第 1 章

绪　论

清朝文化起源和初期发展时期的很多历史文化遗产主要分布在辽宁省境内。辽宁省境内是前清历史信息含量很高、前清建筑文化遗产密集的地区。这些建筑文化遗产涵盖了城池、宫殿、陵寝、战场遗址、寺庙、民居等类型，形成了大尺度的前清建筑文化遗产区域。这个区域记载着清朝建立前期满族文化在辽沈地区发展和传播的印迹，是早期清朝文化的缩影，承载着丰富的前清历史信息和文化内涵，非常具有独特的前清文化特征。

1.1　辽宁前清建筑遗产区域的特点

1.1.1　辽宁前清建筑遗产的典型性

辽宁前清建筑遗产区域包括辽宁省境内 25 处前清建筑遗产，是一个时间链和空间链。它是辽宁省境内以“前清文化”为主题，记载满族从崛起、发展到进入山海关，满族文化的发祥、成长和融合的历史过程的前清建筑遗产区域。大量史实证明了辽宁是满族早期文化的发祥地，是前清建筑遗产的核心区域。

辽宁前清建筑遗产反映了早期满族在辽沈地区 4 个不同的历史轨迹。第一，满族从崛起到进驻北京之前建造都城的历史发展过程，包括前清时期修建的都城 6 座（赫图阿拉城、界藩城、萨尔浒城、东京城、盛京城、九龙山城），宫殿 1 座（沈阳故宫），城市建设 4 处（永安石桥、清柳条边遗址——抚顺段、

沈阳段、锦州段）；第二，入关前后金与明朝发生的战争历史过程，包括明清战场遗址 4 处（松杏明清战场遗址、辽东边墙、兴城古城、中前所城）；第三，前清时期满族修建祖陵的发展过程，包括满族祖陵 4 处（清永陵、东京陵、清福陵、清昭陵）；第四，前清时期满族与其他民族融合的历史过程，包括满族修建的寺庙 6 座（实胜寺、慈恩寺、清真南寺、沈阳北塔法轮寺、沈阳南塔、沈阳东塔）。这 4 个历史轨迹的建筑遗存或遗址作为前清历史与文化的标志物，向世人生动地展示了前清时期满族的发祥和发展之路。

1.1.2 前清建筑遗存现状

通过对辽宁省境内的 25 处前清建筑遗产进行的多次实地调研和考察，作者充分认识到部分现有遗存破坏严重、亟待抢救。辽宁前清建筑遗产现状目前保存完整和保存相对较好的有 10 处，包括列入世界文化遗产的“一宫三陵”和国家级文物保护单位的建筑遗产。现状保存不完整或仅存遗址的有 15 处，如：努尔哈赤修建的东京城仅现存部分城墙和八角殿遗址；明清战争发生地中前所城仅现存西门罗城；九龙山城、松杏明清战场等也仅存遗址。最为可惜的是，有很多前清建筑遗产已经不复存在，如皇太极在沈阳修建的西塔延寿寺已无存，著名的萨尔浒战役古战场已淹没在大伙房水库之下。

这些前清建筑遗产作为满族文化的基质和母体，或者作为清朝前期的历史脉络和文化联系，具有重要的历史、文化、科学和美学信息及价值。而某些前清文化系列遗产的损坏甚至消失，使得对前清文化遗产区域整体体系保护的连续性和完整性受到破坏，只能退为对散落遗产点的保护。面临这种现象，有些学者发出“走出单体保护之围”和改变“孤岛式保护”的呼声。

1.2 建筑遗产数字化保护的研究现状

1.2.1 CFD 数字化分析的研究

1. 古建筑火灾保护方面的研究

近 20 年来，随着数字技术的迅速发展，数字化浪潮席卷了整个世界。鉴于各国古建筑火灾的惨痛教训和古建筑的防火需要，对古建筑消防技术原理开展深入的研究是古建筑防火保护的重大课题。国内外各相关机构在古建筑防火保护方面也做了许多研究工作。如 1984 年法国在卢浮宫扩建的防火设计中，就对古建筑内易燃物表面进行防火阻燃处理，降低材料的易燃性，提高材料的耐火极限以减少火灾隐患。美国、英国、日本等国家也在古建筑防火保护方面做了很多实验，在提高古建筑防火性能上取得了很大突破。

