

陕西麟游寿圣寺金代铁佛 制造工艺浅析

冯百龄¹, 刘皓妍^{2, 3}, 曹诗媛⁴, 李 阳¹, 魏唯一⁵

(1. 西安市文物保护考古研究院, 陕西西安 710000; 2. 陕西师范大学历史文化学院, 陕西西安 710000;
3. 秦始皇帝陵博物院, 陕西西安 710000; 4. 陕西省文物保护研究院, 陕西西安 710000;
5. 咸阳师范学院历史文化学院, 陕西咸阳 712000)

摘要: 陕西麟游寿圣寺卢舍那铁佛铸造于金代承安元年(公元1196年), 其结构可分为上部铁佛、中部九层莲台及下部须弥座。金相分析表明, 佛腿处材料为过共析钢, 须弥座表层为亚共晶白口铁, 符合古代大型铸铁器物的特征。能谱数据显示其采用了煤炭作为燃料。铁佛整体采用了分铸组装的建造方式, 内部以直木串联固定。该铁佛在材料选择与建造工艺上均具有显著特色, 不仅反映了金代高超的冶铁技术水平, 更展现了佛教文化与金属铸造技术的完美融合, 为研究金代宗教艺术与手工业发展提供了重要实物资料。

关键词: 麟游寿圣寺; 金代铁佛; 分铸组装; 串联结构

中图分类号: TG143; K871 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4977 (2026) 01-0098-05

DOI: 10.27014/j.cnki.zhuzao.2026.0015

作者简介:

冯百龄(1993-), 男, 助理馆员, 研究方向为科技考古。电话: 15651617730, E-mail: 15651617730@163.com

通信作者:

刘皓妍, 女, 博士, 助理馆员。电话: 18066797715, E-mail: 847782129@qq.com

基金项目:

陕西省教育厅 2025 年度哲学社会科学重点研究基地项目“陕西彬州开元寺塔地宫出土文物整理与研究”; 咸阳师范学院 2025 年度重点科研项目“咸阳彬州唐宋开元寺地宫出土文物的考古学研究”(XSYK25016)。

收稿日期:

2025-08-20 收到初稿,
2025-09-12 收到修订稿。

引用格式:

冯百龄, 刘皓妍, 曹诗媛, 等. 陕西麟游寿圣寺金代铁佛制造工艺浅析[J]. 铸造, 2026, 75(1):98-102.

FENG Bailiang, LIU Haoyan, CAO Shiyuan, et al. Preliminary analysis of the manufacturing techniques of the iron buddha from the Jin dynasty at Shousheng temple in Linyou, Shaanxi province[J]. Foundry, 2026, 75(1):98-102.

宋辽金时期, 中国北方地区冶铁业高度发达, 形成了以今山西、内蒙古、河北和东北为核心的冶铁产业带, 这一区域的铁矿资源开发带动了整个北方冶铁技术的蓬勃发展^[1]。金代作为中国古代冶铁技术的重要发展时期, 其大型铸铁器物的制作达到了新的高度, 尤以铁钟、铁佛等宗教器物的铸造工艺最为精湛, 代表了当时铁器制造的顶尖水平。

陕西麟游丈八镇寿圣寺内保存完好的卢舍那铁佛, 铸造于金章宗承安元年(公元1196年), 是该时期铁器制造工艺的典型代表。铁佛由三部分组成(图1), 从上到下依次为卢舍那坐佛像、九层莲台及仰覆莲圆形束腰须弥座。须弥座上铭文铸有

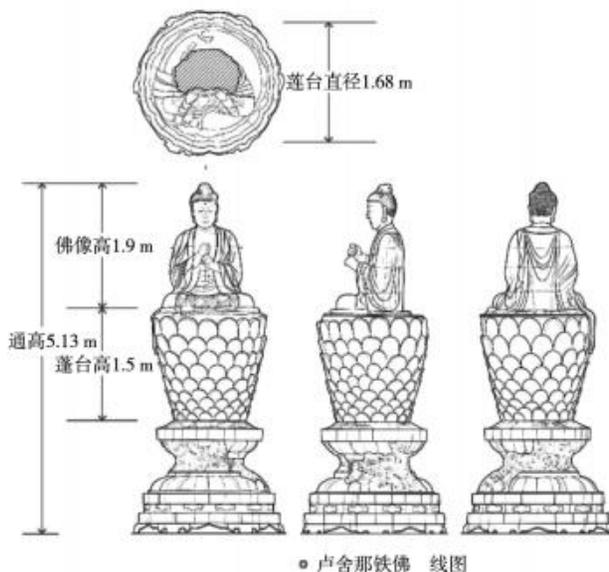


图1 陕西麟游寿圣寺金代卢舍那铁佛及三维扫描图

Fig. 1 The Lushena iron buddha of the Jin dynasty at Shousheng temple in Linyou, Shaanxi Province and 3D scanning image

