

Research on Boiler Performance Test Data Processing System

Zhending Zhang¹, Bo Yang¹, Hongzhan Liu^{2*}, Lei Gu², Zhong Li²

¹Guangzhou Special Pressure Equipment Inspection and Research Institute, Guangzhou Guangdong

²South China Normal University Information Optoelectronics Technology College, Guangzhou Guangdong
Email: *360871533@qq.com, zzdjane@163.com

Received: Feb. 22nd, 2018; accepted: Mar. 12th, 2018; published: Mar. 19th, 2018

Abstract

Boilers are one of the important equipments in power plants. The operation process is accompanied by a variety of energy conversion and carrier transformation. The operation performance test is an important indicator to test whether the boiler meets the design requirements and to measure the operating conditions of the boilers. Therefore, conducting performance test and calculation analysis, and the corresponding data management, has important practical value. Based on the B/S architecture, this paper uses the Spring MVC + MyBatis development model, MyBatis as the persistence layer framework and FreeMaker as the presentation layer technology, to develop a data processing system for power station boiler performance test.

Keywords

Power Plant Boiler, Performance Test, Data Processing, Management Platform

电站锅炉性能试验数据处理系统研究

张振顶¹, 杨波¹, 刘宏展^{2*}, 顾蕾², 李忠²

¹广州特种承压设备检测研究院, 广东 广州

²华南师范大学信息光电子科技学院, 广东 广州

Email: *360871533@qq.com, zzdjane@163.com

收稿日期: 2018年2月22日; 录用日期: 2018年3月12日; 发布日期: 2018年3月19日

摘要

电站锅炉是发电站的重要设备之一, 其运行过程伴随着多种能量转换和载体变换, 其运行性能试验是检
*通讯作者。

验锅炉是否满足设计要求以及衡量在用锅炉运行状况的重要指标, 因此对电站锅炉进行性能试验与计算分析, 并对相应数据进行管理, 具有重要的实际应用价值。本文基于B/S架构, 采用Spring MVC + MyBatis开发模式, 利用MyBatis作为持久层框架, 用FreeMaker作为表现层技术, 开发了电站锅炉性能试验数据处理系统。

关键词

电站锅炉, 性能试验, 数据处理, 管理平台

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

目前, 我国正使用的工业锅炉总量约有 62 万台, 每年燃烧煤炭资源约 7 亿吨。随着节能减排的深度学习, 确保机组效率, 减少排放, 越来越成为发电企业的首要任务[1] [2] [3] [4] [5], 电站锅炉作为我国电厂的重要设备, 其能否长期安全稳定地运行, 对于电力企业的发展至关重要。其电站锅炉的性能试验是评价锅炉运行状况, 保障锅炉高效运作的必要试验, 对于整个电厂的安全运行与高效管理具有很大的影响。通过性能试验对锅炉进行能效计算, 分析结果, 研究得出锅炉的状态是否符合安全要求, 从而为电厂安全运行提供数据参考。当前, 电站锅炉能效测试数据的采集大多采用人工现场采集, 但是由于锅炉房高温的测试现场, 测试人员普遍工作强度大、工作环境恶劣, 并且测量数据多变、分布广, 导致对测试人员需求量较大, 也容易产生测量误差。因此, 迫切需要利用最新的信息技术来适应多变量、分布式、实时、同步等特定要求的在线数据采集、处理系统[6] [7]。

2. 电站锅炉发展弊端

2.1. 计算过程繁琐, 耗费时间长

电站锅炉的运作、材料、材料形式、工质等都对其节能发展有重要影响。对于不同种类锅炉的计算, 都关联着不同的数理公式, 需要不同数据信息和图形表格, 从而加大了电站锅炉能效监测计算和管理的难度, 一次性能试验的能效计算, 平均需三天以上时间, 耗时长; 且在能效计算时, 还要对信息进行判断并舍弃无效信息, 对错误进行检测, 因此, 对于能效统计和管理人员, 具有较高要求。

2.2. 能效监测设备性能低下

随着科学技术的发展, 电力企业的研究人员, 为进行电站锅炉效率统计和管理活动, 已开发新的能效检测设备, 但电力企业只有对自己使用的设备模型的分析, 忽视检测与分析的整体性。因而需构建一体化能效检测体系, 如果监测模型不一致, 不能对不同电站设备进行计算, 使用性就不能发挥。

