

# 装配式建筑在煤矿地面建筑中的应用前景

张子奇

中国煤炭科工集团北京华宇工程有限公司 北京 100120

**摘要：**本文探讨了煤矿地面建筑设计的发展现状与趋势，重点分析了传统混凝土结构在质量、污染和成本方面的弊端，以及装配式混凝土结构在提高建筑质量、节能减排和缩短工期等方面的优势。文章指出，煤矿建筑中部分设施（如井塔、井架）因特殊要求仍适合传统建造方式，而普通厂房和公共建筑则更适合装配式建筑。同时，文章提出了装配式建筑在煤矿行业推广中面临的物流运输、标准化与定制化矛盾等问题，并给出了相应的对策建议，为煤矿建筑的绿色转型提供了参考。

**关键词：**装配式建筑；煤矿；绿色建筑；工业建筑

## 1 煤矿建筑结构设计的现状

### 1.1 提升系统

煤矿中提升系统的主要建（构）筑物包括：井架、井塔等。井塔与井架都是煤矿提升系统中的核心构筑物，在煤矿生产过程中负责提升煤炭、矸石和人员，在整个矿井建设中占有重要地位。井塔多采用钢筋混凝土结构，井架多采用钢结构及钢筋混凝土结构。由于井塔与井架的结构安全等级高，所承受的荷载大，抗震性能要求高，因此其构件截面尺寸普遍采用较大的特殊截面尺寸。并且由于提升设备的特殊尺寸，井塔与井架的平面及立面布置均有特殊要求，因此不适合发展装配式建筑，改变建造方式的空间较小。

### 1.2 运输与储煤系统

输煤栈桥和储煤棚是煤矿中运输与储煤系统主要建（构）筑物的代表。输煤栈桥主要用作是支撑带式输送机，方便工作人员进行管理和设备检修。输煤栈桥的主要结构形式是钢桁架结构，由于桁架结构受力形式相对简单，因此已经发展出相对成熟的模块化设计方案。储煤棚顾名思义是储存和转运煤炭的场所。大跨度是储煤棚结构设计最大难点，而空间钢网壳结构是其很好的解决方案。并且钢网壳结构的优点还有构件加工工厂化程度高和安装简单方便，施工周期短。输煤栈桥和储煤棚均是采用工业化的建造方式，已经属于广义的装配式建筑，因此不必强行改变建造方式。

### 1.3 厂房及公共建筑

现代化的煤矿不仅包含大量生产和辅助厂房，而且配备有完善的行政和生活设施。在现阶段煤矿设计中，这些建筑物仍大量采用相对落后的传统混凝土结构形式，改变建造方式的空间较大。虽然其中部分厂房，如锅炉房、洗选主厂房等，也因其内部设备特殊，建筑布

局复杂，不适合发展装配式混凝土建筑。但仍有大量普通工业厂房和公共建筑不具有特殊性，适合发展装配式建筑。

## 2 传统混凝土结构的弊端

混凝土结构作为现代建筑的主流形式，其技术体系可追溯至19世纪中期。经过一个多世纪的实践与发展，这一建造工艺已形成完整的规范标准，在建筑工程领域占据主导地位。混凝土结构最显著的技术优势体现在其出色的结构稳定性和抗震性能上。然而，随着建筑工业化进程的推进和绿色建造理念的普及，传统混凝土结构在施工效率、资源消耗等方面的局限性也逐渐显现。

### 2.1 质量问题

设计与施工相脱节是传统混凝土结构的首要问题。传统混凝土结构设计普遍采用设计单位先完成施工图设计，施工单位再按施工图施工的建造流程，建造过程不连续。设计单位对施工技术掌握较少，施工单位对设计意图了解不深。

其次传统混凝土结构建造方式以现场手工、湿作业为主，经营方式以粗放的劳务分包为主。以上两点造成了建造方式生产手段相对落后和企业缺乏核心竞争力的弊端。

最后，传统混凝土结构建造方式是采用以农民工为主体的低端劳动力。农民工群体受教育程度相对较低，掌握的技能相对单一且水平参差不齐。并且因采用这种劳动密集型生产方式，造成了现场人员数量庞大，工程难以高效管理。

