

[UPS]

轨道交通不间断电源（UPS） 整合容量配置的探讨

文/北京城建设计发展集团股份有限公司 叶仁欢

随着轨道交通技术的发展和轨道交通供电可靠性要求的不断提高，整合UPS电源系统对提高供电可靠性有十分重要的意义。本文对UPS电源整合方式、集中UPS系统设备容量计算展开了详细的分析，对轨道交通中UPS整合系统合理配置设备容量，使集中UPS系统在成本控制、设备管理方面的应用研究具有较强的指导意义。

UPS（Uninterruptible Power System/Uninterruptible Power Supply）即不间断电源系统。所谓不间断电源系统，就是当停电时能够接替市电持续供应电力的设备，它的动力来自电池组。由于电子元器件反应速度快，停电的瞬间UPS系统能在4~8 ms内或无中断时间下继续供应电力。

UPS供电系统的建设目的是通过UPS供电系统给机房内用电设备提供高质量、不间断电源，来保证用电设备正常工作。目前在地铁项目中，需要使用UPS的系统主要有专用通信系统、自动售检票系统（AFC）、综合监控系统（ISCS）和环境与设备监控系统（BAS）等。目前已有北京、上海等地的某些地铁项目中使用了UPS整合方案。随着轨道交通技术的发展，UPS电源整合技术将进一步发展。

整合的范围

以国内某地铁线为例，车站UPS电源整合系统对专用通信系统、办公自动化系统（OA）、乘客信息系统（PIS）、综合监控系统、环境与设备监控系统、自动售检票系统和门禁系统（ACS）的UPS电源进行整合。车站各弱电系统的电源需求见表1。

表1 车站各弱电系统的电源需求

序号	负荷名称	容量/kW	后备时间/h
1	专用通信系统	35	4
2	乘客信息、办公自动化系统	25	2
3	自动售检票系统	35	1
4	综合监控系统	15	1
5	环境与设备监控系统（车控室端，含FAS工作站）	8	3
6	环境与设备监控系统（非车控室端）	6	1
7	门禁系统1	6	1
8	门禁系统2	4	1

（1）专用通信系统

专用通信系统UPS电源需求见表2。

表2 专用通信系统UPS电源需求

序号	项目	需求
1	电压制式及等级要求	UPS输出电压：输出隔离的三相五线制交流380 V $\pm$ 1%；旁路输出电压：交流380 V $\pm$ 3%
2	电压波动要求	波峰因数： $\geq 3:1$ （满载条件下）。动态电压瞬变范围（电压稳定度）：动态负载输出电流从0到50%再到100%突变时，瞬变范围 $\leq \pm 5\%$ ，静态负载瞬变范围 $\leq \pm 3\%$
3	电源容量要求	35 kW（含专用传输、专用无线、专用电话和公务电话系统等）
4	后备时间要求	持续供电时间不少于4 h 过载能力：105%，长期；125%，10 min；150%，1 min（不考虑发热）

(续)

序号	项目	需求
5	切换时间	主电源供电转电池供电的转换时间为0 ms；逆变器供电转旁路供电的转换时间≤2 ms；旁路供电转主电源供电的转换时间≤2 ms
6	负载分布位置	各车站专用通信设备室

(2) 乘客信息系统、办公自动化系统

乘客信息系统、办公自动化系统UPS电源需求见表3。

表3 乘客信息系统、办公自动化系统UPS电源需求

序号	项目	需求
1	电压制式及等级	UPS输出电压：输出隔离的三相五线制交流380 V±1%；旁路输出电压：交流380 V±3%
2	电压波动	波峰因数：≥3：1（满载条件下）。动态电压瞬变范围（电压稳定度）：动态负载输出电流从0到50%再到100%突变时，瞬变范围≤±5%，静态负载瞬变范围≤±3%
3	电源容量	25 kW（含办公自动化系统、乘客信息系统）
4	后备时间	持续供电时间不少于2 h 过载能力：105%，长期；125%，10 min；150%，1 min（不考虑发热）
5	切换时间	主电源供电转电池供电的转换时间为0 ms；逆变器供电转旁路供电的转换时间≤2 ms；旁路供电转主电源供电的转换时间≤2 ms
6	负载分布位置	各车站专用通信设备室

