



中华人民共和国国家标准

GB/T 18185—2000

水文仪器可靠性技术要求

Specification of reliability for hydrologic instruments

2000-08-14 发布

2000-12-01 实施

国家质量技术监督局 发布

目 次

| | |
|---------------------------------|----|
| 前言 | Ⅲ |
| 1 范围 | 1 |
| 2 引用标准 | 1 |
| 3 定义 | 2 |
| 4 总则 | 2 |
| 5 可靠性设计程序 | 3 |
| 6 产品可靠性技术要求 | 9 |
| 7 抽样检验及验证考核方法 | 16 |
| 8 结果分析统计及故障判定 | 20 |
| 9 试验记录与报告 | 23 |
| 附录 A(标准的附录) 一次抽样方案 | 25 |
| 附录 B(提示的附录) 抽样方案示例 | 29 |
| 附录 C(提示的附录) 可靠性估计及验证方法示例 | 30 |
| 附录 D(提示的附录) 水文仪器可靠性试验报告 | 32 |
| 附录 E(提示的附录) 水文仪器现场使用故障统计表 | 36 |

前 言

本标准是根据《水利部水利水电技术标准体系表》及“水利部产品技术标准编制‘八·五’计划”进行编制的。

本标准主要从产品可靠性工程设计角度出发,根据水文仪器的产品结构和专业特点,考虑到产品长期(或周期性)处于野外恶劣的环境中,并要求能满足连续自动工作或手工操作测验所特定的使用要求,即从设计、研制、试验及生产流程上,按照既要保证产品使用的实效性、耐久性,又要能实现产品设计预定的可靠性目标等诸要求进行编制。本标准与 GB/T 9359.1~9359.8—1988《水文仪器总技术条件》系列标准、GB/T 15966—1995《水文仪器基本参数及通用技术条件》并列为水文仪器专业的产品基础性通用标准。

本标准在规定产品可靠性设计指标系列及试验方法等内容时,基本按 GB/T 13336—1991《水文仪器系列型谱》规定的仪器分类顺序展开,其中可靠性指标系列不仅是作为水文仪器的各大类仪器设计、研制及试验测试时的指导、参考,也是编制产品标准或产品技术条件等技术文件中相关内容选择、确定依据。

本标准的附录 A 是标准的附录;

本标准的附录 B、附录 C、附录 D、附录 E 都是提示的附录。

本标准由水利部机械局提出。

本标准由全国水文标准化技术委员会水文仪器分技术委员会归口。

本标准负责起草单位:水利部南京水利水文自动化研究所;参加起草单位:水利部科技司。

本标准主要起草人:冯讷敏、陆旭、马济元、施正平、姚永熙、李玉萍。

本标准委托水利部南京水利水文自动化研究所负责解释。

1 范围

本标准规定了水文仪器可靠性技术设计的基本原则、描述方法、建立数学模型、指标分配及预计、可靠性通用要求、指标系列划分、抽样规则、验证试验及考核方法、结果统计及故障判定、试验报告等要求。

本标准适用于一般江河、感潮河口、湖泊、水库、明渠,以及地下水中测量各种水文参数的水文仪器。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB/T 2689.1—1981 恒定应力寿命试验和加速寿命试验方法总则
- GB/T 2689.2—1981 寿命试验和加速寿命试验的图估计法(用于威布尔分布)
- GB/T 2689.3—1981 寿命试验和加速寿命试验的简单线性无偏估计法(用于威布尔分布)
- GB/T 2689.4—1981 寿命试验和加速寿命试验的最好线性无偏估计法(用于威布尔分布)
- GB/T 2829—1987 周期检查计数抽样程序及抽样表(适用于生产过程稳定性的检查)
- GB/T 3187—1994 可靠性、维修性术语
- GB/T 4086.2—1983 统计分布数值表 X^2 分布
- GB/T 5080.4—1986 设备可靠性试验 可靠性测定试验的点估计和区间估计方法(指数分布)
- GB/T 5080.6—1986 设备可靠性试验 恒定失效率假设的有效性检验
- GB/T 5080.7—1986 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无障碍时间的验证试验方案
- GB/T 5081—1985 电子产品现场工作可靠性、有效性和维修性数据收集指南
- GB/T 6993—1986 系统和设备研制生产中的可靠性程序
- GB/T 7288.1—1987 设备可靠性试验 推荐的试验条件 室内便携设备粗模拟
- GB/T 7288.2—1987 设备可靠性试验 推荐的试验条件
- GB/T 7289—1987 可靠性、维修性与有效性预计报告编写指南
- GB/T 7826—1987 系统可靠性分析技术 失效模式和效应分析(FMEA)程序
- GB/T 7827—1987 可靠性预计程序
- GB/T 7828—1987 可靠性设计评审
- GB/T 9359.5—1988 水文仪器总技术条件 基本环境试验条件与方法
- GB/T 9359.7—1988 水文仪器总技术条件 安全要求
- GB/T 13264—1991 不合格品率的小批计数抽样检查程序及抽样表
- GB/T 15966—1995 水文仪器基本参数及通用技术条件
- SL 10—1989 水文仪器术语

3 定义

除下列定义外,本标准所采用的其他可靠性术语定义、符号见 GB/T 3187 和 SL 10。

3.1 平均寿命

产品在交付使用后工作寿命的平均值。它可分为下列两种情况:

- ① 对不可修复或不值得修复的产品,平均寿命是指产品发生失效前工作时间的平均值,记作 $MTTF$ 。
- ② 对可修复产品,平均寿命是指相邻两故障间工作时间的平均值,又称平均无故障工作时间,记作 $MTBF$ 。