工匠信息——京兆府临泾镇田氏，这为研究金代“金火匠人”群体提供了珍贵的一手资料。历经八百余年的岁月洗礼，该铁佛至今仍被信众供奉，其头部、手部、仰莲座和须弥座覆盖的粘土地仗层保存完好，表面彩绘虽为后世信众补绘，却延续了造像的宗教功能与艺术生命力^[2]。

1 铁佛冶金学分析

为深入分析铁佛的材质特征与制作工艺，对造像不同部位进行了取样检测。上部铁佛为中空铸造结构，样品取自佛腿处残块，残块厚度0.4~1.2 cm，取其横截面为样品制样。下部须弥座只在其表层茬口处取样，样品尺寸均在1 cm以内。考虑到九层莲台因施地仗层彩绘，为保护文物完整性，未对该部位进行取样。

试验过程中，所有样品均经过标准化的镶样、磨抛处理，并采用4%硝酸酒精溶液进行侵蚀处理。通过金相显微镜对金属组织结构进行观察分析，同时结合扫描电镜对金属基体及各相元素成分进行检测。

1.1 金相学分析

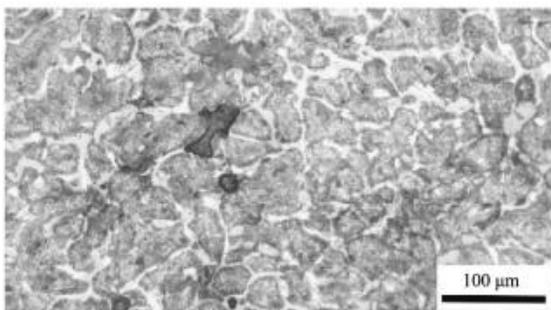
金相分析结果显示，铁佛不同部位的材质存在显著差异。上部佛腿处样品呈现典型过共析钢特征（图2

(a)），其显微组织中可见均匀分布的珠光体基体及清晰的网状二次渗碳体，组织纯净度较高，未见明显夹杂物或石墨析出。从样品边缘至心部均观察到细小均匀的晶粒结构，并伴有典型的铸造缩孔形貌，这些特征表明该部位采用了铸铁脱碳工艺，在700~900 °C的温度范围内进行氧化脱碳处理，随后经过完全退火，最终形成网状渗碳体结构^[3]。

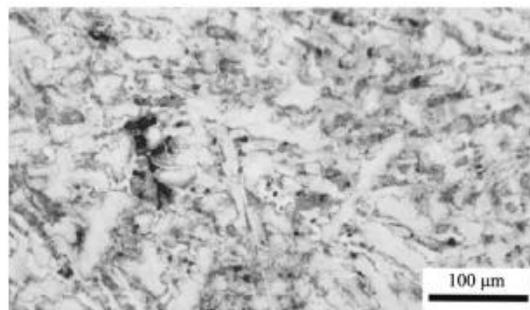
下部须弥座表层样品则表现为亚共晶白口铸铁组织，图2(b)中可见莱氏体、珠光体以及白亮色的共晶渗碳体。这种组织特征的形成与铸造工艺密切相关：由于须弥座表层靠近铸型范具，冷却速度较快，抑制了石墨的析出，从而形成了典型的亚共晶白口铁结构。

1.2 化学成分分析

在扫描电镜下，铁佛及须弥座基体质地均匀，二次电子像下可见铸造时的缩孔，背散射模式下未见明显夹杂物。铁佛、须弥座样品面扫及点扫能谱数据如表1所示，样品的成分数据整体较为均匀。P面扫时的含量范围为0.23%~0.46%，在铸铁中当P>0.03%时，易形成磷共晶^[4]。图3中谱图1处的P含量达到4.93%，其基体上分布鱼骨状珠光体，符合二元磷共晶形态。



