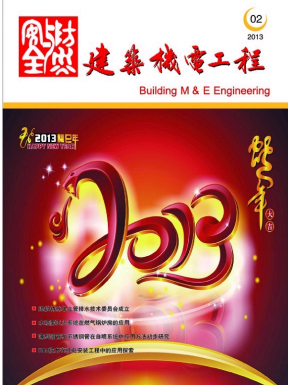


封面展示



2013 年第02期

www.bmeep.com.cn

编委会主任：柳晓川

编委副主任：毛文涛 闵永林 陈彪

编委会顾问：陈怀 陈振 程大 崔长 贺智 龙惟  
问：德 明 章 起 修 定

方汝 李兴 鲁宏 潘德 瞿二 寿炜  
清 林 深 琦 澜 炜  
唐祝 王瑞 王元 温伯 吴大 吴祯  
华 官 恺 银 金 东  
吴成 肖睿 俞丽 张飞 张渭 赵姚  
东 书 华 碧 方 同  
赵济 郑大 诸建 周国 左亚  
安 华 华 兴 洲

编委会委员：王 瑞 魏晓 杨 沈中 季俊 徐  
峰 政 道 贤 梅  
赵庆 花铁 陈正 程宏 方玉 冯旭  
平 森 浩 伟 妹 东  
归谈 郭筱 何 李国 邵民 王  
纯 莹 焰 章 杰 健  
王志 武 夏 徐 姚国 叶大  
强 广 林 凤 樑 法  
张海 周明  
宇 潭

学术委员会：

主任：朱力平

副主任：邓伟志 周世宁 江欢成 储君浩

委员：吴志强 冷俐 林贤光 阮仪三 范伯  
乃 廖光煊

薛林 孙金华 徐志胜 方路 花铁森 李建华  
《建筑机电工程》编辑部

主 编：花铁森

副主编：姜文源 陈众励 陈汝东

编 辑：穆世桦

平面设计：金婷婷

主管单位：

上海世纪出版股份有限公司

科学技术出版社

出版单位：

《放在与安全》杂志社

总 编：毛文涛

副主编：陈彪 王 珊 魏晓峰

支持单位：

案例透析

## UPS供电系统的可用性分析

文 / 张永炼

UPS的研究也经历了从主要对设备的研究，到开始重视对整个系统的研究，从对设备和系统的可靠性研究到可用性研究。可用性是供电系统最终的、最有价值的可靠性指标，对可用性的深入研究有助于供电系统设计理念的革新和UPS应用水平的提高。

关键词：UPS 供电系统 可用性

### 一、系统可用性 (Availability) 的一般定义：

自计算机问世以来，对供电系统可靠性的研究就成为保证计算机和网络系统正常运行的重要课题。计算机类（计算机及其它IT设备）设备对供电系统的要求比较苛刻，它不仅要求供电系统提供高质量的电源，还要求保证供电的连续性，即有较高的可用性。

由于故障出现的随机性质，对可用性的分析通常是用统计概率数学方法来进行的，与可用性分析有关的常用指标有：可靠度、失效率（故障强度）、平均无故障工作时间、平均修复时间和修复率等。为了分析方便，我们把这些指标的物理概念和相互关系表示如下：

1. 可靠度  $R(t)$ ：系统在规定环境条件下和规定时间内，完成规定功能的概率。
2. 失效率（故障强度） $\lambda(t)$ ：将单位时间内损坏的元件数量与在该时间内工作元件总数之比。根据定义可推导出  $\lambda(t)$  与可靠度的关系为： $R(t) = e^{-\lambda(t)}$ 。
3. 平均无故障工作时间MTBF (Mean Time Between Failures)：电子系统无故障工作时间的平均值。它是元件可靠工作时间的分布率， $MTBF = 1/\lambda$ 。
4. 平均修复时间MTTR (Mean Time Between Repair)：故障后平均的修复时间。
5. 修复率 $\mu$ ：假定部件在时刻0时发生故障的情况下，到时刻t时完成修复的概率， $\mu = 1/MTTR$ 。
6. 可用性  $A(t)$ ：系统在使用过程中，可以正常使用的时间与总时间之比。 $A(t) = MTBF / (MTBF + MTTR) = \mu / (\mu + \lambda)$ 。

### 二、系统的可用性模型：

当一个供电系统由多种设备和子系统组成时，系统的配置方法会对整个系统的可用性产生巨大的影响，从分析的角度看，典型的系统配置有串联和并联冗余型两种组合形式（或者两种形式的混合形式）。

