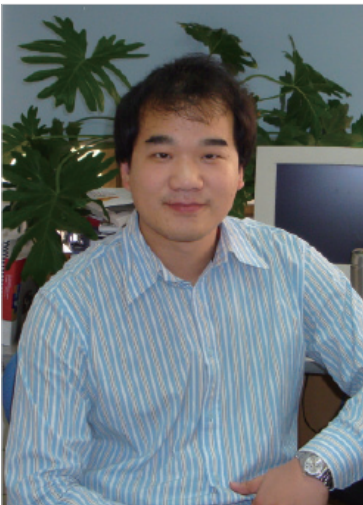


LMS 虚拟铁鸟解决方案

Solution of LMS Virtual Iron Bird

LMS 公司 程 磊



程 磊

2002年、2005年分别于清华大学汽车工程系和工程力学系获得工学学士、硕士学位,研究方向为车辆和航天器的动力学与控制,2005年进入MSC中国公司,先后负责MSC各学科产品的技术整合和企业级仿真平台业务及仿真平台的项目实施。现在LMS公司CAE部工作,负责1D与3D虚拟仿真产品相结合的整体解决方案。对多学科集成仿真技术有较深入的研究和理解。

虚拟铁鸟概述

当前,数值仿真与虚拟产品开发技术已经应用到航空产品开发的各个方面,并深入渗透到整个研发流程中,贯穿从概念与方案阶段,到子系统设计和部件设计,再到系统集成与验

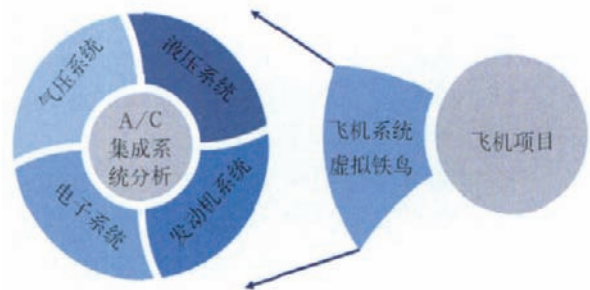
“虚拟铁鸟”是全新的整机级系统集成与全机数字建模技术方案,“虚拟铁鸟”平台的建立,能够有效地改进现有设计流程,尤其是系统集成阶段的设计和评价方法,进行整机级的集成一体化分析、评价和优化,避免不必要的重复设计工作,减少整机物理试验的次数和成本。

证,直到产品认证等各个阶段。虚拟仿真技术在航空产品研发中发挥着越来越重要的作用,已经成为航空产品开发不可或缺的重要技术手段。

在现有开发流程中,仿真分析主要应用于子系统或零部件的设计验证及方案优化上,在系统集成和整机验证阶段,由于缺乏有效的集成机制和技术途径,只能进行有限的集成,各子系统和软件建模工具之间是彼此孤立或松散耦合的。因此整机级的性能验证目前主要依靠试验来完成,包括各类地面试验和飞行试验等。完全通过物理试验进行整机性能验证的方法存在一定的弊端和风险,包括分系统的兼容与匹配,物理试验过程复杂、准备周期长、试验成本高,

物理试验无法完全考虑各类飞行环境和飞行工况,难以表征系统软硬件的全部特征,难以获取全面的整机性能数据等。

为进一步加快产品开发进程,缩短开发周期,并提高产品综合性能和品质,目前国外先进的航空制造商都积极地在多学科系统集成和整机数字建模方面进行技术探索和革新。在这种需求的驱动下,出现了一种全新的仿真分析模式,称之为行为式

