

ICS 07.060
N 93



中华人民共和国国家标准

GB/T 18185—2014
代替 GB/T 18185—2000

水文仪器可靠性技术要求

Specification of reliability for hydrologic instruments

2014-07-08 发布

2015-01-10 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

http://www.sljxx.com
水利造价信息网

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 可靠性设计程序及设计要求	3
6 产品可靠性指标要求	3
7 抽样、检验及验证	8
8 结果分析统计及故障判定	9
9 试验记录与报告	11
附录 A (规范性附录) 可靠性设计程序及设计要求	13
附录 B (规范性附录) 抽样方法	22
附录 C (资料性附录) 抽样方案示例	26
附录 D (资料性附录) 可靠性估计及验证方法示例	27
附录 E (规范性附录) 水文仪器可靠性试验报告	29
附录 F (规范性附录) 水文仪器现场使用故障统计表	33
参考文献	34

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 18185—2000《水文仪器可靠性技术要求》，与 GB/T 18185—2000 相比，除编辑性修改外，主要技术内容变化如下：

- a) 修改了原标准中部分仪器的可靠性指标；
- b) 增加了如下仪器的可靠性指标：
 - 1) 光学式雨雪量计；
 - 2) 雷达水位计、激光水位计；
 - 3) 标准水面蒸发器、自记/遥测蒸发器；
 - 4) 土壤墒情监测仪器；
 - 5) 声学多普勒剖面流速仪(ADCP)、水平型声学多普勒剖面流速仪(H ADCP)；
 - 6) 水质在线监测仪器和分析仪器。
- c) 删除了原标准中的附录 A(一次抽样方案)，改为直接引用相关标准的抽样表；
- d) 将原标准中“抽样检验及验证考核方法”的内容移到附录 B；
- e) 规定了可靠度 $R(t)$ 的工作时段。

本标准由中华人民共和国水利部提出。

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(TC 199/SC 1)归口。

本标准起草单位：水利部水文仪器及岩土工程仪器质量监督检验测试中心、南京扬子水利自动化技术开发总公司、水利部南京水利水文自动化研究所。

本标准主要起草人：张黎明、冯纳敏、陆旭、刘平义、夏康、班莹、鲍良纯。

本标准所代替标准的历次发布情况为：

GB/T 18185—2000。

水文仪器可靠性技术要求

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、技术要求、抽样、测定及验证、结果分析统计及故障判定、试验记录与报告等。

本标准适用于水文仪器的产品科研设计、生产、试验考核、验收、使用等。

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 2689.1 恒定应力寿命试验和加速寿命试验方法(总则)
- GB/T 2689.2 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 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 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 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分 按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 2829—2002 周期检验计数抽样程序及表(适用于生产过程稳定性的检验)
- GB/T 2900.13 电工术语 可信性与服务质量
- GB/T 5080.4—1985 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 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的有效性检验
- 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故障时间的验证试验方案
- GB/T 5081 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 7288.1 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 设备可靠性试验 推荐的试验条件 固定使用在有气候防护场所设备 精模拟
- GB/T 7826 系统可靠性分析技术 失效模式和效应分析(FMEA)程序
- GB/T 7827 可靠性预计程序
- GB/T 7828 可靠性设计评审
- GB/T 9359 水文仪器基本环境试验条件及方法
- GB/T 13264—2008 不合格品百分数的小批计数抽样检验程序及抽样表
- GB/T 15966 水文仪器基本参数及通用技术条件
- GB/T 18522.4 水文仪器通则 第4部分:结构基本要求
- GB 18523 水文仪器安全要求
- GB/T 19677 水文仪器术语及符号

3 术语和定义

GB/T 2900.13、GB/T 19677 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

操作特性曲线 **operating characteristic curve; OC**

在给定验收抽样方案条件下,产品的接收概率与质量水平之间关系的曲线。

3.2

生产方风险 **producer's risk**

在抽样方案的操作特性曲线(OC)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 **producer's risk quality**

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 **consumer's risk**

在抽样方案的操作特性曲线(OC)上,对应于事先确定的、具有比较小的接收概率的一个点称为使用方风险点,这个接收概率(本标准规定为 0.10)称为使用方风险。

3.5

使用方风险质量 **consumer's risk quality**

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 **acceptable quality level; 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

周期检查 **cyclic inspection**

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。

3.8

判别水平 **determine level**

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—2002 中三个不同的判别水平执行)。

3.9

可靠度 **reliability**

$R(t)$

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。

3.10

失效率 **failure rate**

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。

4 总则

4.1 基本原则

4.1.1 普遍性原则

在产品的设计、研制、试验及生产的各个环节,均应明确其各阶段的可靠性指标要求,并进行可靠性

设计。

4.1.2 标准化和简化原则

在进行仪器机电设计时,应尽可能采用标准件或通用件。电路设计时,应尽量减少元器件数量和品种,并采用可靠的装配工艺。在选用新器件时,应重点评估其可靠性指标。

4.1.3 系列化原则

实施系列化设计,在原有成熟产品基础上吸收新技术,提高产品的性能指标,逐步扩展构成系列。

4.1.4 冗余原则

对影响仪器可靠性的关键部分可采用冗余技术。

4.2 描述方法

4.2.1 水文仪器广义可靠性用有效度 A 来表示,按公式(1)计算:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \text{.....(1)}$$

式中:

- A ——有效度;
- $MTBF$ ——平均无故障工作时间,单位为小时(h);
- $MTTR$ ——平均修复时间,单位为小时(h)。

4.2.2 水文仪器狭义可靠性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 $R(t)$;
- c) 失效率 λ 。

5 可靠性设计程序及设计要求

水文仪器的可靠性设计程序及设计要求见附录 A。

6 产品可靠性指标要求

6.1 可靠性指标选择原则

水文仪器产品的可靠性指标,应综合以下因素选择确定:

- a) 用户对实际使用要求的期望值下限;
- b) 目前产品可能达到的质量水平;
- c) 产品使用环境,维护保养等条件;
- d) 产品功能和技术性能指标;
- e) 技术经济分析应用。

6.2 有效期

水文仪器可靠性试验的结果,有效期一般为 5 年。属于下列情况者,需重新试验:

- a) 停止生产三年以上,重新投产的产品;
- b) 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;

c) 国家或行业主管部门认为有重新确认的必要时。

6.3 产品可靠性指标

6.3.1 概述

连续性工作的水文仪器,可靠性指标采用平均无故障工作时间 MTBF。间歇性工作的水文仪器,可靠性指标采用可靠度 $R(t)$ 。

平均无故障工作时间 MTBF、失效率 λ 和可靠度 $R(t)$ 三者之间的关系见式(2)~式(4):

$$MTBF = \frac{t}{\ln R(t)} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- t —— 仪器工作时间;
- MTBF —— 平均无故障工作时间;
- λ —— 失效率;
- $R(t)$ —— 可靠度。

6.3.2 连续性工作的水文仪器可靠性指标

6.3.2.1 连续性工作的水文仪器平均无故障时间 MTBF,可以从以下系列中选取:

10 000 h, 16 000 h, 25 000 h, 40 000 h, 83 000 h, 100 000 h, 160 000 h,

6.3.2.2 连续性工作的水文仪器 MTBF 值应符合以下要求:

- a) 常见降水仪器见表 1;
- b) 常见水位仪器见表 2;
- c) 水面蒸发仪器见表 3;
- d) 水文自动测报系统设备见表 4;
- e) 水质在线监测仪器的 MTBF 大于或等于 10 000 h,水质在线分析仪器的 MTBF 大于或等于 10 000 h;
- f) 水平型声学多普勒剖面流速仪(HI ADCP)的 MTBF 大于或等于 16 000 h;
- g) 超声波时差法流速仪的 MTBF 大于或等于 16 000 h;
- h) 超声波多普勒流速仪的 MTBF 大于或等于 16 000 h;
- i) 电磁流速仪的 MTBF 大于或等于 10 000 h;
- j) 表面水温计的 MTBF 大于或等于 10 000 h;
- k) 土壤墒情监测仪的 MTBF 大于或等于 16 000 h。

注: a)、b)、d)、j) 的仪器也可用于间歇性的工作方式,其可靠度指标见表 7、表 8。

表 1 常见降水仪器 MTBF 值

仪器名称	MTBF/h
雨量器	≥16 000
虹吸式雨量计	≥16 000
翻斗式雨量计	≥16 000

表 1 (续)

仪器名称	MTBF/h
浮子式雨量计	≥16 000
光学式雨量计	≥10 000
称重式雨量计	≥10 000
光学式雨雪量计	≥10 000
不冻液式雨雪量计	≥10 000
加热式雨雪量计	≥10 000
称重式雨雪量计	≥10 000

表 2 常见水位仪器 MTBF 值

仪器名称	MTBF/h
电子水尺	≥10 000
水位测针	≥16 000
浮子式水位计	≥16 000
悬锤式水位计	≥16 000
压力式水位计	≥10 000
超声波水位计	≥10 000
雷达(微波)水位计	≥16 000
激光水位计	≥16 000

表 3 水面蒸发仪器 MTBF 值

仪器名称	MTBF/h
蒸发器(皿)	≥16 000
标准水面蒸发器	≥16 000
自记/遥测蒸发器	≥10 000

表 4 水文自动测报系统设备 MTBF 值

仪器名称	MTBF/h
遥测终端机	≥16 000
中继机	≥16 000
通信控制机	≥16 000
固态存储器	≥16 000
读码设备	≥16 000
中心站主机	≥16 000

6.3.3 间歇性工作水文仪器可靠性指标

6.3.3.1 间歇性工作的水文仪器其可靠性指标可靠度规定为 $R(1\ 000)$ ，可以从以下系列中选取：

0.800、0.850、0.900、0.950、0.980、0.990。

注： $R(1\ 000)$ 为仪器累计工作到1 000 h时，正常完成工作的概率值。

6.3.3.2 间歇性工作的水文仪器 $R(1\ 000)$ 应符合以下要求：

- a) 水深仪器见表5；
- b) 泥沙仪器见表6；
- c) 流速流向仪器见表7；
- d) 水温仪器见表8；
- e) 冰凌仪器见表9；
- f) 水质仪器见表10；
- g) 水文缆道测流系统设备见表11。

表5 水深仪器 $R(1\ 000)$ 值

仪器名称	$R(1\ 000)$
超声波测深仪	≥ 0.900
压力式测深仪	≥ 0.900

表6 泥沙仪器 $R(1\ 000)$ 值

	仪器名称	$R(1\ 000)$
悬移质	横式采样器	0.980
	普通瓶采样器	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	0.900
	光电测沙仪	0.950
	振动式测沙仪	0.900
	超声波测沙仪	0.950
推移质	网式卵石采样器	—
	压差式砂质采样器	—
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
	激光颗粒分析仪	0.980
	现场泥沙微孔过滤器	0.990

表 7 流速流向仪器 $R(1\ 000)$ 值

仪器名称	$R(1\ 000)$
旋杯式	0.950
旋浆式	0.950
声学多普勒点流速仪	0.950
电波流速仪	0.950
电磁流速仪	0.900
光学流速仪	0.950
流速流向仪	0.950
声学多普勒剖面流速仪	0.950

表 8 水温仪器 $R(1\ 000)$ 值

仪器名称	$R(1\ 000)$
表面水温计	0.900
深水温度计	0.980

表 9 冰凌仪器 $R(1\ 000)$ 值

仪器名称	$R(1\ 000)$
量冰尺	—
量冰花尺	—
冰花测量板	—
超声波冰厚仪	0.950
冰花采样器	0.900
水内冰观测网	0.950
冰锥	—
冰穿	—

表 10 水质仪器 $R(1\ 000)$ 值

仪器名称	$R(1\ 000)$
瓶式采样器	0.980
抽气式采样器	0.950
浮子式采样器	0.950
颠倒式采样器	0.950
pH 测定仪	0.900

表 10 (续)

仪器名称	R(1 000)
溶解氧测定仪	0.900
浊度测定仪	0.900
电导率测定仪	0.900

表 11 水文缆道测流系统设备 R(1 000)值

仪器名称	R(1 000)
缆道综合信号线	0.900
缆道电动绞车	0.900
缆道控制台	0.900

6.3.3.3 随着水文仪器技术的发展和需要,部分原先间歇性工作的水文仪器,出现了连续性工作的要求,其可靠性指标可按式(2)进行转换后确定。

7 抽样、检验及验证

7.1 抽样

抽样方法见附录 B,抽样方案示例参见附录 C。

7.2 产品可靠性的测定及验证试验

7.2.1 概述

本标准采用指数分布的可靠性测定试验和指数分布的寿命抽样验证试验两种方法。前者适用于水文仪器各阶段的产品(如研制阶段、试生产阶段等)在进行可靠性试验时所进行的测定,主要用于事先未规定可靠性指标,但需通过可靠性测定试验来获知产品,即用按规定的统计方法分析所得的可靠性数据来估计所关心的产品可靠性特征量,该特征量可以是一个点估计值或一个置信区间的范围值;后者适用于为保证产品达到产品标准或技术条件、合同等规范明确规定的可靠性指标要求所采取的定期验收产品的措施。