3.2 生产方风险

在抽样方案的抽查特性(oc)曲线上,对应于事先确定的、具有比较小的拒收概率的一个点称为生产方风险点,这个拒收概率(本标准规定为 0.05)称为生产方风险。

3.3 生产方风险质量

对于任一抽样方案,具有规定的生产方风险的批不合格品率。以 P_0 表示生产方风险为 0.05 时的生产方风险质量。

3.4 使用方风险

在抽样方案的抽查特性(oc)曲线上,对应于事先确定的、具有比较小的接收概率(本标准规定为 0.10)的一个点,称为使用方风险点,这个接收概率称为使用方风险。

3.5 使用方风险质量

对于任一抽样方案,具有规定的使用方风险的批不合格品率。以 P_1 表示使用方风险为 0.10 时的使用方风险质量。

3.6 合格质量水平(AQL)

在抽样检验中,可以接受的连续提交检查批的过程平均上限值。

3.7 不合格质量水平(RQL)

在抽样检验中,认为不可接收的批质量下限值。它们是所有认为不可接收的批的每百单位产品不合格品数或每百单位产品不合格数的最小值。

3.8 周期检查

为判断在规定周期内(按时间规定,也可按制造单位数量规定)生产过程的稳定性是否符合规定要求,从逐批检查合格的某个批或若干批中抽取样本的检查。

3.9 判别水平

判别生产过程稳定性不符合规定要求的能力大小的等级(本标准规定按 GB/T 2829 中三个不同的判别水平执行)。

4 总则

4.1 目的

为水文仪器的研制、设计、试验、生产、验收、使用等方面提供基本可信的可靠性传递基础及技术要求。

为水文仪器的质量控制、可靠性增长提供标准技术依据。

为水文仪器的可靠性描述、建模、预计、指标分配及指标系列划分、试验验证、故障判定等提供科学的可供选择的指导性技术文件。

4.2 基本原则

- a) 水文仪器在研制、设计、试验及生产中,均应有明确的可靠性指标要求,其确定原则参照 5.1 及 6.2 要求;

b) 仪器机电结构及电路设计、元器件数量、组装方式应尽量简化；

c) 仪器应尽量采用成熟的、实用有效的标准结构及典型电路单元，确保产品的模块化、标准化、通用化水平；

d) 某一类仪器新品推出应按系列化设计，在成熟产品基础上逐步扩展，并应在继承的基础上应用和采纳新技术；

e) 仪器采用元器件的规格品种应尽量简化，注意提高元器件的复用率，对选用的新的元器件应预先了解其可靠性水平；

f) 必要时在仪器设计中应对关键电路、部件及元器件采用适当的冗余技术；

g) 新仪器总体设计方案除应事先进行可行性论证外，还必须进行仪器可靠性模型分析及指标预计，达不到规定可靠性指标时应修改方案或另选方案。

4.3 描述方法

可靠性系指产品在规定条件下和规定时间内，完成规定功能的能力。可靠性有广义的和狭义的两重含义。描述水文仪器的可靠性，从广义可靠性出发，本标准推荐使用有效度来表示，即：

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots\dots\dots (1)$$

式中：A——有效度；

MTBF——平均无故障工作时间，h；

MTTR——平均修复时间，h。

从狭义可靠性角度出发，根据水文仪器的产品门类及工作特征，推荐采用以下可靠性特征量进行描述：

a) 平均无故障工作时间(MTBF)；

b) 可靠度 R

产品在规定的条件下和规定的时间内，完成规定功能的概率；

c) 失效率 λ

工作到某时刻尚未失效的产品，在该时刻后单位时间内发生失效的概率。

5 可靠性设计程序

水文仪器可靠性设计的基本任务是在现有技术水平条件下，从系统、设备或装置的总体设计、元器件选用、电路稳定性设计、机械结构及工艺设计、维修、安全等方面，采用各种措施，在性能指标、功能、成本、时间、重量、体积等因素综合平衡下，实现既定的可靠性指标。

5.1 可靠性指标的规定

观测水文要素的仪器、设备或装置，根据其工作的不同方式和要素的测量要求可分为连续性工作的水文仪器和间歇性工作的水文仪器两大类，不同类别的仪器选用不同的可靠性指标。

连续性工作的水文仪器，适用于连续测量水文要素随时间变化的过程，而仅在仪器作必要的更换及配件、读取数据、保养、修理时，才暂时停止其工作，其持续的时段可以是一天、一周、一月、数月、数年。水文仪器连续性工作特点，一般是由被测水文要素测量要求所决定的。连续性工作的水文仪器其可靠性指标规定为平均无故障工作时间 MTBF。

间歇性工作的水文仪器仅测量瞬时或某一时段水文要素随时间变化的过程。一般讲该时段可以是数秒、数分、数小时。而大部分时间，仪器处于储备闲置状态。间歇性工作的特点一般也是由被测水文要素测量要求所决定的。间歇性工作的水文仪器可靠性指标规定为可靠度 $R(t)$ 。

5.2 建立可靠性模型

为了对水文仪器的可靠性做出定量的分配、预计、评价，以及对可靠性设计进行分析，首先应建立可靠性模型。

可靠性模型的建立应在仪器设计阶段进行,并当产品设计、技术指标、环境要求、实验数据、工作模式发生变更时,随时修改可靠性模型。

可靠性模型分为基本可靠性模型和任务可靠性模型两类。对单台套水文仪器或系统而言,若仪器处于既无冗余,又无替代工作模式的情况下,基本可靠性模型即可用来估计任务可靠性,构成仪器的所有设备、功能块组成串联模型。当多台套设备组成系统,或虽为单台设备,但系统或设备中有冗余或替代工作模式的复杂系统时,则可同时考虑基本可靠性模型和任务可靠性模型。

5.2.1 一般描述

水文仪器的可靠性模型,包括可靠性框图和与之对应的数学模型。

可靠性框图是仪器组成各单元从任务可靠性角度出发,表现其逻辑关系的方框图,即表示仪器在成功完成任务时,所有单元之间的相互依赖关系。可靠性框图可用对应的数学模型加以描述。