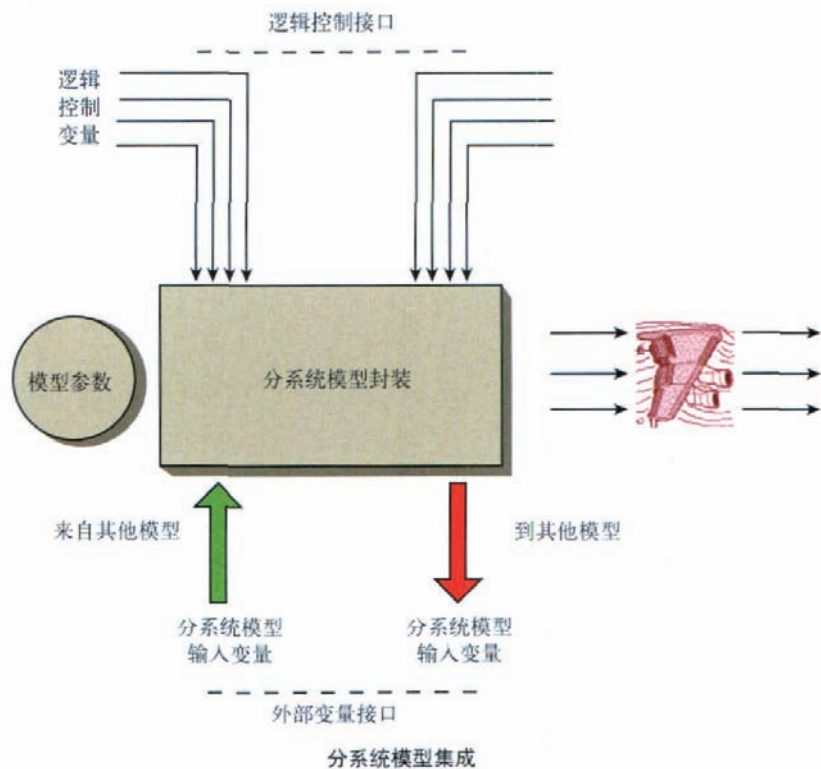


多学科的“虚拟铁鸟”系统

数字飞机建模 (Behavioral Digital Aircraft), 或称之为“虚拟铁鸟” (Virtual Iron Bird)。

“虚拟铁鸟”是指通过模块化建模封装和分布式集成等技术途径, 集成飞机的各学科和分系统所形成的整机(或部分系统) 数字模型, 它是国外先进航空制造商为解决系统集成的困难, 加强物理试验的有效性和针对性, 进一步减少整机物理试验而提出的技术解决方案。“虚拟铁鸟”是比“物理铁鸟”更广义的概念, 除飞控系统外, 还包括燃油、发动机、起落架等其他分系统, 它是要通过整机全系统虚拟样机的建立, 力求全面反映空气动力学、机械、液压、电气、控制等多学科子系统之间的复杂集成和耦合, 通过虚拟仿真在整机级获得取更高性能品质, 包括控制系统性能、电液系统作动性能、机械系统运动与整机飞行状态、结构强度与应力、疲劳损伤以及复杂的力纷争问题、起落架性能、燃油与推进系统性能、环境控制与空气循环系统品质等, 调优系统性能并优化系统设计。通过整机“虚拟铁鸟”建模, 一方面可以在整机测试之前全面了解系统性能, 为整机物理试验作好充分准备, 避免重复工作; 另一方面可以尽可能地减少对物理试验的依赖, 进一步加快产品开发流程。

LMS 公司针对当前国外航空制造商对整机数字建模和全系统集成需求, 开发了用于整机系统集成的“虚拟铁鸟”建模平台, 基于该平台, 可以通过分布式方式整合不同的软件、硬件资源, 以开放架构和共仿真技术集成基于不同软件建立的包含不同层次和不同形态的分系统模型, 或通过硬件在环集成硬件和实物, 形成可代表完整系统的“虚拟铁鸟”。“虚拟铁鸟”具备完整的虚拟试验环境和仿真能力, 在虚拟试验环境中, 可以通过逻辑控制的



设置和定义, 像真实的物理试验一样, 选择不同的试验模式和试验工况, 如起飞、平飞、降落、滑行以及复杂的失效工况。通过“虚拟铁鸟”试验, 可以有效了解和洞悉整机性能, 研究分系统和各学科之间的耦合, 评价整个系统的性能。“虚拟铁鸟”与物理试验紧密结合, 互为补充, 可形成完整的全系统验证和认证方法体系。

虚拟铁鸟平台架构与技术看方

“虚拟铁鸟”通过模块化建模封装和分布式集成等技术途径, 集成飞机的各学科和分系统形成整机虚拟模型, 其建模具有多学科, 多层次, 多形态, 模块化、易扩展的特点。

1 多学科

“虚拟铁鸟”将不同学科的分系统, 如飞控、燃油、环控、起落架、液压等集成到统一的平台上, 通过“虚拟铁鸟”, 可以研究多学科系统之间的耦合影响, 如液压系统与电气系统之间的耦合。

