高端制造模式转型之路（四）：SOP 文件体系建立*

张根保[①②]，罗天洪[③]，朱　晓[③]
（①重庆大学机械与运载工程学院，重庆 400044；②重庆文理学院智能制造工程学院，
重庆 402160；③重庆城市职业学院，重庆 402160）

摘　要：针对传统低端制造模式普遍存在的标准作业程序缺乏，难以实现高质量、高效率、高水平设计制造的问题。首先，论述了标准作业程序（**standard operation procedure, SOP**）的基本概念和作用；其次，介绍了面向高端制造模式的 **SOP** 文件体系编写要求和标准模板，包括 **SOP** 文件体系的整体策划、**SOP** 文件体系中各规范之间的相互影响关系、**SOP** 文件的特征和编写要求、**SOP** 文件的标准格式和主要内容，以及 **SOP** 文件的编写模板；再次，介绍了面向高端制造模式的 **SOP** 文件体系的建立流程和方法；最后，讨论了面向高端制造模式的 **SOP** 文件体系的运行有效性控制方法。对数控机床制造企业的产品向高端化转型具有重要的指导作用。

关键词：SOP；文件体系；有效性控制；高端制造模式；标准作业程序
中图分类号：T-19，TH13　　文献标识码：A
DOI: 10.19287/j.mtmt.1005-2402.2025.11.012

全文在线

The road of manufacturing mode transformation（4）: establishment of SOP file system

ZHANG Genbao[①②], LUO Tianhong[③], ZHU Xiao[③]
(①College of Mechanical and Vehicle Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, CHN;
②School of Intelligent Manufacturing Engineering, Chongqing University of Arts and Sciences, Chongqing 402160, CHN; ③Chongqing City Vocational College, Chongqing 402160, CHN)

Abstract: Addressing the common issue of Lacking of standard operating procedures, difficultly to achieve high quality, high efficiency, and high level of design and manufacturing in traditional low-end manufacturing models. Firstly, the basic concepts and functions of standard operating procedure (SOP) were discussed. Secondly, the requirements and standard templates for writing SOP file system for high-end manufacturing mode were introduced, including the following content: the overall architecture of SOP file system, the mutual influence relationship between various specifications in the SOP file system, the characteristics and writing requirements of SOP files, the standard format and main content of SOP files and the template for writing SOP files. Thirdly, the process and method for establishing a SOP file system for high-end manufacturing mode were introduced. Finally, the operational effectiveness control method of the SOP file system for high-end manufacturing mode was discussed. The content discussed in this paper, to play a very important guiding role in the transformation of the products of CNC machine tool manufacturers to the high-end direction.

Keywords: SOP; file system; effectiveness control; high end manufacturing mode; standard operation procedure

经过近 50 年的改革开放，中国已成为世界制造大国，传统工业品、高科技产品、工程机械、新能源装备等多个领域的产品规模和产量居世界第一。但从产品的技术水平、质量水平和创新能力看，距离真正的制造强国还有一定的距离。主要原因有两个：第一，国家实行改革开放政策之前，由于生产

* 国家自然科学基金重点资助项目（51835001）

资料短缺，制造能力低下，没有形成完善的市场竞争机制，我国不得已实行了计划经济模式，制造企业完全按国家计划生产各种产品，产品的功能和性能主要满足国民经济和国防安全的基本需求，对我国工业生产的提升和满足国民经济需求起到很大的保障作用，但短缺的经济模式对技术和质量的要求不高，由于企业没有市场竞争的压力，也就没有技术创新的动力，产品的档次低下，基本上没有参与国际市场竞争的能力；第二，在国家实行改革开放政策后，企业主要靠购买国外的技术来进行产品的提档升级，但国外企业将先进技术牢牢掌握在他们自己手中，国内企业只能生产国外已经淘汰或接近淘汰的产品，我国在大量消耗资源、能源、劳动力和严重污染环境的条件下从规模上逐渐成为世界第一制造大国，但制造的产品仍属于中低端产品，技术水平和产品质量与国外先进的产品相比差距依然很大[1]。意识到这个问题后，国家这几年加快了由制造大国向制造强国转型的步伐，主要措施是打造自主可控的创新能力和高端制造模式，使得企业逐渐能够独立自主、稳定地生产高端产品。

被尊称为“华人管理教育第一人”的上海交通大学国际领导力研究所所长余世维教授曾说过：“一个公司要有两本书，一本书是红皮书，是公司的策略，即作战指导纲领；另一本书是蓝皮书，即标准作业程序（SOP）[2]，而且这个标准作业程序一定要做到细化和量化。”余世维教授的这句话充分说明了 SOP 在企业管理中的重要作用。因此，企业要打造高端制造模式，就必须建立全套标准作业程序，即 SOP 体系，并通过 SOP 体系的有效运行，才能培训出高素质的人才，才能稳定高效地生产出高档次的产品，才能实现向高端制造模式转型的目标。

1 标准作业程序的基本概念和作用

1.1 标准作业程序的基本概念

从制造技术的发展历程上看，最早能够称得上“制造技术”的是 18 世纪起源于欧洲的技艺式制造（也称为坊式制造），典型特征是一个零件的所有制造工序都集中在一个工位来完成，指导制造的文件简单、制造效率低、产品一致性差、加工质量主要依靠工人的手工技艺来保障，培训主要是通过师傅带徒弟的方式，通过长时间的学习和实践来完成的。直到大规模流水线制造时代，随着标准化技术、互换性和劳动分工等概念的出现并应用在企业中，企业的制造效率得到大幅提升。然而，随着生产规模持续扩张、产品复杂度呈几何级数增长，制造流程的专业化细分导致质量管控成本激增，生产系统协同复杂度突破传统管理边界。面对效率优化、资源集约、质量保障及管理简化的多维挑战，必须在设计、制造、采购、质量控制和人员培训等环节引入标准化技术，于是出现了 SOP 的概念，以工艺文件和作业指导书的形式统一规定各工位或岗位的标准化操作流程、步骤和方法。

SOP 的主要目的是将某一事件的标准操作步骤和要求以统一的格式描述出来，用来指导和规范日常的工作，特别是一线员工的日常操作。

SOP 是经过不断实践总结提炼出来的、经过实践验证的、在当前条件下可以实现的最优化的操作程序设计。通俗来讲就是尽可能地将相关操作步骤（特别是影响产品高端化的关键步骤）进行细化、量化和优化，既不会在理解上造成歧义，但又具有很强的可操作性。

SOP 在各行各业都有广泛的应用，特别是对安全、效率、浪费、服务和一致性要求较高的行业，如宾馆服务业、医疗服务业和电信装备制造业等，一般都需要建立系统、全面、规范、详尽的 SOP 体系[3−4]。以餐饮服务业为例，消费者对快餐业的要求是食品的口味一致、点餐便捷、等待取餐的时间短，为了满足消费者的需求，快餐业巨头麦当劳就建立了一套完整的 SOP 体系，该体系文件共有 500 多页，仅牛肉饼的制作就包括 40 多个控制流程，且对各个工序的操作步骤、时间和食材的用量都有明确的规定。严格的标准化和操作培训，保障了全世界 30 000 多家麦当劳店食品口味的一致性与统一化的服务模式和质量。借助于 SOP 体系，麦当劳长期处于快餐业王者的地位。执行 SOP 比较好的另一个典型是航空运输业，特别是航空客运业务，对安全性的要求极高，必须建立完整详尽的 SOP 体系。例如，上海航空公司仅针对波音 757/767 飞机运行建立的《机组标准操作手册》[5] 包括 9 章的内容，共计 474 页，覆盖了 170 个流程的控制；某民航机场仅安检作业就制定了 29 个大控制流程、136 个小控制流程，控制极其严格。制造业引入 SOP 的历史比较长，主要集中于汽车工业和工业工程领域，主要目的是提高作业效率、减少动作浪费、保障质量的一致性。总的来说，越是高端的行业，对 SOP 的要求越高。这充分说明了 SOP 对高标准、

