

# 天地圆方 塔像合一——应县木塔室内空间与塑像群构图比例探析<sup>\*</sup>

Round Heaven and Square Earth, Unity of Pagoda and Statuary—  
A Study on the Geometric Proportions of Space and Statues inside  
the Timber Pagoda in Ying County

王 南 王卓男 郑虹玉

WANG Nan, WANG Zhuonan, ZHENG Hongyu

**摘 要：**应县木塔各层皆设有塑像，目前仍存 26 尊，整座木塔仿佛一座沿垂直方向层层垒叠的立体佛寺。木塔的室内空间设计在很大程度上乃是为各层塑像“量身定做”。本文在前人研究基础上，通过对应县木塔的建筑和各层塑像（包括首层壁画）进行测绘，结合对测绘图的几何作图与实测数据分析，发现并指出：

第一，应县木塔各层的室内空间与塑像群之间，有着极其清晰的构图比例，尤其体现在各层层高与佛像高度的比例关系上。

第二，木塔每层塑像群内部，各像之间也存在清楚明了的比例关系。

第三，全塔 26 尊塑像几乎每一尊塑像自身也有着十分经典的构图比例，并且按照不同类型有着明晰的规律。

第四，木塔三、五层佛像通高之和，二、四层佛像通高之和，与首层大佛通高呈 3:4:5（即“勾三股四弦五”）比

例关系，并与各层像设布置所反映的佛教教义、仪轨契合。

第五，木塔首层大佛通高不仅是各层佛像通高的模度，也是木塔建筑的模度之一，等于木塔总高（不含台基）的 1/6。

从上述分析中可以总结出应县木塔室内空间与塑像中运用最多的几种经典比例，包括 $\sqrt{2}$ 、3:2、5:3（或 8:5）以及 9:5，其背后蕴含着丰富的文化内涵：诸如《周髀算经》《营造法式》等古代文献所载“圆方图”“方圆图”等所反映的“天圆地方”的宇宙观；《周易》中的“参天两地而倚数”“九五之尊”等观念；并且很可能与佛教密宗的“曼荼罗”图式、西方的“黄金分割比”等有所关联，值得深入探究。

**关键词：**应县木塔；室内空间；塑像；比例；天圆地方；参天两地

【文章编号】2096-9368（2021）02-0071-24

【中图分类号】TU-092

【文献标识码】A

【修 改 日 期】2021-04-29

【作者简介】

王南，清华大学建筑学院助理教授，博士，主要从事建筑历史与理论研究。

王卓男，内蒙古工业大学建筑学院副教授，主要从事建筑史与古建筑保护研究。

郑虹玉，内蒙古工业大学建筑学院 2017 级研究生，硕士，主要从事建筑史与古建筑保护研究。

<sup>\*</sup> 国家社会科学基金重大项目“《营造法式》研究与注疏”（17ZDA185）

清华大学自主课题“《营造法式》与宋辽金建筑案例研究”（2017THZWYX05）

**Abstract:** There were statues on every floor of the Timber Pagoda in Ying county, Shanxi province, but only 26 of them have survived. The pagoda was designed as a vertically rising Buddhist temple and the interior space of each of its successive layers was customized for the statues installed on each floor. Based on previous research, and through surveying and mapping of architecture and statuary (including the first-floor mural) combined with geometric design analysis, this paper proposes the following:

First, the interior space and statuary on every floor appear to follow clear geometric proportions evident in the relationship between floor height and statue height.

Second, proportional relationships exist between all the statues installed on the same floor.

Third, each of the 26 statues has 'classical' rules of proportion specific to its category.

Fourth, the ratio of third- and fifth-floor statue height to second- and fourth-floor statue height and to first-floor statue height is 3 : 4 : 5 : which corresponds to the Chinese interpretation of the Pythagorean theorem with *gou* equal to 3, *gu* equal to 4, and *xian* equal to 5. This ratio fits with the Buddhist doctrine reflected in the arrangement of the statues on each floor.

Fifth, the first-floor statue height is used as a module for generating not only the statue height on every floor

but also the total pagoda height, which measures (without the base) six times this module.

In summary, the most frequently used proportions for the design of interior space and placement of statues inside the pagoda are  $\sqrt{2}$ , 3 : 2 or 5 : 3 (or 8 : 5) and 9 : 5, and these ratios are all imbued with cultural meaning. For example, *Zhoubi suanjing* and *Yingzao fashi* both record the "rounded-square map" (*yuanfang tu*) and the "squared-circle map" (*fangyuan tu*), which portray the ancient Chinese world view of a dome-shaped heaven and a flat, square earth (*tian yuan di fang*) and can be understood in terms of these ratios. Another related aspect is ancient Chinese numerology that regards three as the heavenly number and two as the earthly number, with all other numbers being based on them (*santian liangdi er yishu*); and the numbers nine and five as denoting an honorable position (*jiuwu zhizun*). A final thought that awaits further research is that the above-mentioned ratios also relate to Esoteric Buddhist mandalas and the Golden Ratio of Western mathematics and architectural design.

**Keywords:** Timber Pagoda in Ying county; interior space; statuary; proportions; dome-shaped heaven and flat square earth (*tianyuan difang*); heavenly number of three and earthly number of two (*santian liangdi*)

## 0 引言

山西应县佛宫寺释迦塔，即闻名遐迩的应县木塔，建于辽清宁二年（1056），为中国硕果仅存之纯木结构古塔，同时也是全世界最高大的木塔，其在建筑史上之价值自然无与伦比。

更加难能可贵的是，木塔五个“明层”（木塔各“明层”之间另设有“暗层”，故其结构呈“外五内九”之形制）<sup>①</sup>的“内槽”皆设有塑像，目前仍保存有26尊之多，这使得木塔诸层宛如一座座佛殿，过去信众可以拾级而上，逐层礼佛，于是整座木塔仿佛一座沿垂直方向层层垒叠的立体佛寺。

梁思成在其发表于《中国营造学社汇刊》的第一篇论文——《我们所知道的唐代佛寺与宫殿》（1932）中曾经指

出：“我们平时一开口就说‘供佛’，供是供奉，是伺候，我们的佛是‘住’在佛殿里，要人‘供’的。佛殿并不是预备多数人听讲之用，而是给佛住的，所以佛殿是佛的住宅……”<sup>②</sup>对于应县木塔这样的五层立体佛殿，供佛、礼佛显然是其核心功能（当然中国古代楼阁式塔还有一个重要的附加功能即登临览胜），这从木塔的本名“释迦塔”亦可获知。因此，应县木塔的室内空间设计在很大程度上是为各层塑像“量身定做”的，观者在木塔各层“外槽”空间瞻仰、环视设置于“内槽”中的塑像时，皆可清晰感受到视觉与空间体验上的庄重与和谐。

本文在前人研究的基础上，通过对应县木塔的建筑与各层塑像（包括首层壁画）进行实测，<sup>③</sup>并结合对测绘图的几何作图与实测数据分析，发现并指出：应县木塔各层的室内空间与塑像群之间，有着极其清晰的构图比例（尤其

① 应县木塔平面为八角形，每面三开间，高五层，首层带副阶一周，故外观共出檐六重。首层以上，每层皆有平坐、屋身及屋檐，且逐层缩进，顶层覆以八角攒尖屋顶，上立铁刹。全塔立于双重石基之上。各层平面设内、外柱各一周，外柱二十四根，内柱八根。首层墙体内另有辅柱若干。

② 笔者团队（由清华大学建筑学院与内蒙古工业大学建筑学院研究人员联合组成）于2021年1月对应县木塔进行现场数据采集，内容包括塔体、塑像及首层部分壁画。采取三维激光扫描、无人机倾斜摄影、相机近景摄影、全站仪测量等多种方式进行数据获取。建筑部分数据采集使用长短两种距离的三维激光扫描仪结合全站仪取得整体点云模型，模型整体精度控制在10毫米以内。塑像及壁画采用手持三维激光扫描与近景摄影测量相结合的方式获取彩色模型（为使模型尺寸更加精确，对两组采集数据加以相互校核）。木塔首层佛像和壁画高度过大，而周边空间狭小，加上下部有保护用的玻璃挡板，在一定程度上影响到模型质量，特此说明。

③ 团队人员包括，前期策划：刘畅、王南、王卓男；现场数据采集及后期整理、制图：王卓男、郑虹玉、周江、王志明、曹敏、韩琪、岳祺、于世豪、赵泽毅；本文分析图绘制：王南。

体现在各层层高与佛像高度的比例关系上)；而且木塔每层塑像群内部、各像之间也存在清楚明了的比例关系；此外，全塔 26 尊塑像几乎每尊塑像自身也有着十分经典的构图比例，并且按照不同类型有着明晰的造型规律；首层大佛的尺度尤为重要——它既是其余各层佛像的模度，也是木塔建筑的模度之一。

下文将首先略述前人的相关研究成果，然后逐层分析木塔室内空间与塑像群之构图比例，最后总结木塔室内空间与塑像群所采用的几种经典构图比例（包括 $\sqrt{2}$ 、3:2、5:3、8:5 以及 9:5）及其所蕴含的“天圆地方”“参天两地”“九五之尊”乃至“黄金分割”“曼荼罗图式”等颇为丰富的文化内涵。

## 1 前人相关研究述略

梁思成、莫宗江是最早对应县木塔及其塑像进行较全面测绘研究的学者。二人合作完成的一系列木塔测稿及正式剖面图中，均同时绘制了建筑与塑像（图 1，图 2）。梁思成在《山西应县佛宫寺辽释迦木塔》（1936 年完稿）一文中专门提及木塔首层佛像“连莲座通高约一二·三〇公尺”、二层佛“像并座高约四公尺强”、四层佛“像并座高约四·八五公尺”等数据。<sup>[2][113]</sup> [3][551-553] 从清华大学档案馆藏中国营造学社 1933 年测稿中可知，除首层大佛由于太过高大无法实测、可能仅靠推测之外，其余各层塑像，梁、莫二人均进行了实测。<sup>①</sup> 不仅限于木塔，由梁思成主持测绘

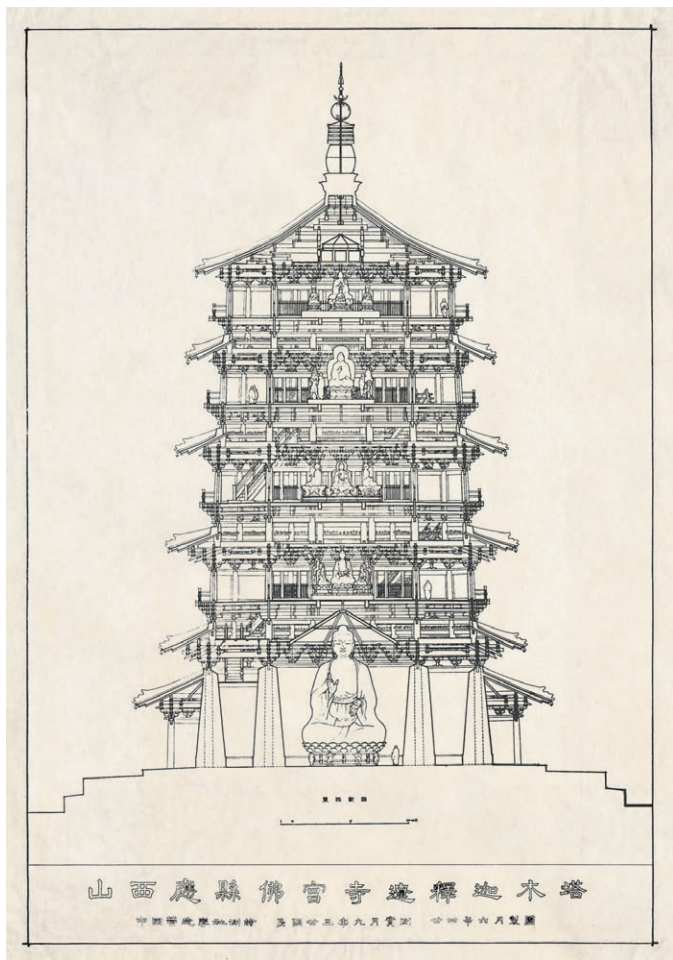


图 1 中国营造学社测绘的应县木塔剖面图

[中国营造学社梁思成、莫宗江 1933 年（图中误作民国二十三年即 1934 年）9 月实测，（清华大学档案馆藏）1935 年 6 月制图]

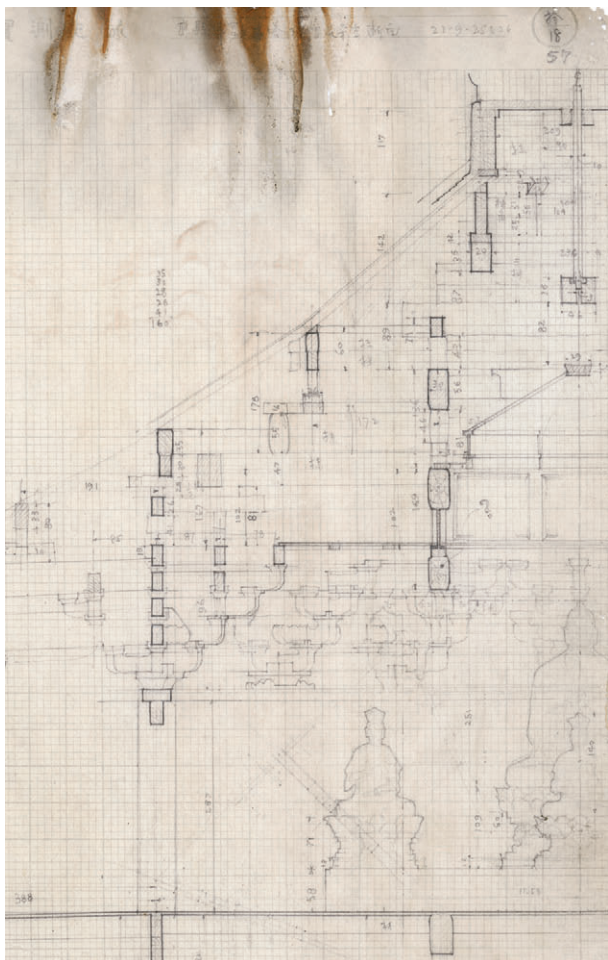


图 2 应县木塔五层剖面测稿（局部）

① 据梁思成、莫宗江 1933 年测稿数据：五层佛像连座通高 3.6 米，净高 2.51 米，座高 1.09 米。与我们 2021 年实测数据（通高 3.414 米，净高 2.398 米，座高 1.016 米）相比，差距在 20 厘米以内。另外，梁思成《山西应县佛宫寺辽释迦木塔》一文指出四层佛像连座通高 4.85 米，从测稿中可知这一数据实际包括佛的背光，鉴于今天佛像背光已大部分残损，1933 年的测绘数据更加弥足珍贵。此外，据 1933 年测稿中数据：四层文殊菩萨通高 2.9 米，西侧弟子通高 2.33 米，与 2021 年实测数据（文殊菩萨通高 2.812 米，西侧弟子通高 2.318 米）相比，亦十分接近。梁文中还指出二层佛像连座通高 4 米强（测稿中此数据污损不清），与 2021 年实测数据（4.052 米）同样十分接近。全部塑像中，仅首层大佛通高（文中称约 12.3 米）与 2021 年实测数据（10.32 米）相差最多，正式剖面图中亦然——当时可能为估测。由陈明达《应县木塔》（1966）一书文字及测绘图可知，20 世纪 60 年代测绘的首层大佛通高数值约 11 米，虽较 1933 年的数据稍接近 2021 年的实测值，但还是有近 70 厘米的差距。需要特别说明的是，木塔首层大佛规模宏大，而室内空间却颇为逼仄，大佛几乎充满室内，即便是在今天，运用三维扫描仪、全站仪以及摄影测量等方式对其进行测绘，依然有很大难度，在 20 世纪 30—60 年代条件下无法测准，完全可以理解，不能苛责于先贤。1991 年北京建筑工程学院的实测图（由王贵祥主持测绘）中，同样绘制了各层的塑像群，其剖面图中的首层大佛虽未标高度，但通过测量图纸可知其通高约 10.2 米，已十分接近 2021 年实测值，可惜该套图纸一直未能正式公开发表，仅因木塔保护方案评审等契机在专业范围内有所流传。由天津大学建筑学院丁焱老师提供给我们的 2011 年中国文化遗产研究院辽代建筑研究工作运用三维激光扫描仪等设备实测的木塔首层（南北向）剖面图中可知，大佛通高约 10.375 米（图纸未标，该值通过测量图纸获得），与我们 2021 年的实测数据（10.32 米）最为接近，二者吻合度达 99.5%。通过综合比较 1991 年、2011 年的实测数据，可初步认为 2021 年木塔首层大佛通高的实测数值（10.32 米）还是较为可靠的。