2 多层次

“虚拟铁鸟”所集成的分系统模型是多层次的, 即分系统模型中还可以包含更多的子系统或零部件模型, 可逐级嵌套。由零部件或子系统模型组合形成分系统模型, 由分系统模型进一步集成形成“虚拟铁鸟”。

3 多形态

“虚拟铁鸟”所集成的分系统模型是多形态的, 可以基于不同的软件实现, 甚至包括硬件和来自测试的模型。就软件模型而言, 可以包含基于不同软件工具建立的控制模型、1D 系统仿真模型、3D 机构动力学模型或有限元模型等。

4 模块化、易扩展

“虚拟铁鸟”以模块化方式将各分系统的模型进行集成, 各分系统按照事先规定的建模标准配置与其他系统的接口, 对整个平台和“虚拟铁鸟”而言, 各分系统是即插即用的, 因此极易替换和扩展。例如, “虚拟铁鸟”中的分系统模型, 可以方便地用更新版本的模型替换, 或者扩展升级到更详细的模型, 等等。

如上所述,“虚拟铁鸟”是将飞机的各子系统仿真模型以模块化方式,通过分布式共仿真结合硬件在环等方法,在统一的平台和架构上进行集成,在专门的界面环境中进行虚拟仿真和虚拟测试。因此,“虚拟铁鸟”平台的实现包含模型库、架构层和仿真层共3个层面:

(1) 模型库层。

模型库是指飞机不同学科和分系统基于不同仿真软件,按照“虚拟铁鸟”模块化建模标准建立的分系统或部件的仿真模型集合。

“虚拟铁鸟”是由零部件或子系统通过集成或组合而形成的整个系统,而各零部件或子系统可以有不同的建模方式和模型表达形式,这取决于不同的分析阶段、分析目的和对分析精度的不同要求,同时考虑建模的方便性。例如,零部件或子系统的仿真模型,既可以是基于3D几何创建的CAE模型(例如Virtual.Lab多体动力学模型和有限元模型),也可以是通过物理元件数学建模方式形成的1D系统模型(例如AMESim液

压系统模型),还可以是通过测试和参数辨识形成的可以代表系统外特性的功能模型(这种方式可以用一个数学模型和对应的一组参数表达系统的外特性而不关注其内在的物理参数);系统中的控制部分则可以通过“模型在环”方式建立其控制逻辑,或通过“软件在环”以及“硬件在环”方式建立真实的控制器。此外,还可以包含更加详细的控制电子元件模型。典型的分系统实现方式例如:

航空飞行器的机械部分,包括飞控系统舵机与控制面操纵、起落架、舱门等,一般基于Virtual.Lab Motion等多体动力学软件建立,同时可以通过与有限元的结合,考虑刚柔耦合混合建模,部分零部件可作为柔性结构处理,如控制面、机身、起落架部件等。

包括液压、电气网络与电驱动、环境控制、燃油等系统,可基于Imagine.Lab AMESim等系统仿真软件建立,通过物理元件组合的动态建模方式建立这些分系统的模型。

控制律和控制策略可基于

Matlab/Simulink或AMESim等建立,建立详细的控制算法模型。

不论是基于何种软件建立的分系统模型,都需要按照统一的建模标准进行封装,定义与其它模块连接的接口和变量信息,从而可以在平台中进行集成。具体包括:

定义与其他分系统或模型连接的外部变量接口,包括输入变量和输出变量,定义变量的数量和名称;

定义进行逻辑控制所需的逻辑控制参数,如可控制当前模块是处于激活状态还是失效状态的参变量;

