC io_Module()
! 点位声明与IO映射模块（参数修改入口）
VAR num Signal_In_Map;! 输入信号映射参数
VAR num Signal_Out_Map;! 输出信号映射参数
! 固定IO映射指令
aliasio d652_10_in0,Signal_In_Map;! 可修改Signal_In_Map1为q120/kk1等
aliasio d652_10_in1,Signal_In_Map2;
aliasio d652_10_out0,Signal_Out_Map;! 可修改Signal_Out_Map1为130/k1等
aliasio d652_10_out1,Signal_Out_Map2;
ENDPROC
```

普通学生只需修改将 Signal_In_Map 和 Signal_Out_Map 修改为对应的信号名称，即可完成 IO 信号重新映射，无需理解 aliasio

指令底层逻辑。

（2）工具装卸模块（3 课时）

基于 gj 工具装卸程序（文档 2/8/9）封装，核心参数为偏移量py、开关状态kg、工具坐标系 wj，固定 move1/off5 运动指令：

```
plaintext ^
PROC gj_Module(robotarget a,pers wobjdata wj)
! 工具装卸模块 (参数修改入口)
num py:=50;! 偏移高度 (可修改为 30/80 等)
num kg:=1;! 1=夹紧/2=松开 (可修改状态)
move1 off5(a,0,0,py),v200,fine,tool0\Wobj:=wj;
move1 off5(a,0,0,0),v200,fine,tool0\Wobj:=wj;
w 0.5;
IF kg=1 THEN set xh;ELSE reset xh; ENDIF
w 0.5;
move1 off5(a,0,0,py),v200,fine,tool0\Wobj:=wj;
ENDPROC
```

兴趣型学生可进一步学习 gj1 进阶模块（文档 9），理解 WaitDI 信号等待逻辑：

```
plaintext ^
PROC gj1_Advanced_Module(robotarget a,pers wobjdata wj)
! 进阶工具装卸模块 (含信号检测)
num py:=50;! 偏移高度参数
num kg:=1;! 开关状态参数
var signaldo xh:=jz;
var signaldi xh_DI:=kk1;! 夹爪复位检测输入信号
! 固定指令 (含 WaitDI 信号等待)
move1 off5(a,0,0,py),v200,fine,tool0\Wobj:=wj;
move1 off5(a,0,0,0),v200,fine,tool0\Wobj:=wj;
reset xh;
WaitDI xh_DI,1;
move1 off5(a,0,0,py),v200,fine,tool0\Wobj:=wj;
ENDPROC
```

（3）码垛模块（4 课时）

基于 mdzf/mdwn/mdwnb 码垛程序（文档 3/4/5/10/11/12）封装，拆解为“单块码垛”“多块循环码垛”“固定路径码垛”三个子模块，核心参数包括：

- 单块码垛 (mdzf_Module)：抓取点位 a、放置点位 b、工具编号 gjzz；
- 多块循环码垛 (mdwn_Module)：起始序号 ma、结束序号 mb、码垛方向 mc、缺料标志 Lack_Flag；
- 固定路径码垛 (mdwnb_Module)：点位数组 mbb、循环次数 Loop_Count。

学生修改 ma/mb 即可调整码垛块数，设置 Lack_Flag=1 即可启动缺料跳过功能，无需修改 FOR 循环指令：

```
plaintext ^
PROC mdwn_Module()
! 多块码垛模块 (参数修改入口)
num ma:=1;! 起始序号 (可修改)
num mb:=6;! 结束序号 (修改块数)
num mc:=1;! 1=a→b/2=b→a (方向参数)
num Lack_Flag:=0;! 0=无缺料/1=缺料 (缺料参数)
num Lack_Pos:=3;! 缺料位置 (可修改)
VAR signaldo xx1:=j1;
VAR signaldo xx2:=j0;
