石材产业园转型的空间协调：以中泰（石井）石材集聚区为例

陈以乐[1]，章磊[2]，郑亮[1,*]，丁瑜鸿[1,3]

（1.广州网信检测技术有限公司,广东 广州 510425;2.武夷学院土木工程与建筑学院,福建 武夷山 354301;
3.黎明职业大学土木建筑工程学院，福建 泉州 362007）

摘 要：传统制造业推进绿色转型阶段，产业园区往往需要兼顾原有生产活动的持续开展，同时承接新增功能。研究采用问题导向的实证路径，选取泉州南安中泰（石井）石材集聚区作为案例，围绕产业发展、空间格局、功能布局、生态条件、运营模式五个维度，梳理这类石材加工园区现存的核心矛盾，再从规划思路、空间架构、功能排布、交通组织、生态低碳设计、弹性落地机制六个层面给出对应的转型规划策略。分析结果显示，（1）传统产业园区的转型，不能继续停留在单纯的生产载体层面，需要朝着复合集约、生态友好、具备弹性调整能力的产业社区方向转变。（2）规划方案设计依托“一心、两轴、三区”的空间结构重塑，搭配混合化的功能安排、分级分流的交通组织方式、各类绿色技术整合应用以及分阶段滚动建设模式，园区有机会同步达成产业提质、土地利用效率提升、配套功能补齐、生态环境修复等多重目标。（3）废料回收体系聚焦物料循环环节，山体开发管控则针对土地资源利用，两项工作对应的环境治理责任体系相互区分。该研究形成的结论，可为我国同类传统资源型产业园区转型规划提供可借鉴的实践路径与技术方法。

关键词：石材产业园；转型规划；空间协调；共享设施；分期建设

基金项目：教育部产学合作协同育人项目2022年第二批项目（220902313272006）、广东省哲学社会科学规划2025年度岭南文化项目（GD25LN30）、广东省教育厅2023年普通高校重点科研平台及项目：粤港澳文化遗产保护与创新设计团队（2023WCXTD042）、澳门科技大学研究基金项目（FRG-25-041-FA、FRG-25-067-FA）

DOI：https://doi.org/10.68249/jstnei.2026.0019

1 引言

传统制造业的绿色转型正在改变产业园区的规划任务。2024年《关于加快推动制造业绿色化发展的指导意见》把传统产业改造、资源循环利用和绿色服务发展联系起来，要求在生产过程与产业联系中推进转型[1]。对于石材加工，原料运入、切割加工、产品出厂和废料处理持续发生。研发、展示和生活服务进入园区后，土地和道路既要服务原有加工，也要容纳客户访问、职工通勤和日常生活。生产空间怎样与新增用途配合，决定了转型规划能否回应企业经营和职工生活的具体需要。石材产业是我国极具代表性的传统资源型产业，长期面临废弃物处置压力大、产业链条偏短、物流组织分散等突出问题，推动其向循环化、集约化、高端化转型已成为行业共识。

福建的园区政策进一步提出了空间配置的要求。2024年《关于深化全省新一轮工业园区标准化建设的指导意见》强调依据需求确定建设规模，完善企业急需的基础配套，并推动公共服务与产业社区建设[2]。同年发布的《福建省建材行业碳达峰实施方案》直接涉及石材产业，提出利用边角料和石粉生产人造大理石、石材马赛克、砌块等产品[3]。这些要求落实到南安，涉及大量加工企业怎样共同使用物流、环保和服务设施。南安市2024年公开的提案答复记载，全市有石材企业1737家，从业人员25万多人[4]。如此规模的企业和就业人口，使物流、废料处理和生活服务成为园区共同面对的事务，加工活动与周边环境的关系也进入空间规划。

针对园区内部协作的相关讨论，海外学界的研究重心已经不再只关注企业空间集聚，更多开始探讨资源共用、协作机制搭建这类议题。Chertow 以丹麦卡伦堡和多地实践案例为基础梳理产业关联现象，将工业共生界定为企业之间开展物质、能源、水资源与副产物交换，同时区分出副产物循环利用、公共设施共用、配套服务联合供给三种类型[5]。这套分析框架，适合用来解读石材产业园里各类主体的共同诉求。荒料转运、生产供水、固废处置

作者简介：陈以乐(1996—)，女，博士，工程师，研究方向为城市形态学、历史建筑、空间更新改造；
章 磊(1988—)，男，博士研究生，讲师，研究方向为历史建筑保护再利用；
郑 亮(1996—)，男，博士，工程师，研究方向为人工智能在建筑中的应用、数据中心、社交媒体数据分析、中国地域文化建筑；
丁瑜鸿(1988—)，男，教授，博士研究生，研究方向为传统聚落及其建筑；建筑类型学与城市形态学；遗产保护。

通讯作者：郑亮，邮箱：dr.zhengliang@foxmail.com

依托不同类型基础设施，大量石材企业就近集聚之后，如何搭建稳定、可持续的供给与使用机制就成为关键问题。美国生态工业园区的实践同样说明，图纸上呈现的邻接布局，不等于企业之间自然形成协作，中间还要经过复杂落地过程。Gibbs 和 Deutz 针对美国生态工业园区开展调研，研究提到企业开展合作会遇到不少组织层面的阻碍，项目在全周期内维持财务上的可持续性也十分关键[6]。