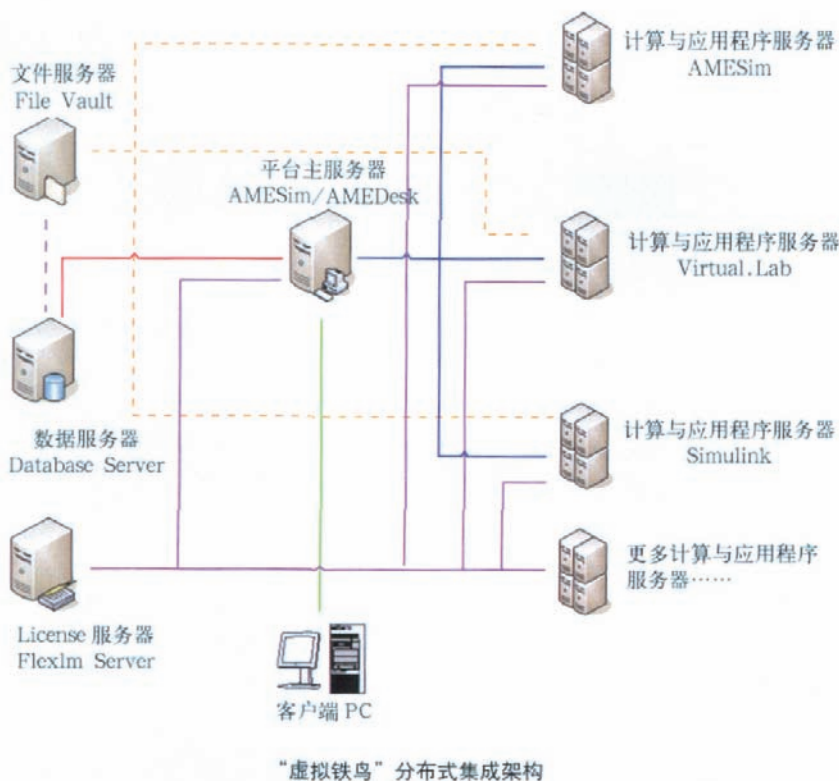
定义分系统模型的整体参数,即哪些参数在“虚拟铁鸟”仿真中是允许用户进行设置和修改的。

以此标准进行封装的分系统模型,在“虚拟铁鸟”平台上表现为一个具有外部接口的模块,具有与外部其它系统进行信息和变量交互的接口,可以在AMESim环境中进行连接和集成。

“虚拟铁鸟”包含多个分系统,分系统内还包含众多的部件模型,这些模型来自不同学科和不同的软件工具,类别和数量都较为庞杂;“虚拟铁鸟”模型中包含众多参数,仿真分析完成会产生大量的结果文件和数据,因此需要进行必要的模型和数据管理,包括模型调用与集成、权限控制、必要的知识保护等。“虚拟铁鸟”模型与数据管理可通过AMEDesk和AMECustom实现。AMEDesk将模型和数据保存在数据库和文件仓库中,对当前仿真运行所需的模型数据则自动载入本地文件系统,提供给分析软件,分析结果自动返回数据库保存;AMECustom可以对模型进行封装,根据需要将模型中的一些参变量等进行隐藏,而只暴露其中一部分,施加必要的知识保护。

(2) 模型集成与架构层。

LMS“虚拟铁鸟”的架构层和模型集成基于LMS Imagine.Lab AMESim实现,AMESim本身具有



非常开放的架构和优异的集成能力,可以将各个分系统的模块集成到平台中来。AMESim可以通过多种方式对分系统模型进行集成,包括模型导入、共仿真等等,并且支持多种通讯协议(TCP/IP、SOAP等)。近年来,在众多航空用户“虚拟铁鸟”建模和整机系统集成的需求驱动下,LMS进一步加强了在AMESim“虚拟铁鸟”建模和模型集成方面的功能开发,使AMESim成为实现“虚拟铁鸟”建模和系统集成的最佳平台。

在模型集成与架构层,负责系统集成的工程人员按照系统构成和配置,从模型库中选择对应的分系统模型,在AMESim中将各个模块进行必要的结构编排(Architecture Layout),并进行连接配置,形成完整的“虚拟铁鸟”模型。

AMESim与其他软件进行共仿真支持网络分布模式,因此,不同子系统的模型和相应软件,可以分布在不同的计算机上,在“虚拟铁鸟”仿真过程中,AMESim平台主机可驱动分布于不同计算机上的分系统模型和软件进行共仿真。

在架构层还要能实现逻辑控制,通过逻辑控制实现仿真模式、场景、工况和流程的选择和设置,包括复杂的同步、时序、延时等控制过程,以及失效模式分析等;同样通过逻辑控制对不同仿真模式和场景设置不同的模块集成和配置。LMS Imagine.Lab AMESim通过自身的逻辑控制功能以及与有限状态机的集成能力可实现逻辑模式的选择与控制。

“虚拟铁鸟”的组成除了包含软件分系统模型外,也可以进行实时仿真,此选项可基于AMESim的实时仿真能力实现。AMESim的实时仿真功能可以将模型输出到实时环境进行硬件在环(HIL)仿真,与当前广泛应用的实时仿真环境如RT-Lab、xPC、LabView等完全兼容。