#### 1. 串联系统的可用性模型：

串联系统是指它的每一个子系统对于系统的正常工作都是不可或缺的，任何一个子系统或元件的失效，都将导致系统工作不正常。其模型如图1所示：

公安部第三研究所  
 公安部上海消防研究所  
 中国消防协会科普教育工作委员会  
 公安部（上海）火灾物证鉴定中心  
 江苏省消防协会  
 同济大学防灾减灾研究所  
 全国建筑给水排水资深专家委员会  
 上海市楼宇科技研究会  
 中船第九设计研究院工程有限公司

地址：上海市曲阳路158号南楼5层

上海联络外电话：86-21-60748392  
 编辑部信箱：bmee2004@msn.com

编辑部信箱：bmee2004@msn.com  
 邮 编：200092  
 国内统一刊号：CN31-2084/X  
 国际标准刊号：ISSN 1812-2353

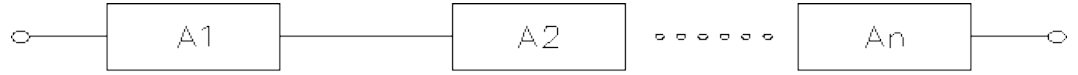


图 1 串联系统可用性模型

如果系统有N个子系统，则串联系统的可用性为：

$$A = A_1 * A_2 * A_3 * \dots * A_N$$

## 2. 并联系统的可用性模型：

并联冗余系统可用性模型如图2所示：

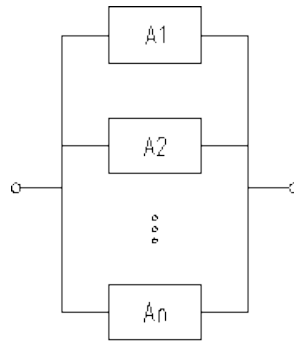


图 2 并联系统可用性模型

如果用N个子系统并联构成一个系统，如果并联系系统中的任何一个子系统失效，均不会影响系统的功能，只有在任两个系统同时失效时，系统才宕机。

因此，由N个系统组织只有一个系统备份的冗余系统的可用性为：

$$A [ (N-1) + 1 ] = [ 1 - (1-A) ^ 2 ] ^ N (N-1) / 2$$

## 三、常用UPS供电系统的可用性分析：

在一个完整的供电系统中除了UPS系统外，还有电网进线开关柜、变压器、负载配电柜、柴油发电机、交流稳压器、电池系统、各种开关、上百个乃至几万个连接点和相应的传输线，所有这些都会形成单路径故障点，由于这些部件和环节在可用性模型中的串联特性，以及它们之间的相互影响，就使得系统可用性大幅度降低，已经冗余配置的UPS系统故障率仍然很高，系统管理维护难度大，人为故障增加。

### 1. 对系统的可用性的建模与计算过程：

对系统的可用性的建模与计算过程可分三步：

1. 1确定单元设备和元器件例如逆变器、UPS、ATS、断路器、可控硅SCR、接线端子、变压器、UPS电池、负载端转换开关STS等的失效率 $\lambda$ 和修复率 $\mu$ 。这些参数的取得通常有三种办法，即理论计算法、试验验证法、故障率统计法。

1. 2根据单元设备在系统中的配置和联接方法确定各个子系统等效的失效率 $\lambda$ 和修复率 $\mu$ ，例如输入配电盘、输出配电盘、带转换开关的PDU、UPS<sub>sys</sub>等。从国际知名厂商数据，一台单机（MTBF=10万小时，MTTR=8小时）UPS的可用性可达到0.9999，但在系统装机时则还要考虑输入，输出

断路和接线端子的影响，如图3所示：

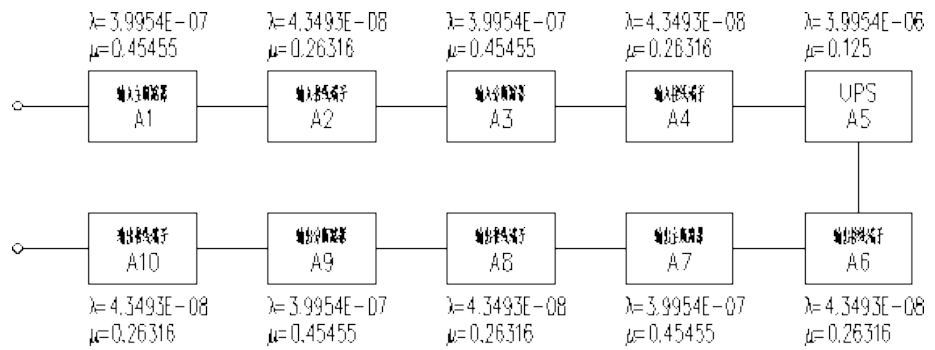


图 3 UPS系统可用性模型

1. 3根据系统中各子系统的实际配置和联接情况建立系统可用性模型图，以双路电源（二路独立市电或一路市电+油机）+UPS（N+1模块化冗余）供电系统为例，其可用性模型如图4：

