


# 西藏罗布林卡壁画 保护修复工程报告

李最雄 汪万福 杨韬 马赞峰 陈锦 马宜刚 编著

 文物出版社



# 西藏罗布林卡壁画 保护修复工程报告

李最雄 汪万福 杨韬 马赞峰 陈锦 马宜刚  
编著



 文物出版社

北京·2015

封面设计 周小玮  
责任印制 张道奇  
责任编辑 杨新改

### 图书在版编目 (CIP) 数据

西藏罗布林卡壁画保护修复工程报告 / 李最雄等编著. —北京:  
文物出版社, 2015. 8

ISBN 978 - 7 - 5010 - 4337 - 8

I. ①西… II. ①李… III. ①罗布林卡 - 寺庙壁画 - 保护 -  
研究报告②罗布林卡 - 寺庙壁画 - 修缮加固 - 研究报告  
IV. ①K879. 41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 147277 号

## 西藏罗布林卡壁画保护修复工程报告

李最雄 汪万福 杨 韬  
马赞峰 陈 锦 马宜刚 编著

\*

文物出版社出版发行  
(北京市东直门内北小街2号楼)

<http://www.wenwu.com>

E-mail: [web@wenwu.com](mailto:web@wenwu.com)

北京宝蕾元科技发展有限公司制版  
北京京都六环印刷厂印刷  
新华书店经销

889×1194 1/16 印张: 14.5 插页: 1

2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷

ISBN 978 - 7 - 5010 - 4337 - 8 定价: 260.00 元

本书版权独家所有, 非经授权, 不得复制翻印

# **Report on Wall Painting Conservation and Restoration Project of Norbulingka Palace, Tibet**

*Compiled by*

Li Zuixiong   Wang Wanfu   Yang Tao

Ma Zanfeng   Chen Jin   Ma Yigang

Cultural Relics Press

Beijing • 2015

## 前 言

为期五年的西藏三大重点文物保护单位维修工程——布达拉宫、罗布林卡、萨迦寺维修工程是党中央、国务院在第四次西藏工作座谈会上确定的 117 个重点援藏项目之一，是继 1989 ~ 1994 年国家财政安排拨款专项对布达拉宫进行第一期维修后，在西藏古建筑、壁画保护维修史上投资最多、规模最大的文物保护单位维修工程。

为了确保工程的顺利实施，加强对工程的组织领导和管理工作，由国家发展与改革委员会、财政部、文化部、国家民委、国家文物局、国家宗教局、西藏自治区人民政府组成“省（部）级领导联席会”，负责处理西藏三大重点文物保护单位维修工程重大事项，并及时向国务院报告工程进展情况。设立了由西藏自治区党委、政府和国家文物局领导以及国家发展与改革委员会社会发展司、财政部教科文司，西藏自治区党委宣传部，西藏自治区人民政府办公厅、发展与改革委员会、财政厅、文化厅、民宗委、公安厅、建设厅、文物局、消防总队等部门负责人组成的“西藏三大重点文物保护单位维修工程领导小组”，领导小组负责指导工程的组织实施，按计划完成任务，确保工程质量，并向中央有关部门汇报工作。该领导小组下设办公室，作为三大工程的项目法人单位，具体负责工程的组织实施，向工程领导小组及时汇报工作进展。同时分别设立了布达拉宫、罗布林卡、萨迦寺三个工程指挥部，负责工程现场施工质量、进度监督、管理及文物搬迁保护等相关工作，并向工程办公室报告工作。敦煌研究院也成立了“敦煌研究院西藏三大重点文物保护单位维修工程壁画保护修复项目领导小组”，领导小组下设办公室，具体负责日常事务。全国政协委员、敦煌研究院院长樊锦诗研究员任组长，副院长李最雄研究员任副组长和项目总负责。

