

浅谈古建筑修缮中的技术探索 ——以乾元阁抢险修缮工程为例

Exploring Technical Solutions for Heritage Architecture Restoration:
A Case Study on the Emergent Conservation of the Belvedere of Qianyuan

张典 王辉 曹晓丽

Zhang Dian Wang Hui Cao Xiaoli

故宫博物院
The Palace Museum

Journal of Gugong Studies 2018 Vol.19

故宫学刊

二〇一八年 总第十九辑

故宫出版社 | The Forbidden City Publishing House

浅谈古建筑修缮中的技术探索

——以乾元阁抢险修缮工程为例

Exploring Technical Solutions for Heritage Architecture Restoration: A Case Study on the Emergent Conservation of the Belvedere of Qianyuan

张典 王辉 曹晓丽

Zhang Dian Wang Hui Cao Xiaoli

内容提要:

故宫博物院对乾元阁的修缮保护，在采用传统修复方法的同时，也在重要部位借助了科技分析的手段，并在部分区域进行了试验性修复，例如对威胁建筑稳定性的西侧承重大梁进行的科学抢险保护，以及对建筑琉璃宝鼎的试验性修复。本文通过对这两个部分进行具体的分析和记录，横向比较了针对相关问题常用的技术手段和修复方法，尝试分析了其各自的特性。

关键词:

古建筑 乾元阁 大梁 宝鼎 修缮 技术

ABSTRACT:

While adopting conventional approaches in preserving and restoring the Belvedere of Qianyuan, the Palace Museum also applies scientific technologies to analyze conditions of key parts of this historical building, and chooses certain parts for experimental repair. Take, for example, the emergent protection and conservation of the western load-bearing beam threatening the entire stability of the architecture, and the experimental conservation of the glazed spherical top. Through careful analysis of the conservation procedures of the two architectural components, the essay compares commonly adopted technical approaches to relevant issues, and tries to examine the characteristics of each solution.

KEYWORDS:

heritage architecture, Belvedere of Qianyuan, beam, spherical top, restoration, technique

自故宫博物院收回了大高玄殿古建筑群产权后,先期启动了乾元阁修缮保护计划,笔者参与了前期的勘察工作,并作为项目负责人主持大高玄殿乾元阁的修缮保护工作。现拟结合相关实例,对乾元阁修缮保护工程中的技术探索进行讨论。

一 建筑形制、沿革及残损状况

大高玄殿位于紫禁城神武门西北方向,东面隔街与景山相望,西接北海东岸建筑,南临紫禁城北护城河岸,北止景山西“山里右门”到北海陟山门东西连线前。该建筑群呈南北向长方形,占地1.38万平方米,现存古建筑面积3308平方米。〔图1〕

大高玄殿建筑群现存共五进院落。第一、二重山门均为绿琉璃瓦盖顶的仿木结构券洞式大门,各有门洞三座。第二座山门的后面,为一座过厅式的大门,歇山黄琉璃瓦顶,门上高悬“大高玄门”四个大字。大高玄门两侧各有钟鼓楼一座,后面是一座重檐庑殿顶建筑,即大高玄殿。该建筑面阔七间,黄琉璃瓦盖顶,殿前有月台,殿的两侧各有配殿五间。大高玄殿后殿是一座面宽五间的绿琉璃瓦黄剪边庑殿建筑,殿前悬匾额,上书“九天应元雷坛”六个大字。雷坛两侧各有绿琉璃瓦覆顶的配殿。雷坛之后便是乾元阁。

乾元阁独特的建筑形制为国内仅见。外观为上圆下方两层阁楼,进入后可发现实际为三层结构。上层平面呈圆形,室内尽高约为4米(本文中室内尽高指实际使用高度,即地板上皮至天花下皮)。屋顶为圆形攒尖顶,覆以五样蓝琉璃瓦,象征“天”。下为方形,边长15米,尽高约为5米。屋顶覆以五样黄琉璃瓦,象征“地”。上下两层之间藏一庑座暗层,尽高约为2.7米,此层在建筑构架上将底层方形梁架转换为上层的圆形柱网结构。该建筑现存上、下两块牌匾,上为“乾元阁”,下为“坤贞宇”。由于建筑整体为阁楼形制,一般以“乾元阁”称之,而将阁楼的下半部分习称为“坤贞宇”。

