

RSE

制造业可靠性系统工程标准

STANDARD OF RELIABILITY SYSTEMS ENGINEERING FOR MANUFACTURING ENTERPRISES

RSE-STD-1909.1 2023

卫星通信系统

可靠性与可用性参数体系

Reliability and Availability Parameters of
Satellite Communication Systems

(征求意见稿)



© 本标准属于深圳市为民可靠性系统工程研究院所有，享有著作权及其他法律规定的任何权益，受法律和国际条约保护。

2023-11-19 发布



深圳市为民可靠性系统工程研究院

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 基本术语	1
3.2 可靠性术语	2
3.3 可用性术语	2
4 参数体系与参数说明	2
4.1 参数体系	2
4.2 参数说明	3
5 参数选用要求和节点范围选择要求	5
5.1 参数选用要求	5
5.2 节点范围选择要求	5

前 言

本标准由深圳市为民可靠性系统工程研究院提出并发起编制。

本标准起草单位：北京航空航天大学、华为技术有限公司、中国空间技术研究院、深圳市为民可靠性系统工程研究院、北京航空航天大学云南创新研究院、北京蓝威技术有限公司、中国东方红卫星股份有限公司、中国电子科技集团公司电子科学研究院。

本标准主要起草人：李瑞莹、马骥、高莹、宋叶晴、康锐、黄宁、伍湘平、崔国楠、陈锐、黄和富、税长江、刘亮、王学望、张栋、王靖、马文杰、陈卫卫。

卫星通信系统可靠性与可用性参数体系

1 范围

本标准规定了卫星通信系统可靠性与可用性参数体系、参数定义和参数选用方法。

本标准适用于深圳市为民可靠性系统工程研究院理事单位，也可供其他企业参照使用。

2 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。

GJB 421 卫星术语

GJB 451 装备通用质量特性术语

GJB 1909 装备可靠性维修性保障性要求论证

RSE-STD-451 确信可靠性术语与定义

3 术语和定义

3.1 基本术语

3.1.1

卫星通信系统 satellite communication system

利用卫星网络提供通信业务的系统。

3.1.2

服务区 service zone

卫星通信系统提供服务的区域。

3.1.3

信关站 gateway

卫星通信系统中负责呼叫处理、交换并与地面通信网连接的设备。

3.1.4

节点 node

卫星通信系统中的卫星、信关站和各种移动或固定的用户终端。

3.1.5

虚拟节点 virtual node

服务区每一个子区域内的中心点，该节点的流量是子区域内所有用户终端流量的集合。

3.1.6

节点对 node pair

两个相互连接的节点/虚拟节点。

3.1.7

覆盖重数 coverage number

信关站/用户终端可以连接到的卫星数。

3.2 可靠性术语

3.2.1

确信覆盖可靠性 belief coverage reliability

卫星通信系统在规定条件下和规定时间内，满足覆盖重数的服务区面积达到规定要求的能力。

3.2.2

确信连通可靠性 belief connection reliability

卫星通信系统在规定条件下和规定时间内，能连通的节点对数达到规定要求的能力。

3.2.3

确信业务可靠性 belief application reliability

卫星通信系统在规定条件下和规定时间内，能成功执行业务的节点对数达到规定要求的能力。这里，成功执行业务是指满足业务规定的性能要求（如时延、丢包率、误码率、容量等）。