2.3. 统计结果和精确度低下

计算机监控设备的检测精度低。造成这种现象的原因主要是因为根据热力学统计, 给出统计结果, 电站锅炉实际运行数值误差, 重新对设备进行检测和计算。这些数据的修复工作, 和电力单位以及工作人员工作技能具有极大关联[8]。

2.4. 未形成对性能试验和计算数据的良好管理和利用

过去, 完成锅炉效率的计算, 测试数据以纸质形式报告存储, 或使用 Access 或 Excel 储存。纸张报告不容易存储, 且不能复现计算过程。Excel 中的数据是彼此独立的, 不容易找出测试数据之间的关系。Access 在一定程度上解决了上述问题, 但数据量的小幅增加, 数据库的性能就会受到很大的影响。因此, 建立电站锅炉能效数据库, 存储性能测试和计算数据是非常有必要的。

3. 论电站锅炉性能试验计算

3.1. 正平衡

电站锅炉的输入热量是相应每千克固体、液体燃料, 或者每标准立方米气体燃料进入锅炉机组热平衡系统边界所有热量的总和, 包括燃料的应用基低位发热量、送入锅炉的燃料所携带的物理热、经省煤器和空气预热器与燃料一起进入炉膛的空气所携带的热量, 锅炉的辅机设备消耗的热量以及燃油雾化过程中所用蒸汽带入的热量[9]。电站锅炉的输出热量是相应每千克固体、液体燃料, 或者每标准立方米气体燃料, 工质(饱和蒸汽、过热蒸汽)在电站锅炉热平衡系统中所吸收的总有效热量, 包括排污水和其它外用蒸汽所消耗的热量。

正平衡法, 也即输入-输出热量法, 是通过计算每千克(标准立方米)燃料的电站锅炉输出输入热量之比通过式(1)计算得来的, 即:

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_R} \quad (1)$$

式中, Q_1 和 Q_R 分别为相应于每千克固体、液体燃料或每标准立方米气体燃料, 电站锅炉的输出和输入热量, kJ/kg 、 kJ/m^3 。

3.2. 反平衡

反平衡法, 也即热损失法, 是通过计算电站锅炉各项热损失逆向得出锅炉热效率的性能试验方法[10]。它可以通过式(2)计算:

$$\eta = 100 - \frac{Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6}{Q_R} \times 100 = 1 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \quad (2)$$

式中, q_2 为排烟热损失, q_3 为可燃气体未完全燃烧热损失、 q_4 为固体未完全燃烧热损失、 q_5 为锅炉散热损失、 q_6 为灰渣物理热损失。

4. 电站锅炉体系和计算体系阐述

4.1. 性能试验数据计算体系

性能试验数据计算阶段是基于电站锅炉能效计算原理对性能试验数据进行计算的过程。根据原理中的计算公式, 数据表, 线形图, 建立计算逻辑和计算程序, 将数据表和线图按照数值分析的方法转换为数学计算公式。提交测试数据后, 根据计算逻辑关系和相应的计算公式选择计算程序, 生成计算结果。如果计算结果符合电厂锅炉能效计算原理的计算结果, 则计算有效。反之, 需要检查、修改相关信息和数据, 重新计算。对于有效的计算结果, 将测试数据和计算数据存储于电站能效数据库中, 并生成统一的性能测试报告。

4.2. 性能试验数据管理体系

性能测试数据管理阶段主要是测试数据、计算数据和性能测试报告的存储与管理。对于未完成的性

能测试，可以临时存储输入数据，以便将来进行能效计算。对于完成的性能测试，可以查看测试数据和性能测试报告，或者记录数据修改并重新计算，然后生成新的性能测试报告。性能测试报告完成后，有必要验证报告的合格性，因此系统需要两种用户：测试人员和审核员。测试人员只能查询修改的性能测试报告，将完成的性能测试报告提交。审核人员可以对性能试验报告进行查询审批。

5. 锅炉性能试验数据处理系统软件体系构建

5.1. 需求分析

电站锅炉性能试验数据处理系统的功能分析图：如图 1 所示。

5.2. 总体架构

电站锅炉性能试验数据处理系统的用户包括电站锅炉监管机构、电站锅炉生产厂商、电站锅炉性能试验机构等，为了简化操作，提高易用性，该系统拟采用 B/S 架构，用户只需在浏览器中完成测试信息的录入就可以即时得到能效计算结果和报告[11]。图 2 显示了电站锅炉性能试验数据处理系统的 B/S 整体架构。

