

试
验
检
测

“和谐”型电力机车定置试验库 通风噪声控制方案设计

严翰新¹, 黎 莎¹, 喻贵忠¹, 何存富²

(1. 北京铁道工程机电技术研究所有限公司, 北京 100070; 2. 北京工业大学, 北京 100124)



作者简介: 严翰新(1979-), 男, 博士, 高级工程师, 从事机车技术管理与检修工作。

摘要: 为了降低“和谐”型电力机车定置试验库内的温度, 确保机车顺利试验, 确定了不同设备的散热量, 提出了自然进风、机械排风的通风散热方式, 确定了通风散热系统方案。通过试验测得了“和谐”型大功率电力机车的噪声排放量, 在此基础上提出了机车定置试验库内和控制室内噪声控制方案。测试结果表明, 试验库通风散热效果良好, 噪声控制方案满足排放要求。

关键词: 定置试验库; 和谐型电力机车; 散热; 通风方案; 噪声控制

中图分类号: TU834.5⁺3; U269 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2014)02-0085-05

Study and Design on Noise Control Technology for HXD Locomotive in Locating Test Shop

YAN Han-xin¹, LI Sha¹, YU Gui-zhong¹, HE Cun-fu²

(1. Beijing Railway Institute of Mechanical and Electrical Engineering Co., Ltd., Beijing 100070, China;

2. Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: To reduce the temperature of the locating test shop for HXD locomotive and ensure the test works normal and safe, heat dissipating capacity of equipments were determined, based of which, natural and mechanical combined ventilation scheme was recommended. At the same time, on the basis of the measurement and analysis of the HXD locomotive noise characteristics, noise control scheme for locating test shop and control room were proposed. Test results showed that the heat-removing effect was well, and the noise control program met the requirement for emission.

Keywords: locating test shop; HXD locomotive; heat-removing; ventilation scheme; noise control

0 引言

电力机车完成较高级的修程后, 为了检验检修质量, 机车通常都需要在正线上试运行之后才能投入使用。但随着我国铁路高速化、重载化的发展, 线路利用率逐步提高, 使得机车检修后的试运行受到较大的限制。机车整车定置试验台成为机车检修后检验的重要装备。机车整车试验动态检测装置(简称整车试验台)作为全面检测机车性能和质量的现代化设备, 对提高机车检修质量、降低机车检修率、延长机车使用寿命和实施机务修制改革都具有重大意义。机车定置试验与正线试运行有所不同, 机车正线运行时的散热量直接排放到外界空气环境中, 空气与机车的相对速度较大, 直接带走了机车散发的热量。然而, 为了控制噪声

排放, 试验库在试验时是一个封闭的建筑, “和谐”型电力机车定置试验时, 热量直接排放在试验库内, 试验库内如果没有合适的排风散热系统, 库内温度迅速上升, 将无法顺利完成机车的正常性能试验^[1-2]。机车定置试验时会产生超过100 dB(A)左右的噪声, 如不进行治理, 将严重影响企业的形象、干扰周边居民生活环境, 严重影响控制室内人员的身心健康。

目前国内开展机车定置试验库的通风散热方案研究较少。本文以HXD3B型电力机车为机车试验库的试验对象进行试验库的通风降噪系统方案设计, 定置试验库的地点在天津塘沽。

1 机车定置试验库噪声控制要求

1.1 现状与治理方法

机车定置试验时会排放出较大的噪声, 尤其是夜

间噪声更严重,噪声污染范围达1 km以上。经过实践证明,内燃机车进行水阻试验时,半封闭的噪声控制方案造价低,但不能有效控制噪声的排放。因此“和谐”型电力机车定置试验时采用封闭式的噪声控制方案,使噪声污染得到控制,对改善周围地区噪声环境质量起到明显作用。

1.2 建库后的相关技术要求

定置试验库应能保证机车试验的正常进行,机车试验库应有良好的进风量和散热、排风条件,保证库内温度与外环境温度基本一致,其中最重要的就是降噪效果。各噪声敏感点噪声值必须在建库后能够达标,机车试验人员的工作条件应得到基本保证。