可靠性框图应能正确、清晰反映仪器各个单元之间在可靠性功能上的联系,以及这些单元功能对仪器工作的影响程度,以保证仪器完成其预期的功能。

可靠性框图应能与仪器功能结构框图、原理图相协调。可靠性框图数学模型的输入、输出应与仪器分析模型的输入、输出相一致。

5.2.2 建立可靠性框图原则

水文仪器可靠性框图的建立应满足如下要求:

a) 可靠性框图中的每一个方框都是能完成某一功能的功能块,根据仪器本身的复杂情况,功能块可以是一台设备、一个单元电路、一个部件、一个元器件或一个零件。

一般情况下,建立系统可靠性框图时,可划分至设备。建立设备可靠性框图时可划分至功能级,特别重要的元器件、零件,允许单独列出,以保证可靠性框图的简明、直观;

b) 可靠性框图除特殊情况外,每一个方框发生的故障都是相互独立的,即任一个方框发生的故障与其他方框是否出现故障无关;

c) 可靠性框图描述的是各单元之间的可靠性逻辑关系,不涉及单元的复杂程度、工作环境的严酷程度,以及工作时间长短等其他因素。

5.2.3 仪器可靠性框图结构

水文仪器的可靠性框图从基本可靠性出发均为串联系统。对有冗余或替代工作模式的设备或系统从任务可靠性出发,具有串并联混合系统的框图,但通过有关可靠性数学理论计算,并联部分将得以简化,故水文仪器的可靠性框图最终为单一的串联系统。

5.2.3.1 当水文仪器为单台套设备时,典型的水文仪器功能框图如图 1 所示。

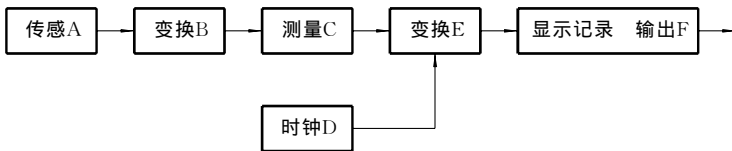


图 1 典型的水文仪器功能框图

根据上述的功能框图,遵循建立可靠性框图的原则,典型的水文仪器可靠性框图如图 2 所示。

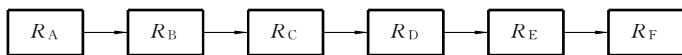


图 2 典型的水文仪器可靠性框图

而与之相对应的数学模型为:

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \dots\dots\dots (2)$$

式中: $R_s(t)$ ——设备总可靠度;

$R_i(t)$ ——第 i 个单元可靠度。

对各种不同单台套水文仪器均可参照上述可靠性框图形式,进行更为恰当、合理、明确、具体的划

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

分。对若干台设备组成的系统,可划分至单台设备,同样组成串联系统可靠性框图。

5.2.3.2 串并联混合系统可靠性框图的简化

a) 纯并联系统可靠性框图如图 3 所示:

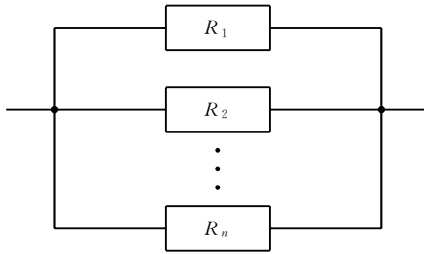


图 3 纯并联系统可靠性框图

其数学模型为:

$$R_s(t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - R_i(t)] \quad \dots\dots\dots (3)$$

b) 串并联系统可靠性框图如图 4 所示:

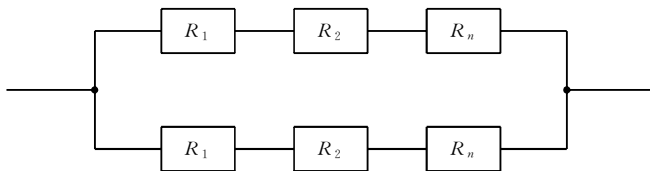


图 4 串并联系统可靠性框图

其数学模型为:

$$R_s(t) = 1 - [1 - \prod_{i=1}^n R_i(t)]^2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

c) 并串联系统可靠性框图如图 5 所示:

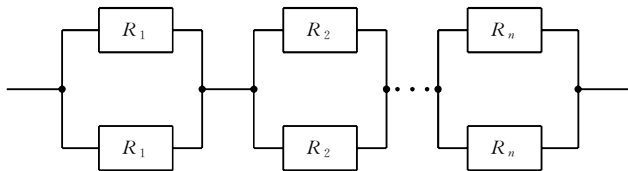


图 5 并串联系统可靠性框图

其数学模型为:

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^n \{1 - [1 - R_i(t)]^2\} \quad \dots\dots\dots (5)$$

5.2.4 水文仪器可靠性数学模型

若水文仪器可靠性模型为单一串联系统,则:

a) 可靠性模型的可靠度 $R_s(t)$ 等于各单元可靠度 $R_i(t)$ 的乘积,见式(2);

b) 可靠性模型的失效率 $\lambda_s(t)$ 等于各单元 $\lambda_i(t)$ 的和,即:

$$\lambda_s(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(t) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中: $\lambda_s(t)$ —— 设备的总失效率;

$\lambda_i(t)$ —— 第 i 个单元的失效率。

c) 若各单元失效分布服从指数分布,则仪器失效分布也服从指数分布,即:

$$R_s = e^{-\lambda_s t} \quad \dots\dots\dots (7)$$

上述公式说明,要提高系统设备的可靠度,可通过减少单元数目、降低单元失效率、缩短工作时间得

以实现。

5.3 可靠性指标的分配

可靠性分配是将可靠性指标或预计所能达到的指标值加以分解,科学合理地分配到规定的产品单元。可靠性指标的分配应根据仪器可靠性框图进行划分,即每一个方框均应有相应的可靠性指标,使仪器的可靠性指标得以保证。