(3) 自动售检票系统

自动售检票系统UPS电源需求见表4。

表24 自动售检票系统UPS电源需求

序号	项目	需求
1	电压制式及等级	AC 380V
2	电压波动	±2%
3	电源容量	35 kW
3	后备容量及时间	1 h
4	切换时间	主电源供电转电池供电的转换时间=0 ms；逆变器供电转旁路供电的转换时间≤2 ms；旁路供电转主电源供电的转换时间≤2 ms
5	负载位置	车站控制室、车站监控机房、AFC票务室、AFC配线间、AFC车票分检室（工区）和站厅
6	其他说明事项	站厅负载由站厅两端送电

(4) 综合监控系统、环境与设备监控系统和门禁系统

综合监控系统、环境与设备监控系统和门禁系统电源需求见表5。

表5 综合监控系统、环境与设备监控系统、门禁系统UPS电源需求

序号	系统名称	电源需求							
		电压制式及等级	电压波动	电源容量	后备时间	电源类型	电源回路	负载位置	接口位置
1	综合监控系统	三相五线 AC 380 V	详见备注	15 kW	1 h	一级负荷，消防电源	2路	车站综合监控设备室	综合监控配电柜电源开关上口
2	环境与设备监控系统（车控室端，FAS工作站）	三相五线 AC 380 V	详见备注	8 kW	3 h	一级负荷，消防电源	2路	环控电控室（非车控室端）	BAS机柜配电盘电源开关上口
3	环境与设备监控系统（非车控室端）	三相五线 AC 380 V	详见备注	6 kW	1 h	一级负荷，消防电源	2路	环控电控室（非车控室端）	BAS机柜配电盘电源开关上口
4	门禁系统1	三相五线 AC 380 V	详见备注	6 kW	1 h	一级负荷，消防电源	2路	AFC设备室	门禁机柜配电盘电源开关上口
5	门禁系统2	三相五线 AC 380 V	详见备注	4 kW	1 h	一级负荷，消防电源	2路	AFC配线间	门禁机柜配电盘电源开关上口

表5中电源质量要求如下：

(1) 电压波动范围：1.6%（参照标准GB/T 12326—2008《电能质量 电压波动和闪变》）。

(2) 电压允许偏差：三相供电为±7%，220 V

单相供电为－10%～7%。

(3) 频率范围：50Hz，±1 Hz。

(4) 各处提供的2路电源必须同频同相，无相位差，且电压/电流的幅值、相角均完全一致。

UPS电源整合方式分析

UPS电源整合方式主要分为区域整合、分散设置和完全整合、集中设置两种。

1. 区域整合、分散设置

本方案适用于各整合系统设备用房没有集中布置在车站的某一侧区域，即车站两侧的各整合系统设备用房数量比较均匀。此时，在车站左侧用房区域设置一处UPS电源整合设备，在车站右侧用房区域设置另一处UPS电源整合设备，每套UPS电源整合系统分别给所在区域内的各设备系统提供UPS电源。

2. 完全整合、集中设置

本方案适合于各整合系统设备用房集中布置在车站的某一侧区域，即某一侧设备用房较多，另一侧设备用房较少。

在车站一端的设备用房及附属用房区域内设置一套UPS电源整合设备，给本车站内所有的设备系统提供UPS电源。

蓄电池容量计算

某工程车站UPS电源整合系统对专用通信系统、办公自动化系统、乘客信息系统、综合监控系统、环境与设备监控系统、自动售检票系统和门禁系统的UPS电源进行整合。整合方式为完全整合、集中设置，系统采用双机组双蓄电池的接线方式。

每座车站的UPS设备室内设置两套UPS电源整合系统。其中专用通信系统、综合监控系统和环境与设备监控系统为一级负荷中特别重要的负荷，为其设置一套UPS电源整合系统以提供应急电源。办公自动化系统、乘客信息系统、自动售检票系统和门禁系统为非特别重要的负荷，为其设置一套UPS电源整合系统提供备用电源。