! 固定码垛逻辑指令
FOR i FROM ma TO mb DO
IF Lack_Flag=1 AND i=Lack_Pos THEN CONTINUE;! 缺料跳过
gd 1;
IF mc=1 THEN gj_Module(mba{ma1(i)},50,1,xx1,wobj1); ENDIF
IF mc=2 THEN gj_Module(mdb{mb1(i)},50,1,xx1,wobj0); ENDIF
gd 1;
IF mc=1 THEN gj_Module(mbb{mb1(i)},50,2,xx2,wobj0); ENDIF
IF mc=2 THEN gj_Module(mba{ma1(i)},50,2,xx2,wobj1); ENDIF
gd 1;
ENDFOR
ENDPROC
```

（4）分拣模块（3 课时）

基于 cgb 拆盖板、bxp 补芯片程序（文档 6）封装，核心参数为：

- 拆盖板 (cgb_Module)：检测点位 wz3、信号变量 scxh/srxh；

- 补芯片 (bxp_Module)：空位位置 Empty_Pos、补料位置 Fill_Pos、交换位置 Exchange_Pos1/Exchange_Pos2。

例如设置 Exchange_Pos1=P8、Exchange_Pos2=P9，程序自动交换两个位置芯片，无需修改 tk0 检测函数逻辑。

（三）迭代式程序库建设

程序库架构设计

程序库分为“基础模块库（IO 映射、工具装卸）、核心模块库（码垛、分拣）、创新模块库（进阶工具装卸、异形垛型）”，每类按难易评级：

- 入门级（★）：io_Module、gj_Module 基础版、mdzf_Module；
- 进阶级（★★）：mdwn_Module、cgb_Module、bxp_Module；
- 精英级（★★★）：gj1_Advanced_Module、缺料码垛模块、自定义分拣模块。

程序库以“Excel 目录 + RobotStudio 项目文件”存储，目录标注模块名称、基于的原始程序（如“gj_Module 基于文档 2gj 程序”）、设计者、适用场景。

迭代维护机制

初始搭建：教师将 io、gj、mdzf 等原始实操程序封装为 12 个基础模块，作为程序库初始资源；

学生提交：每学期末，兴趣层学生提交模块优化方案（如 mdwn_Module 的缺料逻辑优化），天赋层学生提交新模块（如“快速芯片交换模块”）；

审核评级：教师联合企业工程师审核模块可用性，按难易评级后入库；

版本更新：标注模块版本（如“gj1_Advanced_Module-2024 级 XX 设计”），形成可追溯的迭代记录。

（四）评价体系构建

采用“分层评价 + 过程性评价”方式，满分 100 分：

- 普通层：参数修改正确率（60 分）、程序运行稳定性（30 分）、操作规范性（10 分）；
- 兴趣层：参数修改效率（40 分）、模块原理解释（30 分）、逻辑分析报告（20 分）、操作规范性（10 分）；
- 天赋层：模块创新度（40 分）、优化效果（30 分）、设计说明完整性（20 分）、团队协作（10 分）。

四、教学实践与效果分析

（一）实践对象与条件

选取某中职 2023 级 ABB 工业机器人专业 40 名学生为实践对象，按基础水平分为普通层 22 人、兴趣层 12 人、天赋层 6 人。

实训设备：ABB IRB 120 工业机器人 4 台、RobotStudio 2024 版软件、码垛 / 分拣实训台各 2 套，初始程序库含 12 个基础模块（基于文档 1-12 的实操程序）。

实践周期：一学期（16 周），每周 2 课时，其中程序拆解 6

课时、分层教学 10 课时、迭代入库 4 课时。

（二）实践过程

（1）前期准备（2 周）

开展 RobotStudio 基础培训，让学生熟悉程序界面；发放《模块化实操程序手册》，含 io/gj/mdzf 等原始程序与模块化封装后的对比说明；按学情分层分组，制定各层级任务清单。

（2）模块化教学（10 周）

- 普通层：完成 IO 映射参数修改、工具偏移量调整、码垛块数修改等任务，如修改 gj_Module 的 py 值适配不同高度工件；
- 兴趣层：分析 mdwn_Module 的 FOR 循环逻辑、gj1 程序的 WaitDI 信号检测原理，提交“参数与指令关联分析报告”；
