

DOI:10.19479/j.2095-719x.2401066

## 基于 CUPS 的国产操作系统打印管控的应用研究

张青岭<sup>1</sup>, 张艳<sup>1</sup>, 石春刚<sup>2</sup>, 张众维<sup>1</sup>

(1. 天津城建大学 计算机与信息工程学院, 天津 300384;

2. 中国航天科工集团 北京京航计算通讯研究所, 北京 100074)

**摘要:**随着信息技术的快速发展和信息安全防护工作要求的不断提高,我国一些企事业单位正在逐步使用国产操作系统,在其上的打印管控已成为不可缺少的一部分,但目前适用于国产操作系统的打印系统尚未成熟.针对此问题,首先研究了通用 Unix 打印系统(common unix printing system, CUPS)原理,然后针对国产操作系统提出基于 CUPS 架构的打印系统,设计打印机驱动,并将设计的打印系统部署在国产操作系统中,实现了在国产中科方德操作系统上的打印管控.测试结果显示其效率高、体积小、方便快捷,具有较强的应用价值.

**关键词:**CUPS; 国产操作系统; 打印机驱动; 打印管控

中图分类号:TP334.8

文献标志码:A

文章编号:2095-719X(2024)01-0066-06

### Application Research on Printing Control of Domestic Operating System Based on CUPS

ZHANG Qingling<sup>1</sup>, ZHANG Yan<sup>1</sup>, SHI Chungang<sup>2</sup>, ZHANG Zhongwei<sup>1</sup>

(1. School of Computer and Information Engineering, TCU, Tianjin 300384, China; 2. Beijing JingHang Institute of Computing and Communication, China Aerospace Science and Industry Corporation, Beijing 100074, China)

**Abstract:** With the rapid development of information technology and the improvement of the requirements on information security protection, some Chinese enterprises and institutions are gradually using domestic operating systems, of which printing control has become an indispensable part. But at present, the printing system suitable for domestic operating system is immature. To solve the problem, this paper first studied the principle of Common Unix Printing System (CUPS), then proposed a printing system based on CUPS architecture for the domestic operating system, designed the printer driver, and at last deployed the designed printing system in the domestic operating system, thus realizing printing control in NFS-China's operating system. The test results show that the system boasts the advantages of high efficiency, small size, being convenient and fast, and has strong application value.

**Key words:** CUPS; domestic operating system; printer driver; printing control

随着信息技术在事业单位的广泛应用,信息文件的打印、管控等已经贯穿工作的各个环节<sup>[1]</sup>,且国家工信部的相关规定中也明确了对信息文件的安全管控要求<sup>[2-3]</sup>.但由于缺乏有效的技术管控手段,由此引发的信息安全事件日益增多<sup>[4-5]</sup>.因此,我国一些企事业单位开始高度重视信息安全和自主可控<sup>[6-7]</sup>,在国产化的大背景下,国产操作系统的使用日益增多,对信息安全的要求逐渐严格<sup>[8]</sup>.如何有效地在国产操作系统中进行打印任务的安全管控,对企事业单位来说显得尤为重要.

目前在 Windows 操作系统中,打印管控方法及相

应的应用系统已相对成熟.杨玉英<sup>[9]</sup>以“前预防、过程监控、事后审计”为设计思路设计了打印监控安全监控与审计系统;黎伶俐等<sup>[10]</sup>阐述了 API Hook、Driver Hook、虚拟打印机和轮询打印队列四种主要的打印监控技术;北京京航计算通讯研究所研发的航盾打印刻录安全监控与审计系统实现了对载体的全生命周期管理,并在航空航天等单位部署使用;除此之外,国内市场上还有信果、司印、银兆等成熟的打印安全监控与审计系统.然而国产操作系统(例如中科方德操作系统)作为 Unix 操作系统的衍生系统,尚未出现相应

收稿日期:2022-11-23;修订日期:2023-03-30

基金项目:航天三院自主创新课题(20MK630620)

作者简介:张青岭(1997—),男,山东滨州人,天津城建大学硕士生.

