

基于 VC++ 与 SQL Server 数据库的风电场有功出力 的仿真软件实现

马万成¹ 袁铁江² 张恒¹ 刘兆霆¹

(新疆大学电气工程学院 乌鲁木齐 830047)¹ (大连理工大学电气工程学院 大连 116024)²

摘要 针对当前风电场有功出力的研究多侧重于理论方面,缺少具体软件平台的实现,开发了基于 VC++ 与 SQL Server 数据库的风电场有功出力仿真软件平台。首先,利用 VC++ 丰富的函数库对风电场的有功出力进行软件实现,基于 VC++ 中 MFC(微软基础类库)强大的数据处理与数据可视化功能,对风电场有功出力的数据进行图形化显示;其次,利用 SQL Server 数据库的数据存储与管理功能,实现了该软件的信息浏览、查询以及远程数据调用的功能,并基于此软件平台提出了一种软件系统构架方法;最后,利用新疆某地风场的实测风速数据进行了仿真验证,结果表明了此风电场有功出力仿真软件可以将风电场各个时刻的有功出力形象且具体地以曲线的形式表现出来,并证明了该软件平台具有较好的工程应用性,对风电系统的完善和研究具有重要意义。

关键词 VC++, SQL Server 数据库, 微软基础类库(MFC), 风电场有功出力

中图分类号 TM743 **文献标识码** A

Simulation Software Realisation of Active Power Output of Wind Farm Based on VC++ and SQL Server Database

MA Wan-cheng¹ YUAN Tie-jiang² ZHANG Heng¹ LIU Zhao-ting¹

(School of Electrical Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830047, China)¹

(College of Electrical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)²

Abstract In view of that the research of the current active power output of wind farm focuses on the theoretical research and are lack of realization of the software platform, in this paper, the simulation software platform of active power output of wind farm based on VC++ and SQL Server database was developed. Firstly, the active power output of wind farm was realized by using the VC++ rich function library, and the data of active power output of wind farm was displayed graphically based on the powerful data processing and data visualization function of MFC in VC++. Secondly, the data storage and management function of SQL Server database was used to realize the function of information browsing, query and remote data call. Based on this software platform, a software system architecture method was proposed. Finally, the data of wind farm in Xinjiang was simulated and verified by the measured wind speed data, and the results show that the simulation software of the active power output of wind farm can show the active power of wind farm in the form of a curve graph, and this proves that the software platform has a good engineering application, and it has important significance for the improvement of wind power system.

Keywords VC++, SQL server database, Microsoft foundation classes(MFC), Active power output of wind farm

1 引言

鉴于能源需求以及环境压力,发展风能等可再生能源已成为必然^[1-3]。受环境和气候的影响,风电出力具有明显的随机性、波动性和间歇性等特点,这些特点会对电网产生很大的影响^[4-5]。因此,亟需对风电出力评估进行进一步研究,并加以软件实现。

国内外对风电场出力评估做了大量的研究,并取得了一定的成果,但是,具体到“风电场有功出力”并加以远程调用的软件实现较少。文献[6]以风电场的实测数据为基础,对风电场风速的分布情况进行了威布尔函数拟合,基于风电机的功率特性曲线,得到了风电场有功出力的概率分布情况。文献[7]基于笼型异步发电机的单机数学模型,搭建了基于遗传算

法的风电场的等值模型,并对风电场中笼型异步发电机参数完全相同和不同两种情况进行了仿真验证与分析。文献[8]基于神经网络的预测功能和风电场出力预测的经济调度要求,建立了风电场短期出力预测模型。文献[9]基于蒙特卡罗法,判断出风电机的运行状态,并建立了风电机组的可靠性模型。文献[10]考虑风电机组的故障与降额状态、风速的随机性和风电场尾流效应,建立了风电场的可靠性模型。文献[11]考虑到风电机组之间尾流效应的相互影响,提出了“尾流影响因子”的概念,建立了风电场多机等值模型。文献[12]基于对风电场长期运行数据进行的分析研究,提出了能表征整个风电场风能状况的“等效风速概念”,并建立了基于等效风速的风电场等值模型。然而,以上大部分研究都针对风机或风电场的有功出力模型,很少涉及基于数据库的具体软件平

台的开发,仍需要进一步研究。

针对以上情况,利用 VC++ 函数库丰富、人机界面友好等优点^[13]以及 SQL Server 数据库数据的存储功能^[14],基于笔者关于风电场有功出力的相关研究成果,对“风电场有功出力”进行软件实现,并提出了一种基于此软件平台的软件系统构架方法。以新疆某地区并网风电场的实测数据为例,对基于 VC++ 与 SQL Server 数据库的风电场有功出力仿真软件进行仿真验证,结果证明该软件具有人机界面友好、工程应用性强等优点。

