

UPS的性能分类与标准化UPS系统结构

作者: 中讯邮电咨询设计院 刘希禹 来源: 《电源世界》 发布时间: 2006-12-04

摘要 IEC62040-3提出了UPS 按性能分类的方法,其目的是使用户可以在相同的基础上,对功率相近的不同厂家的UPS 产品进行比较。UPS厂家应按IEC62040-3规定对其产品进行性能分类代码的标识;用户应选用已标识性能分类代码的UPS 产品。

本文阐述了IEC62040-3规定的UPS 性能分类方法和标准化的UPS 系统结构,并介绍了高可用度的并联冗余UPS和分布冗余UPS系统。

关键词 UPS性能分类 冷备用 市电交互 双变换 并联冗余 分布冗余 双母线 可用度

0、引言

不间断电源设备(UPS)是一种电子电源系统,其基本功能是当市电电源发生故障时,不间断地为用户设备提供符合规定的交流电源。当市电电源停电时,UPS将转换为由蓄电池供电的工作方式,在规定时间内向用户设备供电。当市电电源较长时间停电时,UPS需要由备用发电机组供电,继续不间断地为负载供电。此外,在市电正常的情况下,UPS将市电电源进行适当的变换和调节,从而抑制市电电源的各种干扰;为负载提供高质量的交流电源。因此,UPS还具有改善市电质量的功能。

UPS的负载是被视为关键性的或重点保护的设备。这些关键性负载包括数据处理、计算机和通信系统之类的设备等等。为满足不同类型的负载对供电连续性和供电质量要求,现已开发出功率范围从不足百瓦至数兆瓦的各种型式的静态UPS。

静态UPS主要有三种典型的电路结构,长期以来被称为:在线UPS (on line UPS)、离线UPS (off line UPS)和在线互动UPS (line interactive UPS)。但是,这些UPS名称对其工作原理的表述是不准确的,很容易引起混淆。为了避免混淆,国际标准IEC62040-3 重新规定了UPS新的名称:双变换UPS (double conversion UPS)、冷备用UPS (passive standby UPS)、市电交互UPS (line interactive UPS)。

“离线UPS (off line UPS)”,其本来的含义是:逆变器在正常情况下,不向负载供电,而是由市电电源向负载供电。只有当市电交流输入电压超出允差时,逆变器才向负载供电。然而,术语“离线(off-line)”也有“不在市电电源上(not-on-the-mains)”之意,即正常情况下市电不向负载供电。而实际上,在正常情况下,负载是由市电电源供电的。为了防止这种定义的混淆,IEC62040-3明确提出,不使用“离线UPS (off line UPS)”这一术语,而使用“冷备用UPS (passive standby UPS)”术语。

“在线UPS (on line UPS)”,意思是不论市电交流输入电源情况如何,负载始终由逆变器供电。但是,术语“在线

(on-line)”也可以理解为“在市电电源上(on-the-mains)”，即负载由市电供电(这与实际情况相反)。为了防止定义的混淆，IEC62040-3明确提出，应避免使用“在线UPS”这一术语，而只使用“双变换UPS”术语。

在线互动UPS(line interactive UPS)的汉语名称与英语名称不符，因为line不是on line，所以不是“在线”。实际上line是指市电(the mains)。因此，“line interactive UPS”应译为“与市电交互UPS”，或“与市电互动UPS”。

此外，由于双变换UPS(double conversion UPS)(即老名称“在线UPS”)被公认为实际性能最好的UPS系统。在市场竞争中，出现了一些奇怪UPS的名称，例如，“准在线UPS(quasi online ups)”、“半在线UPS(semi online ups)”、“真在线UPS(true online ups)”、“在线均分技术(online-sharing technology)”等等。相关UPS厂家提出这些UPS名称的目的是试图让用户相信其UPS产品是双变换UPS。实际上，这些产品并不是双变换UPS，不能提供用户所希望的性能和可靠性。

针对这种情况，IEC62040-3除了废除不科学、不适当的老的UPS名称、规定了新的UPS名称外，还提出了UPS按性能分类的方法。这个分类方法基于UPS输出电压和输出频率与UPS输入电源的参数的关系，提出了UPS性能分类代码。按性能分类的目的是提供一个共同的基础，使用户可以在相同条件下，对额定功率相近的不同厂家的UPS产品进行比较。

符合IEC62040-3国际标准的UPS将由厂家按规定进行性能分类代码的标识。用户一般应避免采用未标识性能分类代码的UPS产品。

我国国标GB7260已等效采用IEC62040-3国际标准，今后国产UPS产品也应标识UPS性能分类代码。在进行UPS选型时应注意选用已标识UPS性能分类代码的UPS。

本文阐述IEC62040-3(和GB7260)规定的UPS的性能分类方法和标准化的UPS系统结构。并介绍高可用度的并联冗余UPS和分布冗余UPS。

1、UPS性能分类代码

UPS性能分类代码由三部分组成。(例如VFI-SS-123，这是分类代码的一个例子)

最前面的三个字符规定在正常工作方式下的电源质量。表示UPS输出电压和频率与交流输入电源(市电)电压和频率的关系。

中间的两个字符规定在正常工作方式(包括暂时的静态旁路工作)和储能方式下的输出电压波形。表示是正弦波或非正弦波。

最后三个字符规定在不同条件下UPS瞬态输出电压性能。表示是否符合标准规定的瞬态电压性能。

1.1 电源质量的分类选项(三个字符或两个字符)