欧洲的研究把这一问题进一步落到具体企业和所在地方提供的条件来看待。学者 van Leeuwen 等分析荷兰生态工业园区的规划方法，强调共享安排背后的经济与组织要求[7]。Lombardi 与 Laybourn 讨论工业共生的实际开展，指出地理接近与知识、组织网络需要结合理解[8]。Taddeo 等对意大利既有化工集群的研究，则揭示环境改造方案还受到当地社会关系和社区态度的影响[9]。这些成果提供了三个相互联系的研究方向：识别企业共同需要的设施，确定不同用途之间的空间联系，安排建设与运营的责任。石材行业又具有露天荒料堆放、地面吊装和重货运输的特点。研发和生活空间的增加，需要在这些生产条件下讨论。由此，功能种类、建筑形象与土地比例应当结合实际使用关系进行分析。

本文以南安石井的石材集聚区及其本期设计方案为分析基础，研究持续生产条件下的空间调整。研究提出三个目标：解释新增用途对生产用地及交通的影响，辨认企业自建配套与园区集中服务的分工，分析分期开发中的设施维护与环境责任。相应的研究问题是：服务和生活用地增加以后，怎样判断地面加工的土地使用效率？集中服务通过什么方式进入企业经营，并随厂房分期建设持续供给？材料循环利用与土地开发分别形成哪些环境责任？这些问题将方案配置与建设经过联系起来，讨论传统制造业园区在增加用途的过程中如何保持生产及共同服务的连续性。

2 研究分析区域与方法

中泰（石井）石材集聚区坐落在福建省泉州市南安市石井镇北部苏内村，属于综合性石材产业循环经济工业园区，业态覆盖石材加工、仓储、物流、保税、研发等板块。作为闽南地区颇具代表性的传统石材园区，它由福建省泉州中泰投资有限公司负责整体运营；园区从 2007 年动工建设，长年发展之下已经形成明显的产业集聚态势。课题组 2024 年刊发的规划成果划定范围 1113624.27 ㎡（约 111.36 公顷），方案内部统筹安排办公、居住、科研教育、生产加工等多项功能[10]。本研究选取这份规划方案以及配套图纸作为核心分析样本，同时把集聚区历年建设史实作为研究背景。2022 年项目开工时则是使用 289.34 公顷的集聚区面积，同时记录新增工程和原有生产基础[11]。至 2023 年针对入驻企业的访谈素材，补充了企业入园、厂房扩建的一线情况[12]；2025 年 3 月公示的控规动态维护方案，用地规模调整为 241.4323 公顷，新增石材科技、智慧物流、滨水生态等发展方向[13]。以上几类资料，分别对应规划方案文本、园区建设史实、法定规划调整三方面内容。本次研究内部的用地指标核算，统一沿用 111.362427 公顷的规划边界作为计算和分析的基础。

研究主要依靠案例的实证研判结合规划图纸解读的方式开展。第一步依托建设新闻、官方环境核查资料，还原园区开发和功能扩容的完整过程，厘清生产活动对场地条件、配套设施提出的实际需求[11][12][14]。第二步依照图纸标注的地块功能，汇总工业、仓储、科研、居住、绿地的规模数据，解读这套规划方案里不同类型空间的相互关系。第三步比对功能分区图纸、现场生产影像以及道路系统布局，梳理货运通行、人员通勤和各类设施使用之间的流线关联。最后，结合工业共生相关理论以及地方出台的园区政策，辨析企业自建配套和共享服务之间的分工逻辑，同时探讨厂房分批次投用之后，相关设施运维责任该如何划分。各类用地占比用来判断方案的土地资源分配倾向，项目类型用来识别建设重心；现场照片和分区图纸，则用来解析生产作业、货物运输和人员活动在空间上的互动状态。

3 园区发展的空间条件分析

3.1 厂房之外的地面作业流线规划设计

园区于 2007 年启动建设，企业在此后陆续建设厂房、进入生产[11]。这一过程持续多年。2012 年 9 月，集聚区取得控制性详细规划批复；2019 年 1 月，修编规划获得批复[14]。这份规划参照第四代产业园区建设相关标准，以要素集聚、功能耦合、创新驱动、绿色低碳作为发展主线，跳出以往石材园区只侧重生产、配套不足的固有模式，搭建起研发、总部、生产、服务相互联动的复合功能体系。规划沿着总部大楼、科研教学空间、生产厂房、配套服务依次联动的思路推进，从六个方向搭建整体框架。第一，产业定位层面，打造覆盖石材加工、技术研发、商贸交易、物流储运的完整产业链集群，推动园区从粗放石料加工，转向集约智造和品牌运营。第二，功能组织上，利用总部空间承载企业总部运营和营销业务，科研教学板块负责技术落地与人员培养，厂房承接生产作业，配套设施支撑日常运维，打通研发、生产、办公、生活各个环节，让各项功能相互适配。第三，生活配套方面，补齐居住、商业、休闲设施，理顺工作和居住的空间关系，打造适合就业也适合居住的产业社区，增强对从业人

员的吸引力。第四，生态可持续上，落实循环经济思路，统筹安排石材固废资源化、节能技术落地和生态景观建设，平衡产业发展和生态保护。第五，运营机制上，采用模块化建筑方案和弹性租售方式，做好分期建设和资金安排，搭建灵活的市场化运营模式，支撑园区长期稳定运转。第六，风貌塑造上，结合石材产业特质与闽南本土文化，打造辨识度突出的园区风貌，放大本地石材产业的品牌效应。