以上三点导致了传统混凝土结构建造方式施工精度较低，施工失误较多，容易出现系统性质量通病。

### 2.2 污染问题

传统混凝土建造方式是以脚手架搭建、模板支设、

钢筋绑扎、混凝土浇筑等施工流程为基础的施工体系。这套体系中的多个环节都会产生较为严重的噪声污染和空气污染。传统混凝土的湿作业建造方式会造成大量的水资源浪费，现场下料产生的误差和损耗会造成不可避免的材料浪费。同时湿作业时产生的水泥浆和其他生产生活污水会对水体产生污染，现场浪费的材料和不可再次利用的建筑废料也会对当地环境造成污染。

### 2.3 成本问题

传统混凝土结构必须先完成主体结构建设才能进行设备安装和装饰装修，各施工单位无法交叉作业，甚至是施工单位内部还需要合理规划作业面。各单位间还会因进场离场产生时间差，工序衔接也会产生交接时间。同时传统建造方式受制于天气和季节，雨雪大风天气无法施工，寒冷地区冬季无法施工。这些都产生了大量的时间成本。

传统施工现场工人数量庞大，工人工作强度高，作业环境差且安全风险较大。现场管理人员需要较高的综合素质，同时需要对不同岗位的管理人员进行分层专项培训，并且需要针对不同的专项工程制定多种管理流程。这些都增加了大量的人力成本。

## 3 装配式混凝土结构的优势

装配式混凝土结构不单纯是将构件从现场浇筑改变为工厂预制的工艺改进，更是建造方式和设计思路的革新。这种革新体现在装配式混凝土结构的四大优势：提高建筑质量、节能减排环保、缩短建设周期、节约劳动力并改善劳动环境。

### 3.1 提高建筑质量

传统现浇混凝土结构采用现场手工裁切、支设模板的施工方式，施工误差往往以厘米计算。而装配式混凝土构件采用的是工厂化的作业模式，质量控制更加严格且质量稳定，可以轻松控制在毫米级别的误差。传统建筑行业的层层转包，最终将建筑质量依托在水平参差不齐的农民工身上。并且现场施工人员流动性大，施工环境复杂，质量检查难以细致化，质量责任难以溯源。而装配式建筑具有标准化、自动化和智能化的特点，大大减弱了人员能力和责任心的不确定性。同时工厂的作业环境和相对稳定的工作人员，更适合进行质量控制和质量责任追溯。

装配式建筑设计是高度集成的一体化设计，相对于传统结构设计，精细化和协同化要求更加严格。传统设计经常出现各种设计错误，可能是设计人粗心大意的失误，可能是多专业间的配合失误，也可能是没有考虑施工难度的失误。这些问题经常通过设计变更在施工现场处理，但或多或少都造成了建筑的质量问题。装配式建筑构件在工厂加工定型，在施工现场发现问题后很难处理，会造成很大的损失。因此装配式混凝土结构的建造方式，倒逼设计单位在设计阶段更加精细化和协同化，全面提高设计质量，从图纸上实现建筑质量的提升。

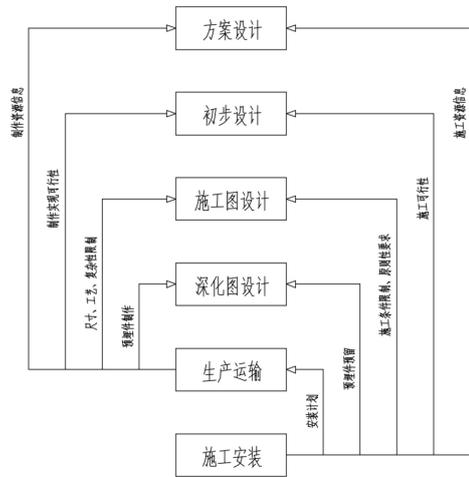


图1 装配式建筑协同设计示意图

### 3.2 节能减排环保

模板是传统钢筋混凝土浇筑中必不可少的模具材料，通常使用木制模板。工人在施工现场裁切组装模板，这一环节势必产生一定的损耗和浪费。模板在使用一定次数后就因磨损和变形被废弃，因此木制模板在现场会产生大量的木材消耗。而在工厂大批量生产的装配式混凝土构件，模具可以长期周转使用，大大减少木材的消耗。同时一些构件本身就是模具的一部分，如PC叠合板即使后浇叠合层的模具，这进一步减少了模具材料的浪费。

