

ICS 07.060
P 10



中华人民共和国国家标准

GB/T 24108—2009

岩土工程仪器可靠性技术要求

Technical requirement of reliability
for geotechnical engineering instrument

2009-06-12 发布

2009-12-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

目 次

前言	Ⅲ
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 技术要求	2
6 抽样检验及验证考核方法	6
7 结果分析统计及故障判定	10
8 试验记录与报告	12
附录 A (资料性附录) 可靠性设计程序及总体要求	14
附录 B (资料性附录) 岩土工程仪器可靠性试验报告	22
附录 C (资料性附录) 岩土工程仪器可靠性记录表	26
参考文献	28

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

前 言

本标准与 GB/T 21029—2007《岩土工程仪器系列型谱》和 GB/T 15406—2007《岩土工程仪器基本参数及通用技术条件》等标准有一定的相互衔接关系,并在技术内容上保持相互协调一致。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 为资料性附录。

本标准由中华人民共和国水利部提出并归口。

本标准主要起草单位:水利部水文仪器及岩土工程仪器质量监督检验测试中心、南京水利科学研究院、常州金土木工程仪器有限责任公司、水利部南京水利水文自动化研究所。

本标准参加起草单位:湖南湘银河传感科技有限公司、国家水文仪器及岩土工程仪器许可证审查部。

本标准主要起草人:陆旭、袁普生、李泽崇、张玉成、殷世华、夏康、赵越、陆伟佳。

本标准参加起草人:何向东、鲍良钝。



岩土工程仪器可靠性技术要求

1 范围

本标准规定了岩土工程仪器可靠性的总则、技术要求、抽样检验及验证考核方法、结果分析统计及故障判定、试验记录与报告等。

本标准适用于岩土工程仪器的产品设计、研制、生产和使用,是确定岩土工程仪器产品可靠性技术要求的通用原则。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

- 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 2829—2002 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)
- 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—1996 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 13264—2008 不合格品百分数的小批计数抽样检查程序及抽样表
- GB/T 18185—2000 水文仪器可靠性技术要求

3 术语和定义

GB/T 18185—2000 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

平均寿命 mean life

产品在交付使用后工作寿命的平均值。其具体可分为:

对不可修复或不值得修复的岩土工程仪器产品,平均寿命是指产品发生失效前工作时间的平均值,记作 MTTF。

对可修复的岩土工程仪器产品,平均寿命是指相邻两次故障间工作时间的平均值,又称为平均无故障时间,记作 MTBF。

3.2

可靠度 reliability

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。

3.3

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。

3.4

成活率 survival rate

ψ

以群布安装埋设方式工作,且属同类的产品,在统计的时段范围内,未发生失效的仪器统计百分数。

4 总则

4.1 目的

4.1.1 为岩土工程仪器的产品科研设计、研制生产、试验考核、验收使用等各方提供一个统一的可靠性通用技术要求。

4.1.2 为岩土工程仪器的产品质量控制、可靠性增长,提供科学技术依据。

4.1.3 为岩土工程的可靠性描述、建模、预计、指标分配及指标系列划分、试验验证、故障判定等提供行业指导性技术文件。

4.2 基本原则

4.2.1 在产品的设计、研制、试验及生产过程中,应明确其各阶段的可靠性目标及技术指标要求。

4.2.2 产品机电结构及电路设计、元器件数量、组装方式应简化,并应尽可能采用成熟有效的标准件、元器件模块。

4.2.3 产品采用元器件的规格品种应简化,选用新的元器件时应了解其可靠性水平。

4.2.4 必要时,产品设计中应对关键电路、部件及元器件采用可靠性冗余技术措施。

4.2.5 新产品设计时,应针对设计方案进行产品的可靠性模型分析及指标预计。

4.3 描述方法

岩土工程仪器的产品可靠性描述有广义和狭义两种含义。

4.3.1 从广义可靠性出发,可使用有效度来表示,即:

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

式中:

A——有效度;

MTBF——平均无故障时间,单位为小时(h);

MTTR——平均修复时间,单位为小时(h)。

4.3.2 从狭义可靠性角度出发,根据岩土工程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) 平均寿命 MTTF;
- b) 无故障时间 MTBF;
- c) 可靠度 R;
- d) 失效率 λ ;
- e) 成活率 ψ (水利水电工程常用)。

5 技术要求

5.1 设计程序及总体要求

岩土工程仪器的可靠性设计程序及总体设计,参见附录 A。

5.2 可靠性设计要求

岩土工程仪器通常属机电一体化产品,其可靠性设计的基本要求为:

- a) 在实现产品的总体设计中,先期确定预期的可靠性目标,并充分采用成熟的可靠性设计技术;
- b) 可靠性设计技术主要包括产品的模型设计、元器件选用、机械结构设计、电路稳定性设计、工艺设计及维修性、安全性设计等;
- c) 采用可靠性设计技术是提高产品设计质量,降低元器件失效率,提高产品使用稳定性和耐用性的有效途径。

5.3 可靠性特征量选择原则

岩土工程仪器产品的可靠性特征量选择原则,应综合考虑如下因素:

- 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。

5.4 有效期

岩土工程仪器产品的可靠性试验或考核数据有效期一般为五年。当验证工作较困难时,有效期可延长至十年,但属于下列情况者,须重新考核:

- a) 停止生产三年以上,重新投产的产品;
- b) 当产品作重大修改设计,更换重要原材料、元器件,更新重要工艺等可能影响产品可靠性水平时;
- c) 国家或行业主管部门认为有重新确认的必要时。

5.5 产品可靠性指标

- a) 除埋设仪器外,岩土工程仪器大都为可修复产品,对连续性工作的岩土工程仪器产品,其可靠性指标通常用平均无故障工作时间(MTBF)来表示。对间歇性工作的岩土工程仪器产品,其可靠性指标则用可靠度 $R(t)$ 来表示。
- b) 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(2):

