



VERTIV™
维谛技术

白皮书

半导体行业供电质量保障方案比较

目录

一、半导体行业现状.....	3
二、半导体对供电可靠性要求.....	3
2.1 供电质量问题.....	4
2.2 电压中断.....	4
2.3 电压暂降.....	5
三、供电质量保障方案.....	7
3.1 静态UPS.....	7
3.2 DVC.....	9
3.3 动态UPS.....	10
总结.....	11



半导体行业电压暂降治理解决方案

一、半导体行业现状

半导体行业是最近几年国内最蓬勃发展的行业之一。中国是一个制造大国，全球大部分的电子产品都是在中国制造。电子产品核心部件都由半导体芯片、器件或面板构成。半导体行业成为科技强国的核心支柱，得到国家和各级政府的大力扶持，如成立半导体产业基金、建立半导体产业园区，为中国半导体产业蓬勃发展奠定良好的基础。



二、半导体对供电可靠性要求

半导体行业属于高端制造行业，使用了大量高精密仪器设备，生产过程中通过中央信息系统发出指令由机台设备自动运行。但是这些高精密生产机台设备，如：刻蚀、气相沉积、光刻、加热、清洗、测量仪器、自动检测等设备很容易受供电质量的影响，半导体行业属于连续性生产制程，一旦由于供电质量造成生产暂停需要耗费极大的停工成本，比如核心生产机台（光刻机）暖机就需耗费 24 小时；半导体制造过程中，微小的粉尘都可能造成晶体管短路烧毁，在溅射镀膜等部分制程甚至需维持真空，一旦出现供电质量问题导致机台设备宕机，制程中止就会造成废料、设备损坏、甚至停产等严重事故发生。据统计，半导体行业每一次停机事故所造成的直接和间接经济损失可高达上亿元。因此，半导体行业对生产线供电质量要求极为重视。

2.1 供电质量问题

供电质量通常是指提供合格、可靠电能的能力和程度，包括电能质量和供电可靠性两个方面。其中，电能质量是指“电力系统指定点处的电特性，关系到供用电设备正常工作（或运行）的电压、电流的各种指标偏离基准技术参数的程度”。常见的供电质量问题包括：电压和频率的偏差、谐波、三相不平衡、暂时过电压、电压暂降和电压中断。电压中断和电压暂降是影响半导体行业生产损失最严重、危害最大的供电质量问题。根据Gartner的研究报告，工厂中每1分钟的故障停机，将造成20,000美元的损失；美国电力研究院（EPRI）分析，工业客户平均每年经历66次电压暂降问题。电压中断和电压暂降也是半导体行业面临最主要的供电质量问题。下文将重点介绍电压中断和电压暂降的产生原因、危害以及治理解决方案。

2.2 电压中断

电压中断是指一相或多相供电电压消失降为零。危害最大的是长时间电压中断，通常中断的时间大于1分钟。

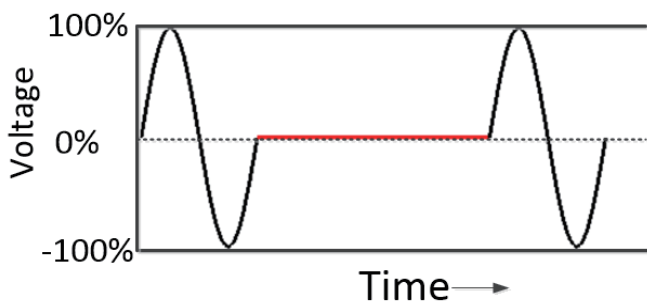


图 1, 电压中断



电压中断的原因有很多，常见的原因包括：自然灾害（台风、暴雨、雷电、地震），人为因素（施工破坏、偷抢盗窃、误操作、高峰限电），设备故障（老化、越级跳闸），外力因素（异物短路、重物倒压）等。除了人为计划停电外，其他原因都具有不确定性和不可抗性。

