

科研成果

文章编号: 1671- 251X(2010) 05- 0001- 05

矿井通风机选型设计系统的自动化

程海兵¹, 刘永立¹, 卢本陶², 代顺强², 侯立波³

(1. 黑龙江科技大学采矿工程重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150027; 2. 北京龙软科技发展有限公司, 北京 100080; 3. 北京首钢机电有限公司重型机械分公司, 北京 100040)

摘要: 针对传统的矿井通风机选型方式存在选型设计周期长、设计精度不高、不能保存设计方案、选型过程书写繁琐等问题, 提出了一种软件实现的矿井通风机选型设计系统的设计方案, 介绍了该系统的基本功能模块设计、设计流程及实现的关键技术。该系统以最小二乘法为基础, 采用 LONGRUAN GIS 3.0 平台及 Access 数据库, 实现了通风机型号参数的计算、通风机性能曲线的输出、通风机工况点的自动计算、通风机选型报告的自动生成、通风机选型方案的存储及查询等功能。

关键词: 矿井通风机; 选型设计; 性能曲线; 工况点; 最小二乘法; 曲线拟合; LONGRUAN GIS 3.0; Access

中图分类号: TD441

文献标识码: B

Automation of Type Selection and Design System of Mine Ventilator

CHENG Haibing¹, LIU Yongli¹, LU Bentao², DAI Shunqiang², HOU Libo³

(1. Key Lab of Mining Engineering of Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China. 2. Beijing Dragon Soft Technology Development Co. Ltd., Beijing 100080, China. 3. Heavy Machinery Branch of Beijing Shougang Machinery and Electric Co., Ltd., Beijing 100040, China)

Abstract: In view of the problems of traditional selection methods of mine ventilator such as long design period, low design precision, failing to save design scheme and verbose writing of selection process, a software design scheme of type selection and design system of mine ventilator was put forward and the design of basic function models, design flow and key technologies of implementation of the system were introduced. The system realizes functions such as calculation of type parameters, output of performance curve, automation calculation of operating points, automation generation of type selection report, storage and query of type selection data of mine ventilator based on the least-squares method, LONGRUAN GIS 3.0 platform and Access database.

Key words: mine ventilator, type selection and design, performance curve, operating point, least-squares method, curve fitting, LONGRUAN GIS 3.0, Access

0 引言

矿井通风机是煤矿生产中重要的机电设备

收稿日期: 2010- 02- 23

基金项目: 黑龙江省普通高等学校青年学术骨干支持计划项目
(1154G16)

作者简介: 程海兵(1986-), 男, 江西上饶人, 黑龙江科技大学在读硕士研究生, 研究方向为系统工程。E-mail: killernigal@163.com

之一。在煤炭开采过程中, 通风机作为矿井通风的设备, 为保证矿井通风、确保煤炭安全生产起着重要作用。在矿井设计和矿井技术改造时, 需对矿井通风设备进行选型设计。传统的通风机选型依靠矿井技术人员通过人工手动计算参数, 利用通风机生产厂家提供的数据表格对计算结果进行比对, 选择出合适的通风机型号及参数, 存在着选型设计周期长、设计精度不高、不能保存选型方案、选型过程书写繁琐

等问题。

为了快速、准确、高效地实现通风机的选型设计,本文依托先进的软件设计方法设计了矿井通风机选型设计系统,以满足矿井通风机的选型设计需要。

1 系统总体设计

1.1 系统基本功能模块

矿井通风机选型设计系统包括通风机型号参数计算、通风机性能曲线输出、通风机选型方案存储与查询、通风机选型报告自动生成和通风机参数数据管理 5 个功能模块,如图 1 所示。

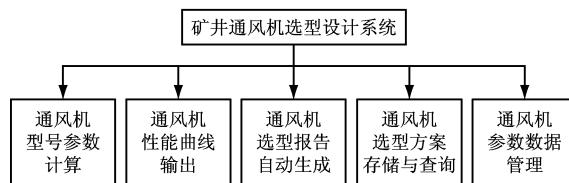


图 1 矿井通风机选型设计系统基本功能结构

(1) 通风机型号参数计算: 包括通风机所需风量计算、通风容易时期和通风困难时期的风压计算、通风机型号选取和通风机设备耗费计算等。

(2) 通风机性能曲线输出: 设计人员将通风机生产厂商提供的通风机性能参数数据和实验数据录入到数据库中, 通过程序加载通风机性能曲线参数数据绘制出通风机性能曲线, 输出到图形文件中。