5.3.1 加权因子

对水文仪器串联系统可靠性框图进行可靠性分配,基于如下条件:

- a) 组成系统的各设备或组成设备的各功能块,其故障是相互独立的;
- b) 组成系统的各设备或组成设备的各功能块的失效率都是常数,即它们的寿命均服从指数分布。在机械类水文仪器中,某个零件的寿命可能符合对数、正态分布或威布尔分布,但作为其所在功能块来讲,认为其寿命仍然服从指数分布;
- c) 系统(设备)的失效率为常数,且是各设备(功能块)失效率的加权和。

由此,对由 $n(n \geq 1)$ 个单元组成串联系统而言,可得:

$$\lambda_s T = \sum_{i=1}^n \lambda_i t_i \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中: T ——系统要求执行任务时间,即任务周期;

λ_s ——系统应具有失效率指标;

n ——设备或功能块数目,即方框数;

t_i ——第 i 个设备或功能块在任务周期内的工作时间;

λ_i ——分配给第 i 个设备或功能块的失效率。

为了科学合理地将总失效率指标分配到各设备或功能块,有必要引入加权因子 C_i ,且有: $0 \leq C_i \leq 1$; $\sum C_i = 1$;

则可求得失效率分配方程:

$$\lambda_i = \frac{C_i T}{t_i} \lambda_s \quad \dots\dots\dots (9)$$

当第 i 个设备或功能块在任务周期内的工作时间等于任务周期时,则式(9)可为:

$$\lambda_i = C_i \lambda_s \quad \dots\dots\dots (10)$$

由式(10)可见可靠性指标中的加权因子 C_i 一旦确定,则根据系统总失效率即可求得各相应设备或功能块失效率。

5.3.2 比例分配法求加权因子

符合下列条件之一者,可应用比例分配法来求解加权因子。

- a) 产品结构比较简单、成熟,各功能块已作过可靠性预测,或有这方面的经验数据;
- b) 有相似老产品,并具有一定的老产品历史现场失效率记录,或有这方面的实例;
- c) 设备主要部分由外购件构成,且有这些外购件较完整的可靠性资料。

$$\text{令 } K_i = C_i \frac{T}{t_i} \text{ (} K \text{ 为比例系数)} \quad \dots\dots\dots (11)$$

则失效率分配方程为:

$$\lambda_i = K_i \lambda_s$$

若各功能块已作过可靠性预测,并获得先验信息,则:

$$K_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_s} \text{ (} i = 1, 2, \dots, n \text{)} \quad \dots\dots\dots (12)$$

其中 λ_i 、 λ_s 为可靠性预测值。

若具有相似老产品历史失效记录

$$K_i = \frac{\lambda_{i \text{ old}}}{\lambda_{s \text{ old}}} \dots\dots\dots (13)$$

其中 $\lambda_{i \text{ old}}$ 、 $\lambda_{s \text{ old}}$ 为历史失效记录。

K_i 一旦确定,即可求得各功能块相应的失效率。

5.3.3 综合因子评定法求加权因子

5.3.3.1 符合下列条件之一者,可应用综合因子评定法,求解加权因子。

- a) 有多台设备组成系统,对系统进行可靠性指标分配时;
- b) 技术比较复杂,工作条件比较恶劣或采用新技术时;
- c) 无相似产品时。

综合因子评定法考虑了各功能块的复杂性、重要性、环境条件、维修性、技术成熟程度、可靠性改进潜力等因素。

每一个因素给出一个定量的评价系数 K ,第 i 个单元的第 j 个评价系数记作 $K_{ij}(i=1,2,\dots,n,j=1,2,\dots,p)$ 。

则第 i 单元的综合评定值:
$$W_i = \prod_{j=1}^p K_{ij} \dots\dots\dots (14)$$

整个系统综合评定值:
$$W = \sum_{i=1}^n W_i = \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^p K_{ij} \dots\dots\dots (15)$$

加权因子为:
$$C_i = \frac{W_i}{W} = \frac{\prod_{j=1}^p K_{ij}}{\sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^p K_{ij}} \dots\dots\dots (16)$$

5.3.3.2 评价系数 K_{ij} 可按照以下各项来确定:

- a) 结构复杂程度

最简单的功能块赋值为 1,最复杂的功能块为 10,其余按复杂程度取 1~10 之间的整数;

- b) 环境条件

当系统内各功能块单元按 GB/T 9359.5 进行分类,工作于不同环境条件下时,可按表 1 赋值。当系统内各功能块单元处于同一工作环境条件下时,可按不同功能块对环境的敏感程度,及对可靠性影响分别赋值;

表 1 环境评价系数表

| 使用环境 | 室内用仪器 | | | 室外用仪器 | | 水下场合 | 船载仪器 | | 车载仪器 | | 高原场合 |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | B ₁ | B ₂ | C | D ₁ | D ₂ | E ₁ | E ₂ | F |
| 评价系数 | 1 | 2 | 4 | 5 | 8 | 9 | 6 | 7 | 6 | 8 | 10 |

- c) 重要程度

重要程度最高的单元赋值为 1,重要程度最低的单元赋值为 10,其余按重要程度取 1~10 之间的整数;

- d) 可维修程度

可用各功能块平均维修时间来确定评价系数,见表 2:

表 2 维修程度评价系数表

| | | | | | | | | |
|-----------|-----|-----|----|----|----|----|------|------|
| 平均维修时间, h | ≥24 | ≥10 | ≥8 | ≥4 | ≥2 | ≥1 | ≥0.5 | <0.5 |
| 维修程度评价系数 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 |