随着火灾理论研究的不断深入和数值计算方法的不断完善，用数字化分析与模拟手段来进行火灾科学研究成为了潮流，数字化分析与模拟技术是火灾调查科学的重要组成部分。1983 年，库玛（Kumar）首先采用计算流体动力学（computational fluid dynamics，CFD）方法建立了火灾模型。CFD 火灾模型已经成为火灾安全工程中一个重要研究部分，它不仅可以对火灾过程进行详细的描述，而且还可以实时地显示烟气流动和热传递过程，为人们研究火灾的发生及发展规律提供帮助。国内外学者对大空间建筑、大型建筑、隧道地铁工程的火灾数字化分析与模拟做了很多研究，但对古建筑的火灾数字化分析与模拟研究成果较少。2007 年，重庆大学做了“古建筑火灾烟气流动规律及其防火安全评估技术研究”，建立了古建筑的计算机仿真模型，提出古建筑计算机仿真模型在发生火灾时的温度分布规律，根据火灾模拟方法得出的结论，做出了初步性能化设计。随着电子计算机性能的飞速提高，基于 CFD 的火灾模拟方法必将成为火灾研究的主流。

2. 土遗址风蚀保护方面的研究

20世纪60年代，国外便开始对土遗址的保护问题进行相关的研究与分析。国际古迹遗址理事会（international council on monuments and sites，ICOMOS）是国际上最具权威性的土遗址保护研究机构。而国际文物保护与修复研究中心（international centre for the study of the preservation and restoration of cultural property，ICCROM）和盖蒂保护研究所（Getty conservation institute）也针对土遗址的保护问题做了大量的研究。在国外，研究主要是针对风化、土体开裂、剥落等现象，通过进行物理化学实验，研究出有机的或者无机的材料对其进行加固。具体工程案例包括：日本国立文化研究所在20世纪60年代使用有机硅低聚物对横滨市的遗址进行了保护与加固；加科莫·希阿里（Giacomo Chiari）等在1969年利用化学试剂对伊拉克某遗址的风干砖进行保护；秘鲁在1975年通过把正硅酸乙酯和乙醇相混合，用其对土遗址的表面进行保护处理；美国在1976年采用硅酸乙酯和聚氨酯对于印第安人遗址附近的土遗址进行了相应的加固。我国开展土遗址保护较晚，20世纪80年代末才开始进行土遗址的科学保护研究试验。90年代主要有敦煌研究院、北京大学、兰州大学等机构进行土遗址研究工作。我国土遗址科研抢救工作的一座里程碑是2005年兰州“古代壁画保护国家文物局重点科研基地”的成立，该基地研究范围非常广泛，包括环境治理、遗址整体加固、抗风化保护、计算机遗址保护应用、标准制定等方面。

国内外针对CFD模拟建筑群对其周围风环境的影响进行了大量研究，但CFD模拟土遗址在风蚀保护方面的研究成果相对较少。2010年，西安建筑科技大学采用CFD数字化分析与模拟分析软件对7个星佛寺遗址体进行风沙气固二相流分析，结果表明遗址体迎风的立面、棱角及墙体根部风蚀磨损量较大，据此提出了一种采用扶壁柱降低墙体根部的风蚀量的加固保护方法，并探索适合七个星佛寺遗址的保护材料。2011年，西安建筑科技大学使用CFD模拟软件对汉阳陵地下博物馆土遗址封闭保护区内的温、湿度场的分布进行模拟研究，验证了CFD方法预测封闭式土遗址空间热湿环境的可行性。本书借助CFD数字化分析与模拟软件强大的分析功能，可以为土遗址的加固保护