2 风电场模型

2.1 发电机有功出力模型

经过研究^[10],风电机的有功出力与风电场风速的三次方成正比,其输出功率与风速的关系为:

$$P_w(v_x) = \begin{cases} 0, & (v_x < v_{ci}) \cup (v_x > v_{co}) \\ \frac{P_{wr}}{v_r^3 - v_{ci}^3} (v_x^3 - v_{ci}^3), & v_{ci} \leq v_x \leq v_r \\ P_{wr}, & v_r < v_x \leq v_{co} \end{cases} \quad (1)$$

其中, $P_w(v_x)$ 为风速 v_x 下风机发出的有功功率, v_{ci} 为切入风速, v_{co} 为切出风速, v_r 为额定风速, P_{wr} 为额定风速下风机发的有功功率, v 为该风场的风速值。

2.2 基于 JENSEN 尾流效应的风速模型

在风电场中,由于尾流效应的影响^[15],位于上风向的风电机的风速要大于下风向的风电机风速。这里用 Jensen 模型来模拟尾流效应,如图 1 所示。

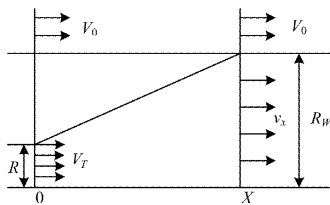


图 1 Jensen 尾流效应模型

图 1 中, R 为风机叶轮半径, R_w 为尾流半径, V_0 为平均风速, V_T 为通过叶片的风速, v_x 为受尾流影响的风速, X 表示两个风机之间的距离。

根据图 1,可以计算出受尾流影响的风速为:

$$v_x = V_0 \left\{ 1 - \left[1 - (1 - C_T)^{1/2} \right] \left(\frac{R}{R + kX} \right)^2 \right\} \quad (2)$$

其中, k 和 C_T 分别为尾流下降系数和风机推力系数, C_T 的取值一般为 0.2, k 的取值一般为 0.075。

2.3 风电场有功出力模型

根据式(1),可得第 n 台风电机的出力为:

$$P_{Gn} = P_w(v_x) \quad (3)$$

风电场出力为所有风机出力的总和,可表示为:

$$P_F = \sum_{n=1}^m P_{Gn} \quad (4)$$

其中, m 表示风机的总数。

3 风电场有功出力计算软件

3.1 数据导入模块

利用此软件进行风电场有功出力计算时,首先要将风电场风速数据进行导入,然后进行有功出力仿真及计算。VC++ 的平台中数据以 TXT 的方式导入,简便易行且非常灵活。具

体实现软件数据导入的主程序如下所示:

```
if((f=fopen(pathname11, "r")) == NULL)
{
    MessageBox("文件不能打开!", "", MB_OK | MB_ICONASTERISK);
    return;
}
CString r2;
CString d;
double av, xgm, sum=0, fc=0;
double * clsj;
int wenjianjieshu=0;
for(i=0; i<m_clgs; i++)
{
    fscanf(f, "%s", r2);
    UpdateData(TRUE);
    a2[i]=atof(r2);
    if(!feof(f))
    {
        if(strcmp(r2, " * * * 数值 * * * "))
            wenjianjieshu++;
        else break;
    }
    else break;
    UpdateData(FALSE);
}
fclose(f);
m_clgs=wenjianjieshu;
```

3.2 数据预处理模块

风速数据的准确性受到风速本身变化和观测仪器、观测方法以及观测人员诸因素变化的影响,数据检测后可能有可疑的数据和漏测的数据,它们将会对数据的进一步分析处理产生影响,因此对数据进行预处理显得尤为重要。本文将采用拉格朗日插值法对数据进行预处理,则第 x_k 个时间点所对应的风速数据 L 为:

$$L = y_{k-1} \frac{(x-x_k)(x-x_{k+1})}{(x_{k+1}-x_k)(x_{k-1}-x_{k+1})} + y_k \frac{(x-x_{k-1})(x-x_{k+1})}{(x_k-x_{k-1})(x_k-x_{k+1})} + y_{k+1} \frac{(x-x_{k-1})(x-x_k)}{(x_{k+1}-x_{k-1})(x_{k-1}-x_{k+1})} \quad (5)$$

