

团 体 标 准

T/CSICE 033.5-2025

柴油发动机电控单元 第 5 部分：软件集成

Diesel engine electronic control unit—Part 5: Software integration

2025-12-26 发布

2025-12-26 实施

中国内燃机学会 发布

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。

T/CSICE 033-2025《柴油发动机电控单元开发》已经或计划发布以下7个部分。

- 第1部分：需求开发。
- 第2部分：应用软件开发。
- 第3部分：基础软件开发。
- 第4部分：硬件设计。
- 第5部分：软件集成。
- 第6部分：软件测试。
- 第7部分：硬件验证。

本文件T/CSICE 033-2025的第5部分。

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。

本文件由中国内燃机学会标准管理部提出。

本文件由中国内燃机学会归口。

本文件起草单位：潍柴动力股份有限公司、潍柴雷沃（潍坊）农业装备有限公司、山东大学、潍柴新能源商用车有限公司、济南汽车检测中心有限公司、南岳电控（衡阳）工业技术股份有限公司、中国重型汽车集团有限公司。

本文件主要起草人：史家涛、刘硕、孙波、杨春艳、常秀书、孙柯、唐波、杜滕州、王飞飞、陈斌、李思远、林安、滕帅、梁申建、王梦、李丕茂、付世杰。

本文件于2025年首次发布。

引 言

T/CSICE 033-2025《柴油发动机电控单元》是指导柴油发动机电控单元如何自上而下进行正向开发，涉及柴油发动机电控单元开发的原则、流程、设计、集成和验证的行业标准，由7个部分组成。

- 第1部分：需求开发。
- 第2部分：应用软件开发。
- 第3部分：基础软件开发。
- 第4部分：硬件设计。
- 第5部分：软件集成。
- 第6部分：软件测试。
- 第7部分：硬件验证。

T/CSICE 033-2025的第1部分规定了柴油发动机电控单元需求开发的术语和定义、一般要求和需求开发过程要求。第2部分规定了柴油发动机电控单元中应用软件开发的术语和定义、组成部分、开发流程及技术指标。第3部分规定了柴油发动机电控单元中基础软件的术语和定义、技术指标及开发过程。第4部分规定了柴油发动机电控单元中硬件设计的术语和定义、硬件设计总体规范、硬件需求说明的原则和要求、架构设计的指导原则、元器件选型的总则、电路原理图设计和印刷电路板（PCB）设计需要遵循的基本指导方法和规则。第5部分规定了柴油发动机电控单元中软件集成的术语和定义、流程及技术指标。第6部分规定了柴油发动机电控单元软件测试规范。第7部分规定了柴油发动机电控单元硬件验证过程中试验流程、试验参数选择、电控单元试验工况定义等验证设计方法。

柴油发动机电控单元 第5部分：软件集成

1 范围

本文件规定了柴油发动机电控单元中软件集成的技术要求及实施步骤。
本文件适用于柴油发动机电控单元，其他电控单元可参照本文件执行。

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 11457 信息技术 软件工程术语

3 术语和定义

GB/T 11457界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电控单元 `electronic control unit`

根据自身存储的程序对发动机各传感器输入的各种信息进行运算、处理，判断，然后输出指令，驱动相关执行器工作，实现多种控制功能的装置。

3.2

基础软件 `basic software`

电控单元的基础软件包括操作系统、微控制器驱动、板载芯片驱动、输入输出接口、内存服务、通讯协议栈、系统服务、复杂驱动、功能安全、信息安全、引导程序等。

3.3

应用软件 `application software`

实现电控单元控制策略的软件集合。

3.4

软件集成 `software integration`

将应用软件模型生成代码，与基础软件代码共同构建并生成嵌入式可执行文件。

3.5

自下而上式 `top-down approach`

从最底层的模块或组件开始逐步向上集成最终构建出完整的系统的集成方式。

3.6

自上而下式 `bottom-up approach`

从最顶层的模块或组件开始逐步向下集成最终构建出完整的系统的集成方式。

3.7

大爆炸式 `big bang approach`

一次性将所有模块或组件集成到一起构建出完整的系统的集成方式。

3.8

迭代增量式 iterative incremental approach

通过多次迭代逐步增加和集成新的模块或功能最终构建出完整的系统的集成方式。

4 符号和缩略语

下列缩略语适用于本文件。

A2L: 汽车行业中用于描述和管理电控单元参数的文件 (automotive ASAP2 logging file)