罗布林卡是全球海拔最高、规模最大、保存最完整、融合了藏汉以及其他民族特色的园林建筑艺术的杰作，俗称拉萨的颐和园。“罗布林卡”藏语意为“宝贝公园”。18 世纪中叶七世达赖在此修建正式宫殿格桑颇章，名为罗布林卡，自此成为历世达赖处理政务和进行宗教活动的夏宫。整个园林由格桑颇章、金色颇章、达旦明久颇章等几组宫殿建筑组成，每组建筑又分为宫区、宫前区和林区三个主要部分，占地面积约为 360 万平方米。园内有植物 100 余种，不仅有拉萨地区常见花木，而且有取自喜马拉雅山南北麓的奇花异草，还有从内地移植或从国外引进的名贵花卉。现今罗布林卡是藏族人民欢度传统节日“雪顿节”的重要场地，不仅是藏族同胞心中的圣殿，在全国各族人民心中也具有极其崇高的地位。

罗布林卡的壁画，是这一宫殿建筑群重要的组成部分。因罗布林卡地理位置独特，壁画的制作过程、材料、工艺及周围小环境具有其独有的特色，为了做好罗布林卡的壁画保护修复工作，

我们在总结敦煌研究院近六十年来在石窟壁画修复中取得的成功经验和教训的基础上,本着对文物高度负责的精神,在慎之又慎的前提下,加大了对文物保存现状的调查、评估和前期研究力度。罗布林卡壁画的修复过程共分三个阶段进行。

第一阶段为壁画保存现状调查阶段。自2000年接到西藏三大重点文物保护维修工程项目后,敦煌研究院对该项工程高度重视,组织由壁画保护修复、考古、环境、摄影、测绘等领域的专家和技术人员组成专家组,共同研讨制定修复方案。2000~2001年,专家组成员对罗布林卡所有殿堂壁画保存状况进行了详细调查,完成了“西藏罗布林卡壁画病害调查情况的汇报”,全面了解和摸清了罗布林卡壁画病害的特征。调查结果表明,罗布林卡11个殿堂病害壁画总面积908.6m<sup>2</sup>,其中空鼓壁画807.6m<sup>2</sup>,起甲壁画63.2m<sup>2</sup>,酥碱壁画7.4m<sup>2</sup>,烟熏壁画30.4m<sup>2</sup>,裂隙总长26m。空鼓占病害壁画总面积的88.9%,因此,罗布林卡壁画修复工作的重点是治理壁画空鼓病害。

第二阶段为壁画病害修复前期科研阶段。遵照国家文物局“在西藏三大重点文物保护维修工程中要加大科技含量,重视基础研究和新材料、新工艺的研究与推广应用”的指示精神,在前期现场调研工作和初期室内实验的基础上,敦煌研究院于2001年向国家文物局申报并获批了“西藏萨迦寺、布达拉宫和罗布林卡壁画保护修复研究”课题。该课题包括壁画保存现状调查评估、壁画原材料分析、病害机理综合分析、修复材料与工艺筛选等几个方面的研究工作。

2001年9月,在现状调查和对罗布林卡壁画制作材料分析研究的基础上,针对三大寺院壁画空鼓病害的特点,我们在敦煌莫高窟室内模拟制作了西藏壁画支撑体块石、夯土和轻质墙三种墙体,根据对壁画地仗材料、结构、制作工艺调查分析测试的结果,复制壁画地仗试块,并人为模拟空鼓等病害,对灌浆材料、工艺、方法进行全面的筛选试验。按照灌浆材料应具备无毒、无味、无腐蚀、比重小、透气性好、收缩率小、强度可调、初凝和终凝速度适中、流动性以及可灌性好等特点的要求,筛选出以PS(高模数的硅酸钾)为主剂、粉煤灰掺加适量壁画地仗材料(红色阿嘎土和白色阿嘎土)做填料、氟硅酸钠为固化剂的无机灌浆材料。这种灌浆材料具有很好的兼容性,灌浆材料的强度可通过调整主剂PS的浓度和水灰比来控制,保证灌浆材料的强度接近或略低于壁画地仗强度,满足可再处理的原则。2002年4月在敦煌莫高窟由甘肃省文物局组织的专家评估会上,专家组认为:“课题组在调查、分析、检测、研究的基础上,提出空鼓壁画的治理是当前最迫切需要解决的问题,符合实际,根据病害调查结果,初步确定空鼓壁画的修复保护应尽可能采取就地灌浆加固的方法,在建筑必须落架大修的条件下才采用揭取—加固—回贴的方法原则是正确的。筛选的灌浆材料及其相关施工工艺可行,根据西藏壁画的制作材料及工艺所制作的试验模型和设计的模拟灌浆试验、获得的测试数据基本上符合西藏壁画的实际情况,方法科学,效果良好,可以进入现场试验,并在试验中进一步完善材料配方及操作工艺,以利实际施工。”同时,专家组还对现场环境因素对灌浆材料及施工工艺的影响、灌浆材料的强度与壁画地仗强度的关系、灌浆效果检测等实施中的问题给予重视并提出了具有建设性的建议。根据专家组的建议,2002年8月,敦煌研究院与布达拉宫维修工程指挥部协商,选定布达拉宫无量寿佛殿和东大殿为空鼓壁画现场灌浆加固试验点。2003年4月28~30日,由西藏三大重点文物保护维修工程领导小组办公室和敦煌研究院邀请区内外相关专业的专家,在拉萨举行了布达拉宫空鼓壁画保