(3) 通风机选型方案存储与查询: 将通风机选型过程中涉及的计算参数和所调用的数据库数据, 依据一定的数据格式存储到自定义文件中, 通过对保存通风机选型方案的加载实现对通风机选型步骤的查询。

(4) 通风机选型报告自动生成: 它是保存设计过程和核对选型过程的一个有力凭证, 其依托 Word 强大的编辑功能、内嵌的 COM 接口, 定制通风机选型报告模板, 通过程序识别模板中 Word 的 Application 对象, 动态地将通风机选型过程中的详细计算过程和计算结果自动填写到报告模板中, 快速地形成通风机选型报告, 以便设计人员查询和存档。

(5) 通风机参数数据管理: 建立一个数据参数完备、灵活开放、操作性强的通风机参数数据库有助于设计人员的选择和计算。通风机参数数据管理使设计人员能够方便地对通风机参数数据库进行添加、修改、删除以及维护、查询通风机的详细参数信息等。

1.2 系统设计方案

矿井通风机选型设计系统从方便通风机参数数据管理, 提高选型效率, 改善选型精度, 提高系统资源的共享性、更新的快速性和维护的方便性出发, 故选择的选型设计系统流程: 首先加载通风机选型方案, 若无已存选型方案, 输入通风机选型基本参数并计算风量、风压、功率、效率等值, 生成矿井通风网路特性方程, 然后在通风机性能曲线数据库中加载通风机性能数据, 根据曲线拟合方程绘制出性能曲线并输出, 利用所得计算结果、矿井通风网路特性方程和通风机性能曲线方程进行选型计算, 输出通风机工况点及相关参数; 然后通过输出的通风机工况点参数值选取通风机型号并计算通风机相关参数, 自动生成选型设计报告及保存选型方案。系统工作流程如图 2 所示。

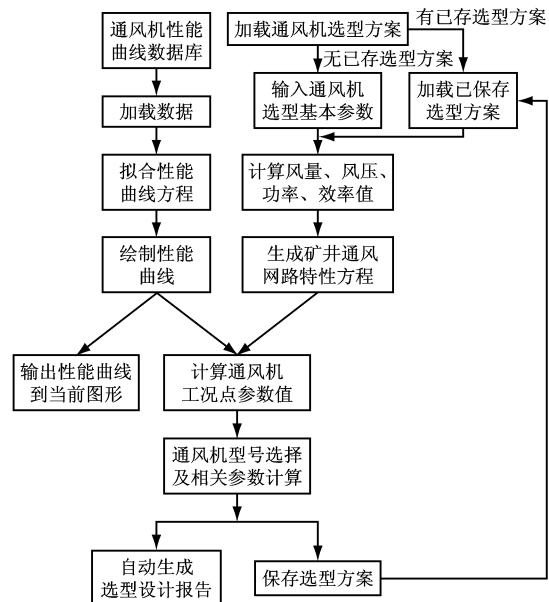


图 2 矿井通风机选型设计系统工作流程

2 系统关键技术

建立通风机性能曲线方程是绘制通风机性能曲线的基础。由于通风机的风量与风压、风量与效率、风量与功率存在非线性关系, 为了准确地描述这种非线性数据关系、更好地绘制出通风机性能曲线, 创建了通风机性能曲线数学模型, 实现通风机性能曲线的绘制。

2.1 曲线的最小二乘法多项式拟合

假定通风机风量-风压曲线函数 $P = f(Q)$ 在 m 个互异点观测得到的数据为 $(Q_i, P_i) (i = 0, 1, \dots, m)$, 在实际曲线绘制要求构造近似函数 $P(Q)$ 在包含全部基点 Q_i 的区间上“最好”地逼近 $f(Q)$, 称为

曲线 $f(Q)$ 的拟合。矿井通风机的实际性能曲线方程 $y = f(Q)$ 可用 m 次多项式拟合, 其风量-风压曲线拟合方程为

$$P_{(n)}(Q) = a_0 + a_1 Q + a_2 Q^2 + \dots + a_n Q^n = \sum_{k=0}^n a_k Q^k \quad (1)$$

式中: P 为通风机风压, Pa; Q 为通风机风量, m^3/min ; a_0, a_1, \dots, a_n 为拟合方程系数, n 为大于 0 的正整数。

依据通风机生产厂商提供的实验数据 (Q_i, P_i) ($i = 0, 1, \dots, m$), 使近似 $P_{(n)}(Q)$ 无限接近通风性能曲线 $f(Q)$ 的形态, 求一个 $P_{(n)}(Q)$ 函数, 使其在各点偏差的平方和为

$$S = \sum_{i=1}^m [P_{(n)}(Q_i) - P_i]^2 = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{k=0}^n a_k Q_i^k - P_i \right)^2 \quad (2)$$