短时间的电压中断可能会引起半导体生产设备宕机，而长时间的电压中断会直接造成整个产线停工，损失严重。因此半导体工厂非常注重供电连续性，通常会采用双路以上独立市电供电，配合柴油发电机和UPS实现连续不间断供电。

2.3 电压暂降

电压暂降是指电网RMS电压值下降幅度介于额定电压的10%至90%之间, 持续时间在半个周期到1分钟之间, 而瞬间断电则是指RMS电压下降到额定电压的10%以下。

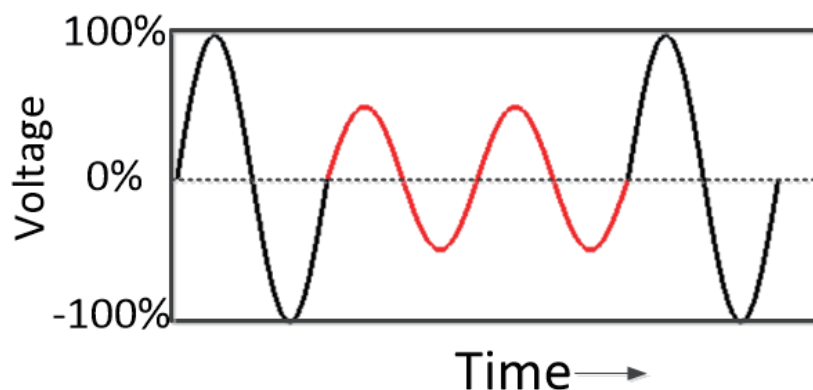


图2, 电压暂降

导致电压暂降的原因有很多, 主要受雷击、大风舞动、绝缘污闪等自然环境因素影响, 引发电力系统保护和自动装置动作, 或受大型施工机械违规进入电力设施保护区引起放电等。受电网环境复杂性的影响, 电压暂降是电网运行过程中客观存在且不可避免的现象。根据当地电网情况及天气环境, 半导体工厂可能每年遭遇不同程度的电压暂降有几十次。按照国标GB50809《硅集成电路芯片工厂设计规范》和GB51136《薄膜晶体管液晶显示器工厂设计规范》要求, 半导体工厂必须配置防电压暂降设备, 以防止电压暂降对生产机台设备的影响。

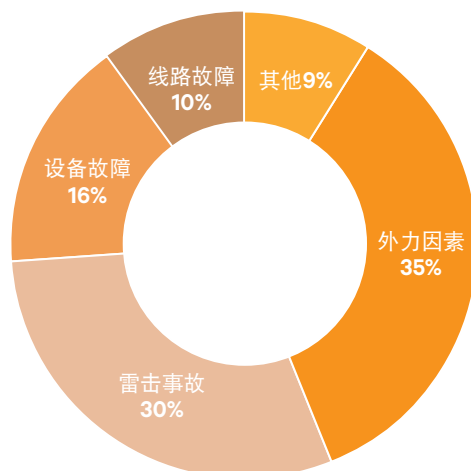


图3, 电压暂降产生的原因

半导体行业标准SEMI F47列出了对电压暂降敏感的机台设备, 如刻蚀、薄膜沉积、热扩散、光刻、离子注入等。这些设备中的直流电源、EMO电路、射频电源和真空泵最容易受到电压暂降的干扰, 导致整个机台设备宕机。下面以直流电源为例解释电压暂降导致机台宕机的原因。图3是电压暂降的典型波形图。当电压暂降发生时, 机台设备输入的AC-DC电源的电流和电压波形如图4和图5所示。从图4可以看出, 当电压暂降发生时, 机台设备内部AC-DC电源输出电流迅速将为零。当电压暂降结束, 电网恢复正常时, AC-DC电源输入侧会承受一个瞬态的尖峰电流, 往往就容易触发AC-DC电源的输入保护电路, 如输入保险丝或者保护空开, 导致生产机台设备宕机。