此外，企业经营与规划调整由此在同一地区不断推进。转型面对的是正在使用的厂房、堆场和道路，新增用途也将进入这套既有的生产关系之中。厂房外的土地因而成为理解石材园区的起点：哪些地面活动支持加工，哪些空间可以调整，直接影响后续服务设施和生活空间的布局。图 1 呈现了厂房前的荒料堆场。石料成排放置，龙门吊跨越堆放区，后方为生产厂房和山地。加工从荒料进入场地开始，存放、挑选和搬运发生在厂房之外，随后才进入切割等工序。厂房和露天场地因此共同承担生产。图中的空地容纳材料、吊装设备与装卸活动，其使用强度与库存周转、车辆到达和设备移动有关。以建筑面积衡量空间利用时，这些活动容易受到忽略；从作业过程观察，地面场地的容量又直接影响加工能否持续。石材园区的土地集约利用，因而包含建筑与露天作业之间的合理配置。



图 1 荒料堆场与吊装设施。来源：海丝商报

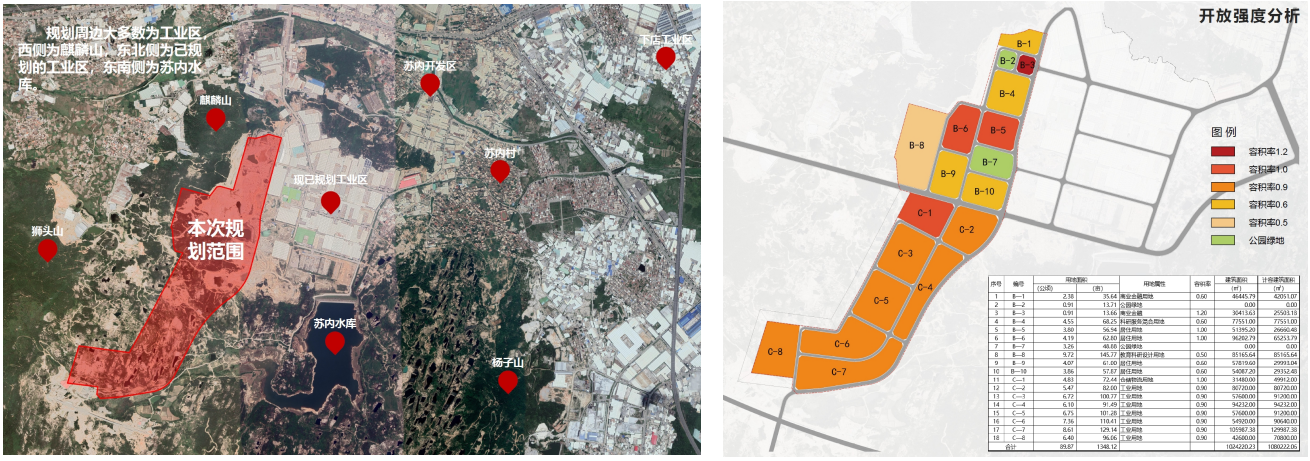


图 2 规划范围的卫星图和周边情况。

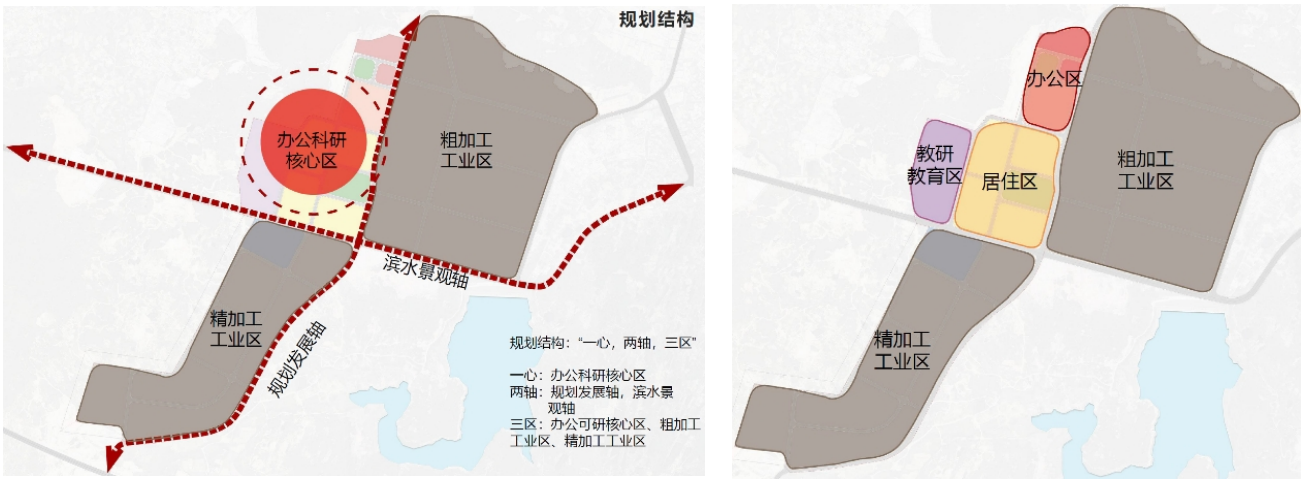


图 3 规划结构分区

图 2-3 可以进一步看到，低层厂房、厂区内部堆场以及组团道路共同构成彼此连通的生产片区。原料顺着道路运送至各家企业，车辆在厂区内停靠、卸货转运，之后物料送入厂房开展加工。企业出入口衔接厂内生产环节与园区公共道路，车辆停靠、回转操作，也需要占用规模不等的空间。转型规划加入展示、教学、居住功能之后，原有道路系统还要承接访客参观、职工通勤等人流。整套规划目标逐步落地之后，中泰（石井）石材集聚区能够跳出传统加工基地的粗放发展模式，转向依靠创新驱动、配套齐全、生态低碳、管理高效的现代石材产业社区，为南安当地石材产业迈向高质量发展提供核心空间载体。