以下各选项均表示在正常工作方式下的电源质量。可以为VFI，VFD，VI。

•VFI：表示这种UPS的输出与市电电源的电压和频率无关。

•VFD: 表示这种UPS的输出取决于与市电电源的电压和频率变化。

•VI: 表示这种UPS的输出（频率）取决于市电电源的频率变化。输出电压与市电电压无关

1.2 输出电压波形的分类选项（两个字符）

第一个字符表示在正常和旁路方式下的输出电压波形。可以为S, X, Y。

第二个字符表示在储能方式下的输出电压波形。可以为S, X, Y。

•S: 表示在所有线性和基准非线性负载条件下，输出波形均为正弦波，其总谐波失真因数 D 小于0.08。

•X: 表示在线性负载条件下，输出波形均为正弦波（与S相同），在非线性负载条件下（如果超过规定的极限），其总谐波失真因数 D 大于0.08。

•Y: 输出波形是非正弦波。

1.3 瞬态电压性能的分类选项（三个字符）

第一个字符表示改变工作方式时的输出电压瞬态性能。可以为1, 2, 3。

第二个字符表示在正常/储能方式下，带线性阶跃负载时的输出电压瞬态性能（最不利的情况）。可以为1, 2, 3。

第三个字符表示正常/储能方式下，带基准非线性阶跃负载时的输出电压瞬态性能（最不利的情况）。可以为1, 2, 3。

•1: 表示瞬态电压 \leq 图 1 的1类输出动态性能数据（无中断或无零电压出现）。

•2: 表示瞬态电压 \leq 图2 的2类输出动态性能数据（输出电压为零持续1ms）。

•3: 表示瞬态电压 \leq 图3 的3类输出动态性能数据（输出电压为零持续10ms）。

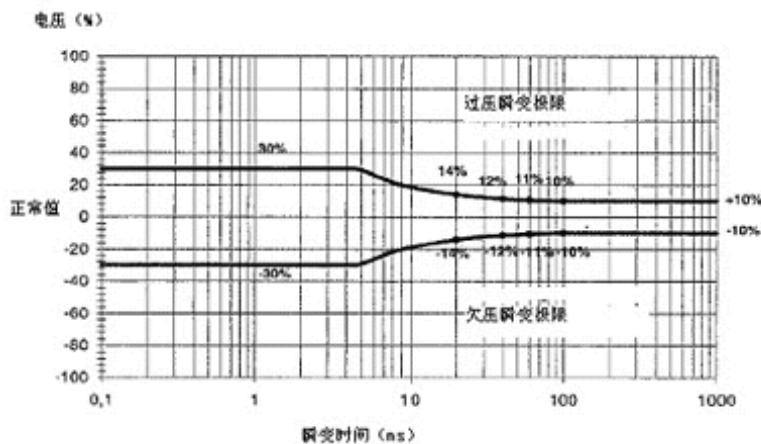


图1 1类输出动态性能

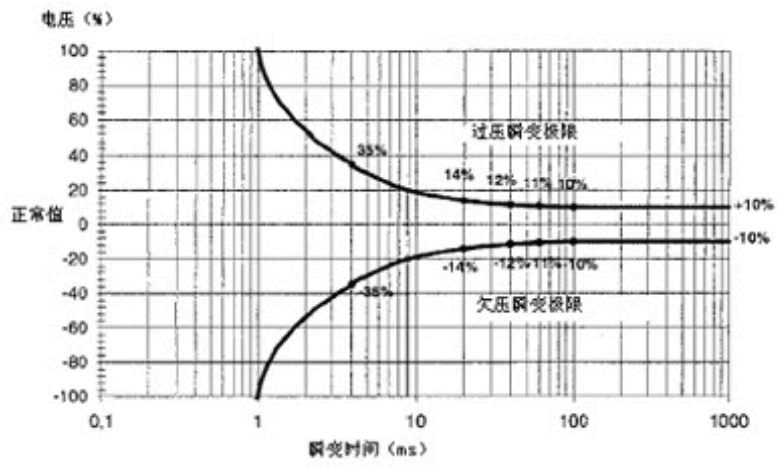


图2 2类输出动态性能

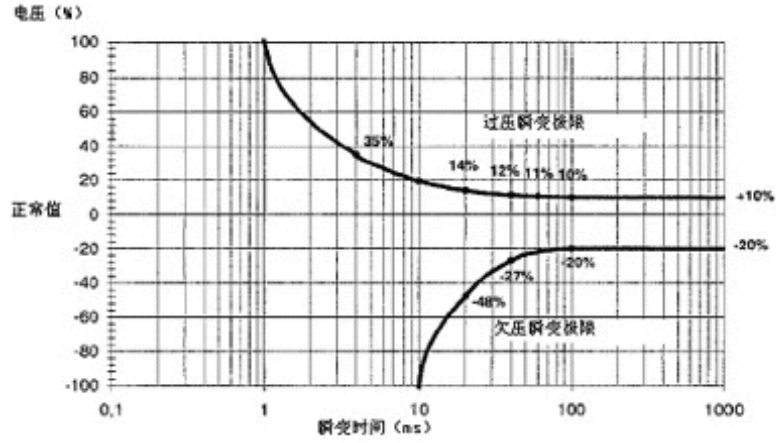


图3 3类输出动态性能

1.4 完整的UPS分类代码

下面是典型的UPS完整的分类代码：

电源质量 输出波形 输出动态性能

VFI — SS — 111

VI — SX — 222

VFD — SY — 333

实际的UPS产品的性能分类代码举例：

Powerware 9370 : VFI-SS-111

Powerware PB4000 (BORRI 4000) : VFI-SS-111

Socomec DELPHYS MP: VFI-SS-111

2、UPS 系统结构

2.1 UPS性能分类代码与UPS内部结构

综上所述，UPS 按性能分类，可分为三类，用代码表示为：

VFI （UPS的输出与市电电源的电压和频率无关）

VFD （UPS的输出电压和频率取决于与市电电源的电压和频率）。

VI （UPS的输出（频率）取决于市电电源的频率变化。输出电压与市电电压无关）

然而，实际上，UPS按性能分类的VFI、VI、VFD与按UPS内部电路结构分类的双变换、市电交互、冷备用单机UPS系统是密切相关的。

UPS性能分类代码表示的是UPS输出电压和频率与市电电源的关系、输出波形和动态性能，这些性能和功能指标都是与UPS单机系统结构有关的。

在前面给出的完整UPS性能分类代码的例子中，VFI-SS-111，VI-SX-222，VFD-SY-333和单机UPS系统的对应关系如下：

2.1.1、VFI-SS-111，双变换UPS

性能分类代码VFI-SS-111表示UPS输出电压和频率与市电电压、频率无关。要达到这个要求，必须在正常方式下，通过直流中间环节再生一个交流电源。这种UPS技术就是双变换UPS，它也能满足对正弦波输出波形和1类输出动态性能（图1）的要求。

2.1.2、VI-SX-222，市电交互UPS

性能分类代码VI-SX-122表示UPS输出电压与市电电源电压无关，但输出频率与市电频率有关。

这种UPS技术就是市电交互UPS。其输出电压可以调节到某个极限内，可以认为UPS 输出与市电电压无关，但输出频率取决于市电频率。这种UPS在正常方式下不需要直流中间环节。这种UPS在工作方式转换时不能满足1类输出动态性能的要求，只能满足输出2类动态性能（图2）的要求。