通讯作者:张艳(1982—),女,副教授,博士,从事图像处理和机器视觉研究. E-mail: zhangyan@tcu.edu.cn

的研究成果<sup>[11]</sup>。

Unix 操作系统利用通用 Unix 打印系统(common unix printing system,CUPS)<sup>[12]</sup>来支持用户的打印需求,CUPS 适用于类 Unix 操作系统,但在国产操作系统中应用仍不成熟. 本文针对国产操作系统提出基于 CUPS 架构的打印系统,设计打印机驱动,并将设计的打印系统部署在国产操作系统中,可追溯打印作业序号、文件名称、用户名和打印完成时间等打印记录,实现了在国产中科方德操作系统上的打印管控。

### 1 基于 CUPS 的打印流程

#### 1.1 CUPS 原理

CUPS 是一种以互联网打印协议为基础的供 Unix 和类 Unix 操作系统使用的打印系统,其本质上是一种集成的打印服务程序<sup>[13-14]</sup>. 其由三部分组成:一是接收打印命令的前端程序;二是打印机驱动;三是控制打印机硬件的后端程序. 打印驱动程序是 CUPS 的核心,负责对不同类型的打印文件进行格式转换,最终转换成可供打印机识别的数据格式. 后端程序负责与打印机直接进行通信,将过滤后的数据发送给打印机。

#### 1.2 基于 CUPS 的打印流程

CPUS 根据打印机类型可以分为 3 种打印流程<sup>[14]</sup>. 第一种是 PostScript 类型的打印机,通常不需要额外的过滤器. 当接收到打印文件,CUPS 内置的 PostScript 过滤器将其转换成 PostScript 格式<sup>[15]</sup>,然后通过后端程序将数据传输给打印机,其打印流程如图 1 所示。

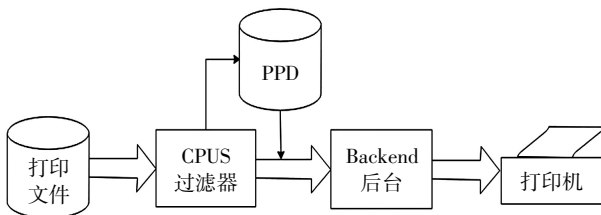


图 1 PostScript 打印流程

第二种是光栅格式的打印机,在接收到打印请求时,先通过 CUPS 的内部程序判断打印文件的格式,然后由内置的 CUPS 过滤器将其转换成 PostScript 格式,最终通过 CUPS 内部的 Raster 过滤器将 PostScript 格式转换成 CUPS 特有的光栅格式. 处理后的数据经过特定接口协议的可选端口监视器,然后通过后端程序传输给打印机进行打印,其打印流程如图 2 所示。

第三种是通过外置的过滤器转换成打印机可识别的数据进行打印. 当 CUPS 的前端服务程序接收到打印命令时,首先会通过内置的 CUPS 过滤器进行数

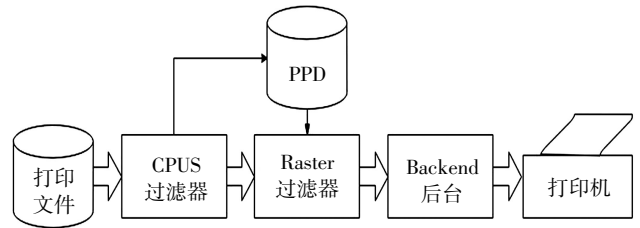


图 2 光栅打印流程

据的预处理,将打印文件转换成 PostScript 格式;然后通过 CUPS 内部的 Raster 过滤器将其转换成光栅格式;最后通过外置过滤器程序将光栅格式转换成打印机能识别的数据格式,由后端程序发送给打印机. 外置过滤器独立于 CUPS 运行,且方便 CUPS 调用,其打印流程如图 3 所示。