3.3 可用性术语

3.3.1

确信覆盖可用性 belief coverage availability

卫星通信系统在任意时刻需要和开始执行任务时，满足覆盖重数的服务区面积达到规定要求的程度。

3.3.2

确信连通可用性 belief connection availability

卫星通信系统在任意时刻需要和开始执行任务时，能连通的节点对数达到规定要求的程度。

3.3.3

确信业务可用性 belief application availability

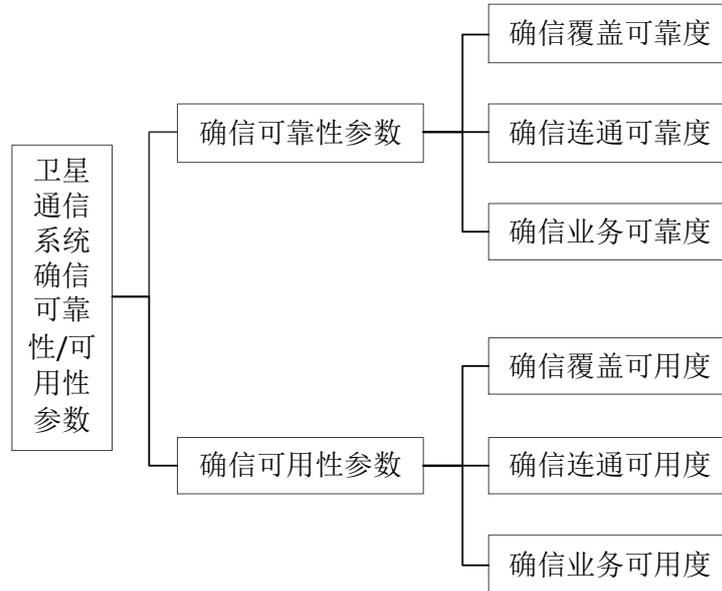
卫星通信系统在任意时刻需要和开始执行任务时，能成功执行业务的节点对数达到规定要求的程度。

4 参数体系与参数说明

4.1 参数体系

卫星通信系统可靠性与可用性参数分为确信覆盖可靠度/可用度、确信连通可靠度/可用度和确信业务可靠度/可用度。其中，确信覆盖可靠度/可用度能反映卫星通信系统对地覆盖能力，同时也能反映只采用单星中继时的系统可靠性/可用性水平，确信连通可靠度/可用度能够反映出多星中继（包括单星中继）系统基础设施层面的可靠性/可用性水平，

确信业务可靠度/可用度主要关注用户感受，根据用户对不同业务的性能要求，考察不同业务满足相应使用需求的程度。卫星通信系统可靠性与可用性参数体系如图 1 所示。



4.2 参数说明

4.2.1 确信覆盖可靠度

确信覆盖可靠度是度量卫星通信系统覆盖能力的可靠性参数。在实际计算中，通过计算卫星通信系统中满足覆盖重数的服务区面积达到规定要求的机会，得出确信覆盖可靠度。确信覆盖可靠度计算公式见公式(1)。

$$R_{cov}(t_0, T) = \text{Ch} \left\{ \min_{t_0 \leq t \leq t_0 + T} cov(t) \geq cov_{th} \right\} \quad (1)$$

式中：

$R_{cov}(t_0, T)$ ——系统在 $[t_0, t_0 + T]$ 时间段内的确信覆盖可靠度；

t_0 ——系统规定时间的起始时刻；

T ——系统规定的时间段；

$cov(t)$ ——系统在 t 时刻满足覆盖重数的服务区面积；

cov_{th} ——系统规定的覆盖区域面积阈值。

4.2.2 确信连通可靠度

确信连通可靠度是度量卫星通信系统连通能力的可靠性参数。在实际计算中，通过计算卫星通信系统中能连通的节点对数达到规定要求的机会，得出确信连通可靠度。确信连通可靠度计算公式见公式(2)。

$$R_{con}(t_0, T) = \text{Ch} \left\{ \min_{t_0 \leq t \leq t_0 + T} N_{con}(t) \geq N_{con,th} \right\} \quad (2)$$

式中：

$R_{con}(t_0, T)$ ——系统在 $[t_0, t_0 + T]$ 时间段内的确信连通可靠度；

- t_0 ——系统规定时间的起始时刻；
 T ——系统规定的时间段；
 $N_{con}(t)$ ——系统在 t 时刻能连通的节点对数；
 $N_{con,th}$ ——系统规定的连通节点对数阈值。

4.2.3 确信业务可靠度

确信业务可靠度是度量卫星通信系统执行业务能力的可靠性参数。在实际计算中，通过计算卫星通信系统中能够成功执行业务的节点对数达到规定要求的机会，得出确信业务可靠度。确信业务可靠度计算公式见公式(3)

$$R_{app}(t_0, T) = \text{Ch} \left\{ \min_{t_0 \leq t \leq t_0 + T} N_{app}(t) \geq N_{app,th} \right\} \quad (3)$$