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

可整理得

$$\lambda = -\frac{\ln R(t)}{t} \quad \dots\dots\dots (3)$$

故

$$MTBF = -\frac{t}{\ln R(t)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

5.5.1 连续性工作的产品可靠性指标

5.5.1.1 产品可靠性特征量及分级

5.5.1.1.1 连续性工作产品的平均无故障工作时间(MTBF),可从以下系列中选取:

1 000 h, 2 000 h, 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。

5.5.1.1.2 群布、安装埋设方式下连续性工作产品的成活率(ϕ),可从以下系列中选取:

70%; 75%; 80%; 85%; 90%; 95%; 98%; 99%。

5.5.1.2 连续性工作产品可靠性指标

5.5.1.2.1 土工试验仪器可靠性指标见表1。

表 1 土工试验仪器 MTBF 推荐值

仪器名称	MTBF 推荐值
土工试验数据自动采集系统设备	全自动固结仪
	全自动三轴仪
	数据采集装置
	测控处理装置
	$\geq 8\ 000\ \text{h}$
	$\geq 8\ 000\ \text{h}$
	$\geq 10\ 000\ \text{h}$
	$\geq 10\ 000\ \text{h}$

5.5.1.2.2 大坝监测仪器可靠性指标

5.5.1.2.2.1 变形监测仪器,见表 2。

表 2 变形监测仪器 MTBF 推荐值

仪器名称	MTBF 推荐值	成活率(ϕ)
沉降仪	$\geq 8\ 000\ \text{h}$	85%
测斜仪	$\geq 8\ 000\ \text{h}$	85%
位移计	$\geq 10\ 000\ \text{h}$	95%
测缝计	$\geq 10\ 000\ \text{h}$	90%
垂线坐标仪	$\geq 16\ 000\ \text{h}$	90%
引张线仪	$\geq 16\ 000\ \text{h}$	90%

5.5.1.2.2.2 压力/应力监测仪器,见表 3。

表 3 压力/应力监测仪器 MTBF 推荐值

仪器名称	MTBF 推荐值	成活率(ϕ)
孔隙水压力计	$\geq 8\ 000\ \text{h}$	80%
土压力计	$\geq 10\ 000\ \text{h}$	85%
应力计	$\geq 10\ 000\ \text{h}$	85%
锚索测力计	$\geq 10\ 000\ \text{h}$	90%
钢筋计/锚杆应力计	$\geq 10\ 000\ \text{h}$	90%
应变计(无应力计)	$\geq 10\ 000\ \text{h}$	85%

5.5.1.2.2.3 渗流观测仪器,见表 4。

表 4 渗流监测仪器 MTBF 推荐值

仪器名称	MTBF 推荐值
孔内水位计	$\geq 10\ 000\ \text{h}$
量水堰渗流量仪	$\geq 8\ 000\ \text{h}$

5.5.1.2.2.4 温度监测仪器,见表 5。

表 5 温度监测仪器 MTBF 推荐值

仪器名称	MTBF 推荐值
温度计	$\geq 10\ 000\ \text{h}$

5.5.1.2.2.5 接收仪表,见表 6。

表 6 接收仪表 MTBF 推荐值

仪器名称		MTBF 推荐值
接收仪表	振弦式/差动电阻式	$\geq 10\,000\text{ h}$
	差动电感式/电感调频式	$\geq 10\,000\text{ h}$
	电位器式/电容式	$\geq 10\,000\text{ h}$
	静态/动态电阻应变仪	$\geq 8\,000\text{ h}$
	步进式/伺服加速度计式	$\geq 8\,000\text{ h}$
	压阻式/差动变压器式	$\geq 8\,000\text{ h}$
	标准信号式/气压式	$\geq 10\,000\text{ h}$
集线箱	振弦式/差动电阻式	$\geq 10\,000\text{ h}$

5.5.1.2.2.6 大坝安全自动监测系统设备,见表 7。

表 7 大坝安全自动监测系统设备 MTBF 推荐值

仪器名称		MTBF 推荐值
大坝安全自动监测系统设备	信号检测仪	$\geq 8\,000\text{ h}$
	数据采集单元	$\geq 10\,000\text{ h}$
	中间控制单元	$\geq 10\,000\text{ h}$
	中央处理单元	$\geq 16\,000\text{ h}$

5.5.1.2.3 岩石测试仪器

5.5.1.2.3.1 常规测试仪器可靠性指标,见表 8。

表 8 常规测试仪器 MTBF 推荐值

仪器名称	MTBF 推荐值
自动测记及数据处理设备	$\geq 8\,000\text{ h}$
室内直剪仪	$\geq 16\,000\text{ h}$
测试仪	$\geq 16\,000\text{ h}$
岩体测试仪器	$\geq 16\,000\text{ h}$
波速测试仪器	$\geq 16\,000\text{ h}$

5.5.1.2.3.2 岩石(危岩)自动监测系统设备,见表 9。

表 9 岩石(危岩)自动监测系统设备 MTBF 推荐值

仪器名称		MTBF 推荐值
岩石(危岩)自动监测系统设备	数据采集单元	$\geq 16\,000\text{ h}$
	中间控制单元	$\geq 16\,000\text{ h}$
	中央处理单元	$\geq 16\,000\text{ h}$

5.5.2 间歇性工作岩土工程仪器可靠性指标

5.5.2.1 产品可靠性特征量范围及分级

对于间歇性工作的岩土工程仪器,其产品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。

5.5.2.2 间歇性工作产品可靠性指标

5.5.2.2.1 土工试验仪器见表 10。

表 10 土工试验仪器 $R(t)$ 推荐值

仪器名称		$R(t)$ 推荐值
室内试验仪器	环刀/击实仪	0.980
	密度仪/颗粒分析仪	0.950
	湿度试验仪/渗透试验仪	0.930
	压缩试验仪/强度试验仪	0.900
原位测试仪器	核子水分密度仪	0.900
	十字板剪切仪	0.900
	贯入仪/触探仪	0.950