严要求的高端制造模式的重要性。

1.2 SOP 中概念的界定

在企业的生产运营中，经常会遇到标准、规范、工艺规程、工艺卡、作业指导书等与 SOP 文件相关的概念，下面对这几个概念进行界定。

（1）标准。GB/T 20000.1—2014《标准化工作指南第 1 部分：标准化和相关活动的通用术语》[6] 条目 5.3 中对标准的描述：通过标准化活动，按照规定的程序经协商一致制定，为各种活动或其结果提供规则、指南或特性，供共同使用和重复使用的一种文件。标准的种类分为国际标准、区域标准、国家标准、行业标准、地方标准、团体标准、企业标准等。企业标准是对企业范围内需要进行协调、统一的技术要求、管理要求和工作要求所制定的标准，包括技术标准、管理标准和工作标准等。企业标准由企业制定，由企业法人代表或法人代表授权的主管领导批准、发布。企业标准化是一切标准化的支柱和基础，搞好企业标准化对于提高企业的质量管理水平和提升企业经营业绩具有非常重要的意义。在企业 SOP 体系建立中，一般只涉及企业标准（和规范），但可以引用其他标准。

（2）规范。规范是企业有关部门内部编制的参考作业标准，对作业具有一定的指导意义，但其成熟度、实用性和覆盖范围还没有上升到企业标准的高度，因此被称为规范。在 SOP 体系中，规范可能与管理和技术活动有关（如程序文件、过程规范和试验规范等），也可能与产品有关（如产品规范、技术规范和图样等）。在高端制造模式的 SOP 体系中，涉及更多的是各种规范[7]。

（3）工艺规程。工艺规程是指工业品生产过程中，从原料到制成品的各项工序安排的顺序，也称为加工流程或生产流程[8]。工艺规程规定了如何以最少的消耗、最低的成本和最高的生产效率制造出成品的操作流程。工艺规程还规定了产品从原材料到产成品的制作过程中各要素的组合，包括输入资源、活动、活动之间的相互联系、输出结果、顾客、价值等 6 个方面。工艺规程既可以用于管理流程控制，也可以用于技术流程控制，还可以用于员工上岗前的技术培训和考核。

（4）工艺卡。工艺卡是将工艺规程中所规定的每项工序内容，用简明的文字、表格和工作图等形式形象表达出来的操作内容和操作方式，是操作员工开展工作的指导性文件和依据。工艺卡是工艺规程的细化和深化，可以作为安排和指导加工、装配和调试的依据。对于机械加工类工艺卡片，需明确规定工序名称、加工刀具、测量量具、所用设备、工装卡具、装夹方式、切削液、定量化的工艺参数、工序简图等。

（5）作业指导书。作业指导书是一种为一线员工提供的标准化、精细化、可视化、量化的操作指南，既可用于管理流程控制，也可用于技术流程控制，还可用于员工上岗前的技术培训和考核，如采购管理作业指导书、仪器设备安全操作作业指导书、检测检验作业指导书、实验过程作业指导书等。在机械加工环节，作业指导书一般存放在作业现场，主要是用来指导加工装配工序的装夹操作、装配操作和调试操作等。与工艺规程和工艺卡不同，作业指导书是工艺卡的细化和具体化，所规定的内容比工艺卡更详细、更具体、更定量化、更具操作性。一份好的作业指导书可以使不同的操作工得到接近完全一致的操作结果，提高产品性能的一致性。另外，编制作业指导书时应注意与质量管理体系、安全生产风险管理体系和企业标准体系相衔接。

1.3 SOP 文件的作用

在高端制造模式中，SOP 文件的作用可以归纳如下。

（1）将技术和知识固化在文件中。产品设计制造的每道工序都涉及很多技术和知识，企业需要通过 SOP 把这些技术和知识保存下来，并通过不断地完善对现有的技术和知识进行传承、优化和固化，使得一切工作都更加有条不紊。

（2）作为新员工的培训手册。在高端制造模式中，任何新员工在上岗前都要经过大量的培训，SOP 文件中的作业指导书可以作为培训教材，通过培训使操作人员快速掌握先进合理的操作技术。

（3）作为质量控制的依据。在高端制造模式中，质量管理人员要依据 SOP 对操作人员的工作过程进行监督和检查，检验员要依据 SOP 对完成的成品和半成品进行检验，使得废次品不能流向下一道工序，并保障操作效果的一致性。

（4）将经验和诀窍传承下来。机械加工和装配环节（包括检验环节）很多属于手工操作，往往会涉及很多的经验和诀窍，这些经验和诀窍是操作人员经过长期的实践积累和相互学习得到的，对保证产品质量和提高加工效率非常重要。但经验和诀窍并不总是可以用标准化语言来描述。传统企业一

般通过“师傅带徒弟”的方式进行传承，但这种传承不仅时间长（传统的机械制造学徒工要三年才能出师），所传授的知识和经验也是不系统、不全面、不完整的（不同的师傅会带出不同的徒弟）。随着具有丰富经验的操作人员的退休或流动，这些经验和诀窍可能会流失。因此，这种人才培养模式不能适应现代企业管理的需求。现代企业通常采用批量化人才培训的模式，这就需要采用独特的方法将手工操作的经验和诀窍固化在作业指导书中，使个人的经验和诀窍转化为企业的财富，后续的操作人员可以通过阅读作业指导书来获得这些经验和诀窍。

（5）追溯不良品的发生环节和根源。由于产品的各个环节都是按照 SOP 文件进行操作的，在发生不良品后，只要严格按照作业指导书重复操作，可以很容易地找到发生问题的环节和原因，因为绝大部分不良品都是没有严格按照作业指导书提供的规范进行操作而造成的。

（6）树立良好的企业形象。实施高端制造模式的企业，其管理体系具有生产管理规范化、生产流程条理化、操作过程标准化、操作培训形象化、查找问题简单化等特点，这些特点都体现在 SOP 体系中，容易取得客户的信赖。

（7）是企业一笔宝贵的财富。对于机械制造企业而言，系统、完整、详尽的 SOP 体系包含了企业最基本、最有效的管理方法和工具，以及最完整、最详尽的技术数据，是面向高端制造的企业最珍贵的财富，必须得到有效传承。

2 面向高端制造模式的 SOP 文件体系的编写要求和标准模板

2.1 SOP 文件体系的整体策划

一个高端制造模式的正常运行通常需要四大管理体系作为支撑。

（1）“人财物、产供销”业务管理体系：人力资源管理规范（人力）、财务成本管理规范（财务）、设备管理规范（设备）、车间管理规范（车间）、生产管理规范（生产）、物资供应管理规范（供应）、营销管理规范（营销）等。