(a) 佛腿残块



(b) 须弥座

图2 铁佛金相图

Fig. 2 Metallographic diagrams of the iron buddha

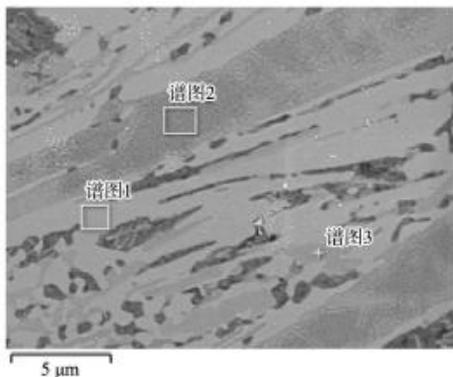


图3 铁佛佛腿SEM背散射图

Fig. 3 The iron buddha SEM backscattering image

组织与珠光体间无明显分界，也可证明其组织可以由铁液在高温保温环境中析出^[5]。P含量较高，可提高铁液流动性，利于铸造佛像等复杂器物，但会降低铸件韧性，较高的P含量与使用含磷铁矿石作为原料以及将煤炭作为燃料有关。S面扫时的含量范围为0.21%~0.68%，能谱数据中，佛腿点扫5、须弥座点扫5的S含量分别达到10.57%、30.42%，使得S与Fe易生成FeS。S含量较高则进一步表明其冶炼时应是使用煤炭作为燃料，同时也证明未使用脱硫工艺^[6]。Mn含量较低或未检出，使得不能生成MnS，也阻碍了石墨的析出。Si在面扫时的含量范围为0.26%~0.71%，符合过共

表1 铁佛SEM-EDS分析
Tab. 1 SEM-EDS analysis of the iron buddha

样品	分析部位	P	S	Si	Mn	Fe	O	C	备注
佛腿	面扫1	0.33	0.44	0.26	-	54.10	20.86	24.01	基体
	面扫2	0.23	0.68	0.35	-	55.41	20.47	22.86	基体
	点扫1	4.93	0.11	0.06	-	73.72	5.78	15.41	灰色相
	点扫2	0.19	0.04	0.06	-	69.01	8.61	22.09	灰黑相
	点扫3	0.59	0.05	0.08	-	76.91	3.61	18.76	灰黑相
	点扫4	0.16	0.09	0.81	-	48.26	26.85	23.83	灰黑相
	点扫5	-	10.57	-	-	72.43	2.87	14.13	灰色相
须弥座	面扫1	0.40	0.68	0.35	-	64.91	16.35	17.31	基体
	面扫2	0.46	0.21	0.71	-	61.69	18.86	18.07	基体
	点扫1	0.07	0.11	0.02	-	74.59	6.72	18.49	灰色相
	点扫2	0.16	0.06	0.05	-	72.64	7.71	19.39	灰色相
	点扫3	0.10	2.59	0.12	-	69.14	8.12	19.91	灰色相
	点扫4	0.49	-	-	-	85.91	3.78	9.81	灰色相
	点扫5	-	30.42	-	0.80	54.70	-	14.08	灰色相

析钢或亚共晶白口铁的特征，Si在冶炼时可与氧元素结合，成为冶炼渣，从而使得材料致密^[7]。

2 铁佛构造及铸造过程

寿圣寺铁佛分为三部分，采用了类似模块化的设计理念，下部须弥座、中部莲台及上部铁佛均为相对独立构件，彼此之间留有较大空隙（图4（a）、（b））。通过内窥镜观察可见，三大件均为中空结构，须弥座壁厚4~5 cm，铁佛厚度较薄，佛腿残块最

薄处0.4 cm左右，最厚处1.2 cm左右。中部莲台的底部为圆弧形，与下部须弥座结合，形成类似不倒翁的结构。在上部铁佛内部可见一根方立木贯穿上下两部分，应是为了保持构件纵向稳定，遂采用方立木彼此串联（图4（c））。

从铸造痕迹考察，上部铁佛与下部须弥座略有不同，铁佛表面可见水平及垂直铸缝，是由多块方形范具累加而成（图5（a））。须弥座表面只有垂直铸缝，应是铁液熔化后一次铸成（图5（b））。