根据仪器具体情况,还可增加技术成熟程度,可靠性改进潜力,元器件成熟程度,运行工作时间等因素,来确定评价系数 K_{ij} 。

5.4 可靠性分析

可靠性分析通过对产品的各组成单元(元件或功能块)潜在的各种失效模式,及其对产品功能的影

响(效应),产生后果的危害程度进行分析,提出可能采取的预防改进措施,以提高产品的可靠性。

可靠性分析工作应贯穿于整个设计过程之中。

水文仪器的可靠性分析一般采取如下步骤:

a) 绘制设备的功能逻辑框图,功能逻辑框图说明构成设备或系统的各个单元或功能块之间在功能上的依从关系。根据水文仪器的复杂程度,较简单的产品可分解到元器件,较复杂的产品可分解到单元电路或功能块,也可进行简化处理,仅分解到重要元器件或重要功能块。多台设备组成的系统,应对每个设备分别分解;

b) 掌握元器件或功能块的失效模式

对重要的元器件或功能块应找出失效模式及其相应出现概率,其依据如下:

——该元器件首次采用,可以以被认为具有类似功能结构的元器件为依据;

——常用的元器件,以过去使用时失效模式及失效率为依据;

——按经验判断。

并列表表示各重要元器件或功能块失效的若干种情况及其相应出现的概率。

c) 按照失效模式对设备造成影响的严重程度,划分成六个严酷度等级,见表3;

d) 采用网络图分析法

利用网络图分析法来确定失效模式危害度大小。即以严酷度等级为纵坐标,失效模式出现概率为横坐标,确定重要元器件或功能块在网络图中的位置,其中离原点越远的元器件或功能块,其危害度越高;

e) 提出预防措施

表3 严酷度等级表

| 严酷度等级 | 严 酷 程 度 |
|-------|---|
| 1 | 导致功能可能下降,其他无影响 |
| 2 | 造成功能下降或测量精度不符合要求,其他无影响 |
| 3 | 丧失部分功能,人工及时校正可得以弥补其资料缺陷 |
| 4 | 丧失部分功能,设备未造成重大损失 |
| 5 | 丧失原有功能,其结果使设备造成重大损失,但不危及人身安全 |
| 6 | 丧失原有功能,其结果使设备或周围环境造成重大损失,并发生危及人身安全的任一事件 |

根据网络图分析法提示,确定需重视的元器件或功能块,采用可靠性设计办法提出预防措施,从而提高系统可靠性。

5.5 可靠性预计

根据产品的零件、性能、工作环境及其相互关系的知识,推测该产品其将来的性能,这种技术称为可靠性预计。

可靠性预计的目的主要是从设计开始就采取各种措施,以保证系统达到所需的可靠性要求。应用可靠性预计方法来推测产品可能达到的可靠性水平是产品的设计手段之一,可为设计决策提供产品可靠性的相对量度。所以,水文仪器在研制设计过程中,均应进行可靠性预计。

5.5.1 可靠性预计分类

鉴于水文仪器的生产研制特点,水文仪器的可靠性预计可分为两类。即Ⅰ类用于产品方案论证阶段的可行性预计,Ⅱ类用于产品设计阶段的设计预计。其中产品方案论证阶段可使用相似设备法、相似电路法与有源器件法,在产品设计阶段,则可使用计数可靠性预计法及元器件应力分析法。

5.5.2 可靠性预计流程

水文仪器可靠性预计一般流程,见表4。

表 4 可靠性预计一般流程

| 流 程 | 产品方案论证阶段 | 产品设计阶段 |
|---------|--------------------|-------------------------------|
| 定义产品 | 规定其工作方式,产品特征,性能要求 | 规定其工作方式,产品特征,性能要求,指标更具体,理由更充足 |
| 产品组成成分 | 对产品进行功能块大致划分 | 对产品进行结构了解,划分确定的功能块 |
| 可靠性框图 | 简单的串联系统 | 并联部分进行简化 |
| 环境信息 | 规定对组成成分有影响的环境信息 | 规定对组成成分有影响的环境信息 |
| 应力信息 | 不进行 | 设备工作时所经受的恶劣条件下,应力、热受力和承受力工作方式 |
| 概率分布 | 指数分布 | 指数分布 |
| 失效率 | 利用预计手册或相似设备现场失效率求得 | 利用预计手册或相似设备现场失效率求得 |
| 建立可靠性模型 | 建立基本可靠性模型 | 同左,必要时,还可建立任务可靠性模型 |
| 预计产品可靠性 | 采用相似设备法,相似电路法有源器件法 | 采用计数可靠性预计法,元器件应力分析法 |
| 编写预计报告 | 按 GB/T 7289 规定执行 | 按 GB/T 7289 规定执行 |

进行水文仪器的可靠性预计除应考虑上述要求外,在操作程序上一般还应符合 GB/T 7827 的有关规定。

5.6 可靠性设计评审

可靠性设计评审目的是审核设备设计阶段可靠性方案的合理性,一般在设计方案确定后进行。根据产品的复杂程度,也可在设计不同阶段多次进行。

水文仪器的可靠性设计评审应完成如下任务:

- a) 对可靠性设计情况作全面审查;
- b) 对设计有分歧的问题进行研讨;
- c) 提出明确的评价和改进设计具体意见。

此外,有关具体设计评审要求和内容还应符合 GB/T 7828 的规定。

5.7 可靠性试验

在设计方案经过设计评审通过之后,方可试制样机,并进行样机阶段的性能试验和可靠性试验。

可靠性试验通常有环境试验、寿命试验、筛选试验、现场使用试验和鉴定试验。其中,样机试制一般必须经历环境试验与现场使用试验,而进行环境试验的方法应符合 GB/T 9359.5 及有关产品标准等的规定;对于批量生产的产品则应增加鉴定试验。

对于有特殊要求(如同、协议等)的产品,应根据其具体要求进行可靠性寿命试验(测定试验/验证试验),具体内容见本标准第 7 章规定,有关试验要求及方法应符合 GB/T 5080.4、GB/T 5080.6 和 GB/T 5080.7 的规定。

