线性回归法在电力多边交易中的应用

张 波[1,2],杨尚宇[3],王 强[3]

(1. 内蒙古科技大学能环学院,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司生产部,内蒙古 包头 014010;
3. 内蒙古包钢钢联股份有限公司动供总厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 通过利用线性回归法建立煤气量、蒸汽量和发电量关系的模型,精准测算包钢公司自发电量,为计算外购电量提供数据支撑,保障企业在内蒙古电力多边交易市场中最大限度享受政策优惠,降低公司用电成本。

关键词: 发电量; 模型; 电力多边交易

中图分类号: TM74 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)02-0082-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.02.025

Application of Linear Regression Method in Multilateral Transaction of Electric Power

ZHANG Bo[1,2], *YANG Shang-yu*[3], *WANG Qiang*[3]

(1. *School of Energy and Environment, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*;
2. *Productive Dept. of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*;
3. *Dynamic Supply Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: Establish the model of relationship between gas volume, steam volume and generating capacity through the use of linear regression method to measure and calculate the spontaneous electric quantity of Baotou Steel accurately. In order to provide the data support for the calculation of purchased electricity, ensure the enterprises to enjoy the preferential policies in the Inner Mongolia electric power multilateral trading market, and reduce the cost of electricity in company.

Key words: generating capacity; model; multilateral transaction of electric power

2011年内蒙古电力(集团)有限责任公司在蒙西电网用户推出电力多边交易市场后,蒙西电网覆盖的众多企业享受到从发电企业直购电的优惠。钢铁企业电耗约占企业整体运行成本的10%,通过电力多边交易,可有效降低企业购电成本。按照国家能源局华北监督局《华北区域电力市场内蒙古电力多边交易市场营运规则》规定,用电企业购网电量计划(购网电量=总用电量-总自发电量)偏差不得超过5%,否则应向相应发电企业递交违约金。如何提升用电计划的精准度,保障公司购网电量最

收稿日期: 2017-03-01

作者简介: 张 波(1976-),男,内蒙古包头市人,在读硕士,工程师,现从事能源管理工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

大程度享受政策优惠，是参与电力多边交易市场必须解决的问题。影响购网电量的因素[1]有自发电量和总用电量，其中用电量依据实际产能、单耗计算相对准确，自发电量是依据煤气量和蒸汽供热方式估算，存在误差，利用线性回归模型对自发电量进行建模计算，提高测算准确度。

1　线性回归模型的简介

回归分析[2]就是研究相关关系的一种数学方法，是寻找不完全确定的变量间的数学关系式并进行统计推断的一种方法。它能帮助我们从一个变量取得的值去估计另一个变量的值，在这种关系中最简单的是线性回归。线性回归分析[3]是对客观事物数量关系的分析，是利用称为线性回归方程的最小平方函数对一个或多个自变量和因变量之间关系进行建模的一种回归分析。

2　变量的设定

在工业生产中，发电用煤气量和发电用蒸汽量对发电量有着直接且密切的影响，故所建立的模型是一个回归模型。其中“发电用煤气量”与“发电用蒸汽量”分别是解释变量 x_1、x_2，“发电量”是被解释变量 y。

3　理论模型的建立

钢铁企业发电量受多种综合因素的影响，如煤气量、发电用蒸汽量、检修周期、个人操作等，而其中最重要的因素就是煤气量、发电用蒸汽量，即煤气量、发电用蒸汽量与发电量之间存在单方向的因果关系；由此，可设以下回归模型：

$$y = b_0 + b_1 \times x_1 + b_2 \times x_2 + u$$

其中：b_0、b_1、b_2 为截距；u 为误差项。

4　发电量的计算

4.1　发电量的回归分析的数据源

以发电量随煤气总量与蒸汽量进行回归分析，数据区间：2010 年到 2015 年，具体数值见表 1：

表 1　2010 年到 2015 年煤气量、蒸汽量、发电量

指标	2010	2011	2012	2013	2014	2015
煤气量/GJ	33 979 708	36 237 262	38 299 234	38 832 449	35 560 714	35 286 837
蒸汽量/GJ	7 966 736	8 157 061	8 274 341	9 283 130	8 266 945	9452 809
发电量/(亿 kW·h)	23.971 0	25.036 9	26.028 2	27.584 6	25.388 5	24.799 6