的重要佛教建筑，都尽可能连带室内塑像一同测绘（典型者如蓟县独乐寺观音阁、宝坻广济寺三大士殿，大同善化寺三圣殿、普贤阁与大雄宝殿，大同下华严寺薄伽教藏殿、五台山佛光寺东大殿等），所撰写的调查报告也大都辟有“塑像”一节。

陈明达在上述研究的基础上，对应县木塔的构图比例进行了从整体到局部的深入研究，开创了中国古代木结构建筑设计方法研究的一种范式。他在《应县木塔》（1966）一书中提到木塔首层大佛高约11米，并对各层塑像莲座、佛坛等尺寸进行了测量。该书的木塔各层剖面图也延续了梁、莫的方法，将塑像群一并绘出，作者还对木塔各层室内空间构图进行了初步探索<sup>[4]</sup>（图3）。

莫宗江在《〈应县木塔〉读后札记》（约作于1980年后不久）一文中向陈明达指出：“现在看来，似应县木塔的内部服从于佛教信仰者的要求，如五层的佛和室内空间的布置，似是有一套类似经变的‘安排’？”“我们目前的分析仍是工程技术和艺术造型处理方面的手法分析；在这些之前的‘宗教功能的要求’尚须深入研究。”<sup>[5]</sup>可知当时莫宗江已经开始注意木塔各层室内空间、像设布置与宗教功能之间的关联，这是极富启发性的学术观点。在此方面，考古学者宿白后来指出应县木塔“系拟大日坛场”，<sup>[6]</sup>即认为木塔的像设布置是模拟大日如来的坛城（即曼荼罗）。这一观点又启发了更多其他学者的探讨，将于后文详述。

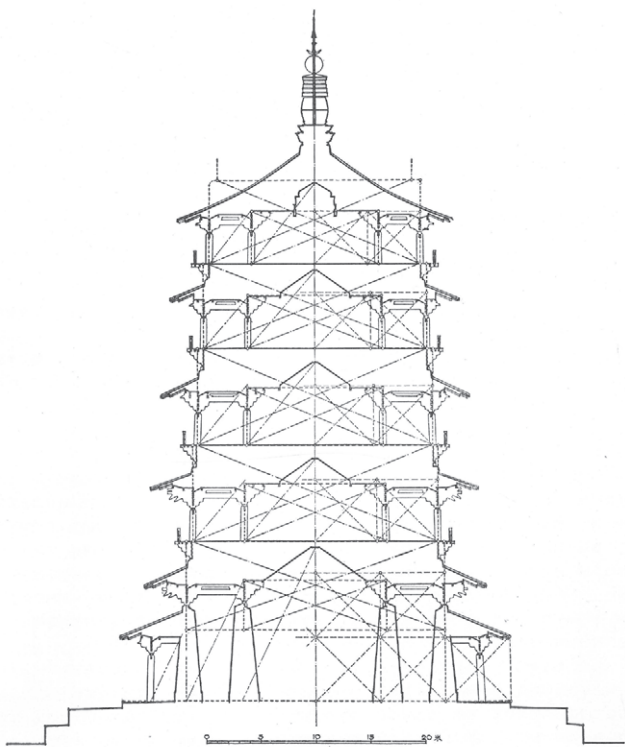


图3 陈明达的应县木塔剖面构图分析  
（陈明达，应县木塔[M]。北京：文物出版社，2001。）

莫宗江、陈明达在二人合著的《巩县石窟寺雕刻的风格及技巧》（1989）<sup>[7]</sup>一文中，第一次真正开始关注石窟的空间设计与雕像的构图比例，该文指出“综观各窟雕刻之构成，可以看出每一窟在开凿前都曾有过周密的思考和设计，诸如窟形、规模、外观立面、窟内壁面、中心柱、平基及地面等”，因而“是长、宽、深三个方向的立体构图”；除了石窟的空间，该文总结出巩县石窟雕像的一系列构图比例，如坐佛头高与总高之比为1:4和1:3.5，立佛、弟子和菩萨头高与总高之比为1:5.5至1:6；金刚头高与总高之比为1:4.5至1:5之间，浮雕《立佛图》中的侧立像头高与总高之比为1:6至1:6.5之间等。陈明达在其遗稿《独乐寺观音阁、山门的大木作制度》（1990年定稿）<sup>[8, 9]</sup>中，在观音阁纵剖面分析图中绘制了一个为瞻仰观音像而形成的等边三角形，可以看作最早探讨观音像与阁之间构图关系的尝试。

傅嘉年在《中国早期佛教建筑布局演变及殿内像设的布置》（1998）一文中敏锐地指出：“佛殿、佛塔乃至整座寺院的建立是为了奉佛，为僧徒、信徒提供禅修、拜佛的场所，所以除佛寺布局和塔、殿外观设计外，如何安置佛像才能使塔、殿对佛像起很好的衬托作用，也是佛教建筑艺术中很重要的一个方面。”<sup>[10]</sup>该文对麦积山004窟、五台山南禅寺大殿和佛光寺大殿、应县木塔以及独乐寺观音阁等佛教建筑中“礼佛”的视线仰角进行了分析，指出应县木塔二至五层内槽柱间凭栏礼佛时视线仰角约为23°~25°（图4）。<sup>②</sup>

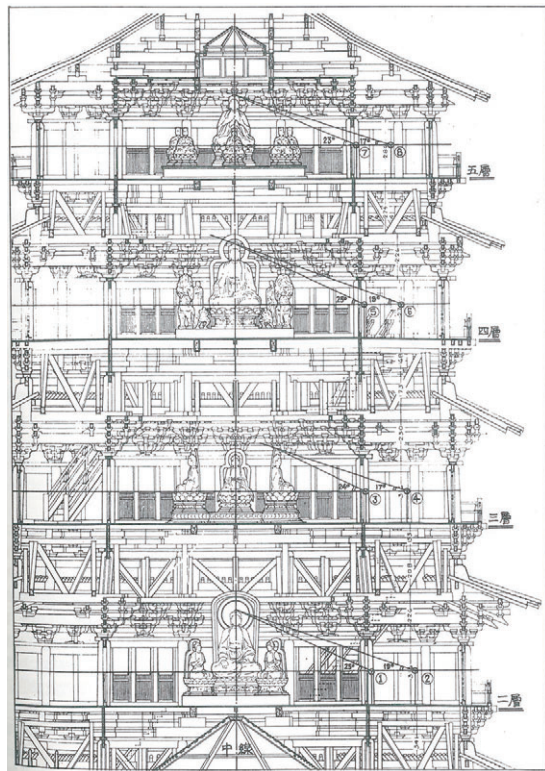


图4 傅嘉年的应县木塔礼佛视线分析  
（傅嘉年，傅嘉年建筑史论文集[M]。北京：文物出版社，1998。）

① 仅二层的两尊胁侍菩萨不知因何原因漏绘。此外，在1978年为《应县木塔》一书所作“附记”中，陈明达进一步指出木塔的“内部空间构图也有一定原则，如内、外槽高度比是由视角决定的。”参见陈明达《应县木塔》，第58页。

② 傅嘉年同时指出，在麦积山004窟、南禅寺大殿和佛光寺大殿中“都发现把主要瞻礼佛像之点的仰视角控制在较舒适的30°左右。这应该不是巧合而是经过精心设计后找出的共同手法，在当时是带有规律性的。”参见傅嘉年《中国早期佛教建筑布局演变及殿内像设的布置》。此外，张荣等在《佛光寺东大殿建置沿革研究》（2018）一文中通过对佛光寺东大殿与塑像群的精细测绘，进一步验证与发展了傅嘉年对大殿礼佛视线的分析。参见张荣、雷炯、王麒等《佛光寺东大殿建置沿革研究》。

丁垚、成丽在《义县奉国寺大雄殿调查报告》(2008)中,通过对大殿塑像群进行三维激光扫描测绘,初步对七佛的尺度进行了比较。<sup>[11]</sup>刘畅等在《山西平遥镇国寺万佛殿与天王殿精细测绘报告》(2012)中对平遥镇国寺万佛殿东胁侍菩萨立像与坐像各一尊进行了三维激光扫描并实施了色彩贴图,同时对壁画中千佛的构图比例进行了简要讨论。<sup>[12]</sup>155-172

笔者在前人研究的基础上,对五台山佛光寺东大殿、蓟县独乐寺观音阁及山门、义县奉国寺大殿、大同善化寺大雄宝殿及海会殿、大同下华严寺薄迦教藏殿、承德普宁寺大乘阁等一系列实例中建筑、室内空间与塑像之间的构图比例(尤其是基于规矩方圆作图的 $\sqrt{2}$ 与 $\sqrt{3}:2$ 比例)进行了广泛而深入的探讨,提出佛教建筑中为主要供奉的塑像量身设计殿、阁、塔等室内空间的“度像构屋”的设计手法。<sup>[13-16]</sup>本文即是上述研究的继续深化(图5)。

除以上研究之外,古代文献中也有一些涉及佛教造像的内容。最著名的是专论藏传佛教造像规矩的《佛说造像量度经》(清乾隆七年即1742年工布查布由藏文译成中文)<sup>[17]</sup>。此外,由王世襄整理编纂的《清代匠作则例汇编:佛作、门神作》(2001)<sup>[18]</sup>一书列出了不少清代匠作则例中关于佛教造像构图比例的条目,后文将加以讨论。

但与中国佛教造像蔚为大观的情况形成鲜明对照的是古代文献严重不足,如应县木塔塑像所属的宋、辽、金时代的专论佛教造像的文献几乎付之阙如。于是通过精细测绘现存各时期佛教建筑及其内部塑像便成为展开相关研究

的必要前提——正如傅熹年所言:

“由于现存佛殿中原有塑像完整保存下来的不多,而在这少量殿宇中连佛像一起进行过较准确测量的更少……尽管如此,我们还是可以……看到,殿内的像设布置是经过设计的,而且在唐、辽时还颇为精密,并有某些共同的手法。如果我们对各代有原塑像存在的佛殿进行更多的测量和研究,对于佛寺建筑艺术中这一方面的成就,将会有更多的认识。”<sup>[10]</sup><sup>①</sup>

前人的研究已初步表明,佛教建筑如殿、阁、塔的设计中,常将建筑与室内塑像进行一体化设计,二者往往具有精心安排的比例关系。本文希望以应县木塔为例,在对其建筑(尤其是室内空间)与各层塑像进行较全面测绘的基础上,尝试对此课题进行深入探讨。

## 2 应县木塔室内空间与塑像群构图比例分析

应县木塔现存塑像26尊,包括:首层1尊、二层5尊、三层4尊、四层7尊、五层9尊(图6,图7)。1933年梁思成、莫宗江调查测绘木塔时,四层共有塑像11尊,故全塔共有塑像30尊。<sup>②</sup>梁思成认为木塔“由下至上各层塑像无疑的都是后世所重塑,但由大体上看,我们可以信得过都是就原形加塑的。最后一次的重妆,当民国十八年冬季”<sup>[2]</sup><sup>114</sup>。傅熹年也认为木塔“各层佛像基本上是辽代原物,仅经后代装銮”<sup>[10]</sup>。20世纪60—70年代在木塔二、四层佛像内部发现的一系列珍贵辽代、北宋文物进一步证明了部分塑像的年代(约在辽末金初)。<sup>[19]</sup>

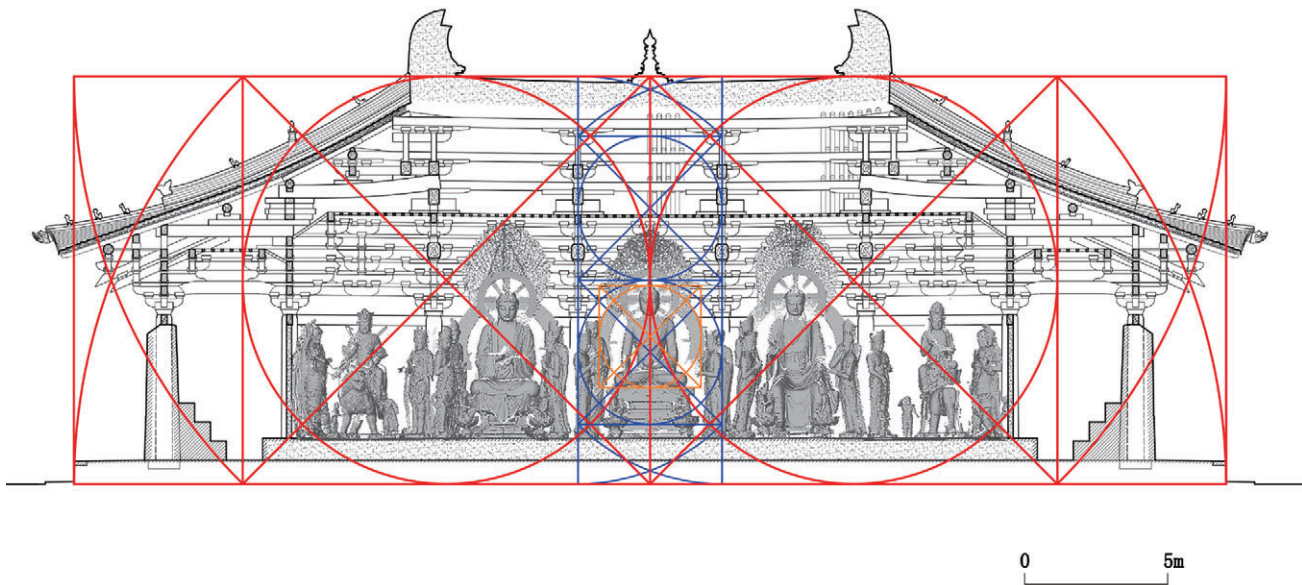


图5 五台山佛光寺东大殿建筑与塑像构图比例分析

(王南. 规矩方圆 佛之居所——五台山佛光寺东大殿构图比例探析[J]. 建筑学报, 2017(6): 29-36. 据《佛光寺东大殿建筑勘察研究报告》(2011)实测图(建筑)及天津大学建筑学院实测图(塑像)改绘)

① 此外,宿白也曾呼吁通过准确测绘佛教造像对其进行造型比例的深入研究。

② 此外,从营造学社老照片中可知,二层佛坛上还有极小的佛像及供养人像(?)各一尊,高度仅略高于文殊、普贤菩萨的莲座,今已无存。如果算上这两尊小塑像,则1933年木塔存塑像32尊。参见梁思成《山西应县佛宫寺辽释迦木塔》,第113-117页。

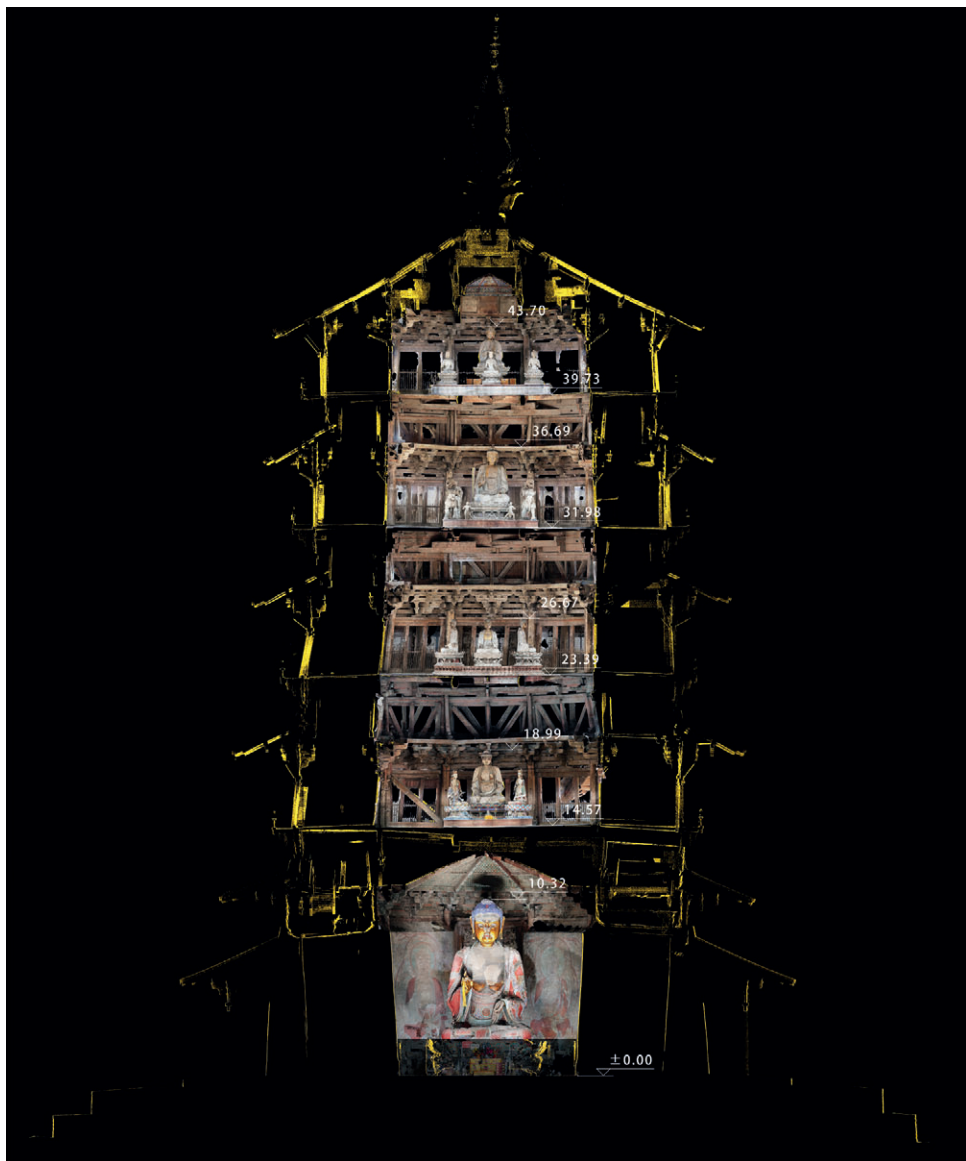


图6 应县木塔总剖面图(2021)  
(王卓男等测绘)