从现有建筑残存可见,坤贞宇面阔三间,明间设四抹隔扇门,次间为槛窗。檐下施以单翘重昂五踩斗拱,绘金龙和玺彩画。明间上部悬挂满、汉两种文字书写的云龙斗匾“坤贞宇”。基础为汉白玉须弥座,四周围以三幅云宝瓶栏杆,龙鹤望柱头,明间前出御路踏跺,中间丹陛雕刻龙凤、仙鹤图案。内部井口天花,方砖铺地,有木楼梯转折通往二层。二层设平座及周围廊,以八根圆柱分隔,环护以荷叶宝瓶杈杖栏杆。檐下施以重昂五踩斗拱,绘金龙和玺彩画。南面正中悬挂用满、汉两种文字书写的云龙斗匾“乾元阁”。前面五楹每间以隔扇门窗装修,三交六椀菱花格棂心。北面三楹为木板墙。室内为团龙井口天花,顶部有盘龙藻井,披麻加漆木地板。阁内后部现存木质神龛一座。圆形八面,毗卢帽顶,后五面是木板,前有垂幔。龛内又置一圆形小亭,六面攒尖顶,有重

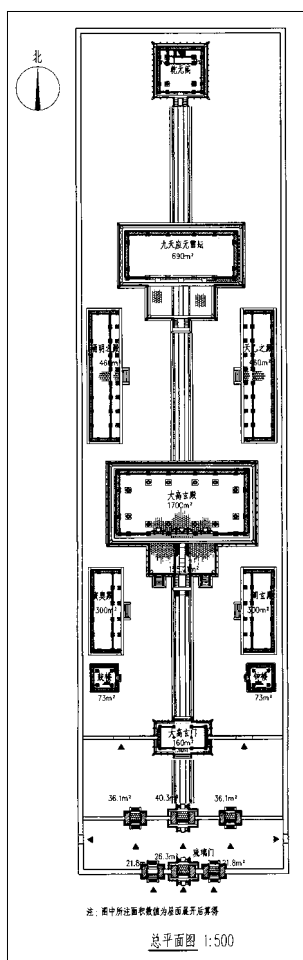


图1 大高玄殿平面图

昂七踩斗拱，每间四攒，四周置栏杆，下部为木须弥座，十分精美。

关于大高玄殿的修缮，明确提到乾元阁修缮之事的文献记载，较早见于雍正七年八月的一份奏销档中：“十八日奏。总管内务府谨奏：为遵旨修理事。雍正七年闰七月十一日……臣详加查勘得：于大高殿南栅栏两侧，增砌看墙，两侧接墙拿梁砌筑，覆琉璃瓦，牌楼加支撑，大高殿、雷坛殿、无上阁（即乾元阁）、庀殿及其房屋等处，粘补修理，脱落之石灰找补夹灰，照旧样粘补油画，补漫院砖，两侧大墙，以红砖补漫刷浆。工程需用银八千六百五十二两七千四分六厘。殿内供奉玉皇等众神，俱谨上色油画见新，龕、供桌亦油画见新，需用银三千二百八两一钱五分七厘；至于修理所用琉璃瓦，除向工部取用外，共计用银一万一千八百六十两九钱三厘，欲向广储司取用，修理悬挂欢门及幡时，交广储司等兴工，俟修理完毕，令道士等办吉祥道场九日。为此谨奏。”¹可知，此次修缮中，仅对乾元阁等处房屋进行粘补修理，脱落石灰找补，并照旧样粘补油画，从修缮保护的角度来看，该工程应属日常维护范畴。