（2）技术管理体系：研发管理规范（研发）、实验管理规范（实验）、设计管理规范（设计）、工艺管理规范（工艺）等。

（3）质量控制体系：标准管理规范（标准）、质量管理规范（质量）、现场 6S 管理规范（现场）、检验管理规范（检验）等。

（4）SOP 的监控评价体系（控评），用来保障 SOP 体系运行的有效性。

SOP 文件体系的整体架构如图 1 所示。

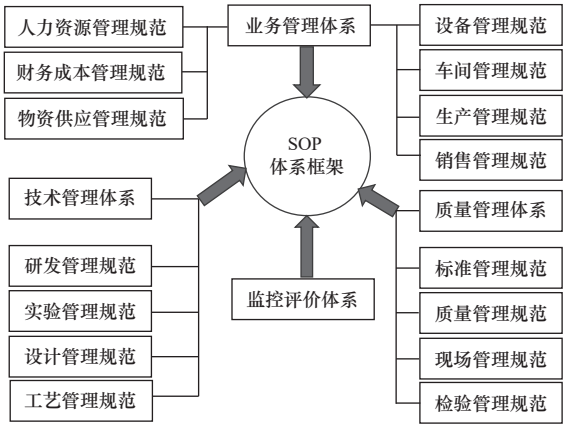


图 1 SOP 文件体系的架构

Fig. 1 Architecture of the SOP file system

2.2 SOP 文件体系中规范之间的相互影响关系

SOP 体系各个规范之间并不是相互孤立的，既然是体系，就意味着每项规范必然与其他规范之间存在着或多或少的耦合作用关系（表 1），质量管理体系的规范必然与技术管理规范和业务管理规范具有耦合性。在建立各个规范时，要将这些耦合关系充分体现在规范的流程中，意味着各个流程之间在输入和输出上有交叉。在表 1 中，两个管理规范交叉点处的第一个字母表示行对列的影响，字母 Y 表示有影响，字母 N 表示没有影响。第二个字母表示列对行的影响。例如，人力资源管理规范（行）与设备管理规范（列）的交叉处是 YN，表示人力资源管理规范（行）的结果会影响设备管理（列）的水平，而设备管理规范（列）不会对人力资源管理（行）带来较大的影响。

2.3 SOP 文件体系的特征和编写要求

每个企业都会面临各种各样的业务工作，每项业务都是通过流程来完成的，都需要以 SOP 的形式成为文件或规范。面向高端制造模式建立的 SOP 文件体系具有以下特征：文件系统化、流程精细化、参数定量化、作业工具化、操作可行化、描述规范化、运行严格化、改善持续化等。在编写 SOP 文件时，要充分体现这些特征。

（1）文件系统化。SOP 不是独立的操作规范文件，而是一个包括技术和管理在内的系统、完整的文件体系。在 SOP 文件体系中，各个文件之间

表 1　各个管理体系规范之间的相互影响关系

Tab. 1　Interaction between the specifications of the various management systems

规范	人力	财务	设备	车间	生产	供应	营销	研发	实验	设计	工艺	标准	质量	现场	检验	控评
人力		YY	YN	YN	YN	YN	YN	YN	YN	YN	YN	YY	YN	YN	YN	YY
财务	YY		YN	YN	YY	YY	YY	YN	YY	YN	YN	YY	YY	YN	YN	YY
设备	NY	NY		YN	YN	NN	NN	NN	YN	NN	YY	YY	YN	NY	NN	NY
车间	NY	NY	NY		YY	NN	NN	NN	NN	NN	YY	YY	YN	N	NN	NY
生产	NY	YY	NY	YY		YY	YY	NN	NN	NN	YY	YY	YN	NN	NN	NY
供应	NY	YY	NN	YY	YY		NY	NY	NN	NN	NY	YY	YY	YN	NY	NY
营销	NY	YY	NN	NN	YY	YN		YY	NN	NN	NN	YY	YY	NN	NN	NY
研发	NY	NY	NN	NN	NN	NN	YN		YY	YY	YY	YY	YY	NN	NN	NY
实验	NY	NY	NY	NN	NN	NN	NN	YY		YN	YN	YY	YY	NN	NN	NY
设计	NY	NY	NN	NN	NN	NN	NN	YY	YY		YY	YY	YY	NN	NN	NY
工艺	NY	NY	NY	YY	YY	YY	NN	YY	YY	YY		YY	YY	NY	NY	NY
标准	YY	YY	YY	YY	YY	YY	YY	YY	YY	YY	YY		YY	YY	YY	YY
质量	NY	YY	NY	NY	NN	YY	YN	NY	NY	NY	NY	YY		NY	NY	NY
现场	NY	NY	YN	YN	YN	NN	NN	NN	YN	NN	YY	YY	YN		NN	NY
检验	NY	NY	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NY	YY	YN	NN		NY
控评	YY	YY	YN	YN	YN	YN	YN	YN	YN	YN	YN	YY	YN	YN	YN	

具有相互关联性，通过慎重分析每一个操作的流程输入输出和操作步骤，研究每个流程的价值和效益，研究流程内部各个步骤之间的联系，以及各个流程之间的联系，只保留有价值的流程和步骤，使得流程运行更加顺畅，控制更加全面，效果更加理想。

（2）流程精细化。高端制造模式 SOP 文件的编制必须坚持精细化的原则，要有图表和数据。SOP 中的图一般是简图，简明扼要，能够指导操作即可；表格供操作人员查阅选择，必须覆盖操作步骤中各个环节的详细数据；数据必须全面、精确、量化，作为操作人员进行作业的依据，也作为检验人员的检验标准。SOP 中的流程必须细化到每个具体的操作环节，即使更换操作人员，也能得到操作作业“一致化”的效果。

（3）参数定量化。高端制造模式对 SOP 的基本要求是参数定量化，所有写在 SOP 中的参数都需要通过实验和分析得到，不能凭经验和类比随意确定各种参数，尽量不用“正常的”“正确的”“适当的”“安全的”“有效的”“少量的”“充足的”等描述词。例如，装配轴承时一般需要加注润滑脂，加得多不仅会造成浪费，还会造成高速旋转轴承的发热，加得少则会造成轴承的润滑不足，国内操作人员一般是凭经验加注润滑脂，因为工艺文件上可能没有具体的数字和定量化加注方法，而德国企业的工艺文件中轴承的最佳润滑脂量是通过实验确定的，操作人员严格按照工艺文件规定的数字进行加注，一般采用量杯进行计量。

（4）作业工具化。机械制造的作业一般需要借助各种工具，特别是精准的装配作业更需要借助各种辅助工具，保证装配的效率和质量，不能够依靠操作人员的感觉。例如，紧配合轴套和轴之间的装配最好借助工具，如均匀压装机和加热装置，尽量少用榔头敲击，因为敲击点一般会偏离轴套的中心，必然就会造成附加应力，而轴承作为一种超精密组件，在装配时必须特别精细，更需要采用操作工具，否则很容易损坏轴承。操作中要采用工具的环节一定要明确写在 SOP 中，并且要附上操作步骤和操作方法的简图。

（5）操作可行化。在建立 SOP 文件体系时，要经过系统的理论分析、仿真和实验来保证操作动作的可行性。可行性的另一个含义是作业指导书的简繁程度要适中，过分复杂的操作可能导致操作人

员无法长期按照作业指导书执行，发生“偷工减料”的现象；过分简单的作业指导书无法保障质量和提高效率。例如某企业生产现场的场景，当工艺专家质询垫圈黄油涂抹标准时，操作工凭经验适量的回答，忽视了黄油消耗失控的隐性成本；而轴承深度检测环节中随机取三点的粗放操作，更凸显了检测标准缺失对质量一致性的威胁。令人深思的是，该事件在制造社群引发的讨论呈现出两极分化：超七成从业者认为专家“半圈黄油定量”和“120°等分检测”等建议缺乏可操作性。这种集体性认知偏差，恰恰揭示了国产装备制造业标准化困境。

（6）描述规范化。SOP 文件一定要采用标准化的语言去描述，避免理解上的歧义。例如，将文件中“在喷涂时要保持喷枪距所需喷涂表面的垂直距离适中”改为“在喷涂时要保持喷枪距所需喷涂表面垂直距离为 30～40 cm”，因为这个距离是通过实验确定的，只要操作人员严格按照要求操作，不同的操作人员会得到基本一致的结果。

（7）执行严格化。SOP 文件体系是体系文件的科学性和体系运行的有效性的有机结合，其中，体系运行的有效性问题更重要。为了保持体系的有效运行、保障制造的一致性，要在 SOP 文件体系中单独建立一个执行流程文件，明确规定监督标准和考核标准，杜绝操作的随意性，如作业前后次序不能随意变更、作业方法或作业条件不能随人而变等。

