



中华人民共和国国家标准

GB/T 32854.3—2020

自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第3部分：活动模型和 workflow

Automation systems and integration—Integration of advanced process
control and optimization software for manufacturing systems—
Part 3: Activity models and workflows

2020-12-14 发布

2021-07-01 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 缩略语	1
5 先进控制与优化系统生命周期的 workflow	2
6 先进控制与优化系统活动模型	3
6.1 系统开发阶段的活动模型	3
6.2 系统执行阶段的活动模型	4
6.3 系统支持阶段的活动模型	5
7 分布式的先进控制与优化系统组件之间的交互关系	6
附录 A (资料性附录) 先进控制与优化系统实施 workflow	8
参考文献	13

前 言

GB/T 32854《自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成》分为4个部分：

- 第1部分：总述、概念及术语；
- 第2部分：架构和功能；
- 第3部分：活动模型和工作流；
- 第4部分：信息交互和使用。

本部分为GB/T 32854的第3部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国自动化系统与集成标准化技术委员会(SAC/TC 159)归口。

本部分起草单位：浙江大学、北京机械工业自动化研究所有限公司、浙江中智达科技有限公司、浙江大学宁波理工学院、深圳职业技术学院、中海石油宁波大榭石化有限公司。

本部分主要起草人：苏宏业、黎晓东、李啸晨、邵寒山、张艳辉、谢磊、卢山、王海丹、孙洁香、侯卫锋、王一钦、马龙华、王建新、夏强斌、贺胜如、王彦。



引 言

先进控制与优化是制造系统的关键环节,是生产计划和调度指令的实际执行者,衔接制造运行管理和底层基础控制。与常规控制相比,先进控制与优化系统集成前馈、反馈与优化原理于一体,能在苛刻的装置多重约束下,使生产在最优约束的边界上可靠运行。通过实施先进控制与优化,可以改善过程动态控制的性能、减少过程变量的波动幅度,使之能更接近其优化目标值,从而实现生产装置的卡边控制,以便增强装置运行的稳定性和安全性,保证产品质量的均匀性,提高目标产品收率和增加装置处理量,以及降低运行成本和减少环境污染等。先进控制与优化软件需要供应商、开发商或咨询服务商根据实际工程进行设计、实施、调试和培训,需要统一的标准规范进行指导。

本部分给出了先进控制与优化软件集成的通用架构、关键功能,以及其交互方式,在本部分指导下设计、开发和实施的软件,具有通用性、开放性和可扩展性。

自动化系统与集成

制造系统先进控制与优化软件集成

第3部分：活动模型和工作流

1 范围

GB/T 32854 的本部分规定了制造系统先进控制与优化软件系统集成的生命周期阶段，确定了先进控制与优化系统生命周期的工作流、系统活动模型、分布式的先进控制与优化系统组件之间的交互关系。

本部分适用于先进控制与优化软件的开发组织（软件开发商）、先进控制与优化软件的应用组织（工程解决方案供应商、过程生产部门、企业信息部门）、独立的软件测试机构、先进控制与优化软件实施及咨询服务机构以及软件行业协会、各地区信息产业主管部门等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 20720.1—2019 企业控制系统集成 第1部分：模型和术语

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

 **工作流 workflow**

具有明确起点和终点以描述任务的活动序列。

注：工作流是一类活动模型，且可能具有分支、决策点和事件。

3.2

分布式的先进控制与优化系统 distributed advanced control and optimization system

多个不同的先进控制与优化系统组合而成的新系统。

注：其特点是不同的系统存在于不同的服务器中，且相互之间存在联系。

3.3

活动模型 activity model

阶段性工作的规范化定义与描述。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

OPM：对象过程建模方法（Object Process Methodology）

PID：比例-积分-微分控制器（Proportional-Integral-Derivative controller）

5 先进控制与优化系统生命周期的 workflow

先进控制与优化系统的生命周期包括如下阶段：

- a) 需求分析阶段；
- b) 设计阶段；
- c) 开发阶段；
- d) 执行阶段；
- e) 支持阶段。

图 1 描述了先进控制与优化系统生命周期的 workflow。由于需求分析阶段和设计阶段的信息交互主要通过人工方式，而非使用软件接口，因此本部分主要关注先进控制与优化系统生命周期的开发阶段、执行阶段和支持阶段。

先进控制与优化系统所包含的四个模块即软测量模块、先进控制模块、优化模块和性能评估模块，均适用于图 1 所描述生命周期的 workflow。通过这种方式定义的集成接口能够集成不同的先进控制与优化系统，并且可以对先进控制与优化系统与其他系统进行集成，如过程控制系统和制造执行系统之间的集成。