5.5.2.2.2 大坝监测仪器见表 11。

表 11 大坝监测仪器 $R(t)$ 推荐值

仪器名称	$R(t)$ 推荐值
水管式沉降仪	0.950
滑动测微计	0.930
机械测针式量水堰渗流量仪	0.900

5.5.2.2.3 岩石测试仪器见表 12。

表 12 岩石测试仪器 $R(t)$ 推荐值

仪器名称		$R(t)$ 推荐值
岩样加工设备	专用钻头	0.980
通用测试设备	加载设备率定台	0.950
刚性试验设备	刚性/刚性组件试验机	0.980
	岩石三轴压力室	0.950
岩石试验设备	刚性/柔性承压板法试验设备	0.950
	载荷试验/狭缝法试验设备	0.930
	千斤顶法/液压枕法试验设备	0.930
现场原位监测仪器	收敛计/挠度计	0.930
	压力盒	0.950
现场原位监测仪器	小位移传感器/点荷载仪	0.900
	回弹仪/弹模仪	0.930

6 抽样检验及验证考核方法

6.1 适用范围

6.1.1 岩土工程仪器可靠性抽样检验及验证考核。

6.1.2 产品的定型鉴定、批量生产和外购件、半成品及成品质量检验中的抽样。

6.2 目的

规定岩土工程仪器可靠性抽样检验、验证考核应遵循的基本方法、检验方案及检验程序,使生产和使用方在鉴定、验收产品的可靠性及其他质量水平时有统一的规范。

6.3 抽样检验的基本原则

6.3.1 推荐采用计数抽样检验法(不采用百分比抽样),并且一般采用一次抽样方案。

6.3.2 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。

6.3.3 抽样检验的产品应由同型号、等级、种类、生产条件的产品组成。

6.3.4 样品的母体不得进行特殊处理。

6.3.5 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。其他应基本符合 GB/T 13264—2008 和 GB/T 2829 的有关规定。

6.4 产品定型鉴定检验(试验)

6.4.1 样品要求

6.4.1.1 为验证产品的设计是否达到规定技术要求,鉴定检验的产品样品应具有代表性。

6.4.1.2 产品样品的鉴定检验结果,可以作为判断产品是否达到设计(或生产)定型要求的依据。

6.4.1.3 鉴定试验的受试产品至少 3 台。

6.4.2 试验内容

除特别约定外,试验内容应包括产品规定的型式试验全部项目内容。如气候环境试验及机械敏感性环境试验等。

6.4.3 检验不合格的处置

如果检验不合格,应认真调查不合格原因,如果不合格原因属于下列情况之一,允许在纠正不合格原因(或经过筛选或修复)后重新送检:

- 测试设备故障或操作错误;
- 不合格的根源能立即纠正;
- 造成不合格的产品能经过筛选剔除或修复。

如果不合格的原因不在上述原因以内,则应判该检验不合格。

6.5 批量生产中的验收检验

为批量生产过程中检查外购件、半成品、成品的合格品率,生产过程稳定的程度,中间及最终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、成品进行产品可靠性的验证(及测定)试验,其抽样数量应服从 6.7.1 要求。

6.5.1 抽样方案的类型

产品在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 规定抽样;
- 产品批量相对较大($N > 250$)或稳定生产多年的产品可按 GB/T 2829 定期抽样检验。

6.5.2 抽样方案

6.5.2.1 方案选择程序

在批量生产中,产品的抽样验收检验应采用 GB/T 13264—2008 规定的一次抽样方案。

- a) 规定生产方风险质量 P_0 和使用方风险质量 P_1 ; P_0 和 P_1 值的规定,应综合考虑生产能力、制造成本、质量要求、检验费和工时等;
- b) 选择抽样方案:区别孤立批和连续批,应根据批量 N 、 P_0 和 P_1 ,按 6.5.2.2 或 6.5.2.3 规定的方案选择。

6.5.2.2 孤立批抽样方案

6.5.2.2.1 产品的品质类型区分

A 类为单位产品的质量特性严重不符合规定,或某些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,或一般特性不符合规定。

6.5.2.2.2 不同类的不合格品可以规定的 P_0 和 P_1 值

A 类不合格品,规定 $P_0=8.4\%$, $P_1=57\%$ 。

B 类不合格品,规定 $P_0=11\%$, $P_1=67\%$ 。

6.5.2.2.3 产品的样本大小数量

根据批量 N ,从 GB/T 13264—2008 中表 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,再结合经济性合理确定。

6.5.2.3 连续批的抽样方案

6.5.2.3.1 对不同类的不合格品分别规定合格质量水平 AQL。

6.5.2.3.2 检查可分为正常或加严检查。除非另有规定,一般开始时应进行正常检查。

6.5.2.3.3 确定正常检查一次抽样方案时,从 GB/T 18185—2000 中的表 A.1、表 A.2、表 A.3 中按批量所在列找出一个不超过,并且最接近于 AQL% 值的一个 P_0 值,如果这个 P_0 值是在表 A.1 中找到的,则从该 P_0 值所在行的左端可得到所需的样本大小 n_0 值,而合格判定数 $Ac=0$;如果该 P_0 值是在表 A.2 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 值是在表 A.3 中具有规定批量 N 的列中找到的,仿上可得到所需样本大小 n_0 值,但此时 $Ac=2$ 。

6.5.2.3.4 加严检查一次抽样方案可由 GB/T 13264—2008 中的表 1 和表 2 中查取。

6.5.2.3.5 转移规则如下:

- 从正常检查转到加严检查,正常检查时不超过连续五批中有两批经初次检查不合格,则从下一批起转到加严检查;
- 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;
- 暂停检查,加严检查开始后,若不合格批数已计到五批,则应暂停检查。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,可恢复检查。