2.1.3、VFD-SY-333，冷备用UPS

性能分类代码VFD-SY-333表示UPS输出电压和频率取决于市电电源电压和频率。在正常方式下，市电电源的各种干扰都会影响到负载。这种UPS技术就是冷备用UPS。这种UPS在市电故障时，启动逆变器，负载由机械开关转换到逆变器供电，转换时间大约4~8ms。因此，只能满足3类输出动态性能（图3）的要求。

VFI-SS-111，VI-SX-222，VFD-SY-333对应的单机UPS系统及其特点如表1 所示。

表1 IEC 62040规定的UPS分类与其对应UPS 系统

UPS 分类 / UPS 性能	VFD-SY-333 冷备用	VI-SX-222 市电交互	VFI-SS-111 双变换
成本	最低	中等	最高
电压调节	无	有限	有
频率调节	无	无	有
转换时间 (市电-蓄电池)	很短 (4~8ms)	零	零
输出波形	正弦波 (正常和旁路方式下) 非正弦波 (储能方式下)	正弦波 (线性负载, D ₁ (0.08; 非线性负载, D ₂ 0.08)	正弦波
输出动态性能	3 类动态性能	2 类动态性能	1 类动态性能

下面简单介绍这三种标准化单机UPS的系统结构及特点。

2.2 冷备用UPS (passive standby UPS)

冷备用UPS如图4所示。这种UPS 有正常和储能两种工作方式。

在正常工作方式下，负载由市电电源经UPS开关直接供电。也可以采用一些附加设备（例如铁磁谐振变压器或自动改变抽头的变压器）对输入电源进行简单的调节后为负载供电。整流器给蓄电池充电。

当交流输入电源指标超出UPS的预定允差时，UPS转入储能工作方式，启动逆变器，负载由蓄电池经逆变器直接或通过UPS开关（电子开关或机械开关）供电。从市电供电向蓄电池供电的转换过程将引起4~8ms 的中断时间。

蓄电池/逆变器组合将一直为负载供电到蓄电池放电终止。或者供电到交流输入电源恢复，负载转换回由输入交流电源供电。（以先到者为准）

这种UPS是最简单、最经济的UPS。

但是有一些严重的缺点，（1）负载没有与市电电源的干扰隔离。（2）市电停电时负载转换为由逆变器供电的过程中供电中断时间较长，对许多重要的应用场合（特别是IT系统）是不适合的。（3）在正常工作方式下输出电压和频率没有调节，取决于市电的电压和频率。

因此这种UPS仅适用于小容量系统。

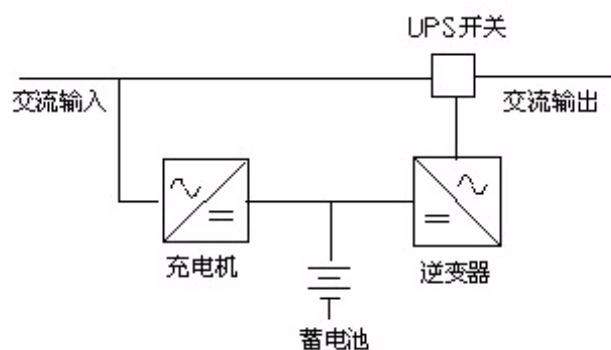


图4 冷备用UPS

2.3 市电交互UPS (line interactive UPS)

2.3.1 典型的市电交互UPS

市电交互UPS如图5所示，系统由电源接口电路、逆变器、蓄电池、UPS开关等所组成。接口电路包括静态开关和电感（扼流圈）。逆变器是双向变换器，即有市电时将市电交流电整流为直流电给蓄电池充电；市电停电时将蓄电池的直流电逆变为交流电为负载供电。

市电交互UPS有三种工作方式：正常方式、储能方式和旁路方式。

在正常方式下，交流输入电源（市电）与逆变器并联、相互作用向负载供电，逆变器进行输出电压的调节，交流输入电源（市电）供给负载电流，并给蓄电池充电。系统输出频率等于交流输入电源的频率。因为逆变器的输出频率必须与市电频率相同，才能通过控制逆变器与市电之间的相位角，使两者相互作用，向负载提供稳定的电源，并实现对蓄电池的充电。因此，称为市电交互UPS。

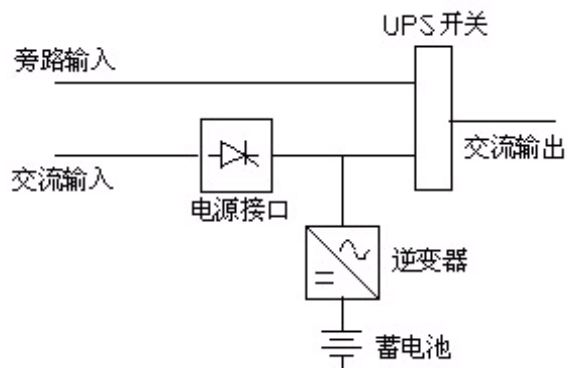
当交流输入电源电压超出UPS预定的允差时，UPS工作在储能方式。

在储能方式下，负载由蓄电池通过逆变器继续为负载供电。此时电源接口电路中的静态开关断开，以防止逆变器电源反馈到市电电源。蓄电池/逆变器组合一直为负载供电到蓄电池放电终止。或者供电到交流输入电源恢复，负载转换回由输入交流电源供电。

旁路方式是指在UPS故障或过载时，负载切换到由旁路电源供电。

市电交互UPS的优点是成本较低，提供了输出电压的调节。

市电交互UPS的缺点：（1）负载没有与市电电源的干扰真正的隔离。（2）不能进行输出频率的控制，输出频率取决于市电频率。（3）输出电压调节性能一般，因为输出电压的调节是通过市电与逆变器并联完成的。



2.3.2 Delta 变换UPS (Delta conversion UPS)

Delta 变换UPS是20世纪90年代研制开发的一种性能优良的，在系统结构和电能变换上引入了新的概念，在某些技术性能指标上获得了突破性进展的UPS。该项技术至今在国际上仍有争议，IEC62040 也没有明确规定Delta 变换UPS。