3.2 从企业建厂到共同设施建设

经过前期建设，园区已经形成一定规模的生产活动。2022 年开工报道记载，截至 2021 年底，集聚区已有 55 家企业建成投产[11]。此前已有企业投产，表明新一轮建设是在持续加工的条件下展开的。后续建设因而同时面对两种任务：容纳企业扩张，处理已有生产共同产生的运输和废料处置需求。厂房增加以后，原料和产品的流动会继续发生，园区建设的内容也逐渐由企业内部延伸至企业之间。2022 年集中开工的 10 个项目体现了这一变化。项目中 5 项涉及石材废弃物综合利用，2 项为物流仓储配套，另外 3 项为道路和景观湖等基础设施；项目总用地 299.73 亩，约合 19.98 公顷，计划总投资约 3.66 亿元[11]。废料利用和物流项目合计 7 项，说明该批建设重点涉及生产之后的材料处理与货物周转。这组项目构成提供了理解空间转型的线索：企业集中生产以后，加工之外的共同事务进入建设计划，处理设施、仓储和道路成为扩展内容。废料交付和货物运输由此成为园区层面的建设事项。

废料利用设施与物流设施也具有不同的使用关系。物流承接原料入园、成品出厂及仓储周转，废料设施承接企业加工产生的边角料和石粉。处理设施设立以后，企业还要将材料交付到接收点，处理产品也要继续运输和销售。集中设施因此依赖分散企业的持续参与，场地、道路和交付方式共同决定其与生产的关系。2022 年建设提出集中回收和综合利用的目标，这一目标将加工企业与处理设施联系起来，也使园区转型涉及企业地块之外的运行事务。

3.3 企业扩建与园区服务的不同尺度

根据 2023 年的企业访谈资料记录了入驻之后的扩产过程。受访石材企业 2017 年进驻集聚区，访谈开展时正在推进新厂房建设，计划配套办公、员工生活、生产以及产品展示空间[12]。这个案例能够说明，石材加工企业扩建厂区，一般会同步兼顾客商接待、内部运营管理和员工生活保障。展示空间方便客户实地看样，办公空间承接订单对接和生产调度，生活配套服务厂区内在岗人员。也就是说，功能拓展本身就内嵌在企业持续经营的进程里。企业在扩大生产车间的同时，也在为生产以外的各类活动落实场地。

而本次研究分析的规划方案，选择将科研教学、商贸交易、居住功能单独划出地块，放在园区统一层面统筹布局[10]。企业自建配套和园区统一配建共享设施，二者覆盖的服务范围并不一样。企业自建设施只为自身经营服务，园区集中配套则面向多家入驻企业以及全体从业人员。两套供给模式如何分工，直接关系到土地、资金会不会重复投入，也决定企业能不能顺畅使用园区提供的共享服务。就餐、设施维保、废料移交属于高频活动，设施点位和通行距离会显著影响实际使用效率；交易展示同时接待客商、衔接货物运输，使用节奏和生活配套又存在明显区别。从企业真实经营案例过渡到园区规划方案研判，核心就是厘清各类活动的使用差异，进而判断哪些功

能适合由园区集中供给，哪些更适合保留在企业内部自行配套。

2025 年控制性详细规划动态维护批前公示，为园区补充了石材科技、智慧物流、滨水生态几类发展方向[13]，也体现出规划层面一直在拓展园区可以承载的功能。石材科技板块承接产品设计、质检和技术培训工作，智慧物流依托仓储、货运系统运行，滨水空间则同时承担生态防护和公共活动功能。这些新增功能虽然挨着现有的加工片区布局，但面向的人群、对场地的要求都和石材生产存在明显差别。回顾园区自 2007 年启动建设以来的发展轨迹，转型过程同时发生 3 个节点：石材生产持续开展，企业自发增加内部配套，园区规划慢慢加入共享设施和公共服务内容。

4 转型方案中的空间协调分析

4.1 用地配置需要保留地面作业条件

规划形成办公、科研教育、居住、工业生产、仓储物流五大功能板块，构建以产兴城、以城助产的功能体系。本期方案通过增加科研、交易、居住和绿地，拓展石材加工区的用途。按图 2、3 所示地块面积汇总，工业地块 C2 至 C8 合计 47.41 公顷，占本期总范围约 42.57%。居住地块为 15.92 公顷，教育科研设计地块为 9.72 公顷，另有科研服务、商业金融、仓储物流和公园绿地等用途。表 1 按同一分母列出这些地块，使不同空间的配置可以相互比较。工业地块之外的土地包含生产性服务、生活、绿地及其他用地。理解这一配置，需要考察各类空间怎样联系生产。仓储承担货物周转，教育科研涉及培训和技术服务，居住服务职工生活，这些用途的运行条件和使用频率各有区别。

表 1 本期方案图示地块的用地配置

用地类型	面积（公顷）	占本期总范围（%）
工业	47.41	42.57
居住	15.92	14.30
教育科研设计	9.72	8.73
仓储物流	4.83	4.34
科研服务混合	4.55	4.09
公园绿地	4.17	3.74
商业金融	3.29	2.95