注：先进控制与优化系统实施的工作流，参见附录 A。

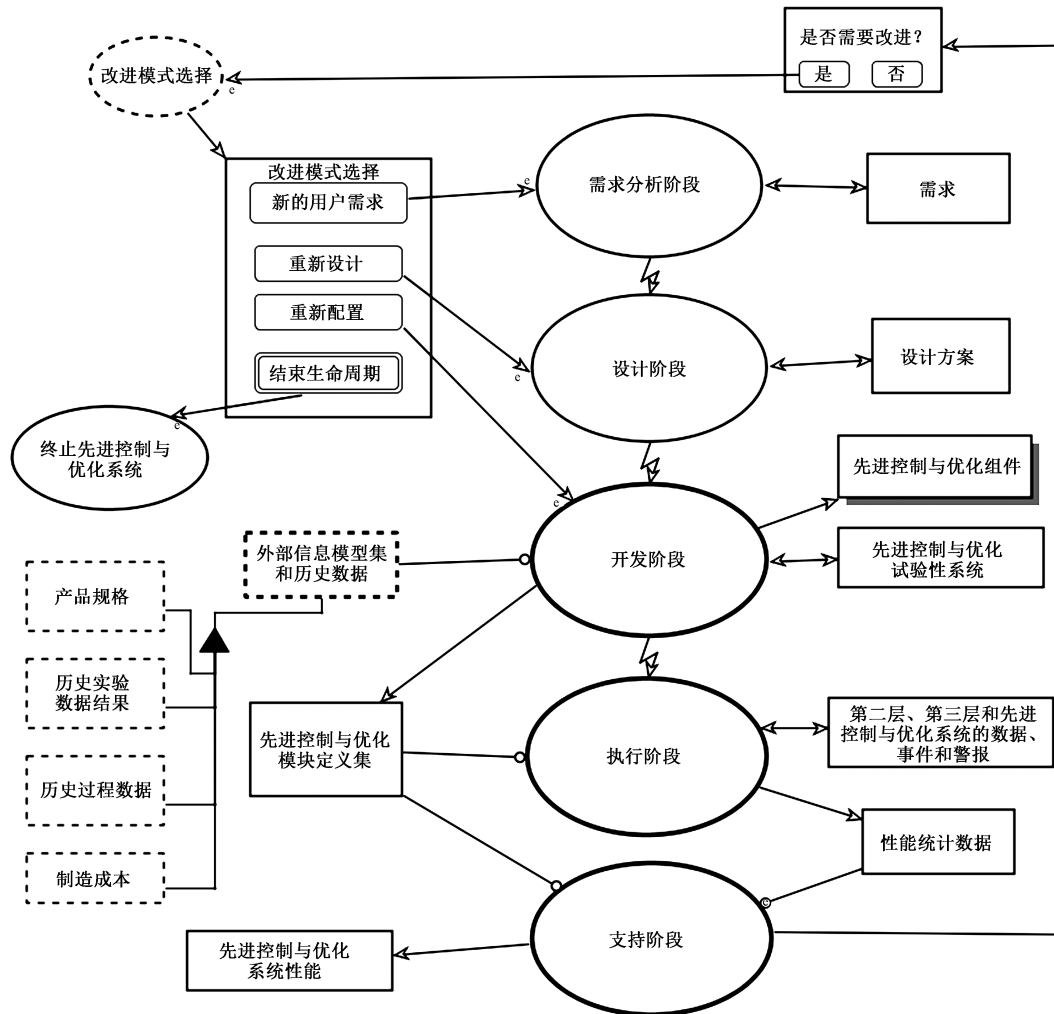


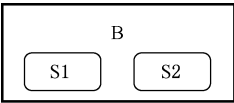
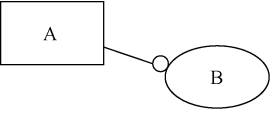
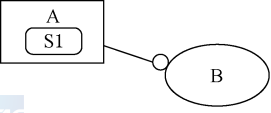
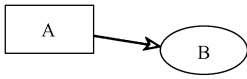

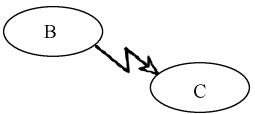


图 1 先进控制与优化系统生命周期的 workflow

本部分采用面向对象和过程的概念性建模语言 OPM,对先进控制与优化系统生命周期的工作流和活动模型进行建模。表 1 定义了本部分使用的 OPM 图例。

表 1 OPM 图例

符号	名称	描述
	对象	对象是在物理上或信息上构建之后存在或可以存在的项目。对象之间的关联应构成被建模的系统的对象结构
	过程	过程用于表达动态系统的行为:即如何转换系统中的对象以及系统如何运行。过程通过提供系统的动态,程序等方面来补充对象
	状态	状态是对象可以存在一段时间的情况或位置。对象 B 可以处于状态 S1 或 S2
	工具链接	工具链接是一个过程链接,它连接进程与该进程的启用程序,其中启用程序是工具,数据等。对象 A 启用过程 B,如果对象 A 不存在,则过程 B 无法启动
	条件链接	条件链接是一个过程链接,它连接过程与该过程的启用程序,其中启用程序是对象的状态。当且仅当对象处于特定状态时,该过程才执行
	使用链接	使用链接是一个连接过程与由该过程发生而使用或消耗的对象相的连接。过程 B 使用了对象 A
	结果链接	结果链接是一个连接过程与作为该过程发生的结果而构造的对象相的连接。过程 B 创建对象 A
	调用链接	调用链接是调用过程和被调用过程之间的过程链接。调用进程激活调用的过程。过程 B 调用过程 C