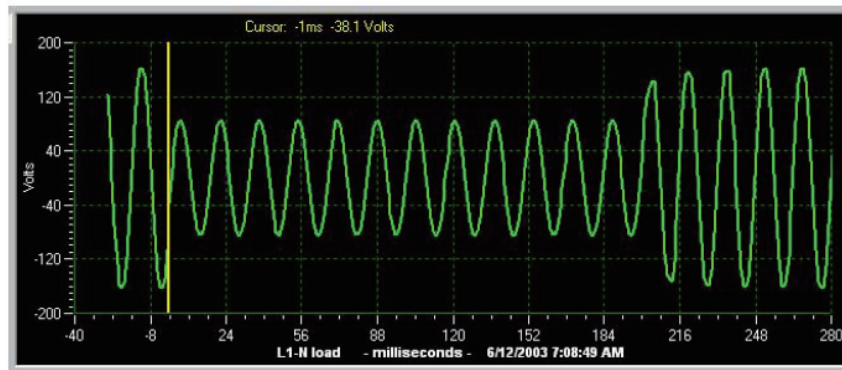


图4, 典型电压暂降波形

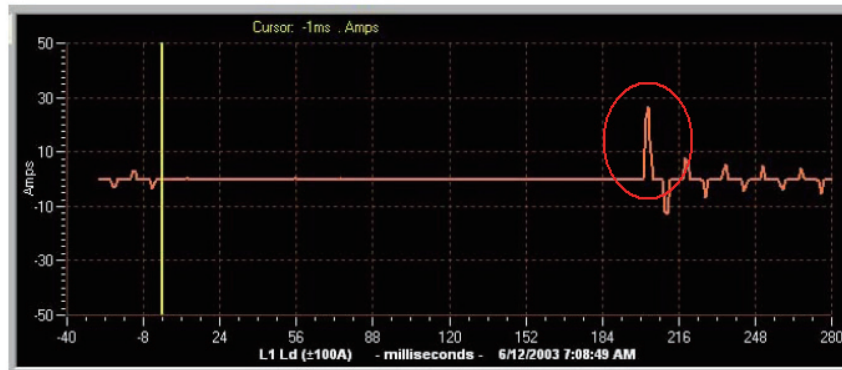


图5, 电压暂降时机台设备AC-DC电源电流波形

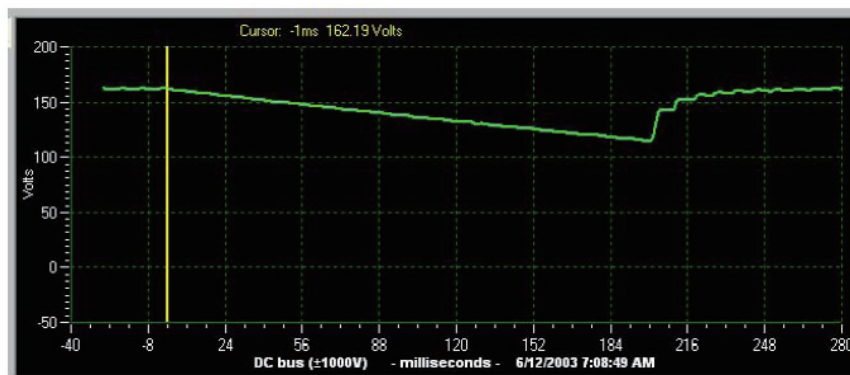


图6, 电压暂降时机台设备AC-DC电源电压波形

三、供电质量保障方案

为防止电压中断和电压暂降等供电质量问题造成半导体生产设备宕机，就必须在机台设备输入前端配置供电质量保障设备。目前市面上供电质量保障解决方案有三种类型：静态UPS，DVC，和动态UPS。