目前，在工程设计中蓄电池的容量计算主要有电压控制算法、电流法和阶梯负荷算法等。根据轨道交通弱电设备的用电特点，宜采用GB 51194—2016《通信电源设备安装工程设计规范》标准中规定的电流法：

$$Q \geq KIT/\eta[1 + \alpha(t - 25)] \quad (1)$$

式中， Q 为蓄电池容量（A·h）； K 为安全系数，取1.25； I 为负荷电流（A）； T 为放电小时数（h）； η 是放电容量系数； t 为电池所在地实际最低环境

温度，所在地有采暖设备时，按15℃考虑，无采暖设备时，按5℃考虑，本工程取25℃； α 为电池温度系数（1/℃），当放电小时数 ≥ 10 h时，取 $\alpha=0.006$ ，当1h $\leq$ 放电小时数 < 10 h时，取 $\alpha=0.008$ ，当放电小时数 < 1 h时，取 $\alpha=0.01$ 。

根据实际所需的UPS容量按照式（2）计算蓄电池的放电电流 I ，再根据电流法算出蓄电池的容量。

$$I = S \times 0.8/\mu U \quad (2)$$

式中， S 为UPS额定容量（kW）； I 为蓄电池的计算放电电流（A）； μ 为逆变器的效率； U 为蓄电池放电时逆变器的输出电压（单体电池电压为1.85V时）（V）。

（1）一级特别重要负荷（专用通信系统、综合监控系统、环境与设备监控系统）

各负荷系统蓄电池容量计算如下：

车站专用通信系统按35kW后备4h计算，此时蓄电池放电电流为

$$I = P/\mu U = 35\,000/0.94 \times (30 \times 6 \times 1.85) = 89.5\text{ A}$$

（说明：其中30代表科士达EP60系列蓄电池单组蓄电池个数）。

蓄电池容量为

$$\begin{aligned} Q &\geq KIT/\eta[1 + \alpha(t - 25)] \\ &= 1.25 \times 89.5 \times 4/0.79 \times [1 + 0.008 \times (15 - 25)] \\ &= 615.4\text{ A} \cdot \text{h} \end{aligned}$$

车站综合监控系统按15kW后备1h计算，此时蓄电池放电电流为：

$$I = P/\mu U = 15\,000/0.94 \times (30 \times 6 \times 1.85) = 47.9\text{ A}$$

（说明：其中30代表科士达EP60系列蓄电池单组蓄电池个数）

蓄电池容量为

$$\begin{aligned} Q &\geq KIT/\eta[1 + \alpha(t - 25)] \\ &= 1.25 \times 47.9 \times 1/0.58 \times [1 + 0.008 \times (15 - 25)] \\ &= 112.3\text{ A} \cdot \text{h} \end{aligned}$$

车站环境与设备监控（车控室端）按8kW后备3h计算，此时蓄电池放电电流为

$$I = P/\mu U = 8\,000/0.94 \times (30 \times 6 \times 1.85) = 25.6\text{ A}$$

（说明：其中30代表科士达EP60系列蓄电池单组蓄电池个数）

蓄电池容量为

$$\begin{aligned} Q &\geq KIT/\eta[1 + \alpha(t - 25)] \\ &= 1.25 \times 25.6 \times 3/0.75 \times [1 + 0.008 \times (15 - 25)] \end{aligned}$$

$$=138.9 \text{ A} \cdot \text{h}$$

车站环境与设备监控系统（非车控室端）按6 kW后备1 h计算，此时蓄电池放电电流为

$$I=P/\mu U=8\ 000/0.94 \times (30 \times 6 \times 1.85)=19.2 \text{ A}$$

（说明：其中30代表科士达EP60系列蓄电池单组蓄电池个数）

蓄电池容量为

$$Q \geq KIT/\eta [1 + \alpha(t - 25)]$$

$$=1.25 \times 19.2 \times 1/0.58 \times [1 + 0.008 \times (15 - 25)]$$

$$=44.2 \text{ A} \cdot \text{h}$$

根据在长春地铁1号和2号线整合系统、天津6号线整合系统、长沙4号线整合系统、南昌地铁2号线专用通信系统及深圳地铁7号线整合系统实际运营经验，电源整合系统负载率为20%~40%，为了保证容量充裕，本项目取负载率为40%，蓄电池配置容量为615.4 A·h+112.3 A·h+138.9 A·h+44.2 A·h=911.4 A·h×40%=364.56 A·h