图7 应县木塔各层塑像三维模型  
(王卓男等测绘)

我们通过对木塔室内空间和塑像群“现状”的构图比例分析,可以发现许多清晰的比例关系,这是本文讨论的重点。至于这些比例关系在多大程度上表现了辽代木塔及塑像初创时的“原状”,涉及这26尊塑像的具体年代及历代修补情况,则有待将来更深入的探究。

下面分别对各层的室内空间与塑像群之构图比例进行分析,每层都分为三个层次进行探讨:第一,室内空间(尤其是塑像所在的内槽空间)与塑像的比例关系;第二,塑像群内部各像之间的比例关系;第三,每尊塑像自身的构图比例。最后再探讨各层佛像之间存在的比例关系。

## 2.1 首层空间与塑像分析

木塔首层塑像为大佛趺坐像<sup>①</sup>一躯,颇有顶天立地、唯我独尊之感,梁思成谓之“在全身姿态及衣褶纹路上,尚充分的表现较高的艺术标准”<sup>[2][113]</sup>(图8)。像下部为须弥

座及仰莲三重,值得注意的是下两重莲瓣面画宝珠纹,最上一重每瓣画趺坐佛一躯。

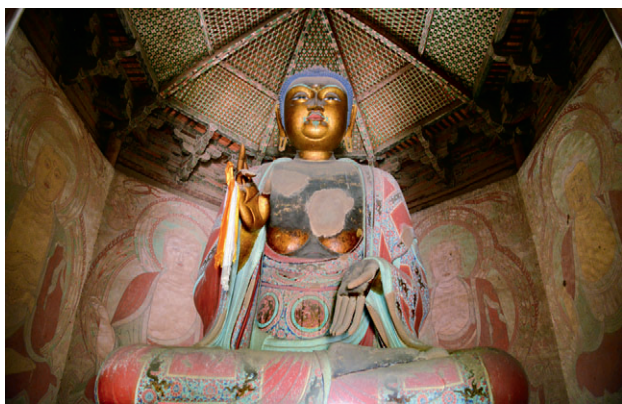


图8 应县木塔首层大佛  
(作者自摄)

① 即盘腿“结跏趺坐”之造像。

首层除大佛塑像之外，塔心室的墙壁南、北两面辟门，其余六面内壁皆绘有几乎充满墙面之大佛趺坐像壁画，呈六佛环绕中央大佛之壮伟构图。梁思成认为六佛壁画“都与塔心塑像相同，两者似属同一时代”<sup>[20]</sup>。六佛壁画加上中央大佛塑像，共同形成七佛格局，令人联想起同为辽代巨构的义县

奉国寺大殿，后者是七尊大佛塑像一字排开，二者异曲同工。

据 2021 年测绘数据，首层大佛塑像及壁画六佛各部尺寸如下（表 1）：

通过对木塔首层空间、塑像及壁画的实测图进行几何作图及实测数据分析，可得如下结果。

表 1 应县木塔首层大佛及塔心室壁画诸佛尺寸

（单位：米）

| 名称      | 顶高    | 通高    | 基座总宽  | 净高    | 净宽    | 头高    |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 大佛塑像    | 10.32 | 10.32 | 6.955 | 8.478 | 5.537 | 2.625 |
| 西南壁大佛   | 7.366 | 6.374 | 4.691 | 5.07  | 3.597 | 1.473 |
| 西壁大佛    | 7.421 | 6.429 | 4.37  | 5.126 | 3.644 | 1.491 |
| 西北壁大佛   | 7.4   | 6.408 | 4.728 | 5.17  | 3.682 | 1.493 |
| 东北壁大佛   | 7.076 | 6.11  | 4.731 | 4.714 | 3.326 | 1.311 |
| 东壁大佛    | 7.169 | 6.203 | 4.246 | 4.668 | 3.323 | 1.296 |
| 东南壁大佛   | 7.247 | 6.281 | 4.619 | 4.894 | 3.747 | 1.344 |
| 壁画六佛平均值 | 7.28  | 6.301 | 4.564 | 4.94  | 3.553 | 1.401 |

注：本文中“顶高”指塑像（或壁画）头顶至该层地面之距离，“通高”指塑像与下部基座高度之和，“净高”指塑像高度（不含基座），“基座总宽”指基座最宽处（一般取须弥座上之仰莲部分的最大内径），“净宽”指趺坐佛（或菩萨）两膝之距离或立像两肘之距离，特此说明。

### 2.1.1 空间、塑像与壁画比例关系分析

1) 首层层高（14.57 米）<sup>①</sup>：大佛通高（10.32 米）= 1.412 $\approx\sqrt{2}$ （吻合度 99.8%）。

2) 大佛通高（10.32 米）：壁画六佛顶高（平均值 7.28 米）= 1.418 $\approx\sqrt{2}$ （吻合度 99.7%）。

3) 首层层高（14.57 米）：壁画六佛顶高（平均值 7.28 米）= 2.001 $\approx 2$ （吻合度 99.9%）。

4) 大佛通高（10.32 米）：塔心室内径（取墙基处，10.244 米）<sup>②</sup> = 1.007 $\approx 1$ （吻合度 99.3%）。

5) 斗八藻井顶部距地面距离（12.825 米）：大佛通高（10.32 米）= 1.243 $\approx 5:4$ （吻合度 99.4%）。

综上所述：

首层层高：大佛通高（等于塔心室内径）：壁画六佛顶高 $\approx 2:\sqrt{2}:1$ ——因此木塔首层空间（尤其是塔心室）与大佛塑

像、六佛壁画为一整体设计，且具有十分完美的构图比例（图 9，图 10）。

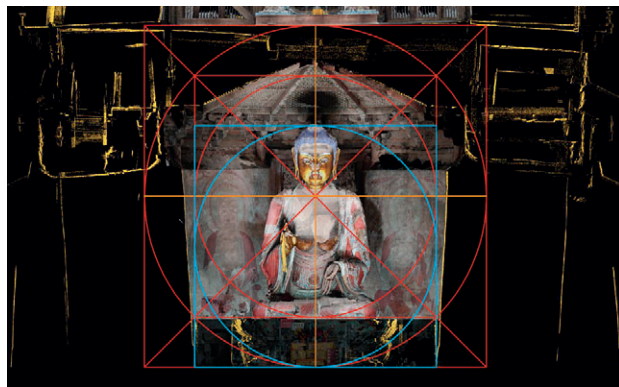


图 9 应县木塔首层室内空间与塑像、壁画比例分析（底图由王卓男等测绘）

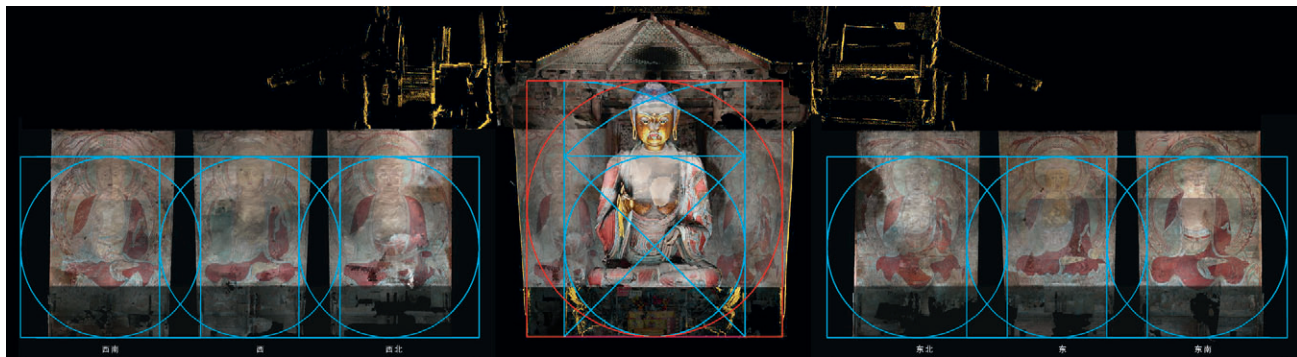


图 10 应县木塔首层大佛与壁画六佛比例分析（底图由王卓男等测绘）

① 本文中一至四层各层“层高”值均取内槽上层地面至本层地面距离（平均值），五层层高取藻井顶部至地面距离，特此说明。据陈明达《应县木塔》数据：首层层高 14.65 米；北京建筑工程学院 1991 年数据：首层层高 14.678 米，皆与我们 2021 年测绘数据较为接近。

② 据陈明达《应县木塔》数据：塔心室内径 10.25 米，与 2021 年测绘数据基本相等。

2.1.2 塑像与壁画比例分析（表 2）

表 2 应县木塔首层大佛与壁画六佛比例分析

| 名称      | 通高：基座总宽实际值<br>理想值（吻合度） | 净高：净宽实际值<br>理想值（吻合度） | 通高：净高实际值<br>理想值（吻合度） | 净高：头高实际值<br>理想值（吻合度） |
|---------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 大佛塑像    | 1.484<br>3：2（98.9%）    | 1.531<br>3：2（98%）    | 1.217<br>6：5（98.6%）  | 3.23                 |
| 壁画六佛平均值 | 1.381<br>7：5（98.6%）    | 1.39<br>7：5（99.3%）   | 1.276<br>9：7（99.2%）  | 3.526<br>3.5（99.3%）  |
| 名称      | 通高：基座总宽                | 净高：净宽                | 通高：净高                | 净高：头高                |
| 西南壁大佛   | 1.359                  | 1.41                 | 1.257                | 3.442                |
| 西壁大佛    | 1.471                  | 1.407                | 1.254                | 3.438                |
| 西北壁大佛   | 1.355                  | 1.404                | 1.239                | 3.463                |
| 东北壁大佛   | 1.291                  | 1.417                | 1.296                | 3.596                |
| 东壁大佛    | 1.461                  | 1.405                | 1.329                | 3.602                |
| 东南壁大佛   | 1.36                   | 1.306                | 1.283                | 3.641                |

由表 2 可知：

1）大佛塑像净高宽比约等于总高宽比（即通高与基座总宽之比，下同），二者均约为 3：2，形成大佛造型局部与整体之和谐（图 11）。

2）壁画六佛除东南壁大佛之外，其余五佛净高宽比均近于 7：5，即“方五斜七”（近于 $\sqrt{2}$ ）<sup>①</sup>（图 12）；六佛总高宽比的平均值接近 7：5，但彼此差异较大，不如净高宽比数值统一。<sup>②</sup>

3）壁画六佛的头身比均接近 1：3.5，符合匠人口诀“立七坐五盘三半”。<sup>③</sup>壁画六佛净高：头部以下高 $\approx 3.5：2.5=7：5$ ，即“方五斜七”。

4）大佛塑像头部所占比列明显高于壁画六佛。

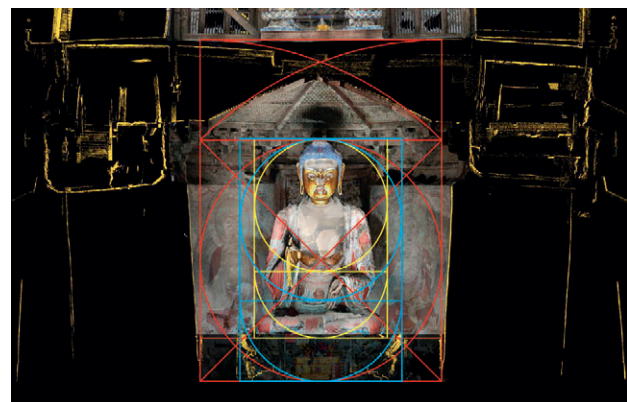


图 11 应县木塔首层大佛构图比例分析  
（底图由王卓男等测绘）

2.2 二层空间与塑像分析

木塔二层中央置方形木质佛坛。坛上正中偏北为趺坐佛像一躯，左右为胁侍菩萨立像各一躯，其前两侧分别为文殊、普贤二菩萨趺坐像（分别可由须弥座束腰处的狮与象雕塑加以辨别）（图 13）。

据 2021 年测绘数据，二层诸像之各部尺寸如下（表 3）：

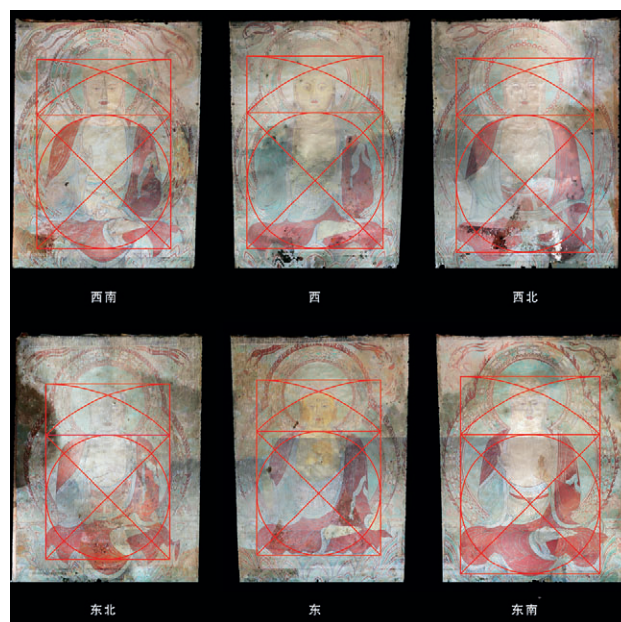


图 12 应县木塔首层壁画六佛构图比例分析  
（底图由王卓男等测绘）

① “方五斜七”“方七斜十”等均为古代匠人关于 $\sqrt{2}$ 比例的近似口诀。  
② 各壁画中大佛基座部分受木塔首层用于保护的玻璃板遮挡，测绘效果不理想，故总高宽比数值仅供参考。  
③ “立七坐五盘三半”是广为流传的匠人口诀，直到今天还在使用，意为：站立的造像头身比为 1：7，垂足坐像头身比为 1：5，盘腿坐（即“结跏趺坐”）像头身比为 1：3.5。王世襄编著《清代匠作则例汇编：佛作、门神作》中有“行七坐五垫[蹲]三半为汗[汉]相[像]也。坐五挂七站九算为番相[像]也”的记载。另外还有计算塑像表面积的口诀“行七坐五涅槃三”，等等。参见王世襄《清代匠作则例汇编：佛作、门神作》。



图 13 应县木塔二层塑像群  
(作者自摄)