3.1 静态UPS

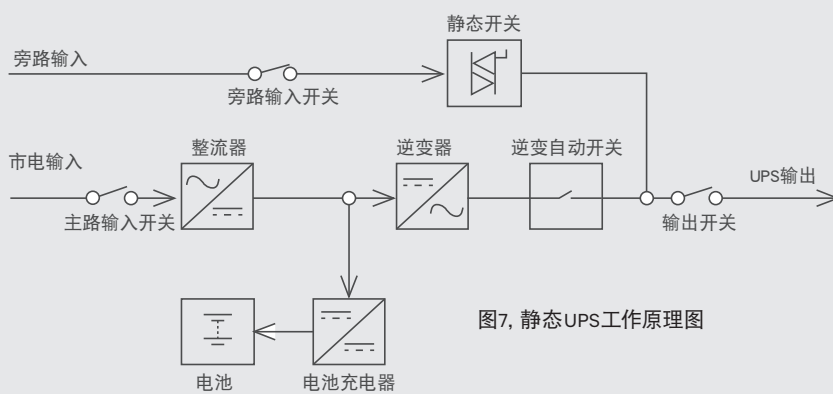


图7. 静态UPS工作原理图

静态UPS是由电力电子器件组成，通过 AC / DC, DC / AC 双变换输出高质量正弦波电压。静态UPS将交流市电先经过整流器变成稳定的直流存储在电容中。当有轻微电压暂降时（从正常下降到额定电压75%以内），存储在直流母线电容的能量能迅速的输出给负载设备。当电压暂降幅值较大、持续时间较长或者主路市电长时间中断时，静态UPS会立即转由电池供电，保障输出稳定且不间断的电源给负载。

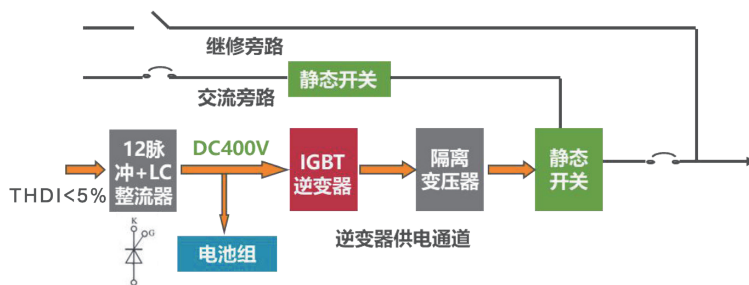


图8, 工频UPS的工作原理图

静态UPS又分为高频UPS和工频UPS。高频UPS由于母线电压较高（800VDC），在电池与母线之间需要有DC-DC变换电路。而工频UPS的母线电压较低（400VDC），电池可以与母线直接相连，切换到电池模式的速度更快，而且减少DC-DC变换电路，降低电池模式切换带来的故障风险，提高整机可靠性。

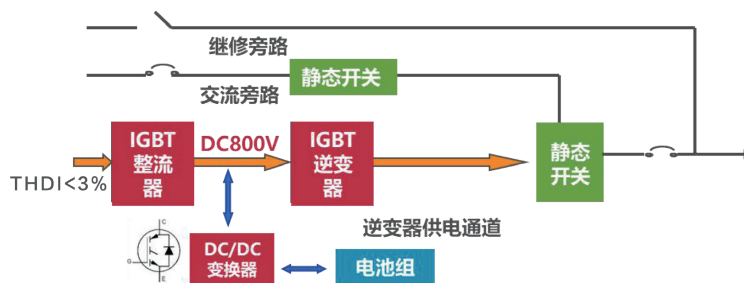


图9, 高频UPS工作原理图

静态 UPS 的优点是技术成熟，稳定可靠，各容量配置齐全，而且可以根据业务需求和备电时间来配置电池容量。是目前半导体行业供电质量保障的主流方式。静态 UPS 经过 AC-DC, DC-AC 双变换，可以过滤掉市电中所有的电能质量干扰，包括电压和频率偏移、三相不平衡、谐波、电压尖峰等问题，输出干净的正弦波电压给 UPS 负载。静态 UPS 通常使用铅酸电池作为后备电源，铅酸电池占地大，工作环境温度要求高，而且日常电池运维工作量相对较大。目前也有静态 UPS 配合使用锂电池，可以大幅减少电池占地面积和承重，锂电池使用寿命长达10年以上。