表示层即客户端的 Web 浏览器，它是系统与用户进行交互的载体，在本系统中，表示层的作用表现在两个方面：在性能试验阶段完成测试相关信息、测试数据和化验分析数据的采集之后，用户将这些信息通过表示层提交给服务器；在能效计算阶段，当服务器完成能效计算后将能效的计算结果和测试报告返回给表示层，并以一定的形式显示给用户。

业务逻辑层即具有应用程序扩展功能的 Web 服务器，在本系统中，业务逻辑层是表示层和数据访问层的中间层。首先，它接收表示层提交的数据信息，根据电站锅炉燃料、燃烧方式、出口介质和工况的

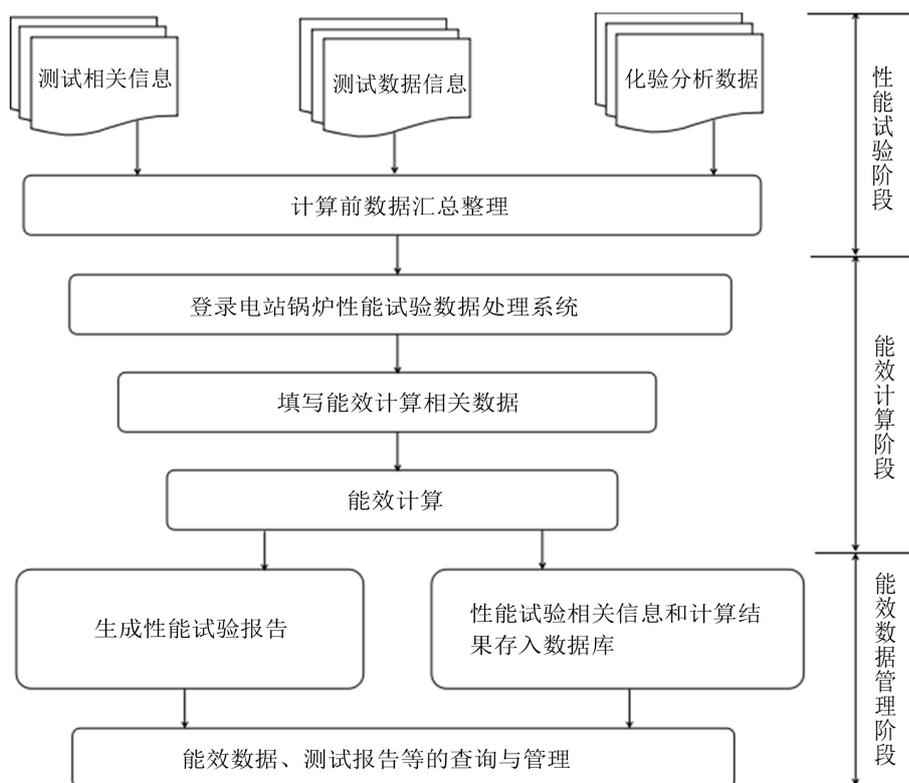


Figure 1. Function analysis chart of data processing system for boiler performance test