表 3 应县木塔二层诸像尺寸

(单位: 米)

| 名称     | 顶高    | 通高    | 基座总宽  | 净高                    | 净宽    | 头高                    |
|--------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|
| 佛      | 4.42  | 4.052 | 2.667 | 3.126                 | 2.051 | 0.876                 |
| 西北胁侍菩萨 | 3.26  | 2.892 | 0.856 | 2.726<br>2.598 (不含发髻) | 0.793 | 0.499<br>0.37 (不含发髻)  |
| 东北胁侍菩萨 | 3.348 | 2.98  | 0.81  | 2.809<br>2.558 (不含发髻) | 0.799 | 0.603<br>0.364 (不含发髻) |
| 文殊菩萨   | 3.007 | 2.639 | 1.595 | 1.838<br>1.67 (不含发髻)  | 1.135 | 0.602<br>0.421 (不含发髻) |
| 普贤菩萨   | 2.985 | 2.617 | 1.607 | 1.802<br>1.671 (不含发髻) | 1.066 | 0.56<br>0.399 (不含发髻)  |

通过对木塔二层空间及塑像的实测图进行几何作图及实测数据分析, 可得如下结果。

### 2.2.1 空间与塑像群比例关系分析

1) 二层层高 (8.82 米)<sup>①</sup>: 佛顶高 (4.42 米) = 1.995 ≈ 2 (吻合度 99.8%)。

2) 二层层高 (8.82 米): 佛坛面阔 (5.29 米) = 1.667 ≈ 5:3 (吻合度接近 100%)。

3) 佛坛面阔 (5.29 米): 内槽每面面阔 (平均值 5.305 米)<sup>②</sup> = 0.997 ≈ 1 (吻合度 99.7%)。

综上所述:

二层层高: 佛坛面阔 (即内槽每面面阔): 佛顶高 ≈ 10:6:5——二层内槽空间、佛坛与佛像为一整体设计, 比例清晰而简洁 (图 14)。



图 14 应县木塔二层室内空间与塑像比例分析  
(底图由王卓男等测绘)

① 陈明达《应县木塔》数据: 二层层高 8.84 米; 北京建筑工程学院 1991 年数据: 二层层高 (取内槽平均值, 8.779 米)。均与 2021 年测绘数据相差不大。

② 佛坛面阔与内槽每面面阔取 1933 年梁思成、莫宗江测稿中数值。陈明达《应县木塔》数据: 内槽面阔 5.36 米, 佛坛面阔 5.28 米; 北京建筑工程学院 1991 年数据: 内槽面阔 5.231 米, 佛坛面阔 5.199 米。用以校核, 文中结论不变。

2.2.2 塑像群比例分析

- 1) 佛通高 (4.052 米) : 胁侍菩萨通高 (平均值 2.936 米) = 1.38 ≈ 7 : 5 (吻合度 98.6%, 即“方五斜七”)。
- 2) 胁侍菩萨通高 (平均值 2.936 米) : 文殊普贤菩萨

通高 (平均值 2.628 米) = 1.117 ≈ 10 : 9 (吻合度 99.5%)。

综上所述:

佛通高 : 胁侍菩萨通高 : 文殊普贤菩萨通高 ≈ 14 : 10 : 9——二层塑像群在高度设计上有着清晰的比例关系 (图 15)。



图 15 应县木塔二层塑像群比例分析  
(底图由王卓男等测绘)

2.2.3 塑像比例分析 (表 4)

表 4 应县木塔二层诸像比例分析

| 名称     | 通高 : 基座总宽实际值<br>理想值 (吻合度) | 净高 : 净宽实际值<br>理想值 (吻合度) | 通高 : 净高实际值<br>理想值 (吻合度)  | 净高 : 头高实际值<br>理想值 (吻合度) | 净高 (不含发髻) :<br>头高 (不含发髻)<br>实际值<br>理想值 (吻合度) |
|--------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|
| 佛      | 1.519<br>3 : 2 (98.7%)    | 1.524<br>3 : 2 (98.4%)  | 1.296<br>13 : 10 (99.7%) | 3.568<br>3.5 (98%)      |                                              |
| 文殊菩萨   | 1.655<br>5 : 3 (99.3%)    | 1.619<br>8 : 5 (98.8%)  | 1.436<br>10 : 7 (99.5%)  | 3.053<br>3 (98.2%)      | 3.967<br>4 (99.2%)                           |
| 普贤菩萨   | 1.629<br>8 : 5 (98.2%)    | 1.69<br>5 : 3 (98.6%)   | 1.452<br>10 : 7 (98.3%)  | 3.218                   | 4.053<br>4 (98.7%)                           |
| 西北胁侍菩萨 | 3.379                     | 3.438<br>3.5 (98.2%)    | 1.061                    | 5.463<br>5.5 (99.3%)    | 7.022<br>7 (99.7%)                           |
| 东北胁侍菩萨 | 3.679                     | 3.516<br>3.5 (99.4%)    | 1.061                    | 4.658                   | 7.027<br>7 (99.6%)                           |

由表 4 可知:

佛像

- 1) 二层佛像高宽比 (包括净高宽比及总高宽比) 约为 3 : 2, 与首层大佛构图比例如出一辙。
- 2) 佛像头身比约为 1 : 3.5, 符合“立七坐五盘三半”; 佛像净高 : 头部以下高 ≈ 3.5 : 2.5 = 7 : 5, 即“方五斜七”——以上均与首层壁画诸佛同 (图 16, 图 17)。

文殊、普贤菩萨

- 1) 文殊、普贤菩萨净高宽比及总高宽比约为 8 : 5 或 5 : 3, 二者均接近西方的“黄金分割比” (约 1.618)。
- 2) 文殊、普贤菩萨通高与净高之比约为 10 : 7, 即匠人口诀“方七斜十”, 亦为√2 的近似值。
- 3) 文殊、普贤菩萨头身比 (不含发髻) 均接近 1 : 4; 文殊菩萨头身比 (含发髻) 约为 1 : 3, 相比之下普贤菩萨头身比略小 (图 18 ~ 图 21)。



图 16 应县木塔二层佛像构图比例分析之一  
(底图由王卓男等测绘)



图 17 应县木塔二层佛像构图比例分析之二  
(底图由王卓男等测绘)



图 18 应县木塔二层文殊菩萨构图比例分析之一  
(底图由王卓男等测绘)



图 19 应县木塔二层文殊菩萨构图比例分析之二  
(底图由王卓男等测绘)



图 20 应县木塔二层普贤菩萨构图比例分析之一  
(底图由王卓男等测绘)

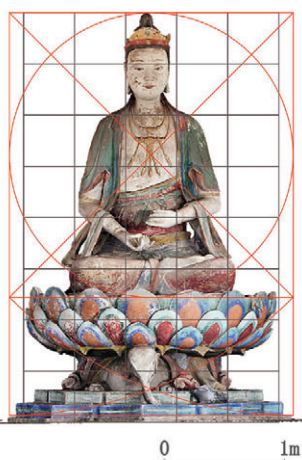


图 21 应县木塔二层普贤菩萨构图比例分析之二  
(底图由王卓男等测绘)

### 二肋侍菩萨

1) 二肋侍菩萨立像净高宽比(净宽取手肘处)均接近 3.5(即 7:2)。

2) 二肋侍菩萨立像头身比(不含发髻)均约为 1:7(即今天所谓 7 头身), 同样符合“立七坐五盘三半”。且二菩萨净高的黄金分割线皆位于大臂自然下垂时的肘部附近(即接近肚脐高度), 足见当时匠师颇谙熟人体比例(图 22, 图 23)。

### 2.3 三层空间与塑像分析

木塔三层中央佛坛为八角形, 坛上设坐佛四躯, 各面向东南西北, 一般认为表现的是金刚界四方佛(即东方阿閼佛、南方宝生佛、西方阿弥陀佛、北方不空成就佛)。

四佛像虽尺度大致相同, 但手印各自不同, 且南北二像与东西二像须弥座做法不同。南北须弥座最下部为方形

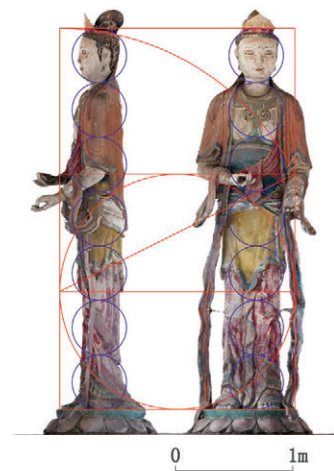


图 22 应县木塔二层西北肋侍菩萨构图比例分析  
(底图由王卓男等测绘)

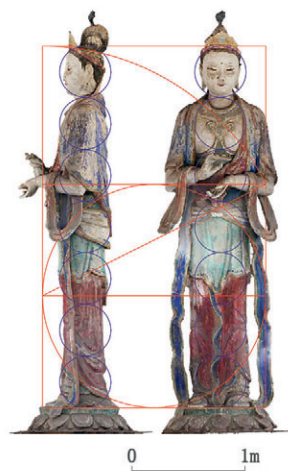


图 23 应县木塔二层东北肋侍菩萨构图比例分析  
(底图由王卓男等测绘)



图 24 应县木塔三层四方佛  
(作者自摄)

叠涩两层，其上原本应为束腰的部分，南须弥座为八马雕塑（代表宝生佛之坐骑），北须弥座为八鸟雕塑（代表不空成就佛之坐骑——迦楼罗，即金翅鸟王），雕塑之上没有叠涩，直接为四重仰莲，正面莲瓣为佛衣所覆盖。东西须弥座有上下叠涩各两重，束腰部分东须弥座为八象雕塑（代表阿閼佛之坐骑），西须弥座为八鸟雕塑（代表阿弥陀佛之坐骑——孔雀），叠涩上为仰莲（不为佛衣所覆）（图 24）。

据 2021 年测绘数据，三层诸像之各部尺寸如下（表 5）：

表 5 应县木塔三层诸像尺寸（单位：米）

| 名称      | 顶高    | 通高    | 基座总宽  | 净高    | 净宽    | 头高    |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 南方宝生佛   | 3.313 | 2.746 | 1.699 | 1.969 | 1.304 | 0.591 |
| 西方阿弥陀佛  | 3.279 | 2.712 | 1.842 | 1.945 | 1.332 | 0.533 |
| 东方阿閼佛   | 3.348 | 2.781 | 1.789 | 1.98  | 1.372 | 0.599 |
| 北方不空成就佛 | 3.245 | 2.678 | 1.84  | 1.954 | 1.345 | 0.576 |
| 各佛平均值   | 3.296 | 2.729 | 1.793 | 1.962 | 1.338 | 0.575 |

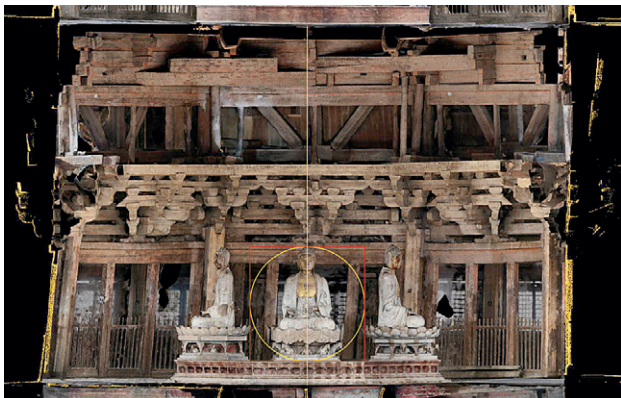


图 25 应县木塔三层室内空间与塑像比例分析  
(底图由王卓男等测绘)

### 2.3.1 空间与塑像群比例关系分析

1) 三层层高 (8.59 米)<sup>①</sup>：各佛通高 (平均值 2.729 米) = 3.148 $\approx\pi$  (吻合度 99.8%)。

2) 各佛通高 (平均值 2.729 米)：佛坛边长 (平均值 2.756 米)<sup>②</sup>=0.99 $\approx$ 1 (吻合度 99%)。

综上所述：

三层层高与四佛通高（等于八角形佛坛边长）为统一设计。尤其值得注意的是：三层层高：四佛通高之和 $\approx\pi:4$ （即圆周长与其外切正方形周长之比）。如果我们假想以四方佛的通高（同时等于八角形佛坛的边长）作为边长画一个正方形，则三层层高恰好等于其内切圆周长——这种构图手法很像佛教密宗的“曼荼罗”图式，正好与三层像设布局为密宗金刚界四方佛之内涵契合（图 25）。

### 2.3.2 塑像比例分析（表 6）

由表 6 可知，取四佛各项数据之平均值分析可得：

- 1) 各佛高宽比近于 3：2，与首层、二层佛像相同。
- 2) 各佛通高与净高之比约为 7：5，即“方五斜七”，为 $\sqrt{2}$ 的近似值。
- 3) 各佛头身比接近 1：3.5，与二层佛像相同（图 26，图 27）。

表 6 应县木塔三层诸像比例分析

| 名称      | 通高：基座总宽实际值<br>理想值（吻合度） | 净高：净宽实际值<br>理想值（吻合度） | 通高：净高实际值<br>理想值（吻合度） | 净高：头高实际值<br>理想值（吻合度） |
|---------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 各佛平均值   | 1.522<br>3：2（98.5%）    | 1.466<br>3：2（97.8%）  | 1.391<br>7：5（99.4%）  | 3.412<br>3.5（97.5%）  |
| 名称      | 通高：基座总宽                | 净高：净宽                | 通高：净高                | 净高：头高                |
| 南方宝生佛   | 1.616                  | 1.51                 | 1.395                | 3.332                |
| 西方阿弥陀佛  | 1.472                  | 1.46                 | 1.394                | 3.649                |
| 东方阿閼佛   | 1.554                  | 1.443                | 1.405                | 3.306                |
| 北方不空成就佛 | 1.455                  | 1.453                | 1.371                | 3.392                |

① 据陈明达《应县木塔》数据：三层层高 8.85 米；据北京建筑工程学院 1991 年数据：三层层高 8.631 米（平均值）。相比之下，1991 年与 2021 年数据较为接近。  
② 据陈明达《应县木塔》数据：佛坛边长 2.75 米；据北京建筑工程学院 1991 年数据：佛坛边长平均值 2.68 米；用以校核，上述结论不变，吻合度均在 98% 以上。



图 26 应县木塔三层佛像构图比例分析之一  
(底图由王卓男等测绘)



图 27 应县木塔三层佛像构图比例分析之二  
(底图由王卓男等测绘)



图 28 应县木塔四层塑像  
(作者自摄)

## 2.4 四层空间与塑像分析

梁思成称四层塑像之布置是“全塔最富于戏剧性者”：中央为坐佛，左右为二弟子迦叶、阿难。二弟子之前为文殊、普贤菩萨，其坐骑狮与象均为立像，作迈步走动状，背着莲座上的二菩萨，菩萨皆为一足下垂、一足跌坐之造型。

20 世纪 30 年代，坛上尚有四童子与两番人像，都作舞蹈姿势。20 世纪 60 年代时已无存，代之以新塑的狮奴、象奴各一尊，保存至今。从陈明达《应县木塔》一书照片中可知，20 世纪 60 年代文殊菩萨头部不存，现状的文殊菩萨头部为后来补塑；普贤菩萨下垂的一足同样为补塑（图 28）。

据 2021 年测绘数据，四层诸像之各部尺寸如下（表 7）：

表 7 应县木塔四层诸像尺寸

（单位：米）

| 名称   | 顶高    | 通高    | 基座总宽  | 净高 / 不含发髻       | 净宽    | 头高 / 不含发髻       | 备注   |
|------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-----------------|------|
| 佛    | 4.71  | 4.274 | 2.798 | 3.235           | 2.115 | 0.935           |      |
| 西北弟子 | 2.754 | 2.318 | 0.732 | 2.136           | 0.689 | 0.299           |      |
| 东北弟子 | 2.738 | 2.302 | 0.703 | 2.12            | 0.676 | 0.309           |      |
| 文殊菩萨 | 3.248 | 2.812 | 0.77  | 1.435/<br>1.329 |       | 0.375/<br>0.27  | 头为补塑 |
| 普贤菩萨 | 3.278 | 2.842 | 0.788 | 1.438/<br>1.34  |       | 0.372/<br>0.273 | 足为补塑 |
| 狮奴   | 1.499 | 1.063 |       | 1.063           |       | 0.184           | 近代重塑 |
| 象奴   | 1.522 | 1.086 |       | 1.086           |       | 0.192           | 近代重塑 |

### 2.4.1 空间与塑像群比例关系分析

1) 四层层高（7.75 米）<sup>①</sup>：佛顶高（4.71 米）=1.645≈5：3（吻合度 98.7%）。

2) 佛顶高（4.71 米）：佛坛面阔（5.646 米）<sup>②</sup>=0.834≈5：6（吻合度 99.9%）。

综上所述：

四层层高、佛坛、佛像为一整体设计。<sup>③</sup>（图 29）

### 2.4.2 塑像群比例分析

1) 佛通高（4.274 米）：普贤菩萨通高（2.842 米）=1.504≈3：2（吻合度 99.7%）；佛通高（4.274 米）：文殊菩



图 29 应县木塔四层室内空间与塑像比例分析  
(底图由王卓男等测绘)