6 先进控制与优化系统活动模型

6.1 系统开发阶段的活动模型

先进控制与优化系统开发阶段的活动模型如图 2 所示。先进控制与优化系统的模块由一个或多个组件构成用于执行具体的功能和任务。这些组件可以被独立组合构建成完备的先进控制与优化模块。

先进控制与优化系统在开发阶段所调用的外部接口,包括非先进控制系统信息模型;以及开发阶段与 GB/T 20720.1—2019 制造业功能层次模型中各层的历史数据交互,包括产品规格、历史过程数据、历史实验数据结果、制造成本等。开发阶段将为执行和支持阶段的先进控制与优化系统提供先进控制

与优化模块的定义。设计阶段的实现或支持阶段中系统所需要的信号改进可能初始化开发阶段的活动。

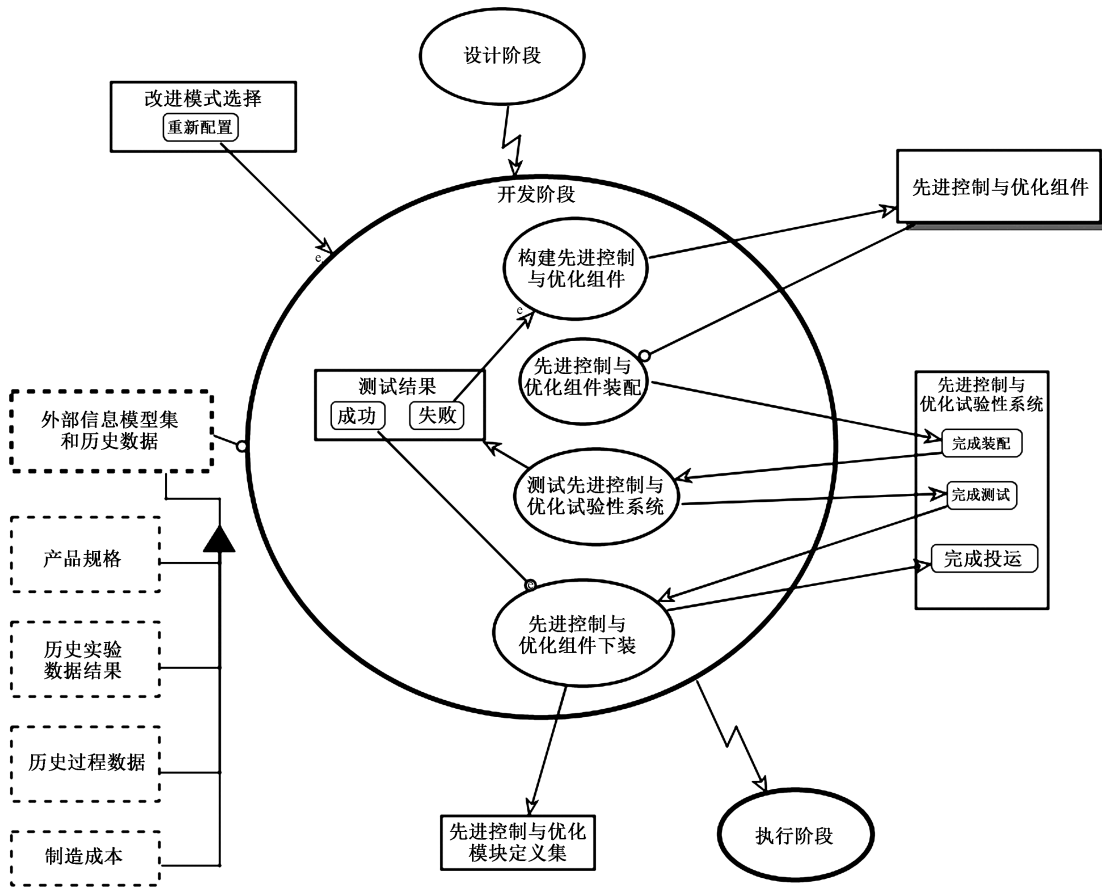


图 2 先进控制与优化系统开发阶段的工作流

6.2 系统执行阶段的活动模型

图 3 描述了先进控制与优化系统执行阶段的工作流。先进控制与优化组件的执行由调度模块控制，当先进控制与优化模块的运行时间状态是“正在运行”，则表示整个系统处于激活状态并在连续回路中运行。在执行阶段，先进控制与优化组件将根据所定义的工作流进行循环更新。