据统计，相较于传统现浇混凝土建筑，装配式建筑可以节水约40%，减少砌筑抹灰砂浆约60%，节约木材约60%，降低施工能耗约25%，减少建筑垃圾70%以上，并且大大降低施工现场的粉尘和噪音污染。是完全符合新时代绿色、环保、节能、低碳的新型建筑结构形式。

表1 装配式与传统混凝土建筑资源消耗对比

	装配式混凝土建筑	传统混凝土建筑	变化
混凝土用量	0.47~0.48m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0.46~0.47m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	+2%~+3%
钢材用量	58~59m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	56~57m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	+2%~+3%
木材用量	0.038~0.039m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0.090~0.100m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-50%~-60%

续表:

	装配式混凝土建筑	传统混凝土建筑	变化
隔热材料用量	0.61~0.62m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	1.20~1.30m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-50%~-55%
水泥砂浆用量	0.030~0.035m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0.065~0.070m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-50%~-60%
水资源用量	0.051~0.067m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0.085~0.090m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-35%~-40%
能源消耗	7.0~7.1kWh/m <sup>2</sup>	8.9~9.0kWh/m <sup>2</sup>	-20%~-25%
建筑垃圾排放量	7.34~7.35kg/m <sup>2</sup>	23.75~23.80kg/m <sup>2</sup>	-65%~-70%
粉尘水平 (PM10)	60~75μg/m <sup>2</sup>	85~100μg/m <sup>2</sup>	-20%~-30%
工期	160~210天	250~300天	-20%~-45%
现场施工人数	40~50人	150~160人	-60%~-75%

注:变化(-)表示装配式建筑相较传统混凝土结构建筑的节约或改良

### 3.3 缩短建设周期

相比于传统现浇混凝土建筑,装配式混凝土建筑无需先完成主体结构再施工外墙维护结构,也无需等待主体结构完工后再进行装饰装修工程。装配式建筑消除了

工序之间的交接时间,多道工序立体交叉施工大大提升了建设效率。另外,在工厂加工的装配式混凝土构件,不受天气季节的限制,特别是解决了寒冷地区冬季施工的难题。



图2 装配式与传统混凝土建筑工期对比

## 4 煤矿装配式建筑的发展

### 4.1 发展的必然性

发展新型建造方式是推动国家绿色发展战略的重要举措。“十四五”作为全面建设社会主义现代化国家的开局阶段,是实现碳达峰、碳中和目标的关键窗口期。在这一背景下,传统建造方式已难以满足建筑节能与绿色发展要求。相比之下,装配式混凝土结构以其显著的节能环保优势,在确保建筑功能完善的同时,更能提升工程质量,切实增强人民群众的居住体验和生活品质。

作为建筑行业转型升级的主要方向,新型建造方式正推动行业从粗放型向标准化、工业化转变。随着社会发展加速,传统手工建造不仅难以满足日益提升的质量标准要求,在施工效率方面也面临严峻挑战。实践表明,装配式建造可节省约30%的工期,混凝土结构建筑平均4天即可完成单层施工,较传统方式的6天显著提升效率。以雄安新区建设为例,该工程制定了明确的时间节点:2020年初步形成新城轮廓,2022年完成起步区建设,2030年全面建成现代化新城。考虑到拆迁安置等复杂因素,如此紧迫的建设周期必须依托装配式建造技术才能实现,这也充分证明了新型建造方式在重大工程建

设中的不可替代性。

新的建造方式是社会发展的结果。传统建筑行业始于劳动密集型行业,工人数量多,工期长,对工人依赖性较高。在我国社会不断发展,城镇化比例不断提高的背景下,我国建筑业农民工数量不断下降。劳动力的不断减少,倒逼传统建筑业转型升级,采用更加先进的装配式建筑。同时工人整体受教育水平的提升,为装配式建筑行业提供了更多的高素质、高水平工人,正向推动了装配式建筑行业的发展。

### 4.2 发展的趋势

煤炭行业装配式建筑的发展正经历着由技术、政策和需求共同驱动的系统性变革。这一转型呈现出三个显著特征:首先,工业化建造技术的持续创新为装配式建筑提供了技术支撑;其次,日益严格的环保政策形成了制度性推动;再者,矿区特有的空间和功能需求创造了应用场景。这三个维度相互促进,正在重塑煤炭行业的建造模式。