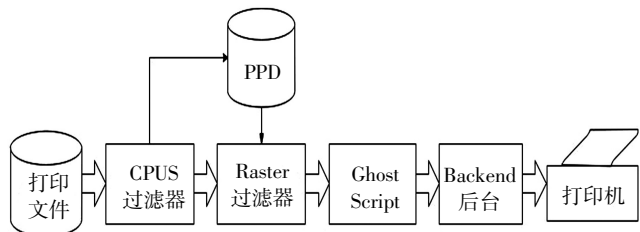


图 3 外置过滤器打印流程

通过对上述三种方案的对比分析,第一种 PostScript 格式的打印机属于高端打印机,价格高昂. 第二种光栅格式的打印机生产商较少,打印机使用不够广泛. 结合国产信息系统的实际硬件环境,因此选择第三种通过外置过滤器转换成打印机可识别的数据进行打印的处理流程. 本文设计了适合国产化环境的打印机驱动,并在国产信息系统的网络环境中进行了实验验证。

### 2 打印机驱动的设计及其配置

打印机驱动是与特定打印机相关联的筛选程序<sup>[15-16]</sup>,由一个 PostScript 打印机描述文件(PPD 文件)和过滤器程序组成. PPD 文件描述打印机的属性、版本、名称和功能. 过滤器将常见文件格式转换为打印机可识别的数据格式(如 Samsung-PS)。

#### 2.1 PPD 文件设计

PPD 文件是 CUPS 中打印机驱动的基础,用来描述所需的打印机和过滤器. 本文设计的 PPD 文件由纯文本组成,包含打印机标识、约束、选项和字体 4 个基本部分<sup>[17]</sup>。

打印机标识部分的所有属性都以“\*”字符开头. 本文设计的打印机标识部分包括版本(FormatVersion, FileVersion, LanguageVersion),名称(ModelName, ShortNickName, NickName, ),其他依赖的组件信息(cups-

Version, cupsFilter)等属性,其主要架构及内容如表 1 所示. 该部分以标头 \*PPD-Adobe:“4.3”开始,其中“\*PPD-Adobe:”表示该文件为 PPD 文件,“4.3”表示该 PPD 文件符合 PPD 的规范版本. 规定打印机驱动的名称 ModelName 为“Samsung ML-2160 Series”,其中最重要的是 cupsFilter 属性. 利用指令“cupsFilter: application/vnd.cups-raster 0 rastertospl”指定打印机驱动的过滤器程序为“rastertospl”,表明 CUPS 在对打印文件进行调度时,将 CUPS 过程中产生的 raster 数据流直接发送给 rastertospl 过滤器程序.

表 1 打印机标识部分主要架构及内容

属性	介绍	内容
*PPD-Adobe	PPD 文件规范版本	4.3
*FormatVersion	文件规范版本	4.3
*FileVersion	文件版本	1.4
*LanguageVersion	语言版本	English
*LanguageEncoding	语言编码	ISOLatin1
*PCFileName	客户端文件名称	ML2160.ppd
*Manufacturer	制造商	Samsung
*Product	产品	LaserPrinter
*cupsVersion	驱动基于的 CUPS 版本	1.1
*cupsManualCopies	驱动是否能自动生成副本	False
*cupsModelNumber	打印机驱动编号	196
*cupsFilter	打印所使用的过滤器	application/vnd.cups-raster 0 rastertospl
*ModelName	打印机驱动的名称	Samsung ML-2160 Series
*ShortNickName	打印机通用名称缩写	ML-2160
*PSVersion	PostScript 版本	(3010.000) 550
*ColorDevice	打印机是否支持彩色	False
*DefaultColorSpace	默认色彩	Gray
*FileSystem	文件系统	False
*Throughput	吞吐量	21

PPD 文件的约束部分负责表示驱动程序或用户界面两个选项不兼容,每个约束都由 UIConstraint 属性描述. 例如 \*UIConstraints: \* PageSize Executive \* Input-Slot Envelope, 此约束表示从 Envelope 入口打印时不能选择执行页面的大小.

选项部分的每一个选项是一个布尔值(Boolean),允许从列表中进行选择(PickOne),或允许多个选择(PickMany). \*OpenUI 关键字开始一个新选项,例如 \*OpenUI \*TonerSaveMode/Toner Save Mode: PickOne.

最后一部分是打印机支持的字体,本文设置的默认字体为 Courier.