（8）改善持续化。质量管理的一个重要理念就是持续改善[9]。任何一个操作流程（包括操作步骤、操作方法、操作数据等），即使在当时的条件下经过实验确定是最优的，但随着内外部条件的变化（材料的改变、零件结构尺寸的改变、操作内容的改变、工具设备的改变，管理方法的改变、环境参数的改变等），“最优”的结果可能发生改变。因此，高端制造模式的 SOP 文件内容必须根据内外部条件的变化经常进行改善和优化，使得操作流程、操作方法和操作数据一直保持为最优。为了实现 SOP 文件的持续改进，要将改进流程、监督和考核方法作为 SOP 文件的一部分，且安排专人监督执行。

总之，要实现向高端制造模式的转型、建立科学实用的 SOP 文件体系，首先要在观念和意识上进行如下转变：不用低端制造的管控模式去生产高端产品、不用低端制造的技术去生产高端产品、不用低端制造的成本去生产高端产品、不用低素质员工去生产高端产品。

2.4 SOP 文件的标准格式和主要内容

SOP 文件是个有图表和数据的文档，一般可以采用 Office 软件进行编写，最后保存为 PDF 文件。一个完整的 SOP 文件一般包括封面、表头信息、附加内容和主体内容等。

（1）封面：包括公司名称、SOP 文件名称、批准人和发布日期等信息。

（2）表头信息：每页 SOP 文件的页眉处注明“标准操作规程”字样；编制 SOP 文件的部门名称；该 SOP 文件的属性编码、总页数、当前所在页码；反映该 SOP 业务的名称；用于计算机检索该 SOP 主题的关键词；该 SOP 文件的版本和修改信息；每份 SOP 文件的脚注处要有部门负责人、编制人、审定人、批准人的签名和签署日期，还要标明该 SOP 文件的生效日期等。

（2）附加内容：简述编制该 SOP 流程的主要目的、涉及的相关背景知识和基本原理；简述该 SOP 文件的编制过程和重大修订内容等。

（4）主体内容：描述该 SOP 文件的操作流程、涉及的操作工具、每个工步的操作数据和具体的操作指南、该 SOP 文件依据的主要参考文献等。为了达到指导操作的目的，主体内容要具体，操作流程和步骤要简洁明确、可操作性强，语言文字和图表的描述以能使具备专业知识和受过培训的工作人员理解和掌握为原则。

从整体上看，一个完整的 SOP 文件中应该包括 6 个要素：（1）物料名称及数量；（2）工装夹具名称及简图；（3）所使用的设备名称及主要参数；（4）操作作业流程或步骤；（5）相关人员；（6）安全和质量因素等。

2.5 SOP 文件的编写模板

为了帮助企业建立科学、完整、标准化的 SOP 文件体系，本文针对某机械制造企业[7]的“端子压入操作流程”给出一个比较完整的 SOP 文件的标准化模板样本，如图 2 所示，供企业在编写 SOP 文件时参考。

3 面向高端制造模式的 SOP 文件体系的建立流程和方法

3.1 编制 SOP 文件的流程

鉴于前述 SOP 文件对打造高端制造模式的重要性，企业必须把建立全流程 SOP 文件体系作为一

封面模板（整页）

XXX设备制造有限公司

规范名称：端子压入 SOP

规范编号：XXX

批准人：XXX

发布日期：2022 年 9 月 16 日

前言模板（整页）

XXX设备制造有限公司

技术管理体系之标准化工艺操作规范 （第 1 页/总页码）

规范编号	XXXX	工序名称	端子压入	使用设备	XX气动压入机	版本	V1

说明编写本 SOP 规范的目的和意义：通过标准化、规范化、精细化的作业，实现制造高端产品的需求

说明制定本规范的依据：企业或国家的 XXX标准、企业的 XXX 设计图纸和工艺文件等

说明本规范的编制、修改、审核、批准、印刷和管理的流程和责任部门或责任人

说明本规范的修订流程、版权归属、解释权、联系人和电话等

编制	XXX	审核	XXX	批准	XXX	发布日期	2022 年 9 月 16 日

修订记录模板（整页）

XXX设备制造有限公司

技术管理体系之标准化工艺操作规范 （第 2 页/总页码）

规范编号	XXXX	工序名称	端子压入	使用设备	XX气动压入机	版本	V1

修订记录

修订版本	修订编号	涉及章节	修订页面	修订内容	修订日期	修订人	批准人
V1	01	第 2 章	2-3	XXXXXXXXX	XXX	XXX	XXX
V2	02	第 3 章	3-6	XXXXXXXXX	XXX	XXX	XXX

编制	XXX	审核	XXX	批准	XXX	发布日期	2022 年 9 月 16 日

目录页模板（整页）

XXX设备制造有限公司

技术管理体系之标准化工艺操作规范 （第 3 页/总页码）

规范编号	XXXX	工序名称	端子压入	使用设备	XX气动压入机	版本	V1

目 录

前言 ..... 页码

修订记录 ..... 页码

第 1 章 操作规范 ..... 页码

第 2 章

编制	XXX	审核	XXX	批准	XXX	发布日期	2022 年 9 月 16 日

作业规范模板（整页）

XXX设备制造有限公司

技术管理体系之标准化工艺操作规范 （第 X 页/总页码）

规范编号	XXXX	工序名称	端子压入	使用设备	XX气动压入机及定位工装	版本	V1

操作条件	操作步骤或流程图	操作简图
1、 带干净指套作业 2、 设备电压 220V 3、 压机气压 5-6kg/cm2 4、 压机处于正常状态	1、左手送料托板上取一底座成品，按要求定位安放在工作台上 2、左手取一端子成品，调整塑胶方向，使热印面背向操作者 3、将端子顺着导入片推至压头定位 4、双手同时按动按钮完成压入动作 5、待压机恢复原位时，右手取出成品轻轻放入送料托板	（附上操作简图）
使用材料	质量控制	
1、前工序端子成品（在送料托板上） 2、前工序底座成品（在送料托板上）	1、前程制品有质量缺陷时应剔除 2、压入不到位或过位应剔除	

编制	XXX	审核	XXX	批准	XXX	发布日期	2022 年 9 月 16 日

图 2 SOP 文件编写模板

Fig. 2 SOP file writing template

项制造模式提档升级的重大基础管理工程项目，需要成立专门的编写小组，制定详尽的编写计划，保质保量地完成编写工作。SOP 文件体系的建立流程如图 3 所示。

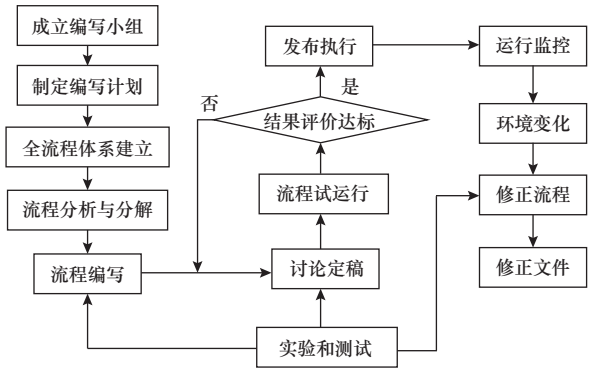


图 3 SOP 文件体系的建立流程

Fig. 3 The process of establishing an SOP file system

（1）编写小组与编写计划

编写 SOP 文件体系首先要成立编写小组和制定编写计划。编写小组一般分为总体组和专业组，总体组由副总裁一级的领导担任组长，各专业组的组长作为成员，总体组办公室设在组长所领导的部门。根据企业的组织架构和业务，专业组一般分为人力资源 SOP 编写组、财务成本 SOP 编写组、设备管理 SOP 编写组、车间管理 SOP 编写组（每个车间设一个编写组）、生产管理 SOP 编写组、物资供应 SOP 编写组、营销管理 SOP 编写组、研发管理 SOP 编写组、实验管理 SOP 编写组、设计管理 SOP 规范编写组、工艺管理 SOP 编写组、SOP 标准化编写组、质量管理 SOP 编写组、现场 6S 管理 SOP 编写组、检验管理 SOP 编写组、SOP 监控评价编写组等 15 个编写组和多个车间编写组。编写计划由总体组制定，对整个企业的编写工作内容和计划进行总体策划和协调执行。专业组成员应包括各业务管理部门的主要领导和业务骨干。另外，要吸收具有工业工程背景的人员参加。