其他试验可视产品具体情况决定。

6 产品可靠性技术要求

6.1 可靠性设计要求

水文仪器一般属机电型产品。为保证产品总体可靠性的实现,应充分应用可靠性设计技术。可靠性设计技术包括产品的总体设计、元器件的选用、机械零件的设计、电路稳定性设计、结构工艺设计以及维修性安全性设计等方面,这些可靠性技术的应用,能有效地提高产品的设计质量,大大降低元器件的使用失效率,提高产品的可靠性,是可靠性设计中的重要工作内容。

6.1.1 总体设计

水文仪器的总体设计应符合以下要求:

6.1.1.1 水文仪器的设计指标、性能要求,应从实际需要出发,明确规定该仪器测量范围、使用环境条件、工作场合。对设计测量多项参数的水文仪器,应根据测验工作需要,慎重对待。

- 6.1.1.2 在保证仪器设备功能不受影响的前提下,所设计仪器设备的结构、线路、装配方式应简单,尽量采用集成化、一体化、积木化的设计方式。
- 6.1.1.3 采用成熟的标准结构件和典型单元电路,提高模块化、标准化与通用化。
- 6.1.1.4 实施系列化设计,在原有成熟产品基础上逐步扩展构成系列,在老产品的基础上吸收新技术,从而扩展产品的适用范围,提高产品的使用可靠性。
- 6.1.1.5 在充分调研的基础上,对组成系统的设备,最大限度地选用成熟的、价格性能比高的标准件、通用件。
- 6.1.1.6 水文仪器的供电应从总体设计阶段给予考虑。野外工作的水文仪器,尽可能不用交流电。使用交流电的仪器,一般应有辅助(备用)电源,并在交流电断电时,能自动或手动切换,保证仪器连续工作,且不丢失数据。使用直流电的仪器,应具备电源反向保护功能。
- 6.1.1.7 在设备的总体设计中除应考虑硬件的可靠性外,还应考虑软件的可靠性。在软件编制过程中,应尽量减少考虑不周而导致的软件本身的固有缺陷和错误,避免由于外界因素导致软件执行失败的可能性。微机系统特别是单片机系统应重视数据采集、控制状态、程序运行的软件对策,对计算机及其网络的软件,应考虑尽量选用成熟的标准模块、标准接口、增加数据备份及数据自恢复能力,限制数据的使用权限,减少抢占系统资源的可能,提高其安全性。
- 6.1.1.8 尽量减少元器件规格品种,提高元器件复用率,使元器件品种规格与数量比减少到最小程度。
- 6.1.1.9 对仪器设备的总体方案必须进行可行性论证和可靠性预计,预计结果达不到可靠性指标的,应修改总体方案或另选方案。

6.1.2 元器件的选用

元器件是系统、设备重要的组成部分,其性能直接影响到系统与设备的可靠性,在设计阶段,元器件的选用应符合以下要求:

- 6.1.2.1 对元器件的选用,在设计方案的构思阶段,就应同时考虑选用哪种类型的元器件,即尽量选用已被实践验证的符合有关标准的优质元器件。在性能、条件相同情况下,应尽量选用失效率低的元器件。
- 6.1.2.2 根据不同电路的工作参数和整机的使用环境条件,选用能满足要求的元器件,以充分发挥元器件应有功能,并使元器件在低于其额定的应力条件下工作,提高元器件使用可靠性。
- 6.1.2.3 尽量选用集成度较高的,无需调试或少调试的元器件。
- 6.1.2.4 在野外工作的水文仪器应选用功耗较低的元器件。
- 6.1.2.5 避免或少用接插件、继电器、开关件及旋转型电器零件。对接插件、继电器、开关件的电气触点应有优良的镀覆层,具有一定抗腐蚀能力。
- 6.1.2.6 在脉冲工作下的元器件,应有较大的电流富裕量,有足够的驱动能力和良好的频率特性。
- 6.1.2.7 针对不同环境条件下使用的水文仪器,应选择密封性和防潮性较好的元器件。
- 6.1.2.8 针对产品具体情况,选择进行元器件的加电、老化筛选。

6.1.3 机械零部件的设计

水文仪器属精密仪器,其机械零部件设计要求如下:

- 6.1.3.1 水文仪器中的机械零部件,应根据其在仪器中所起作用的不同情况,提出不同的目标可靠度,并推荐如表5:

表5 机械零部件可靠度推荐值表

| 序号 | 情况 | 设计方法 | 可靠度推荐值 |
|----|------------------------|-------------|-----------------------|
| 1 | 重要的机械零部件失效,将导致仪器完全不能工作 | 贯彻可靠性设计方法 | 0.999 991~0.999 999 0 |
| 2 | 比较重要的机械零部件失效,将影响仪器测量精度 | 贯彻可靠性设计方法 | 0.999 1~0.999 90 |
| 3 | 一般的机械零部件失效只引起可以忽略的后果 | 采用一般传统的设计方法 | — |

- 6.1.3.2 机械零部件设计中应充分考虑零件的疲劳、磨损、振动而造成的可靠性缺陷,并在设计过程中予以解决。

6.1.3.3 机械零部件材料的选用应尽量考虑材料的抗腐蚀、可加工性等因素。在采用工程塑料、橡胶等作为材料时,还应考虑温度变化情况下,材料的老化、嵌件的内应力等影响可靠性的有关因素。

6.1.3.4 机械零部件的可靠性与其制造工艺是密不可分的,每一个机械零件均应确定合理的加工工艺,并有足够的工模具配合,保证零件加工一致性。

6.1.4 电路稳定性

电路的稳定性决定了仪器能否按预期的目的可靠地工作。水文仪器工作在复杂的环境条件下,其电路稳定性设计主要包括各种不同环境条件下的电路稳定性设计,抗电磁干扰的电路稳定性设计,其设计要求如下:

6.1.4.1 电路应选用成熟的,器件手册推荐使用的,或经过实践证明可靠性高的电路,对电路的设计,要考虑到电源波动、干扰等不利影响。为避免仪器在干扰下“死循环”和“程序走飞”等情况的发生,应采取相应的硬、软件措施。