根据国际标准IEC62040-3关于UPS性能分类的规定，国际上UPS 行业多数意见认为Delta 变换UPS属于市电交互UPS，或者是市电交互UPS的一种变形，因为其输出频率取决于市电电源的频率，性能分类代码为VI。

Delta 变换UPS的系统组成如图6所示，包括两个逆变器、交流输入开关、Delta 变压器和旁路开关等。其中一个逆变器称为Delta 逆变器，另一个称为主逆变器。Delta 逆变器的额定容量为负载容量的30%，主逆变器的额定容量为负载容量的100%。Delta 变压器的原边绕组串联接在市电和UPS 输出之间。Delta 逆变器和主逆变器都是双向变换器，它们可以将交流电变为直流电，同时有可以将直流电变为交流电。

主逆变器是恒压源，它精确控制功率平衡点（PBP）的电压大小和电压波形。因此在Delta 变压器的原边绕组两端的电压等于市电交流输入电压和功率平衡点上的固定电压的差值。Delta 变压器原边绕组的电压控制副边绕组的电压。

Delta逆变器是可变电流源。Delta 变压器 边绕组的电流取决于Delta逆变器输出电流。Delta 变压器 边电流是由副边电流调节的。原边电流的波形还取决于副边电流的波形。Delta 逆变器的作用是在Delta变压器副边绕组中产生适当的电流，以控制市电输入到原边绕组的电流。Delta 逆变器还可以控制市电输入电流波形，使之成为正弦波且与电压同相位，因此可以将输入功率因数控制到接近1。负载电流中的谐波电流由主逆变器供给。

Delta 变换UPS 的工作方式如下：

(1) 在正常情况下（市电电压的变化在额定电压的±15%以内）负载由市电经Delta 变压器的原边绕组供电，主逆变器将PBP平衡点的电压控制到额定电压。根据市电电压变化范围，有下面三种不同的情况。

A. 当市电电压等于PBP处的电压时，Delta 变压器的原边和副边绕组电压均等于零，无任何功率变换。

B. 市电电压低于PBP的电压时（例如-15%），Delta 变换UPS从系统输出端吸取一定的功率经主逆变器、Delta 逆变器进行整流、逆变两次变换，以控制Delta 变压器的副边绕组的电流，使从市电输入的电流增大，以满足负载的功率需求。在这种情况下Delta 变压器的原副边都有电压和电流，因此有功率变换。这个变换是从副边至原边的变换。

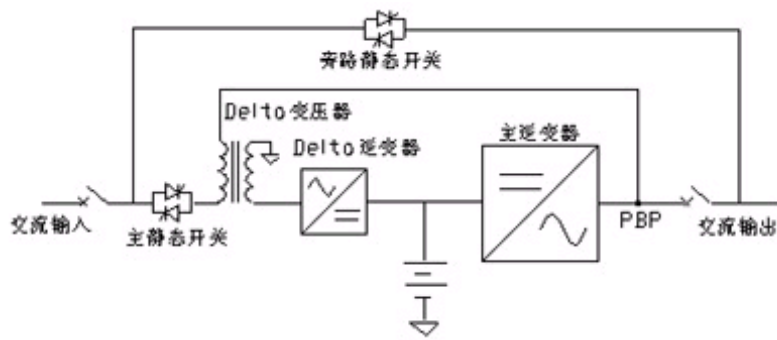


图6 Delta 变换UPS

C. 市电电压高于PBP的电压时（例如+15%），为了保持功率平衡，Delta 逆变器应减小输入电流。但是负载经PBP从市电得到的功率不能满足负载需要。Delta 变换UPS从Delta 变压器吸取一定的功率经Delta 逆变器、主逆变器进行整流、逆变两次变换，最后经PBP供给负载。由直接市电供给的功率和经变换后供给负载的功率正好满足负载的需要。在这种情况下Delta 变压器的原副边都有电压和电流，因此有功率变换。这个变换是从原边至副原边的变换。

蓄电池充电的情况：市电电压在 $\pm 15\%$ 范围内变化时，都可以给蓄电池充电。控制方法如下：A. 市电电压等于或低于PBP点的电压时，控制Delta变压器副边电流，使从市电吸取的、送到PBP的电流比负载需要的大，多余的电流即通过主逆变器内部的回扫二极管到达DC母线，给蓄电池充电。

B. 市电电压高于PBP点的电压时，市电输入电流仍控制为保持市电电压为额定值时的电流，此时的市电输入功率大于负载需要的功率。负载仅从市电吸取所需要的功率，其剩余功率流过Delta变压器原边耦合到副边，再经Delta 变换器内部的回扫二极管整流到达DC母线，给蓄电池充电。（2）市电停电时或电压变化超出 $\pm 15\%$ ，负载由蓄电池经主逆变器供电。此时主静态开关断开。（3）Delta 变换UPS 系统故障时，负载经旁路由市电直接供电。

2.4、双变换UPS（Double conversion UPS）

双变换UPS如图7所示，由整流器、逆变器、蓄电池和静态开关等所组成。双变换UPS有正常、储能和旁路三种工作方式。

在正常工作方式下，整流器将市电交流电整流为直流电，供给逆变器，同时给蓄电池充电。逆变器将直流电逆变为交流电供给负载。因为将负载功率进行了整流和逆变两次变换，故这种UPS称为双变换UPS。

当市电电源停电时或电压和频率指标超出允差时，双变换UPS将转入储能方式，由蓄电池经逆变器不间断地为负载继续供电。

当UPS 的功能部件故障时或UPS 过载时，静态转换开关将负载直接连接到市电电源（旁路电源），由市电电源供电，即工作于旁路方式。

双变换UPS的优点：

(1) 双变换UPS的优点是实现了负载与市电电源干扰的完全隔离，在任何情况下都能为负载提供电压和频率稳定交流电源；(2) 市电电源停电时UPS 转换至储能方式的过程中无供电中断；(3) 允许很宽的输入电压变动范围；(4) 输出电压精度很高；