（2）全流程体系建立

高端制造模式涉及企业生产运营的所有环节，这些环节之间相互影响，共同决定着企业运行的效率、效益、产品品牌、产品档次和质量，将这些运行环节的操作用流程来表示，并考虑各个流程之间（大流程和大流程之间、小流程和小流程之间、大流程和小流程之间）的相互输入输出影响关系，就构成企业的全流程管理 SOP 体系。全流程体系由总体组建立，建立起大框架后，需要在总体组内甚至企业各个部门内进行全面的讨论。在建立全流程体系时，要处理好“简单易行”和“操作繁琐”之间的关系，太简单的操作难以保证操作结果的质量和一致性；繁琐的操作容易造成“走过程”和“应付”的现象，也不利于 SOP 体系的推行。

（3）流程分析与分解

在建立全流程管理体系后，由各个业务组分别对 15 个业务管理流程和多个车间管理流程进行细致的操作分析和分解，直到分解到最基本的操作动作，并将操作步骤和动作用操作流程图来表示。流程分析时要特别注意业务管理流程内和流程之间的输入输出关系，这种关系会影响整个流程体系运行的效率和质量。

（4）流程编写和讨论

一个业务管理流程可能包括多个具体的操作流程。流程编写是在完成业务管理流程的分析和分解后，将所形成的各个操作流程转化为具体的作业指导书，由各个具体的业务组负责。流程编写是形成 SOP 体系文件最重要的工作环节，要遵循和体现前述对 SOP 文件的 8 个要求和特征，同时还要打破常规思维，善于采用创新的方法去改变传统的操作流程。

各个操作流程的作业指导书初步编写完成后，首先要在专业组内进行深入讨论，修改后在总体组内进行讨论。总体组讨论会的参与人员包括各业务部门的主要领导、各相关部门的技术骨干和业务流程的主要操作人员若干名。流程讨论切忌走过场，与会人员都需要发言。业务部门的主要领导主要关注本流程与其他部门的输入输出界面、输入输出关系和流程的实现效果，技术骨干主要关注本流程在本部门内的整体运行过程以及小流程和大流程之间的关系，操作人员主要关注小流程的可操作性和理解上的一致性。

（5）实验与测试

实验和测试环节在编写流程的作业指导书（包括工艺文件、工艺卡片等）中起着极其重要的作用，实验环节是中低端制造模式在制定标准、规范、工艺和作业指导书时最缺乏的环节，传统企业主要靠经验和类比法来编制工艺文件和操作规范。在高端制造模式中，编写的所有操作流程都要通过实验和分析来验证其正确性和合理性，验证成本、效率、质量和可操作性。即使是旧的、成熟的操作规范，也要重新做实验来验证，以确定操作方案是否最优、

是否需要改进。另外，凡是在工艺中使用了新材料、新工艺、新结构和新方法，都需要进行实验验证，确定最佳操作流程和参数。此外，要通过实验在各个备选操作方案中选择最优操作方案。作业指导书中的所有数据都要具体化，不使用“正确但不精确”类型的描述，精确的数据必须通过实验得到，数据的实现手段也要通过实验来确定（如加润滑油的量杯）。

（6）流程试运行和效果评价

在完成流程讨论并确定最终流程后，就可以在生产流程中对新操作流程进行试运行，以验证其实际运行效果。而在试运行前需要对操作人员进行新流程的严格培训，还需要准备各种操作工具。试运行过程中要详细记录操作过程、产生的数据和发现的问题及处理方法等，以便于对新编制的流程进行评价。

对流程试运行结果进行评价包括收集过程中产生的各种数据、发现的问题、操作人员的感受等。利用数据对过程质量、过程稳定性、过程效率和成本等进行定量或定性的评价，再针对发现的问题进行分析，结合实验找出问题的产生原因，为改进流程文件提供依据。流程试运行一般需要重复运行30次以上，才能保证评价结果的有效性。

（7）发布执行和运行监控

对试运行结果进行评价后，对所编制的流程进行改进完善，将旧的操作环境和流程彻底切换到新流程，由主管副总裁发布执行。

在新流程执行过程中，需要对流程的执行情况和评价指标进行监控，及时发现问题并进行快速处理。

（8）持续改进完善SOP文件

流程的运行环境不是一成不变的，它的参数会不断发生改变，如设备的磨损、零部件的老化、测量装置的漂移、操作对象的改变、操作方法的改变等。为了适应变化的环境，不要使标准化僵化阻碍企业的管理和技术进步，需要及时对原有的流程进行修正，在运行成熟后，再固化到SOP文件体系中，实现SOP文件的持续改进和优化。需要说明的是，在对流程进行改进时，也需要进行相应的分析、实验和测试。

3.2 工艺诀窍固化进作业指导书的方法

机械制造一般包括加工、装配和调试等环节，由于手工操作较多，几乎每一个工步都可能存在工艺诀窍[10]。在编写SOP文件时，最重要的工作是将工艺诀窍（包括设计诀窍）固化进作业指导书中。

（1）固化工艺诀窍的意义

在传统的机械加工、零部件装配和调试环节都存在大量的工艺诀窍问题。将工艺诀窍这种无形资产转为SOP文件的意义非常大，主要体现在提高加工精度、保证精度一致性、保证产品的寿命和可靠性、提高操作效率等方面。

（2）工艺诀窍的定义

工艺诀窍是在生产实践中有实用价值的、先进的、未形成文件的、未申请专利的技术知识和独特技巧。工艺诀窍一般仅由个别人掌握，大多通过师傅带徒弟的方式进行传授和继承。采用工艺诀窍的操作可以实现常规方法无法达到的加工精度和加工效率，实际效果非常明显。

（3）工艺诀窍的分类

工艺诀窍一般情况下可以分为两类，一类是技巧型的诀窍，可以复现，也容易转化为文字说明；另一类是感觉型的诀窍，一般是靠操作人员的感觉进行操作，难以进行量化或用仪器进行测量，转化成文字描述的难度较大。

（4）工艺诀窍收集

在将工艺诀窍转化为SOP文件时，第一项工作是针对每一个工步内容广泛收集工艺诀窍，既可以通过互联网的搜索引擎在数据库、专著、论文中去收集，也可以召集本企业有经验的老员工针对每一工步（及相关工步，以便于整体优化）的内容以讨论的方式总结提炼工艺诀窍。工艺诀窍可以从零件的装夹方式、各特征表面的加工顺序、多刀多面同时加工、切削参数的选择、装配工具的使用、各零件的装配顺序、成组装配方法、配对装配方法、装配检测方法、调试方法、匹配性调试检测仪器等方面去挖掘。

（5）技巧型诀窍的处理方法

对于技巧型的诀窍，由诀窍的提出人进行文字描述，分析其优缺点，再根据文字描述通过实验复现，经实验验证后，就可以将文字描述增加到工艺文件或作业指导书中。

（6）感觉型诀窍的处理方法

感觉型的诀窍主要是操作者的手感，如直线导轨移动和滚珠丝杠转动顺畅性的手感检测，经常会出现“忽重忽轻”的感觉，这说明零件或装配存在问题，不仅影响产品的使用性能（如进给系统的爬