7.2.2 指数分布的可靠性测定试验

7.2.2.1 试验要求

试验应满足下列要求:

- a) 推荐采用定时试验或定数试验;
- b) 数据应满足标准分析方法需要;
- c) 允许采用过去的试验或试运转等所取得的数据;
- d) 来源(或环境)不同的数据不允许混合使用。

7.2.2.2 试验方法

试验方法包括:

- a) 点估计法。根据试验数据,按某种规定方法算出一个数值并作为某个总体的未知特征量的一个观测值。示例参见 D.1。
- b) 区间估计法。根据试验数据求得可靠性特征量的一个置信区间,这个区间以一定的概率(即置信水平)包括可靠性特征量未知参数的真值。示例参见 D.2。

7.2.3 指数分布的寿命抽样验证试验

7.2.3.1 试验要求

试验应满足下列要求:

- a) 推荐采用定时(定数)截尾试验;
- b) 应通过抽样检查方法进行;
- c) 仅考查产品可靠性特征如失效率、平均无故障工作 MTBF 等;
- d) 已知产品寿命分布或已作合理假设;
- e) 应按规定的程序进行并作出合格与否的结论。

7.2.3.2 试验方法

本试验方法根据 GB/T 5080.7—1986 设计试验方案,对于生产批量较大、技术比较成熟、稳定的产品,建议优先采用方案编号 5:6 或 5:7;对于生产批量较小,生产方和使用方都要承担风险的新产品建议优先采用方案编号 5:9。示例参见 D.3。

8 结果分析统计及故障判定

8.1 数据收集范围及方法

产品可靠性数据收集,主要以专项试验(鉴定/验证)来获取原始数据(故障数及时间),尤以试验或验证数据以及现场使用可靠性数据为确定产品可靠性指标的基本依据。同时应参考与该产品相似或类同的产品历史数据,以及产品设计、制造、现场长期使用的有关可靠性数据,有关现场可靠性、有效性和维修性数据收集方法应符合 GB/T 5081 等标准的有关规定。

进行产品可靠性测定试验或验证试验后的数据处理及可靠性指标计算时,应按 GB/T 2689.1~2689.4、GB/T 5080.4—1985 和 GB/T 5080.7—1986 及 GB/T 7288.1~7288.2 等标准规定的有关产品寿命试验及加速寿命试验数据处理方法进行。

8.2 失效分析

8.2.1 分析方法

水文仪器的可靠性分析方法应采用 GB/T 7826 推荐的“失效模式和效应分析”程序方法。

8.2.2 分析基本步骤

水文仪器的可靠性分析应按以下步骤进行:

- a) 定义产品及其功能和最低的工作要求;
- b) 拟定产品功能和可靠性框图及其他图表或数学模型,并作详细说明;
- c) 确定分析的基本原则和用于完成分析的相应文件;
- d) 找出失效模式、原因和效应,以及他们之间相对重要性和顺序;
- e) 找出失效的检测、隔离措施和方法;
- f) 找出设计和制造中的预防措施,以防止意外事件发生;

- g) 确定事件的危害度；
- h) 估计产品失数的概率；
- i) 提出建议。

注：对于上述分析基本步骤中的 g) 及 h)，必要时可作简略。

8.2.3 分析结果报告

水文仪器可靠性的分析结果报告应包含以下内容：

- a) 提出产品分类失效模式清单，确定产品每个失效模式的重要性和危害度；
- b) 列举最初单独发生而又引起严重效应的典型失效；
- c) 在具备数据的前提下，对失效的重要性及发生的概率进行估计；
- d) 为设计、制造、维修及使用方提出建议；
- e) 失效模式和效应分析结果被采纳的设计变更。

8.3 失效统计

8.3.1 按失效的模式分类统计

对于一些失效(故障)机理不太明确的产品，可根据失效的表现形式分类进行统计。

8.3.2 按失效的机理分类统计

对于失效机理非常明确的产品，可直接根据失效的内在物理、化学变化原因分类进行统计。

8.3.3 失效统计规则

可靠性试验的失效统计应按以下规则进行：

- a) 试验中出现可靠性试验方案技术文件(或合同)规定的失效判据所列之一项时，均记一次失效；
- b) 试验中同时发生两个或两个以上的独立失效时，应逐个统计；
- c) 试验中每发现并确认一次责任失效，均记一次失效。非责任性失效不记；
- d) 试验中不得更换与失效无关部位的元器件，否则每发现一次记一次失效；
- e) 试验中如出现反复失效，应采取有效措施后才能继续试验。反复失效中出现的每一种失效应逐个统计；
- f) 试验中因对受试产品施加了不适当的应力等级或因安装、测试操作不当等失误以及误判时，不应计入失效；
- g) 不连续试验中发现失效时刻不能准确确定时，应认为该次失效是上一次检测时发生的。

8.4 失效(故障)判据

8.4.1 因下列原因所引起的误用性、偶然性、从属性或损耗性等非责任性失效，通常可判定为非关联失效，并不计入可靠性计算：

- a) 由使用方提供或指定生产厂家提供的产品或部件(含重要元器件等)产生独立失效而引起的产品失效；
- b) 由使用方提供的软件而引起的产品失效；
- c) 由使用不当或误操作引起的产品失效；
- d) 有规定寿命期限的产品，超过寿命期限后而引起的产品失效；
- e) 失效原因明显并易于纠正的失效，经使用方同意，在本批产品中全部采取纠正措施后可作为非责任性失效处理。

8.4.2 因产品丧失规定功能或性能退化、参数漂移等引起的失效,属于间歇性、本质性、独立性或严重性责任性失效,通常可判定为关联失效,必须计入产品可靠性计算。

8.5 结果评价(评估)

8.5.1 受试产品可靠性指标是否达到设计要求。

8.5.2 受试产品可靠性参数水平或试验数据统计,是否达到给定的点估计值或置信区间估计。

8.5.3 受试产品在规定的条件和使用期限内产生的责任性失效。

8.5.4 受试产品成功率或功率的点估计和置信区间估计。

8.6 试验结果的判定

8.6.1 接收与拒收

8.6.1.1 当采用定时截尾试验方案时,若试验累计时间已到规定的截止时间,而发生的责任性失效总数小于或等于试验方案判决标准规定的接收允许失效数时,则作接收判决;大于或等于规定的拒收失效数时,则作拒收判决。若试验时间未到规定截止时间,而发生的责任失效已大于判决标准规定的拒收失效数时,也应作拒收判决。