图 1. 锅炉性能试验数据处理系统的功能分析图

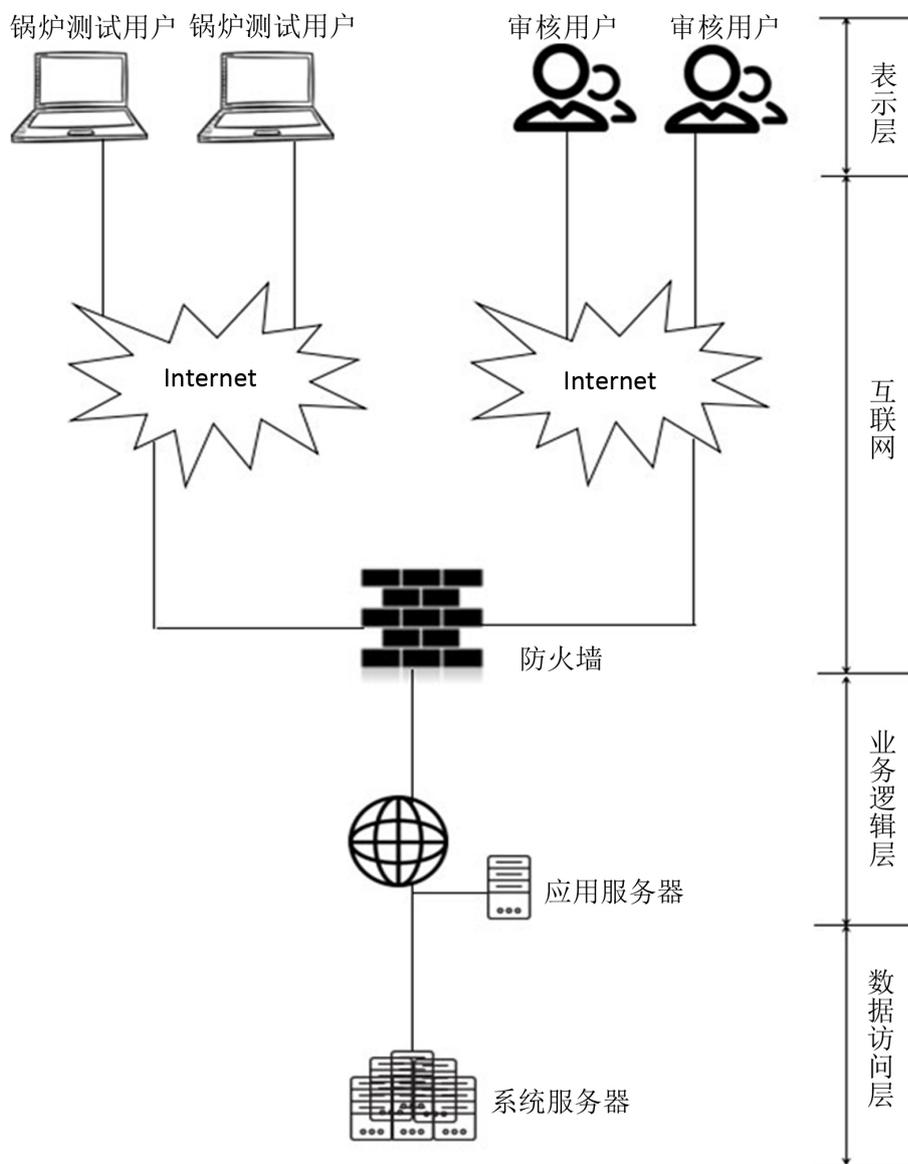


Figure 2. B/S architecture of data processing system for power plant boiler performance test
图 2. 电站锅炉性能试验数据处理系统的 B/S 架构

不同选择不同的计算流程，实现能效的计算；其次，它根据用户的不同请求向数据访问层发出对电站锅炉能效数据库的查询、修改和更新等请求，在完成相应操作后将结果返回给表示层。

数据访问层即数据库系统服务器，在本系统中是实际对电站锅炉能效数据库进行处理的单元，并完成对象实体和关系数据库的映射，它接受业务逻辑层对数据操作的请求，实现对电站锅炉能效数据库查询、修改、更新等功能，并把运行结果返回给业务逻辑层。

