

# 基于 Excel VBA 的喷漆线设备规划与提资系统

王建凯, 刘晓亮, 马力, 刘聪  
(中国汽车工业工程有限公司, 天津 300113)

**摘要:** 主要介绍了以 Excel 为基础通过 VBA 程序关联 AutoCAD 和 Word 的喷漆线设备规划与提资系统, 其能达到涂装车间喷漆室、空调、工作区等相关设备计算书、电控提资及公用耗量、流程图、技术参数表的连通, 实现“数出一源、多点共享、准确高效”的效果。文中描述了其规划思路、各模块构成和功能, 供相关设计人员参考。

**关键词:** Excel VBA; 喷漆线设备; 焓湿图; 送排风流程图

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2024)03-0010-03

## Equipment Planning and Funding System for Painting Line Based on Excel VBA

WANG Jian-kai, LIU Xiao-liang, MA Li, LIU Cong  
(China Automotive Industry Engineering Co., Ltd., Tianjin 300113, China)

**Abstract:** This article introduces a painting line equipment planning and data collection system based on Excel and associated with AutoCAD and Word through VBA programs. It can achieve the connection of equipment calculation sheets, electric control data collection, public consumption, flow charts, and technical parameter tables in painting workshops, such as painting rooms, air conditioners, and work areas, to achieve the effect of "counting one source, multi-point sharing, accuracy and efficiency". The article describes its planning ideas, composition and functions of each module for reference by relevant designers.

**Key words:** Excel VBA; painting line equipment; enthalpy and humidity chart; air supply and exhaust flow chart

## 0 引言

在涂装车间喷漆线的规划过程中, 设备的配置信息、送排风的规划、设备功率信息、公用耗量信息都是设计的基础, 其准确性关系到后续设备选型及投资成本的计算等。而在传统的设计过程中, 喷漆线上的设备如喷漆室、空调和工作区的计算、提资和图表输出是处于割裂的状态, 之间数据关联性小, 涉及到数据人工的反复输入, 既耗时又容易出错。

因此为提高专业设计人员设计阶段的效率及准确性, 本文将介绍以 Excel 为基础通过 VBA 程序<sup>[1-2]</sup>关联 AutoCAD 和 Word 的喷漆线设备规划与提资系统, 实

现涂装车间喷漆室、空调、工作区等相关设备计算书、电控提资及公用耗量、流程图、技术参数表的连通, 达到“数出一源、多点共享、准确高效”的效果。

### 1 设计思路

通过合理规划喷漆专业计算书, 作为统一数据出口, 其中包含设备的基本参数信息。基本信息中的送排风机、照明灯箱, 卷帘门等电控相关设备可以作为设备功率计算的输入用以完成电控提资。基本信息中的空调风量结合外界空气参数, 可以作为公用耗量的计算输入, 用以完成公用耗量提资。最好可以利用上述计算完成之后的数据, 实现流程图基础信息的绘制以及设备技术参数表的编制。系统设计的规划思路见图 1。

### 2 模块功能与实现

根据总体规划思路本软件设计了 5 个模块, 包含: 1) 设备参数模块, 用于输入和计算喷漆室、套色线和工作区的参数; 2) 功率计算模块, 用于计算水泵、照明等

收稿日期: 2023-05-06

作者简介: 王建凯(1985—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事汽车涂装车间非标设备的设计与研发工作。E-mail: wangjiankai@chinaaie.com.cn。

设备数量及功率;3)公用耗量计算模块,用于计算空气参数及空调公用耗量;4)图纸生成模块,用于将计算书转化为可视化更强的图纸文件;5)报表生产模块,用于将选择的技术参数生产报表文件。