行），还会增加零件的磨损。经验丰富的工人能够通过手感确定装配是否合格、发现问题出在什么环节，但对于新手而言是非常困难的，需要在经验丰富的工人的指导下经过长期的探索才能掌握。感觉型的工艺诀窍转化为定量化的作业指导书有一定的难度，一般可以采用下面的两种方法。第一种方法是建立专家知识库，由经验丰富的工人将“感觉”细分为若干个等级，通过大量的实验建立每个等级的“感觉”与对应装配缺陷之间的关系表，再将这种关系表固化进作业指导书中，然后通过大量的实验培训新员工的“感觉”能力。但这种方法仍然脱不开“凭感觉操作”的范畴，因为无法将“感觉”用更定量化的数据来表示，仍然离不开操作工的个人技术素质。第二种方法是利用检测仪器来“测量”感觉，将“感觉”转化为定量的检测数据。现以滚珠丝杠顺畅性和预紧力的装配质量检测来说明具体方法。目前，大多数滚珠丝杠制造商在进行产品质量检测时，仍然采用传统的“手感”检查法，凭操作工手动转动螺母，通过摩擦力矩“感觉”确定产品的装配质量和预紧力的大小，凭“感觉”发现装配中存在的问题。这种检测方法完全不能满足高端产品性能和质量的“定量化”需求，也无法实现“将工艺诀窍定量化”的目的。事实上，可以采用“斜置丝杠法”将“手感”检测转化为仪器检测。基本原理如图 4 所示。

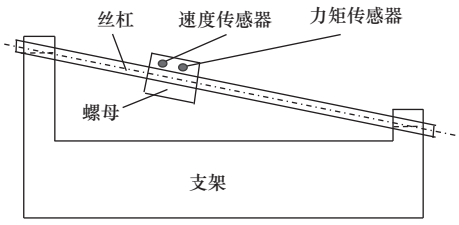


图 4 滚珠丝杠装配质量的斜置检测法

Fig. 4 Oblique detection method for ball screw assembly quality

制作一个架子，将丝杠通过 V 型槽斜置固定于架子上，依靠重力使螺母自由回转下落，由安装在螺母上的无线速度传感器和无线力矩传感器与位置记录器结合，分别记录在丝杠不同的位置螺母下落的速度和转矩（摩擦力矩），通过分析速度和转矩的变化就可以确定在丝杠全程上的零件加工问题和装配问题，从而实现检测的定量化和数据化。事实上，在编制 SOP 时，只要发动员工的集体智慧，绝大多数感觉型的操作均可以用检测仪器来替代，将“感觉”转化为数据。

3.3 机电产品装配和调试的常用方法

事实上，在互联网、学术专著和学术论文中，针对常用的装配和调试操作，都能够找到大量的案例，在编写 SOP 文件时，要将这些案例详细地反映在作业指导书中。需要注意的是，在编写常用装配和调试方法的作业指导文件时，一定要破除按照经验或类比的传统做法，要将最先进的操作方法反映在作业文件中。而网上查到的一般是通用方法，在编制 SOP 文件时，要结合具体产品的使用说明书进行编写，并以产品使用说明书为主。典型机械产品的精细化装配方法：（1）轴承的装配方法[11]；（2）轴承预紧力确定方法[11]；（3）螺栓紧固力的计算方法[12−13]；（4）一组螺栓的拧紧顺序；（5）单个螺栓的拧紧方法；（6）直线导轨的安装方法；（7）滚珠丝杠的安装方法；（8）机电匹配性调试方法[14]。

3.4 编制 SOP 文件时的常用方法和工具

在编制 SOP 文件时，常用以下的方法和工具。

（1）失效模式与影响分析[15]（failure mode and effects analysis, FMEA）（有国家标准）：需要针对操作流程的各个环节进行详细的工艺 FMEA 分析，发现和消除潜在的质量、浪费和效率问题。

（2）故障树分析[16]（fault tree analysis, FTA）（有国家标准）：需要针对操作流程进行详细的 FTA 分析，发现质量问题的根本原因并消除。

（3）故障报告、分析及纠正措施系统[17]（failure report analysis and corrective action system, FRACAS）（有国家标准）：质量控制的核心理念是通过持续改善使得质量问题归零，主要手段是运行 FRACAS 归零系统。

（4）早期故障的消除：国产机床与进口机床最大的差距之一是早期故障频发，因此在对操作流程进行分析时，要高度重视早期故障的消除问题，如零件在装配前要进行必要的磨合，及时消除可能产生的微磨粒。所以要建立早期故障消除的 SOP 文件作为工作方法。

（5）建立清洁装配环境：对于高端产品的制造，清洁化的装配环境是必不可少的。例如，德国企业在车间门口铺有防止带入灰尘的地毯、使用双层封闭门防止外部灰尘进入装配车间、车间安装有空气净化系统、操作人员可以穿着日常的衣服直接躺在地面上进行操作（不会弄脏衣服）、工人的手套和清洁布非常干净。所以要建立维持清洁装配环境的 SOP 文件。

（6）编写故障手册：故障手册是对产品可能产生故障的系统性、定义性、方法性描述，是保障高端产品设计制造必不可少的一份保障性文件，但目前还没有受到国内的企业重视，因此需要编写故障手册作为提高产品质量的 SOP 工具性文件。

（7）建立高质量设计制造准则手册：建立完整的设计准则可以避免设计人员的偏好性思维，有助于设计出高质量的产品。因此应该建立设计准则 SOP 文件（包括可靠性设计准则），供设计人员在日常设计工作中参考和借鉴。制造准则是工艺设计人员应该遵循的基本原则，作为工艺设计的参考，这些原则最终应该反映在加工装配工艺和作业指导书中。

（8）进行大量的实验：实验是建立 SOP 文件体系必不可少的手段，通过实验确定各个技术参数，通过实验验证作业指导书的正确性和有效性。

（9）现场管理工具：良好的现场管理是保证产品质量和效率的重要手段，包括 6S 管理、定置管理、可视化管理等，在编写与现场有关的 SOP 文件时，要将现场管理工具和方法与作业指导书紧密结合起来。

（10）全面质量管理（total quality management, TQM）：包括新旧七种工具、PDCA（plan-do-check-act）循环、质量功能展开（quality function deployment, QFD）、控制图、8D 质量管理、质量控制（quality control, QC）小组、精益生产、持续改进等内容，应该针对这些方法编制成标准化的 SOP 文件，并应用到日常的质量管理业务中。

（11）全员生产维护（total productive maintenance, TPM）：设备是制造型企业必不可少的装备，包括加工设备、检测设备、控制设备、清洗设备、热处理设备、装配工具、夹具等，保持这些设备的完好状态，对保证产品质量具有非常重要的意义。通过全员生产维护保证加工设备的良好运行状态，保证产品质量的一致性。因此，应该将 TPM 操作流程形成标准化的 SOP 文件。

（12）计算机仿真方法：计算机仿真（包括数字孪生系统）在建立和运行 SOP 文件体系方面可以发挥巨大的作用，例如利用计算机模拟分析产品的功能和性能、利用计算机模拟零件的加工过程、利用计算机模拟产品的装配操作流程和动作等。仿真分析不仅有省时、省力、省钱的效果，对于一些无法进行实物实验的过程和零部件，还可以充分利用计算机进行有限元分析。因此，需要编写应用计算机进行仿真分析的 SOP 文件。