6.1.4.2 根据各自不同的工作场合,在温、湿度变化范围内,采取切实可行的措施,以确保电路工作的稳定性,例如元器件的降额设计使用等。

6.1.4.3 仪器的输入、输出端应具有防范雷电破坏和抗干扰措施。

6.1.4.4 水文仪器数据的传输分有线与无线两种,有线传输应注意干扰源的存在,并最大限度切断其传递途径,一般采用合理良好的接地及仪器的屏蔽、滤波等措施;无线传输、应遵照通讯规范要求。

6.1.4.5 对本身散发热量的仪器应进行热设计。在保证仪器完成规定功能的前提下,尽量降低设备的功耗,对个别发热的功率元器件应加装散热片,并合理改善仪器内部空气对流,合理布局元器件。

6.1.4.6 仪器电磁兼容性设计应从抑制干扰源、切断或减弱干扰的传递、提高仪器的抗干扰能力等方面着手,采取屏蔽、滤波、接地、电路保护、合理的布局和布线等措施。

6.1.5 结构、工艺的可靠性设计

水文仪器的结构与工艺,是可靠性设计的重要内容,任何结构上的缺陷与加工工艺中的失误均能影响仪器的可靠性指标,其设计要求如下:

6.1.5.1 防潮湿、防盐雾、防霉菌设计,对水文仪器的可靠性十分重要。野外工作的仪器一般均需采用密封处理,以利阻断外界高湿环境对仪器的影响;对近海使用的仪器,更要注意盐雾的影响;对在多沙河流上使用的仪器,还应考虑泥沙对仪器工作的影响,并采取有效措施。

6.1.5.2 水文仪器结构应能满足正常运输下抗震要求,不致因运输中震动,导致机械结构失效,元器件损坏。对车载、船载水文仪器应特别考虑振动的影响,其机械结构设计应能抵抗一定强度的振动与冲击。

6.1.5.3 良好的制造工艺是可靠性重要保证。机械零件应制定详细、合理的制造工艺,以保证零件的尺寸精度和形状位置精度。印制电路应采用计算机辅助设计,元器件排列方式应合理,锡焊工艺符合有关规定,印制板应有专门处理工艺。

6.1.5.4 一定数量的工模具是产品零件一致化的重要条件,为保证产品在制造过程中不出现较大退化,应根据零部件数量,确定一个合适的工装系数。

6.1.5.5 水文仪器的包装应保证在正常的贮运、装卸条件下,不致因包装不善,而引起产品损坏、散失、锈蚀、长霉和精度降低等。产品包装应根据产品的性质、形状大小、精密程度和贮运装卸条件进行设计,做到标志正确、包装紧凑、结构合理、防护可靠。

6.1.6 维修性、安全性设计

6.1.6.1 水文仪器属可维修产品,为提高设备的利用率,维修性设计要求如下:

- a) 结构简单、易拆、易装、易调、易换;
- b) 尽量采用标准件、通用件;
- c) 采用模块化设计,以利故障的发现、判别、排除。

6.1.6.2 水文仪器安全性设计应遵循如下要求:

仪器在设计与构造上,应符合 GB/T 9359.7 有关安全要求,使其在正常运行和可能的故障或误操

作情况下,对人身或周围环境都不会带来危险。

a) 防渗漏设计。工作在水下或在野外的有密封要求的仪器,应有严格的密封措施,以防止渗漏;

b) 防触电设计。机外可触及部分绝对不能带电,可触及部分和带电元件之间要有严格的绝缘,并需经受住电涌冲击、高温、高湿等各种严酷的试验。对机内高压部分,应有明显的文字警告标示,在结构设计上要求正确选用绝缘材料、绝缘层、绝缘处理,要求天线、耳机等插头均不会误插到不安全的插孔上;

c) 防燃烧设计。对采用蓄电池供电的仪器,应具有防止短路和过流的措施。

对个别高压元器件、发热元器件,电路中的大功率传输点,均可能引起燃烧,应采取相应措施;

d) 防意外超载设计。对负载一定重量的零部件,如悬索、钢丝绳、钢带等,其承重能力均应留较充裕余量,以保证仪器安全。对悬吊重量大于 20 kg 的仪器应考虑它的机械稳定性。

6.2 仪器可靠性指标

水文仪器属可修复产品,对连续性工作的水文仪器,其可靠性指标用平均无故障工作时间 MTBF 来表示。对间歇性工作水文仪器,其可靠性指标用可靠度 $R(t)$ 来表示。

平均无故障工作时间 MTBF 和可靠度 $R(t)$ 是可靠性指标的不同表示形式,它们之间的关系可用如下关系式表达:

若已知产品在规定条件和规定时间内完成规定功能的概率为 $R(t)$,则根据式(17)

$$R(t) = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(17)$$

整理可得

$$\lambda = -\frac{\ln R(t)}{t} \dots\dots\dots(18)$$

故

$$MTBF = -\frac{t}{\ln R(t)} \dots\dots\dots(19)$$

6.2.1 连续性工作的水文仪器可靠性指标

典型的连续性工作的水文仪器有降水仪器、水位仪器、水面蒸发仪器、在线水质仪器、水文自动测报系统设备中的数据采集传输设备及水文数据收集系统中的水文要素固态存贮记录装置等。

6.2.1.1 产品可靠性特征量范围及分级

连续性工作水文仪器其平均无故障工作时间 MTBF,可以从以下系列中选取:

4 000 h,6 300 h,8 000 h,10 000 h,16 000 h,25 000 h,40 000 h,63 000 h,100 000 h,160 000 h。

具体按分类推荐如下:

a) 降水仪器见表 6;