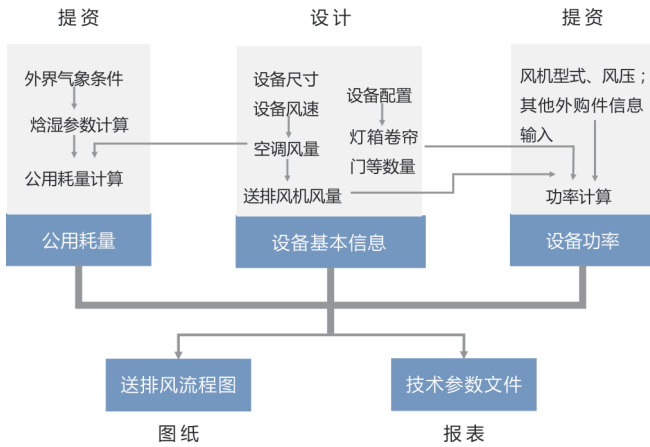


图1 系统设计的规划思路

### 2.1 设备参数模块

喷漆室参数界面包含6个子模块区,每个子模块区的左侧为标题栏,右侧为数据填写区域,填写区域列数根据实际项目自由拓展,程序能自主判断数据区域,主要内容见表1。

表1 喷漆室参数模块

模块名称	内容	操作方式
设备名称及配置	名称,编号,动压室型式,静压室型式、操作面,漆雾分离方式	填入、选择
室体尺寸及风量	设备长、宽、高,风速,新风供风量,循环风供风量,横向风量,总排风量,参与循环风量,废气处理风量	填入、自动计算
送排风系统	新风空调名称,新风风量,循环空调名称,循环风量,排风机名称,排风量	填入、自动计算
风阀配置	气动风阀,电动风阀,手动风阀	选择
照明系统配置	动静压室灯箱及数量,喷漆室灯箱及数量	填入
门配置	检修门,摇摆门,逃生门,卷帘门	选择

子模块区“设备名称及配置”,本模块主要用于填写设备名称、编号以及设备本身的配置,其中蓝色字体对应选项为下拉菜单选项填入,其通过程序与CAD模板库中的图形块相关联。

子模块区“室体尺寸及风量需求”,本模块主要用于填写设备尺寸数据、风速数据,以及根据上述两项信息计算出来的风量信息。

子模块区“送排风系统”,本模块主要用于填写设备所需的空调及风机名称信息。“空调风机风量统计”

按键,能够根据空调及风机的名称,自动计算风量大小填入绿色标题对应行中,同时赋值至“电控资料生成界面”的相关区域。

子模块区“风阀配置”,本模块主要用于选择送排风风阀的类型,如气动风阀、电动风阀、手动风阀。通过程序与CAD模板库中的图形块相关联。

子模块区“照明系统配置”,本模块主要用于填写动压室、静压室以及喷漆室的灯箱类型及数量。

子模块区“门配置”,本模块主要用于选择不同区域门配置情况,如检修门、摇摆门、逃生门、卷帘门。并与CAD模板库中的图形块相关联。

### 2.2 电机功率计算模块

如前文所述,在完成“设备参数”模块区“送排风系统”功能后,送排风机及风量自动填入“电控资料生成界面”的相应区域。

压力、台数、风机型式及编号起始字母和监测配置根据项目具体要求填写后,程序会根据以下公式进行计算: $N=Q \times P / (3\ 600 \times 1\ 000 \times \eta_0 \times \eta_1)$ ,式中: $Q$ 为风机风量, $m^3/h$ ;  $P$ 为风机的全风压, $Pa$ ;  $\eta_0$ 为风机的内效率,一般取0.75~0.85,小风机取低值,大风机取高值;  $\eta_1$ 为机械效率,风机与电机直联取1.0,联轴器联接取0.95~0.85,三角皮带联接取0.90~0.95,平皮带联接取0.85。