表注：采用方案 B、C 编号地块的面积，工业面积汇总 C2 至 C8，分母为 111.362427 公顷。表内列出具有图示用途的地块，其他用地另含于方案总范围。图示单项面积保留两位小数。



图 4 办公区的规划设计

其中，在办公区规划中采用一核、两带、多组团的空间结构，以综合服务中心（图 4 中的 A 区域）、企业总

部大楼（图 4 中的 C 区域）为核心引擎，串联休闲服务公园（图 4 中的 B 区域）与商业及综合交易中心（图 4 中的 D 区域），形成功能层级清晰、空间秩序有序的高端服务组团（图 4）。通过功能复合化布局，整合金融服务、设计研发、总部办公、配套酒店、商业交易、休闲景观等多元功能，构建集商务办公、品牌展示、交易服务于一体的综合性产业服务平台，破解传统石材园区营销能力薄弱、交易平台缺失的困境。依托小尺度街区与集中景观空间营造宜人园区环境，通过差异化建筑高度与风貌设计，塑造现代大气、辨识度高的园区形象门户，强化园区对高端人才、总部企业的吸引力，为石材产业品牌化、高端化转型提供核心空间支撑。

居住、教育科研、科研服务混合、商业金融四类地块累加面积 33.48 公顷，占到本次规划范围的 30.06%；工业和仓储用地合计 52.24 公顷，占比 46.91%。对比两组用地规模不难看出，这份规划拿出了不小比例的土地，用来承载生产加工以外的各类活动。这几类用地分别服务不同群体：居住板块服务定居在此的人员，教育科研承载教学与技术研发工作，商业金融则服务日常经营和客商接待。这些功能板块虽然依附石材生产链条，但人流进出方式、对外开放时段以及场地使用方式都差别明显。基于这样的用地构成，规划布局需要跳出单纯安排厂房、堆场的思路，统筹处理生产、经营、生活几类活动之间的空间关系。



图 5 居住区的规划设计



图 6 科研教学区的规划设计

居住区采用分层级居住组团+集中生态公园的布局模式（图 5），划分高端生产配套用房（图 5 中的 A 区域）

与普通生产配套用房（图 5 中的 B 区域）两类居住产品，适配不同层级员工的职住需求，实现职住空间的精准匹配。以中心休闲服务公园（图 5 中的 C 区域）为生态核心，串联各组团居住空间，配套完善的生活服务与运动休闲设施，营造宜居宜业的社区环境，破解传统石材园区职住失衡、人才吸引力弱的困境。另一方面，对于科研教学区而言，这份规划方案则以“教学—研发—办公—生活”一体化为核心逻辑，布局学术教学楼（图 6 中的 C 区域）、研发教学楼（图 6 中的 D 区域）、院士楼与图书馆（图 6 中的 B 区域）、科技楼与行政办公楼（图 6 中的 E 区域）等多元科研载体，构建石材产业技术创新与人才培养的核心平台（图 6）。配套宿舍（图 6 中的 A 区域）与运动场地实现产学研用空间的高效联动，营造产学研深度融合的创新环境，为石材产业高端化、智能化转型提供技术与人才支撑。用地结构能够反映方案的转型特征，而各类功能参与产业运营的具体方式，则需结合设施布局与道路流线解析。

不同功能对于集中式建筑布局的适配条件并不相同。例如像样品展示、办公用房以及一部分培训活动，可以放到多层楼宇里面安排；荒料堆放、龙门吊作业这类工序，依旧离不开开阔的露天场地。把配套服务集中建设，能够减少每家企业单独自建配套用房的占地，省下更多空间留给加工、装卸工序。然而，当园区统一配套和企业自建配套同时存在时，整个园区总的土地消耗也会随之上涨。这也意味着分析用地格局，不能只看新增的公共服务地块，还要考虑它们和企业原有内部配套之间如何配合。工业用地里的空余场地，核心用途是物料周转；服务地块上的建筑物，主要承接商务经营和人员活动，二者的使用逻辑完全不一样。把握住这种区别，才能够解释清楚方案里建筑规模扩张，和生产作业空间保留之间的权衡关系。

4.2 集中服务与企业自用设施的共存交织

本期方案将办公、居住与科研教育功能整合于邻近的配套服务空间，精加工组团沿道路布局，并预留与粗加工片区的衔接通道[10]。服务空间紧邻加工组团，支撑不同功能板块的联动，同时为人员流线与货物流线设置独立的到达路径。客户流线对接展示交易空间，职工培训流线连通厂区与教学场地，通勤流线衔接生活区与人行入口，荒料及成品货运则导入专门的装卸区域。图 7 区分货运、生产服务与日常生活三类流线，呈现各项配套设施和生产活动之间的组织关系。该分区模式不仅完成功能排布，也重构了道路的使用属性：同一加工片区周边，货车、职工与访客流线将共存交织。