8.6.1.2 当采用序贯截尾试验方案时,应根据试验方案中的判决图进行判决。在判决图上按失效顺序绘出反映试验过程的失效数与试验时间的阶梯曲线,当曲线穿过接收或拒收线时,可相应地作出接收或拒收判决。

8.6.1.3 当采用全数试验方案时,一般与序贯截尾试验方案相同。当阶梯曲线达到边界线后,应是图形沿着边界线延伸,或采用相近的概率比序贯试验以序贯试验方案的双线试验方案代替全数试验方案。

8.6.2 有条件接收

当受试产品失效机理清楚,改进措施经证实有效,且试验验证的产品可靠性水平与试验方案(或合同)要求相差不大时,可按下列情况作为有条件接收:

- a) 改进设计与工艺;
- b) 改进维修方式;
- c) 改进操作方式。

8.6.3 现场实时拒收

受试产品在初检或试验过程中,如发现对操作维护人员造成危险或可能造成重大物资损失的失效,应立即终止现场试验,并且不管失效数的多少立即实时拒收。

9 试验记录与报告

9.1 要求

可靠性试验结束后,应提供可靠性试验报告和水文仪器现场使用故障统计表。格式见附录 E 和附录 F。

9.2 可靠性试验报告

9.2.1 试验类别及方法

试验类别:填写可靠性鉴定(测定)试验或可靠性验收(验证)试验。

试验方法:填写定时截尾、定数截尾或序贯截尾试验。

9.2.2 抽样方案

根据不同检验类别,填写统计抽样样本基数、受试产品数或抽样方案。

9.2.3 试验条件

根据产品的具体要求,填写产品的试验范围。

9.2.4 测试仪器

填写测试仪器和设备的名称、型号规格、精度级别、计量检定周期等。

9.2.5 失效判断

填写失效数及判断依据。

9.2.6 数据分析

填写各种失效的分类、分级评估。

9.2.7 可靠性指标计算

填写计算或估计出的产品平均无故障工作时间 MTBF 或可靠度 $R(1000)$ 。

9.2.8 试验结论

判决产品的平均无故障工作时间 MTBF 或可靠度 $R(1000)$ 的估计(及统计)结果,列出受试产品在试验中暴露出来的问题。

附录 A
(规范性附录)
可靠性设计程序及设计要求

A.1 可靠性设计程序

A.1.1 概述

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,从仪器的总体设计、元器件选用、电路稳定性设计、机械结构及工艺设计、维修及安全设计等方面,采用各种措施,在性能指标、功能、成本、时间、质量、体积等因素综合平衡下,实现既定的目标。

A.1.2 建立可靠性模型

A.1.2.1 基本要求

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。对水文仪器而言,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,或量为单台设备,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。

A.1.2.2 模型的内容

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、清晰反应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、原理框图相协调。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。

A.1.2.3 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。

A.1.2.4 仪器可靠性框图结构

A.1.2.4.1 概述

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。

A.1.2.4.2 典型的水文仪器功能框图

当水文仪器为单台设备时,典型的水文仪器功能框图如图 A.1 所示。

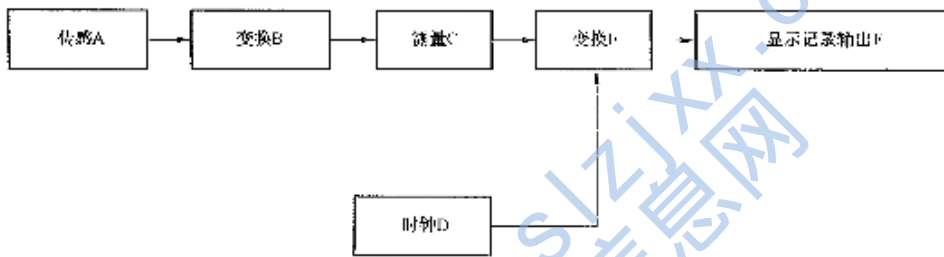


图 A.1 典型的水文仪器功能框图

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 A.2 所示。

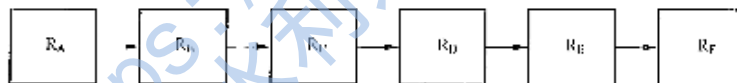


图 A.2 典型的水文仪器可靠性框图

而与之相对应的数学模型用式(A.1)表示:

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

式中:

$R_s(t)$ ——设备可靠度;

$R_i(t)$ ——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、具体的划分。对若干台设备组成的系统,可划分致单台设备,同样组成串联系统可靠性框图。

A.1.2.4.3 串并联混合系统可靠性框图的简化

系统可靠性框图及数学模型如下:

- a) 纯并联系统可靠性框图如图 A.3 所示。

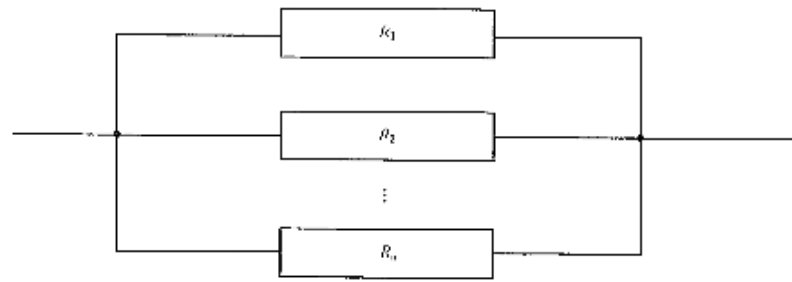


图 A.3 纯并联系统可靠性框图

其数学模型用式(A.2)表示:

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

式中:

$R_s(t)$ ——设备可靠度;

$R_i(t)$ ——第 i 个单元可靠度。

b) 串并联系统可靠性框图如图 A.4 所示。

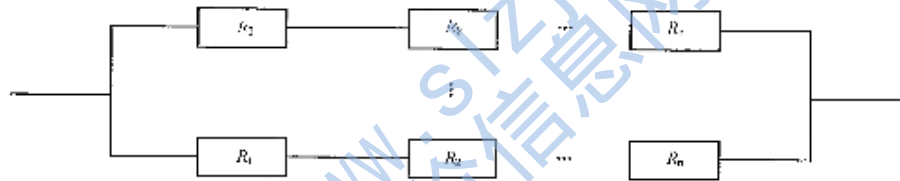


图 A.4 串并联系统可靠性框图

其数学模型用式(A.3)表示:

$$R_s(t) = 1 - [1 - \prod_{i=1}^n R_i(t)]^2 \quad \text{.....(A.3)}$$

式中:

$R_s(t)$ ——设备可靠度;

$R_i(t)$ ——第 i 个单元可靠度。

c) 并串联系统可靠性框图如图 A.5 所示。

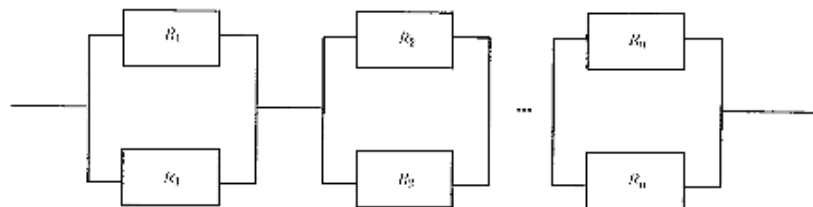


图 A.5 并串联系统可靠性框图

其数学模型用式(A.4)表示:

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

式中：

- $R_s(t)$ ——设备可靠度；
- $R_i(t)$ ——第 i 个单元可靠度。

A.1.2.5 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(A.1)；
- b) 可靠性模型的失效率 $\lambda_s(t)$ 等于各单元 λ_i 的和，按式(A.5)计算；

$$\lambda_s(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(t) \quad \dots\dots\dots(A.5)$$

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，按式(A.6)计算：

$$R_s = e^{-\lambda_s t} \quad \dots\dots\dots(A.6)$$

式中：

- R_s ——设备可靠度；
- λ_s ——设备的失效率；
- t ——设备的工作时间。

注：公式(A.5)、(A.6)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。

A.1.3 可靠性指标的分配

A.1.3.1 概述

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。

A.1.3.2 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，按式(A.7)计算：

$$\lambda_s T = \sum_{i=1}^n \lambda_i t_i \quad \dots\dots\dots(A.7)$$

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,见式(A.8):

$$\lambda_i = \frac{C_i T}{t_i} \lambda_s \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

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;

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;

C_i ——加权因子。

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(A.8)简化为式(A.9):

$$\lambda_i = C_i \lambda_s \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

式中:

λ_s ——系统应具有失效率指标;

λ_i ——分配给第 i 个设备或功能块的失效率;

C_i ——加权因子。

由式(A.9)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。

A.1.3.3 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,其推算过程见式(A.10)~式(A.13):

- 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。

令

$$K_i = C_i \frac{T}{t_i} \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

K_i ——比例系数;

C_i ——加权因子;

T ——系统要求执行任务时间,即任务周期;

t_i ——第 i 个设备或功能块在任务周期内的工作时间。

则失效率分配方程为:

$$\lambda_i = K_i \lambda_s \quad \dots\dots\dots (A.11)$$

式中:

K_i ——比例系数;

λ_i, λ_s ——可靠性预测值。

若各功能块已作过可靠性预测,并获得先验信息,则:

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

式中:

K_i 比例系数;

λ_i, λ_e ——可靠性预测值。

若具有相似老产品历史失效记录,则:

$$K_i = \frac{\lambda_{old}}{\lambda_{new}} \quad \text{.....(A.13)}$$

式中:

K_i ——比例系数;

$\lambda_{old}, \lambda_{new}$ 历史失效记录。

A.1.3.4 综合因子评定法求加权因子

A.1.3.4.1 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 见式(A.14):

$$W_i = \prod_{j=1}^p K_{ij} \quad \text{.....(A.14)}$$

式中:

$K_{ij}(i=1,2,\dots,n;j=1,2,\dots,p)$ ——第 i 个单元的第 j 个评价系数记作 $K_{ij}(i=1,2,\dots,n;j=1,2,\dots,p)$ 。

整个系统综合评定值 W 见式(A.15):

$$W = \sum_{i=1}^n W_i = \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^p K_{ij} \quad \text{.....(A.15)}$$

式中:

$K_{ij}(i=1,2,\dots,n;j=1,2,\dots,p)$ ——第 i 个单元的第 j 个评价系数记作 $K_{ij}(i=1,2,\dots,n;j=1,2,\dots,p)$ 。

加权因子 C_i 见式(A.16):

$$C_i = \frac{W_i}{W} = \frac{\prod_{j=1}^p K_{ij}}{\sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^p K_{ij}} \quad \text{.....(A.16)}$$

式中:

$K_{ij}(i=1,2,\dots,n;j=1,2,\dots,p)$ ——第 i 个单元的第 j 个评价系数记作 $K_{ij}(i=1,2,\dots,n;j=1,2,\dots,p)$ 。

A.1.3.4.2 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 进行分类,工作于不同环境条件下时,可按表 A.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,及时对可靠性影响分别赋值;

- 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 A.2;
- e) 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_{ii} 。

表 A.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
	A1	A2	A3	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F
评价系数	1	2	4	5	8	9	6	7	6	8	10

表 A.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

A.1.4 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。可靠性分析应贯穿于整个设计过程之中。水文仪器的可靠性分析具体方法见 GB/T 7826。

A.1.5 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度量。所以, 水文仪器在研制设计过程中, 均应进行可靠性预计。可靠性预计的具体程序和方法见 GB/T 7827。

A.1.6 可靠性设计评审

可靠性设计评审的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。可靠性设计评审的具体程序和方法见 GB/T 7828。

A.1.7 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 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(如合同、协议等)的产品, 应根据其具体要求进行可靠性寿命试验(测定实验/验证试验), 具体内容见第 7 章的规定, 有关试验要求及方法应符合 GB/T 5080.4—1985、GB/T 5080.6 和 GB/T 5080.7—1986 的规定。

其他试验可视产品具体情况决定。

A.2 可靠性设计要求

A.2.1 总体设计

A.2.1.1 水文仪器的设计指标、性能要求,应从实际需要出发,明确规定该仪器的测量范围、使用环境条件、工作场合。

A.2.1.2 水文仪器的结构、线路、装配方式应简单。

A.2.1.3 尽量采用成熟的标准结构件和典型单元电路。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。

A.2.1.4 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设备、通用设备。

A.2.1.5 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。

A.2.1.6 在产品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。

A.2.1.7 对仪器设备的总体设计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。

A.2.2 元器件的选用

元器件的选用应符合下列要求:

- a) 选用优质、失效率低的元器件;
- b) 选用集成度较高的,无需调试或少调试的元器件,尽量选用工业级集成电路芯片;
- c) 野外工作的水文仪器应选用功耗较低的元器件;
- d) 避免或少用接插件、继电器、开关及旋转型电器零件。电器触点应有优良的镀覆层,具有一定抗腐蚀能力;
- e) 在脉冲状态下工作的元器件,应有较大的电流富余量,有足够的驱动能力和良好的频率特性;
- f) 恶劣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;
- g) 根据产品具体情况,选择进行元器件的老化筛选。

A.2.3 机械零部件的设计要求

A.2.3.1 水文仪器中的机械零部件,根据其在仪器中所起作用,推荐的可靠度如表 A.3。

表 A.3 机械零部件可靠度推荐值表

序号	情况	可靠度推荐值 R(1 000)
1	重要的机械零部件失效,将导致仪器完全不能工作	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	0.999 1~0.999 90

A.2.3.2 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。

A.2.3.3 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、嵌件的应力等影响可靠性的有关因素。

A.2.3.4 机械零件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。

A.2.4 电路稳定性

水文仪器电路稳定性设计要求如下：

- a) 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,对电路的设计应采取抗电源波动、防干扰等措施;
- b) 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;
- c) 产品的输入、输出端应具有防范雷电破坏和抗干扰措施;
- d) 产品的信号输出或数据的有线传输应采用合理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;
- e) 对散发热量的产品应进行热设计;
- f) 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。

A.2.5 结构、工艺的可靠性设计

水文仪器的结构与工艺,应避免结构上的缺陷与加工工艺中的失误,其设计要求见 GB/T 15966、GB/T 18522.4 的相关条款。

A.2.6 维修性、安全性设计

A.2.6.1 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。

A.2.6.2 水文仪器应进行安全性设计,其要求见 GB 18523。

附录 B
(规范性附录)
抽样方法

B.1 适用范围

从科学抽样方法的角度出发,本附录内容规定不仅适用于水文仪器可靠测定及验证的抽样,而且也适用于设计(生产)定型鉴定、批量生产中外购件、半成品及成品质量检验中的抽样。

B.2 目的

本附录规定了水文仪器可靠性抽样测定、验证考核应遵循的方法,同时也规定了批量生产过程中质量抽样检验方案及其检索程序,使生产方和使用方在鉴定、验收产品的可靠性及其他质量水平时有比较具体和统一的规范,以促进提高产品质量、节约检验费用。

B.3 抽样检验的基本原则

水文仪器抽样检验应符合 GB/T 13264—2008 和 GB/T 2829—2002 的有关规定,并遵循以下原则:

- a) 本标准规定采用技术抽样检验,不采用百分比抽样法;
- b) 一般采用一次抽样方案;
- c) 对于 $N < 10$ 的小批量、孤立批和研制鉴定生产的产品,在质量检验时,只要条件允许,推荐采用全检;
- d) 水文仪器总体上属于多品种、小批量,选择抽样方案时应适当考虑经济性;
- e) 一般抽样检验的批量产品应由同型号、同等级、同种类、生产条件大体相同的产品组成;
- f) 抽样的母体不得进行特殊处理及老炼;
- g) 在本批(或周期)应制造的单位产品数量未达一半时,不得进行样品抽样;
- h) 抽样时,应从检查批中随机抽取,并应一次抽取全部数量,预计替换量应与样品一次抽取。

B.4 可靠性测定及验证试验中的抽样

验收试验的受试产品数量一般为每批受试产品中至少抽样三台,鉴定试验至少抽样两台。

水文仪器可靠性验证试验的样品数量取决于生产批量大小和累积试验时间的长短,一般根据生产批量大小,推荐的样品数见表 B.1。

表 B.1 推荐的样品数

批量范围	最佳样本大小
1~8	3
9~15	5
16~25	8

表 B.1 (续)

批量范围	最佳样本大小
26~50	18
51~90	20
91~150	32
151~230	50

注：抽样时应加上预计替换的数量(1~2台)一次抽取。
考虑到可靠验证试验时间的要求(>30 d),推荐水文仪器可靠性抽样的总数不宜过多。

B.5 批量生产中的抽样验收检验

B.5.1 目的及要求

检验目的是为了批量生产过程中检查外购件、半成品、成品的合格率,生产过程稳定的程度,以保证产品的生产质量。验收检验的结果可以作为产品或生产过程合格与否的判定依据。

在批量生产的验收检验中,根据需要可对外购件、半成品、成品可靠性的验证(及测定)试验,其抽样数量应服从 7.2.1 的要求。

B.5.2 抽样方案的类型

水文仪器批量生产中的验收检验可采用以下三种类型:

- 全检(即全部产品均逐一检验);
- 按 GB/T 13264—2008 规定抽样;
- 批量相对较大($N > 200$)或稳定生产多年的产品可按 GB/T 2828.1 定期抽样检验。

B.5.3 依据 GB/T 13264—2008 规定的一次抽样方案

B.5.3.1 规则

水文仪器批量生产中的抽样验收检验一般应采用一次抽样方案。

B.5.3.2 方案选择程序

抽样方案的选择应按以下步骤进行:

- 规定 P_0 和 P_1 值。要综合考虑生产能力、制造成本、质量要求、检验费和工时等因素,合理确定 P_0 和 P_1 值。
- 选择抽样方案。根据批量 N 、生产方风险质量 P_0 、和使用方风险质量 P_1 ,按本标准规定选择孤立批或连续批抽样方案。

B.5.3.3 孤立批抽样方案

孤立批的抽样应按以下方法进行:

- 品类区分:
 - A 类为单位产品的质量特性严重不符合规定或单位产品的重要特性不符合规定;
 - B 类为单位产品的质量特性稍不符合规定或单位产品的一般特性不符合规定。

- b) 对于不同类(如 A 类、B 类)的不合格品可以规定不同的 P_0 和 P_1 值,如:
- 1) 对 A 类不合格品规定 $P_0=8.4\%$, $P_1=57\%$;
 - 2) 对 B 类不合格品规定 $P_0=11\%$, $P_1=67\%$ 。
- c) 根据批量 N ,从 GB/T 13264—2008 中的表 3、表 4、表 5 中对应批量 N 为给定值的各列中寻找与给定 P_0 、 P_1 接近的 P_0 、 P_1 值,则从该 P_0 、 P_1 值所在行的左端可得到所需样本大小,再结合经济上的考虑后合理确定。示例参见 C.1。

