



中华人民共和国国家标准

GB/T 20438.2—2017/IEC 61508-2:2010
代替 GB/T 20438.2—2006

电气/电子/可编程电子安全相关系统的 功能安全 第2部分:电气/电子/可编程 电子安全相关系统的要求

Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems—Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems

(IEC 61508-2:2010, IDT)

2017-12-29 发布

2018-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国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	3
3 定义和缩略语	4
4 与 GB/T 20438 的符合性	4
5 文档	4
6 功能安全管理	4
7 E/E/PE 系统安全生命周期要求	4
7.1 概述	4
7.2 E/E/PE 系统设计要求规范	8
7.3 E/E/PE 系统安全确认计划编制	9
7.4 E/E/PE 系统的设计与开发	10
7.5 E/E/PE 系统集成	25
7.6 E/E/PE 系统运行和维护规程	26
7.7 E/E/PE 系统的安全确认	27
7.8 E/E/PE 系统的修改	28
7.9 E/E/PE 系统的验证	28
8 功能安全评估	29
附录 A (规范性附录) E/E/PE 安全相关系统的技术和措施—运行中的失效控制	30
附录 B (规范性附录) E/E/PE 安全相关系统的技术和措施—在生命周期不同阶段中避免系统 性失效	44
附录 C (规范性附录) 诊断覆盖率和安全失效分数	53
附录 D (规范性附录) 符合项的安全手册	55
附录 E (规范性附录) 带片上冗余的集成电路特定架构要求	57
附录 F (资料性附录) ASIC 避免系统性失效的技术与措施	62
参考文献	71
图 1 GB/T 20438 的整体框架	2
图 2 E/E/PE 系统安全生命周期(实现阶段)	5
图 3 ASIC 开发生命周期(V 模型)	6
图 4 GB/T 20438.2 和 GB/T 20438.3 的范围和关系	6
图 5 确定规定架构的最高 SIL(包含数个串联组件的 E/E/PE 安全相关子系统,见 7.4.4.2.3)	15
图 6 确定规定架构的最高 SIL(由两个子系统 X 与 Y 组成的 E/E/PE 安全相关子系统,见 7.4.4.2.4)	17

图 7 数据通信架构 25

表 1 E/E/PE 系统安全生命周期实现阶段概述 7

表 2 A 类安全相关组件或子系统执行安全功能时的最大允许安全完整性等级 14

表 3 B 类安全相关组件或子系统执行安全功能时的最大允许安全完整性等级 15

表 A.1 在量化随机硬件失效的影响时假定的或在推导安全失效分数时要考虑的故障或失效 31

表 A.2 电气元器件 33

表 A.3 电子元器件 33

表 A.4 处理单元 34

表 A.5 不可变内存范围 35

表 A.6 可变内存范围 35

表 A.7 I/O 单元和接口(外部通信) 36

表 A.8 数据路径(内部通信) 37

表 A.9 电源 37

表 A.10 程序顺序(看门狗) 37

表 A.11 时钟 38

表 A.12 通信和大容量存储器 38

表 A.13 传感器 39

表 A.14 最终元件(执行器) 39

表 A.15 用于控制由硬件设计引起的系统性失效的技术和措施 40

表 A.16 用于控制由环境应力或影响引起的系统性失效的技术和措施 41

表 A.17 用于控制系统性操作失效的技术和措施 42

表 A.18 控制系统性失效的技术和措施的有效性 42

表 B.1 在 E/E/PE 系统设计要求规范阶段为避免失误的技术和措施(见 7.2) 45

表 B.2 在 E/E/PE 系统设计和开发阶段为避免引入故障的技术和措施(见 7.4) 46

表 B.3 在 E/E/PE 系统集成阶段为避免故障的技术和措施(见 7.5) 47

表 B.4 在 E/E/PE 系统运行和维护规程阶段为避免故障和失效的技术和措施(见 7.6) 47

表 B.5 在 E/E/PE 系统安全确认阶段为避免故障的技术和措施(见 7.7) 48

表 B.6 避免系统性失效的技术和措施的有效性 49

表 E.1 增加 β_{B-IC} 的技术和措施 59

表 E.2 减少 β_{B-IC} 的技术和措施 60

表 F.1 ASIC 设计和开发过程中避免引入故障的技术和措施—全定制和半定制的数字 ASIC
(见 7.4.6.7) 63

表 F.2 ASIC 的设计实现过程中避免引入故障的技术和措施—用户可编程 IC(FPGA/PLD/
CPLD)(见 7.4.6.7) 67

前 言

GB/T 20438《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全》分为七个部分：

- 第 1 部分：一般要求；
- 第 2 部分：电气/电子/可编程电子安全相关系统的要求；
- 第 3 部分：软件要求；
- 第 4 部分：定义和缩略语；
- 第 5 部分：确定安全完整性等级的方法示例；
- 第 6 部分：GB/T 20438.2 和 GB/T 20438.3 的应用指南；
- 第 7 部分：技术和措施概述。