FLASH: 闪存 (flash memory)

RAM: 随机存取存储器 (random access memory)

5 技术要求

软件集成及交付物应满足以下技术要求:

- 变量、函数未声明应报出错误, 不允许使用隐式声明;
- 宏定义变量名重复应报出错误;
- 变量、代码未划分到指定分区应报出错误;
- 能够统计代码复用度指标并进行监控;
- 能够检查链接文件是否有地址重叠;
- 能够根据集成输入版本标识还原已集成软件。

6 实施步骤

6.1 编制并维护集成方案

集成方案编制步骤如下。

- 明确集成输入并记录集成输入文件来源及版本, 主要包括应用软件模型、代码文件、库文件、配置文件等。
- 根据输入文件类别确认处理方式。例如, 如果输入文件类别是应用软件模型, 则需要先进行生成代码处理; 如果输入文件类别是代码文件, 则直接使用编译器进行编译;
- 确认集成过程中使用的软硬件工具及版本信息, 主要包括编译软件、构建系统、模型生成代码工具、测试工具等。
- 根据项目需求制定集成方式, 集成方式通常包括自下而上式、自上而下式、大爆炸式、迭代增量式等。
- 明确集成输出文件格式及存放位置。
- 确认集成后需要测试的内容, 明确测试环境以及需要观测的变量等。
- 必要时更新并维护集成方案。

6.2 搭建并维护集成环境

根据集成方案进行集成环境软硬件搭建, 确保集成产品正确。主要完成以下内容:

- 获取所需工具软件, 并保证版本信息与需求一致;
- 获取集成测试所需硬件, 并保证功能正常;
- 输入预设的集成输入并获取集成输出, 确认集成输出符合需求。

6.3 集成实施

软件集成步骤如下:

- 检查集成任务。检查集成基线中的各项信息是否正确, 例如软件版本号等信息。
- 获取集成输入。更新配置管理库, 从配置管理库中获取集成输入到集成环境中, 保证所有集成输入都来自配置管理库。

- c) 记录集成输入的获取位置与版本信息。
- d) 软件构建：使用工具处理集成环境中的各项输入生成可执行文件。

6.4 集成测试

需对集成交付物进行测试，保证集成交付物工作正常。

- a) A2L 描述性文件检查。A2L 文件符合标准格式且所有变量在合理地址区间。主要检查变量在代码中的长度与 A2L 生成的是否一致，变量是否放在了正确的分区，变量地址是否存在重叠等。
- b) 刷写与标定测试。软件刷写与标定正常。将生成的可执行程序通过刷写工具刷到电控单元中，然后在上位机中进行相关标定量的标定以确认刷写及标定功能正常。
- c) 可运行性测试。软件可以正常运行。将可执行程序通过刷写工具刷到电控单元中，测试程序在电控单元中是否正常运行。
- d) 版本号确认测试。测试版本号与目标版本号一致。将可执行程序通过刷写工具刷到电控单元中，在上位机中监控版本号相关的变量以确认版本号信息的正确性。
- e) 压力测试。将可执行程序通过刷写工具刷到电控单元中，测试程序在电控单元中的 CPU 负荷，可通过监控相关变量获取。
- f) 运行时错误检查。利用运行时错误检查工具检查当前版本代码是否存在运行时的错误，例如数组越界，指针访问错误等。
- g) 代码规范检查。利用代码规范检查工具进行静态代码检查，确认是否存在编码不规范等问题；
- h) 静态资源统计。统计可执行程序所占用的各 RAM 及 FLASH 的大小及使用率等信息，确保资源使用率小于 80%，超过该设定值需进行评估。
- i) 代码度量。统计代码度量信息，如代码行数、注释率等信息，确保代码度量信息符合需求。
- j) 其他在集成方案中明确的测试。根据项目特殊性进行的其他的集成测试项或检查项。

6.5 集成发布

集成发布需按照以下步骤进行：

- a) 上传集成输出到配置管理库；
 - b) 创建集成输入版本标识；
 - c) 通知相关人员集成结果。
-