### 2.2 过滤器设计

过滤器为 CUPS 打印机驱动的主干,是系统可以执行的任何程序或脚本. 打印作业主要有 image、PDF、text 等文件类型. 首先 CUPS 根据不同的文件类型选择对应的过滤器,完成文件到 PostScript 数据转换的预处理工作,并将其置于/usr/lib/cups/filter/中,预处理过程中所用到的 CUPS 过滤器如表 2 所示. 然后使用 Raster 过滤器将 PostScript 数据转换成光栅格式,最后利用指定的 rastertospl 过滤器,完成光栅格式到 spl 数据格式的转换. 此过滤器从标准输入文件中读取,其中 argv[0]参数表示打印机队列的名称,argv[1]参数表示正在打印的作业的 ID,argv[2]参数表示用户名,argv[3]参数表示作业名称或标题,argv[4]参数表示要打印的副本数量,argv[5]参数表示打印选项.

表 2 预处理过滤器

过滤器名称	功能
ImageToPS	将图像文件转换为 PostScript 数据
PDFtoPS	将 PDF 文件转换为 PostScript 数据
PStoPS	筛选 PostScript 文件并添加打印机命令和选项
TextToPS	将文本文件转换为 PostScript 数据

### 2.3 PPD 文件和过滤器的相关配置

首先使用 yum install cups 命令配置 CUPS 架构;然后使用 chown root printer 和 chgrp root printer 命令将后端程序拥有者和拥有组修改为 root 权限;再使用 chmod 777 printer 命令将权限改为可读、可写和可执行状态;最后使用 cp Samsung\_ML-2160\_Series.ppd -a /usr/share/cups/model/ 和 cp rastertospl -a /usr/lib/cups/filter 命令分别将本文编译生成的 PPD 文件和rastertospl 过滤器放置到 CUPS 架构的/usr/share/cups/model/和/usr/lib/cups/filter 目录下. 至此,打印机驱动配置完成.

## 3 CUPS 在国产中科方德操作系统上的部署

### 3.1 中科方德系统介绍

方德桌面操作系统基于核高基桌面操作系统基础版,采用核高基安全加固内核,性能优异,适配龙芯、鲲鹏、海光、兆芯、飞腾等国产 CPU,支持 X86、ARM、MIPS 等主流架构<sup>[7]</sup>,适用于台式机形态整机、主流硬件和常见外设,其图形化用户界面的设计简洁美观,已经在党政机关等企事业单位广泛应用. 本次研究使用的是 X86\_64 架构的中科方德 4.0 高可信服务器操作系统.

### 3.2 CUPS 部署流程

使用 `systemctl status cups.service` 命令查看 CUPS 状态, 执行 `sudo systemctl restart cups` 命令重启 CUPS 服务, 保证 CUPS 服务处于启动状态。

首先, 通过 CUPS 服务器地址“127.0.0.1:631”, 进入 CUPS 的 Web 界面管理系统, 在 CUPS 架构下完成添加打印机驱动的相关配置。其提供了设置 PPD 文件, 添加打印驱动程序以及设置打印属性等功能。其默认本地监听为 Listen 127.0.0.1:631, 默认的监听端口为: Listen /var/run/cups/cups.sock, 即只能从本机登录 CUPS 系统管理界面, 修改配置文件: /etc/cups/cups.d/ports.conf, 添加要监听的地址(例如: Listen 192.168.1.2:631), 实现从其他设备登录远程管理 CUPS。

然后, 进入 CUPS 的管理界面(见图 4), 选择本地的打印机硬件设备“Samsung ML-2161 Series”, 点击“Continue”按钮进入下一步, 设置打印机的基本信息。