5.3. 计算软件的开发

电站锅炉能效计算软件利用 Spring MVC + MyBatis 作为开发模式，利用 MyBatis 作为持久层框架，用 FreeMaker 作为表现层技术。

软件的 Spring MVC + Mybatis 流程图如图 3 所示。Spring MVC + Mybatis 架构很好的体现了 MVC

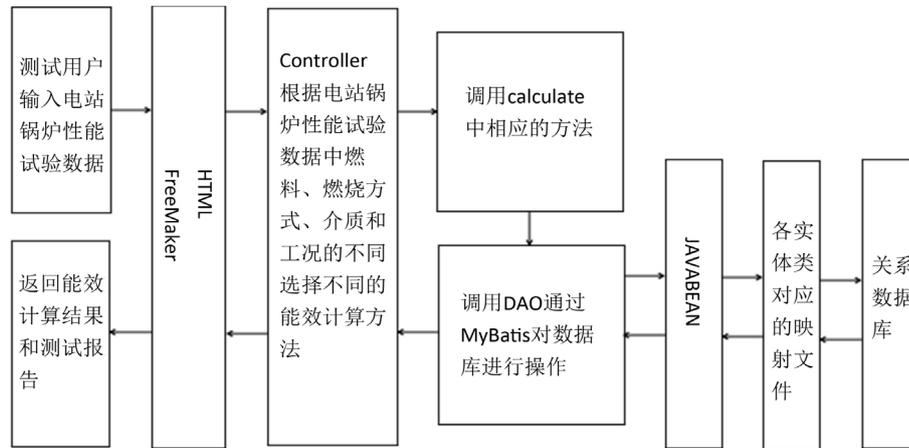


Figure 3. Spring MVC + MyBatis flow chart of data processing software for power plant boiler performance test

图 3. 电站锅炉性能试验数据处理软件的 Spring MVC + MyBatis 流程图



Figure 4. Login page

图 4. 登录页面

的设计模式，它将 Web 系统中的表示层、业务层和逻辑层有效的分开，有效的解除了各部分的耦合，使得系统有良好的可维护性、可扩展性和可重用性[12]。

6. 电站锅炉性能试验数据系统原型

基于以上架构及技术所搭建的电站锅炉性能试验数据系统如图 4~图 8 所示。输入用户名密码，登陆系统，如图 4 所示。

登录后，点击上传数据，进入下一页面，输入电站锅炉基本信息，这里选择煤作为燃料、过热蒸汽为出口介质，燃烧方式为层状燃烧，利用反平衡法计算锅炉能效，如图 5 所示。

燃煤锅炉设计数据综合表，主要包括设计参数和燃料元素设计数据相关信息，如图 6 所示。

最终的计算结果如图 7 所示。

点击完成，将以上生成最终报表，可保存或打印。如图 8 所示。

电站锅炉性能试验数据处理系统

锅炉基本信息

* 请点击右下方编辑按钮可填写或修改数据

| 锅炉基本信息 | |
|--------|---|
| 名称 | 内容 |
| 锅炉名称 | <input type="text" value="燃煤硫化床锅炉"/> |
| 测试锅炉型号 | <input type="text" value="B&WB202B/17.4-M"/> |
| 产品编号 | <input type="text" value="684"/> |
| 锅炉出口介质 | <input type="text" value="过热蒸汽"/> |
| 设计燃料 | <input type="text" value="煤"/> |
| 燃烧方式 | <input type="text" value="层状燃烧"/> |
| 测试工况 | <input type="text" value="反平衡"/> |
| 导入数据 | <input type="button" value="选择文件"/> 烟雾分析仪测试数据.txt |

Figure 5. Data processing system for performance test of power plant boiler-basic information page of boiler

图 5. 电站锅炉性能试验数据处理系统-锅炉基本信息页

电站锅炉性能试验数据处理系统

燃煤锅炉设计数据综合表

* 请点击右下方编辑按钮可填写或修改数据

| 设计参数 | | | |
|-----------|---------------|--------------------|-------------------------------------|
| 名称 | 符号 | 单位 | 内容 |
| 锅炉设计额定出力 | Q | MW | <input type="text" value="2028"/> |
| 锅炉设计额定压力 | P | MPa | <input type="text" value="19.65"/> |
| 进口介质温度 | t_{jk} | $^{\circ}\text{C}$ | <input type="text" value="281"/> |
| 出口介质压力 | P_{gs} | MPa | <input type="text" value="17.4"/> |
| 出口介质温度 | t_{ck} | $^{\circ}\text{C}$ | <input type="text" value="541"/> |
| 排烟温度 | t_{py} | $^{\circ}\text{C}$ | <input type="text" value="120"/> |
| 排烟处过量空气系数 | α_{py} | - | <input type="text" value="25"/> |
| 锅炉效率 | η | % | <input type="text" value="91.73"/> |
| 燃料消耗量 | B | kg/h | <input type="text" value="260000"/> |

| 煤及相近燃料元素设计数据 | | | |
|--------------|-------|-------|------------------------------------|
| 名称 | 符号 | 单位 | 内容 |
| 收到基碳 | C^Y | % | <input type="text" value="62.23"/> |
| 收到基氢 | H^Y | % | <input type="text" value="1.34"/> |
| 收到基氧 | O^Y | % | <input type="text" value="1.97"/> |
| 收到基硫 | S^Y | % | <input type="text" value="0.74"/> |
| 收到基氮 | N^Y | % | <input type="text" value="0.45"/> |
| 收到基灰分 | A^Y | % | <input type="text" value="25.97"/> |
| 收到基水分 | M^Y | % | <input type="text" value="7.30"/> |
| 干燥无灰基挥发分 | V^Y | % | <input type="text" value="7.18"/> |
| 收到基低位发热量 | Q^Y | KJ/kg | <input type="text" value="21790"/> |