护加固现场试验评估会。与会专家认为：“根据现场试验结果，筛选出的以 PS 为主剂的 F 试块配方的灌浆材料，除其他性能指标能满足要求外，在强度上与布达拉宫墙体接近，适合该处空鼓壁画的灌浆加固，现场灌浆试验结果良好。灌浆前采用 PS 对软土层渗透加固，提高地仗与墙体疏松部位软土层强度的施工工艺与步骤，有利于保证和提高灌浆加固的质量。采用灌浆和锚固相结合的方法，不仅提高了地仗与墙体的黏结力，而且增强了壁画的整体稳定性。由于环境温度是影响灌浆效果的主要因素之一，建议必须选择适宜的季节施工，以确保灌浆材料的凝固和干燥。在块石墙上凿锚孔难度很大，应尽可能利用无损检测技术探测块石砌缝，以便将锚孔开凿于砌缝。对于疏松软土层空鼓壁画的加固，应进一步优化施工工艺。”随后，根据专家现场评估意见，又组织专业技术人员对 PS-F 系列灌浆材料进行了深入研究，并确定为正式的灌浆材料。通过室内模拟实验与现场试验相结合的方法，我们不仅筛选出了针对西藏空鼓病害壁画治理的新型灌浆加固材料，而且总结出了一套空鼓病害壁画修复加固的科学而系统的施工工艺，即：1) 除尘，2) 用探地雷达监测空鼓范围及空鼓程度，3) 钻注浆孔，4) 用内窥镜观察空鼓壁画内部状况并清除碎石等，5) 埋设注浆管，6) 灌浆，7) 支顶，8) 锚杆补强，9) 用探地雷达监测灌浆效果，10) 封堵裂缝及注浆孔，11) 补色。同时，对西藏起甲壁画修复材料及工艺、烟熏壁画清洗剂及工艺、石灰涂层清洗剂及工艺、油漆涂层清洗剂及工艺等，都进行了室内模拟实验与现场筛选试验，取得良好的保护维修效果。

第三阶段为壁画修复工程施工阶段。在前期可行性实验研究通过专家评估并建议可以进入现场施工的前提下，罗布林卡壁画保护修复工程于 2003 年 5 月进入现场，7 月正式签署合同，这标志着罗布林卡壁画保护修复工程全面开工。按照国家文物局批准的“全国重点文物保护单位西藏罗布林卡壁画保护修复方案”的要求，敦煌研究院在每个单项工程实施前，首先按照《中华人民共和国文物保护法》（2002 年）、《中华人民共和国文物保护法实施条例》、《文物保护工程管理办法》、《中国文物古迹保护准则》（2002 年）、《中华人民共和国建筑法》等以及国际文物保护宪章的要求和具体规定，会同罗布林卡维修工程指挥部对需要修复的病害壁画面积进行二次核实。在此基础上，根据壁画病害的严重程度，制定详细的施工设计，确定施工技术路线和施工管理。在保护工程实施过程中遵循严格的技术规范和已确定的施工程序。前期实验解决了壁画病害的共性问题，而对单个殿堂还需做进一步的现场试验研究。在保护实施过程中，根据壁画的具体情况，针对各自的病害特征、环境因素和现场的试验数据，及时调整修复材料的适宜配比和工艺，确认对壁画无损坏、与原材料兼容的情况下再进行使用。在具体修复过程中，根据壁画病害类型、严重程度以及所处的位置，确定合理的修复程序和技术路线，同时建立完整的保护修复档案，为今后的壁画保护及研究提供真实、详尽、规范的信息资料，保证了修复程序的科学性和合理性。施工过程中，在施工现场由专人负责，合理分工，出现问题及时商讨，必要时组织专家评估，确保了壁画文物的安全（彩版一至七）。