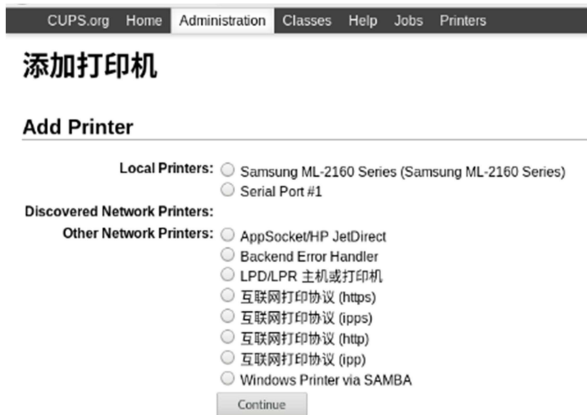


图 4 CUPS 的 Web 界面管理系统

最后, 在 Model 选项中选择本文所配置的打印机驱动“Samsung ML-2161 Series”, 点击“Add Printer”按钮, 完成打印机驱动的添加, 如图 5 所示。CUPS 提供了另一种添加打印机的方法, 名为 `lpadmin` 命令行程序, 通过执行 `lpadmin -p SamsungPrinter -E -v /dev/bus/usb/001/001 -P /home/zhangql/Samsung_ML-2160_Series.ppd` 命令可达到同样的效果。然后继续设置打印属性, 至此打印机已添加成功, 显示“Printer Samsung\_ML-2160\_Series default options have been successfully”, 如图 6 所示。可以点击“Print Test Page”测试打印测试页。

## 4 基于 CUPS 的国产中科方德操作系统的打印管控测试

### 4.1 测试运行环境

本测试在内部的实际网络环境中进行, 包括打印

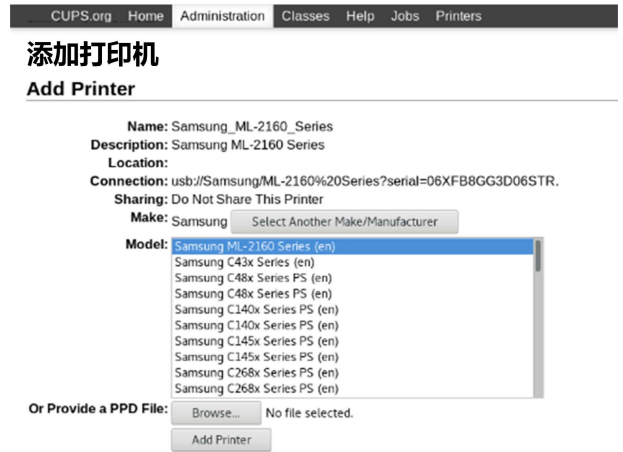


图 5 打印驱动设置



图 6 打印机添加成功

机和打印控制端 PC 等硬件设备。CUPS 基于 IPP 协议, IPP 协议基于客户机/服务器模型, 客户机和服务器位于同一台机器上, 打印文件的应用程序为客户机, 后台运行的 CUPS 程序为服务器。测试运行硬件环境 PC 端的 CPU 为 Intel Core i5-7200U 2.71 GHz, 内存为 8.00 GB, 硬盘为 1TB。打印机为 Samsung ML-2161 激光打印机。测试运行的软件环境为中科方德操作系统, 依赖组件为 CUPS 架构。

### 4.2 打印功能测试

在国产中科方德系统中, 主要有系统应用程序打印和 `lp` 命令打印两种打印方式, 本文使用 .txt 类型的文件分别对两种方式进行了打印测试。

#### 4.2.1 系统应用程序打印测试

打开测试文件, 点击打印机按钮, 弹出由 CUPS 架构所调用的打印机选择对话框, 如图 7 所示。选择打印机“printer”, 然后点击页面设置按钮, 页面属性设置如图 8 所示, 可以进行纸张类型、每面页数、纸张大小等基本属性的设置。最后点击打印按钮, 完成测试文件的打印操作。打印任务可以通过 CUPS 界面管理系统进行查看, 可以显示打印作业序号、打印作业名称、打印用户名称、纸张类型、每面页数、打印时间和状态等基本信息。