在具体应用层面,装配式建筑已展现出显著的实践价值。以矿区生活设施为例,模块化建造技术正从临时性设施向永久性建筑升级。陕煤集团陕北矿区的示范项

目显示,采用集装箱模块化或轻钢集成房屋体系,配合BIM技术优化模块节点和集成设备系统,可实现60%的工期缩减和建筑整体搬迁复用。这一创新不仅提升了建造效率,更实现了资源的循环利用。

在安全生产领域,装配式建筑的优势更为突出。通过采用轻质高强铝合金框架与防火夹芯板的组合结构,矿难救援指挥中心可在2小时内完成快速部署。中国平煤神马集团的实践验证了这一技术方案的可行性,为矿区应急管理提供了新的解决方案。

政策层面,《煤炭工业“十四五”智能建造规划》明确要求新建附属设施装配率不低于50%,这一强制性指标正在加速装配式建筑在煤炭行业的普及。值得注意的是,当前发展呈现出两个新趋势:应用场景从地面建筑向井下临时结构延伸,建设规模从单体建筑向园区级模块化部署扩展。特别是在智能矿区建设背景下,装配式建筑正与5G、物联网等新兴技术深度融合,推动形成更智能、更高效的矿区建造体系。

展望未来,随着智能建造技术的成熟和零碳建筑的推广,装配式建筑有望成为煤炭行业实现绿色化、智能化转型的关键载体,为行业可持续发展提供新的动力。

#### 4.3 问题及对策

尽管装配式建筑在煤炭行业的应用前景广阔,其实地过程仍面临若干关键性挑战,亟需通过技术创新和管理优化予以解决。

在物流运输方面,偏远矿区复杂的地形条件和有限的道路承载能力对大型预制构件的运输构成显著制约,针对这一瓶颈,行业实践中已发展出分片式预制技术,将墙板等构件尺寸控制在3m×3m以内以适配运输条件,同时三一重工等企业研发的移动式PC生产线实现了关键构件的现场预制,有效降低了长距离运输需求。

标准化与定制化的矛盾同样构成重要挑战,煤矿特殊的功能需求往往要求建筑结构具备高度定制化特征,这与装配式建筑追求的标准化本质形成冲突,目前通过

建立煤炭行业专用构件库(涵盖矿灯房、浴室等高频模块)并结合参数化设计工具实现了“标准模块+局部定制”的平衡方案。

此外,专业技术人才的短缺也制约着技术推广。传统矿建工人缺乏工业化建造的系统培训,高校相关专业培养体系与行业需求脱节,且矿区工作环境对人才吸引力不足。同时,装配式建筑涉及多学科交叉,要求从业人员同时掌握建筑工业化技术和煤矿特殊需求,这类复合型人才培养周期长、难度大,导致人才供给滞后于技术推广速度。中国煤炭工业协会2023年启动的“矿建产业工人转型计划”正着力培养具备装配式施工技能的复合型人才,加速了装配式建筑在矿区的推广应用。这种人才战略不仅提升了产业工人职业竞争力,更从人力资源维度保障了煤炭行业向高效、低碳建造模式的平稳过渡,是推动行业高质量发展的重要支撑。

#### 5 结语

煤矿地面建筑设计正朝着装配化、绿色化方向发展。装配式建筑以其高效、环保的优势,为煤矿建筑的转型升级提供了新思路。尽管存在运输、标准化等挑战,但通过技术创新和管理优化,这些问题有望逐步解决。未来,随着政策支持和技术进步,装配式建筑将在煤矿行业发挥更大作用,推动行业实现可持续发展。

#### 参考文献

- [1]韩旭,朱玉杰.装配式建筑成本控制分析[J].绿色建筑,2024(1):20-24.
- [2]李增.绿色建筑在装配式建筑结构中的运用[J].智能建筑与工程机械,2024,6(10):79-81.
- [3]张晓辰,白朝勤.绿色建筑理念在工业建筑改造中的运用与实践[J].建筑科学,2024,40(03):180.
- [4]傅为华,马丽鹰.绿色工业建筑技术增量成本效益评价研究[J].建筑技术,2017,48(12):1256-1258.
- [5]高翔.煤矿地面建筑结构的优化设计探讨[J].城市建筑,2020,17(26):90-91.