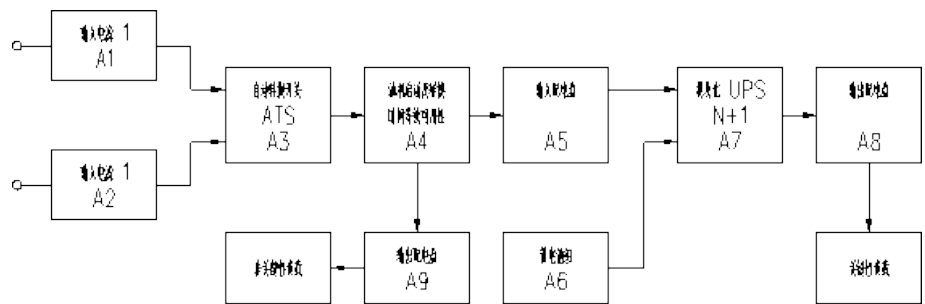


图 4 双路电源（二路独立市电或一路市电+油机）+UPS（N+1模块化冗余）供电系统可用性模型

对于不同的应用场合、负载系统的规模和对可用性要求等级的不同，UPS系统的设计和配置也是各种各样的，本文针对12种常用供电系统建立了可用性模型，并做了具体的数字计算，计算结果列在表1中。计算中所涉及的可信性基本参数平均无故障时间 $MTBF$ 、平均修复时间 $MTTR$ 、失效率 $\lambda$ 和修复率 $\mu$ 等都是来自知名厂家的权威数据。

表1各种供电系统可用性等级（对计算机类关键负载）

系统配置	系统性质	可用性A	年宕机时间
电网直接供电系统	非不停电系统	0.99879504473	10.555小时
电网+油机系统	非不停电系统	0.99933135275	5.857小时
电网+单机UPS系统	不停电系统	0.99993797077	0.54小时
电网+模块化冗余UPS系统	不停电系统	0.99999442998	0.04879小时
电网+单机UPS <sub>1+1</sub> 冗余系统	不停电系统	0.99999722647	0.024小时
电网+油机+单机UPS系统	不停电系统	0.99993795159	0.5435小时
电网+油机+模块化UPS系统	不停电系统	0.99999443908	0.0487小时
电网+油机+单机UPS <sub>1+1</sub> 冗余系统	不停电系统	0.99999723557	0.0242小时
电网+油机+双总线UPS供电系统（单机UPS）	不停电系统	0.99999928987	0.0062小时
电网+油机+双总线UPS系统（模块化UPS）	不停电系统	0.99999929371	0.00618小时
电网+油机+双总线UPS系统（单机UPS <sub>1+1</sub> ）	不停电系统	0.99999929371	0.00618小时
电网+油机+双总线UPS系统（单机UPS）对双电源负载供电	不停电系统	0.99999995654	0.0038小时

#### 四、影响系统可用性的其它因素：

在系统可用性模型的建立和计算过程中，忽略了布线故障率、系统建立和维护中的认为错误、环境因素、设备质量与系统施工质量、系统设备的相依等难以确定的因素，实际上在供电系统各种故障原因中，以上因素引发的故障要占故障的60-70%。所以尽管我们可以根据可用性理论设计和建立符合要求的高可用UPS供电系统，但所期望的可用性功能是否能实现，还取决于以上人为因素。

作者：张永炼

现代工程咨询有限公司

[杂志介绍](#) | [征稿启事](#) | [编委会](#) | [宣传服务](#)

版权所有: 建筑机电工程杂志社, 本网所有资讯内容、广告信息, 未经本网书面同意, 不得转载。

沪ICP备05061288号 网站制作和维护: 天照科技

[toms outlet](#) [nike shoes](#) [Cheap Oakley sunglasses](#) [louis vuitton outlet](#) [Toms Outlet](#) [mulberry](#) [coach outlet](#)