双变换UPS的缺点是在正常方式下将100%负载的负载功率进行了整流、逆变两次变换，损耗较大，影响了系统效率的提高。

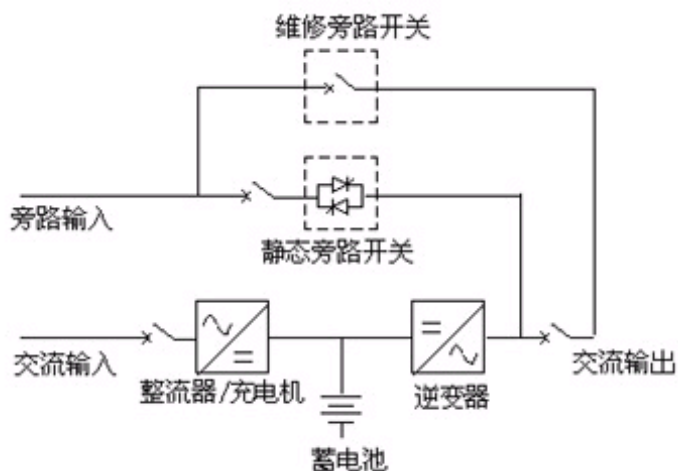


图7 双变换UPS

2.5、UPS 的性能分类与抑制市电电源干扰的能力

如前所述，UPS性能分类代码表示的是电源质量，包括：(1) UPS输出电压、输出频率与市电输入电源的电压、频率的关系；(2) UPS输出电压波形；(3) UPS输出的动态特性。此外，符合IEC62040规定的性能分类代码的各种UPS还具有不同程度的抑制市电电源干扰的能力。

最常见的市电电源干扰主要有以下10种：(1) 电源停电(2) 电压下降(3) 短时过压(4) 欠压(5) 雷电(6) 过压(7) 电压瞬变(8) 频率波动(9) 电压波形失真(10) 电压谐波。

图8示出性能分类代码为VFI、VI和VFD的UPS可以抑制的电源干扰。

最简单的UPS是VFD级UPS，即冷备用UPS。它能抑制前三种电源干扰，但在电源转换过程中有供电中断。因此只能用于允许短时供电中断的负载。

对电压稳定度要求较高的负载需要能抑制前五种电源干扰的VI级的UPS，这就是市电交互UPS。

对电源质量和电压稳定度要求最高的负载需要能抑制所有的市电电源干扰的VFI级UPS，这就是双变换UPS。

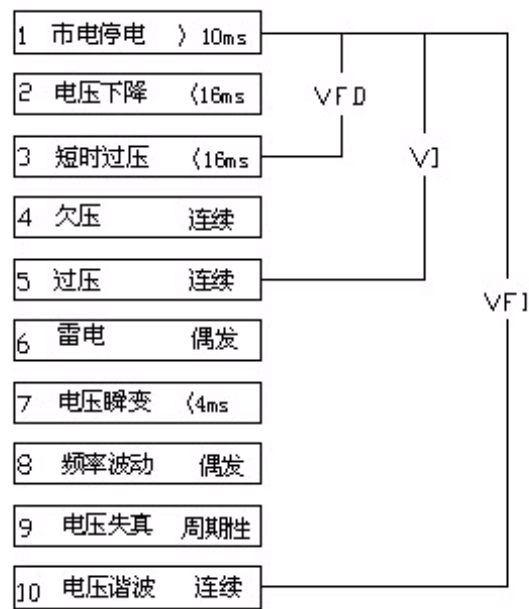


图8 市电电源干扰和UPS性能分类代码

3 冗余UPS 的系统结构

3.1 概述

IEC62040规定的各种单机UPS系统，从可靠性和功能性上来看，可以分别满足不同应用场合的需要。在小功率的应用场合，各种单机UPS系统都可以采用。在中、大功率的应用场合，可以采用双变换UPS 系统。应该指出，仅仅满足可靠性和功能性的要求还是不够的，对于要求高可用度的应用场合，还应满足可维性和故障容限的要求，以提高系统的可用度。

VFI级的双变换UPS是性能最好、可靠性最高的UPS。但是，当UPS、蓄电池需要进行预防性维护时，负载将被转换到未经调节的市电电源上，此时负载没有与市电电源的各种各样干扰隔离。一般来说，双变换UPS单机系统的预防性维护需要的时间是每年约2~4小时。因此，对于不能承受市电的各种干扰的负载而言，UPS的可用度仅为99.95%。

此外，双变换UPS单机系统没有容量的冗余，不能保护内部模块本身的故障。也不能保护设备的故障。因此，UPS 内部模块、系统和配电均不能同时维护； 内部模块和配电均无故障容限。

所以，双变换UPS单机系统仅适用于允许UPS停机2~4小时进行维护，在此期间可以由带有各种干扰的市电电源直接供电的负载。对于要求更高的可用度的应用场合，双变换UPS单机系统就不适用了。

为了提高UPS的可维护性和故障容限，应采用冗余UPS系统。冗余UPS系统有并联冗余、备用冗余和隔离冗余UPS系统和分布冗余等。

值得说明的是，UPS性能分类代码不反映UPS系统可用度的情况，因此，UPS 性能分类代码只与UPS单机系统有对应关系。如果要求较高的可用度，应采用由单机UPS组成的冗余UPS系统。冗余UPS性能分类代码与组成此冗余UPS 的单机UPS的性能分类代码相同。

下面仅介绍广泛应用的并联冗余UPS和正在不断发展的分布冗余UPS。

3.2 并联冗余UPS

并联冗余UPS系统由两个或多个单机UPS系统组成，各单机UPS系统的输出并联连接到一个公共的配电系统。系统一般按N+1个单机UPS系统配置，其中N个单机UPS系统就足以供给系统全部负载，再增加一个作为备用。因此，如果只有一个单机系统故障，N+1并联冗余系统仍能正常工作。并联冗余UPS系统的可用度比单机UPS系统的高得多。假设单机系统的可用度为三个9（0.999），则1+1 并联冗余系统的可用度可达到六个9（0.999999）。厂家一般承诺可以6台UPS 并联。但是，当并联的单机UPS 系统的数目增大时，并联冗余系统的可用度的提高的幅度会减小。N很大时，并联冗余系统可用度的提高并不明显。而且，在实际应用中，N 较大的N+1并联冗余系统的故障率较高。所以，在投资允许的情况下应尽量采用1+1并联冗余UPS系统。如果系统容量很大，必须采用N+1并联冗余UPS系统时，应注意并联的单机台数不宜太多，建议 $N \leq 3$ 。

并联冗余UPS系统有四种工作方式：

（1）正常方式

在正常工作时，所有N+1个单机UPS系统都同步运行并均分负载。如果一个单机UPS 系统故障自动与并联冗余系统上断开或人为使其脱离系统进行维护时，其余单机UPS系统可以不间断地给负载供电。