本条规范了先进控制与优化系统在执行阶段与非先进控制与优化系统之间的接口及与优化组件之间的接口。企业控制体系架构中第 2 层系统的信息交互数据，包括 PID 回路参数、最终控制单元设定值(如阀门位置和驱动速度)、仪表的过程测量值(如流量和温度)、警报和事件信号等。企业控制体系架构中第 3 层系统的信息交互数据，包括产品规格、实验室结果、制造成本等。先进控制与优化组件之间的接口，包括先进控制与优化数据、警报和事件、先进控制与优化性能统计、执行请求和结果、先进控制与优化模块定义。

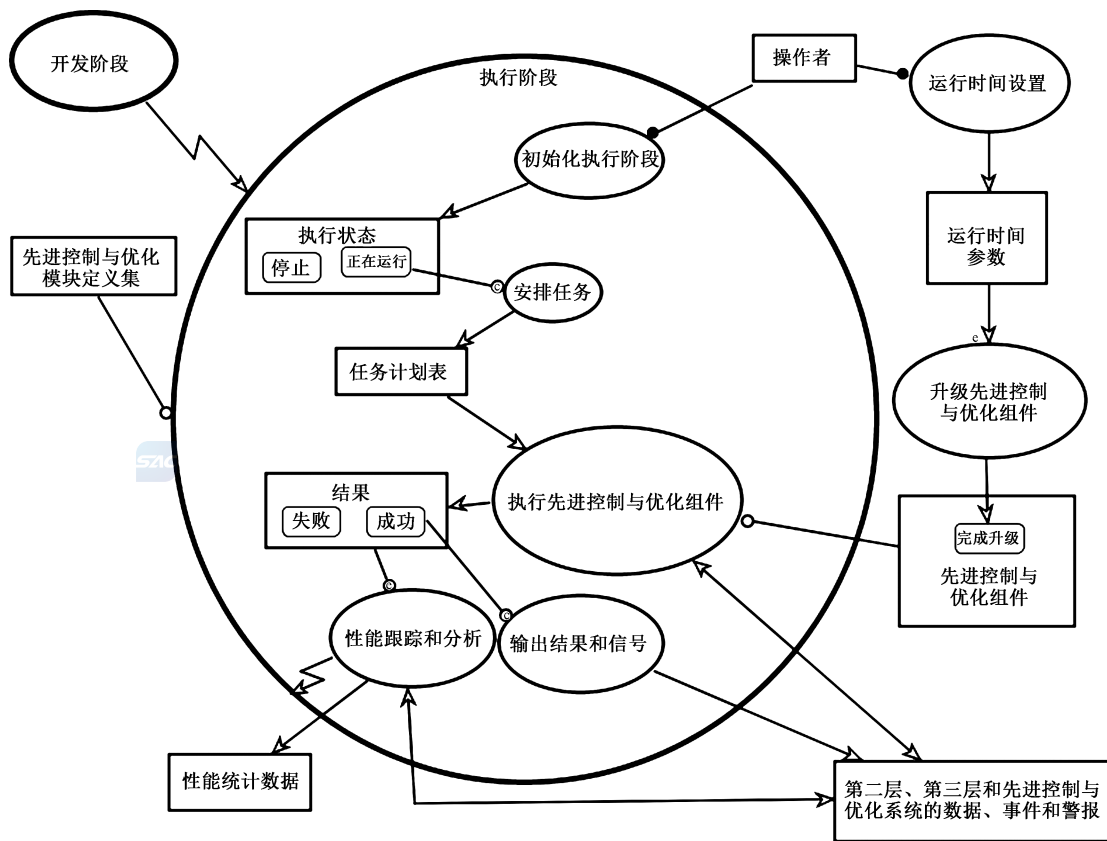


图 3 先进控制与优化系统执行阶段的工作流

6.3 系统支持阶段的活动模型

图 4 描述了先进控制与优化系统支持阶段的工作流。先进控制与优化系统支持阶段的活动模型将使用需求分析阶段、设计阶段、开发阶段和执行阶段定义的接口。先进控制与优化系统支持阶段通常通过人工完成来提高和维护先进控制与优化系统的性能。决策者和工程师基于性能评估模块采集的信息和分析来做出决策。其他 3 个模块，软测量模块、先进控制模块和优化模块通过模块内部跟踪和分析功能为性能评估模块提供性能统计。支持阶段利用性能评估模块可以实现全自动的系统维护。