随着技术的不断发展，静态 UPS 的效率和单机容量得到不断地提升。尤其是使用了带有智能调控运行模式 UPS，可以根据电网质量长期和即时情况，在 VFI (Voltage and Frequency Independent)、VI (Voltage Independent) 和 VFD (Voltage and Frequency Dependent) 三种运行模式中智能切换。在确保 UPS 高可用性前提下 (99.99999%)，平均运行效率可以超过 98%。而且单机容量达到 3.2MW，并机容量 25.6MW，满足半导体行业大容量、高可用性和高节能性的要求。

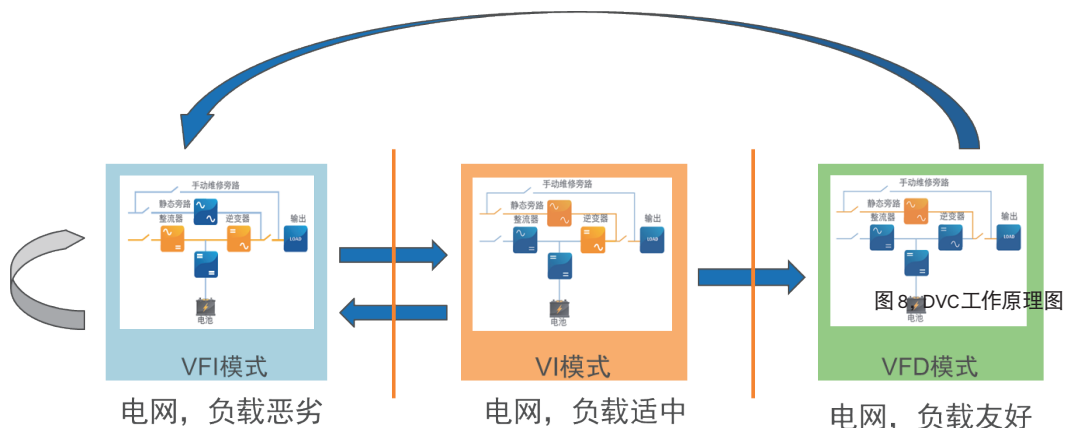


图10, 三种运行模式



3.2 DVC

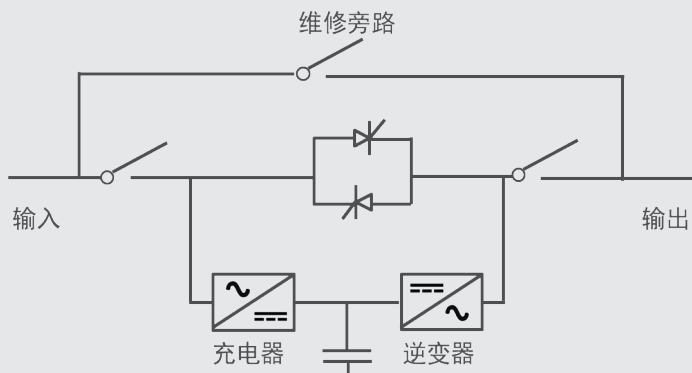
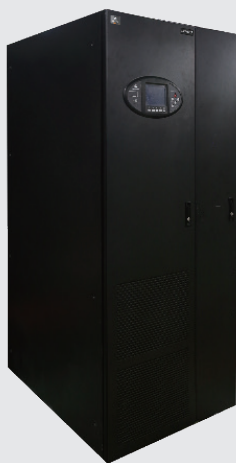