方案提供科学的依据。

3. 建筑遗产热环境保护方面的研究

随着城市热岛效应的产生，建筑遗产周边的热环境对遗产保护也是一种考验。CFD 数字模型也可以用来研究包括热导效应在内的城市气候问题。城市热环境数字化分析与模拟方法根据研究的空间尺度可分为大中尺度的城市、区域模型和小尺度的街区、建筑室内外热环境研究。本书探讨小尺度热环境对建筑遗产的影响。

国内外对小尺度热环境的数字化分析与模拟已经进行了相关研究。德·拉·福劳（De La Flor）等对于建筑周边区域的流动采用区域模型，并且考虑了植物和水体对环境的影响。亚历山德里（Alexandri）等用简单的二维模型将植被墙面对环境的影响进行了模拟计算。罗比图（Robitu）等为了研究植物和水体对室外热环境的影响，采用数字化分析与模拟的方法进行了模拟研究，建立了植物和水体的流动和能量传递模型，结果表明植物和水体的存在可以降低固体表面温度并改善周围环境的舒适性。我国现在也有不少应用实例：清华大学利用改进的集总簇热时间常数（cluster thermal time constant，CTTC）模型并结合 CFD 模拟技术，根据建筑结构和布局、绿化率的不同对住宅小区进行适当的划分，并利用计算流体动力学软件模拟得到小区风场，分析并预测了住宅小区内的室外热环境；北京市建筑设计研究院采用 CFD 技术考察了其制作的 2008 年北京奥运规划投标方案的气流流场及温度场分布情况；华南理工大学对江南新苑住宅小区单体建筑自然通风进行了数字化分析与模拟分析。借鉴国内外 CFD 数字化分析与模拟热环境的方法，是建筑遗产周边热环境优化研究方面的一个较大改进，能够为编制保护方案提供很有价值的参考。

1.2.2　GIS 技术在文化遗产领域的应用

地理信息系统（geographic information system，GIS）兴起于 20 世纪 60 年代，由于其出色的空间信息管理、分析和表达功能，近年来逐渐被应用到

文化遗产管理与研究领域。1992 年，在联合国教科文组织帮助柬埔寨政府保护吴哥窟古迹的行动中，第一次在文化遗产保护项目当中应用了 GIS。该项目通过进行所有数据收集、分析工作，并依据 GIS 输出的评价结果划定吴哥窟遗址的保护范围。在此之后，在泰国历史名城素可泰、加拿大洛基山班夫国家公园、越南顺化、老挝万荣以及欧洲、澳大利亚等地的文化及自然遗产等保护项目中都应用到了 GIS 技术。20 世纪 90 年代中后期，国外已相继建成了一些有关历史文化遗产保护的地理信息系统。

我国地理信息系统的起步大约比国际上晚了 15 年，到 1980 年才开始研究和试验。此后，国内也开始在文化遗产的保护和管理中开展利用地理信息技术的研究。2006 年开始，我国在京杭大运河的保护项目中也引入了地理信息系统进行文化资源的存储和分析，为保护和管理提供技术支撑。GIS 技术也是目前长城遗产空间数据存储和分析的支撑技术。无论是在资源调查成果深化、保护规划制定、管理措施制定还是各领域学术研究方面，此技术都具广阔的应用前景。

在辽宁前清建筑遗产区域的保护中，由于区域跨度较大，有 80% 的信息与空间位置相关，因此，作为空间数据管理工具的 GIS 技术可在前清建筑遗产的保护中发挥重要的作用。具体来说，通过地理信息系统和遥感（remote sensing，RS）可以整合历史建筑、古遗址、历史区域的空间位置数据和属性数据，将古建筑、古遗址等的空间位置信息展现在电子地图或遥感影像上，并以此为基础实现图片、视频、工程图、文档等多媒体信息的链接，然后可以进行专业分析。基于长期遥感影像监测数据，应用空间信息技术，可以表征建筑遗产所在区域生态环境变化的连续、渐变过程及遗产地城市用地变化情况，进行遗产地气候变化监测。本项目结合建筑学、遗产学、生态学、地理学、地图学等多学科理论和方法，系统分析了在人为扰动较频繁的城市更新过程中沈阳前清建筑遗产所在区域的生态环境要素时空变化特征与规律。