壁画保护修复工程中，处理好壁画保护与古建维修的关系是做好工作的重要环节之一。在罗布林卡壁画保护修复工程中，由于罗布林卡维修工程指挥部与敦煌研究院、苏州香山—拉萨古建联营体均树立了以保护文物为目的的维修理念，使这一问题得到较好的解决。具体工序是：对建

筑需要大修或墙体裂隙灌浆的工程实施点，古建部门首先报告指挥部，指挥部及时通知敦煌研究院进行三方现场勘察分析，对可能影响到壁画安全的部位先由壁画修复方进行壁画的支顶防护，或者先对壁画进行保护修复，随后进行建筑方面的工程实施。敦煌研究院在壁画保护修复过程中，如果遇到对墙体稳定性持怀疑的施工点，也会及时报告指挥部，由指挥部协调三方协商解决。同时对施工中的重大问题及时上报工程办公室，由工程办公室统一协调解决。由于在工程实施中，树立了统一领导、文物安全第一、加强合作与沟通的施工理念，不仅使文物得到及时有效的保护，而且施工方亦赢得了质量与效益双丰收。

安全重于泰山，文物安全是做好一切文物工作的基础。罗布林卡是土木结构建筑，宫殿内存有价值连城的经书、唐卡、佛像等重要文物，做好消防、防盗等安全工作是罗布林卡维修过程中的主要任务。为了做好此项工作，敦煌研究院从以下几个方面着手：一是建立健全各项规章制度。在全面落实罗布林卡各项管理制度的同时，敦煌研究院项目组制定了“施工现场内文保措施”、“施工现场消防保卫管理制度”、“施工现场安全生产管理制度”、“安全员职责”等规章制度，确保施工的安全。二是加强文物安全宣传教育，提高对文物安全重要性的认识。从开始进场，项目组就对所有人员进行安全教育，重点学习了《中华人民共和国文物保护法》、《消防法》、《安全生产条例》以及西藏自治区人民政府、罗布林卡管理处等有关文物安全方面的一系列规定。三是加强现场管理，配备消防等专业设备。在罗布林卡壁画保护修复现场，为了满足游客参观与信教群众朝拜的需要，在施工过程中许多殿堂都是开放的，这样增加了施工单位的工作难度。敦煌研究院在现场设置醒目的警示牌，增加灭火器，施工脚手架不仅全部安装安全防护网，而且全部用彩条布封护，架板全铺棉毯，保证文物和游人安全。四是建立定时检查制度。配备的现场安全员，在每日开工与收工时对电灯、电线等均需详细检查，并做好安全记录，同时对指挥部与消防大队提出的问题及时进行整改，做到万无一失。由于各项制度健全，措施落实到位，在施工期间没有发生一起文物和人身安全事故。