① 陈明达《应县木塔》数据：四层层高 7.83 米；北京建筑工程学院 1991 年数据：四层层高（取内槽平均值）7.765 米。1991 年与 2021 年测绘数据更为接近。  
② 陈明达《应县木塔》数据：佛坛面阔 5.8 米；北京建筑工程学院 1991 年数据：佛坛面阔 5.588 米。1991 年与 2021 年测绘数据更为接近。  
③ 另外，四层外槽每面阔（8.47 米）：内槽每面阔（5.09 米）=1.664≈5：3（吻合度 99.8%），与四层层高与佛顶高之比值相等。

萨通高 (2.812 米) = 1.52 ≈ 3 : 2 (吻合度 98.7%)。

2) 佛通高 (4.274 米) : 二弟子净高 (平均值, 2.128 米) = 2.008 ≈ 2 (吻合度 99.6%)。

3) 佛通高 (4.274 米) : 狮奴象奴通高 (平均值, 1.075 米) = 3.976 ≈ 4 (吻合度 99.4%)。

综上所述:

佛通高 : 菩萨通高 : 弟子净高 : 二奴通高 ≈ 12 : 8 : 6 : 3。尽管文殊菩萨头部以及狮奴、象奴为补塑或重塑, 但四层塑像群之间仍存在清晰的比例关系 (图 30)。



图 30 应县木塔四层塑像群比例分析  
(底图由王卓男等测绘)

### 2.4.3 塑像比例分析 (表 8)

表 8 应县木塔四层诸像比例分析

| 名称   | 通高 : 基座总宽实际值<br>理想值 (吻合度) | 净高 : 净宽实际值<br>理想值 (吻合度) | 通高 : 净高实际值<br>理想值 (吻合度) | 净高 : 头高实际值<br>理想值 (吻合度)   |
|------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 佛    | 1.528<br>3 : 2 (98.2%)    | 1.53<br>3 : 2 (98%)     | 1.321<br>4 : 3 (99.1%)  | 3.46<br>3.5 (98.9%)       |
| 西北弟子 | 3.167                     | 3.1                     | 1.085                   | 7.144<br>7 (97.9%)        |
| 东北弟子 | 3.275                     | 3.136                   | 1.086                   | 6.861<br>7 (98%)          |
| 文殊菩萨 | 3.652                     |                         | 1.96<br>2 (98%)         | 4.922 (不含发髻)<br>5 (98.4%) |
| 普贤菩萨 | 3.607                     |                         | 1.976<br>2 (98.8%)      | 4.908 (不含发髻)<br>5 (98.2%) |

由表 8 可知:

1) 四层佛像高宽比 (3 : 2) 与头身比 (1 : 3.5) 均与三层佛像相同。

2) 二弟子立像均约为 7 头身, 二菩萨均约为 5 头身 (不含发髻; 如果包含发髻, 文殊、普贤在基座以上高度约为头高的 3 倍, 与二层文殊菩萨趺坐像构图相同)——四层的二弟子立像、文殊普贤二菩萨垂单足坐像和大佛趺坐像, 恰好构成“立七坐五盘三半”之比例, 与匠人口诀吻合。此外, 近代重塑的狮奴、象奴为运动姿态, 均约为 6 头身。

3) 文殊、普贤像净高均约为通高的一半 (图 31)。

### 2.5 五层空间与塑像分析

木塔五层塑像布置最为庄严齐整。佛坛近正方形, 中央为大日如来佛 (亦称毗卢遮那佛) 坐像, 梁思成先生认为此“佛像头面部分, 似较下面各层佛像所保存古意多一点”<sup>[2][113]</sup>。其余四面及四隅共设八座菩萨坐像, 呈八角形环绕中央主尊, 有不少学者认为此构图反映的是“佛顶尊胜曼荼罗” (或称“九位曼荼罗”“八大菩萨曼荼罗”等), 即依据《佛顶尊胜陀罗尼念诵仪轨法》(汉译本为唐代不空所译)<sup>①</sup> 确立的毗卢遮那佛与八大菩萨构成的“九

① 木塔北面原有陀罗尼经幢 (金大定四年, 1194) 一座, 中国营造学社纪念馆藏营造学社老照片中仍可见。据笔者团队实地考察, 如今该经幢断为数截, 散落佛宫寺各处, 亟待复原保护。该经幢与木塔像设布置的关系值得深入研究。参见梁思成《山西应县佛宫寺辽释迦木塔》, 第 20-21 页。



图 31 应县木塔四层各塑像比例分析  
(底图由王卓男等测绘)



图 32 应县木塔五层塑像群  
(作者自摄)

位”造像系统。<sup>[20-24]</sup>①其中,毗卢遮那佛居中央,其南、北分别为除盖障菩萨和虚空藏菩萨,东、西分别为金刚手菩萨和观世音菩萨(亦称观自在菩萨),东南和西南分别为文殊菩萨和地藏菩萨,东北和西北分别为普贤菩萨和弥勒菩萨(亦称慈氏菩萨)——八大菩萨以西面的观世音菩萨为首,依次围绕主尊顺时针排列,以地藏菩萨结尾(图 32)。

由陈明达《应县木塔》一书中老照片可知,20 世纪 60 年代时八菩萨头像之头冠、发髻大多残缺,手部全部残缺,惟南面除盖障菩萨和西南隅地藏菩萨头冠、发髻较完整。现状多为后来补塑。

据 2021 年测绘数据,五层诸像之各部尺寸如下(表 9):

### 2.5.1 空间与塑像群比例关系分析

1) 五层层高(取藻井至地面,7.109 米):佛顶高(3.97 米)=1.791≈9:5(吻合度 99.5%)。

表 9 应县木塔五层诸像尺寸 (单位:米)

| 名称       | 顶高    | 通高    | 基座总宽  | 净高    | 净宽    | 头高    |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 毗卢遮那佛    | 3.97  | 3.414 | 2.242 | 2.398 | 1.59  | 0.784 |
| (南)除盖障菩萨 | 2.508 | 1.952 | 1.162 | 1.305 | 0.844 | 0.416 |
| (西南)地藏菩萨 | 2.514 | 1.958 | 1.188 | 1.294 | 0.828 | 0.431 |
| (西)观世音菩萨 | 2.588 | 2.032 | 1.173 | 1.379 | 0.891 | 0.463 |
| (西北)弥勒菩萨 | 2.574 | 2.018 | 1.2   | 1.372 | 0.837 | 0.442 |
| (北)虚空藏菩萨 | 2.602 | 2.046 | 1.18  | 1.412 | 0.855 | 0.483 |
| (东北)普贤菩萨 | 2.563 | 2.007 | 1.193 | 1.372 | 0.849 | 0.438 |
| (东)金刚手菩萨 | 2.557 | 2.001 | 1.194 | 1.348 | 0.850 | 0.439 |
| (东南)文殊菩萨 | 2.607 | 2.051 | 1.162 | 1.371 | 0.861 | 0.463 |
| 八菩萨平均值   | 2.564 | 2.008 | 1.182 | 1.357 | 0.852 | 0.447 |

① 成叙永专门讨论了辽代的八大菩萨信仰,尤其是习惯在佛塔上建立八大菩萨曼荼罗,应县木塔五层曼荼罗是其所列举的辽代十余处实例之中唯一的彩塑实例。另有学者专门探讨了敦煌石窟及藏传佛教艺术中的八大菩萨主题。

2) 五层层高 (7.109 米): 下部佛坛面阔 (取下枋, 7.111 米)<sup>①</sup>  $\approx 0.9997 \approx 1$  (吻合度接近 100%)。

3) 五层层高 (7.109 米): 平基高 (取上皮, 4.938 米)  $= 1.44 \approx \sqrt{2}$  (吻合度 98.2%)。

4) 五层层高 (7.109 米): 各菩萨顶高 (平均值 2.564 米)  $\approx 2.773 \approx 2\sqrt{2}$  (吻合度 98%)。

综上可知: 五层藻井、平基、塑像群及其下部佛坛皆为统一设计, 比例完美<sup>②</sup> (图 33)。

### 2.5.2 塑像群比例分析

佛通高 (3.414 米): 菩萨通高 (取平均值 2.008 米)  $= 1.7 \approx 5:3$  (吻合度 98%)。

### 2.5.3 塑像比例分析 (表 10)

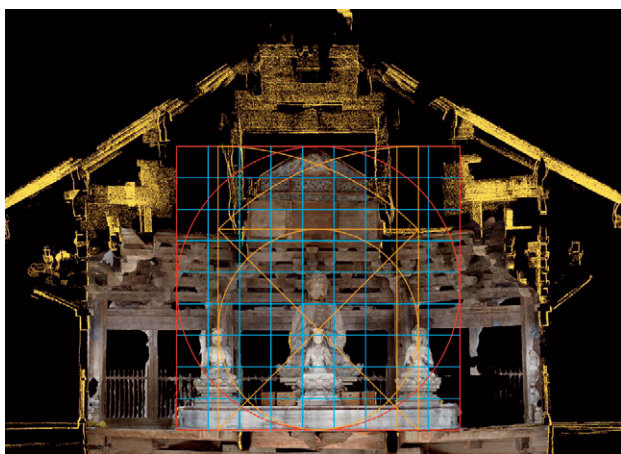


图 33 应县木塔五层室内空间与塑像比例分析  
(底图由王卓男等测绘)

表 10 应县木塔五层诸像比例分析

| 名称        | 通高: 基座总宽实际值<br>理想值 (吻合度) | 净高: 净宽实际值<br>理想值 (吻合度) | 通高: 净高实际值<br>理想值 (吻合度)        | 净高: 头高实际值<br>理想值 (吻合度) |
|-----------|--------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 毗卢遮那佛     | 1.523<br>3:2 (98.5%)     | 1.508<br>3:2 (99.5%)   | 1.424<br>$\sqrt{2}:1$ (99.3%) | 3.059<br>3:1 (98%)     |
| 八菩萨平均值    | 1.699<br>5:3 (98.1%)     | 1.593<br>8:5 (99.5%)   | 1.48<br>3:2 (98.6%)           | 3.036<br>3:1 (98.8%)   |
| 塑像名称      | 通高: 基座总宽                 | 净高: 净宽                 | 通高: 净高                        | 净高: 头高                 |
| (南) 除盖障菩萨 | 1.68                     | 1.546                  | 1.496                         | 3.137                  |
| (西南) 地藏菩萨 | 1.648                    | 1.563                  | 1.513                         | 3.002                  |
| (西) 观世音菩萨 | 1.732                    | 1.548                  | 1.474                         | 2.978                  |
| (西北) 弥勒菩萨 | 1.682                    | 1.639                  | 1.471                         | 3.104                  |
| (北) 虚空藏菩萨 | 1.734                    | 1.651                  | 1.449                         | 2.923                  |
| (东北) 普贤菩萨 | 1.682                    | 1.616                  | 1.463                         | 3.132                  |
| (东) 金刚手菩萨 | 1.676                    | 1.586                  | 1.484                         | 3.071                  |
| (东南) 文殊菩萨 | 1.765                    | 1.592                  | 1.496                         | 2.961                  |

由表 10 可知:

1) 五层佛像高宽比 (3:2) 与一至四层相同; 通高与净高之比 ( $\sqrt{2}$ ) 则与三层各佛相同 (图 34, 图 35)。

2) 各菩萨高宽比 (包括净高宽比和总高宽比, 取平均值) 介于 8:5 至 5:3 之间 (接近黄金分割比); 头身比 (含发髻) 约为 1:3; 不含发髻则头身比约为 1:4——以上各方面均与二层文殊、普贤菩萨构图比例接近, 可知木塔菩萨趺坐像具有一定统一规矩 (图 36, 图 37)。

### 2.6 木塔各层佛像间的比例关系

除了上文所述木塔各层室内空间与塑像群比例关系之外, 木塔各层佛像 (即主尊) 之间, 也存在极其精彩的比例关系。



图 34 应县木塔五层佛像构图比例分析之一  
(底图由王卓男等测绘)



图 35 应县木塔五层佛像构图比例分析之二  
(底图由王卓男等测绘)

① 据北京建筑工程学院 1991 年数据: 佛坛面阔 6.995 米。用以校核, 上述结论不变。

② 陈明达曾在《应县木塔》一书中指出“就藻井本身, 找不出它的高度是如何确定的”。目前至少可知, 藻井高度等于佛坛面阔, 同时与佛顶高度形成 9:5 的比例关系, 与平基形成  $\sqrt{2}$  比例, 与菩萨顶高形成  $2\sqrt{2}$  比例, 等等。

图 36 应县木塔五层菩萨像构图比例分析之一（左）

图 37 应县木塔五层菩萨像构图比例分析之二（右）  
（底图由王卓男等测绘）



## 2.6.1 木塔各层佛像构图比例比较

首先，木塔各层佛像的构图比例存在许多相似手法（表 11）。

表 11 应县木塔各层佛像比例分析（一）

| 名称           | 通高：基座总宽实际值<br>理想值（吻合度） | 净高：净宽实际值<br>理想值（吻合度） | 通高：净高实际值<br>理想值（吻合度）          | 净高：头高实际值<br>理想值（吻合度） |
|--------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| 首层大佛         | 1.484<br>3：2（98.9%）    | 1.531<br>3：2（98%）    | 1.217<br>6：5（98.6%）           | 3.23<br>10：3（96.9%）  |
| 二层佛          | 1.519<br>3：2（98.7%）    | 1.524<br>3：2（98.4%）  | 1.296<br>13：10（99.7%）         | 3.568<br>3.5（98%）    |
| 三层四佛<br>（均值） | 1.522<br>3：2（98.5%）    | 1.466<br>3：2（97.8%）  | 1.391<br>$\sqrt{2}：1$ （98.4%） | 3.412<br>3.5（97.5%）  |
| 四层佛          | 1.528<br>3：2（98.2%）    | 1.53<br>3：2（98%）     | 1.321<br>4：3（99.1%）           | 3.46<br>3.5（98.9%）   |
| 五层佛          | 1.523<br>3：2（98.5%）    | 1.508<br>3：2（99.5%）  | 1.424<br>$\sqrt{2}：1$ （99.3%） | 3.059<br>3：1（98%）    |

由表 11 可知：

1）木塔各层佛像的高宽比（包括净高宽比和总高宽比）均趋近于 3：2[绝大多数数据吻合度高于 98%，仅三层佛像净高宽比（取四佛平均值）吻合度为 97.8%]。可知此为应县木塔诸佛最普遍的造型手法。

2）三层四佛与五层佛像的通高与净高之比均为 $\sqrt{2}：1$ （这一比例也存在于二层文殊、普贤两尊菩萨坐像中）。首层、二层、四层佛像的通高与净高之比也是相对简洁的整数比。

3）二、三、五层佛像头身比均接近 1：3.5（即“盘三半”，首层壁画六佛也采取这一比例）。首层和五层佛像的头部所占比例更大，五层最大，达到净高的三分之一。

## 2.6.2 木塔各层佛像通高之比例

其次，各层佛像之间还存在更精妙的比例安排，并且极可能是以首层大佛为基本模度（即模数）进行设计的。详见表 12：

表 12 应县木塔各层佛像比例分析（二）

| 名称        | 通高<br>（单位：米） | 占首层大佛<br>通高的百分比              |
|-----------|--------------|------------------------------|
| 首层大佛      | 10.32        | 100%                         |
| 二层佛       | 4.052        | 39.26%                       |
| 三层四佛（平均值） | 2.729        | 26.44%                       |
| 四层佛       | 4.274        | 41.41%                       |
| 五层佛       | 3.414        | 33.08%                       |
| 三层佛与五层佛之和 | 6.143        | 59.53%<br>（≈60%，吻合度 99.2%）   |
| 二层佛与四层佛之和 | 8.326        | 80.68%<br>（≈80%，吻合度 98.9%）   |
| 二至五层四佛之总和 | 14.469       | 140.20%<br>（≈140%，吻合度 99.9%） |

由表 12 可知：如果设首层大佛通高为 100 份，则二、四层佛像通高之和约为 80 份，三、五层佛像通高（三层取四佛平均值）之和约为 60 份，三者呈 5 : 4 : 3 之比例关系，即“勾三股四弦五”。