达到最小值。求 S 对 a_j ($j = 0, 1, 2, \dots, n$) 的偏导数, 并令:

$$\frac{\partial S}{\partial a_j} = 2 \sum_{i=0}^m \left(\sum_{k=0}^n a_k Q_i^k - P_i \right) Q_i^j = 0 \quad (3)$$

$$\text{即 } \sum_{k=0}^n \left(\sum_{i=0}^m Q_i^{j+k} \right) a_k = \sum_{i=0}^m Q_i^j P_i \quad (4)$$

由式(4)描述的方程组求解 a_i ($i = 0, 1, \dots, n$) 可得拟合曲线 $P_{(n)}(Q)$ 。根据该方法加载通风机生产厂商提供的某一具体通风机型号参数数据就可以拟合出通风机风量-风压曲线, 同时, 也能建立风量-效率曲线 $N_{(n)}(Q)$ 、风量-功率曲线 $\eta_{(n)}(Q)$ 。

2.2 曲线拟合的最小二乘法算法实现

由式(4)可得方程组:

$$\begin{bmatrix} m+1 & \sum_{k=0}^m x_k & \dots & \sum_{k=0}^m x_k^n \\ \sum_{k=0}^m x_k & \sum_{k=0}^m x_k^2 & \dots & \sum_{k=0}^m x_k^{n+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{k=0}^m x_k^n & \sum_{k=0}^m x_k^{n+1} & \dots & \sum_{k=0}^m x_k^{2n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{k=0}^m y_k \\ \sum_{k=0}^m x_k y_k \\ \vdots \\ \sum_{k=0}^m x_k^n y_k \end{bmatrix} \quad (5)$$

基于 C++ 最小二乘法的算法设计实现如下:

(1) 输入实验数据 $Q[m]$ 、 $P[m]$, 多项式加 1 的值 n 。其中 $Q[m]$ 、 $P[m]$ 为自定义数组, 用于存储通风机生产厂商提供的实验数据 (Q_i, P_i) ($i = 0, 1, 2, \dots, m$)。

(2) 定义数组 $A[n+1][n+1]$, 用以存储所求

得的方程组系数矩阵, 其中 $A[1][1] = m+1$; $A[i][j] = \sum_{k=0}^m x_k^{i+j-2}$ 。定义数组 $B[n]$ 存储方程右端向量, 定义数组 $a[n]$ 存储拟合方程系数矩阵, 定义数组 $b[n+1][n+2]$ 存储方程组的增广矩阵。

(3) 对方程组按顺序逐次消元, 并求出拟合方程系数 a_i ($i = 0, 1, \dots, n$)。其实现过程如下:

```
for(int k = 0; k < n; k++) // 逐次消元, 对数组 b 重新赋值。
{
    for(int i = k+1; i < n+1; i++)
    {
        dbMid = b[i][k]/b[k][k]; // 定义中间变量 double dbMid
        for(int j = k+1; j < n; j++)
            b[i][j] = dbMid * b[k][j];
    }
}
for(int k = 0; k < n+1; k++) // 根据消元求得的数组 b 并求得系数 a_i (i = 0, 1, ..., n)
{
    a[k] = b[k][n+2];
    for(int j = k+1; j < n+1; j++)
        a[k] -= b[k][j] * a[j];
    a[k] = a[k] / b[k][k];
}
```

(4) 根据 (Q_i, P_i) ($i = 0, 1, \dots, m$) 中的最大值和最小值重新等分 (Q_i, P_i) ($i = 0, 1, \dots, m$), 将新等分的数值代入所求拟合方程得到拟合曲线, 进而输出通风机性能曲线。

2.3 通风机工况点计算

快速、准确地求出通风机的工况点是实现通风机选型设计的关键。通风系统在稳定工作时, 通风机产生的全压应等于通风网路所需要的全压, 产生的静压等于克服阻力所需要的静压, 风量等于通过通风网路的风量。故在同一比例的性能曲线与网路特性曲线的交点为通风机工况点。通风机选型设计系统中工况值的计算是计算机程序拟合的通风机性能曲线与通风网路特性曲线, 并求 2 条曲线的交点而得。其方程组如式(6)所示:

$$\begin{cases} P = RQ^2 & \text{通风网路特性曲线} \\ P = a_0 + a_1 Q + a_2 Q^2 + \dots + a_n Q^n & \text{通风机性能曲线} \end{cases} \quad (6)$$