其中, x_{k-1} 为第 $k-1$ 个时间点, y_{k-1} 为第 $k-1$ 个时间点所对应的风速数据, x_{k+1} 为第 $k+1$ 个时间点, y_{k+1} 为第 $k+1$ 个时间点所对应的风速数据。

数据预处理模块部分的主程序如下所示:

```
if(bqpd==0)
{
    MessageBox("请先进行筛选、补充、修正处理!", "", MB_OK | MB_ICONASTERISK);
    return;
}
if(m_czgs<0)
{
    MessageBox("被插入的个数必须大于等于 1!", "请注意:", MB_OK | MB_ICONASTERISK);
    return;
}
int k, i=0, j;
```

```

for(k=0;k<m_clgs;k++)
{
double x,s;
a3[i]=a2[k];
for(j=i+1;j<i+m_czgs+1;j++)
{
if(m_clgs-3<k && k<m_clgs-1)
{
s=m_czgs;
x=(k+(j-k*(s+1))/(s+1));
a3[j]=(a2[k-1]*(x-k)*(x-k-1)/2-a2[k]*(x-k+1)*
(x-k-1)+a2[k+1]*(x-k+1)*(x-k)/2);
}
else
{
s=m_czgs;
x=(k+(j-k*(s+1))/(s+1))-1;
a3[j]=(a2[k]*(x-k)*(x-k-1)/2-a2[k+1]*(x-k+1)*
(x-k-1)+a2[k+2]*(x-k+1)*(x-k)/2);
}
i=i+m_czgs+1;
}
}

```

3.3 风电场有功出力计算模块

风电场出力计算模块通过求解风电场不同风速下风力发电机的功率,进而计算出整个风电场的有功出力,并设置了结果输出功能。在此模块中,首先,对风力发电机的切入风速等参数进行初始化设定;其次,导入风速数据,并对导入的风速数据进行处理,得出风电场各个风力发电机的有功出力;最后,对各个风力发电机的有功出力进行叠加,从而计算出整个风电场的有功出力。风电场出力计算流程图如图2所示,风电场出力计算的模块界面如图3所示。

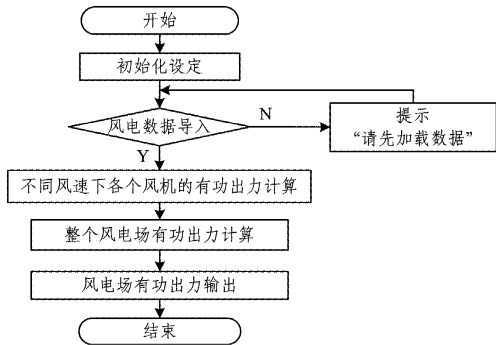


图2 风电场出力计算流程图

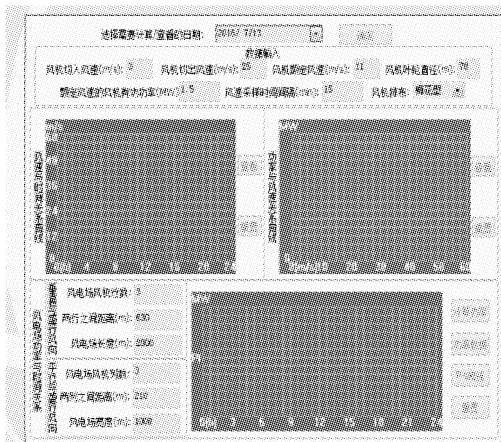


图3 风电场出力计算模块界面

本软件实现风电场有功出力计算的主程序如下:

```

void CDIALOG2::OnButton6()
{
UpdateData(TRUE);
if(m_fjhs<1)
{
MessageBox("风电场风机至少为1行!","请注意!",MB_OK|MB_ICONASTERISK);
return;
}
if(m_hjj<5*m_ylzj || m_hjj>9*m_ylzj)
{
MessageBox("两行之间的距离在风机叶轮直径5~9倍之间!","请注意!",MB_OK|MB_ICONASTERISK);
return;
}
if(m_fjls<1)
{
MessageBox("风电场风机至少为1列!","请注意!",MB_OK|MB_ICONASTERISK);
return;
}
if(m_ljj<3*m_ylzj || m_ljj>5*m_ylzj)
{
MessageBox("两列之间的距离在风机叶轮直径3~5倍之间!","请注意!",MB_OK|MB_ICONASTERISK);
return;
}
if(m_fjpb==0 || m_fjpb==1)
{
if(m_fjpb==0)
{
if((m_hjj*(m_fjhs-1)*(m_ljj*(m_fjhs-1)+m_ljj*0.5))>(m_fdccd*m_fdckd))
{
MessageBox("规划面积超出!","请注意!",MB_OK|MB_ICONASTERISK);
return;
}
}
else
{
if((m_hjj*(m_fjhs-1)*(m_ljj*(m_fjhs-1)))>(m_fdccd*m_fdckd))
{
MessageBox("规划面积超出!","请注意!",MB_OK|MB_ICONASTERISK);
return;
}
}
}
else
{
MessageBox("请选择风机排布!","请注意!",MB_OK|MB_ICONASTERISK);
return;
}
}
}