这一比例关系是否是一种巧合呢？如果我们仔细考察木塔各层像设布置背后的佛教教义、仪轨等内涵，就会发现这一比例关系其实很可能是精心安排的结果：木塔二层、四层供奉的主题属于显教（二层有可能为华严宗）；而三层供奉密宗的金刚界四方佛，五层供奉密宗所谓“佛顶尊胜曼荼罗”，皆属于密教<sup>[20]</sup>；首层大佛须弥座最上一重莲瓣每瓣皆绘一尊小佛，与洛阳龙门石窟奉先寺卢舍那大佛、日本奈良东大寺卢舍那大佛之莲座异曲同工<sup>[25]</sup><sup>①</sup>，也有可能属于华严宗，于是木塔各层像设布置共同构成显密融合的宗教体系，有学者指出此为辽代佛教之重要特点<sup>[20][24]</sup>。因此，令木塔二、四层佛像（显教）为一组，通高之和为首层大佛的 4/5；再令三、五层佛像（密教）为一组，通高之和为首层大佛的 3/5，一方面符合应县木塔各层像设布置所对应的宗教派别与仪轨，同时也使得木塔各层佛像之间获得了清晰明了的比例关系。

再进一步还会发现，木塔二、三、四、五层的四尊佛像的通高（三层取四佛平均值）之和，恰为首层大佛通高的 1.4 倍，即 $\sqrt{2}$  倍的近似值，同时也几乎等于木塔首层的层高（四佛通高之和为 14.469 米，首层层高为 14.57 米，二者吻合度达 99.3%）。如果我们假想将木塔二至五层的佛像累叠在一起，总高度正好等于木塔首层层高（并且等于首层壁画中大佛头顶至地面距离的 2 倍），这同样应是精心设计之结果（图 38）。

### 2.6.3 木塔总高与首层大佛通高之比例

最后特别需要指出的是，首层大佛通高不仅极有可能是各层佛像通高的模度，同时也很可能是木塔建筑的重要

模度之一。据我们 2021 年的实测数据，木塔总高（不含台基）61.99 米。由此可知：

木塔总高（不含台基，61.99 米）：大佛通高（10.32 米）=6.007≈6（吻合度 99.9%）。<sup>②</sup>

据北京建筑工程学院 1991 年实测数据：木塔总高 65.88 米，台基高（平均值）3.667 米，故木塔总高（不含台基）62.213 米；首层大佛通高约 10.2 米。以此校核：

木塔总高（不含台基，62.213 米）：大佛通高（10.2 米）=6.099≈6（吻合度 98.3%）。

据中国文化遗产研究院 2011 年实测数据：木塔总高 65.838 米<sup>[26][18]</sup>，台基高（台明外缘上皮平均值 3.572 米<sup>③</sup>），故木塔总高（不含台基）62.266 米；首层大佛通高约 10.375 米。以此校核：

木塔总高（不含台基，62.266 米）：大佛通高（10.375 米）=6.002≈6（吻合度接近 100%）。

综上可知，通过对 1991、2011、2021 三次测绘实测数据的分析，均可得出木塔总高（台基以上）与首层大佛通高之清晰比例关系（即 6 : 1）<sup>④</sup>。若设大佛通高为 H，则木塔总高（台基以上）为 6H，二至五层四佛通高之和为 1.4H，故木塔各层佛像通高总和（三层取四佛平均值）为 2.4H，与木塔总高（6H）之比为 2 : 5。

### 2.6.4 木塔垂直方向各段高度之比例

我们还可进一步发现，如果把木塔总高（不含台基）平均分为 21 份，设每份高度为 A，则 A=61.99/21=2.952 米。由此可得：

木塔首层层高（14.57 米）=4.936A≈5A（吻合度 98.7%）；  
木塔二层层高（8.82 米）=2.988A≈3A（吻合度 99.6%）；  
木塔塔刹高（11.571 米）=3.92A≈4A（吻合度 98%）；  
木塔三、四、五层总高（27.029 米，五层算至塔刹底）=

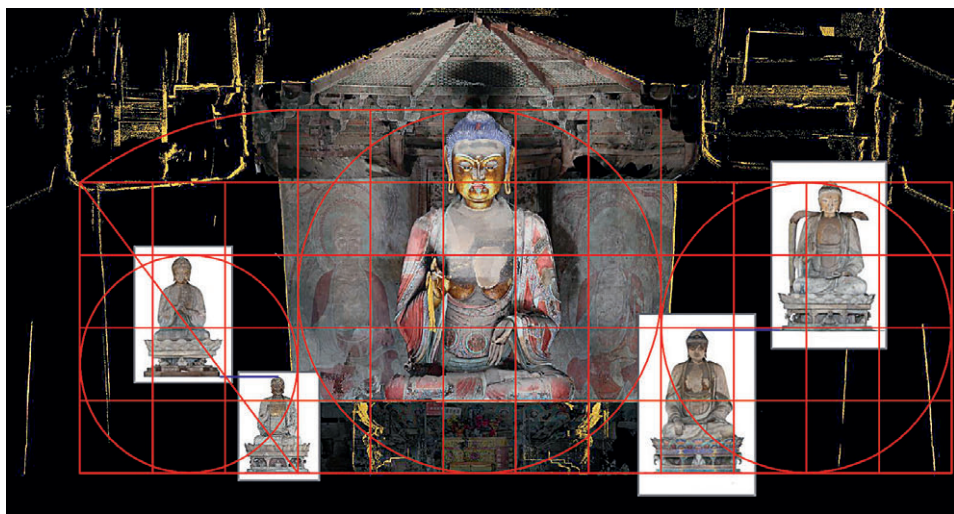


图 38 应县木塔各层佛像之间比例关系分析（底图由王卓男等测绘）

① 大佛须弥座莲瓣中绘小佛，应是象征《华严经》中所谓“莲华藏世界”。参见《大仏開眼一二五〇年：東大寺のすべて》，第 22-26 页。

② 过去笔者曾以陈明达《应县木塔》一书中大佛高度计算木塔总高与大佛高度之比例关系，由于该书中大佛高度实测值偏高（超过 11 米），故该结论明显有误，本文用最新实测数据予以更正，特此说明。参见王南《规矩方圆 浮图万千——中国古代佛塔构图比例探析（上、下）》。

③ 数据取自木塔首层南北向剖面图。

④ 特别需要指出的是，木塔由于倾斜的原因，总高应略不及其倾斜前的原始高度。通过对木塔倾斜状况的深入研究来推测木塔倾斜之前的原始高度，尚有许多细致深入的工作需要开展。

9.156A $\approx$ 9A（吻合度 98.3%）——可知三、四、五层平均层高为 3A，等于二层层高。

首层大佛通高（10.32 米） $\approx$ 3.496A $\approx$ 3.5A（吻合度 99.9%）。

综上可知，木塔（台基以上）的构图在垂直方向上分成四大部分——首层层高：二层层高：三四五层总高：塔刹高 $\approx$ 5：3：9：4。其中，二层、塔刹和首层高度又呈“勾三股四弦五”比例，与各层佛像高度之间的比例关系颇有异曲同工之妙（图 39）。

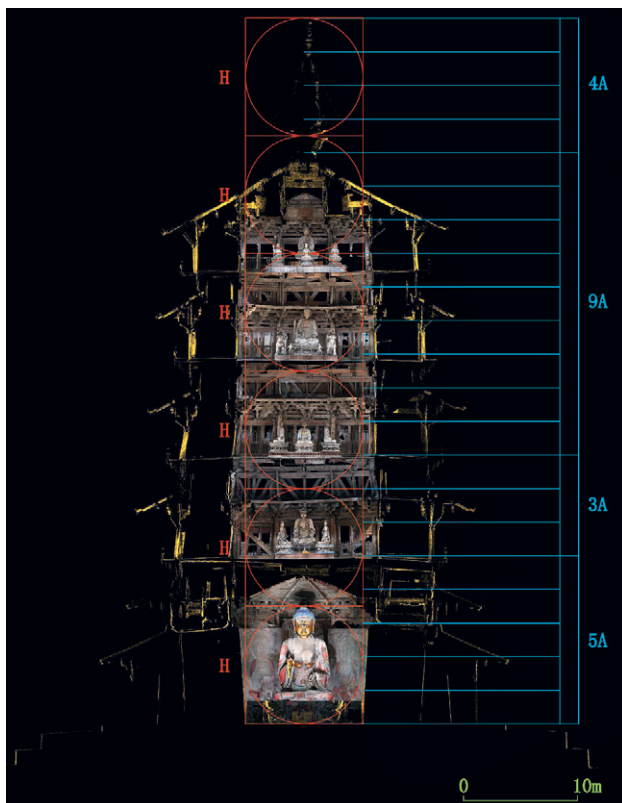


图 39 应县木塔总高（不含台基）为首层大佛通高（H）之 6 倍。其中，首层层高、二层层高、三四五层总高、塔刹高分别为 5A、3A、9A、4A；H 等于 3.5A；A=2.952 米（底图由王卓男等测绘）

于是不妨推测：木塔各层造像的设置乃是以首层大佛为基本原点，先定首层大佛通高为木塔总高（台基以上）的  $1/6$ ，同时为首层层高的  $1/\sqrt{2}$ ；然后根据与首层大佛的比例关系定各层佛像通高，并且以二、四层显教为一组，三、五层密教为一组；至于各层佛顶高与层高之比例关系，则可以通过各层佛坛高度进行微调（因此木塔二至五层佛坛高度分别为 368 毫米、567 毫米、436 毫米、556 毫米，似无明显规律）；再定各层佛像与其附属塑像通高之比例；最后，各类塑像应有自身之构图规矩，分别依规矩塑造——如此一来，可以保证木塔上下五层的二三十尊塑像为统一设计的整体，并且与木塔建筑本身，尤其是各层内槽空间形成和谐的构图比例。

### 3 结语：经典比例及其文化内涵

通过前文对应县木塔室内空间与塑像群构图比例的分析，可得出如下一些初步结论：

第一，木塔各层层高与佛像（主尊）的顶高之间，基本都有十分清晰的比例关系：首层为  $\sqrt{2}:1$ ，二层为  $2:1$ ，四层为  $5:3$ ，五层为  $9:5$ ；此外，三层层高与四佛通高的平均值之比为  $\pi:1$ 。各层层高与佛像顶高（或通高）之间的比例关系，是木塔室内空间与塑像之间最基本的构图比例之一，也是各层塑像与室内空间相互配合、共同营造“礼佛”“拜佛”宗教氛围的最重要的设计手段之一。<sup>①</sup>除此之外，木塔首层塔心室内壁直径与大佛通高相等，藻井高度约为大佛通高的 1.25 倍，壁画中六尊大佛顶高为首层层高的一半等，这些比例关系体现出更加精细的设计手法。二至五层每层的佛坛也与室内空间、塑像群是一体化设计的。以上诸方面皆证明：木塔室内空间、佛坛与塑像群（尤其是主要佛像）乃至壁画是统一精心设计的。

第二，木塔各层的塑像群内部有着清晰简洁的比例关系。首层虽为一座大佛独尊，但大佛通高与环绕大佛的壁画中的六尊大佛顶高呈  $\sqrt{2}:1$  关系。二层主佛、二胁侍与文殊普贤之通高呈  $14:10:9$  比例（前二者即  $\sqrt{2}:1$  的近似值）。三层四佛尺度基本相同。四层主佛、文殊普贤、阿难迦叶与二兽奴之高度（阿难迦叶取净高，其余取通高）呈  $12:8:6:3$  比例。五层主佛与八菩萨之通高呈  $5:3$  比例。

第三，木塔 26 尊塑像各自皆有清晰的构图比例，且依不同类型呈现出颇为明显的规律。各层佛像（共计 8 尊）之高宽比均近于  $3:2$ ，手法一以贯之。二、五层的菩萨坐像（共计 10 尊）之高宽比均近于  $5:3$  或  $8:5$ ，接近“黄金分割比”。二层两尊胁侍菩萨立像与四层两尊弟子立像均为 7 头身；四层文殊、普贤二菩萨垂单足坐像均为 5 头身（不含发髻），二、三、五层佛像（共计 6 尊）头身比均接近  $1:3.5$ ——以上头身比皆符合匠人口诀“立七坐五盘三半”。当然也有例外，如一、四层大佛，头身比在  $1:3-1:3.25$  之间。各坐像的通高与净高之比也有着较清晰的比例关系，最普遍的是  $\sqrt{2}:1$ （包括三层、五层佛像以及二层文殊、普贤菩萨共 7 尊）和  $3:2$ （包括五层 8 尊菩萨）。当然也存在通高与净高之比为  $6:5$ （首层大佛）、 $13:10$ （二层佛）、 $4:3$ （四层佛）等情况。

第四，各层佛像通高可能皆以首层大佛为模度：二、四层佛像（显教）通高之和为首层大佛通高的  $4/5$ ，三、五层佛像（密教）通高之和为首层大佛通高的  $3/5$ ，二至五层佛像通高总和为首层大佛通高的 1.4 倍（约  $\sqrt{2}$  倍）。由此可知，木塔各层佛像极可能为统一设计，并且体现出显密圆融的佛教仪轨。

第五，木塔总高（不含台基）约为首层大佛通高的 6 倍，可知首层大佛不仅可能是各层佛像的模度，更可能

<sup>①</sup> 陈明达在《应县木塔》一书中曾尝试复原二、三、四层的藻井与平闇。不论木塔二、三、四层原状是否有藻井、平闇，目前从层高与佛像高度的比例关系来看，即便不设藻井、平闇，木塔中间各层亦呈现出较为清晰的设计意图。

是木塔建筑的模度——影响整座应县木塔的营构，诚可谓“度像构塔”。

从上述各方面结论中，可以总结出应县木塔室内空间与塑像中运用最多的几种经典比例，即 $\sqrt{2}$ （或7:5、10:7）、3:2、5:3（或8:5）以及9:5。下面简要讨论一下这些经典比例背后丰富的文化内涵。

### 3.1 $\sqrt{2}$ 与规矩方圆

$\sqrt{2}$ 比例除了大量出现在木塔室内空间与塑像的构图比例中，还出现在木塔的建筑设计中，例如：木塔总高与首层平面八角形内径（不含副阶）之比约为 $2\sqrt{2}:1$ ；木塔总高与第五层柱头距塔下地面高度之比约为 $\sqrt{2}:1$ 等。<sup>[15]</sup>此外据笔者研究，在唐代五台山佛光寺东大殿、辽代蓟县独乐寺观音阁中， $\sqrt{2}$ 比例皆贯穿于建筑设计以及室内空间与塑像（群）的构图比例之中，与应县木塔一样呈现出“度像构屋”之设计手法。<sup>[13-14]</sup>

实际上，笔者曾经在王贵祥、冯时、孙大章、张十庆等学者相关论著<sup>[27-34]</sup>的基础上，研究并指出： $\sqrt{2}$ 比例是中国古代都城规划、建筑群布局、建筑单体设计中最常见的经典比例之一，贯穿于上下五千年、数百个各种类型的实例之中。<sup>[16]</sup>更重要的是，北宋《营造法式》一书的第一幅“图样”即为“圆方方圆图”（图40）。结合该书文字可知，此图实为李诫所引《周髀算经》之插图“圆方图”与“方圆图”（图41）。《营造法式》开篇“看详”第一条目“方圆平直”引《周髀算经》曰：

“数之法出于圆方。圆出于方，方出于矩，矩出于九九八十一。”

“万物周事而圆方用焉，大匠造制而规矩设焉。”

《周髀算经》《营造法式》中的“圆方图”与“方圆图”正是 $\sqrt{2}$ 比例明白无误的图示，<sup>①</sup>它们所包含的规矩方圆作图

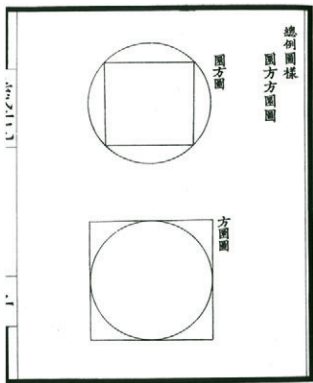


图40 《营造法式》“圆方方圆图”  
(李诫. 营造法式[M]. 影印本. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.)

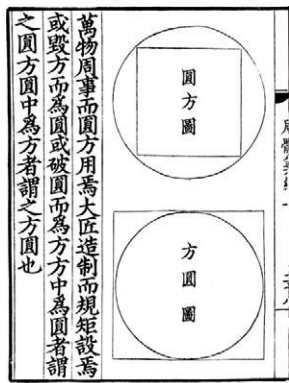


图41 《周髀算经》“圆方图”与“方圆图”  
(上海图书馆, 北京大学图书馆. 宋刻算经六种[M]. 上海: 文物出版社, 1981.)