（2）储能方式

市电停电时，各个UPS都由蓄电池放电供给逆变器，各个逆变器继续并联运行，不间断地为负载供电。

（3）旁路方式

当UPS过载时，负载通过集中的静态开关或分散的静态开关被转换到由旁路电源供电。

（4）维修旁路

如果UPS需要停机进行维护，通过维修旁路开关将负载转换到由旁路电源供电。

并联冗余UPS系统主要有两种不同的系统结构形式，即直接并联（分散的旁路）和通过并机柜并联（集中的旁路），如图9A和图9B 所示。此外，集中旁路还有几种不同的形式，例如冗余旁路、双旁路和多旁路等，本文不详述。

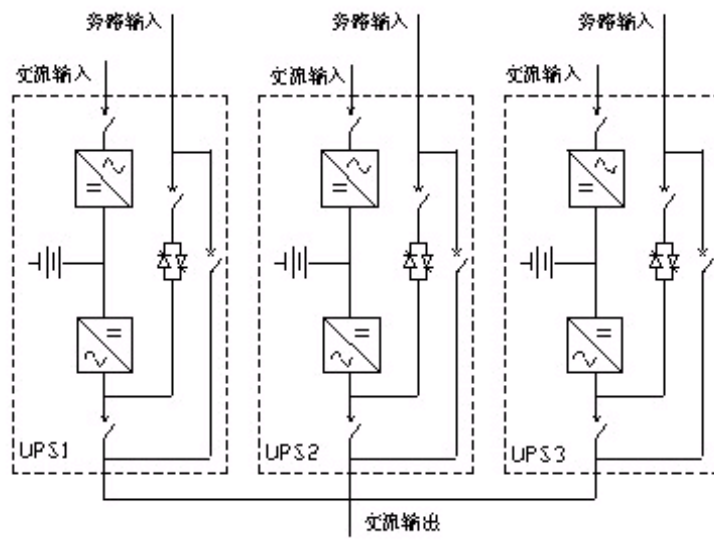


图9A 并联冗余UPS系统（分散的旁路）

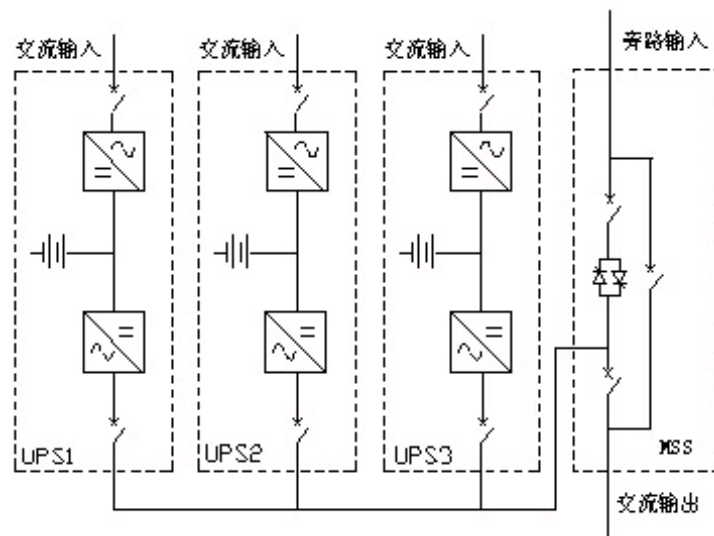


图9B 并联冗余UPS系统（集中的旁路）

3.3、 分布冗余UPS

3.3.1 分布冗余UPS 的基本组成

上面介绍的各种冗余UPS系统与单机UPS系统相比已经相当可靠了，但是电源系统的冗余只是集中在UPS 设备，对于每个负载设备，其输入电源仍然没有冗余。在实际运行中，UPS输出端至负载之间的配电电路（包括开关和线路）的故障往往多于UPS本身的故障。因此，最重要的不是保证UPS输出端的电源可靠，而是保证负载输入端的电源可靠。基于这种考虑，提出了分布冗余UPS。

分布冗余UPS的目的是将电源系统的冗余扩展到每一个负载设备，而且应使电源系统的冗余尽可能接近负载设备的输入端。

如图10所示，分布冗余UPS系统中有两个独立的UPS系统，每个独立的UPS系统都能为全部重要负载供电，构成双母线供电系统。通过适当的配电电路，可以为单电源输入和双电源输入的各种负载设备供电。

假设负载需要400kva的UPS系统，构成冗余供电系统的常规方法是：将两个400kva的UPS连接成并联冗余或隔离冗余系统或备用冗余UPS系统。如采用分布冗余，可将同样的两个400kva的UPS用做两个独立的UPS。正常时，400kva负载的一半接在其中一台UPS输出上（负载母线1），另一半负载接在另一个UPS输出上（负载母线2）。

如后文所述，采用适当的配电电路，就可以在所有的负载设备输入端上（不是在UPS输出端上）得到了冗余电源系统。即电源系统的冗余已分散到各个负载设备，因此称为“分布冗余”。正常时，两个独立的UPS系统（两个负载母线）分别承担一半负载的供电。当其中一台UPS故障时，另一台UPS就会自动地承担起全部负载的供电。因此，故障UPS可以脱离负载进行维修。

分布冗余UPS系统的两个独立的UPS系统可以采用并联冗余UPS系统，也可以采用单机UPS系统。采用1+1并联冗余UPS组成的分布冗余UPS的可靠性和可用度非常高，但成本为普通的1+1并联冗余UPS的两倍。采用单机UPS的分布冗余UPS系统与1+1并联冗余UPS系统的成本基本相同，但其可用度和可靠性比1+1并联冗余UPS系统的要高。因此，这种所谓单机分布冗余UPS（或称为单机双母线UPS）更为经济适用，更容易为用户接受。