4.2　发电量模型的计算

把煤气量和发电量数据输入 EXCEL 中，得出发电量与煤气量的关系，见图 1 及图 2。

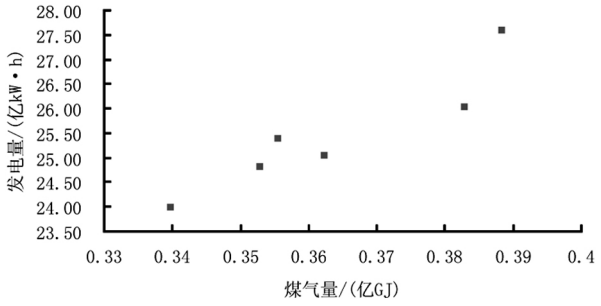


图 1　发电量与煤气量的关系

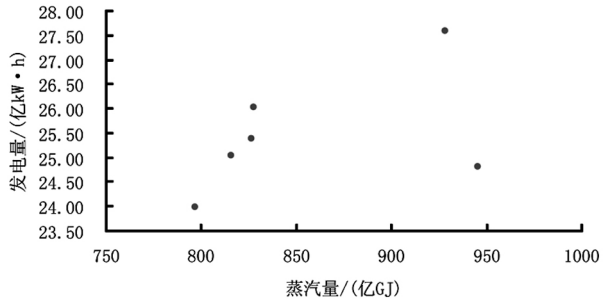


图 2　发电量与蒸汽量的关系

由图 1、图 2 可以看出，发电量与煤气量、蒸汽量成线性关系，将表 1 中的数据源区间参数输入 EXCEL 计算，得出线性回归模型的参数结果，见表 2。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表2 回归统计

名称	数值
线性回归系数	0.918 263 261
拟合值	0.843 2074 17
调整复测定系数	0.786 414 834
标准误差	0.625 0857 42
观测值	5

表3 方差分析

项目	自由度	平方和	均方	F	$F_{显著}$
回归分析	2	4.203	2.101	5.378	0.158
残差	2	0.781	0.391		
总计	4	4.984			

由表2可知：线性回归系数 =0.918 263 261，接近于1，说明变量 x_1、x_2 和被解释变量 y 具有相关性，拟合值 = 0.843 207 417，说明煤气量、蒸汽量和发电量具有较高拟合性，线性回归模型成立，x_1、x_2 对 y 的编译解释能力为84.32%。

由表3可知变量的显著性检验(f检验法)：方程的 $F_{显著}$ 为0.158；因此根据f检验原则，在显著性水平为0.05的条件下，F 不为0，估计方程模型显著。

表4 标准误差

系数	标准误差	t检验值	P检验值	下限95.0%	上限95.0%
b_0:0.372	7.897 695 19	0.047 120 14	0.966 699 51	-33.608 899 22	34.353 180 30
b_1:0.000 000 60	0.000 000 19	3.090 739 45	0.090 670 66	-0.000 000 23	0.000 001 43
b_2:0.000 000 39	0.000 000 47	0.831 199 21	0.493 292 91	-0.000 001 62	0.000 002 40

由表4知：b_0 = 0.372 b_1 = 0.000 000 60 b_2 =0.000 000 39，由此可知回归方程为：y = 0.372 +0.000 000 60 × x_1 + 0.000 000 39 × x_2

4.3 模型检验及说明

由表4可知：b_1 为正数，说明发电量与煤气量之间参存在正的线性关系；b_2 为正数，说明发电量与发电用蒸汽量成正向的线性关系。故可预测，发电量会随着煤气量的升高而升高，随着发电用蒸汽的提高而增加，而实际的发电量由这两种甚至更多种因素综合决定。

5 经济效益测算

(1) 2016年煤气量为303 087 96 GJ(即 x_1 = 303 087 96)，发电用蒸汽为144 836 58 GJ(即 x_2 = 144 836 58)，由方程 y = 0.372 + 0.000 000 60 × x_1 +0.000 000 39 × x_2 计算可得到2016年的发电量为24亿kW·h。2016年实际发电量为24.7亿kW·h、2016年公司计划发电量20.7亿kW·h(由类比估算法得出)。

(2) 偏离度：若按估算法测算2016年发电量，其与实际偏离度 =1 -20.7/24.7 =16.2%，

若按线性回归法计算2016年发电量，其与实际偏离度 =1 -24/24.7 =2.8%。

由此可以看出：线性回归法测算发电量比估算法更精确。

(3) 经济效益：2016年全年公司总用电量为62.048亿kW·h。按线性回归法测算的发电量，计算出公司外购电量为 62.048 - 24 = 38.048亿kW·h，由于偏差 =1 -(62.048 -24.7) / (62.048 -24) =1.8%，小于5%，按照国家能源局华北监督局《华北区域电力市场内蒙古电力多边交易市场营运规则》，公司外购电量都可享受多边交易政策优惠。