乾隆一朝，土木繁兴，很多宫殿都在这一时期或被拆除，或被改造。根据奏销档记载，“乾隆八年五月初四日，（海望、三和谨奏）……大高殿前添建四柱九楼牌楼一座，拆去栅栏门一座，看墙二堵。自大山门至无上阁中一路甬路、散水换漫新砖，两边甬路散水即将本工旧砖改砍铺满。其余海漫俱拆去，铺垫黄土。并将无上阁（乾元阁）前东西配房四，连雷坛殿、前大殿两山值房俱行拆去”²。此次拆改后，乾元阁周边环境大致与今所见相同。

通过文献可知，乾元阁自建成以来历经多次修整保养。然进入民国后，由于大高玄殿建筑群长期为军方占用，其在使用过程中对建筑形制虽未有大动，但仍有不少改造之处。

由于乾元阁长期未被纳入文物部门的保护监测范围内，各建筑外檐装修部分改造尤为突出。坤贞宇隔扇几乎不存。勘察中仅发现其中一堂隔扇被长期堆弃于建筑夹道之中，为后期补配提供了依据。〔图2至图6〕而建筑材料也普遍存在老化、变质、腐朽、性能丧失等问题，木结构年久失修，约束力降低，刚度不足，致使部分构件挠度过



图2 弃至夹道堆放的隔扇



图3 清出乾元阁北临建房下煤渣中所埋琉璃瓦完整件



图4 乾元阁北临建房下煤渣中所埋琉璃瓦完整件装车



图5 乾元阁北临建房插入建筑墙体，堆煤渣，其中埋琉璃瓦



图6 清理乾元阁与城墙夹道

¹ 中国第一历史档案馆藏奏销档 177—214 长编 69267，奏为修理大高殿估需工料银两事折

² 奏销档 209—006，奏请领取大高殿修缮工程所用银两折。此次改造后发生的变化，对照康熙《衙署图》和乾隆《京城全图》亦可以清晰看出。

大,建筑稳定性减弱。彩画褪色起甲。望柱、栏板、排水龙头等构件缺失伤损。根据前期测绘,发现建筑二层8根金柱已有5根外倾,已出现反向侧角。平座斗拱外倾,最大处达到12厘米。琉璃宝顶开裂,部分缺损,存在釉面脱落的情况。

为排解该建筑整体结构的危险和隐患,保证建筑的完整性,我们多次进行专家论证。对大梁的加固修复,我们进行了力学测算,并对试样作了物理实验;对建筑宝顶的修复我们也进行了新的尝试。以下将以此两项修缮内容为例,分析修缮过程中我们所做的一些技术探索。

二 大梁加固

(一) 残损细节

乾元阁二层8根金柱已有5根外倾,出现反向侧角。平座斗拱外倾,最大处达到12厘米。在卸去屋面荷载详查隐蔽部位后发现,支撑二层金柱的4根大梁已出现沉降,南侧最大沉降为5厘米,东侧大梁为4厘米,北侧为6厘米,西侧大梁尤甚,沉降超过8厘米。四根木梁均出现弯曲、劈裂、拔榫、梁底压溃等损伤现象。

(三) 修缮目的

为防治建筑二层结构继续倾斜,加强乾元阁建筑稳定性,需对大梁进行加固处理,以防止梁底压溃范围继续扩展,降低大梁挠度,提高木梁承载力。

(三) 修缮方式

关于大梁的加固,通常有数种方式:

(1) 支顶。通常情况下,当建筑大梁下沉,引起屋面变形或威胁到建筑结构稳定时,最常使用的是利用加柱支顶的方式来分担大梁承重,对结构进行加固。支顶的方式,根据需修缮的大梁位置不同,有长短之分。为尽可能不破外建筑可见外观,若承载力不足的不是最下方的大梁,通常会将支顶柱架在下层梁架之上,如此使天花以下可见部分无改变。此修缮方式可见于紫禁城太和门、2004年太和殿修缮等工程中。另外,2009年在慈宁宫正殿七架梁修缮时,由于与天花梁距离较近,直接采用在天花梁和五架梁之间加墩的做法,以及20世纪50年代对午门城楼的修缮中,在五架梁中段加片梁和木质斜撑的方式,将三架梁重量部分直接传递至与天花梁相叠的管脚梁上等方式,都与此异曲同工。当然,也有初期采用支顶方式,后来随着损伤加剧,不得不以建筑整体构架为重,撤换掉原有大梁的情况。如武英殿正殿明间东一缝的五架梁原所用木材截面较小,跨度过大,致使在长期承重的过程中挠度愈大。在1956年修缮时,采用以两根梅花柱通高支顶的方式帮助其受力,并变相减小了大梁跨度。然而在2002年再次修缮时,发现该五架梁在之后的50多年里,依然持续形变,且有加剧之态,梁内也已糟朽,在现有材料不能满足新梁体制作时,遂选用材性相近的松木以钢芯拼合梁做法替换。

(2) 替换。简而言之就是将已无法再保证结构受力的木构件从建筑上取下,用与之相同或材性相近的木

料,按其形制外观新做该构件,安放到原位置。此方法的优点是由于它的选料经过精挑细选,在受力方面最大可能地保证了文物建筑的结构稳定。当然,缺点也显而易见:首先,它对建筑本身的扰动较大,特别是当需要更换的是主要承重构件的话,往往需要对建筑进行挑顶、局部进行落架维修。然而,本着对文物建筑修缮应遵循的最小干扰原则,如果不是急需对建筑本体进行结构性修缮,通常是避免将建筑挑顶大修的。其次,它将造成至少关于此构件的历史信息的缺失。虽然与保存整体建筑的诸多历史信息相比,换构件无疑为抓大放小的举措,然而,如果能用其他方法满足其受力承重功能,我们通常会尽可能的保存原构件。

在乾元阁大梁加固的修缮过程中,考虑到该建筑主要梁架结构均为楠木材质,方案确定格外小心。在确定修缮方式之前,通过力学测算,先选定了几种备选方案,并用材性相似的木材制作了试样,进行了木梁抗压试验、木梁下加钢筋、加钢板等试验。通过前后七次的试验结果比对,综合考虑对其他构件的干预程度,才最终选定了修缮方案:

对开裂程度大于 2cm 的裂缝,先用传统方式,榫缝填实,再用环氧树脂灌实。小于 2cm 的缝隙,直接灌缝填实加固。水平通缝先以抱箍方式用螺栓加固,于梁下与抱柱之间垫钢板,再用扁铁拉结,调整挠度。然后,适度调整沉降,减小对上部结构的影响——木结构建筑构件在长期的内外力影响下,会缓慢形变,直至临界值发生险情,或带来结构性损伤。而此形变过程绝不会是单独发生在某一个或几个构件之上。因此,如果将某一个构件强行调至初始位置或完全恢复原形,都会造成其他一系列构件无法榫卯相接。最后,为防止木梁底部压溃范围继续发展,在大梁两端端头使用钢套,从两侧卡住梁端,钢套箍与底面垫板用钢带牵拉固定,起到保护和承托、拉结作用。以上整修工序之后,梁体做防腐、防虫、防霉处理。此做法主要用于东、西、南三根承重梁上,北侧由于变形不大,且有栈板、间柱支撑,故未添加垫钢板等工序,只做抱箍补强。虽然,也许这并不算最传统的古建修缮方式,但有了科学的计算方法,对结构稳定性的保护就有了更可靠的量化依据。有了对材料的发展和利用——铁靴、钢板、环氧树脂等,在尽最大可能保留原始构件的基础上,对建筑观感的保护也能同时兼顾。这是此次抢险修缮过程中,传统与科学实验相结合的典型案例,也是现阶段古建修缮中已较为成熟的方式,类似情况已在诸多修缮工程中普遍使用。〔图 7 至图 9〕