综上所述，辽宁前清建筑遗产区域整体保护方法的研究可以作为我国大尺度遗产类型保护领域的补充。这种跨城市跨地区、大尺度条件下，大量建筑遗产的整体性空间角度研究，传统勘测技术和纯理论研究方法已不能满足

其现实需要，GIS 数字化分析和 CFD 数字化分析与模拟是辽宁前清建筑遗产区域研究与整体保护的有效科学技术手段。

1.3 整体建筑遗产区域的数字化分析与保护

目前针对辽宁省境内的前清建筑遗产的保护还仅仅是局部性和区段性的，还未能有效地进行整体的统筹安排与科学管理。辽宁前清建筑遗产区域的提出，要求对前清满族文化发展的理解在空间和时间上应具有真实性、完整性，对其实施相应的保护也应具有整体性。本书拟通过整体性研究、数字化研究弥补以往研究的不足，突破传统研究方法局限，运用现代科技手段对辽宁前清建筑遗产进行系统整合，实现遗产区域科学的整体保护。

辽宁前清建筑遗产区域的保护需要从宏观和微观两个层面来分析。宏观层面上，是从遗产区域的整体保护方法进行分析；微观层面上，是从每一个建筑遗产的保护方法进行分析。本书通过 GIS 和遥感数字化分析实现对辽宁前清建筑遗产区域宏观整体的保护，通过计算流体动力学数字化分析实现对每一个前清建筑遗产点的保护。GIS 不仅能建立辽宁前清建筑遗产区域现状调查资料的输入、存储、管理、查询和利用现状的数据库，编制保护规划所需要的现状分析图、应用多因子分析方法对建筑遗产的价值进行综合评价，而且能够监控、管理和控制外界急剧或累积的变化对古建筑、古遗址及周边环境产生的影响，制定近期和长期的历史文化遗产保护规划方案，并进行监督、检查和修改。辽宁前清建筑遗产现存情况较好的大多是以木材为主要材料，以木构架为主要结构形式，火灾荷载远远高于现行的国家标准所规定的火灾负荷量，火灾危险性极大，耐火等级低。CFD 数字化分析与模拟可以建立描述火灾发展过程的古建筑计算机仿真模型，计算文物建筑内火灾发展蔓延趋势、热烟气运动发展规律以及火灾情况下各建筑构件变化规律等，根据计算机火灾模拟方法分析得到的结论，做出古建筑预防火灾保护性改进设计。现存情况不完整的辽宁前清建筑遗产大多是仅存土遗址，CFD 可以数字化分析

与模拟风沙对遗址的侵蚀作用，探索其破坏机理，并为土遗址加固保护材料的选用提供科学建议，防止遗址进一步损毁。随着城市热岛效应的产生，辽宁前清建筑遗产周边环境的整治也是本书需要研究的内容。运用 CFD 数字化分析，模拟建筑遗产周边的热环境，分析热环境特征，提出具体的历史环境整治措施，创造最适宜保护建筑遗产的自然和人文环境。

基于数字化分析的辽宁前清建筑遗产区域整体保护方法是非常科学的，可以整体保护前清建筑遗产的历史背景和文化脉络及其协调关系，完整保护前清建筑遗产的价值及其载体，并可以从大尺度空间网络角度对遗产地整合保护并进行研究分析，不仅为文化遗产保护领域提供了新的视角，有利于中国遗产保护体系的完善和拓展，同时对振兴东北地区城乡经济和生态环境保护，都具有突出和典型的意义。