为了提高仿真效率,AMESim中还提供多种模型简化功能,在输出实时代码之前进行必要的模型简化,包括模型线性化分析、活性指数分析以及其他数值缩减技术。

(3) 仿真运行层。

仿真运行层主要提供专门的“虚拟铁鸟”仿真环境,一般是基于AMESim开发的专用界面。在“虚拟铁鸟”仿真环境中,可以在界面中设定仿真模式、场景和工况(如起飞、巡航、降落、滑行等不同飞行状态),定义必要的模型参数,设置仿真运行参数如运行时间、模型之间的通信步长等。

在仿真运行层,所有的模式和参数设置都是在专门的界面下完成的,都是面向整个系统的,而无需对底层模型进行操作。

在仿真运行层还包括专门的后

构层、仿真运行层则都基于LMS Imagine.Lab AMESim实现。

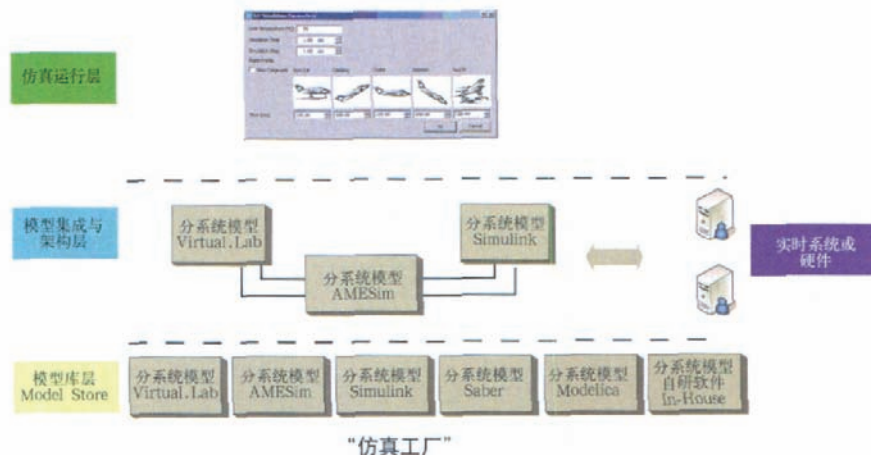
虚拟铁鸟成功实施案例

近年来,国外航空制造商正在积极进行整机数字样机和系统集成方面的技术探索,LMS公司已经与多家重要航空用户进行合作,逐步开展“虚拟铁鸟”建模的实施工作,并且取得了较为显著的成果和效益。

1 达索航空

达索航空基于LMS平台开发整机性能仿真“虚拟铁鸟”,第一阶段已完成,主要用于考虑全机属性的起落架、制动系统(包括控制与电液在内)方案评价。

该系统考虑了整机运动学模型、气动载荷、起落架系统(包括机构模型和轮胎等)、制动系统、制动系统控制策略,通过多学科子系统的集成和



处理工具,可以在后处理环境和界面中,快速获取定制的仿真结果,包括曲线、数值、动画等,这些仿真结果一般是整机分析所关心的指标。

架构层和仿真层可以形象的称之为“仿真工厂”(Simulation Factory),即在这2个层面,主要进行模型集成和装配,然后通过定制的专门环境进行虚拟仿真和虚拟测试。其所提供的功能和定位与“工厂”类似。

模型库层涉及不同学科和分系统的建模软件,而模型集成与架

整体虚拟试验,达索可实现:有效评价系统设计方案成熟度;通过虚拟试验更全面了解系统性能,有助于理解飞行试验中出现的各类现象;有效减少了起落架和制动系统试验,充分保证“一次设计正确”;加强供应商合作与监管。

目前达索航空正与LMS合作开展第二阶段的开发工作,集成更多学科和系统。

2 空客

空客与LMS合作进行“虚拟铁

鸟”开发,第一阶段主要应用在飞控领域。

第一阶段样机整合了飞控EHA等作动器模型、舵机与控制面机械模型、控制策略等子系统,通过该“虚拟铁鸟”,空客可开展:飞控系统设计方案评价;复杂工况分析,包括失效模式与冗余备份、力纷争、作动器切换等。