```

3.4 基于数据库的数据管理模块

SQL Server数据库的主要功能是如何存取并管理大量

数据。本软件对风电场的有功出力实现了数据存储,并实现了对风电场有功出力数据的管理,成功地实现了数据的远程操作以及历史数据的浏览和查询,大大降低了风电系统的负担,这就很大程度地提高了风电系统的稳定性。本软件具体实现数据库的数据管理的主程序如下:

```

BOOL CAdoConnection::ExecuteSQL(_bstr_t bstrSQL)
{
    try
    {
        if(m_pConnection == NULL)
            OnInitADoConn();
        m_pConnection->Execute(bstrSQL,NULL,adCmdText);
        return true;
    }
    catch(_com_error e)
    {
        AfxMessageBox(e.Description());
        return false;
    }
}

_RecordsetPtr&CAdoConnection::GetRecordSet(_bstr_t bstrSQL)
{
    try
    {
        if(m_pConnection==NULL)
            OnInitADoConn();
        m_pRecordset.CreateInstance(__uuidof(Recordset));
        m_pRecordset->Open(bstrSQL,m_pConnection.GetInterfacePtr(),adOpenDynamic,adLockBatchOptimistic,adCmdText);
    }
    catch(_com_error e)
    {
        AfxMessageBox(e.Description());
    }
    return m_pRecordset;
}

```

3.5 基于数据库的软件系统框架

基于本数据库软件平台,本文提出了一种基于此软件平台的系统构架,如图 4 所示。该系统框架揭示了软件系统数据库服务器、软件系统客户端、以太网、互联网的相互关系。

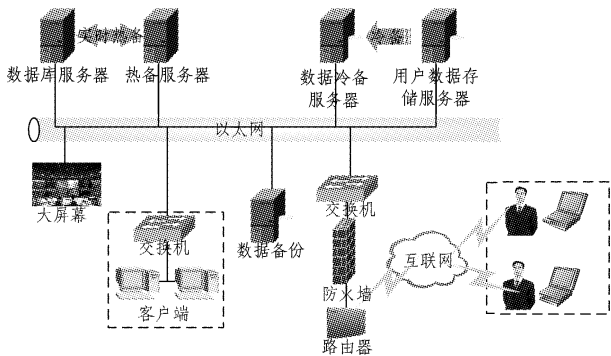


图 4 基于数据库的软件系统框架结构

本系统通过以太网实现数据库服务器与客户端的数据交互,通过一台热备服务器对数据库服务器进行热备,可以随时与数据库服务器进行切换,防止因软件平台的数据库服务器

出现故障而造成严重的损失。本系统增设一台服务器专门进行数据备份,防止系统出现故障而造成数据的缺失。客户端的数据可以通过用户数据存储服务器进行存储,并通过数据冷备服务器对其进行冷备,防止用户数据存储服务器出现故障而造成损失。为了防止外来人员通过互联网的侵入,在路由器与交换机之间建立一道防火墙。通过一系列的防范措施,可以有效提高整个系统的稳定性以及安全性。

4 风电场有功出力计算软件实例仿真

本文以某并网风电场实测数据为例,将所建的风电场有功出力计算模型与所搭建的软件平台相结合,进行仿真计算及验证。具体实测场景和相关参数设置如下:

本算例采用的风电场装机容量为 200MW,风电场安装单机容量为 2000kW、叶轮直径为 104m、切入风速为 3m/s、切出风速为 25m/s、额定风速为 10.8m/s 的 WTG104-2000 型号风电机 100 台,风机的排布选用 3D×9D 的梅花型排布方式。以上各个参数为本软件的初始化数据,并加载时间跨度为 24h、采样时间尺度为 10min 的两天风速数据,分别以数字 1 和 2 表示。经过软件仿真计算,将风速-时间关系、单个风机的风-功率关系和日风电有功出力-时间关系以二维曲线的方式输出,输出结果分别如图 5—图 10 所示。