单项工程竣工验收是壁画保护修复工程终验的一个必需而又十分关键的环节。其基本的工作程序是在单项工程完工后，由敦煌研究院组织相关专业技术人员进行自检合格后，正式向罗布林卡维修工程指挥部提出验收申请，指挥部再组织相关技术人员、管理人员以及宫殿僧人进行初验，对工程量进行核实。对初验提出的问题，敦煌研究院进行补充完善、整改，初验通过后由指挥部在敦煌研究院提交的申请上签注意见，同意进行竣工验收。最后，工程办公室根据指挥部提出的意见，按照项目合同约定，组织由西藏三大重点文物维修工程领导小组办公室、罗布林卡维修工程指挥部、中咨监理公司西藏三大文物工程监理办公室等单位的相关技术与管理人员组成的验收组进行验收，苏州香山一拉萨古建联营体、敦煌研究院的部分代表也列席验收会。验收的一般程序是：验收会由工程办公室主持，首先由敦煌研究院项目负责人对工程概况、工程特点及解决的主要问题、修复材料的性能和配比、修复工艺流程、技术难点、修复前后对比及组织施工等进行详细的汇报，对验收组提出的问题进行解答。其次，验收组按照国家文物局批准的“罗布林卡壁画保护修复方案”及由敦煌研究院会同西藏三大重点文物保护单位领导小组办公室拟订的“西藏三大重点文物保护单位空鼓和起甲病害壁画保护修复技术规范（暂行）”的标准与要



求，对修复效果进行检查和评估，对验收组提出的问题由敦煌研究院技术负责人现场解答，最终形成验收意见。从2003年5月至2005年6月，共完成罗布林卡格桑颇章（盛世宫）、乌尧颇章（凉亭宫）、康松司伦（观戏阁）、达旦明久颇章（新宫）、辩经台等11处殿堂、门厅、回廊698m<sup>2</sup>病害壁画的保护修复任务。工程于2005年6月通过国家文物局组织的专家组的终验，这标志着由敦煌研究院所承担的工程量大、技术含量高、施工条件极其复杂的文物保护维修工程——罗布林卡壁画保护修复工程全部竣工。

壁画空鼓病害的检测一直是文物保护技术领域的一个难点，这项技术在罗布林卡壁画保护修复项目中有所突破。在病害的前期检测中我们采用了美国韦林意威特（Everest VIT）工业内窥镜有限公司生产的XL PRO型内窥镜，探测壁画空鼓部位的真实状况，以制定适宜的空鼓壁画灌浆回贴加固的工艺及方法。

在此项工程中还有一个重要内容就是为西藏培养一支当地的壁画保护修复队伍。在罗布林卡壁画保护修复工程实施过程中，罗布林卡管理处选派了一名工作人员曲扎参与壁画现状调查、灌浆加固等工作，为进一步做好罗布林卡壁画的日常维修与管理奠定了基础。由于西藏文物保护技术人才严重不足，在重视与高等院校联合培养高层次人才的同时，加大对目前文物战线从事一线技术与管理工作人员的培训也是解决人才匮乏的途径之一。

罗布林卡壁画保护修复工程的顺利实施，得到了国家发展与改革委员会、国家文物局、西藏自治区、西藏三大重点文物保护维修工程领导小组办公室、罗布林卡指挥部及敦煌研究院等单位的关怀与大力支持，国家文物局局长单霁翔、副局长童明康，西藏自治区党委书记张庆黎、政府副主席加热·洛桑丹增，工程办常务副主任陈锦、副主任常兴照、朗杰，敦煌研究院院长樊锦诗、党委书记兼副院长纪新民等领导多次亲临现场视察，协调解决工程实施中存在的问题。特别需要指出的是在工程实施的每个环节，罗布林卡维修工程指挥部副指挥长尼玛旦增等自始至终深入一线，检查指导工作，协调解决存在的突出问题。所有这些都是工程能够保质保量顺利完成的组织保障。

罗布林卡壁画保护修复工程是一个具有挑战性和里程碑式的文物保护修复项目。项目的成功实施，是西藏寺院壁画保护修复的科学典型，将对西藏寺院壁画乃至整个西部地区的寺院壁画保护产生深远影响，具有明显的指导意义。工程不仅很好地贯彻执行了《中国文物古迹保护准则》的要求，而且经过了现状调查、前期实验研究和工程实施三个阶段，前后花费六年时间，在灌浆材料、工艺流程、监测技术手段等方面均取得突破性进展，是我国文物保护技术领域的原创性成果，对我国乃至国际文物保护技术的发展和文物保护理论的完善具有积极意义。