在第一阶段的基础上,空客已经逐步制定专门的“虚拟铁鸟”建模规范,在该规范中详细定义了各分系统模型的建模要求,包括封装与接口设置等。

3 欧直

从2006年开始,LMS公司(包括原Imagine公司)即开始开展与欧直在“虚拟铁鸟”方面的合作开发,目前已经完成3个领域的系统开发:飞控系统、环境控制系统、电气网络与线缆集成装配。

以上3个领域的“局部虚拟铁鸟”均已开发完善,并已进入实际应用阶段。当前正在开展其他系统模型的开发和整机系统集成。

4 巴西航空

巴西航空已经与LMS合作开发了完整的包括飞控、液压和起落架系统在内的“虚拟铁鸟”模型,该“虚拟铁鸟”中的分系统采用网络分布式方式进行集成,各分系统分布于不同的计算机上,通过AMESim平台进行连接。

除飞控、液压和起落架系统外,巴西航空还开发了环控系统模型,目前正开展更进一步的系统集成工作。

结束语

“虚拟铁鸟”是全新的整机级系统集成与全机数字建模技术方案,“虚拟铁鸟”平台的建立,能够有效地改进现有设计流程,尤其是系统集成阶段的设计和评价方法,进行整机级的集成一体化分析、评价和优化,避免不必要的重复设计工作,减少整

机物理试验的次数和成本。基于“虚拟铁鸟”还可进行试验策略定义和试验规划,减少试验准备工作和重复试验,此外可实现基于整机建模和仿真分析的虚拟认证,在可能的情况下逐步减少试验认证。

“虚拟铁鸟”的实施需要建立一个多学科建模与分析软件平台,在分布式架构中集成不同的仿真分析工具和子系统模型,如3D的有限元模型或机构动力学模型,或1D的电液控制系统仿真模型,或通过“硬件在环”的方式集成物理硬件系统,从而能够精确的模拟全机复杂的多学科耦合。LMS Imagine.Lab AMESim结合LMS Virtual.Lab


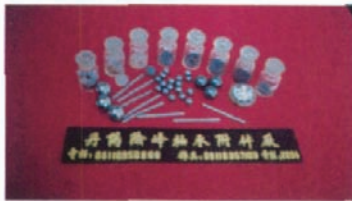
是实现“虚拟铁鸟”和多学科系统整合的理想平台。

“虚拟铁鸟”是一项较为复杂的系统工程,它包含不同的分系统模型,首先需要有成熟的分系统模型,然后在平台上进行集成和整合,并且还要开发专用仿真环境,便于进行整机虚拟试验,因此“虚拟铁鸟”的实现不仅仅需要合适的现成的软件平台(COTS)作为支撑,更需要由LMS与用户进行合作开展项目实施工作,LMS公司愿与客户一道,借鉴国外同行的实施经验,逐步建立、完善、扩充并最终实现“虚拟铁鸟”平台。

(责编 依然)

丹阳险峰轴承附件厂

我厂是原机械工业部中国机械基础件成套技术公司轴承专用设备、仪器仪表联营会成员单位,是专业生产机床附件和仪器仪表附件的工厂。
 DJK-150型“百灵”牌电解刻印机具有技术先进、品质优秀、设计新颖、造型美观、电脑控制、字迹清晰、工作可靠及使用方便等优点,是轴承、活塞环、工具和喷油嘴等标志加工的理想选择。

▲ DJK-150型“百灵”牌电解刻印机的技术规格
 刻印直径: 15 ~ 150mm
 电 源: 220V,50Hz
 刻印高度: >4mm 功耗: <40W
 刻印深度: 5-15mm 净重: 10kg
 刻印效率: 60件/min(双槽型)
 膜片寿命: 约10万件/片
 电解液消耗: 约1.2kg/万件
 外形尺寸: 320mm×280mm×100mm(刻印电源)
 300mm×420mm×80mm(刻印槽)
 不但在平面上而且在外径上也可使用

本厂生产的硬质合金钢球,于1999年4月28日和2000年7月6日经国家轴承质量鉴定检测中心测定,分别达到G16(8~14mm)、G10(φ3~φ7.5mm),深受用户青睐。

通讯地址: 江苏省丹阳市新桥镇何家村
邮编: 212322
电话: 0511-86356866 86352019

传真: 0511-86357163
网址: WWW.XFDJKQ.COM
电子邮箱: Xqzhff@pub.zj.jsinfo.net

广告索引号 09-051