分布冗余UPS也可以扩容，对于较大应用系统，每个独立的UPS系统可以采用较大容量N+1并联冗余UPS系统，也可以采用并联无冗余UPS系统（仅为扩大容量而并联）。

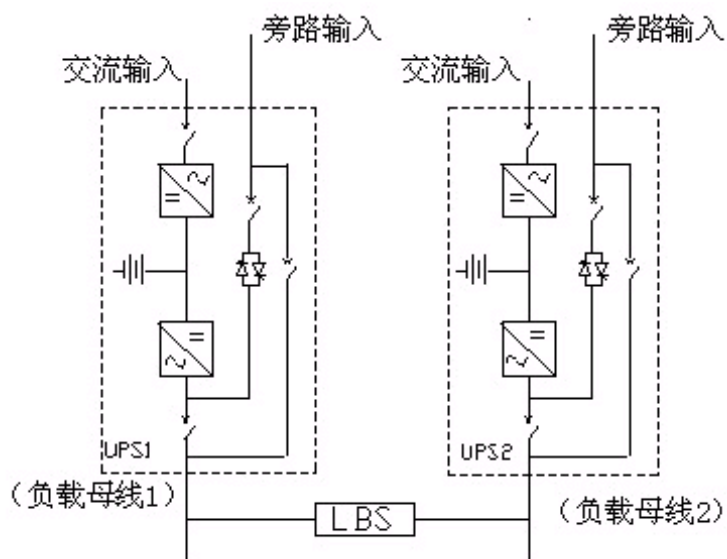


图10 分布冗余UPS（双母线供电系统）

对于双电源负载设备，只要任何一个输入电源正常，负载设备就可以正常工作。当两个UPS给双电源负载设备供电时，只需将两个UPS电源直接接到双电源负载设备的输入端，当其中一个UPS 出现故障时也不必进行电源转换。因此两个UPS是完全独立的，其输出不必同步。这种配电电路最简单。

对于单电源负载设备，其输入电源是不允许停电的。当两个UPS给单电源输入的负载设备供电时，应采用静态转换开关，正常时由其中一个UPS为负载供电，当供电的UPS 故障时或需要维护时，静态转换开关将负载不间断地转换到由另一UPS供电。

目前，双电源输入的负载设备正在不断增加，还有三电源负载设备。但是大部分负载设备还是单电源输入的。因此，分布冗余UPS的配电系统必须考虑两个UPS 的同步和相互之间转换的问题。

在分布冗余UPS中，两个UPS的同步是非常重要的问题，两个UPS 必须在全时间内保持同步。同步不仅可以缩短两个UPS之间的转换时间，减少单电源输入的负载设备供电中断时间，而且可以有效地保护电源设备和负载设备，避免事故发生。因为如果两个UPS不同步，进行了不同相位的转换，两个电源之间就会出现环流，损坏电源设备。而且还会损坏负载设备。例如，对于交流感性负载（比如变压器、继电器线圈和电动机等），交流电源相位的突变会产生非常大的再磁化电流，致使电源设备过载或使过流保护装置动作、开关跳闸。当两个不同步的电源进行相互转换时，一定要进行中断的转换。

两个UPS在正常情况下一般是同步的，因为两者都同步于同一个旁路电源（市电）。但是在市电故障时（同步源消失），如果两个UPS都同步于各自的内部时钟，两者就不会同步。为此，应配置了“负载母线同步电路（LBS）”，以保证在市电停电时，两个UPS都工作于储能方式，或者两个UPS工作于两个独立的发电机组时，也能可靠地同步。

LBS 连续检测两个UPS 的输出之间的相位关系，如果失步超过预定的时间（0.5~5s），LBS 就使指定为“从系统（DSS）”的UPS 同步于指定为“主系统（DMS）”的UPS。在此期间LBS 连续监视两个系统的旁路输入电压的质量和同步情况。一旦恢复正常，LBS就将两个系统恢复为同步到各自的旁路输入电源。

值得顺便一提的是，分布冗余UPS 系统中的两个独立的UPS 必须在任何时间保持同步，双变换UPS通过LBS就能做得到。市电交互UPS 和 Delta 变换UPS 正常运行时只能同步于为其供电的市电交流输入电源，不能进行输出频率的控制。这种UPS构成分布冗余UPS时，要求所有独立的UPS的输入电源（独立的备用发电机组）同步运行。每个独立的UPS模块还需要有一个内部系统同步单元用于蓄电池供电时各独立UPS模块的同步。

3.3.3分布冗余UPS的配电电路

1) 分布冗余UPS常用配电电路

图11示出双母线分布冗余UPS供电系统的常用的配电电路。UPS1和UPS2经各自的输出配电屏为双电源负载和单电源负载供电。

（1）双电源负载设备，只要任何一个输入电源正常，负载设备就可以正常工作。因此，只需将两个UPS输出经UPS输出配电屏、分配电屏（）直接接到双电源负载设备的输入端，就可以在负载输入端得到冗余的电源。当其中一个UPS 出现故障时负载设备仍能正常工作，不需要静态转换开关进行电源转换。考虑到分布冗余UPS系统还有单电源负载设备，仍配置了

LBS，以保证两个UPS的同步。这种配电电路完全实现了将电源系统的冗余扩展到负载设备的电源输入端。

(2) 单电源负载需经UPS输出配电屏、静态转换开关（STS）转换后再经分配电屏（列头柜）供电。静态开关采用快速先断后合（break before make）的转换技术，可确保两个UPS电源的独立性，既保证电源切换时不影响负载正常工作，又防止了一个UPS的故障影响另一个UPS。

(3) 如果不配置LBS，只能构成非同步的双母线分布冗余UPS供电系统，此时双电源负载的配电电路与前述相同。而单电源负载就只能接在一个母线上，不再是双母线供电了。当全部负载都是双电源负载，或者双电源负载多，单电源负载很少时，这种不同步的双母线供电系统方案也是可行的。

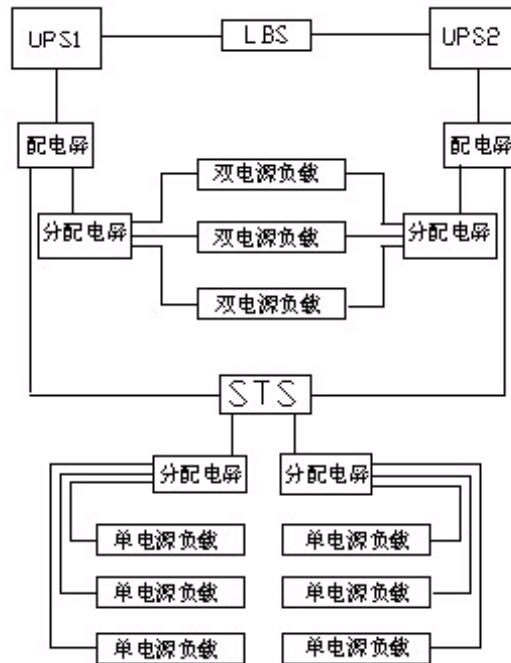


图11 双母线分布冗余UPS的常用配电电路

2) 超高可用度的分布冗余UPS配电电路

图12 示出一种可用度非常高的双母线分布冗余UPS配电电路。在此电路中，UPS1和UPS2构成双母线分布冗余UPS系统。静态转换开关STS1和STS2的两个输入电源均引自UPS1的输出配电屏1和UPS2的输出配电屏2。STS1整定为UPS1为主用，其输出接到分配电屏1（列头柜1），STS2整定为UPS2为主用，其输出接到分配电屏2（列头柜2）。各个双电源负载的两路输入电源均引自分配电屏1和分配电屏2。单电源负载再经“使用点转换开关”供电，“使用点转换开关”的两个输入电源也引自分配电屏1和分配电屏2。