此次修缮在大梁挠度已经过大,且出现拔榫,甚至劈裂,沉降达到 8 厘米等严峻情况下,既未支顶(不破坏原建筑形制),也未将其替换,而是通过反复的结构计算及多次力学试验确定后,用特殊的、可逆的加固和套铁靴方式,将其完整地保留了下来,在保护历史信息和保护建筑原始观感两方面,都取得了成效。〔图 10〕



图 7 采用材性相近的木料制作试样



图 8 采用多种加固方式进行试验



图 9 试验加固方式的力学强度



图 10 加固中的乾元阁大梁

三 宝顶修复

(一) 残损细节

乾元阁琉璃宝顶〔图11〕做工精美,黄色釉面,历经数百年,色泽依然靓丽。它围长3.9米,直径1.24米,高1.03米,内有8道肋,厚约8cm,中部设孔4个。表面釉面有剥落,体表有明显碰撞痕迹。裂纹、暗纹随处可见。

(二) 修复目的

排除险情,防止因自然外力劈裂或剥落的可能。修复其残损裸露胎体,防止雨水等继续冻融侵蚀,恢复其原有外观。

(三) 修复方式

长久以来,针对残损琉璃构件,依据损伤程度,通常采用以下处理方式:

(1) 裸胎。瓦件承载着自然界的风吹日晒,雨打雷劈。它是建筑中极易风化损坏的构件之一。但由于其本身的胎体、釉面、形制等也承载着无数历史信息,在我们的保护工作中,不到万不得已,一般不得轻易以新件更换。为了保留这些蕴含丰富历史信息的构件,在维修过程中总是坚持着“最小干预性”的原则。如果遇到瓦件脱釉严重,但胎体非常完好(外形及质地),为了保留土质及烧制技术等信息,有时候也会酌情经过除污后施涂防风化涂料继续使用。

当然,在裸胎使用之前,首先会针对构件表面污染严重的情况使用物理方法、软介质喷砂方法进行清洗。针对断裂琉璃构件以及风化严重的现象,对其使用有机硅强化剂进行渗透加固。或对之前有过修补的大型琉璃构件,剔除已锈蚀的旧铜子,在断面安装重新安装不锈钢芯子和铜子,保留其原始外观形态。最后涂刷憎水剂进行防水保护。

(2) 复烧。有文献记载,乾隆四十年(1775)在对紫禁城内雨花阁进行修缮时,就曾对4593块剥釉琉璃瓦件进行施釉重烧¹。在《乾隆会典则例》²中规定:“用旧琉璃色釉脱落重新挂釉,照前定例价值铅斤,俱七折覆给”,嘉庆年间的《钦定工部续增则例》³也有类似的规定:“用旧琉璃色釉脱落重新挂釉照定例价值,铅肋俱七折核给”,可见在清代对剥釉琉璃瓦件进行施釉重烧已经成为一种常规的做法。但是当时施釉重烧的具体做法以及重烧后的质量效果,文献没有记载,目前即使采用现代科技方法,对此也难以进行揭示和加以验证。在近些年的古代琉璃构件保护工作中,山西古建所曾做过施釉重烧的尝试,北京颐和园管理处也做过类似的探索,故宫博物院古代琉璃构件保护与研究课题组也为此做了专项研究,对剥釉机理和施釉重烧问题进行了

1 《奏销档》乾隆四十年五月十六日奏案 05—0319—070。

2 《乾隆会典则例》卷一二八《工部营缮清吏司物料》。

3 《钦定工部续增则例》卷九嘉庆二十四年(1819)刻本。

初步的研究。¹虽然仍有部分问题有待研究的深入,但在可期的未来,在琉璃构件的保护方面可以更加科学、合理的继承和发展这项传统的修缮技艺。在此次修缮中,由于考虑到构件体大,单件形态各异,量少且无法代替或复制,因此未尝试此种方式。