Figure 6. Data processing system for performance test of power plant boiler-comprehensive table of design data for coal-fired boiler

图 6. 电站锅炉性能试验数据处理系统-燃煤锅炉设计数据综合表页



Figure 7. Data processing system for performance test of power plant boiler-results page of boiler energy efficiency calculation

图 7. 电站锅炉性能试验数据处理系统-锅炉能效计算结果页



Figure 8. Power plant boiler performance test data processing system-output report page

图 8. 电站锅炉性能试验数据处理系统-输出报告页

通过电站锅炉性能试验数据处理系统对该电站锅炉性能试验数据进行计算得的锅炉各项热损失和能效与原测试报告中各项热损失和能效基本上保持一致，故电站锅炉能效计算模型和该系统的正确性得到验证。

7. 总结

虽然目前电站锅炉性能测试数据的计算和管理活动，可以满足电站锅炉发展的要求，但随着科技的不断发展，电站锅炉不断改革创新，出现了许多新产品，为电站锅炉的节能计算和管理工作带来了巨大的挑战。面对这种形式，锅炉性能试验数据处理系统的建设具有重大意义。目前，电脑设备在电站锅炉能效统计管理活动中广泛应用，推动了电站锅炉能效计算和管理工作的的发展，但其在整个行业的运行需要时间，进而要对当前电站锅炉发展弊端及时改善，加强电站锅炉科学的管理，把电站锅炉的管理和计算机设备有机结合，从而促进电站锅炉管理和统计工作科学有效地进行。

基金项目

国家自然科学基金项目(编号：61475049)，国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(编号：2013CB29204)。

参考文献

- [1] 杨国旗, 屈祥. 电站锅炉效率的影响因素和提高途径[J]. 陕西电力, 2009, 37(4): 24-27.
- [2] 涂选益, 王伟, 肖秋菊. 基于 Matlab 的工业锅炉能效计算软件设计[J]. 节能, 2013, 32(6): 22-24.
- [3] 肖秋菊, 王伟, 邱泽晶. 工业锅炉能效监测方法的研究进展[J]. 能源与节能, 2013(1): 77-79.
- [4] 苏文娟, 苏利群, 沈浩锋, 等. 对工业锅炉能效测试的分析探讨[J]. 节能减排, 2017, 33(6): 43-47.
- [5] 李栋. 关于工业锅炉能效测试中的问题及节能探索[J]. 科技创新导报, 2017(6): 89-91.
- [6] 张文华. 工业锅炉能效测试不确定度分析及软件编制[J]. 中国设备工程, 2017(1): 84-85.
- [7] 戴传骊. 黔东南州工业锅炉能效测试数据库建设的意义及应用前景[J]. 工程技术研究, 2017(8): 98-99.
- [8] 张蕾, 乔宗良, 司凤琪, 等. 电站锅炉热力计算通用软件的编制及应用[J]. 能源研究与利用, 2006, 21(1): 21-24.
- [9] 周振华, 成波, 戴恩贤. 对《工业锅炉热工性能试验规程》中过热蒸汽锅炉正平衡效率计算的改进建议[J]. 中国特种设备安全, 2016, 32(5): 49-50.
- [10] 薛磊, 田艳萍. 不同的反平衡热效率计算方法对判定锅炉运行能效状况的影响[J]. 中国特种设备安全, 2016, 32(2): 44-45.
- [11] 李小玲. 管理信息系统开发中 C/S 模式和 B/S 模式的比较[J]. 林区教学, 2013(10): 83-84.
- [12] 徐雯, 高建华. 基于 SpringMVC 及 MyBatis 的 Web 应用框架研究[J]. 微型电脑应用, 2012, 28(7): 1-4.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8801, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: csa@hanspub.org