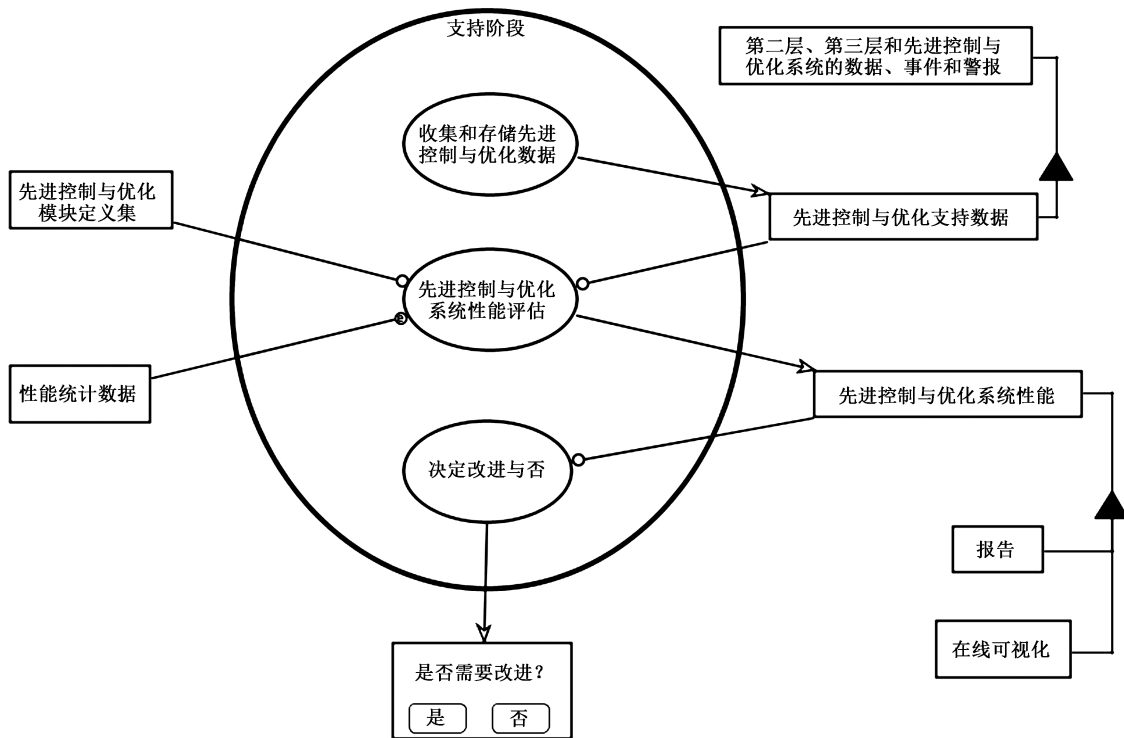


图 4 先进控制与优化系统支持阶段的工作流

7 分布式的先进控制与优化系统组件之间的交互关系

图 5 描述了分布式的先进控制与优化系统组件之间的交互关系。图中具有 6 个先进控制与优化系统模块,包括:

- 模块 1:为模块 3 提供一个或多个数据元素的软测量模块;
- 模块 2:不同于模块 1,且为模块 3 提供一个或多个数据元素的另一个软测量模块;
- 模块 3:在制造过程中执行先进控制功能的先进控制模块,并完全在 GB/T 20720.1—2019 规定的功能层次第 2 层环境中;
- 模块 4:在制造过程中执行先进控制功能的先进控制模块,可以影响 GB/T 20720.1—2019 规定的功能层次第 2 层中的制造过程,也可以影响一个或多个功能层次第 3 层中的制造运行管理功能;
- 模块 5:执行过程优化功能的优化模块,全部位于 GB/T 20720.1—2019 规定的功能层次第 3 层的环境中;
- 模块 6:分析、跟踪并汇报模块 1~模块 5 性能的性能评估模块。