B.5.3.4 连续批抽样方案

连续批的抽样应按以下方法进行:

- a) 对不同类的不合格品分别规定合格质量水平 AQL;
- b) 检查分正常检查和加严检查两种。除非另有规定,一般开始时应进行正常检查;
- c) 确定正常检查一次抽样方案时,从 GB/T 13264—2008 中的表 3、表 4、表 5 中按批量所在列查找出一个不超过,并且最接近于 AQL% 值的一个 P_0 值,如果这个 P_0 值是在表 3 中找到的,则从该 P_0 值所在行的左端可得到所需样本大小 n_0 值,而合格判定数 $Ac=0$;如果该 P_0 值是在表 4 中具有规定批量 N 的列中找到的,则仿上可得到所需的样本大小 n_0 值,此时 $Ac=1$;如果该 P_0 值是在 GB/T 13264—2008 表 5 中具有规定批量 N 的列中找到的,则仿上可得到所需的样本大小 n_0 值,此时 $Ac=2$;
- d) 与正常检查相应的加严检查一次抽样方案可由 GB/T 13264—2008 中的表 3 和表 4 中得到,本标准不再重复;
- e) 转移规则如下:
 - 1) 从正常检查转移到加严检查:正常检查时,不超过连续五批有两批经初次检查(即不包括再次提交检查的批)不合格,则从下一批起转到加严检查;
 - 2) 从加严检查转到正常检查:加严检查时,连续五批经初次检查合格,则从下一批起转回到正常检查;
 - 3) 暂停检查:加严检查开始后,若不合格批数计到五批,则暂停按照本标准所进行的检查。只有当供货方确实采取了措施,使提交检查批达到或超过所规定的质量要求,则经主管部门同意后,可恢复检查。示例参见 C.2。

B.5.3.5 批量检验范围

B.5.3.5.1 当 $10 \leq N \leq 250$ 时,采用 GB/T 13264—2008 中的抽样检验方法。

B.5.3.5.2 当 $N < 10$ 时,可采用全检或充分利用质量历史信息的质量保证方式。

B.5.3.5.3 当 $N > 250$ 时,可采用分批检验的方法,或按“生产过程稳定性的周期检查方法检验”。

B.5.3.6 估计 AQL 的基本要求和方法

B.5.3.6.1 基本要求如下:

- a) 预期产品的平均质量不会超过此值;
- b) 一批产品的每百单位产品不合格数不超过规定的 AQL 值,则应接收;
- c) AQL 值不宜过小,以免造成产品成本过高,或产品经常被拒收;
- d) 使用方急需的产品,如果生产方的质量一时难以提高,此时 AQL 可适当放大;
- e) 不合格(品)对产品性能影响严重时,AQL 值应适当取小;
- f) 零件的 AQL 值应适当小于整件的 AQL 值。

B.5.3.6.2 基本方法如下:

- a) 工程方法:根据产品的性能、寿命、安全性和其他质量要求,把技术上必须保证的质量作为

AQL 值:

- b) 经验方法:参考类似产品的 AQL 值;
- c) 试验方法:暂定一个 AQL 值,根据使用情况进行调整;
- d) 估计方法:AQL 值可选择为估计的过程平均或略小于它的值。

B.6 生产过程稳定性的周期检查

检验的目的用于判断生产厂能否成批制造符合规定质量要求的产品,或者为了判断生产厂在生产定型检查通过后能否继续保持成批制造符合规定质量要求的产品,所以它可以用于生产定型检查、定期的型式试验或其他需要的类似试验。一般能稳定生产多年或一次(或数次)批量较大($N > 250$)的产品可进行该项试验。

周期检查应包括不经常进行的那些试验项目,如环境试验、机械环境试验(振动、冲击、碰撞)等,可靠性测定及验证试验,如无特殊情况则可不再进行。周期检查的结果可以作为生产过程稳定性是否符合规定要求的依据。

水文仪器的周期检查一般使用 GB/T 2829—2002 中判别水平 II 的一次抽样方案。特殊情况也可使用判别水平 I 的一次抽样方案。检查前,应按 GB/T 2829—2002 中制定的抽样检验方案和实施细则进行选择及程序操作。

附录 C
(资料性附录)
抽样方案示例

C.1 孤立批抽样方案

例：某产品批量 $N=50$ ，规定 $P_0=10\%$ 、 $P_1=60\%$ ，求一次抽样方案。

解：从 GB/T 13264—2008 中的表 3 的 $N=50$ 的列中查找时，没有找到与抽样方案的 P_0 和 P_1 值比较接近的规定值，所以，接着在 GB/T 13264—2008 表 4 中再找。在 GB/T 13264—2008 表 4 中， $P_0=8.4\%$ 和 $P_1=57\%$ 分别与规定值 $P_0=10\%$ 、 $P_1=60\%$ 比较接近，这时相应的抽样方案为 $n_0=5$ ， $Ac=1$ 。如果从经济上考虑，认为 n_0 可再小些，不妨规定 $P_0=11\%$ 和 $P_1=67\%$ ，这样抽样方案 $n_0=4$ ， $Ac=1$ 。

C.2 连续批抽样方案

例：设有一系列连续批交付验收，批量为 30 件，生产方与使用方共同商定的 $AQL=1.0$ ，要选取正常检查一次抽样方案。

解：由 GB/T 13264—2008 中的表 3~表 5 可见，当 $N=30$ 时，最接近又不超过规定的 $AQL=1.0\%$ 的 P_0 值恰好为 1.0% ，此值是在 GB/T 13264—2008 表 3 中查得的。所以选取 $n_0=5$ ， $Ac=0$ 作为正常检查一次抽样方案。

附录 D
(资料性附录)
可靠性估计及验证方法示例

D.1 点估计法示例

例:已知某种型号产品的寿命服从指数分布,从一批产品中随机抽取 10 只进行无替换定数截尾寿命试验,试验到有 5 只产品失效时为止,得到失效时间为:

$$t_1=50 \text{ h}, t_2=75 \text{ h}, t_3=125 \text{ h}, t_4=250 \text{ h}, t_5=300 \text{ h}$$

试求该种产品的平均寿命 θ 、失效率 λ ,以及当 $t=40 \text{ h}$ 时的可靠度 $R(40)$ 和可靠度为 85% 的可靠寿命 $t(0.85)$ 的点估计值。