本部分为 GB/T 20438 的第 2 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 20438.2—2006《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第 2 部分：电气/电子/可编程电子安全相关系统的要求》，与 GB/T 20438.2—2006 相比，主要技术变化如下：

- 增加了 ASIC 开发生命周期(见图 3)；
- 增加了符合项的安全手册(见附录 D)。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 61508-2:2010《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第 2 部分：电气/电子/可编程电子安全相关系统的要求》。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会(SAC/TC 124)归口。

本部分起草单位：由机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、北京国电智深控制技术有限公司、皮尔磁工业自动化贸易(上海)有限公司、上海工业自动化仪表研究院、北京和利时系统工程有限公司、欧姆龙自动化(中国)有限公司、西门子(中国)有限公司、上海中沪电子有限公司。

本部分主要起草人：史学玲、田雨聪、冯晓升、黄之炯、张艾森、郑威、周有铮、华镛、罗安、熊文泽、杨柳、李佳、梅豪、周纯杰、徐皓冬、钱大涛、孟邹清、刘瑶、王德吉。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 20438.2—2006。

引 言

由电气和电子器件构成的系统,多年来在许多应用领域中执行其安全功能。以计算机为基础的系统(一般指可编程电子系统)在其应用领域中用于执行非安全功能,并且也越来越多地用于执行安全功能。如果要安全并有效地使用计算机技术,有关决策者在安全方面有充足的指导并据此做出决定是十分必要的。

GB/T 20438 针对由电气和/或电子和/或可编程电子(E/E/PE)组件构成的、用来执行安全功能的系统安全生命周期的所有活动,提出了一个通用的方法。采用统一的方法的目的是为了针对所有以电为基础的安全相关系统提出一种一致的、合理的技术方针。主要目标是促进基于 GB/T 20438 系列标准的产品和应用领域国家标准的制定。

注 1: 在参考文献中给出了基于 GB/T 20438 系列标准的产品和应用领域标准的例子(见参考文献[1],[2],[3])。

在许多情况下,可用多种基于不同技术(如机械的、液压的、气动的、电气的、电子的、可编程电子的等)的系统来保证安全。因而不得不考虑各类安全策略,不仅要考虑单个系统中的所有组件的问题(如传感器、控制器、执行器等),还要考虑不同安全相关系统组合后的问题。因此当 GB/T 20438 在关注电气/电子/可编程电子(E/E/PE)安全相关系统的同时,也提供了一个框架,在这个框架内,基于其他技术的安全相关系统也可被考虑进去。

在各种应用领域里,存在着许多潜在的危险和风险,包含的复杂性也各不相同,从而需应用不同的 E/E/PE 安全相关系统。对每个特定的应用,将根据特定应用的许多因素来确定所需的安全措施。GB/T 20438 作为基本原则可在未来的产品和应用领域国家标准制定和已有标准的修订中规范这些措施。

GB/T 20438

- 考虑了当使用 E/E/PE 系统执行安全功能时,所涉及的整体安全生命周期、E/E/PE 系统安全生命周期以及软件安全生命周期的各阶段(如初始概念、整体设计、实现、运行和维护到退役);
- 针对飞速发展的技术,建立一个足够健全且广泛满足未来发展需求的框架;
- 使涉及 E/E/PE 安全相关系统的产品和应用领域的国家标准得以制定;在 GB/T 20438 的框架下,产品和应用领域的国家标准的制定在应用领域和交叉应用领域宜具有高度一致性(如基本原理,术语等);这将既具有安全性又具有经济效益;
- 为实现 E/E/PE 安全相关系统所需的功能安全,提供了编制安全要求规范的方法;
- 采用了一种可确定安全完整性要求的基于风险的方法;
- 引入安全完整性等级,用于规定 E/E/PE 安全相关系统所要执行的安全功能的目标安全完整性等级;

注 2: GB/T 20438 没有规定每个安全功能的安全完整性等级的要求,也没有规定如何确定安全完整性等级。而是提供了一种基于风险概念的框架和技术范例。

- 建立了 E/E/PE 安全相关系统执行安全功能的目标失效量,这些量都同安全完整性等级相联系;
- 建立了单一 E/E/PE 安全相关系统执行安全功能时,目标失效量的一个下限值。这些 E/E/PE 安全相关系统运行在:

- 低要求运行模式下,下限设定成要求时危险失效平均概率为 10^{-5} ;
- 高要求或连续运行模式下,下限设定成危险失效平均频率为 $10^{-9}/h$ 。

注 3: 单一 E/E/PE 安全相关系统不一定是单通道架构。

注 4: 对于非复杂系统,通过安全相关系统的设计实现更优目标安全完整性是可能的。但对于相对复杂的系统(例如可编程电子安全相关系统),这些限值代表了目前能够达到的水平。

- 基于工业实践中获取的经验和判断,设定了避免和控制系统性故障的要求。即使发生系统性故障的可能性一般不能量化,但 GB/T 20438 允许为一个特定的安全功能做出声明,即如果标准中的所有要求都满足,认为与安全功能相关的目标失效量已达到;
- 引入了系统能力,该能力表明一个组件为满足规定的安全完整性等级要求时,系统性安全完整性的置信度;
- 采用多种原理、技术和措施以实现 E/E/PE 安全相关系统的功能安全,但没有明确地使用失效-安全的概念。然而,如果能够满足标准中相关条款的要求,则“失效-安全”的概念和“本质安全”原则可能被应用,并且采用这些概念是可接受的。

电气/电子/可编程电子安全相关系统的 功能安全 第2部分:电气/电子/可编程 电子安全相关系统的要求

1 范围

1.1 GB/T 20438 的本部分

- a) 在使用前,应充分理解 GB/T 20438.1,GB/T 20438.1 提供了实现功能安全的总体框架;
- b) 适用于 GB/T 20438.1 定义的安全相关系统,安全相关系统至少包含一种电气、电子或可编程电子组件;
- c) 适用于 E/E/PE 安全相关系统中的所有组件(包括传感器、执行器和操作员界面);
- d) 规定了如何按照 GB/T 20438.1 定义的 E/E/PE 系统安全要求规范(由 E/E/PE 系统安全功能要求规范和 E/E/PE 系统安全完整性要求规范组成),开发出 E/E/PE 系统设计要求规范;
- e) 规定了在 E/E/PE 安全相关系统的设计和制造过程中(即建立 E/E/PE 系统安全生命周期模型)除软件外所进行活动的要求,软件要求在 GB/T 20438.3(见图 2~图 4)中给出;这些要求包含了用以避免和控制故障和失效发生的技术和措施的应用,并被划分成与安全完整性等级相对应的不同等级;
- f) 规定了执行 E/E/PE 安全相关系统的安装、调试以及最终安全确认所需的信息;
- g) 不适用于 E/E/PE 安全相关系统的运行和维护阶段,这方面内容在 GB/T 20438.1 中给出。但是,本部分为用户提供了有关 E/E/PE 安全相关系统的运行和维护所需的信息和规程的准备工作;
- h) 规定了对 E/E/PE 安全相关系统进行各种修改的各方应满足的要求;

注 1: 本部分主要直接面向供应商和/或公司内部的工程部门,因此包含了对修改的要求。

注 2: 本部分与 GB/T 20438.3 的关系见图 4。

- i) 不适用于符合 IEC 60601 的医疗设备。

1.2 GB/T 20438.1、GB/T 20438.2、GB/T 20438.3 和 GB/T 20438.4 是基础的安全标准,虽然它不是针对低复杂的 E/E/PE 安全相关系统(见 GB/T 20438.4—2017 的 3.4.3),但作为基础安全标准,各技术委员会可以在 IEC 指南 104 和 ISO/IEC 指南 51 的指导下制定相关标准时使用。GB/T 20438.1、GB/T 20438.2、GB/T 20438.3 和 GB/T 20438.4 也可作为独立标准来使用。GB/T 20438 的横向安全功能不适用于在 IEC 60601 系列指导下的医疗设备。

1.3 各技术委员会的责任之一,是在其标准的起草工作中尽可能使用基础的安全标准。在本部分中,本基础安全标准中的要求、测试方法或测试条件只有在这些技术委员会起草的标准中已明确引用或包含时适用。

注: 仅当所有相关要求得到满足时,才能达到 E/E/PE 安全相关系统的功能安全。因此,认真考虑和充分引用所有相关要求是十分重要的。

1.4 图 1 表示了 GB/T 20438 的整体框架,同时指出了本部分在实现 E/E/PE 安全相关系统的功能安全过程中的作用。GB/T 20438.6—2017 的附录 A 详述了 GB/T 20438.2 和 GB/T 20438.3 的应用。