另外程序还能自动编号,根据具体项目或者实际经验设置的功率圆整允许偏差值进行圆整,其逻辑见图2。

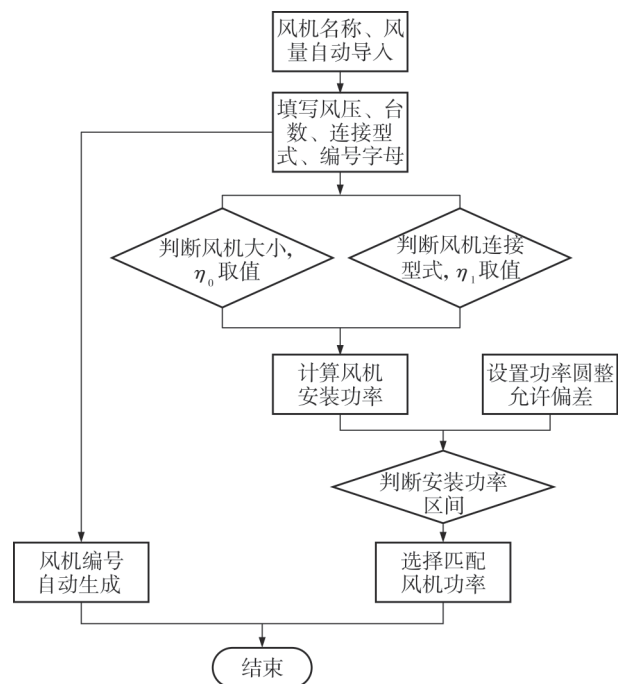


图2 风机功率计算逻辑图

通过“灯箱及卷帘门统计”功能,可以统计设备参数模块中的灯箱及卷帘门,并计算相应功率。

### 2.3 公用能耗计算模块

空气参数是计算空调公用耗量的基础。湿空气是由干空气和水蒸气组成的混合气体,干空气成分相对稳定,在某一大气压力下,湿空气的温度和其中水蒸气的含量决定了湿空气的状态。湿空气的参数主要有:干球温度、湿球温度、含湿量、相对湿度、水蒸气分压力、饱和水蒸气分压力、空气密度、焓值、露点温度。一定大气压力下,相互独立的为4个状态参数,通过其任意2个即可确定其余几个状态参数。

本文依据 ASHRAE HANDBOOK 给出的经验公式进行编程计算<sup>[4]</sup>,相应的关系式如下: $T=273.5+t$ 。

当  $t=-100\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  时,  $\ln(P_{\phi})=C_1/T+C_2+C_3T+C_4T^2+C_5T^3+C_6T^4+C_7\ln(T)$ ,

式中:  $C_1=5\ 674.535\ 9$ ,  $C_2=6.392\ 547$ ,  $C_3=-9.677\ 843\ 0\times 10^{-3}$ ,  $C_4=6.221\ 570\ 1\times 10^{-7}$ ,  $C_5=2.074\ 782\ 5\times 10^{-9}$ ,  $C_6=-9.484\ 024\ 0\times 10^{-13}$ ,  $C_7=4.163\ 501\ 9$ 。

当  $t=0\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$  时,  $\ln(P_{\phi})=C_8/T+C_9+C_{10}T+C_{11}T^2+C_{12}T^3+C_{13}\ln(T)$ ,

式中:  $C_8=-5\ 800.220\ 6$ ,  $C_9=1.391\ 499\ 3$ ,  $C_{10}=-0.004\ 860\ 239$ ,  $C_{11}=4.176\ 476\ 8\times 10^{-5}$ ,  $C_{12}=-1.445\ 209\ 3\times 10^{-8}$ ,  $C_{13}=6.545\ 967\ 3$ 。

$$P_q=P_{\phi s}-A\times(t_g-t_s)\times B,$$

式中:  $A=0.000\ 01(65+6.75\nu)$ 。

$$\phi=P_q/P_{\phi},$$

$$d=622\times P_q/(B-P_q),$$

$$I=1.005t_g+(2\ 500+1.84t_g)\times d/1\ 000,$$

$$\rho=0.003\ 48B/T-0.001\ 32P_q/T,$$

$$\nu=1/\rho。$$

当  $t_1=0\sim 93\text{ }^{\circ}\text{C}$  时,  $t_1=C_{14}+C_{15}(\ln P_q)+C_{16}(\ln P_q)^2+C_{17}(\ln P_q)^3+C_{18}(\ln P_q)^{0.198\ 4}$ ,