若按照估算法测算发电量，计算出公司外购电量为41.348亿kW·h，由于偏差 =9.7%，大于5%，按照国家能源局华北监督局《华北区域电力市场内蒙古电力多边交易市场营运规则》，公司所有外购电量超出5%部分执行目录电价，需交违约金 =(24.7 -20.7) ×0.1(多边交易电价平均价差) ×2(规则规定) =8 000万元。

6 结论

(1) 线性回归模型可较精准预测公司发电量，将减少近8 000万元违约金，可有效降低公司用电成本。

(下转第88页)

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

门(29、30),并保持储热水箱进出口阀门(27、28)开启,使储热水箱处于放热状态,其它不变。

(3)当太阳能集热镜场无热量吸收时:关闭油水板式换热器进出口阀门(4、5),同时打开连通阀门(6),使储热水箱处于放热状态。

(4)当储热水箱出水温度不能满足外网供水温度需求时:开启阀门(22、26、15、19、20),同时关闭其它所有阀门,这时该系统的热源仅为补热电极锅炉。外网回水经循环水泵加压后进入补热电极锅炉加热至设计温度后送至外网供热。

以上两种过程为光照强度由强到若时系统的运行方式,这种方式可以解决太阳能昼夜间歇性问题及阴雨天气下热量不足为供暖带来的问题,为连续安全供热提供了必要的保障。

3 节能效益

以本工程为例,从项目的数据来看,日均收集热能:188 万 kW·h(6 768 GJ);一个供暖季收集热能总量:34 216 万 kW·h(合 123 1776 GJ)(按每年 182 天日照计算),热量相当于标煤:4.2 万 t/a。

表3 项目资源利用及能耗指标

年耗标准煤/(t·a^{-1})		资源利用及能耗种类	年用量	折算系数
太阳能供热	电	4.5×10^{8}/(kW·h)	0.122 9/(kg标煤·kW^{-1}·h^{-1})	55 366
	水	9.1×10^{6}/t	0.085 7/($kg_{标煤}$·t^{-1})	782
	合计			56 148
区域锅炉房	标煤	6×10^{4}/t	40 kg/m^2	60 000
	电	7.0×10^{6}/(kW·h)	0.122 9/(kg标煤·kW^{-1}·h^{-1})	854
	水	2.3×10^{5}/t	0.085 7/(kg标煤·t^{-1})	20
	合计			90 874

由表3可知,项目资源利用及能耗指标与区域锅炉房供热相比,每年可节约标煤约3.5万t;减少二氧化碳排放量9.2万t、减少灰渣排放量1.1万t、二氧化硫排放量298 t、减少烟尘排放量542 t;减少城市道路交通运输量4.6万t。降低能耗的同时减少污染物排放,改善环境,满足供热需求,提高供热系统的安全可靠性,降低运行成本,提高供热用户满意度。

4 结束语

本项目是关系到包头市青山区工业生产、人民生活、减少大气污染、改善和提高环境质量的大事。通过调整包头市青山区的能源结构,提高城镇居民生活质量,减少大气污染、改善和提高环境质量。本项目技术先进,在国内处于领先水平,拥有多项专利技术,有效地解决了一直困扰行业的技术难题。目前本项目已经投产运行近一个采暖季,运行效果良好,对太阳能集中供热模式的推广发展起到了积极、重要的作用。

参 考 文 献

[1] GB 50364—2005,民用建筑太阳能热水系统应用技术规范[S].
[2] GB/T 12936—1991,太阳能热利用术语[S].
[3] GB/T 18713—2002,太阳能热水系统设计、安装及工程验收技术规范[S].

(上接第84页)

(2)利用线性回归法精准测算自发电量,进而计算外购电量,享受电力多边交易优惠政策,可助力公司降本增效。

参 考 文 献

[1] 蔡睿贤. 余热锅炉式燃气-蒸汽联合循环近似热力学分析[J]. 工程热物理学报,1981,2(4):2-4.
[2] 林彬. 多元线性回归分析及其应用[J]. 中国科技信息,2010,36(5):10-12.
[3] 李树东. 概率论与数理统计[M]. 浙江大学:高等教育出版社. 2001.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net