为每套UPS配置的蓄电池容量为400 A·h，每台UPS配置一组30节荷贝克power.com SA 12 V 200蓄电池。

一级特别重要负荷（专用通信系统、综合监控系统和环境与设备监控系统）每个车站配置两组共60节荷贝克power.com SA 12 V 200蓄电池。

（2）一级非特别重要负荷（办公自动化系统、乘客信息系统、自动售检票系统、门禁系统）

各负荷系统蓄电池容量计算如下：

车站办公自动化和乘客信息系统按25 kW后备2 h计算，此时蓄电池放电电流为

$$I=P/\mu U=25\ 000 \times 0.8/0.94 \times (30 \times 6 \times 1.85)=63.9 \text{ A}$$

（说明：其中30代表科士达EP60系列蓄电池单组蓄电池个数）

蓄电池容量为

$$Q \geq KIT/\eta [1 + \alpha(t - 25)]$$

$$=1.25 \times 63.9 \times 2/0.61 \times [1 + 0.008 \times (15 - 25)]$$

$$=284.6 \text{ A} \cdot \text{h}$$

车站自动检售票系统按35 kW后备1 h计算，此时蓄电池放电电流为

$$I=P/\mu U=35\ 000/0.94 \times (30 \times 6 \times 1.85)=111.8 \text{ A}$$

（说明：其中30代表科士达EP60系列蓄电池单组蓄电池个数）

蓄电池容量为

$$Q \geq KIT/\eta [1 + \alpha(t - 25)]$$

$$=1.25 \times 111.8 \times 1/0.58 \times [1 + 0.008 \times (15 - 25)]$$

$$=261.9 \text{ A} \cdot \text{h}$$

车站门禁系统按10 kW后备1 h计算，此时蓄电池放电电流为

$$I=P/\mu U=10\ 000/0.94 \times (30 \times 6 \times 1.85)=31.9 \text{ A}$$

（说明：其中30代表科士达EP60系列蓄电池单组蓄电池个数）

蓄电池容量为

$$Q \geq KIT/\eta [1 + \alpha(t - 25)]$$

$$=1.25 \times 31.9 \times 1/0.58 \times [1 + 0.008 \times (15 - 25)]$$

$$=74.8 \text{ A} \cdot \text{h}$$

根据长春地铁1号和2号线整合系统、天津6号线整合系统、长沙4号线整合系统、南昌地铁2号线专用通信系统及深圳地铁7号线整合系统实际运营经验，电源整合系统负载率为20%~40%，本项目取平均负载率为30%，

电池配置容量为284.6 A·h+261.9 A·h+74.8 A·h=621.4 A·h×30%=186.42 A·h。

根据招标文件清单可知，每组蓄电池容量≥150 A·h。

故：为每套UPS配置的的蓄电池容量为300 A·h，每台UPS配置一组30节荷贝克power.com SA 12 V 150蓄电池。

一级非特别重要负荷（办公自动化系统、乘客信息系统、自动售检票系统、门禁系统）每个车站配置两组共60节荷贝克power.com SA 12 V 150蓄电池。

以上UPS电池容量配置以设计规范为依据，又结合了实际轨道交通工程中UPS整合系统使用情况，合理选择UPS的容量对于提高UPS的工作效率、改善UPS的工作状况非常重要。

结束语

随着轨道交通技术的不断发展，UPS整合系统在供电系统中的优势明显，将有越来越多的轨道交通应用不间断电源整合系统。本文对UPS电源整合方式、集中UPS系统设备容量计算展开了详细的分析，对轨道交通中UPS整合系统合理配置设备容量，使集中UPS系统在成本控制、设备管理方面的应用研究具有较强的指导意义。EA

（收稿日期：2021-06-01）