1.3 全封闭式试验库房设计方案

试验库内噪声控制方案是根据工程降噪的目标值来确定的,电力机车定置试验的环境条件与实际线路运行环境条件十分相似。电力机车定置试验库内对环境造成影响的噪声源主要有3类:一是库内试验台上电力机车和测试设备的噪声;二是强制进排气系统噪声;三是进气口辐射噪声^[3-4]。试验库内电力机车整车试验台的噪声源大致可分为轮轨摩擦噪声、设备振动噪声、轴流风机通风(机车和试验台两部分)噪声、空气压缩机机械噪声三大部分^[5-6]。

为了获得“和谐”型电力机车的排放噪声,在线测试的难度较大,因此测试了机车静态下的噪声。测量仪器应采用符合现行国家标准《电声学 声级计 第1部分:规范》GB/T 3785.1和《积分平均声级计》GB/T 17181中规定的1型或性能优于1型的积分声级计。测点分布均匀且具代表性,测点应分布在人的活动区域内。测点布置应符合:测点距地面高度应为1.2~1.6 m;测点距房间内各反射面距离应大于等于1.0 m;在机车旁1 m处测得噪声声级如表1所示。

表1 HX₀₃型电力机车定置噪声频谱特性

频率/Hz	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
声级/dB	84.8	87.9	90.2	96.1	89.4	87.9	88.7	82.9	81.7

通过计算得到“和谐”型电力机车的噪声等效连续A声级为94.7 dB(A)。考虑到定置试验库内试验设备的噪声和电力机车试验运行的噪声叠加,因此把A声级计权噪声94.7 dB(A)提高10%来计算定置试验库内的噪声控制,即达到105 dB(A)。

为了控制电力机车定置试验库内的噪声排放能够达标,选择的治理方案应采用密封库而且库内应作隔声、消声处理以及通风散热处理。相关技术要求如下:

①电力机车在任何季节进行试验,其试验运行时的最高的环境温度平均值不高于40℃。

②试验库外30 m处由机车试验运行产生的噪声A声级应不大于75 dB,其厂界噪声应满足国家有关环境噪声标准的要求。

③电力机车试验时,控制室内噪声A声级不大于

60 dB。

2 机车整车定置试验库通风散热方案

2.1 主要散热设备及散热量

2.1.1 电力机车散热量

HXD_{3B}型电力机车车体内安装了大量的强电设备,如牵引变压器、主变流器、牵引电机等,这些设备工作电流大,会产生大量热量。笔者查阅了各种文献资料,“和谐”型电力机车产生的热量目前尚无一个统一的取值^[7]，“和谐”型电力机车散热量值对定置试验库通风系统是相当重要的一个数值,它是决定试验库通风能否达到设计要求的基础值。通过查阅文献,总结出以下结论:牵引电动机通风系统散热量^[8-10]为127 kW,牵引变压器、变流器的散热量为211.2 kW,机械间的通风散热量为6.135 kW^[11],辅助设备散热量为10 kW^[1],因此可以得出电力机车各部分的散热量和总散热量如表2所示。

表2 电力机车主要设备散热量 kW

总散热量	牵引散热量	牵引变压器、变流器散热量	机械间散热量	辅助散热量
354.335	127	211.200	6.135	10

2.1.2 机车整车定置试验台散热量

机车整车定置试验台主要由机械部分、电气部分和控制部分等组成。电力机车作牵引试验运行时,机车整车试验台的试验设备(包括滚轮装置、齿轮箱和电机、电气控制柜等)在运行过程中会产生与机车相当的热量。因此整车试验台的散热量参考电力机车的散热量,取360 kW。整车动态试验装置如图1。

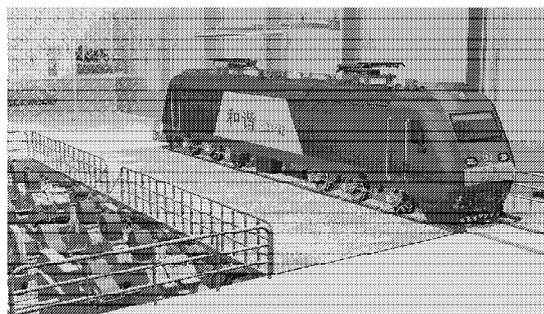


图1 “和谐”型电力机车整车动态试验装置

2.2 工程简介及气象参数

定置试验库主要用于测试“和谐”型大功率电力机车(HXD_{1B}型、HXD_{2B}型、HXD₃型、HXD_{3B}型)的各种性能。机车置于库墙边上,其余设备分布在2个区域,机械部分在一个大坑里面;电器部分形成独立的电器间。局部通风无法控制所有不利因素,而从防止噪声对定置试验库外厂区及居民区的影响考虑车间采取了全封闭型的设计,厂房横向跨度为18 m,纵向长度42 m,机车从端墙大门进入。本工程的地点在天津塘沽,相关气候参数如下:

大气压力:冬季1 026.6 Pa,夏季1 004.7 Pa;

夏季主导风: 风向SE, 频率12%;

室外平均风速: 4.4 m/s;

夏季通风室外计算干球温度28℃;

最热月室外计算相对湿度79.0%。

由《采暖通风与空气调节设计规范》(GB50019—2003), 试验库内工作地点温度按本规范第3章内容规定取28℃。根据设计手册、相关资料文献和电器设备的工作环境温度, 排风温度设为40℃。

2.3 定置试验库通风方案

2.3.1 定置试验库通风量

由于定置试验库内没有散湿设备, 因此只需要考虑散热所需要的空气量。根据以上定置试验库内散热量计算所需通风量见表3。通风量的计算式如下:

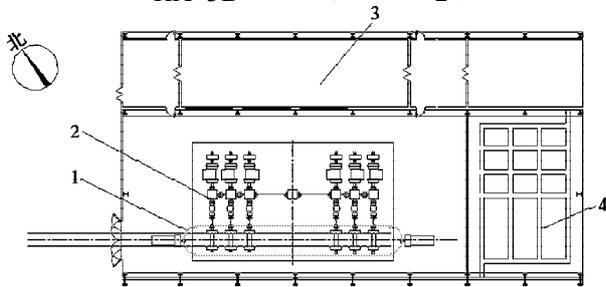
$$G_1 = \frac{3600Q}{\rho(t_p - t_j)c_p}$$

式中: G_1 为全面通风换气量, m^3/h ; Q 为总散热量, kW ; c_p 为空气的比热容; ρ 为进入空气密度; t_j 、 t_p 分别是进入和排出空气的温度。

表3 试验库通风设计参数及通风量

散热功率 Q/kW	排出空气温度 $t_p/^\circ C$	送入空气温度 $t_j/^\circ C$	空气比热 $c_p / kJ \cdot (kg \cdot ^\circ C)^{-1}$	空气密度 $\rho / kg \cdot m^{-3}$	需要通风量 $G_1 / m^3 \cdot h^{-1}$
714.335	40	28	1.013	1.134	186 552.3

鉴于考虑兼容性和发展需求, 本试验库内设计的最大通风量是HXD3B试验需求风量的2倍。



1——电力机车; 2——机械传动设备; 3——控制室及电气间
图2 定置试验库设备布置图

封闭式库内, 试验库的空气量(空气体积)大约为13 000 m^3 , 最大通风量条件下, 每小时最多换气14.2次。

2.3.2 定置试验库通风方案

在自然通风达不到要求的情况下, 工业、企业的进风方式采取自然进风、强制排风的方式或者强制进风、自然排风的方案。本试验库采用自然进风、机械排风的方案^[12-13]。但是电力机车的散热空气流向是从机车顶部进入, 从车底排放热空气。一般的厂房自然(机械)通风方式是热空气由厂房底部上升, 通过厂房屋顶通风器散热。本试验库内的空气流动方向与一般厂房不一致, 这是因为电力机车的冷空气由车顶进从车底出。根据目前库房总体设计以及库内试验台架的布局, 库内的气流流场将比较复杂。为了满足电力机车的风向流动达到散热效果, 同时也满足定置试验库的通风效果, 本方案采取试验库上部进风, 试验库底部

机械排风。

根据试验库内空气流向特点, 在试验库两端的墙上设置进风百叶窗, 作为自然进风口。具体方式为:

①自然进风: 在试验库东、西侧上部窗户位置设置电动进风百叶, 并设置可控制其开闭的阀门; 进风百叶窗示意图如图3所示。进风百叶窗面积如表4所示。

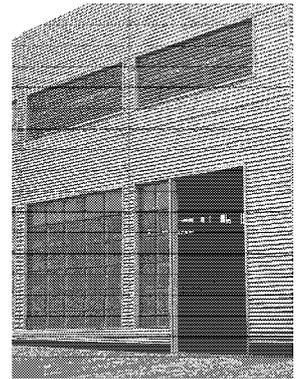
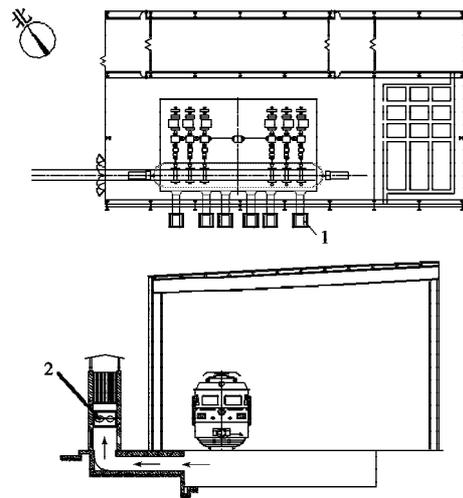


图3 定置试验库进风窗示意图

表4 试验库通风设计参数及通风量

风量 $G_1 / m^3 \cdot h^{-1}$	风速 $v / m \cdot s^{-1}$	窗流量系数 μ	窗户面积 S_A / m^2
186 552	4	0.6	21.591 71

②机械排风: 考虑到电力机车自身散热系统是向车底下散热, 故利用目前试验台地坑侧面设计排风通道来进行机械排风。在机车整车试验台地坑一侧均布设置6台通风机, 每台风机风量约为60 000 m^3/h 。为安装6台风机, 需在基础相应位置预留1 m × 1.5 m的喇叭形通道, 通风风道示意图如图5所示。



1——排风风道; 2——排风风机

图4 定置试验库排风布置图

机车整车定置试验时通过温度传感器测定试验库内温度。风机根据设定的2个不同的温度值启动运行状态, 由变频控制器控制是否满功率运行, 当库内温度稍低时风机半额定功率运行, 温度稍高时, 风机满功率运行排风。

3 噪声控制方案

定置试验库内的噪声为宽频带, 噪声主动控制技术在消声机制、控制机理及系统研究和应用等方面, 弥补了噪声被动控制的诸多不足, 特别是在控制低频噪声中获得了良好的降噪效果。但是针对试验库内宽频带的噪声分布特点要用主动控制的方式降低噪声的向外传播, 效果不好。因此采用被动控制的方式降低

噪声的排放。一般而言,噪声被动控制实际上是控制噪声源、传播途径以及至接受者的噪声,使之达到容许的噪声指标。然而,控制噪声源达到降低噪声并非轻而易举,它受技术条件的限制,故只能在传声途径方面采取降噪措施。

针对定置试验库内不同的噪声源,采取相应的治理技术,分析各种治理技术的特点、选取要点、设计要点等。吸声降噪和隔声降噪是在噪声源强不变的情况下,利用不同的材料,改变噪声的传播方式、方向,阻隔空气声对外辐射,从而达到降噪的目的。消声降噪的对象是消除流动中的介质发出的噪声,即减少管道中空气动力性噪声对外传播;隔振降噪主要针对机械设备系统与其基础机座或联接系统间的振动传播的一种降噪方式。消声和隔振这两种降噪方式是主动消除或降低噪声源所发生的噪声强度而降噪的。本文针对隔声和吸声2种治理技术进行介绍。

3.1 库内噪声的隔声处理

库内由于各类声源的叠加噪声A声级达到105 dB左右,使噪声封闭在库内,但一般工业厂房的隔声效果有限。根据天津“和谐”型大功率电力机车整车试验台库房的设计资料,墙壁为75 mm夹芯岩棉彩钢,可计算其平均隔声量为30 dB。库房顶部为轻钢加隔热材料复合结构,可计算其平均隔声量为35 dB。可见其墙壁和顶部结构满足环境噪声的隔声量要求。

