

赵州桥的“敞肩拱”——古代桥梁施工的力学革命

关键词：工匠精神；古代智慧

隋朝赵州桥(公元 595—605 年)的“敞肩拱”设计(主拱两侧各设两小拱)，开创了桥梁施工史上的力学革命。匠师李春在无现代计算工具的条件下，通过“拱肩加拱”的构造，将主拱圈受力面积减少 15%，同时使洪水泄洪量提升 20%。施工中采用“干砌法”结合糯米灰浆黏结，石材加工精度达 $\pm 2\text{ mm}$ ，拱券接缝处以铁片楔紧，实现“千年无位移”的结构奇迹。

更值得称道的是，敞肩拱施工突破了传统实肩拱的材料局限：通过小拱减轻拱顶重量约 3000 t，使地基荷载降低 25%。此外，利用拱脚“伏石”构造增强水平抗推力，经现代有限元分析，其结构安全系数达 3.8，远超同期世界同类桥梁。这种将力学原理与施工工艺深度融合的智慧，比欧洲同类敞肩拱技术早出现 1200 年，印证了中国古代桥梁工程“以智造器”的科学思维。

赵州桥的石拱脊梁，不仅跨越了洹河，更架起了传统施工智慧与现代桥梁工程的对话桥梁，至今仍是现代桥梁工程“数字化设计+传统经验”双轮驱动的重要参照。

思政点：古代桥梁施工中蕴含的创新思维与工程伦理传承