#### 4.2.2 lp 命令打印测试

在装有 CUPS 架构的国产操作系统中, CUPS 提供了 Berkeley (`lpr`) 和 System V (`lp`) 打印命令, 两者基本



图 7 打印访问控制



图 8 页面属性设置

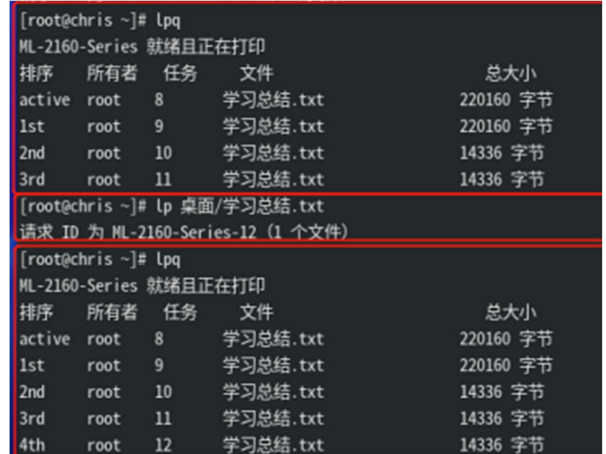


图 9 打印管理

和打印完成时间等信息,实现对打印记录的可追溯。点击“Show Active Jobs”或“Show All Jobs”,实现仅显示正在打印的任务或显示全部打印任务。在搜索框中输入文件名称,点击“Search”或“Clear”,实现对此条打印记录的查询或删除操作,如输入“Test Page”显示此条打印作业序号为 print-6 的打印记录,通过点击“Reprint Job”按钮,实现打印任务的再次打印。



图 10 打印管控

类似,但是 lp 命令的参数选项设置更为全面。lp 命令通常支持 PostScript 和 PDF 文件格式,命令由“lp”“-”和“英文字母”组成。

首先通过 lpstat -t 命令查看打印机状态,显示“打印机 printer 目前空闲”。通过 lpq 命令查看当前打印队列,如图 9 所示。第一列是待打印作业排序,第二列是打印用户名,第三列是打印作业序号,第四列是打印文件名称,第五列是打印文件大小。由图 9 可知有四个待打印作业,最后一个序号是 11,使用“lp 桌面/学习总结.txt”命令打印指定到桌面的文本文件“学习总结.txt”,即显示序号为 12 的待打印作业请求,最后通过 lpq 命令查看,序号为 12 打印作业已添加。

### 4.3 打印管控功能测试

完成系统应用程序和 lp 命令打印任务后,通过 CUPS 服务器地址“127.0.0.1:631”,进入 CUPS 的 Web 界面管理系统,如图 10 所示。由图 10 可查看打印作业序号、文件名称、用户名、打印文件大小、打印页数

## 5 结 语

本文提出了一种基于 CUPS 架构的国产打印系统设计方案,并在国产中科方德操作系统上进行了部署、打印及管控测试。测试结果显示,其运行正常,功能完备,实现了在国产操作系统下的打印管控工作,为国产信息系统环境下的信息安全工作提供了强有力的支持。

### 参考文献:

- [1] 贾晓军. 军工信息系统分级保护建设与分析[J]. 网络安全技术与应用, 2017(3): 159-161.
- [2] 苏曙光, 沈刚, 邹德清. 国产化背景下操作系统创新人才培养思考与实践[J]. 高等工程教育研究, 2022(2): 52-57.
- [3] 郭磊, 刘博, 崔中杰. 打印机信息安全风险与防范措施研究[J]. 保密科学技术, 2018(1): 43-47.
- [4] 伊趁, 罗兰平, 肖会兵, 等. 打印管控方法、打印管控系统