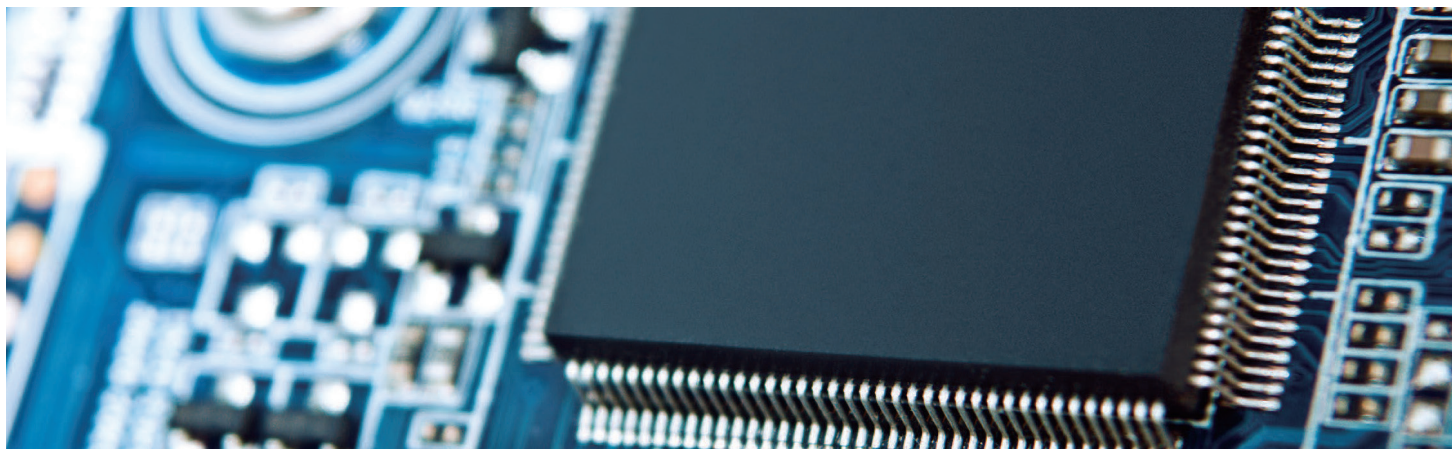
图11, DVC工作原理图

第二种供电质量保障方案是DVC (Dip-Sag Voltage Compensator), DVC可以简单理解为类似于走旁路ECO模式的UPS, 但是将电池换成超级电容或者电解电容进行备电的产品。市电正常时, 市电电压会直接输出到负载侧, 中间不经过任何电力电子变换。当市电发生电压暂降时, 会转由超级电容或者电解电容经DC-AC变换输出到负载。但是如果发生长时间电压中断时 (> 1分钟), DVC无法提供足够的能量保证负载长时间持续运行。

DVC的优点是没有电池, 维护工作量低, 占地小, 环境适应性强, 可靠近终端设备摆放, 且效率高 (99%), 使用寿命长。

DVC的缺点是: 1. 初始投资成本高; 2. DVC普通产品响应时间在10ms, 且一般只保护到3相50%剩余电压5秒, 保护到3相0%剩余电压只有3个周波 (60ms), 存在停电宕机风险; DVC高端产品响应时间能做到2ms, 但由于是超级电容或电解电容储电, 后备时间只有5-10s, 对前端柴油发电机启动时间要求高。