(a) 须弥座与莲台缝隙



(b) 莲台与佛像缝隙



(c) 佛像内部木材支撑

图4 铁佛构件

Fig. 4 The iron buddha components

3 相关讨论

通过对铁佛的金相分析与整体构造的考察，其材料和建造工艺稍显特殊，与国内大型佛教铸铁文物有所不同，主要体现在以下方面：

(1) 金属热处理工艺。通过金相观察发现，上部铁佛与下部须弥座金相组织不同，表明其热处理过程

稍有不同。铁佛因其为中空结构，厚度较薄，经过较长时间的退火过程，多余的碳经氧化，成为铸铁脱碳钢，这是工匠有意为之，还是未掌握好退火过程，尚需更多材料验证。须弥座为铁佛基座，外层因其冷却速度较快，以白口铁为主，而铁器材质与器物部位相关，内部多见灰口铁或麻口铁组织（表2）。大型铸铁件需要较好的耐磨度、抗冲击性能，因此白口铁、麻



(a) 铁佛铸缝



(b) 须弥座铸缝

图5 铁佛及须弥座铸缝

Fig. 5 Cast seam of iron buddha

口铁和灰口铁均较为合适。同时生铁所需熔化温度较低，其流动性较好，适合铸造大型器物，是古代大型铸造器物的主要材料。

(2) 铸造及组装工艺。国内现存佛教大型铸铁文物主要出现在唐代以后，与佛教兴盛和生铁冶炼技术进步紧密相关，如铁佛、铁钟、铁经幢、铁塔和铁狮等器物大量出现^[8]。特大型铸铁器物的制造方法大致分为两类，第一类为分段铸接，第二类为分铸组装^[9]。采用何种铸造方式与器型整体造型有关：造型单一的器型适合采用分段铸接的方式建造，此种铸造方式的代表有沧州铁狮子、富平南张村金代铁佛^[10]；如造型涉

及多个复杂构件，采用分铸组装的方法较为合适，此种铸造方式的代表有石家庄烈士陵园金代铁狮、河南桐柏淮渎庙元代铁狮和广州光孝寺铁塔等。寿圣寺铁佛由铁佛、莲台和须弥座三个造型各异的构件组成，因此适合采用分铸组装的方法建造。但值得注意的是铁佛与国内其他分铸组装的铸铁文物不同，其构件之间未采用焊接、榫卯等连接方式，而是采用方木串联，这种非刚性连接的好处就是降低整体铸铁器物的制造难度，且构件之间留有空隙，缓冲性能好，维护修缮难度低，可以降低整体造价。这种建构方式国内暂未见他例，可丰富对古代分铸组装工艺的认识。

表2 五代至元代佛教大型铸铁文物科技分析信息

Tab. 2 Scientific and technological analysis information of large-sized buddhist cast iron cultural relics from the Five dynasties to the Yuan dynasty

时代	地点	名称	材质
五代后周广顺三年(953年) ^[11]	河北沧州	狮子	头部：白口铁；腿部：灰口铁；中间：麻口铁
五代南汉大宝六年、十年(963、967年) ^[9]	广州光孝寺	铁塔	亚共晶白口铸铁
宋嘉祐六年(1061年) ^[12]	湖北当阳玉泉寺	铁塔	塔身：麻口铁
北宋元丰六年(1083年) ^[13]	福州开元寺	阿弥陀佛	表层：白口铁；内部：麻口铁
辽天庆四年(1114年) ^[6]	浹源阁院寺	铁钟	白口铁
北宋宣和七年(1125年) ^[6]	河南临汝风穴寺	铁钟	白口铁
金明昌三年(1192年) ^[6]	西安大荐福寺	铁钟	白口铁
金承安元年(1196年)	陕西麟游寿圣寺	卢舍那佛	铁佛：过共析钢；须弥座表层：亚共晶白口铁
元泰定元年(1324年) ^[6]	衡山庙	铁钟	白口铁
元天历元年(1328年) ^[9]	河南桐柏淮渎庙	铁狮	白口铁

4 结语

陕西麟游寿圣寺金代卢舍那铁佛作为12世纪末中国冶铁技术的杰出代表，其独特的材质选择与创新性的建造工艺，展现了金代冶铁技术的高度发展水平。通过系统的金相学与成分分析，研究发现铁佛不同部位采用了差异化的热处理工艺：上部铁佛形成铸铁脱