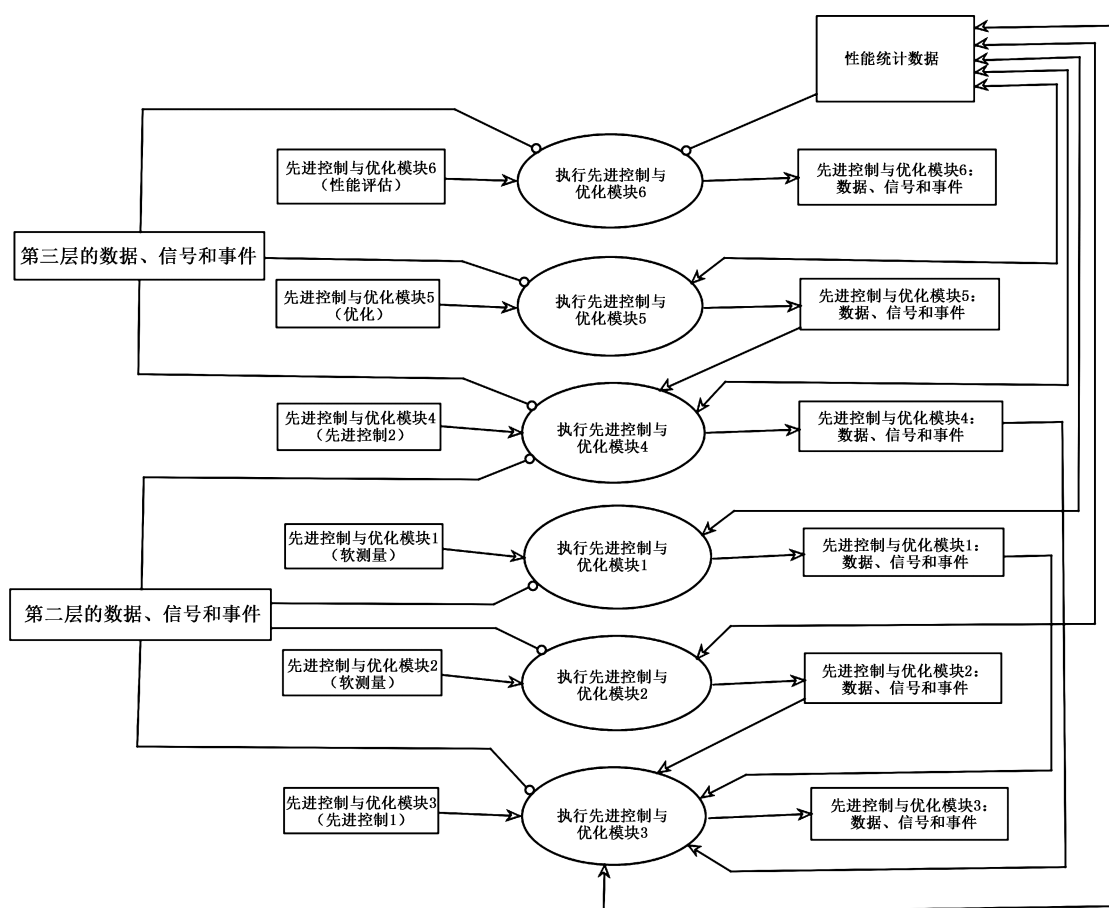


图 5 分布式的先进控制与优化系统

各模块之间的交互如图 5 所示。模块 1 和模块 2 以制造过程物理设备的模式为模块 3 提供数据输入。模块 3 使用来自模块 4 的一个或多个输出,这些输出可以是模块 4 中操作变量的设定点,并用于模块 3 中被控变量的目标。同样模块 4 使用来自模块 5 的一个或多个输出。模块 5 是优化模块,模块 4 中被控变量的目标由模块 5 决定,模块 5 是基于第 3 层制造运行管理系统采集的业务目标来进行优化。

附录 A
(资料性附录)
先进控制与优化系统实施 workflow

A.1 目的

本附录实施细则目的在于保持各类工程项目作业流程的一致性,为先进控制类项目实施提供更有效指导。

A.2 适用范围

本附录适用于先进控制与优化工程项目实施的全过程,这里给出项目实施的最大化流程,可以根据不同项目的特点和性质,或者合作方、客户方的要求适当删减相应实施步骤。

A.3 方法和步骤

A.3.1 项目实施第一阶段

A.3.1.1 概述

项目实施第一阶段分为三个过程:项目启动、项目组成立和外配设备采购,如图 A.1 所示。

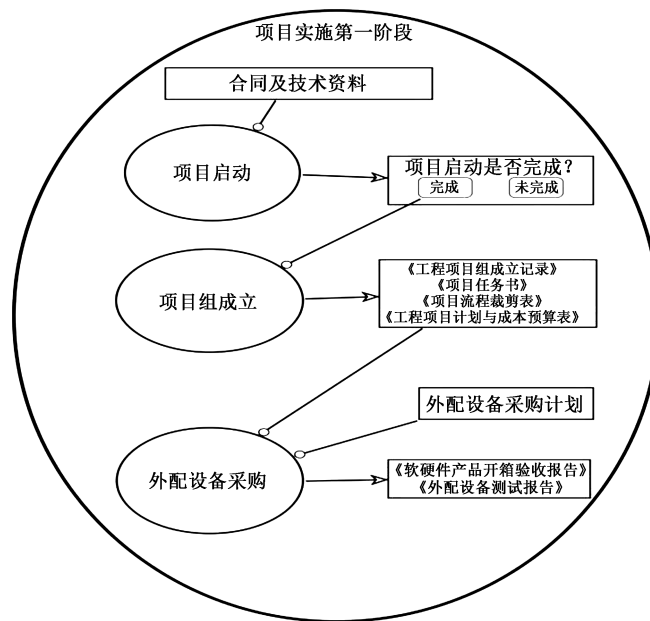


图 A.1 项目实施第一阶段 workflow

A.3.1.2 项目启动

在接收到营销管理部移交的合同资料(合同、技术附件)、用户相关人员的详细资料时,技术管理工

工程师检查资料的完整性,并及时将相关资料提供事业部总经理。事业部将根据部门工作需要和现有项目执行情况,与相关行业经理商量确定项目经理。

营销管理部组织行业经理和/或项目经理、该合同的销售人员、采购人员及其他相关人员开项目协调会,了解相关项目信息。

项目协调会之后,行业经理和/或项目经理应及时与用户项目经理联系,商定项目开工会的相关安排。

A.3.1.3 项目组成立

事业部将根据行业经理和/或项目经理的建议和部门人员状况配置项目工程师,建立项目组,并将本项目销售经理作为项目联络人列入项目组。项目组成立后需完成:工程项目组成立记录、项目任务书、项目流程裁剪表、工程项目进度计划与成本预算表等文件的编制。