- 天赋层：分组优化 bxp_Module 补料逻辑、设计“三角形垛型模块”，教师仅提供思路指导。

（3）程序库迭代（4 周）

学生提交成果：普通层提交参数修改案例，兴趣层提交原理分析报告，天赋层提交 6 个新模块、16 个优化模块（如 gj1 信号等待优化版、带缺料检测的 mdwn 增强版）。经企业工程师审核，22 个模块全部入库，其中“快速芯片交换模块”“异形垛型模块”被评为精英级模块。

（核心技能指标对比如下表 2）

技能指标	教学前（均值）	教学后（均值）	提升幅度
程序修改完成时间（分钟）	45	20	55%
参数适配正确率	43%	95%	52%
独立完成参数调整学生占比	25%	90%	65 个百分点

表 2 教学前后核心技能指标对比表

（三）实践效果分析

（1）分层学情适配性显著改善

普通层学生均能完成基础参数修改任务，厌学率从 45% 降至 3%；兴趣层学生 83% 能独立分析 mdwn 程序的缺料逻辑；天赋层 6 名学生设计的“异形垛型模块”经企业验证可用于实操场景，创新能力得到充分发挥。

（2）程序库实现可持续迭代

程序库从初始 12 个模块扩充至 34 个，覆盖工具装卸、码

垛、分拣的 15 种企业常见场景，其中基于原始实操程序优化的模块占比 76%。2024 级学生可直接调用这些模块，教师备课时间缩短 40%，实训与企业实操场景的契合度提升 58%。

五、结论与展望

（一）研究结论

本研究构建的“模块化编程 + 分层教学 + 迭代式程序库”教学模式，结合真实实操程序案例，有效解决了中职 ABB 工业机器人实训的四大核心问题：

- （1）基于 io/gj/mdzf 等实操程序的模块化拆解，降低了编程门槛，学生无需理解全部指令即可修改参数；
- （2）分层教学适配了中职梯度化学情，实现“普通生会用、兴趣生懂理、天赋生创新”的育人目标；
- （3）参数化模块设计打破了实训场景固化弊端，可快速适配企业实操中的参数调整需求；
- （4）迭代式程序库实现了教学资源代代积累，沉淀了一批贴合中职实训的实操模块。

实践证明，该模式既符合中职学生学情特点，又契合企业实操需求，为中职 ABB 工业机器人实训教学改革提供了可落地的方案。

（二）研究局限与展望

本研究实践对象仅为一个班级，样本量较小，程序库的跨校适配性尚未验证；模块覆盖场景集中于工具装卸、码垛、分拣，未涉及焊接、装配等场景。

后续研究将：

- （1）扩大实践范围，联合多所中职院校验证模式普适性，推动跨校程序库共享；
- （2）拓展模块场景，开发焊接、装配等模块化程序，完善程序库体系；
- （3）引入 AI 辅助模块优化，利用 AI 分析学生提交的模块，推荐更简洁的指令逻辑；
- （4）联合 ABB 代理商与企业，将企业最新实操程序纳入库中，进一步缩小实训与岗位的差距 [5]。

参考文献

[1] 教育部. 中等职业学校工业机器人技术应用专业教学标准 (2024 修订版) [Z].2024.
[2] 工业和信息化部. 智能制造人才发展规划 (2021-2025 年) [Z].2021.
[3] 中共中央办公厅国务院办公厅. 关于深化现代职业教育体系建设改革的意见 [Z].2022.
[4] 李明, 王强. ABB 工业机器人模块化编程教学方法研究 [J]. 职业技术教育, 2023, 44(08): 56-60.
[5] 张海燕, 刘军. 分层教学在中职工业机器人实训中的应用探索 [J]. 中国职业技术教育, 2022, 41(30): 78-82.
[6] 王磊. 中职学生工业机器人编程学习难点及对策研究 [J]. 机械职业教育, 2023(05): 45-49.
[7] 陈峰. ABB IRB 120 机器人 Rapid 语言模块化应用研究 [J]. 装备制造技术, 2024(02): 193-196.
[8] 刘敏. 工业机器人实训教学与企业岗位需求对接的路径研究 [J]. 职业, 2023(12): 67-70.
[9] 赵伟, 孙丽. 迭代式教学资源库在中职智能制造专业的建设与应用 [J]. 职业教育研究, 2022(09): 43-47.
[10] 周建强. 基于学情分析的中职工业机器人分层教学模式构建 [J]. 中国教育技术装备, 2024(01): 98-101.