手法，是中国古代城市规划、建筑群布局、建筑设计乃至佛教建筑中室内像设布置、塑像造型设计等营造活动中重要而根本的方法，其背后蕴含的是中国古人“天圆地方”的宇宙观（《周髀算经》称“方属地，圆属天，天圆地方”）与追求天、地、人和谐的文化理念。

如果说“圆方图”更直观地体现了 $\sqrt{2}$ 比例（正方形边长与其外接圆直径之比为 $1:\sqrt{2}$ ）的话，那么“方圆图”还可以表现圆周率，即正方形周长与其内切圆周长之比为 $4:\pi$ ——这正是木塔三层四佛通高之和与层高之间的比例关系。因此，木塔首层层高与大佛通高的比例（ $\sqrt{2}:1$ ）和三层层高与四佛通高之和的比例（ $\pi:4$ ）恰与《周髀算经》之“圆方图”与“方圆图”相对应。

再进一步引申，由于古人对圆周率的近似算法是“周三径一”，即认为圆周率约等于3，故而“方圆图”又包含了3:4这一比例关系。所以《周髀算经》在讨论了“数之法出于圆方，圆出于方，方出于矩，矩出于九九八十一”之后，立即接着指出：

“故折矩，以为勾广三，股修四，径隅五，既方之外，半其一矩。环而共盘，得成三四五。两矩共长二十有五，是谓积矩。故禹之所以治天下者，此数之所生也。”<sup>[35]</sup>

三国时数学家赵爽注曰：

“圆径一而周三，方径一而匝四，伸圆之周而为勾，展方之匝而为股，共结一角，邪适弦五。此圆方邪径相通之率。故曰‘数之法出于圆方’。圆方者，天地之形，阴阳之数。”<sup>[35]1-2</sup>

可知《周髀算经》基于“方圆图”所包含的3:4关系，以3（圆周长）为勾，以4（方周长）为股，进一步利用“积矩法”推导勾股定理（以“勾三股四弦五”为例），诠释其“数之法出于圆方”的理念。而前文谈到的木塔三五层佛像通高之和、二四层佛像通高之和与首层大佛通高之间，恰好符合3:4:5即“勾三股四弦五”的比例——基于上述对木塔中 $\sqrt{2}$ 和 $\pi:4$ 比例关系的分析，各层佛像间这组“勾三股四弦五”比例（包括木塔二层、塔刹与首层高度也呈这一比例关系）似乎更不会是偶然巧合。

综上所述：木塔各层室内空间与佛像实际上完整而巧妙地诠释了《周髀算经》中的“圆方图”“方圆图”以及“勾三股四弦五”比例——《周髀算经》原书中曾将三者统合为“勾股圆方图”，可惜该图佚失，赵爽曾据此补绘“弦图”<sup>[35]13-17</sup>（图42）。

特别值得注意的是，据专述藏传佛教造像规矩的《佛说造像量度经》一书可知，藏传佛教中的释迦趺坐画像，净高70指，净宽50指<sup>[17]②</sup>，二者恰为“方五斜七”之比，近于 $\sqrt{2}$ 比例（图43）。应县木塔首层壁画中的六尊释大佛坐像，净高宽比大多为 $\sqrt{2}$ 比例（仅东南壁大佛不符），可视为《佛说造像量度经》所记构图手法的早期实例。比木

① 李诫甚至在《营造法式》中提出了141:100和100:71这两个较工匠口诀“方五斜七”“方七斜十”更精确、更接近的整数比值。他在“看详”的“取径围”条目中写道：“今来诸工作已造之物及制度，以周径为则者，如点量大小，须于周内取径，或于径内求周，若用旧例，以‘围三径一，方五斜七’为据，则疎略颇多。今谨按《九章算经》及约斜长等密率，修立下条。圆径七，其围二十有二；方一百，其斜一百四十有一；……圆径内取方，一百中得七十有一。”

② 据《佛说造像量度经》，“指”为造像的基本模度之一，如立佛通高120指，趺坐佛通高70指，造像周身各部尺寸皆以“指”为基本度量单位。此外，又规定十二指为搥，倍搥为肘，四肘为寻，等等。

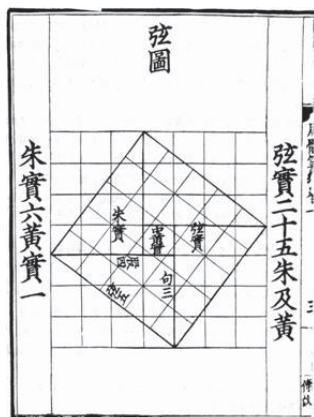


图 42 赵爽补《周髀算经》“弦图”  
(程贞一, 闻人军. 周髀算经译注[M].  
上海: 上海古籍出版社, 2012.)

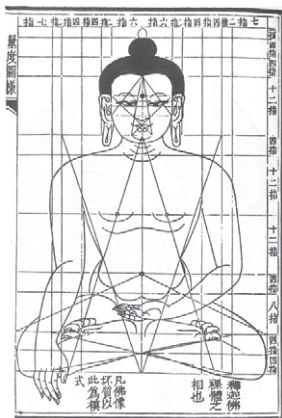


图 43 《佛说造像量度经》插图  
(工布查布, 翻译. 佛说造像量度经  
[M]. 北京: 文物出版社, 2016.)

塔更早的实例是五台山佛光寺东大殿明间释迦趺坐像, 净高宽比亦为 $\sqrt{2}$ , 是塑像中这一构图的重要代表<sup>①</sup>(图 44)。

应县木塔中大量出现的 $\sqrt{2}$ 比例, 既是中国古代营建活动中源远流长的传统, 同时也与佛教密宗曼荼罗图式(同样大量运用规矩方圆的构图)<sup>②</sup>契合。在应县木塔的建筑设计与室内空间与塑像构图比例中大量出现的 $\sqrt{2}$ 比例, 是否为以上两方面文化内涵相互交融的结果, 这一课题值得

深入探索。

### 3.2 3:2 与“参天两地”

3:2 集中出现在木塔各层佛像的高宽比之中, 应是木塔佛像造型的基本手法。<sup>③</sup>与此类似, 另一座辽代巨构义县奉国寺大殿(建于辽开泰九年, 1020)的七尊大佛高宽比亦近于 3:2(尤以中央大佛最为接近, 尽端二佛高宽比则已趋于 8:5), 且中央大佛通高与大殿明间面阔之比亦为 3:2<sup>[14]</sup>(图 45)。

与 $\sqrt{2}$ 比例类似, 3:2 同样是中国古代城市规划与建筑设计中常用的经典比例。尤其重要的是,《营造法式》“大木作制度”所规定的“材广”(15分°)与“材厚”(10分°)之比即为 3:2。<sup>④</sup>据陈明达《应县木塔》一书可知, 木塔用材以 25.5 厘米×17 厘米为较标准的数值, 二者之比为 3:2。此外,《周礼·考工记》中所述百工“制器”的内容中亦不乏 3:2 比例的运用。

王其亨等曾经结合中国古代十二律, 深入探讨了 3:2 这一经典比例所具有的文化内涵, 尤其指出其与《周易·说卦》所谓“参天两地而倚数”等哲学观念之联系, 极具启发性。<sup>[36-38]</sup>冯时亦在讨论辽宁牛河梁红山文化“圜丘”遗址三环石坛直径之间的等比关系时指出其与《周易》

图 44 五台山佛光寺东大殿塑像构图分析  
(王南. 规矩方圆 佛之居所——五台山佛光寺东大殿构图比例探析[J]. 建筑学报, 2017(6): 29-36.)

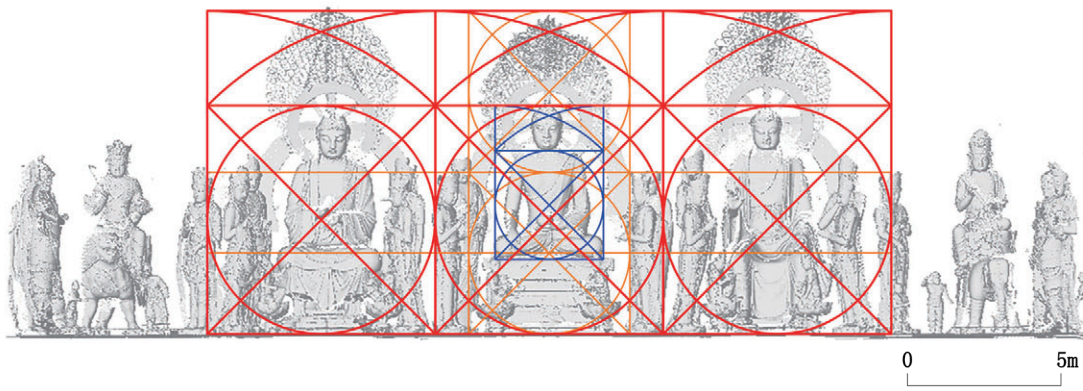
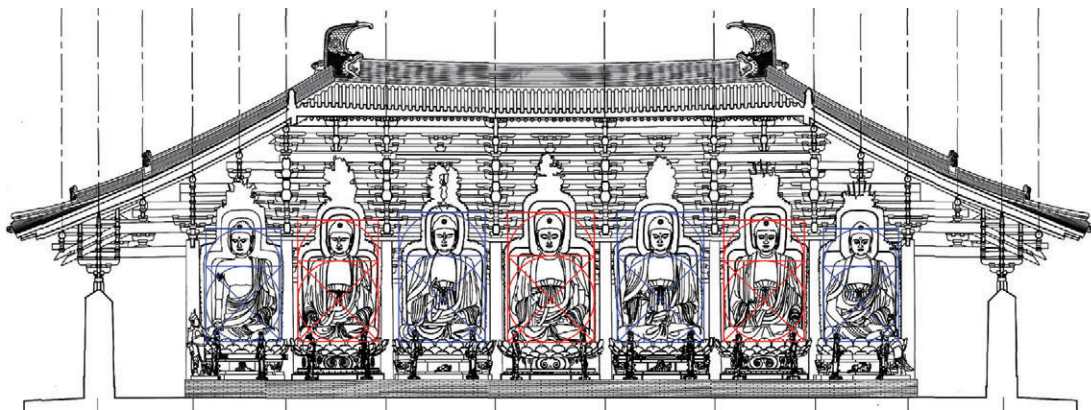


图 45 义县奉国寺大殿佛像分析图  
(王南. 规矩方圆, 度像构屋——蓟县独乐寺观音阁、山门及塑像之构图比例探析[M]// 贾珺. 建筑史: 第 41 辑. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 103-125.)



① 此外, 佛光寺东大殿明间主佛通高为两旁胁侍菩萨立像通高的 $\sqrt{2}$ 倍。参见王南《规矩方圆 佛之居所——五台山佛光寺东大殿构图比例探析》。

② 王贵祥曾经指出:“在中国佛教密宗中, 特别是藏传佛教中所推崇的神秘图式——曼荼罗, 就是一个由方与圆所构成的具有宇宙象征意义的图形。其基本的概念是‘方圆相涵’, 藏传密教寺院承德普乐寺用圆殿与方城所造成的巨大曼荼罗式建筑, 即是一个典型的例证。其建筑的比例中是否也用了方圆相涵的关系, 尚需作进一步的研究分析, 但其在造型观念上, 用方圆的形式, 创造某种宇宙象征的意义, 却与我们所分析的唐宋建筑比例问题是相通的。”参见王贵祥《唐宋单檐木构建筑比例探析》。

③ 此外, 五层八尊菩萨的通高与净高之比亦约为 3:2。

④ 此外, 张十庆研究指出,《营造法式》足材广(21分°)与单材广(15分°)之比为 7:5, 符合“方五斜七”比例。参见张十庆《〈营造法式〉材比例的形式与特点——传统数理背景下的古代建筑技术分析》。可见《营造法式》对于“材”的尺度规定是综合运用 7:5( $\sqrt{2}$ )与 3:2 的结果。

“参天两地”思想之密切关联。<sup>[39]</sup> 615-624 王军进一步对“参天两地”的内涵，特别是历代注家对“参天两地”的不同解释进行了深入挖掘与讨论。<sup>[40]</sup> 其中，朱熹《周易本义》释“参天两地而倚数”曰：

“天圆地方，圆者一而围三，三各一奇，故参天而为三。方者一而围四，四合二耦，故两地而为二，数皆倚此而起。”<sup>[41]</sup>

这是以“周三径一”的圆周古率来解释“参天”，以正方形“一而围四”、二二得四的数理关系来解释“两地”，认为方圆皆始于一，圆是“一而围三”，三即“参天”；方是“一而围四”，是两个地数二相加所得，也就是“两地”。这一解释实际上将 3:2 这一比例及其所蕴含的“参天两地”思想，与前面讨论的 $\sqrt{2}$ 比例及其背后的“天圆地方”观念联系起来。

### 3.3 5:3、8:5 与“黄金分割”

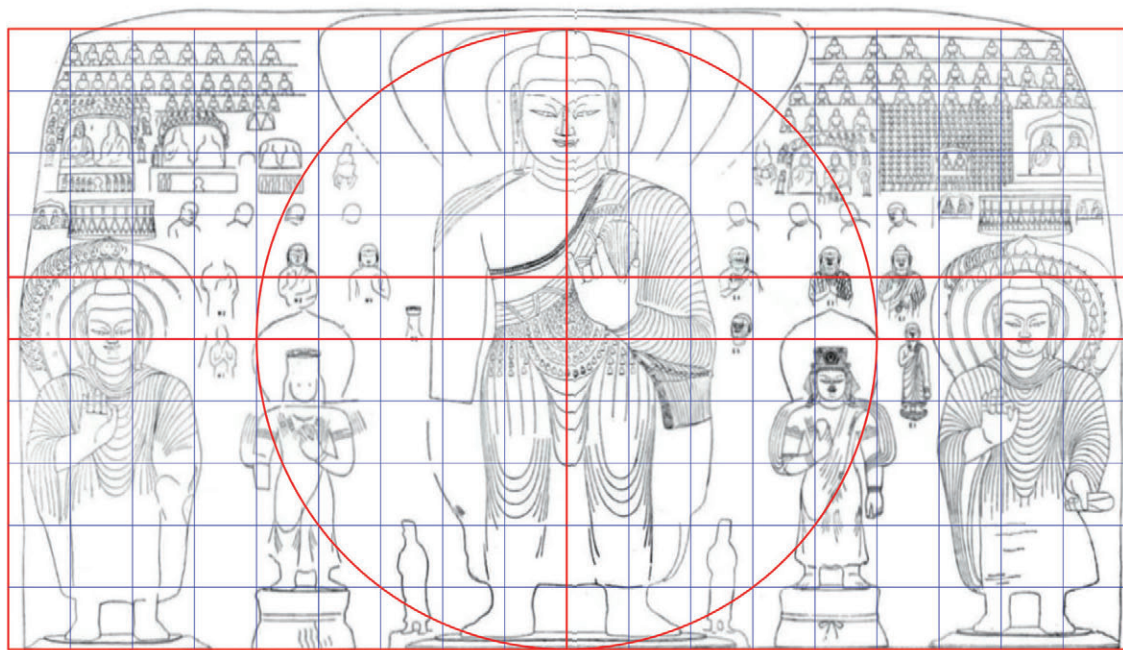
5:3 (或 8:5) 集中出现在木塔的菩萨趺坐像之高宽比中，与佛像普遍采用的高宽比 3:2 相比，显得更加瘦高修长，接近西方所谓的黄金分割比 (约 1.618)。木塔五层佛像与八菩萨通高之比、四层层高与佛顶高之比、二层层高与佛坛面阔 (即内槽每面面阔) 之比也是 5:3，可知 5:3 在木塔中亦得到广泛运用。<sup>②</sup>

该比例也是中国古代建筑中颇常见的比例，典型者如紫禁城神武门、东华门、西华门之高宽比均为 3:5。<sup>[42]</sup> 5:3 比例首先是前述《周髀算经》中“勾三股四弦五”中“弦”与“勾”之比，其次很可能与《周易·系辞上》所谓

“参伍以变，错综其数”<sup>[43]</sup> 589 等内涵有关，尚待深入挖掘。有趣的是 5:3 (或 8:5) 与黄金分割比的近似关系，特别是当这一比例运用在雕塑艺术中时更加值得注意，其与西方雕塑艺术中运用黄金分割比的手法有何关联，是否随佛教传入中国而影响中国佛教艺术 (诸如犍陀罗艺术带来的影响等)，同样值得深入探究。中国古代雕塑匠师运用 5:3 构图比例的早期探索，目前至少可以找到北魏的云冈石窟第 18 窟 (属于云冈第一期) 作为一个典型实例：其中央主尊与胁侍佛通高之比即为 5:3，而中央主尊、胁侍佛与胁侍菩萨通高之比约为 10:6:5——足见这种令一组造像群中高低不同的造像具备清晰比例关系的构图手法，早在云冈石窟中已经迈向成熟 (图 46)。

### 3.4 9:5 与“九五之尊”

9:5 这一比例在木塔出现的频率不及前几种，但均出现在较为重要的地方：第一，五层藻井高与佛顶高之比为 9:5，木塔第五层供奉九尊塑像 (并且呈“九位曼荼罗”图式)，从比例、数字到空间格局皆包含九五之数的内涵；<sup>③</sup> 第二，木塔首层平面“外槽”与“内槽”八角形边长之比为 9:5——据中国文化遗产研究院实测数据可知：木塔首层外槽面阔 (平均值 9.561 米) : 内槽面阔 (平均值 5.319 米) <sup>[26]</sup>  $\approx 1.798 \approx 9:5$  (吻合度 99.9%)。第三，如前文所提到的，木塔三四五层总高与首层层高之比为 9:5。此外，应县木塔外观五层，加上内部四个暗层，呈“外五内九”格局，亦包含九五之数。



0 1 2 3m

图 46 大同云冈石窟第 18 窟造像群构图比例分析 (底图来源：水野清一，长广敏雄。云冈石窟：第十二卷 [M]. 中国社会科学出版社，2016.)