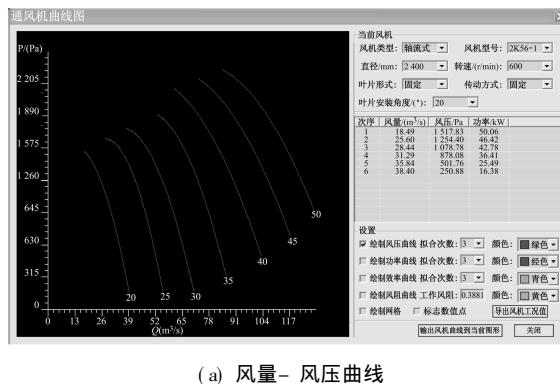
式中: R 为通风网路特性曲线系数。

$f(Q) = a_0 + a_1 Q + (a_2 - R) Q^2 + \dots + a_n Q^n$, 利用计算机数值分析计算特点, 结合插值法求解方程, 得到最优解。首先选取 2 个初始值 Q_0, Q_1 , 代入拟合曲线计算 $f(Q_0), f(Q_1)$, 然后根据公式 $Q_2 = Q_1 - \frac{f(Q_1)}{f(Q_1) - f(Q_0)}(Q_1 - Q_0)$ 进行迭代求得 $Q_2, f(Q_2)$,

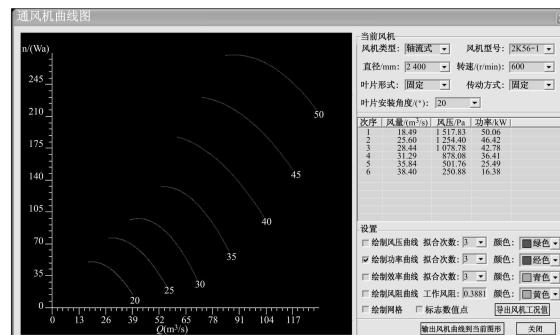
直至 $Q_2, f(Q_2)$ 满足误差要求, 如不满足要求重新以 Q_1, Q_2 为初始值继续迭代。根据求得的 Q_2 在风量-效率曲线 $N_{(n)}(Q)$ 、风量-功率曲线 $\eta_{(n)}(Q)$ 中求得对应参数数值。

3 系统应用

通风机选型设计系统以北京龙软科技发展有限公司开发的煤矿空间管理信息系统 LON GRUAN GIS 3.0 技术平台为支持, 基于 C++ 语言、Microsoft Office Access 数据库和 Visual C++ 6.0 开发环境, 按照《煤矿安全规程》有关通风机选型设计相关规定, 依据通风机选型设计要求, 实现了通风机型号快速、准确的选择。如何快速、精准地绘制通风机性能曲线是矿井通风机选型设计系统的核心内容, 也是实现通风机选型的主要内容。在通风机选型设计系统中加载通风机性能曲线参数数据管理, 可实现对通风机参数数据的录入、修改、删除等; 加载通风机性能曲线, 选择一定的通风机的类型、型号、转速、通风机叶片的直径、形式、安装角度、通风机传动方式即可快速地绘制出通风机的风量-风压曲线、风量-效率曲线等。图 3 为轴流式通风机 2K56-1NO24、转速为 600 r/min 时的性能曲线; 图 4 为离心式通风机 4-72-11NO20B 的性能曲线; 图 5 为通风机性能曲线参数数据管理界面。