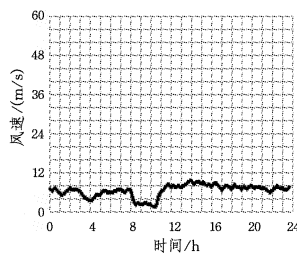


图 5 风速-时间曲线 1

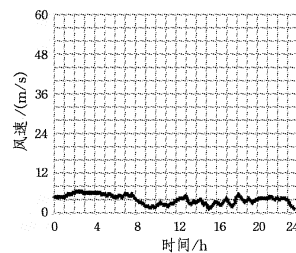


图 6 风速-时间曲线 2

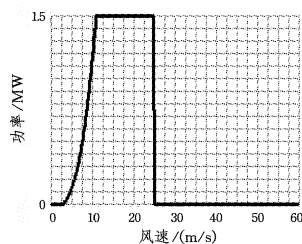


图 7 单个风机的风-功率曲线 1

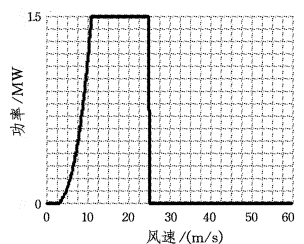


图 8 单个风机的风-功率曲线 2

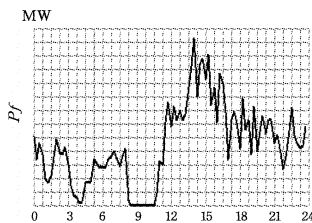


图 9 日风电有功出力曲线 1

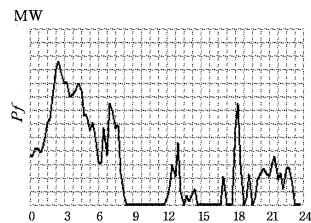


图 10 日风电有功出力曲线 2

结束语 针对以上情况,利用 VC++ 函数库丰富、人机界面友好等优点以及 SQL Server 数据库的数据存储功能,对“风电场有功出力”加以软件实现。基于 VC++ 中 MFC 易于实现可视化界面以及人机界面友好的特性,实现了风速-时间曲线、单个风机的风-功率曲线与日风电有功出力曲线的可

(下转第 569 页)

表 3 二维码汉字编码算法性能对比表

| 字数 D /个 | 标准定长编码算法耗时/s | 变长编码算法耗时/s |
|-----------|--------------|------------|
| 250 | 0.125 | 0.374 |
| 500 | 0.359 | 0.483 |
| 750 | 0.405 | 0.671 |
| 1000 | 0.562 | 0.702 |

4.3 二维码变长编码算法的优化和改进

(1)如 3.1 节中所述,汉字的使用频率 f 是一个统计值,受实际使用环境的影响。理论上,当测试数据量无限大时, f 将唯一确定,可以满足不同使用环境下的编码需求。文中忽略了使用环境 λ 对 f 的影响,可以在某一使用环境下,来测试生成 f_i ,并将其用于后续的编码中,从而提升算法的空间性能。

(2)由于变长编码算法的查找时间不可忽略,可以定义一个包含汉字机内码和汉字变长编码的编码对照表,并将所有的汉字按机内码和变长编码分别进行排序,使用折半查找算法查找相应的汉字编码,减少汉字机内码与汉字变长编码之间相互转换的时间,从而提升算法的时间性能。

结束语 二维码变长汉字编码算法充分考虑了汉字使用频率对于二维码汉字编码长度的影响,能够平均减少二维码汉字编码 18.4% 的冗余,增加了二维码汉字的编码容量,扩展了二维码的应用范围。本文采用了 GB2312 汉字编码标准,对于 GBK,GB18030,CJK 等编码标准,变长二维码汉字编码算法仍然可以满足实际的编码需求。变长二维码汉字编码的基本思路可拓展到其他字符类型的编码中,以提升二维码在实际应用中的性能。

参 考 文 献

- [1] 胡俊翘,李德群,叶苏丹.一种高信息密度的二维码—矩阵码的技术及应用[J].计算机工程,1995(4):46-48.
- [2] 国家质量技术监督局.快速响应矩阵码:B/T 18284-2000[S].2000.
- [3] SUBPRATATSAVEE P,KUACHAROEN P.An implementa-

tion of a high capacity 2D barcode[C]//International Conference on Advances in Information Technology. Springer Berlin Heidelberg,2012:159-169.