由于DVC的断电保护时间有限 (<10s), 不能防止长时间的掉电, 一般更适用在非关键生产工艺上, 或者可以重复操作的工艺上。



3.3 动态UPS

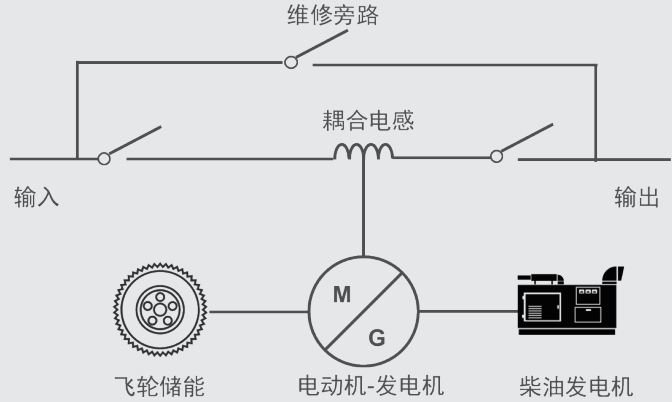


图12, 动态UPS工作原理图

第三种供电质量保障方案是动态UPS。当市电正常时, 由市电经耦合电感直接输出给负载。当出现电压暂降或者电压中断时, 由飞轮储能设备提供临时能量, 通过电动机-发电机装置给负载供电。当飞轮转速储能下降到限值时, 通过外接的柴油发电机组启动, 并继续提供后备能量给负载。

动态UPS的优点是无电池, 机械部件寿命长达20年, 单机容量达到MW级别。缺点是初期投资成本高, 承重大, 噪音高, 需要定期更换轴承维护成本高, 而且在半导体行业应用案例少。



	静态UPS	DVC	动态UPS
优点	<ol style="list-style-type: none"> 1. 技术成熟, 半导体行业案例多 2. 防止电压跌落程度高 (可降至0) 3. 可过滤其他电网质量问题的干扰 4. 保护时间长, 可配合柴油油机启动 5. 各容量段系列齐全 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 无电池, 维护成本低 2. 占地小, 可在洁净室安装设备, 适合防爆有防爆要求的场合 3. 节能, 效率 > 99% 4. 寿命长, 10-15年 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 无电池, 采用机械部件寿命达到20年 2. 具有无功补偿和谐波治理功能, 且本身不会产生谐波 3. 单机容量达到MW级
缺点	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通常使用铅酸电池的问题: 铅酸电池维护成本高, 3-5年更换, 需保持25℃工作温度; 铅酸电池运维工作量较大; 铅酸电池占地大, 承重要求高, 需独立房间 2. 不适合直接带电动机等大冲击负载, 需配合变频器使用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 初期投资成本高 2. 普通产品响应时间在10ms, 且只保护60%以上压降, 仍存在风险, 高端产品2ms, 保护时间在5-10s。100%压降能维持2-3s。 3. 无电能质量矫正功能, 电网干扰直接输出给负载。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 国内使用经验不成熟 2. 承重大, 噪音大 3. 定期更换轴承, 设备后期维护成本较高出给负载。
	主流方式, 关键生产工艺 (消防安全、贵重设备、Patch工艺、关键周期节点工艺)	非关键生产工艺 (可重复工作)	非主流, 国内应用少

表1三种防电压暂降方案对比表

总结

01

静态UPS可以兼顾防止电压暂降和电压中断, 以及具有过滤市电电能质量干扰的电源矫正功能。在国内有广泛的应用案例, 普遍适合于国内半导体行业各类型的应用场景。带有智能调控模式的静态UPS能在保证高可用性的前提下, 满足半导体行业高容量、高节能性的要求。

02

DVC只有电压暂降补偿功能, 且时间较短, 不能防止长时间电压中断的情况。由于DVC储能载体使用超级电容, 基本可以免运维, 适合使用在市电断电损失不大的场景。例如清洗, 热扩散等可重复工艺。

03

动态UPS由飞轮储能配合柴油发电机进行不间断保护, 机械部件寿命长。但动态UPS总体投资和运维费用较高, 半导体行业应用案例少。

半导体行业用户可以根据厂区供电质量、机台设备要求、环境布局情况、备电时间要求和费用预算来选择合适的供电质量保障方案。



维谛技术有限公司

电话：86-755-86010808

邮编：518055

售前售后电话：

400-887-6526

400-887-6510



扫码关注

回复“BDT”参与优化白皮书