(a) 风量-风压曲线



(b) 风量-效率曲线

图 3 轴流式通风机 2K56-1NO24 的性能曲线

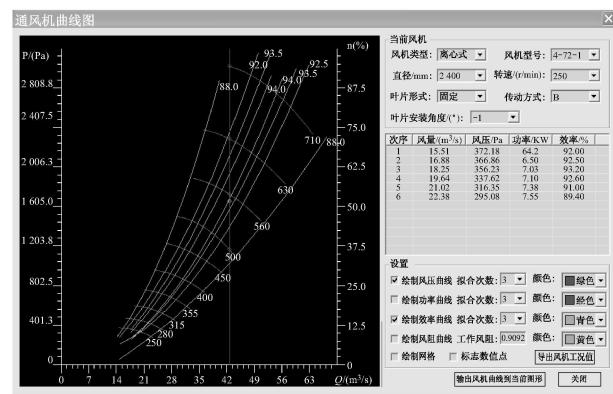


图 4 离心式通风机 4-72-11NO20B 的性能曲线



图 5 通风机性能参数数据管理界面

4 结语

本文介绍的矿井通风机选型设计系统依据计算机快速、高效的分析计算能力, 以最小二乘法为基础建立数学模型, 可加载通风机性能曲线参数数据, 将通风性能曲线(包括风量-风压、风量-效率曲线等)在同一坐标系下绘制并输出, 通过输入通风机基本参数并导出通风机的工况点, 实现通风机型号参数计算、通风机性能曲线输出、通风机选型方案存储与查询、通风机选型报告自动生成等。该系统的实现进一步提高了煤矿企业矿用通风机选型的设计效率, 缩短了设计周期, 降低了设计成本, 对煤矿信息化步伐具有一定的推动作用。

参考文献:

- [1] 牛树仁, 陈滋平. 煤矿固定机械及运输设备 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005.
- [2] 于励民, 仵自连. 矿山固定设备选型使用手册 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007.
- [3] 李庆扬, 王能超, 易大义. 数值分析 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.

文章编号: 1671-251X(2010)05-0005-04

基于 Web 的矿井供电设计系统的研究

王勤贤¹, 贾卫平¹, 杨兆建²

(1. 太原理工大学电气与动力工程学院, 2. 太原理工大学机械工程学院, 山西 太原 030024)

摘要: 提出了基于 B/S 模式网络结构、Web 服务器和 Access 数据库的矿井供电设计系统的设计方案, 详细介绍了矿井供电设计系统的开发环境和主要功能模块的设计, 并实例验证了该设计系统的可行性。该设计系统实现了计算资源、数据资源和服务资源的有效聚合和广泛共享, 给工程设计人员提供了便捷的计算方法和丰富的设备数据参考, 有效地提高了工程设计计算的效率。

关键词: 矿井供电; 设计; 在线计算; 信息共享; B/S 模式; Web; Access

中图分类号: TD611 **文献标识码:** B

Research of Design System of Mine Power Supply Based on Web

WANG Qin-xian¹, JIA Wei-ping¹, YANG Zhao-jian²

(1. College of Electrical and Power Engineering of Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China. 2. College of Mechanical Engineering of Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: The paper put forward a design scheme of design system of mine power supply based on B/S mode network structure, Web server and Access database, introduced development environment and design of main function modules of the system in details, and validated feasibility of the system through an example. The design system realizes effective integration and wide sharing of calculation resources, data resources and services resources, provides a convenient calculating method and rich equipment data for engineering designers, and effectively improves calculating efficiency of engineering design.

Key words: mine power supply, design, on line calculation, information sharing, B/S mode, Web, Access

0 引言

传统的矿井供电设计依靠工程设计人员通过手工查阅手册完成计算, 根据计算结果再去查阅资料选择供电设备的型号, 从而完成供电系统的设计。由于矿井用电设备多、种类复杂, 因此, 计算量非常

收稿日期: 2009-12-12

基金项目: 山西省科技基础条件平台建设项目资助(051005)

作者简介: 王勤贤(1958-), 女, 山东泰安人, 副教授, 主要从事电工理论新技术及电力传动微机控制方面的研究工作。E-mail: jiaweiiping2007@163.com

大, 给工程技术人员的设计带来了很多不便, 造成人力、财力和时间的极大消耗。而现有的一些基于 C/S 模式的计算机辅助计算软件为工程设计人员的计算提供了便捷, 但仍有不合理的地方。原因在于现有的计算软件一般由设计计算和数据库 2 个部分构成, 当软件被安装在个人计算机之后, 数据库里的数据是固定且无法更新的, 进行设备选型时只能依靠数据库固有的产品参数进行选取。随着产品的更新换代, 这样的方法必然给设备的选型造成很大的约束, 甚至于选不出合理的设备, 软件在购买一段时间后因为无法满足需要而被搁置不用, 对资源造成

- [4] 郜 涛, 王莉静, 郭 洁. 基于 Web 的煤矿通风机选型系统研究[J]. 煤矿机电, 2006(2): 7-9.
- [5] 马进玲. 矿山通风设备的运行及工况点的选择[J]. 吕梁高等专科学校学报, 2007(1).
- [6] 王洪德, 马云东. 矿用主通风机的工况范围及调节方法

- [7] 陈光柱, 胡亚非. 煤矿主通风机选型系统的设计[J]. 工矿自动化, 2002(4): 24-29.
- [8] 王新和, 程世洲. 曲线拟合的最小二乘法[J]. 新疆职业大学学报, 2004(2): 84-86.