(3) 更换。屋顶上的琉璃构件,除了美观和彰显等级形制而外,对建筑来说,最大的功能就是防水,它是保护木结构不受雨水侵蚀的第一道屏障。当瓦件的功能性随时间推移,已经消失殆尽。而同批同类瓦件有以科学方式留下遗存信息时,为了保证建筑的结构主体的安全性,使文物建筑整体能够延年益寿,也会酌情采取更换的方式。此方法优点在于对建筑主体有排险安保之功,缺点是在一定程度上丢失了部分历史信息的遗存。因此,使用此法往往慎之又慎。

在此次修缮工作中,由于乾元阁宝顶构件体大量少,胎体虽有小部分受损,但仍未全部丧失其功能性。既不适合复烧,也不应更换,为保留原始构件的同时,使其延年益寿,通过实验后,决定采用尝试性的修复方式:

首先将宝顶琉璃瓦件编号后,按照层次由上至下逐件拆下,按顺序码放。〔图 12〕

然后逐件使用棕刷、去离子水对瓦件进行清洗,并晾干。清洗时除了瓦件表面,裂纹、缝隙里的尘土也选用大小合适的毛刷去除尘土,胎体酥粉层一并清除。

待瓦件完全干燥后,对胎体进行加固。选择天气温度在 15~25℃ 之间时,将雅科美黏结增强剂以 1:2 的配比量调配后,用注射器对裂纹、鸡爪纹区域进行注射,直至饱和为止。在注射过程中对溢流在外的胶进行及时清理。

对风化酥粉处,用 OH300 碧林岩石增强剂涂刷三遍,每遍间隔时间为 10~15 分钟,达到逐渐强化的效果。〔图 13〕

加固完成之后,对瓦件进行拼接。拼接时要对接茬处再次仔细清理,待其干燥后对齐粘接。风化和酥粉至缺失的部分,用碧林无水泥石粉修复,但每遍厚度不得大于 1 毫米,且每次间隔时间需 24 小时。修复完成后,干燥强固也需 7 天以上,再进行下一道工序。



图 11 修缮前的乾元阁宝鼎



图 12 按顺序码放宝鼎构件



图 13 修复宝鼎残损

¹ “古代琉璃构件保护与研究”课题组:《清代剥釉琉璃瓦件施釉重烧的再研究》,第 123 页,《故宫博物院院刊》2008 年第 6 期。

待外形复原完成后,对宝顶修复部分进行了补色。补色时采用矿物颜料调配,颜色比对吻合后,一次性上色完成。〔图 14〕

最后,全顶涂刷有机硅,以达到防水目的。

从完成的结果来看,此次创新性的方法得到了良好的修复效果,也符合最小干预和不改变文物原状的原则。当然,也存在诸如对有机硅材料的防水持久性的问题,在后续的工作弥补这一缺陷。〔图 15、图 16〕



图 14 宝鼎找色



图 15 修复前宝鼎



图 16 修复后宝鼎

结语

随着古建筑保护工作的不断深入和日益发展,近年利用新材料、新技术保护古建成为热点,亦是科学保护修缮的大势所趋。本文以乾元阁抢险修缮工程中实际操作的例子,讨论了在文物建筑修复过程中的一些技术探索。我们所做的工作,也是在不断地认识、不断地摸索中渐进。就如何保护文物建筑原真性,继承传统工艺的同时与科学实践相结合,以及在保护的过程中,对性能稳定的新型材料创新性使用情况进行了记录和分析讨论。

继承古老的工艺或是与科学的实验结合或是使用新型材料,最终目的都是让文物建筑延年益寿,将更多的历史文化信息传承下去。除了分析和记录在乾元阁工程中的修缮方式之外,还将使用方法和现阶段同类情况中常用的保护修复方式进行了横向对比,对它们各自的优缺点进行了反思和尝试性的总结〔图 17、图 18〕,以期抛砖引玉,为古建筑修缮的技术探索提供多一些合理的科学手段。



图 17 乾元阁修缮前全貌



图 18 乾元阁修缮后全貌

〔作者单位:故宫博物院工程管理处〕