6.5.2.4 批量检验范围

GB/T 13264—2008 适用于批量为 10~250 时的抽样检验。

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。

当 $N > 250$ 时,可采用分批检验的方法,或按 6.6 生产过程稳定性的周期检查方法检验。

6.5.2.5 估计 AQL 的基本要求和方法

6.5.2.5.1 基本要求如下:

- 预期产品的平均质量不会超过此值;
- 批产品的每百单位产品不合格品数不超过规定的 AQL 值,则应接收;
- AQL 值不宜过小,以免造成产品成本过高,或产品经常被拒收;
- 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;
- 不合格品对产品性能影响严重时,AQL 值应适当取小;
- 零件的 AQL 值应适当小于整件的 AQL 值。

6.5.2.5.2 基本方法如下:

- 工程方法,根据产品的性能、寿命、安全性和其他质量要求,把须保证的质量作为 AQL 值;
- 经验方法,参考类似产品的 AQL 值;
- 实验方法,暂定一个 AQL 值,根据使用情况进行调整;
- 估计方法,AQL 值可选择估计的过程平均或某个略小于它的值。

6.6 生产过程稳定性的周期检查

为判断生产厂能否批量制造符合规定质量要求的产品,或为了判断生产厂在生产定型检查通过后能否继续保持批量制造符合要求的产品所进行的生产定型检查、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。

周期检查应包括非经常性试验项目,如气候环境试验、机械敏感性环境试验等,无特殊约定下可靠性测定试验及验证试验可不再进行。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。

岩土工程仪器的产品周期检查,一般使用 GB/T 2829—2002 中判别水平 II 的一次抽样方案。特殊情况下也可使用判别水平 I 的一次抽样方案。检查前,应按 GB/T 2829 制定的抽样检验方案和实施细则进行选择及程序操作。

6.7 产品可靠性的测定及验证试验

6.7.1 受试产品数量

可靠性验证试验分为可靠性鉴定(测定)试验和可靠性验收(验证)试验两种。验收试验的产品数量一般为每批受试产品中至少抽样 3 台,鉴定试验按 6.4 的规定。

产品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样品数,具体见表 13。

表 13 推荐的样品数

批量范围/台	最佳样本大小/台
1~8	3
9~15	5
16~26	8
26~50	13
51~90	20
91~150	32
151~280	50

注:抽样时应加上预计替换的数量(1台~2台)一次抽取。

6.7.2 试验方法

6.7.2.1 岩土工程仪器的产品原理、品种繁多,实施专项产品可靠性试验投资巨大,既涉及有关试验环境、设备仪表等硬件问题,也需要花费较长时间、周期及大量人力、物力等。因此在有关可靠性试验方法上,应考虑按产品类别、结构、可靠性模型等区分,并根据实际拥有的试验条件分批或分项逐渐开展,推荐以室内单项加速试验与野外现场使用寿命数据统计相结合进行。

6.7.2.2 通常在以恒定失效率假设(即寿命服从指数分布假设)为前期作出可靠性测定试验或验证试验的结论之前,应采用 GB/T 5080.6—1996 规定的检验方法对恒定失效率假设进行统计性质的有效性检验,其中推荐小失效数情形的检验法。

6.7.2.2.1 指数分布的可靠性测定试验

本项试验估计分析方法,适用于岩土工程仪器各阶段的产品(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。其试验要求为:

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

此外,本项试验估计分析方法,还适用于一些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。

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。此即点估计法。参考示例见 GB/T 18185—2000 附录 C 中第 C.1 章。

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,此即区间估计法。参考示例见 GB/T 18185—2000 附录 C 中第 C.2 章。

6.7.2.2.2 指数分布的寿命抽样验证试验

本项试验验证方法,适用于加强岩土工程仪器产品在设计、研制和生产中的可靠性保证活动。即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。其试验要求为:

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

本项试验方法适用于那些理论上已知 MTBF 值或 $R(t)$ 值,可修复的岩土工程仪器产品所作的抽样验证验收。参考示例见 GB/T 18185—2000 附录 C 中第 C.3 章。

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 GB/T 5080.7—1986 的编号 5:6 或 5:7 方案;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 GB/T 5080.7—1986 编号 5:9 方案。

7 结果分析统计及故障判定

注 1: 岩土工程仪器产品可靠性试验的结果统计,具体表现为对失效样品所进行的失效分析和失效统计。

注 2: 产品失效,不仅与失效的形式、机理有关,还与故障判定的有效性、数据取舍、寿命分布假设以及检验模型的建立等诸因素有关。

7.1 数据收集

7.1.1 数据收集的目的

7.1.1.1 为调查产品实际的可靠性水平提供数据,并将产品预计的可靠性特性与现场数据相比较,从而修改后继产品可靠性预测。

7.1.1.2 为改进和提高现有产品及后继再研制新产品的可靠性提供数据。

7.1.1.3 为产品维修(人员配备、备件储备等)工作的组织和管理提供数据。

7.1.2 数据收集的范围

产品可靠性数据收集,主要以专项试验(测定/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寿命数据为确定产品寿命指标或周期的基本依据。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 和 GB/T 5080.7 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。

7.2 失效分析

7.2.1 分析目的

7.2.1.1 评价和鉴别产品的失效模式所导致的事件顺序及效应。

7.2.1.2 根据产品的功能和性能以及对于可靠性方面的影响,确定产品每个失效模式的重要性和危害度。

7.2.1.3 按产品失效模式的可检测性、可诊断性、可测量性、构件的可更换性、补偿和运行措施(修理、维护及后勤等)及其他特性,将有关的失效模式进行分类。

7.2.1.4 在具备数据的前提下,对失效发生的概率进行估计。

7.2.2 分析基本步骤

7.2.2.1 定义产品及其功能和最低工作要求。

7.2.2.2 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。

7.2.2.3 确定分析的基本原则和用于完成分析的相应文件。

7.2.2.4 找出失效模式、原因和效应及其重要性和顺序。

7.2.2.5 找出失效的检测、隔离措施和方法。

7.2.2.6 找出设计和制造中的预防措施,以防止意外事件发生。

7.2.2.7 确定事件的危害度(可略)。

7.2.2.8 估计产品失效的概率(可略)。

7.2.2.9 提出建议。

7.2.3 分析结果报告

分析结果报告应:

- a) 提出产品各类失效模式清单;
- b) 为设计、制造、维修及使用方提出建议;
- c) 列举最初单独发生而又引起严重效应的典型失效;
- d) 失效模式和效应分析结果被采纳的设计变更。

7.3 失效统计

7.3.1 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,如某一功能失效、某一性能失效、非责任性失效等。

7.3.2 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,如常见应计入寿命计算并属于独立性失效的就有:

- 信源或编码部件失效;
- 显示或记录部件失效;
- 信道或控制机构失效;
- 自测系统或附属电路失效;
- 系统软件或应用软件缺陷等。

7.3.3 失效统计原则

7.3.3.1 可靠性试验中,出现符合技术方案(或合同)所规定的失效判据中任一项时,均记作一次失效。

7.3.3.2 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。

7.3.3.3 试验中,每发现并确认一次责任失效,均须记一次失效。

7.3.3.4 试验中,不得更换与失效无关部位的元器件。

7.3.3.5 试验中如出现反复失效,应采取有效措施后继续试验。反复失效中出现的每一种失效应逐个统计。

7.3.3.6 试验中,因对受试产品施加了不适当的应力或因安装、测试操作不当等失误及误判时,不应计入失效。

7.3.3.7 不连续试验中,当发现失效时刻不能进行准确的确定时,应认为该次失效是上一次检测时发

生的。

7.4 失效(故障)判据

7.4.1 因下列原因所引起的误用性、偶然性、从属性或耗损性等非责任性失效,通常可判定为非关联失效,并不计入寿命计算:

- 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) 由使用方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。

7.4.2 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、独立性或严重性等责任性失效,通常可判定为关联失效,其必须计入产品寿命计算。

7.5 结果评价(评估)

7.5.1 受试产品可靠性指标是否达到设计要求。

7.5.2 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。

7.5.3 受试产品在规定的条件和使用期限内产生的责任性失效。

7.5.4 受试产品成功率的点估计和置信区间估计。

7.6 试验结果的判定

7.6.1 接收与拒收

7.6.1.1 当采用定时截尾试验方案时,若试验累计时间已达规定截止时间,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;若大于或等于规定的拒收失效数时,则作拒收。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。

7.6.1.2 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。判决图上按失效顺序绘出反映试验过程的失效与试验时间的阶梯曲线,当曲线穿过接收或拒收线时,可相应地作接收或拒收判决。

7.6.1.3 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,应使图形沿着边界线延伸,或采用相近的概率比序贯试验方案的双线试验方案代替全数试验方案。

7.6.2 有条件接受

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,可按下列情况作有条件接收:

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

7.6.3 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质损失的失效,应立即中止现场试验,并且不管失效数的多少立即实时拒收。

8 试验记录与报告

8.1 可靠性试验活动结束后,生产方和承担试验单位应及时向产品使用方提供可靠性试验报告,在报告中,应列出全部试验数据和判决结果并进行可靠性分析。

8.2 对于岩土工程仪器的正式抽样样品,通常情况下凡是按照规定程序正式投入有关可靠性专项试验

活动后,主持进行专项试验测试活动的受委托单位,应出具科学、公正、准确的可靠性试验报告(参见附录B)及原始记录表(参见附录C)。

8.3 产品可靠性试验报告的内容,一般除常规试验检测报告须注明的时间、地点、产品名称、制造单位、抽样数量等外,还应包括下述内容:

- a) 试验计划摘要及目的,包括:
 - 1) 试验方案具体实施计划;
 - 2) 试验最终目的;
- b) 失效判定标准,包括:
 - 1) 允许失效数;
 - 2) 预期置信区间;
 - 3) 接受置信水平;
- c) 试验样品及应力的选择和试验说明,包括:
 - 1) 样品编号;
 - 2) 试验要求及过程说明。

8.4 试验和测试的设备仪器型号及精度应包括以下内容:

- a) 型号规格;
- b) 精度级别;
- c) 计量检定周期。

8.5 试验数据处理及可靠性指标计算应包括以下内容:

- a) 产品责任性失效(关联失效)数的加权处理;
- b) 产品平均无故障工作时间 $MTBF$ [或 $R(t)$ 、 λ]的计算或估计。

8.6 试验原始记录及数据分析应包括以下内容:

- a) 产品主要指标测试记录表;
- b) 产品失效分析及检测报告表;
- c) 产品反复失效分析及改正措施情况报告表;
- d) 产品失效分类及定级情况说明;
- e) 产品失效模式及危害性分析。

8.7 试验结论应包括以下内容:

- a) 判决结果和产品平均无故障工作时间[或 $R(t)$]估计(及统计)结果;
- b) 受试产品在试验中暴露的问题;
- c) 累积相关可靠性信息,包括:
 - 1) 各级失效的平均失效间隔时间;
 - 2) 平均失效修复时间;
 - 3) 元器件消耗情况;
 - 4) 备件供应满足需要情况。

附录 A

(资料性附录)

可靠性设计程序及总体要求

A.1 可靠性设计程序

A.1.1 可靠性指标的确定

因工作方式和测量要求的不同,岩土工程仪器可分为连续性工作的和间歇性工作的两大类产品,不同类别的仪器应选用不同的可靠性指标。其中:

- 连续性工作的岩土工程仪器,如大坝安全监测仪器中的进行变形监测、压力或应力监测仪器、大坝安全监测自动化系统等,适用于连续测量岩土工程中土、混凝土基础要素随时间变化的过程,其持续的时段可以是数天、周、月、年、数年,其可靠性指标一般规定为平均无故障工作时间(MTBF)或成活率(ϕ);
- 间歇性工作的岩土工程仪器,如土工试验仪器中进行室内或原位物理性试验、力学性试验(测试)的仪器等,适用于仅测量瞬时或某一时段岩土工程要素随时间变化的过程。其持续的时段可以是数秒、分、小时,其可靠性指标一般规定为可靠度 $R(t)$ 或失效率(λ)。

A.1.2 建立可靠性模型

A.1.2.1 一般描述

A.1.2.1.1 对岩土工程仪器的产品可靠性做出定量的分配、预计、评价以及设计分析,应建立可靠性模型。

A.1.2.1.2 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,适时修改可靠性模型。

A.1.2.1.3 岩土工程仪器的产品可靠性模型,主要包括可靠性框图和与之对应的数学模型。可靠性框图是产品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,即表示产品在成功完成任务时,所有单元之间的相互依赖关系。

A.1.2.1.4 可靠性框图可用对应的数学模型加以描述。其应能正确反映产品各单元间在可靠性功能上的联系,以及这些单元对产品工作的影响程度,以保证产品完成其预期的功能。可靠性框图应能与产品功能结构框图、原理图相协调。其数学模型的输入、输出应与产品分析模型的输入、输出相一致。

A.1.2.2 建立可靠性框图原则

岩土工程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,根据产品本身的复杂情况,功能块可以是一台设备、一个单元电路、一个部件或一个元器件。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) 除特殊情况外,可靠性框图的每一个方框所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。

A.1.2.3 产品可靠性框图结构

- a) 岩土工程仪器的产品可靠性框图,一般均为串联系统;
- b) 对有冗余或替代工作模式的产品,从任务可靠性出发具有串并联混合系统的框图,通过有关可靠性数学理论计算,可将其并联部分简化,故其产品可靠性框图最终表现为单一的串联系统。

A.1.2.3.1 当岩土工程仪器的某型产品为单台套设备时,其典型的产品功能框图如图 A.1 所示。

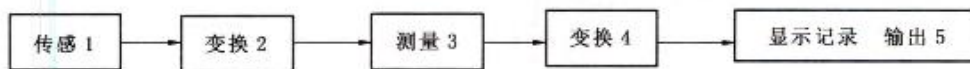


图 A.1 典型的岩土工程仪器产品功能框图

根据上述的功能框图,遵循建立产品可靠性框图的原则,典型的岩土工程仪器产品可靠性框图如图 A.2 所示。

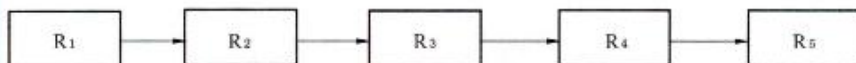


图 A.2 典型的岩土工程仪器产品可靠性框图

与之相对应的数学模型为:

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

式中:

$R_s(t)$ ——设备总可靠度;

$R_i(t)$ ——第 i 个单元可靠度。

对于岩土工程仪器各种单台产品,均可参照上述可靠性框图形式进行具体划分。对由若干台设备组成的系统可划分至单台设备,同样可组成串联系统可靠性框图。

A.1.2.3.2 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 A.3 所示:

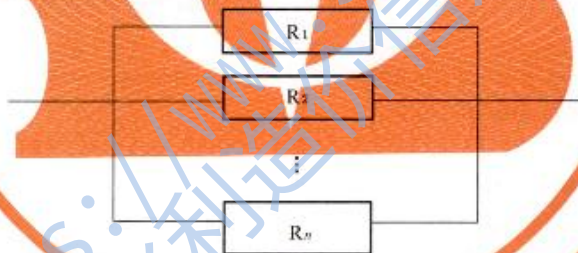


图 A.3 纯并联系统可靠性框图

其数学模型为:

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

b) 串并联系统可靠性框图如图 A.4 所示:

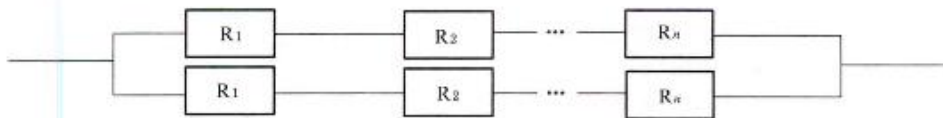


图 A.4 串并联系统可靠性框图

其数学模型为:

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

c) 并串联系统可靠性框图如图 A.5 所示:

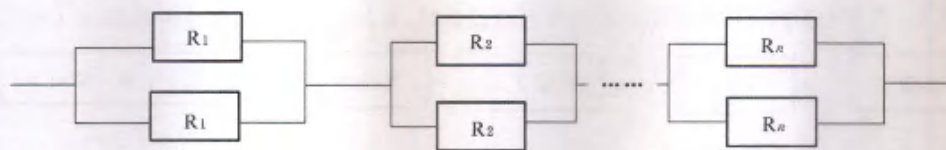


图 A.5 并串联系统可靠性框图

其数学模型为：

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

A.1.2.4 岩土工程仪器产品可靠性数学模型

若岩土工程仪器产品可靠性模型为单一串联系统，则：

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

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

式中：

$\lambda_s(t)$ ——设备的总失效率；

$\lambda_i(t)$ ——第 i 个单元的失效率。

- 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：

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

A.1.3 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上；
- 可靠性指标的分配应根据产品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，使产品的可靠性指标得以保证。

A.1.3.1 加权因子

对岩土工程仪器产品串联系统可靠性框图进行可靠性分配，基于如下条件：

- 组成系统的各产品或组成设备的各功能块，其故障是相互独立的；
- 组成系统的各产品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；
- 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：

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

式中：

T ——系统要求执行任务时间，即任务周期；

λ_s ——系统应具有的失效率指标；

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：

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

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)可为:

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

由式(A.9)可见可靠性指标中的加权因子 C_i 一旦确定,则根据总失效率即可求得各相应设备或功能块失效率。

A.1.3.2 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:

- 产品结构比较简单、成熟,各功能块已做过可靠性预测,或有这方面的经验数据;
- 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;
- 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。

$$\text{令 } K_i = C_i \frac{T}{t_i} \quad (K \text{ 为比例系数}) \quad \dots\dots\dots (\text{A.10})$$

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:

$$K_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_s} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (\text{A.11})$$

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率记录

$$K_i = \frac{\lambda_{i,\text{old}}}{\lambda_{s,\text{old}}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.12})$$

其中 $\lambda_{i,\text{old}}, \lambda_{s,\text{old}}$ 为历史失效率记录。

K_i 一旦确定,即可求得各功能块相应的失效率。

A.1.3.3 综合因子评定法求加权因子

A.1.3.3.1 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:

- 有多台设备组成系统,对系统进行可靠性指标分配时;
- 技术比较复杂,工作条件比较恶劣或采用新技术时;
- 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} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, p$)。

$$\text{则第 } i \text{ 单元的综合评定值: } W_i = \prod_{j=1}^p K_{ij} \quad \dots\dots\dots (\text{A.13})$$

$$\text{整个系统综合评定值: } W = \sum_{i=1}^n W_i = \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^p K_{ij} \quad \dots\dots\dots (\text{A.14})$$

$$\text{加权因子为: } C_i = \frac{W_i}{W} = \frac{\prod_{j=1}^p K_{ij}}{\sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^p K_{ij}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.15})$$

A.1.3.3.2 评价系数 K_{ij} 可按照以下各项来确定:

- 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;
- 环境条件:当产品的可靠性系统各功能块单元按 GB/T 15406 进行划分,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对可靠性影响分别进行赋值;

表 A.1 环境评价系数表

使用环境	室内 试验仪器			室外 便携仪器		现场 原位仪器	现场 安装仪器		现场 埋设仪器		现场 水下仪器
	A1	A2	A3	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F
评价系数	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	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) 可修复程度:可用各功能块平均修复时间来确定评价系数,见表A.2:

表 A.2 修复程度评价系数表

平均修复时间/h	≥ 24	≥ 10	≥ 8	≥ 4	≥ 2	≥ 1	≥ 0.5	< 0.5
修复程度评价系数	1	3	4	5	6	7	8	10

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

A.1.4 可靠性分析

A.1.4.1 绘制产品的功能逻辑框图,功能逻辑框图说明构成产品或系统的各个单元或功能块之间在功能上的依从关系。

根据岩土工程仪器的复杂程度,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。对于由多台产品组成的系统,应对每个产品分别进行分解。

A.1.4.2 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出现概率,其依据如下:

- 该元器件首次采用,可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。

A.1.4.3 按照失效模式对产品造成影响的严重程度可划分为六个严酷度等级,具体见表A.3。

表 A.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,基本性能并无影响
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事件

A.1.4.4 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。

A.1.4.5 提出预防措施

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。

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经验与知识,推测该产品将来的可靠性能,这种技术称为可靠性预计。

可靠性预计的目的主要是从产品设计开始时就采取各种措施,以保证产品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,是产品设计的手段之一,其可为设计决策提供产品可靠性的相对量度。

A.1.5.1 可靠性预计分类

鉴于岩土工程仪器的产品生产研制特点,其产品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。

A.1.5.2 可靠性预计流程

岩土工程仪器可靠性预计一般流程,见表 A.4。

表 A.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	对并联部分进行简化
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	利用产品可靠性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

A.1.6 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。

岩土工程仪器的可靠性设计评审应完成如下任务:

- 对可靠性设计情况作全面审查;
- 对设计有分歧的问题进行研讨;
- 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 7282—1987 的规定。

A.1.7 可靠性试验

可靠性试验通常分环境试验、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 15406—2007 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(测定试验/验

证试验),具体内容见本标准 6.7 的规定,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。

A.2 可靠性设计要求

A.2.1 总体设计

A.2.1.1 产品的设计指标、技术性能与功能要求应明了具体。对多参数测量或多功能使用的岩土工程仪器产品,应根据实际需求进行设计。

A.2.1.2 在保证功能前提下,所设计的产品结构、线路、装配方式应尽可能简单,并宜采用集成化、一体化、模块化的设计方式。

A.2.1.3 尽可能采用成熟的标准结构件和典型单元电路等通用器件。

A.2.1.4 按系列化设计思路,在原有成熟产品基础上逐步进行扩展,在老产品的基础上借鉴或采纳新技术。

A.2.1.5 对组成系统的设备,最大限度地选用成熟的、性能价格比高的标准件、通用件。

A.2.1.6 野外工作产品应尽可能不用交流电。对于使用交流电的产品,应考虑备有备用电源,并能在交流断电时自动或手动切换。对于使用直流电的产品,应具备电源反向保护功能。

A.2.1.7 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.2.1.8 应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.2.1.9 对产品总体设计方案须进行可靠性预计,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

A.2.2.1 设计阶段应选用已被实践证明符合有关标准的优质元器件。在性能、条件相同情况下,应尽量选用低失效率的元器件。

A.2.2.2 根据电路工作参数和整机使用环境条件,应选用既能满足要求,又能使元器件在低于额定应力条件下工作。

A.2.2.3 应尽量选用功耗低、集成度高、无需调试或少调试的元器件。

A.2.2.4 应避免或少用接插件、继电器、开关件及旋转型电器零件。对插件、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。

A.2.2.5 对在脉冲工作下的元器件,应留有较大的电流裕量、足够的驱动能力和良好的频率特性。

A.2.2.6 应选择密封性和防潮性较好的元器件。

A.2.2.7 应选用经过加电、老化筛选的元器件。

A.2.3 机械零部件的设计

A.2.3.1 应根据机械零部件在产品结构功能中所起作用,提出不同的目标可靠度,具体推荐见表 A.5:

表 A.5 机械零部件可靠度推荐表

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	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	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	传统的设计方法	—

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,并在设计过程

中予以解决。

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、嵌件的内应力等影响可靠性的有关因素。

A.2.3.4 机械零部件的可靠性与其制造工艺关系密不可分,对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。

A.2.4 电路稳定性

A.2.4.1 电路设计应选用器件手册优选推荐的、成熟的或经过实践证明高可靠性的电路,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。

A.2.4.2 根据产品使用场合,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,如元器件的降额设计使用等。

A.2.4.3 产品的输入、输出端应具有防范雷电破坏和抗干扰措施。

A.2.4.4 产品的信号输出或数据传输,以有线传输时一般应采用良好的接地及产品的屏蔽、滤波等措施;以无线传输时则应满足专有通讯规范要求。

A.2.4.5 对本身散发热量的产品应进行热设计。

A.2.4.6 产品电磁兼容性设计应从抑制干扰源、切断或减弱干扰的传递、提高产品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

A.2.5.1 防潮湿、盐雾及霉菌设计,对产品可靠性至关重要。对在野外、廊道或近水环境工作的岩土工程仪器产品,均需采用密封、三防及一定 IP 防护等工艺处理。

A.2.5.2 产品结构应能适应正常运输条件下抗震要求,能抵抗一定强度的振动与冲击,不致因运输中震动,导致机械结构失效,元器件损坏。

A.2.5.3 机械零件应制定详细、合理的制造工艺;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。

A.2.5.4 产品在制造过程中应根据零部件数量,确定一个合适的工装系数。

A.2.5.5 产品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。

A.2.6 维修性、安全性设计

A.2.6.1 对于岩土工程仪器中的可维修产品,为提高产品的利用率,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。

A.2.6.2 对于岩土工程仪器中涉及到人身或工程安全的产品,设计要求如下:

- a) 防渗漏设计。工作在水下或在野外的有密封要求的产品,应有严格的密封措施,以防止渗漏;
- b) 防触电设计。机外可触及部分绝不应带电,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、高湿等各种严酷条件的试验。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;
- c) 防燃烧设计。对采用蓄电池供电的产品应具有防短路和过流的措施。对个别高压元器件、发热元器件,电路中的大功率传输点,均应采取相应防护措施;
- 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,其承重能力应留较充裕余量。

附录 B

(资料性附录)

岩土工程仪器可靠性试验报告

岩土工程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			
抽样数/批量		产品程式		分立、集成、混合、其他	
主要技术性能					
试验目的					
试验要求					
试验时间		年 月 日至 年 月 日		试验地点	
试验类别		预计值 θ_e			
抽样方案	生产方风险 d		使用方风险 β		
	接收水平 θ_0		拒收水平 θ_1		
	试验鉴别比 $D_{0.05}$				
	累计试验时间 T				
允许故障次数 r_0					
试验条件	温度/℃		相对湿度/%		振动(或冲击)
	电压		负载条件		信号要求
	设备操作		功能模式		
	维护措施				维护时间间隔

工作循环				
	测试方法		测试间隔时间	
试验情况	测试项目			
	仪表要求			
试验中的有关规定				
失效判据				

MTBF 的估计	累计试验时间		总相关失效次数 r	
	MTBF 的观察值 θ		区间置信度 C	
	MTBF 的下限因子		MTBF 的上限因子	
	MTBF 的验证值	$\theta = \quad \% (\quad)$		
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 C

(资料性附录)

岩土工程仪器可靠性记录表

C.1 现场使用通用故障统计表

岩土工程仪器可靠性数据采集现场使用通用故障统计表见表 C.1。

表 C.1 现场使用通用故障统计表

设备名称				型号规格		使用地点	年平均温度	
统计时间	自 年 月 日至 年 月 日			年平均湿度		年极限温度	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,风险率的计算, X^2 值和结果)								
备注								
数据处理人姓名			数据处理日期			数据处理单位盖章日		

C.2 大坝监测仪器成活率原始数据统计表

大坝监测仪器(含现场传感器)可靠性数据采集现场使用通用故障统计表见表 C.2。

表 C.2 大坝监测仪器成活率原始数据统计表

系统名称			运行时间	自 年 月 日至 年 月 日		
仪器名称			型号规格			
产品制造商			系统用户			
安装地点			安装方式			
年均温、湿度			年极限温、湿度			
系统同型仪器(传感器)成活率情况/ %	安装成活率		系统可靠性(关联性)分析	关联性失效	无信号数据	
	首年成活率				数据不连续	
	三年成活率				数据异常	
	五年成活率				数据超差	
	十年成活率			非关联性失效	线缆破损	
	十五年成活率				施工损毁	
	二十年成活率				操作失误	
	二十年以上成活率				人为破坏等	
系统中间测量装置(MCU)运行情况	连续工作时间/h		累计故障次数			
系统中央控制装置(CCU)运行情况	连续工作时间/h		累计故障次数			
传感器群布数量	故障台数	机器号	主要故障现象	故障时间	具体原因	备注
系统及设备可靠性基本评价:						
传感器可靠性基本评价:						
填表人姓名		填表日期		填表单位(盖章)		

参 考 文 献

- [1] GB/T 7289—1987 可靠性、维修性与有效性预计报告编写指南.
 - [2] GB 7828—1987 可靠性设计评审.
-

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

中华人民共和国
国家标准
岩土工程仪器可靠性技术要求
GB/T 24108—2009

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

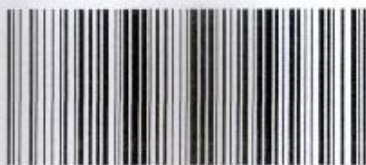
*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 55 千字
2009年9月第一版 2009年9月第一次印刷

*

书号: 155066·1-38702 定价 33.00 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)68533533



GB/T 24108—2009