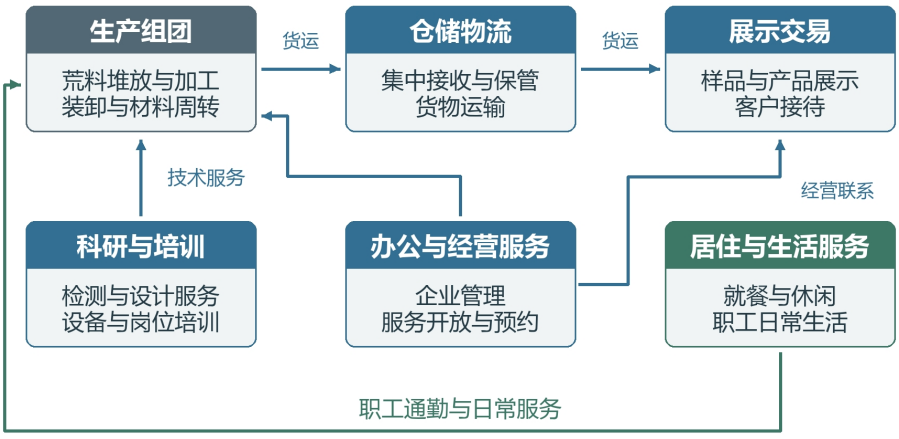


图 7 石材加工、集中服务与生活空间的联系（依据方案功能内容及本文分析绘制）

科研教学区整合教学、研发、图书与宿舍等功能空间，办公片区则承载综合服务、企业总部及商贸交易功能。教学与图书设施主要服务研学活动，总部与交易空间面向产业经营；当这类设施面向多家加工企业共享开放时，还需要明确服务内容与供给模式。检测、设备实训与产品设计等活动，各自对应差异化的设备条件、人员配置与使用时段。方案提出的集中配套模式，和企业自建办公、展示空间分属两类供给路径，同类产业活动因此可以在园区、企业两个尺度上组织。服务供给主体、付费机制与使用时段，共同决定集中设施的覆盖效能，也影响企业是否持续保有内部配套空间。故而，解读方案的用地功能与邻接布局，需要同步对照企业自主配套的活动需求。

居住区同样对应明确的使用群体。方案区分高端与普通产业配套居住用房，并配套集中休闲空间，形成住宅类型的层级差异。该分类能否匹配职工居住需求，还受制于租住成本、准入方式以及通勤距离等条件。就餐、购物属于高频日常活动，因此居住出入口与厂区人行入口之间的步行联系尤为关键。与此同时，货运车流与生产作

业会对生活区的环境安静度和通行安全构成扰动。居住、配套服务与加工区相邻布局，一方面缩短了各类活动的往返距离，另一方面也加剧了不同功能流线的交叉。居住区配套的实际效用，因而和住房类型及其服务人群紧密相关。

4.3 用途增加改变了道路的使用

原方案规划设计中以 32 米、24 米和 18 米组织三级道路。道路分级区分通行层级，企业地块内部则承接停车、装卸和调头。不过两类空间经由厂区出入口相接之后，厂区内部作业的扰动也会传导到公共道路。从现场实拍照片能够看到，厂房、堆场和道路原本就已经形成稳定的货运流线；等到教学、交易、居住这类新功能落地，道路还要承载更多人的通行需求。这就意味着对道路系统的分析需要兼顾两个层面：一是各个生产组团之间的物料转运，二是加工片区通往服务、生活板块的人流往来。

仓储物流片区紧靠着精加工组团布局，方便物料集中周转调度。原料从仓储区分发到各家生产车间，加工好的成品向外运出，生产废料则由企业送到专门的收集点。这三类运输都使用园区道路，但起点终点、运输时段并不相同。废料集中收储，会增加企业之间短途转运的工作量；交易展示板块引来客商和样品运输；居住、教学区域又持续产生日常通勤人流。随着功能越来越多元，道路上承载的活动类型也变得复杂。沿着物料流转、人员进出的实际路径梳理，可以区分出主要服务货运的路段，以及多种流线交汇的节点，把交通组织特征和地块功能布局对应起来。

4.4 集中处理依赖企业持续运作

石材废料利用包含材料产生、交付、处理和产品出厂。《福建省建材行业碳达峰实施方案》（闽工信规〔2024〕7 号）提出边角料和石粉综合利用[3]，其目标是在“十四五”期间，产业结构和能源消费结构持续优化；到 2025 年底，水泥熟料的单位产品综合能耗相比 2020 年底降低 3.7%，水泥、平板玻璃、建筑卫生陶瓷行业总能效达到标杆水平的产能比例超过 30%。因此，这些处理项目纳入园区建设也是至关重要的。处理设施集中以后，废料仍在不同企业内部产生，集中接收与分散交付之间形成持续往来。边角料需要暂存和装运，石粉的收集与运输具有另一组要求，生产用水则对应处理、储存及回用。图 8 呈现这些活动与加工企业的联系，说明资源利用涉及多处场地及其之间的运输。设施位置影响交付距离，交付方式又影响企业暂存和装卸所占用的空间。



图 8 石材加工与资源利用的空间联系（依据方案功能内容及本文分析绘制）

集中处置系统运转起来之后，同时对接石材加工厂和下游材料需求方。企业送交废料的频次、废料本身的物料特性，决定了收储环节怎么安排；经过处置再生的物料，还要安排外运和销售。所以这块场地要兼顾来料临时堆放、加工处置以及成品外运周转，相关运维开销，也会随着废料交付、再生物料利用一直产生。生产用水回用是根据水质条件、生产工序要求来安排的，整套流程和边角料、石粉资源化利用并不一样。哪些企业接入这套共享设施、可以接收哪几类废料，取决于交付方式和处置工艺；设施想要稳定运行，离不开多家生产企业和处置运营方相互配合。这样一来，循环利用就不再只是一个独立的处理工程，而是变成原料产出、集中收储、后续资源化利用多方共同维系的协作事项。