3.5 操作方案选优的原则

在编制定量化 SOP 文件时，经常会遇到多个操作方案或参数进行选优的情况，这时就需要建立操作方案评价或参数的评价指标体系。一般情况下，评价一个操作方案或参数的优劣性可以从以下五个原则去着手：

（1）满足前述 SOP 文件的编写特征和要求。第 2 节详细讨论了高端制造模式下 SOP 文件的编写特征和要求，在比较方案优劣时，首先要看各个操作方案是否满足这些要求，优先选择满足程度高的方案。

（2）保障产品质量。高端产品的主要特征是具有良好的产品性能和质量，制定 SOP 文件和作业指导书的主要目的之一也是要保证产品的质量，可以通过实验来比较各个方案所得到的产品质量，优先选择质量保证能力强（可以复现）的方案。

（3）减少各种浪费。根据精益生产的理念，在机械制造过程中存在多种浪费现象，给降低成本和提高效益带来很大的困难。精益生产中总结了八大浪费现象，即等待的浪费、搬运的浪费、不良浪费、动作浪费、加工浪费、库存浪费、管理的浪费、制造过多（过早）的浪费等。在进行操作方案比较时，要结合高端制造的特征具体计算出各个操作方案的浪费总量，优先选择浪费小的方案。需要注意的是，有些操作动作对低端制造模式而言是浪费（如工人的精细化操作可能被视为浪费），但对于高端制造模式而言却是必需的，不能按照浪费来计算。

（4）提高制造效率。在工业工程中，SOP 文件的主要作用是提高制造效率，包括加工效率、装配效率和调试效率等。应该优先选择制造效率高的方案。

（5）降低生产管理的难度。高端制造模式的主要特征是多品种、小批量甚至单件化制造，尽管可以采用模块化、通用化、标准化和系列化技术，但仍然脱离不了多品种、小批量生产的基本特征。多品种、小批量制造模式会造成生产管理难度的快速增加，因此，要分析各个操作方案的管理难度，从车间生产管理的角度评价各种方案的优劣。

4 面向高端制造模式 SOP 文件体系的运行有效性控制

与 ISO 质量管理体系一样，建立科学的 SOP 文件体系只是由低端向高端转型的一个关键步骤，另一项重要的内容是采取措施确保 SOP 文件体系的有效运行且能够得到持续改善（主要指 SOP 文件和业务过程的持续改善），避免建立的体系与实际运行出现割裂的现象。为此，需要建立保证 SOP 文件体系有效运行的控制机制，建立运行有效性的科学评价方法，建立合理的考核和奖惩机制，建立持续改进的业务流程。

4.1 SOP 文件体系运行有效性的控制

要发挥 SOP 文件体系的作用，必须满足以下两个方面的要求：SOP 体系文件的建立要科学合理，切合企业的实际且具有很强的可操作性；SOP 体系文件有效运行的保障措施要完整、严格。体系文件建立的合理性和运行的有效性是相辅相成的，SOP 体系文件建立得再好，如果没有可靠的运行保障措施也发挥不了应有的作用；SOP 体系文件建立得不合理，运行保障做得越好，给企业管理带来的破坏性可能就越大。本文其他章节的内容都涉及科学建立 SOP 文件体系，而本节专门论述 SOP 体系文件运行有效性的保障措施。

（1）决策层应高度重视

ISO9000 质量管理体系在我国的实施结果表明，SOP 文件体系的运行是否能够取得预想的效果，决策层（特别是第一把手）的意识是关键。因为决策层是企业文化建立的主导者和体系建设关键资源投入的决策者，SOP 文件体系建设和运行是企业一项重要的管理系统工程，涉及的部门多、人员多、因素多，所需的资金投入大、周期长且取得效果需要较长的时间，工作的难度是显而易见的。如果决策层对此缺乏认识，就很难给予长时间的支持，很容易使所建立的文件体系流于形式而发挥不了应有的作用。因此，要保障 SOP 文件体系的有效运行，企业决策层的思想意识转变是第一位的。

（2）运行保障规范切合企业实际

在图 1 所示的 SOP 文件体系中，将监控评价体系列为 SOP 四大文件体系之一，充分说明了运行有效性保障的重要性。为了确保监控和评价的有效性，需要建立专门的运行保障规范文件，且文件的结构和内容要切合企业的实际。远离企业实际情况的运行保障规范往往最终会变成空中楼阁。运行有效性保障的 SOP 规范包括运行有效性保障关键环节的确定方法、运行有效性的监控流程和方法、运行有效性的评价指标、运行有效性的效果评价方法、评价结果的奖惩机制、运行有效性保障规范的持续改进等。

（3）职责明确、资源保障

类似于其他管理体系，高端制造模式 SOP 文件体系的有效运行需要在各个部门之间划分明确的管理职责（包括内部职责和边界职责），还需要企业提供必要的资源（如搭建实验台、购置检测仪器、对设备进行改造等）。在实际运行中，SOP 文件体系的有效实施需要靠企业各个部门主动承担相关管理职责，并确保获得并用好必要的资源。在 ISO9000 质量管理体系的运行实践中，对于组织内职责不明确、职责分配有分歧、缺少必要的资源保障等情况，体系一般都贯彻得不够好。主要原因是管理职责不明确会造成无人执行，管理层也难以进行检查和考核；职责分配不合理会造成“旁观者效应”的局面；缺少必要的资源保障会使得工作没法做或没法做到完美。

（4）提高 SOP 文件的执行度

企业管理水平低的主要表现之一就是有规范不执行或不完全执行，最终结果是得不到预期的效果。因此，企业应该下决心提高“执行”的能力和水平，这才是提高管理水平的关键。要提高 SOP 文件的执行度，需要注意以下几点：（1）通过意识教育提高操作人员的思想素质，只有高素质的员工才能严格按照规范操作；（2）通过反复培训提高操作人员的技术素质，操作人员的技术素质不同难以保障产品技术指标的一致性；（3）确保员工执行 SOP 规范的热情和积极性。要制定严格的考核标准和奖惩制度，使得执行规范好的员工有更高的收入和更光明的业务提升通道。

（5）建立 SOP 文件执行的审核机制

高端制造模式 SOP 文件体系运行有效性的审核可以参照 ISO9000 质量管理体系的具体做法，对提高 SOP 文件体系运行的有效性具有非常重要的作用。为了提高质量管理体系执行的有效性，ISO9000 质量管理体系标准在企业内部建立了两个审核机制：内审和管理评审。内审是公司内部发起的对公司建立的质量管理体系的有效性和符合性进行的审核，由管理者代表负责，每年至少审核一次。为了提

高 SOP 文件体系运行的有效性，对于高端制造模式 SOP 文件体系的内审，建议每半年进行一次。管理评审的主要目的是评价管理体系的适宜性、充分性和运行有效性。通过管理评审，公司能够全面审视管理体系的运行情况，识别存在的问题和不足，为持续改进提供方向。正常情况下，公司的管理评审每年进行一次，由公司的最高管理者主持。对于 SOP 文件体系，建议参照质量管理体系的做法，每年进行一次。

4.2 体系运行效果的评价方法

SOP 文件体系运行的效果在很大程度上决定了高端制造模式的水平，因此 SOP 文件体系运行效果的评价非常重要，需要建立评价的指标体系和评价算法。

建立 SOP 文件体系的目的是使得企业的各种操作活动合理化、标准化、定量化和严格化，最终实现高端产品的设计与制造。在文件体系的合理化方面，可以采用的评价指标有操作效率的提高、产品质量的提高、废品率的减少；在文件体系的标准化方面，可以采用的评价指标有文件的格式能够依据标准、文件的结构能够依据标准、文件的描述能够依据标准；在文件体系的定量化方面，可以采用的评价指标有关键设计参数是否通过实验来确定、关键工艺参数是否通过实验来确定、作业指导书是否进行了计算机仿真、能够量化的操作是否有相应的量具、材料的选择是否进行了实验、工艺诀窍是否编制进 SOP 文件中等；在文件体系执行的严格化方面，可以采用的评价指标有实际的作业流程与工艺文件的规定是否一致、手工作业是否与作业指导书相一致、需要定量化的操作是否采用了相应的量具、是否进行了必要的设计分析和仿真、操作参数的确定是否进行了必要的实验等。