① 王军进一步指出元大都南墙三门、北墙二门，也带有“天南地北”、“参天两地”之含义。

② 此外，木塔首层层高 (14.57 米) : 二层层高 (8.82 米)  $\approx 1.652 \approx 5:3$  (吻合度 99.1%)。

③ 木塔顶层“九位曼荼罗”图式中，既有中央主尊与东、西、南、北四菩萨形成的“四方五位”关系，又有中央主尊与八大菩萨形成的“八方九宫”关系，因此出现九五之比恰与空间模式契合。关于“四方五位”与“八方九宫”之探讨可参见冯时《中国古代的天文与人文》第一章。

在中国古代城市、建筑的营建中，常以九五之数象征所谓“九五之尊”。<sup>①</sup>特别是《周易》乾卦九五爻辞曰“飞龙在天，利见大人”，进一步使得“九五之尊”成为天子之位的代称。此前已有学者考证应县木塔为辽代皇室工程<sup>[41][44]</sup>，故其中出现“九五之尊”的象征含义亦属正常。

值得一提的是，木塔与《周易》思想的关联不仅暗含在9:5（象征“九五之尊”）或者一系列3:2（象征“参天两地”）之中，更直接出现在木塔的外观与室内空间之中：最突出的就是木塔台基正面的石刻八卦图（图47）以及木塔五层斗八藻井中央的彩绘八卦图（图48），此外木塔首层斗八藻井中央的图案则近似宋代理学大师周敦颐的“太极图”（源于《周易参同契》的“水火匡廓图”和“三五至精图”），同样与《周易》、八卦等内涵相关<sup>[32]486-488</sup>



图47 中国营造学社拍摄的应县木塔台基正面八卦石刻旧影（八卦图案上方书“儒释道”三字）  
（清华大学建筑学院中国营造学社纪念馆藏）



图48 应县木塔五层斗八藻井中央彩绘八卦图案  
（作者自摄）

（图49，图50）。耐人寻味的是，木塔出现八卦图或“太极图”的两处藻井分别在五层和首层，这也恰恰是出现9:5比例关系的地方。<sup>②</sup>

以上是对应县木塔室内空间与塑像构图比例的一些发现，并尝试初步探讨其比例关系背后的文化内涵，进而提出一些值得未来深入探究的方向。随着研究的逐渐深入，越来越显露出比例对于中国古代城市、建筑乃至塑像、壁画等研究的重要性不容低估。

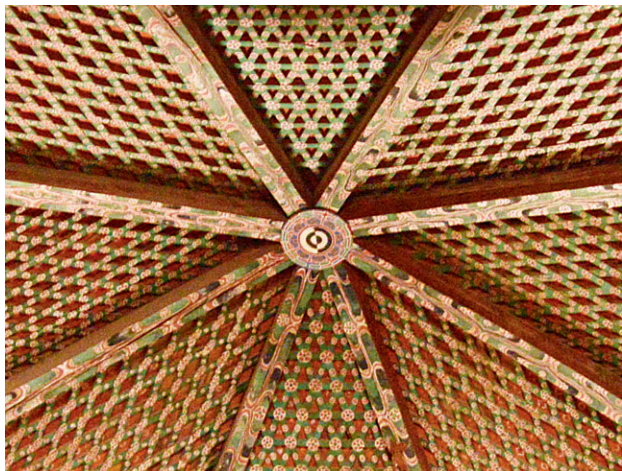


图49 应县木塔首层斗八藻井中央绘类似周敦颐“太极图”（可与图50比较）  
（作者自摄）

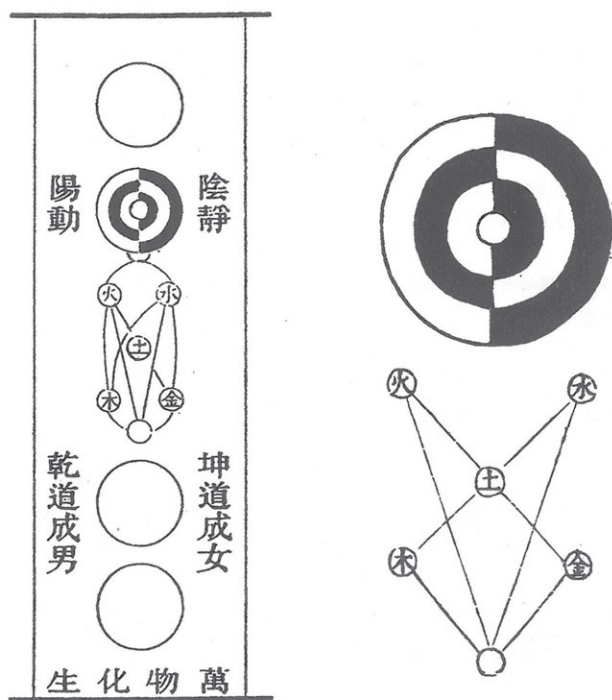


图50 左：周敦颐“太极图”；右：《周易参同契》中的“水火匡廓图”（上）与“三五至精图”（下）  
（冯时，中国天文考古学[M]. 2版. 北京：中国社会科学出版社，2010：487.）

① 据王军研究指出：“《周易》以九、六表示一爻的阴阳属性，阳为九，阴为六；六十四卦由两个经卦相重而成，自下而上六个爻位分别称初、二、三、四、五、上，上卦居中之爻，爻位为五，如果是阳爻，即称九五；六爻之中，奇数序位为阳，偶数序位为阴，九五爻是阳爻居阳位，又是上卦居中之爻，即居中正之位，古人以中正为尊，此即‘九五之尊’。”参见王军《〈周易〉与紫禁城平面规划》，未刊稿。

② 木塔这三处八卦图或太极图出现于何时尚待继续深入研究。

清代工布查布(《佛说造像量度经》译者)著《造像量度经引》有言曰:

“经云量度不准之像,则正神不寓焉。此岂工人之所易任者乎。然则尺寸量度之为要务也明矣。”<sup>[17]</sup>

工布查布通过翻译《佛说造像量度经》这一经典,认识到佛教造像比例与尺度之重要性。而要想弄清比《佛说造像量度经》更早的佛教造像的构图比例手法,只有通过测绘更多早期实例并对其进行研究分析才能找到规律。本文正是抱着这一目的所做的一次粗浅尝试,希望得到方家的批评指正。

本文写作时正值梁思成先生诞辰120周年,谨以梁先生作于1943年的《说建筑品格精神之所在》一文<sup>①</sup>中一段讨论艺术中比例(文中称“权衡”)的文字作结,以资纪念:

“权衡(Proportion):这是一切艺术的最基本问题。在一件艺术作品中,一切归根都可以说是个权衡的问题,就

是说部份与部份间在布置关系上的比例。……若权衡适当,则美的问题已十九解决。权衡问题并不过分玄妙,并不是不可以言传,仅可以意会者……”

[致谢:特此感谢应县木塔管理所方国一所长对我们现场考察与研究工作的的大力支持;感谢清华大学建筑学院教授、《建筑史学刊》主编王贵祥先生惠允我们在研究中使用由他主持测绘的应县木塔实测图及数据(1991);感谢清华大学建筑学院建筑历史与文物保护研究所刘畅所长、哈佛大学“中国艺术实验室”(CAMLab)汪悦进教授及吕晨晨副主任对我们考察与研究的大力支持与重要启发;感谢天津大学建筑学院丁垚副教授惠赠应县木塔首层剖面实测图(2011)供我们研究使用;感谢故宫博物院王军研究馆员对本文提出的宝贵意见;感谢芝加哥大学东亚语言与文明专业硕士生朱欣蕊对本文英文摘要写作的协助。]

## 参考文献

- [1] 梁思成. 我们知道的唐代佛寺与宫殿[J]. 中国营造学社汇刊, 1932, 3(1): 75-114.
- [2] 梁思成. 山西应县佛宫寺辽释迦木塔[M]// 梁思成. 梁思成全集: 第十卷. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [3] 梁思成. 山西应县佛宫寺辽释迦木塔[M]// 梁思成. 中国古建筑调查报告: 下. 北京: 生活·读书·新知三联书店, 2012.
- [4] 陈明达. 应县木塔[M]. 北京: 文物出版社, 2001.
- [5] 莫宗江. 《应县木塔》读后札记[M]// 张复合. 建筑史论文集: 第15辑. 北京: 清华大学出版社, 2002: 89-92.
- [6] 宿白. 敦煌莫高窟密教遗迹札记(下)[J]. 文物, 1989(10): 68-86.
- [7] 莫宗江, 陈明达. 巩县石窟寺雕刻的风格及技巧[M]// 河南省文物研究所. 中国石窟: 巩县石窟寺. 北京: 文物出版社, 1989.
- [8] 陈明达. 独乐寺观音阁、山门的大木作制度(上)[M]// 张复合. 建筑史论文集: 第15辑. 北京: 清华大学出版社, 2002: 71-88.
- [9] 陈明达. 独乐寺观音阁、山门的大木作制度(下)[M]// 张复合. 建筑史论文集: 第16辑. 北京: 清华大学出版社, 2002: 10-30.
- [10] 傅熹年. 中国早期佛教建筑布局演变及殿内像设的布置[M]// 傅熹年. 傅熹年建筑史论文集. 北京: 文物出版社, 1998: 136-146.
- [11] 丁垚, 成丽. 义县奉国寺大雄殿调查报告[M]// 建筑文化考察组. 义县奉国寺. 天津: 天津大学出版社, 2008: 25-42.
- [12] 刘畅, 廖慧农, 李树盛. 山西平遥镇国寺万佛殿与天王殿精细测绘报告[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
- [13] 王南. 规矩形. 佛之居所——五台山佛光寺东大殿构图比例探析[J]. 建筑学报, 2017(6): 29-36.
- [14] 王南. 规矩形圆, 度像构屋——蓟县独乐寺观音阁、山门及塑像之构图比例探析[M]// 贾珺. 建筑史: 第41辑. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 103-125.
- [15] 王南. 规矩形. 浮图万千——中国古代佛塔构图比例探析(上)[M]// 王贵祥, 贺从容, 李菁. 中国营造学社汇刊: 第16辑. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 216-256.
- [16] 王南. 规矩形. 天地之和——中国古代都城、建筑群与单体建筑之构图比例研究[M]. 北京: 中国城市出版社, 2018.
- [17] 工布查布, 翻译. 佛说造像量度经[M]. 北京: 文物出版社, 2016.
- [18] 王世襄. 清代匠作则例汇编: 佛作、门神作[M]. 北京: 北京古籍出版社, 2001.
- [19] 国家文物局文物保护科学技术研究所, 山西省古建筑保护研究所, 山西省雁北地区文物工作站, 等. 山西应县佛宫寺木塔内发现辽代珍贵文物[J]. 文物, 1982(6): 1-8, 97-101.
- [20] 罗炤. 应县木塔塑像的宗教崇拜体系[M]// 中山大学艺术史研究中心. 艺术史研究: 第12辑. 广州: 中山大学出版社, 2010: 189-216.
- [21] 成叙永. 辽代八大菩萨造像研究[J]. 辽金历史与考古, 2017(1): 81-109.
- [22] 郭祐孟. 敦煌石窟“卢舍那佛并八大菩萨曼荼罗”初探[J]. 敦煌学辑刊, 2007(1): 45-63.
- [23] 席琳. 吐蕃禅定印毗卢遮那与八大菩萨组合图像研究[J]. 考古与文物, 2014(6): 41-48.
- [24] 尤李. 应县木塔所藏《入法界品》及其相关问题考论[J]. 山西档案, 2013(6): 27-32.
- [25] 奈良国立博物館, 東大寺, 朝日新聞社. 大仏開眼一二五〇年: 東大寺のすべて[M]. 大阪: 朝日新聞社, 平成十四年(2002).
- [26] 侯卫东. 应县木塔保护研究[M]. 北京: 文物出版社, 2016.
- [27] 王贵祥. 与唐宋建筑柱樑关系[M]// 中国建筑学会建筑历史学术委员会. 建筑历史与理论: 第三、四辑. 南京: 江苏人民出版社, 1984: 137-144.
- [28] 王贵祥. 唐宋单檐木构建筑平面与立面比例规律的探讨[J]. 北京建筑工程学院学报, 1989(12): 49-70.
- [29] 王贵祥. 唐宋单檐木构建筑比例探析[M]// 杨鸿勋. 营. 第一辑: 第一届中国建筑史学国际研讨会论文选辑. 北京: 天津出版社, 1998: 226-247.
- [30] 冯时. 红山文化三环石坛的天文学研究——兼论中国最早的圆丘与方丘[J]. 北方文物, 1993(1): 9-17.
- [31] 冯时. 中国古代的天文与人文[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2006.
- [32] 冯时. 中国天文考古学[M]. 2版. 北京: 中国社会科学出版社, 2010.
- [33] 孙大章. 承德普宁寺: 清代佛教建筑之杰作[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [34] 张十庆. 《营造法式》材比例的形式与特点——传统数理背景下的古代建筑技术分析[M]// 贾珺. 建筑史: 第31辑. 北京: 清华大学出版社, 2013: 9-14.
- [35] 程贞一, 闻人军. 周髀算经译注[M]. 上海: 上海古籍出版社, 2012.
- [36] 王其享. 《营造法式》材分制度的数理涵义及审美观照探析[J]. 建筑学报, 1990(3): 50-54.
- [37] 史薇, 张宇. 宋《营造法式》材份制度的数理涵义及律度协和的审美意象探析[J]. 建筑师, 2013(3): 58-75.
- [38] 王其享. 宋《营造法式》材份制度的数理含义及律度协和的审美意象探析[M]// 王其享. 当代中国建筑史家十书: 王其享中国建筑史论选集. 沈阳: 辽宁美术出版社, 2014.
- [39] 冯时. 文明以止: 上古的天文、思想与制度[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2018.
- [40] 王军. 尧风舜雨: 元大都规划思想与古代中国[M]. 北京: 生活·读书·新知三联书店, 2021.
- [41] 朱熹. 周易本义[M]. 北京: 中华书局, 2020.
- [42] 王南. 禁城宫阙, 太紫圆方——北京紫禁城单体建筑之构图比例探析[M]// 贾珺. 建筑史: 第42辑. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 93-128.
- [43] 杨天才, 张善文, 译注. 周易[M]. 北京: 中华书局, 2011.
- [44] 宿白. 独乐寺观音阁与蓟州玉田韩家[J]. 文物, 1985(7): 32-48.
- [45] 梁思成. 梁思成全集: 第七卷[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [46] 闻人军. 考工记译注[M]. 上海: 上海古籍出版社, 2008.
- [47] 李诚. 营造法式[M]. 影印本. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [48] 张荣, 雷朔, 王麒, 等. 佛光寺东大殿建置沿革研究[M]// 贾珺. 建筑史: 第41辑. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 31-52.
- [49] 上海图书馆, 北京大学图书馆. 宋刻算经六种[M]. 上海: 文物出版社, 1981.
- [50] 水野清一, 长广敏雄. 云冈石窟: 第十二卷[M]. 中国社会科学院考古研究所, 编译. 北京: 科学出版社, 2016.

① 该文原发表于1943年6月第2期《社会教育季刊》, 可参见本刊重新发表的此文。