- [4] TAVEERAD N,VONGPRADHIP S.Development of Color QR Code for Increasing Capacity[C]//2015 11th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS). IEEE,2015:645-648.
- [5] PILLAI P N,NARESH K.Improving the Capacity of QR Code by Using Color Technique[J].International Journal of Advanced Research in Electrical Electronics and Instrumentation Engineering,2014,3(7):2320-3765.
- [6] MELGAR M E V,SANTANDER L M.Channel capacity analysis of 2D barcodes:QR Code and CQR Code-5[C]//2016 IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM). IEEE,2016:1-5.
- [7] UMARIA M M,JETHAVA G B.Enhancing the Data Storage Capacity in QR Code Using Compression Algorithm and Achieving Security and Further Data Storage Capacity Improvement Using Multiplexing [C] // 2015 International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN). IEEE,2015:1094-1096.
- [8] UMARIA M M,JETHAVA G B.A Novel Approach for Enhancing Data Storage Capacity in Quick Response Code Using Multiplexing and Data Compression Technique[C]//2015 International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN). IEEE,2015:1091-1093.
- [9] 陈元枝,邓艳,史绍亮,等.基于 Gzip 压缩算法的彩色 QR 码生成与识别方法[J].电子技术应用,2015,41(12):116-119.
- [10] CHIANG J S,HSIA C H,LI H T.High density QR code with multi-view scheme[J].Electronics Letters,2013,49(22):1381-1383.
- [11] 夏春蕾,戴曙光,张仁杰.汉字信息的二维条码拆分迭代编码算法[J].计算机应用,2007,27(9):2337-2339.
- [12] 邹敏,张瑞林,吴桐树,等.编码技术增加 QR 码的信息容量[J].工业控制计算机,2015(9):111-112.

(上接第 537 页)

可视化。基于 SQL Server 数据库的数据存储功能,对风电场的有功出力实现了数据存储,并实现了对风电场有功出力数据的管理,成功地实现了数据的远程操作和历史数据的浏览及查询。同时,基于此软件平台,提出了一种系统构架方法。因此,本文工作对于完善和丰富“风电场有功出力仿真软件”的知识理论体系以及对未来风电系统的研究具有一定的积极意义。

参 考 文 献

- [1] 袁铁江,陈洁,刘沛汉,等.储能系统改善大规模风电场出力波动的策略[J].电力系统保护与控制,2014,42(4):47-53.
- [2] 王海超,鲁宗相,周双喜.风电场发电容量可信度研究[J].中国电机工程学报,2005,25(10):103-106.
- [3] 孙建峰.风电场建模和仿真研究[D].北京:清华大学,2004.
- [4] 姜文,严正,杨建林.计及风电场的发输电可靠性评估[J].电力系统保护与控制,2010,38(22):126-130.
- [5] 徐丽华,杨青斌.基于 VC++ 的风储一体化电站中储能容量优化配比[J].电力电容器与无功补偿,2015,36(4):80-86.
- [6] 黄海煜,于文娟.考虑风电出力概率分布的电力系统可靠性评估

[J].电网技术,2013,37(9):2585-2591.

- [7] 李辉,王荷生,史旭阳,等.基于遗传算法的风电场等值模型的研究[J].电力系统保护与控制,2011,39(11):1-8.
- [8] 袁铁江,晁勤,李义岩,等.大规模风电并网电力系统经济调度中风电场出力的短期预测模型[J].中国电机工程学报,2010,30(13):23-27.
- [9] 蒋程,刘先正.风电机组出力的概率性评估[J].现代电力,2013,30(1):51-54.
- [10] 张建华,王昕伟,蒋程,等.基于蒙特卡罗方法的风电场有功出力的概率性评估[J].电力系统保护与控制,2014,42(3):82-87.
- [11] 徐玉琴,张林浩,王娜.计及尾流效应的双馈机组风电场等值建模研究[J].电力系统保护与控制,2014,42(1):70-76.
- [12] 严干贵,李鸿博,穆钢,等.基于等效风速的风电场等值建模[J].东北电力大学学报,2011,31(3):13-19.
- [13] 夏欣.VC 与 MATLAB 混合编程实现方法及具体实例研究[J].青岛理工大学学报,2011,33(3):83-88.
- [14] 闫旭.浅谈 SQL Server 数据库的特点和基本功能[J].价值工程,2012(22):229-231.
- [15] JENSEN N O.A note on wind generator interaction; Risø-M-2411[R].Risø National Laboratory,1983.