表 6 降水仪器 MTBF 推荐值

| 仪 器 名 称 | MTBF 推荐值 |
|---------|-----------|
| 雨量器 | ≥16 000 h |
| 虹吸式雨量计 | ≥8 000 h |
| 翻斗式雨量计 | ≥8 000 h |
| 浮子式雨量计 | ≥8 000 h |
| 水导式雨量计 | ≥8 000 h |
| 电容式雨量计 | ≥8 000 h |
| 称重式雨量计 | ≥8 000 h |
| 溶液式雨雪量计 | ≥4 000 h |
| 加热式雨雪量计 | ≥4 000 h |
| 称重式雨雪量计 | ≥4 000 h |

b) 水位仪器见表 7;

表 7 水位仪器 MTBF 推荐值

| 仪 器 名 称 | MTBF 推荐值 |
|---------|-----------|
| 水尺 | ≥25 000 h |
| 水位测针 | ≥16 000 h |
| 悬锤式水位计 | ≥16 000 h |
| 触点式水位计 | ≥8 000 h |
| 浮子式水位计 | ≥8 000 h |
| 压力式水位计 | ≥6 300 h |
| 超声波水位计 | ≥6 300 h |

c) 水面蒸发仪器见表 8；

表 8 水面蒸发仪器 MTBF 推荐值

| 仪 器 名 称 | MTBF 推荐值 |
|---------|-----------|
| 蒸发器(皿) | ≥16 000 h |
| 自记蒸发器 | ≥8 000 h |

d) 在线水质监测仪 MTBF 推荐值大于等于 10 000 h；

e) 水文自动测报系统设备见表 9；

表 9 遥测系统设备 MTBF 推荐值

| 仪 器 名 称 | MTBF 推荐值 |
|---------|-----------|
| 遥测终端机 | ≥10 000 h |
| 中继机 | ≥10 000 h |
| 前置通信控制机 | ≥10 000 h |

f) 水文数据收集系统固态存贮设备见表 10。

表 10 数据收集系统设备 MTBF 推荐值

| 仪 器 名 称 | MTBF 推荐值 |
|---------|-----------|
| 固态存贮器 | ≥16 000 h |
| 读出设备 | ≥16 000 h |
| 中心站主机 | ≥8 000 h |

6.2.1.2 特征量选择原则

可靠性特征量选择的原则应考虑如下综合因素：

a) 用户对实际使用要求的期望值下限；

按记录周期要求，可靠性特征量如表 11 所示。

表 11 可靠性特征量

| 记录周期 | 日记 | 月记 | 季记 | 半年记 | 年记 |
|------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| MTBF | ≥8 000 h | ≥10 000 h | ≥16 000 h | ≥25 000 h | ≥40 000 h |

b) 目前产品可能达到的质量水平；

下列情况有较高的 MTBF 值：

——当产品结构比较简单时；

——当在原有成熟产品上逐步扩展构成系列，形成新产品时；

——产品比较成熟时；

——具有相当多历史观测资料，足以证明其可靠性时。

c) 产品使用环境，维护保养等条件；

维护保养条件差的仪器设备，则需高的 MTBF 值，但由于该仪器使用环境一般较为恶劣，以致可靠性的提高受到一定限制，故应二者兼顾，选取合适的可靠性特征值。

d) 产品功能和技术性能指标；

技术性能指标高，完成规定功能多，则客观上可靠性就越低，与实际要求形成矛盾。二者兼顾选择适当可靠性指标。

e) 技术经济分析应用。

经济性能的比较,元器件、材料的选用,设计加工的难易程度直接关系到仪器的生产成本,也在一定程度上决定了仪器的可靠性,故应兼顾生产成本与可靠性关系。

6.2.1.3 有效期

连续性工作的水文仪器其可靠性考核的数据,有效期一般为5年。当验证工作较困难时,有效期可延长到10年,但属于下列情况者,须重新考核:

- 停止生产三年以上,重新投产的产品;
- 当产品因修改设计,更换重要原材料、元器件,更新重要工艺等影响可靠性水平时;
- 认为有重新确认的必要时。

6.2.2 间歇性工作水文仪器可靠性指标

典型的间歇性工作的水文仪器主要有水深仪器、泥沙仪器、流速流向仪器、冰凌仪器、水温仪器、水质仪器等。随着水文仪器技术的发展和需要,上述品种中也有可能出现连续性工作的仪器。

6.2.2.1 产品可靠性特征量范围及分级

间歇性工作的水文仪器其可靠性特征量可靠度 $R(t)$ 可从以下系列中选取:

0.800;0.850;0.900;0.950;0.980;0.990;0.999

其中,具体分类推荐如下:

- 水深仪器见表12;

表12 水深仪器 $R(t)$ 推荐值

| 仪 器 名 称 | $R(t)$ 推荐值 |
|---------|--------------|
| 测杆 | — |
| 测深锤 | ≥ 0.980 |
| 超声波测深仪 | ≥ 0.900 |
| 压力式测深仪 | ≥ 0.850 |

- 泥沙仪器见表13;

表13 泥沙仪器 $R(t)$ 推荐值

| | 仪 器 名 称 | $R(t)$ 推荐值 |
|--------|-----------|------------|
| 悬移质 | 横式采样器 | 0.980 |
| | 普通瓶式采样器 | 0.980 |
| | 调压式采样器 | 0.980 |
| | 皮囊式采样器 | 0.980 |
| | 抽气式采样器 | 0.980 |
| | 同位素测沙仪 | 0.930 |
| | 光电测沙仪 | 0.950 |
| | 振动式测沙仪 | 0.900 |
| 推移质 | 网式卵石采样器 | — |
| | 床差式砂质采样器 | — |
| 床沙 | 床沙采样器 | 0.950 |
| 泥沙颗粒分析 | 分沙器 | — |
| | 分析筛 | — |
| | 粒径计 | — |
| | 吸管(移液管) | — |
| | 光电颗粒分析仪 | 0.980 |
| | 离心粒度分析仪 | 0.980 |
| | 现场泥沙微孔过滤器 | 0.990 |

- 流速流向仪器见表14;

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com