在规划实践的过程中，土地开发建设会带来另一类环境扰动。2023 年对外公示的核查记录显示，麒麟山片区地块在开展边坡治理、场地平整时，施工边界超出审批红线，造成 4811 ㎡林地损毁，林业部门就此立案。该地块采用干法施工，核查确认作业不产生废水，但明确要求施工方落实扬尘管控措施[14]。这份核查分别针对施工

占地、废水排放、扬尘管控逐项判定，说明不同类型工程活动的监管标准相互独立。废料资源化依托石材加工和后续处置工序，林地保护则和场地拓建、边坡工程直接相关。园区周边山体、水系既约束整体空间格局，也划定开发上限，是建设管控里不可忽视的条件。

5 讨论

5.1 新增用途改变了土地集约利用的判断

本期方案中，加工地块约占总范围的 42.57%，居住、教育科研设计、科研服务混合和商业金融四类地块合计约占 30.06%，相当于图示工业面积的 70.62%。工业与仓储两类用地合计 52.24 公顷，占总范围 46.91%。服务与生活用途由此成为本期方案的重要组成，土地分配开始同时考虑加工和加工之外的活动。这组配置提出了一个问题：服务与生活功能获得更多土地以后，保留下来的加工空间怎样继续承担原料存放、吊装和运输？生产照片呈现出堆场、龙门吊和厂房共同作业的形态，建筑之外的场地直接参与加工过程。同样的工业用地面积，厂房、堆场和车辆通道的组合不同，能够支持的作业方式也会改变。若增加建筑占地挤压了荒料暂存和装卸位置，企业就可能增加场外周转或在道路上等候。建筑面积虽然增加，额外搬运和道路等候却可能扩大生产所占用的空间。对于石材这种依赖大件材料搬运的行业，土地集约利用需要同时解释建筑面积和地面作业之间的关系。

这一认识让关于共享配套的讨论落到实实在在的空间层面。学者 Chertow 在梳理企业协作模式时，把公共设施共享、配套服务联合供给归入工业共生的范畴[5]。而本规划方案把科研、商贸、生活配套集中布局，本身就具备减少各家企业重复自建配套的潜力。把二者结合来看，土地集约本质上是对不同功能空间的重新调配：检测、培训、产品交易这类适合统一运营的服务，放在园区层面统筹；加工、堆料、装卸这类生产环节，依旧留给企业自主保有场地。这种调整能不能落地，核心要看集中配套能不能承接企业原本自行解决的各类需求。倘若集中设施在可用时段、使用成本或是往返交通上和企业的生产节奏不匹配，企业大概率还是会继续自建同类空间，新增的共享用地也就很难达成替代原有配套的设想。所以评判集约效果，不能只看单块地块的开发强度，还要考察企业和共享设施之间的作业衔接，判断同类活动有没有真正减少重复占地，物料转运会不会额外增加运输环节。

5.2 集中建设与共同使用之间的异同

企业扩建与园区方案呈现了两种功能组织方式。已报道的企业新厂把办公、生活、生产和展示配置在自身经营范围内，本期方案则将科研教学、总部和交易组织在集中服务地块[10][12]。前一种方式下，企业能够直接协调生产时间、客户接待和内部管理；后一种方式扩大了设施的潜在使用范围，也增加了企业之间的协调要求。集中科研和交易空间的效果，取决于普通加工企业如何进入和使用。培训涉及职工从厂区到课堂的通行及课程时间，展示涉及客户访问和样品运输，检测涉及送样、预约和结果获取。设施在图面上相邻，表达的是距离关系；这些具体安排决定了企业日常经营中的服务联系。空间复合的研究重点因此可以从用途是否齐全，转向不同企业是否具有稳定的使用途径。

van Leeuwen 等指出园区规划需要重视设施共享的经济与组织条件，Lombardi 与 Laybourn 进一步强调知识和组织网络对企业合作的作用[7][8]。本案例把这一问题落实到生产、服务和生活空间的边界。荒料运输需要受控路线，厂区生产需要安全管理，培训和生活服务又需要便于人员进入。同一园区内，货运通道可以限制通行，服务设施则可按服务对象开放；不同边界承担不同职责。若把科研、总部和生活空间统称为园区配套，其使用差异就容易被同一名称掩盖。进一步分析服务对象、进入方式和运行时间，能够判断哪些设施适合园区共同供给，哪些属于企业经营空间。这一划分关系到建设资金和土地怎样分配，也关系到新增空间能否实际减轻加工企业自行配置服务的负担。

5.3 厂房灵活租售与设施长期维护反思

所分析的设计方案提出模块化建筑、分割租售和滚动开发，将企业规模差异与分期建设联系起来。分割租售为企业按经营规模选择厂房面积提供了方案上的可能，租售进度也关系到后续建设的资金安排。但园区中的道路、废料接收和共同服务承担着持续供给的职责，其使用期限通常跨越多个建设阶段。厂房投入使用后，企业即开始产生运输、材料交付和职工通勤需求；在长期经营中，企业更替、空间转租或经营调整可能改变需求规模，共同设施仍需持续供给。因而，企业空间的灵活调整与共同设施的稳定供给具有不同的时间要求。分期规划中，各期建成的厂房数量和出租出售进度，回答的是空间交付问题；相应设施由谁投资、怎样运行和如何维护，回答的是生产能否持续的问题。

学者 Gibbs 和 Deutz 在研究生态工业园区时，着重指出项目全周期财务可持续性的重要性[6]，放到本案例当中，这一点可以进一步落脚到配套设施长期运维成本的问题上。2022 年的建设项目包，同步涵盖废料资源化、