# 目 录

## 前言

## 保护研究篇

第一章 项目背景 .....	3
第二章 价值评估 .....	4
(一) 罗布林卡的历史沿革 .....	4
(二) 罗布林卡的构成及概况 .....	5
(三) 罗布林卡建筑美学与科学价值 .....	7
(四) 罗布林卡的艺术价值 .....	9
(五) 罗布林卡的博物馆价值 .....	9
第三章 现状调查 .....	10
第一节 文物赋存环境特征 .....	10
(一) 拉萨地区气候环境特征 .....	10
(二) 殿堂微环境特征 .....	11
第二节 壁画病害类型 .....	13
(一) 壁画空鼓 .....	13
(二) 壁画龟裂、起甲 .....	13
(三) 壁画酥碱 .....	13
(四) 壁画画面污染 .....	14
(五) 壁画大面积脱落 .....	15
(六) 壁画裂隙 .....	15
(七) 壁画病害的分布 .....	15
第三节 壁画制作材料分析 .....	19
(一) 壁画地仗支撑体与地仗材料分析 .....	19
(二) 颜料分析 .....	19
第四节 壁画制作工艺 .....	20
第五节 壁画病害成因的初步分析 .....	21

(一) 起甲病害 .....	21
(二) 空鼓病害 .....	21
(三) 环境因素的综合影响 .....	22
<b>第四章 前期实验研究 .....</b>	<b>23</b>
<b>第一节 罗布林卡壁画墙体结构特征 .....</b>	<b>23</b>
(一) 罗布林卡壁画墙体结构 .....	23
(二) 阿嘎土的物理化学性质 .....	24
(三) 阿嘎土的力学性质 .....	28
<b>第二节 空鼓壁画修复材料选择 .....</b>	<b>30</b>
(一) 空鼓壁画注浆材料筛选试验 .....	31
(二) 注浆材料特性试验 .....	38
(三) 注浆效果检测 .....	44
(四) 小结 .....	47
<b>第三节 起甲壁画修复材料及工艺研究 .....</b>	<b>47</b>
(一) 起甲壁画修复材料筛选 .....	47
(二) 起甲壁画修复工艺 .....	53
(三) 起甲壁画修复现场试验 .....	54
<b>第四节 小结 .....</b>	<b>55</b>

## 保护修复篇

<b>第五章 罗布林卡壁画保护修复工程设计说明 .....</b>	<b>59</b>
(一) 设计依据 .....	59
(二) 设计原则 .....	59
(三) 工程规模与计划进度 .....	59
(四) 材料与工艺 .....	59
(五) 施工 .....	65
(六) 附则：壁画病害图示 .....	66
<b>第六章 罗布林卡壁画保护修复工程技术总结 .....</b>	<b>67</b>
(一) 对壁画空鼓病害的治理 .....	67
(二) 对起甲壁画的修复 .....	69
(三) 壁画揭取回贴技术 .....	70
(四) 检测技术的应用 .....	72
<b>第七章 罗布林卡壁画保护修复工程实施 .....</b>	<b>73</b>
(一) 辩经台 .....	73
(二) 乌尧颇章 .....	77

---

(三) 习经室 .....	86
(四) 吉美曲溪 .....	93
(五) 格桑德吉 .....	105
(六) 格桑颇章 .....	116
(七) 内马厩门廊 .....	122
(八) 西龙王宫 .....	126
(九) 达赖书库 (准增颇章) .....	134
(一〇) 金色颇章 .....	142
(一一) 玛尼拉康 .....	150
(一二) 康松司伦 .....	153
第八章 罗布林卡壁画保护修复项目大事记 .....	159
附录	
附录一 国家文物局关于同意将“西藏萨迦寺、布达拉宫和罗布林卡壁画修复研究” 课题列入 2001 年度文物保护科研课题的通知 .....	163
附录二 相关研究成果一览 .....	164
参考书目 .....	166
后记 .....	172