式中：

$R_{app}(t_0, T)$ ——系统在 $[t_0, t_0 + T]$ 时间段内的确信业务可靠度；

t_0 ——系统规定时间的起始时刻；

T ——系统规定的时间段；

$N_{app}(t)$ ——系统在 t 时刻能够成功执行业务的节点对数。判断一个节点对能否成功执行业务，可以通过其性能（如时延、丢包率、误码率、容量等）分析，令该业务的关键性能参数有 n 个，则其能够成功执行业务的判据为这 n 个性能都满足各自性能要求阈值。如，当业务的关键性能参数是时延时，业务成功执行的判据是节点对上的端到端时延小于时延阈值。再如，当业务的关键性能参数是时延和丢包率时，业务成功执行的判据是节点对上的时延和丢包率分别小于时延阈值和丢包率阈值；

$N_{app,th}$ ——系统规定的成功执行业务的节点对数阈值。

4.2.4 确信覆盖可用度

确信覆盖可用度是度量卫星通信系统处于覆盖可用状态的可用性参数。在实际计算中，通过计算系统满足覆盖要求时间与系统满足覆盖要求和系统不满足覆盖要求时间的和之比的期望，得到确信覆盖可用度。其中，覆盖要求是指满足覆盖重数的服务区面积要求。确信覆盖可用度的计算公式见公式(4)。

$$A_{cov} = E \left[\frac{t_{cov}}{t_{cov} + t_{uncov}} \right] \quad (4)$$

式中：

A_{cov} ——系统的确信覆盖可用度；

t_{cov} ——系统满足覆盖要求时间；

t_{uncov} ——系统不满足覆盖要求时间。

4.2.5 确信连通可用度

确信连通可用度是度量卫星通信系处于连通可用状态的可用性参数。在实际计算中，通过计算系统满足连通要求时间与系统满足连通要求和系统不满足连通要求时间的和之比的期望，得到确信连通可用度。其中，连通要求是指能连通的节点对数要求。确信连通可用度计算公式见公式(5)。

$$A_{con} = E \left[\frac{t_{con}}{t_{con} + t_{uncon}} \right] \quad (5)$$

式中：

A_{con} ——系统的确信连通可用度；

t_{con} ——系统满足连通要求时间；

t_{uncon} ——系统不满足连通要求时间。

4.2.6 确信业务可用度

确信业务可用度是度量卫星通信系统处于可用状态的可用性参数。在实际计算中，通过计算系统满足业务要求时间与系统满足业务要求时间和系统不满足业务要求时间的和之比的期望，得到确信业务可用度。其中，业务要求是指能够成功执行业务的节点对数要求。判断一个节点对能否成功执行业务，可以通过其性能（如时延、丢包率、误码率、容量等）分析，与确信业务可靠度计算中节点对能否成功执行业务的判据相同。确信业务可用度计算公式见公式(6)。

$$A_{app} = E \left[\frac{t_{app}}{t_{app} + t_{unapp}} \right] \quad (6)$$

式中：

A_{app} ——系统的确信业务可用度；

t_{app} ——系统满足业务要求时间；

t_{unapp} ——系统不满足业务要求时间。

5 参数选用要求和节点范围选择要求

5.1 参数选用要求

卫星通信系统可靠性与可用性参数选用要求如下：

- a) 按评估目的选用：若评估系统单星中继能力，则选择确信覆盖可靠度/可用度；若评估系统的多星中继能力，则选择确信连通可靠度/可用度；若评估业务运行下满足其性能要求的程度，则选择选择确信业务可靠度/可用度；
- b) 按是否考虑维修（含更换）选用：若不考虑维修，考察一段时间内系统持续满足规定要求的能力，则选择可靠性参数；若考虑维修，则选择可用性参数。
- c) 按用户选用：若用户是系统的建设者或制造者，则选用确信覆盖可靠度/可用度和确信连通可靠度/可用度；若用户是系统服务供应商及终端客户，则选用确信业务可靠度/可用度。

5.2 节点范围选择要求

卫星通信系统可靠性与可用性参数选定后，应进一步确定考察的节点范围。卫星通信系统可靠性与可用性参数考察节点范围选择要求如下：

- a) 对覆盖可靠性/可用性参数，一般选择星座设计所要求覆盖的全部服务区，也可以指定部分服务区或者一定比例的服务区；
- b) 对连通可靠性/可用性参数，一般选择星座设计所要求覆盖的全部服务区中虚拟节点组成的节点对，也可以指定部分节点对或者一定比例的节点对；
- c) 对业务可靠性/可用性参数，一般选择支持该业务的全部服务区中虚拟节点组成的节点对，也可以指定部分节点对或者一定比例的节点对。