式中:  $C_{14}=6.54$ ,  $C_{15}=14.526$ ,  $C_{16}=0.738\ 9$ ,  $C_{17}=0.094\ 86$ ,  $C_{18}=0.456\ 9$ 。

当  $t_1<0\text{ }^{\circ}\text{C}$  时,  $t_1=6.09+12.608(\ln P_q)+0.495\ 9(\ln P_q)^2$ 。

式中:  $T$  为热力学温度,  $\text{K}$ ;  $t_1$  为露点温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $P_{\phi}$  为饱和水蒸气分压力,  $\text{Pa}$ ;  $P_q$  为水蒸气分压力,  $\text{Pa}$ ;  $P_{\phi s}$  为对应湿球温度的饱和水蒸气分压力,  $\text{Pa}$ ;  $B$  为大气压力,  $\text{Pa}$ ;  $t_g$  为干球温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_s$  为湿球温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $d$  为含湿量,  $\text{g}/\text{kg}$ ;  $\phi$  为相对湿度, %;  $I$  为焓值,  $\text{kJ}/\text{kg}$ 。

外界空气参数界面提供了两种空气参数计算模式。一种是常规状态点计算,可以根据输入的参数,对单个或者多个空气状态进行一次性计算。另一种是喷漆专业空调常用算例,在输入外界点及目标点参数的情况,可以对夏季新风模式、冬季新风模式、干式循环

风模式进行快速计算。

以上两种计算模式,均支持7种参数组合的输入,当选定某一组合作为输入时,其单元格会自动填充颜色高显。

计算完成的状态点均可以在内嵌的焓湿图中显示,将计算得到空气状态点参数,关联到空调公用耗量表中,计算得到每台空调的耗量作为对下游专业提资。

### 2.4 流程图基础信息生成模块

在设备计算参数和电控资料的基础上,通过设备名称、编号,设备尺寸,送排风风量、设备配置、灯箱配置、检修门卷帘门配置、过滤材料等级、风机风量功率及检测要求等信息进行提取,可以根据预设定的流程图模板,进行流程图基础信息在 AutoCAD 中自动绘制,自动生成某项目流程图。

自动生成的喷漆室和工作区的 CAD 流程图,除了能体现参数表及功率表中的所有信息外,还可以自动用不同颜色线条表示不同性质的送排风,并标注相应风量的大小,提供流程图的可读性。

### 2.5 技术参数报表模块

在“设备参数报表界面”中,可以生成3种类型的表格。在表格输出技术参数总表之前,可以根据需要利用“√”选择生成技术参数表数据内容,程序会根据选择自动提取设备参数及送排风规划界面中的相关信息,而生成技术参数子表时则直接根据模板读取相应数据。

### 2.6 登录与安全模块

为了强化对系统的有效管理,该软件还设置了登录模块,只有授权的使用者在登录正确的用户名和密码后才能进入使用软件。

## 3 结语

以 Excel 为基础,通过 VBA 程序关联 AutoCAD 和 Word 的喷漆线设备规划与提资系统,实现“数出一源、多点共享、准确高效”的效果,通过数据的反复输入及不同软件间的切换,极大地提高了设计人员的效率及工作的准确性。

### 参考文献:

- [1] Excel Home. 别怕, Excel VBA 其实很简单[M]. 北京: 北京大学出版社, 2016.
- [2] 李长勋. AutoCAD VBA 程序开发技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [3] 王士杰. 采用 ASHRAE 推荐公式的湿空气热力学性质的计算程序[J]. 制冷技术, 1997(2): 20-22.