在正常情况下，UPS1和UPS2 各带一部分负载，因此避免了其中一个UPS 故障时需要进行100%的负荷转换。这种配电电路的成本很高，因为双电源负载也增加了STS，单电源负载增加了“使用点转换开关”（采用机械开关）。但是，整个供电系统，从UPS设备直到双电源负载的电源输入端和单电源负载的使用点转换开关之前的电路，都可以脱离系统进行维护。

分布冗余UPS还可以组成三母线、四母线等供电系统，本文不赘述。

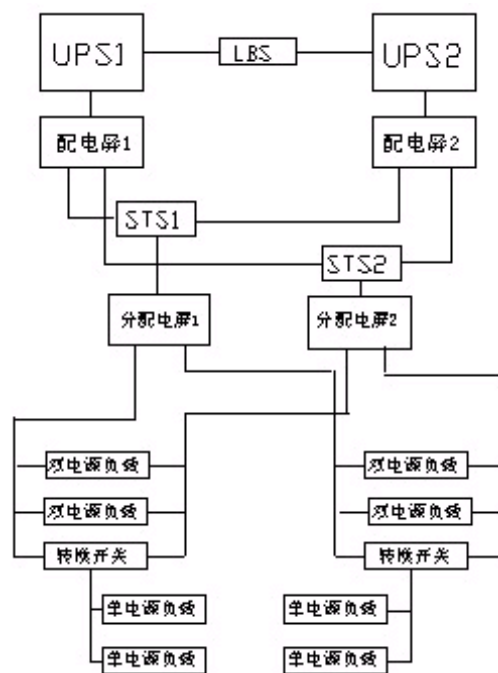


图12 超高可用度的双母线分布冗余UPS配电电路

分布冗余UPS系统与单机、并联冗余或隔离冗余相比，可维护性和故障容限得到了很大的提高。采用双母线配电，可以将负载全部转换到一个母线上（不必象并联冗余UPS那样转换到旁路），由一个UPS 供电。而另一个UPS 及其断路器、配电设备都可以脱离系统进行维护。因此可以得到连续的可用度。

分布冗余UPS系统比并联冗余或隔离冗余系统简单、便宜。最普通的方法是用两台单机UPS和LBS构成双母线分布冗余UPS系统。不需要增加系统级控制设备。由于采用了双母线和静态转换开关，使单电源负载也具有类似于双电源负载的功能性。因此，分布冗余UPS系统在进行预防性定期维护时的风险较小。

4 结束语

由于国际上UPS 的名称尚未统一，有些UPS 的名称容易引起混淆；而且，其性能与其名称不符。IEC62040 规定了新的标准化UPS 名称和系统结构，以及UPS性能分类方法。UPS 性能分类代码表示的是UPS 电源的质量，包括UPS 输出电压和频率与其交流输入电源（市电）的关系，输出电压波形和动态特性。UPS 性能分类代码是评价UPS 性能的最简单、最直观的方法。不同的性能分类代码对应于不同的标准化UPS 系统。但性能分类代码不反映UPS 系统的可用度。冗余UPS 的性能分类代码与组成冗余系统的单机系统的性能分类代码是相同的。

UPS 产品应由厂家按照标准规定进行性能分类代码的标识。用户应采用已标识性能分类代码的UPS产品。对于尚未标识性能分类代码的UPS 产品，用户应要求厂家做出解释。

本文阐述了IEC62040 规定的UPS 性能分类方法和标准化UPS 系统结构，并介绍了高可用度的冗余UPS系统，其中包括

目前广泛应用的并联冗余UPS系统和正在不断发展的分布冗余UPS系统（双母线UPS供电系统）。并联冗余UPS系统具有UPS模块的冗余，在一定程度上提高可维护性和故障容限；改善了系统可用度，适用于电信系统各种负载。分布冗余UPS系统具有UPS模块、UPS系统和UPS配电的冗余；因此具有UPS模块、UPS系统和UPS配电同时维护和故障容限的性能，可达到连续的（100%）可用度。这种分布冗余UPS系统技术正在发展，应用范围不断扩大；预计不久将会成为用于电信等重要负载的主流UPS系统。

参考文献

- 1、IEC62040-3 Uninterruptible power systems(UPS)- Part 3: Method of specifying the performance and test requirements
- 2、A New International UPS Classification by IEC 62040-3 (INTELEC2002)

Title

UPS classification by performance and standardized UPS system architecture

Abstract

IEC62040-3 put forward the method for classification of UPS by performance. The objective of classifying UPS by performance is to provide a common base on which all UPS manufacturer's/supplier's data are measured. This enables purchasers, for similar UPS ratings, to compare different manufacture's products under the same measurement conditions. UPS will be classified by performance code in accordance with this standard. UPS users should generally avoid using the UPS without performance code.

This paper describes the new UPS classification scheme and the standardized UPS system architecture. Finally parallel redundant and distributed redundant UPS with high availability are presented.

Key word

UPS Classification by performance passive standby line interactive double conversion parallel redundant distributed redundant double bus availability

刘希禹：

中讯邮电咨询设计院教授级高工，全国电力电子学标准化委员会委员。长期从事通信电源研究和设计工作。曾获全国科技大会奖和多项部级科技进步奖，发表论文40余篇，出版专著一册。多次参加国际电信能源会议并发表论文。享受国务院颁发的政府津贴。

地址：郑州互助路1号 邮编：450007

电话：0371 67975111-2798

13703869430, 13373906255

Email: liuxy@dimpt.com