- 及存储介质:中国,CN114510201A[P].2022-05-17.
- [5] 王本钰,顾益军,彭舒凡. 智能移动终端涉密信息监测系统[J]. 科学技术与工程,2022,22(6):2317-2325.
- [6] 冯 媛. 军民科技信息共享因素、壁垒及治理研究:基于中美两国的比较分析[J]. 情报理论与实践,2021,44(6): 76-83.
- [7] 柴 华. 浅析如何提升公文管理中的保密管理水平[J]. 四川档案,2022(3):36-37.
- [8] 余彩霞,姚 晔. 基于不可见水印的电子文件传递安全策略探析[J]. 档案学通讯,2019(1):40-46.
- [9] 杨玉英.打印刻录安全监控与审计系统的设计与实现[D].西安:西安电子科技大学,2018.
- [10] 黎伶俐,郝东白,张 诚,等. 打印监控审计技术研究[J]. 计算机工程与设计,2009,30(2):484-486.
- [11] 蔡伟文. 基于 CUPS 架构的打印管控系统的设计与实现[D]. 西安:西安电子科技大学,2017.
- [12] 张 闯,郭燕慧. 基于 CUPS 的网络打印审计技术研究[J]. 软件,2015,36(12):140-145.
- [13] 冯禄平,钱方正. Linux 下基于 CUPS 的打印机驱动程序开发与应用[C]//第三十一届中国(天津)2017'IT、网络、信息技术、电子、仪器仪表创新学术会议论文集.天津:天津市电子学会,2017:221-224.
- [14] 李泽球,黎卫红. 基于嵌入式 Linux 的通用打印系统的研究与设计[J]. 软件导刊,2011,10(4):78-80.
- [15] 曹 锐,陈 刚. 开放式虚拟打印系统设计与实现[J]. 计算机应用研究,2004(1):194-196.
- [16] 史伟军. Mac OS X 上基于 CUPS 的 PostScript Plug-in 打印机驱动程序设计[D]. 上海:上海交通大学,2006.
- [17] 郑臣明,姚宣霞,周 芳,等. 龙芯处理器服务器芯片组的适配与实现[J]. 工程科学学报,2022,44(7):1244-1254.

(上接第 15 页)

- [3] SHEN C, LI X T, YAN S. Numerical study on energy efficiency and economy of a pipe-embedded glass envelope directly utilizing ground-source water for heating in diverse climates [J]. Energy Conversion and Management, 2017, 150: 878-889.
- [4] CHEN S, YANG Y, OLOMI C, et al. Numerical study on the winter thermal performance and energy saving potential of thermo-activated PCM Composite wall in existing buildings[J]. Building Simulation, 2020, 13:237-256.
- [5] ZHANG Z G, SUN Z J, DUAN C X. A new type of passive solar energy utilization technology: the wall implanted with heat pipes[J]. Energy and Buildings, 2014, 84: 111-116.
- [6] LIU C, ZHANG Z G, SHI Y P, et al. Optimisation of a wall implanted with heat pipes and applicability analysis in areas without district heating[J]. Applied Thermal Engineering, 2019, 151: 486-494.
- [7] ZHANG Z G, WU M, YAO W X. Performance of the wall implanted with heat pipes on indoor thermal environment[J]. Indoor and Built Environment, 2022, 31(4): 878-894.
- [8] SUN Z J, ZHANG Z G, DUAN C X. The applicability of the wall implanted with heat pipes in winter of China[J]. Energy and Buildings, 2015, 104: 36-46.
- [9] LIU C, ZHANG Z G. Thermal response of wall implanted with heat pipes: experimental analysis[J]. Renewable Energy, 2019, 143: 1687-1697.

(上接第 20 页)

- [9] 潘珠峰,黄兆辉,黄郑彬,等. 海砂混凝土的应用现状及发展研究[C]//第十五届全国现代结构工程学术研讨会论文集.天津:天津大学,2015: 1318-1327.
- [10] 谢 亮,詹镇峰,李兆恒,等. 氯离子对无机聚合物和硅酸盐水泥水化特性和硬化浆体性能的影响[J]. 混凝土,2017(5):86-89.
- [11] LIN Y H, XU D Q, ZHAO X H. Properties and hydration mechanism of soda residue-activated ground granulated blast furnace slag cementitious materials.[J]. Materials (Basel, Switzerland), 2021, 14(11): 2883-2884.
- [12] 石 亮,刘建忠,刘加平,等. 海洋环境下混凝土中 Cl-在 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>耦合作用下的传输与固化行为[J]. 混凝土,2018(10): 62-66.
- [13] 王婷婷,储洪强,蒋林华,等. 杂散电流与 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>共同作用下 Cl-浓度对砂浆结合氯离子稳定性的影响[J]. 混凝土,2019(12):23-28.