A.3.1.4 外配设备采购

根据项目经理提交的外配采购计划进行外配设备采购,并在到货后进行开箱验收,填写软硬件产品开箱验收报告和外配设备测试报告。

A.3.2 项目实施第二阶段

A.3.2.1 概述

项目实施第二阶段分为项目开工会、功能设计、详细设计、项目投运试运行、项目考核验收几个过程,如图 A.2 所示。

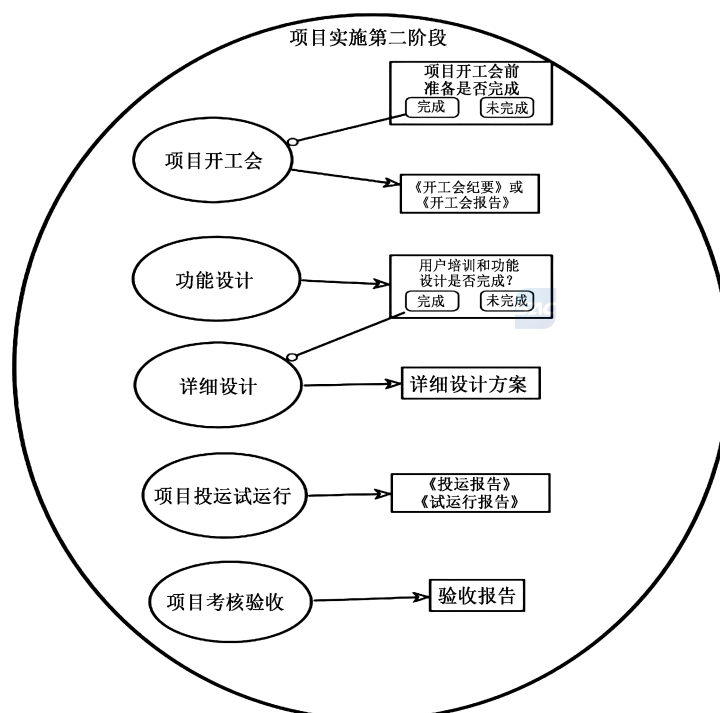


图 A.2 项目实施第二阶段 workflow

A.3.2.2 项目开工会

项目组代表公司与用户联合召开现场开工会,标志着项目合作的正式启动。项目的实施效果与客

户方的重视程度和各级人员参与程度有极大的关系。

开工会完成后应形成开工会纪要或开工会报告等相关附件,附件为各项工作安排,开工会纪要或报告需双方负责人签字确认。

A.3.2.3 功能设计

功能设计包含项目调研、预测试、平台搭建、用户培训。根据项目的调研、预测试及平台搭建情况,对控制器功能、软仪表功能进行定义,对生产装置运行数据进行分析,评估装置工艺和控制方面存在的问题,找出影响装置平稳性的主要扰动因素。提出相关的改进建议,同时对实现相应的技术指标需要的相关设备、配备资源要求进行描述,明确双方在此过程中的责任和相关义务。最后,形成功能设计报告,作为详细设计方案的基础和前提条件。

功能设计报告应提交事业部审核,由项目经理提议,用户项目经理或其上级主管牵头召集用户方的评审会。

A.3.2.4 详细设计

详细设计包括基础控制回路更改、实验测试、模型辨识、控制器设计和仿真、编制详细设计方案。根据实验数据、模型辨识、控制器设计等情况,编写详细设计方案。完成后发二级部门经理审核,并建议由用户方生产或技术主管部门牵头,组织技术专家和有经验的操作人员进行评审。

A.3.2.5 系统投运试运行

当先进控制系统中全部变量均完成投运,并达到连续 24 h 以上运行时间后,系统将进入试运行阶段。试运行期间,装置运行安全需放在首位。

试运行期间,项目组对先进控制系统运行情况进行跟踪,试运行考核结束后,需提交工程项目试运行记录,如遇较长时间段的运行考核或用户要求(视具体项目情况而定),还需提交试运行报告或类似相关阶段性成果标志文档。