为提高控制室整体隔声量,必须提高墙体、屋顶等各组合构件的隔声量,尤其是提高透声量大的窗、门构件的隔声量。墙体、门窗隔声构造方案示意图如图5、图6所示。

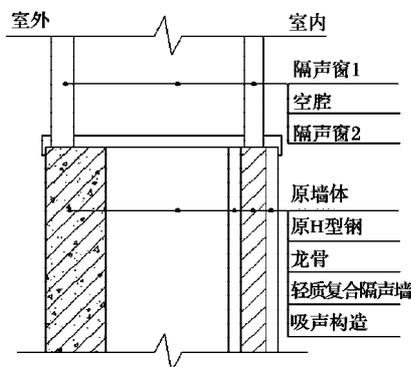


图5 墙体隔声构造方案示意图

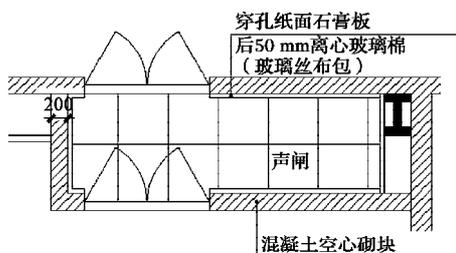


图6 控制室声闸方案

控制室门开向机车试验库,机车噪声容易透射进室内,故设置声闸以提高该处隔声量。考虑控制台能顺利出入控制室,故隔声门位置如图6。

从设计参数来看,控制室200 mm厚的墙壁其平均

隔声量为48 dB,因此在控制室正对机车的墙壁外加装容重大于40 kg/m³的吸声结构,使其墙壁+吸声组合结构的隔声量达到56 dB以上;隔声观察窗应采用钢化玻璃+空气层+钢化玻璃结构,其隔声量59 dB;隔声门应采用双层隔声门结构,其形式为单层隔声门+空气层+单层隔声门的结构形式,其隔声量58 dB。此外,所有通向控制室的单层门隔声量须大于35 dB(A)且均需密闭良好,防止漏声。当构件存在孔洞时,高频隔声性能将受到影响,故应确保控制室管线布置不通过与机车试验库相邻的墙体。缝隙对构件隔声性能影响更大,在中低频隔声性能有较大下降,高频下降更多,故控制室顶部与侧墙的缝隙应浇筑严实,不得出现空鼓。上述条件达到要求后能满足控制室的噪声要求。

3.2 库内噪声的吸声处理

库内吸声处理分两部分:一是库房内四周墙面9 m以下做平面吸声处理;二是9 m以上弧形顶做立体吸声处理,以降低声波在库内形成的混响。2种措施采用后库内声叠加值可小于5 dB,有利于降低试验库内噪声对控制室的影响。

4 通风散热试验和噪声测试

4.1 通风效果测试

在夏季进行通风效果测试,观察定置试验库的通风效果,同时进行控制室噪声测试和试验库外噪声排放的测试。测量时间:2013年7月8日。测试时,室外环境温度:最高气温32℃,最低气温26℃;定置试验库内的室温为28℃。测试设备:Fluke922型温度空气流量计。

从上午10点开始,整车试验台开始做动态检测试验,此时,通风风机不打开。随着试验的进行,机车速度提高,机车牵引电机和库内机械设备的热量逐渐排放在试验库内,此时通过自然通风来降低库内的温度。随着试验持续进行,散热量增加,自然通风不能达到库内试验温度的要求,经过40 min后,库内温度升至33℃,此时打开风机,让风机满功率运行排风,对风机排风的风速进行测量。6台风机满功率运行时,6台风机风速分别为5.4 m/s、5.3 m/s、6.6 m/s、6.6 m/s、6.3 m/s、6.6 m/s。机车试验继续进行,经过30 min后,温度传感器上温度停留在32℃。为了观测风机排风的持续效果,整车试验又进行了1 h,温度传感器上显示的温度始终在32℃左右。

4.2 噪声效果测试

在试验库内整车进行试验时,在控制室内部、试验库厂房内部和外部进行测量。

测量仪器:

噪声测量所使用的仪器为噪声振动分析仪,型号AWA6291型,精度等级1级。

测量标准:

《声环境质量标准》(GB 3096—2008);