解:总试验时间

$$T=50+75+125+250+300+(10-5)\times 300=2\,300(\text{h})$$

① 平均寿命 θ 的点估计值

$$\theta=\frac{T}{r}=\frac{2\,300}{5}=460(\text{h})$$

② 失效率的点估计值

$$\lambda=\frac{r}{T}=\frac{5}{2\,300}=2.174\times 10^{-3}/\text{h}$$

③ 在 40 h 时的可靠度 $R(40)$ 的点估计值

$$R(40)=e^{-t/\theta}=e^{-40/460}=0.917$$

④ 可靠度 R 为 85% 的可靠寿命 $t(0.85)$ 的点估计值

$$t(0.85)=\theta \ln \frac{1}{R}=460(-\ln 0.85)=74.76(\text{h})$$

⑤ MTBF 的估计值

$$\text{MTRF}=\frac{1}{\lambda}=\frac{1}{2.174\times 10^{-3}}=460(\text{h})$$

D.2 区间估计法示例

例:根据示例 D.1 进行的无替换定数截尾试验结果,试求该产品的平均寿命 θ 的双侧和单侧置信限,置信水平为 90%。

解:已知总试验时间 $T=2\,300 \text{ h}$,失效数 $r=5$,置信水平 $1-\alpha=0.90$,由 GB/T 4086.2—1983 查 χ^2 分布的分位数表可得

$$\chi_{0.05}^2(10)=3.94, \chi_{0.95}^2(10)=18.31, \chi_{0.90}^2(10)=15.98$$

根据该标准公式可得到 θ 的双侧和单侧置信区间为:

$$\text{① 双侧置信下限}=\frac{2T}{\chi_{1-\alpha/2}^2(2r)}=\frac{2\times 2\,300}{\chi_{0.95}^2(10)}=\frac{4\,600}{18.31}=251.2(\text{h})$$

$$\text{② 双侧置信上限}=\frac{2T}{\chi_{\alpha/2}^2(2r)}=\frac{2\times 2\,300}{\chi_{0.05}^2(10)}=\frac{4\,600}{3.94}=1167.5(\text{h})$$

$$\text{③ 单侧置信下限}=\frac{2T}{\chi_{1-\alpha}^2(2r)}=\frac{2\times 2\,300}{\chi_{0.90}^2(10)}=\frac{4\,600}{15.98}=287.9(\text{h})$$

该种产品进行的无替换定数截尾寿命试验结果,求得平均寿命的双侧置信区间为:
 $251.2(\text{h}) < \theta < 1\ 167.5(\text{h})$,平均寿命的单侧置信下限为 $\theta > 287.9(\text{h})$ 。
 其中,有关具体测定试验方法详见 GB/T 5080.4—1985 中 5.1、5.2 的规定。

D.3 抽样验证试验方法示例

例:根据 GB/T 5080.7—1986 中定时(定数)截尾试验方案的定义及其附表(表 12)已知:

若试验方案预先规定 m_1 (不可接收的平均无故障时间) = 8 000(h),由平均无故障时间的鉴别比 $D_m = m_0/m_1$,得规定可接收的平均无故障时间 $m_0 = D_m \times m_1$,而累积关联试验时间(截尾时间)实为 m_0 的倍数(设为 T_m),则通过查表可得,当验证产品批量较大、抽取样品 13 台并选用方案编号为 5:6 时:

$$T_1 = 3.9, D_m = 2.0, \text{截尾失效数 } r = 6$$

故预定截尾试验时间

$$T_m = 3.9m_0 = 3.9(D_m \times m_1) = 62\ 400(\text{h})$$

单台产品试验时间

$$t = T_m/n = \frac{62\ 400}{13} \approx 4\ 800(\text{h})$$

当相关试验时间累积超过预定的截尾时间 T_m 时,则接收;反之,则拒收。

或在预定截尾试验时间内发生产品失效时,具体判定为:

若失效数 $r < 3$ 时,则接收;失效数 $r \geq 3$ 时,则拒收。

其中,具体验证试验方法可详见 GB/T 5080.7—1986 中 5.1 和 5.2 的规定。

附录 E
(规范性附录)
水文仪器可靠性试验报告


水文仪器可靠性试验报告

产品名称 _____
规格型号 _____
拟制 _____
批准 _____

试验单位或机构
年 月 日

产品名称		产品牌号		产品型号
研制单位			制造日期	
产品批量				
主要技术性能				
试验目的				
试验要求				
试验时间	自 年 月 日至 年 月 日		试验地点	
试验类别			试验方法	
抽样方案	产品定型鉴定检验		抽样样本数	受试产品数
	产品可靠性验证(及鉴定)试验		抽样样本数	受试产品数
	批量生产中的验收检验		孤立批	
			连续批	
试验条件	温度/℃			
	相对湿度/%			
	水深/m			
	流速/m/s			
	含沙量/kg/m ³			
	其他			

测试仪器	名称	型号规格	精度级别	计量检定周期
失效判据	失效数	失效现象	判决依据	
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
数据分析	失效数	关联失效	非关联失效	
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
7				

可靠性值 MTBF 或 R(1 000)的计算	点估计	区间估计	
		双侧置信区间	单侧置信下限
分析结论			
说明：① 本试验结果只对本批产品有效； ② 本报告不允许涂改，复印件无效。			
		可靠性技术负责人 产品总体负责人 单位技术负责人	
		年 月 日	

附录 F
(规范性附录)
水文仪器现场使用故障统计表

设备名称			型号规格	使用地点		年平均湿度		
统计时间	自 年 月 日至 年 月 日		年平均湿度	年极限湿度		年极限湿度		
故障情况	故障日期	机号	故障现象	故障部位	原因分析及处理	中断时间	维修时间	
设备总台数				在用各台设备安装日期				
总故障数								
总工作时间,台时								
总维修时间,台时								
填表人姓名				填表日期		填表单位盖章		
数据处理(由工厂进行,主要包括计算公式,风险率, r , T 的计算, Z^2 值和结果)								
备注								
数据处理人姓名				数据处理日期		数据处理单位盖章		

参 考 文 献

- [1] GB/T 4086.2—1983 统计分布数值表 χ^2 分布
-

http://www.sizjxx.com
水利造价信息网

http://www.sizjxx.cn
水利造价信息网

中华人民共和国
国家标准
水文仪器可靠性技术要求
GB/T 18185—2014

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100028)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

开本 880×1230 1/16 印张 2.5 字数 64 千字
2014年9月第一版 2014年9月第二次印刷

书号: 155066·1 49908 定价 36.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 18185-2014