A.3.2.6 项目考核验收

项目考核验收包括系统移交、系统考核和评估、项目验收准备、项目验收、维护信息登记、项目技术积累。

A.3.3 项目实施第三阶段

A.3.3.1 概述

项目实施第三阶段分为项目总结和内部检查,如图 A.3 所示。

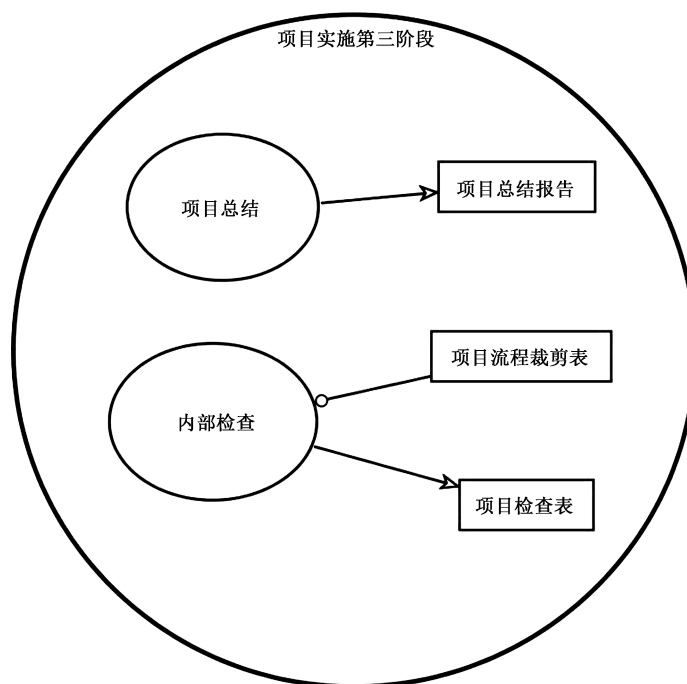


图 A.3 项目实施第三阶段 workflow

A.3.3.2 项目总结

项目经理对工程项目的总体实施过程进行总结,完成项目总结报告。

A.3.3.3 内部检查

技术管理工程师根据项目流程裁剪表对项目资料进行检查,检查结果在项目检查表中记录,并经部门主管、公司工程领导审批确认。

A.3.4 项目实施第四阶段

A.3.4.1 概述

项目实施第四阶段分为获取维护信息、形成维护任务书、项目维护实施、维护资料整理,如图 A.4 所示。

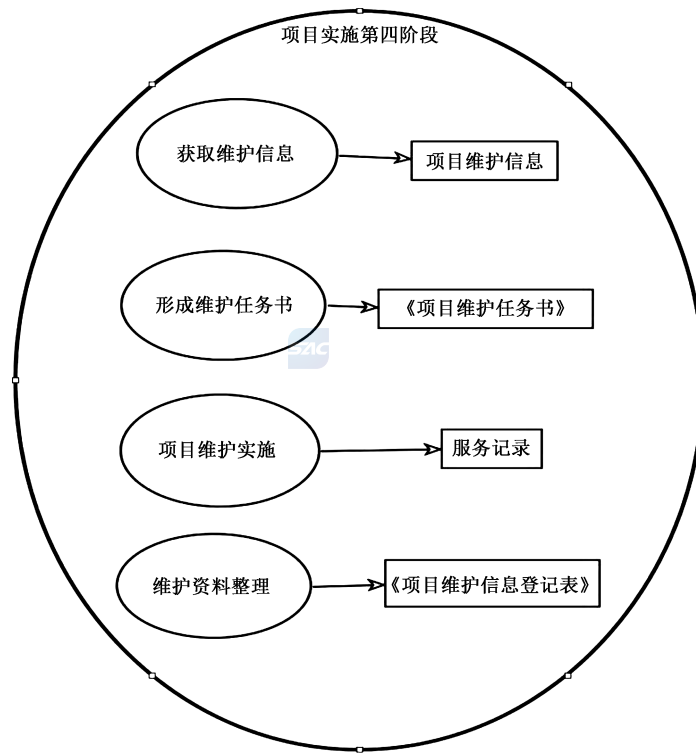


图 A.4 项目实施第四阶段 workflow

A.3.4.2 获取维护信息

通过营销管理部、销售部门及工程人员获取相关的项目维护信息后,将信息传递到项目的归属部门,归属部门指定项目维护负责人。维护项目如不在质保期内,则由相关销售人员进行商务洽谈,签订维护合同。

A.3.4.3 形成维护任务书

项目维护负责人根据维护信息及需求,对项目维护的解决方案、措施、人力投入及注意事项进行说明,形成项目维护任务书,并提交部门经理审核,公司审批。

A.3.4.4 项目维护实施

项目现场的维护工作需遵照相关管理规定进行操作。维护工作完成后,形成服务记录,并提请客户方签字确认。

A.3.4.5 维护资料整理

维护工作完成后,维护负责人更新项目维护信息登记表,提交相关维护资料。在维护项目工作量投入较大或维护合同额较高时,维护项目可视为项目的二期,按新项目控制方式进行管理。

参 考 文 献

- [1] 王树青,等.先进控制技术的应用[M].北京:化学工业出版社,2001.
- [2] 金以慧.过程控制[M].北京:清华大学出版社,1993.
- [3] 诸静,等.智能预测控制及其应用[M].杭州:浙江大学出版社,2002.
- [4] 王树青,等.工业过程控制工程[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [5] Richalet J, Rault A, Testud J L, et al. Model predictive heuristic control: Applications to industrial processes[J]. Automatica, 1978, 14(5): 413-428.
- [6] Camacho E F, Alba C B. Model predictive control[M]. Springer, 2013.
- [7] Qin S J, Badgwell T A. An overview of nonlinear model predictive control applications[M]. Nonlinear model predictive control. Birkhäuser Basel, 2000: 369-392.
- [8] Qin S J, Badgwell T A. A survey of industrial model predictive control technology[J]. Control engineering practice, 2003, 11(7): 733-764.
-