第 2 章

建筑遗产火灾的数字化分析与保护

在我国历史上有很多的古代建筑毁于火灾，据有关资料显示，中华人民共和国成立后的 55 年里，我国有数百座古代建筑遭受过不同程度的火灾破坏，古人留下的许多珍贵文物古迹化为灰烬而不复存在，其损失无法用金钱估量。由于古建筑自身因素和人为使用的多样性，造成起火的原因复杂。据对 20 世纪 50 年代以来古建筑火灾原因的分析表明，人为因素占 76.31%，非人为因素占 17.11%。因管理原因导致的火灾占 31.7%，因使用问题导致的火灾占 45.1%，能够及时发现扑救的仅占 7.1%。调查发现，80% 以上的古建筑火灾均由小火引起，理论上应是能够被发现并扑灭的，而之所以酿成重大灾难事故，除了人们消防意识的淡薄和管理松懈外，消防设施落后、设备设置不到位，是造成火灾扩大的重要原因。因此，如何应用现代消防技术，结合我国古建筑现状特色和地方民情，在经济适用前提下构建古建筑火灾预防和扑救的双层保护体系，成为我国古建筑保护的一项当务之急。

本书以清福陵为例，进行辽宁前清建筑遗产的火灾数字化分析与保护研究。

2.1 清福陵火灾隐患的现场勘察

2.1.1 清福陵的建筑特点和火灾隐患

1. 1962 年清福陵的大火

当年，皇太极为父亲努尔哈赤修建了福陵，沈阳人习惯称之为东陵，康

熙年间福陵内又修建了陵内最高建筑物大明楼，恭镌太祖高皇帝谥号碑于其中。从辽宁省档案馆、沈阳市城建馆等多方了解到，令人惋惜的是，历经了数百年的福陵在 1962 年遭遇了一场火灾，而被这把大火焚到只剩下断瓦残垣的正是大明楼及楼内石碑。直到 20 年后的 1982 年，福陵明楼这座典型的清朝初期木结构建筑才得以重修（图 2-1）。

福陵明楼，又称“大明楼”，于康熙四年（1665 年）三月修建，楼为二层，高约 15 m，下部是 6 m 高的方形台基。楼内正中竖立一座巨大的汉白玉石碑——圣号碑，碑文为康熙皇帝手书。据了解，明楼建成 300 年间曾大修过六次，从乾隆开始，在嘉庆、道光年间都曾多次维修过，最后一次是在光绪十七年（1891 年）。中华人民共和国成立后，沈阳市政府对福陵景点进行建设，1959 年 11 月 9 日，中共沈阳市委指示扩建福陵公园。1963 年，福陵被列为辽宁省重点文物保护单位。不过，就在成为省级文保单位的前一年，福陵发生了一场大火，损失最严重的就是大明楼。明楼本身被全部烧毁，楼内“太祖高皇帝之陵”石碑也被烧碎，只剩下明楼座台台基（图 2-2）。

火灾之后明楼只剩下残垣断壁，直到 1982 年底重建修复完成，经历了整整 20 年。1982 年 2 月，沈阳市公园管理处成立古建维修队，并请老工匠、工种齐全的新金县瓦窝建筑工程队协助，开始修复施工。虽然原则是“修旧如旧”，但是其中也有一些改动，比如将明楼的檐柱深入墙体的隐蔽部分由木

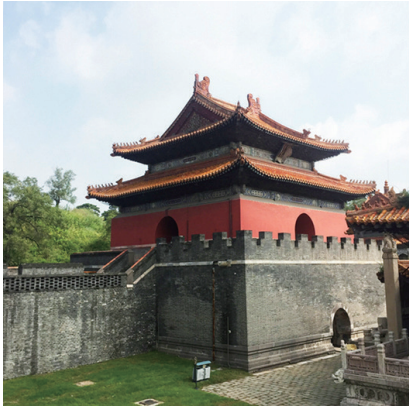

图 2-1　大明楼

图 2-2　大明楼 1962 年火灾后

（资料来源：腾讯网）