# Contents

## Preface

### Part of Research for Conservation

<b>Chapter 1</b>	<b>Project Background</b>	3
<b>Chapter 2</b>	<b>Value Assessment</b>	4
	(1) History of Norbulingka	4
	(2) Composition and General Situation of Norbulingka	5
	(3) Architectural Aesthetics and Scientific Value of Norbulingka	7
	(4) Artistic Value of Norbulingka	9
	(5) Value of Museum in Norbulingka	9
<b>Chapter 3</b>	<b>Status Survey</b>	10
	1. Cultural Relics Attached Environmental Characteristics	10
	(1) The Climate Characteristic of Lhasa Area	10
	(2) Microenvironment Characteristics of the Palaces	11
	2. Deterioration Types of Wall Paintings	13
	(1) Detachment of Wall Paintings	13
	(2) Cracks and Flaking of Wall Paintings	13
	(3) Disruption of Wall Paintings	13
	(4) Pollution on Wall Paintings	14
	(5) Large Loss of Wall Paintings	15
	(6) Cracking of Wall Paintings	15
	(7) Distribution of Mural Deteriorations	15
	3. Analysis of Mural Materials	19
	(1) Analysis of Render's Support Layers and Materials	19
	(2) Analysis of Pigments	19
	4. Technology of Wall Paintings	20
	5. Preliminary Analysis of Deterioration Causes	21

(1) Flaking Deterioration .....	21
(2) Detachment Deterioration .....	21
(3) Comprehensive Influence from Environment .....	22
<b>Chapter 4 Preliminary Experiments Study .....</b>	<b>23</b>
1. Wall Structure Characteristics of Norbulingka Murals .....	23
(1) Wall Structure of Norbulingka Murals .....	23
(2) Physical and Chemical Properties of O honk Soil .....	24
(3) Mechanical Property of O honk Soil .....	28
2. Selection of Restoration Materials for Detached Murals .....	30
(1) Screening Experiment of Grouting Materials for Detached Murals .....	31
(2) Experiment of Grouting Materials' Peculiarity .....	38
(3) Grouting Efficiency Test .....	44
(4) Brief Summary .....	47
3. Research of Restoration Materials and Conservation Technology of Flaked Murals .....	47
(1) Selection of Restoration Materials for Flaked Murals .....	47
(2) Restoration Technology for Flaked Murals .....	53
(3) Field Experiment for Flaked Murals Restoration .....	54
4. Brief Summary .....	55
 <b>Part of Restoration for Conservation</b> 	
<b>Chapter 5 Design Instruction for Conservation Project of Norbulingka Murals .....</b>	<b>59</b>
(1) Design Basis .....	59
(2) Design Principles .....	59
(3) Project Scale and Planning Schedule .....	59
(4) Materials and Technologies .....	59
(5) Construction .....	65
(6) Supplementary Articles: Graphical Representation of Mural Deteriorations .....	66
<b>Chapter 6 Summary of Conservation Techniques for Norbulingka Murals .....</b>	<b>67</b>
(1) Treatments for Detached Murals .....	67
(2) Treatments for Flaked Murals .....	69
(3) Reattaching Technology for Murals .....	70
(4) Application of Testing Technology .....	72
<b>Chapter 7 Implement of Conservation Project for Norbulingka Murals .....</b>	<b>73</b>
(1) Sutra-debating Terrace .....	73
(2) Palace Wu Yao Po Zhang .....	77

(3) Sutra-studying Chamber .....	86
(4) Palace Ji Mei Qu Xi .....	93
(5) Palace Ge Sang De Ji .....	105
(6) Palace Ge Sang Po Zhang .....	116
(7) Porch of Internal Stable .....	122
(8) Palace of Western Dragon King .....	126
(9) Library of Dalai (Palace Zhun Zeng Po Zhang) .....	134
(10) Palace Jin Se Po Zhang .....	142
(11) Subsidiary Palace Ma Ni La Kang .....	150
(12) Big Gate Kang Song Si Lun .....	153
<b>Chapter 8 Chronicle of Events for Conservation Project of Norbulingka Murals .....</b>	<b>159</b>
<b>Appendix</b>	
Appendix 1 Notified by State Administration of Cultural Heritage on Consenting to Put the Program “Mural Restoration Research of Sakia Temple, The Potala Palace, Norbulingka in Tibet” into the List of Cultural Heritage Conservation and Scientific Research Programs of 2001 .....	163
Appendix 2 List of Scientific Achievements Concerned .....	164
<b>References .....</b>	<b>166</b>
<b>Postscript .....</b>	<b>172</b>

# 保护研究篇