碳钢组织，下部须弥座表面则为亚共晶白口铁。尤为特殊的是，铁佛采用的分铸组装工艺与“方木串联”的连接方式，不仅解决了大型铸铁器物的结构稳定性问题，更展示了金代工匠在铸造技术上的创造。该研究不仅丰富了我们对于金代冶铁技术的认识，也为探讨佛教艺术与金属工艺的互动关系提供了重要案例。

参考文献:

- [1] [元]脱脱等撰. 金史 [M]. 北京: 中华书局, 2016.
- [2] 刘皓妍, 李阳. 陕西麟游寿圣寺金代卢舍那铁佛调查与研究 [J]. 考古与文物, 2024 (10): 105-114.
- [3] 李慧忠. 钢铁金相学与热处理常识 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1975.
- [4] 李德珊. 铸铁中的磷含量与磷共晶含量的分析 [J]. 铸造, 1991 (7): 11-14.
- [5] 张周瑜, 陈建立, 潜伟. 浅析中国古代生铁冶炼中的磷 [J]. 南方文物, 2018 (3): 196-211.
- [6] 华觉明. 中国古代金属技术——铜和铁造就的文明 [M]. 郑州: 大象出版社, 1999: 423-424.
- [7] 李慧忠. 钢铁金相学与热处理常识 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1975.
- [8] 韩茹玢, 孙淑云, 李秀辉. 中国古代金属材料显微组织图谱 (总论) [M]. 北京: 科学出版社, 2023.
- [9] 华觉明. 中国古代金属技术——铜和铁造就的文明 [M]. 郑州: 大象出版社, 1999.
- [10] 李静杰. 富平南张村金大定二十一年铁佛像考察 [J]. 中原文物, 2021 (1): 139-144.
- [11] 吴坤仪, 李京华, 王敏之. 沧州铁狮的铸造工艺 [J]. 文物, 1984 (6): 81-85.
- [12] 孙淑云. 当阳铁塔铸造工艺的考察 [J]. 文物, 1984 (6): 86-89.
- [13] 唐电, 王欣, 陈俊锋. 福州开元寺铁佛铸造技术特征探讨 [J]. 铸造, 2023 (7): 917-922.

Preliminary Analysis of the Manufacturing Techniques of the Iron Buddha from the Jin Dynasty at Shousheng Temple in Linyou, Shaanxi Province

FENG Bai-ling¹, LIU Hao-yan^{2,3}, CAO Shi-yuan⁴, LI Yang¹, WEI Wei-yi⁵

(1. Xi'an Institute of Cultural Relics Protection and Archaeology, Xi'an 710000, Shaanxi, China; 2. School of History and Culture, Shaanxi Normal University, Xi'an 710000, Shaanxi, China; 3. Emperor Qinshihuang's Mausoleum Site Museum, Xi'an 710000, Shaanxi, China; 4. Shaanxi Provincial Institute of Cultural Relics Protection, Xi'an 710000, Shaanxi, China; 5. School of History and Civilization, Xianyang Normal University, Xianyang 712000, Shaanxi, China)

Abstract:

The iron buddha at Shousheng Temple in Linyou, Shaanxi, was cast in the first year of Chengan, Jin dynasty (AD 1196). Its structure can be divided into the upper iron buddha, the middle nine-layer lotus platforms, and the lower sumeru pedestal. Metallographic analysis reveals that the material at the buddha's legs is hypereutectoid steel, while the surface layer of the sumeru pedestal is hypoeutectic white cast iron, consistent with the characteristics of ancient large-scale iron castings. Energy spectrum data indicates the use of coal as fuel. The iron buddha was fabricated using a segmented casting and assembly method, and fixed with internal straight wooden rods for fixation. The iron buddha exhibits distinctive features in both material selection and construction techniques, reflecting not only the advanced iron smelting technology of the Jin dynasty but also the perfect integration of Buddhist culture and metal casting techniques. It provides important physical evidence for the study of religious art and handicraft development during the Jin dynasty.

Key words:

Shousheng Temple in Linyou; Jin dynasty iron buddha; segmented casting and assembly; series connection structure