《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348—2008)。

本测试只针对室内噪声测量, 因此不涉及交通噪声和自然界噪声影响, 主要影响声环境因素为室内工作人员谈话声。

控制室内测得的噪声声压级随着频率的变化如图7所示。

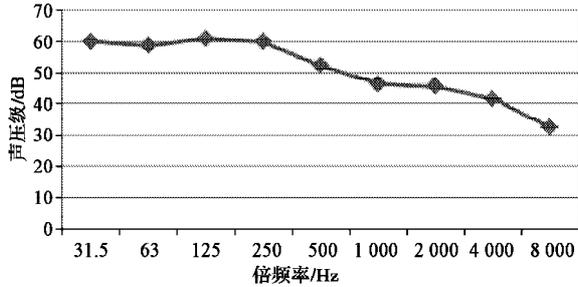


图7 控制室内噪声频谱图

测量中, 控制室内工作人员谈话声对监测结果影响较大。控制室内最低等效连续声级55.31 dB(A)。

另外, 在定置试验库外四周(离库墙6 m处)测得的连续声级为75 dB(A)。

5 结语

①散热量的确定。电力机车内所有设备和定置试验库内各种设备的发热体产生的热量目前尚无一个统一的取值, 而这个散热量值其实是相当重要的一个数值, 它是决定试验库通风能否达到设计要求的基础值。因此应该加强对该值的确定工作, 由理论计算和实际测试来共同确定该值。在本工程试验库内通风的设计中对该值取用了较大值, 用该值进行通风风量计算, 定置试验库内的风量较大, 风机的风速也较大。而实际运行时, 由于风道的阻力原因, 风道内的风速小于设计值, 因此实际的通风量没有设计值那么大, 试验库内的温度也没有超过设计指标, 因此得出结论: 定

置试验库内的实际散热量并没有这么大, 散热量究竟为多少, 需要进一步核实各设备的散热量。

②合理组织试验库内的气流相当重要。在电力机车试验区, 热风从车底下被风机抽走, 空气的流向是从上往下。而在试验库内另一侧, 电器间的空气流向是从下往上。因此试验库内的空气流动情况比较复杂。试验库内通风散热基本能满足整车试验的要求, 但是试验库内的热源分布和空气流动需要进一步研究。

③控制室噪声控制。试验库噪声对厂界噪声的影响不大, 可满足相关标准的要求。控制室内噪声满足使用要求。控制室在施工时必须注意施工细节, 才能满足控制室的噪声标准。

参考文献:

- [1] 张曙光. HXD3型电力机车[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.
- [2] 黎英豪, 谢让皋, 吕安庶, 等. JZD-2型机车整车试验动态检测装置[J]. 铁道机车车辆, 2008, 28(1): 27-30.
- [3] 张彬彬. SS9型电力机车驾驶室人机环境的评价及优化讨论[D]. 成都: 西南交通大学, 2008.
- [4] 刘晓波, 张建润, 刘剑. 电力机车司机室减振降噪设计[J]. 机电传动, 2009(6): 13-17, 47.
- [5] 谭本旭, 吕志龙. 电力机车司机室噪声控制研究[J]. 电力机车与城轨车辆, 2009, 32(2): 26-30.
- [6] 秦锋, 闵阳春, 刘丰芹. HXD1型机车司机室噪声控制方法分析[J]. 电力机车与城轨车辆, 2007, 30(6): 19-21.
- [7] 张亚军. HXD3B型交流传动电力机车通风冷却系统[J]. 电力机车与城轨车辆, 2010, 33(2): 10-13.
- [8] 孙一坚. 简明通风设计手册[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [9] 杨云锦. 空调电动设备散热量计算的几个问题[J]. 北京节能, 1999, 17(4): 10-11.
- [10] 肖湧, 赵洋, 郭春. 某高速公路隧道地下风机房通风空调设计[J]. 公路交通科技: 应用技术版, 2010(8): 263-264.
- [11] 肖云华. 和谐HXD1型大功率交流电力机车通风系统[J]. 电力机车与城轨车辆, 2007, 30(1): 23-25, 59.

(上接第84页) 结合在一起。

参考文献:

- [1] 张志涌. 精通MATLAB6[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [2] 张晓东, 姚旺生. 基于MATLAB和组态王6.0简易训练模拟器设计[J]. 微计算机信息, 2003, 19(2): 21-22.
- [3] 慕巍, 王若亮, 李晶娣, 等. 基于ActiveX引擎的VC++与Matlab混合编程及其应用[J]. 电子设计工程, 2010(9): 41-

42.

- [4] 孙亮. MATLAB语言与控制系统仿真[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 2004: 211-243.
- [5] 李文武, 游文霞, 张玉文, 等. Matlab外部程序接口应用研究[J]. 三峡大学学报: 自然科学版, 2006, 28(2): 166-168.
- [6] Donis Msrshall. Visual C# 2008核心编程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009: 4-40.
- [7] 微软(中国)有限公司. MSDN 技术资源库[DB/OL]. USA: Microsoft Corporation, 2008. [2012-11-01]. <http://msdn.microsoft.com/zh-cn/library/aa/87935.aspx>.