在得到上述评价指标体系后，在具体审核过程中，可以采用 AUDIT 质量评审（奥迪特评审方法，在汽车制造中广泛使用）中扣分的办法，得到 SOP 文件体系运行有效性的具体分数，满分是 100 分，扣分越多，说明 SOP 文件系统的运行有效性越差。

4.3 考核和奖惩机制的建立

在管理系统中，考核和奖惩机制都是必要的。因此，需要建立相应的考核和奖惩机制，并将这些机制以标准化文件的方式描述出来。在完成内审和管理评审后，根据所得的运行有效性得分，对效果明显的责任人进行表彰，对效果较差的责任人进行惩处，达到“奖优罚劣”的目的，对高端制造模式的顺利转型具有重要的意义。

4.4 SOP 文件和业务流程的持续改进

“改善”是质量管理（甚至企业所有业务活动）的一个重要概念，通过一个个小的改进，积少成多就可以实现产品质量实质性的提高。SOP 文件体系全面涵盖了企业管理的各种业务，通过持续改进文件的质量，也可以达到持续改进企业管理水平和提高产品质量的目的。SOP 文件改进的依据是 SOP 文件体系的内审、管理评审和运行有效性评估的结果，通过这三项工作，可以发现 SOP 文件的不足之处，从而制定改进方案，有针对性地对文件体系进行改进。在制定改进方案时，仍然需要借助于深层次的设计分析和高水平的实验，仍然要满足 SOP 文件的编写要求，体现 SOP 文件的主要特征。由于 SOP 文件反映的是企业的各种业务管理流程，只要实现了 SOP 文件的持续改进，也就意味着实现了业务流程的持续改进，可以确保高端制造模式的运行质量。

5 结语

高端制造模式的科学建立和有效运行是依靠高水平的 SOP 文件体系来保障的，为了实现高端数控机床的设计与制造，就需要建立高水平的 SOP 文件体系并保障其有效运行。鉴于国内机械制造企业对 SOP 文件体系的理解不够深入，难以自主建立系统、完整、高水平的 SOP 文件体系。针对这一问题，本文首先介绍了标准作业程序（SOP）的基本概念和作用；其次，论述了面向高端制造模式的 SOP 文件体系的编写要求和标准模板，对帮助企业编制 SOP 文件体系有非常重要的指导作用；再次，介绍了面向高端制造模式的 SOP 文件体系的建立流程和操作方法，可以帮助企业建立起一套实用性强的 SOP 文件体系；最后，考虑到国内机床制造企业在管理方面普遍缺乏高水平执行能力的特点，详细介绍了面向高端制造模式的 SOP 文件体系的运行有效性控制技术。本文介绍的 SOP 文件体系的建立和运行对高端制造模式的转型具有重要的作用。

参 考 文 献

[1] 张根保, 罗天洪. “高档数控机床的高端制造模式”（九）: 数控机床国内外水平比较研究 [J]. 计算机集成制造系统, 2023, 29(12): 887-895.

[2] 梅清晨. 精益生产运作系统规划设计: 打造企业高效价值流 [M]. 北

京：机械工业出版社，2023.
[3] 杜贵友，叶祖光. 制定中药研究标准操作规程(SOP)的必要性 [J]. 中国中药杂志，2001(6)：70-72.
[4] 司书辉，刘坤杰. SOP的风电设备检修工艺的应运 [J]. 企业管理，2016(增刊2)：126-127.
[5] 上海航空有限公司. B757/767机组标准操作手册SOP[EB/OL]. (2014-06-22)[2025-10-17]. https://www.doc88.com/p-499107226984.html.
[6] 全国技术产品文件标准化技术委员会. 标准化工作指南 第1部分：标准化和相关活动的通用术语：GB/T 20000.1—2014[S]. 北京：中国标准出版社，2014.
[7] 富士康(昆山)电脑接插件有限公司. “制造作业规范”[EB/OL]. (2018-01-05) [2025-01-24]. https://www.doc88.com/p-3857448683288.html.
[8] 全国技术产品文件标准化技术委员会. 工艺管理导则 第5部分：工艺规程设计：GB/T 24737.5—2009[S]. 北京：中国标准出版社，2009.
[9] 张根保. 现代质量工程 [M]. 北京：机械工业出版社，2015.
[10] 孟繁智. 机械加工先进工艺窍门与新技术应用图示例解及常用技术资料速查手册 [M]. 哈尔滨：黑龙江文化电子音像出版社，2006.
[11] 韩江波. 轴承预紧力检测与实现方法的研究 [D]. 合肥：合肥工业大学，2008.
[12] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen-Zylindrische Einschraubenverbindungen：VDI 2230 Blatt 1-2015[S]. Düsseldorf：VDI-Verlag, 2015.
[13] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen - Mehrfachverbindungen und Zusatzbeanspruchungen：VDI 2230-Blatt 2：2015-09[S]. Düsseldorf：Beuth Verlag GmbH, 2015.
[14] 白斌. 数控系统伺服驱动优化方法 [C]//陕西省机械工程学会焊接分会. 2012年陕西省焊接学术交流会论文集. 西安：西北工业集团有限公司，2012: 96-100.
[15] 全国电工电子产品可靠性与维修性标准化技术委员会. 系统可靠性分析技术 失效模式和影响分析(FMEA)程序：GB/T 7826—2012[S]. 北京：中国标准出版社，2012.
[16] 全国统计方法应用标准化技术委员会. 故障树名词术语和符号：GB/T 4888—2009[S]. 北京：中国标准出版社，2009.
[17] 林海英，王井然. 航空发动机故障报告、分析和纠正措施系统模型的构建 [J]. 航空动力学报，2009，24(5)：1166-1170.

第一作者/通信作者：张根保，男，1953年生，博士，教授，博士生导师，主要研究方向为先进制造技术、计算机集成制造系统、数控机床可靠性、现代质量工程、企业信息化等。E-mail：gen.bao.zhang@263.net

（编辑 谭弘颖）
（收修改稿日期：2025-03-25）

论文推荐

刘智飞，马可欣. 柔性车间双资源集成调度的小生境遗传算法优化[J]. 制造技术与机床，2023(8)：32-38.

柔性车间双资源集成调度的小生境遗传算法优化

刘智飞① 马可欣②
①中国石油大学（华东）石油工业训练中心
②中国海洋大学工程训练中心

扫码获取全文

摘 要 针对柔性作业车间生产和物流双资源集成调度问题，提出了基于小生境自适应遗传算法的集成调度方法。首先，明确了柔性车间AGV物流流程、路径冲突消除方法和分配策略。其次，描述了车间生产和物流双资源集成调度问题，并建立了以完工时间最短为目标的优化模型。然后，将小生境技术和自适应策略引入到遗传算法中，使遗传策略随小生境特点自适应变化，提出了一种新的小生境自适应遗传（NAGA）算法。最后，制定了基于小生境自适应遗传算法的双资源集成调度流程。经实验验证，小生境自适应遗传算法调度的完工时间短于遗传（GA）算法和文献[1]改进分布估计（IEDA）算法，说明NAGA算法的集成调度性能好于GA算法和IEDA算法。经AGV数量影响分析，车间完工时间随AGV数量增加整体呈下降趋势，且当AGV数量饱和时完工时间不再下降。

关键词 柔性作业车间；双资源集成调度；小生境技术；物流资源；遗传算法