物流系统、园区道路等工程，侧面说明石材企业的生产活动，已经催生了跨越地块边界的共同配套需求[11]。厂房分批次建成投产后，废料收储设施、道路以及各类服务空间产生的开销，不仅由新入驻企业分担，早期入园的经营主体同样需要承担。按照建设阶段划分投资，方便有序推进开发节奏；依据服务覆盖范围划定接入规则和运维责任，则能够妥善处理不同时期入驻主体共用设施的问题。图 9 建立起分期建设和长期运营之间的关联逻辑：每一期新增厂房都会带来配套增量需求，已经建成的共享设施会持续产生运维开支，而实际使用情况又反过来调整下一阶段的配套安排。也就是说，每一轮建设不只是交付新的生产厂房，同时也要保障既有道路、废料接收点、服务空间维持正常运转。企业需求变动会作为依据纳入下一轮规划，而设施运维责任，会随着使用行为持续延续下去。

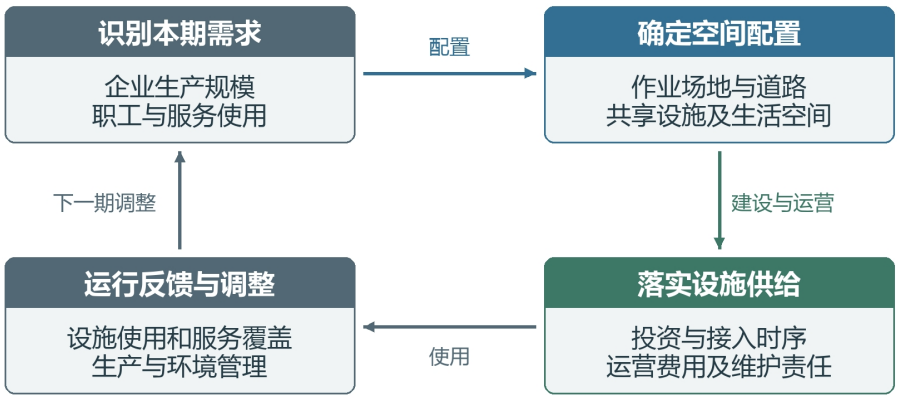


图 9 分期建设与共同设施持续运营的关系（依据方案功能内容及本文分析绘制）

5.4 废料回收与山体开发的环境责任

废料综合利用项目、山体工程核查记录，可以看出石材园区绿色转型里两条不一样的环境管控线索。废料项目主要处置加工产生的边角石料与石粉，山体施工则牵涉场地开挖平整、边坡治理以及林地保护工作。2023 年对外公示的核查材料提到，麒麟山片区部分地块边坡整治工程超出审批红线，造成 4811 平方米林地受损；核查同时确认干法平整工序不会产生废水，并要求施工方强化扬尘管控[14]。园区转型进程里，废料处置和场地开挖分属不同类型的工程活动，这份核查意见也针对施工边界、废水排放、扬尘问题逐项给出判定。加工废料纳入循环链条，可以理顺固废的处置出路；土地开发能不能符合审批要求，则要看施工范围管控和现场管理水平。两类活动对应的环境责任相互独立，废料循环项目的推进成效、山体施工的合规状态，也需要分开评估。

Taddeo 等讨论既有工业集群转型时，将地方社区关系纳入实施条件[9]。本案例中的公开核查使这一关系更为具体：园区内的生产和土地建设，经过周边居民反映、行政核查及整改程序，与园区外的山体、水体和生活环境建立了管理联系。相较于把周边山水主要视为景观条件，这一经历说明，生态保护也会通过施工边界和环境责任影响园区可使用的土地。由此，空间转型包含两类需要分别评价的活动：加工区的废料收集与资源利用，以及新增建设区域的土地平整与边坡施工。前者按材料流向评价，后者按审批范围和周边环境条件评价。研究绿色园区时，将两类活动放在园区持续建设的过程中讨论，能够辨认资源回收改善了哪个环节，以及土地开发还承担哪些独立责任。对于靠近山地和水体的资源加工园区，这比单独列举绿色设施更能解释转型中的实际环境关系。

6 结论与建议

南安石井石材园区的开发历程，加上本次规划方案，能够清晰展现功能拓展、配套供给和环境责任三者之间的内在关联。图纸统计显示，工业与仓储用地总计 52.24 公顷，占研究范围的 46.91%；居住、教育科研、科研服务混合、商业金融四类用地合计 33.48 公顷，占比 30.06%，足以看出新增功能已经在土地分配里占据相当重要的位置。荒料堆放、吊装作业依旧离不开露天场地，所以评判土地集约成效，不能只看建筑体量的提升，还要兼顾生产作业空间、配套重复建设之间的权衡。

传统资源型产业园区转型是一项系统性工程，中泰（石井）石材产业园的规划实践，为破解石材行业产能过剩、布局散乱、产城割裂、生态高耗、运营僵化等共性困境提供了可复制的规划范式。其一，以全产业链集群化为核心路径，推动石材加工、研发、商贸、物流等要素集中布局，补齐营销、品牌、循环利用等高端环节，破解“两头在外、低端锁定”的产业困境，夯实产业高质量发展的空间基础。其二，以功能复合与产城融合为关键支撑，打破单一生产导向，系统配置办公、科研、居住、商业、休闲等多元功能，构建分层级职住空间体系，实现“研发—生产—办公—生活”功能耦合，破解产城割裂、人才吸引力弱的瓶颈。其三，以空间集约与结构重构为核心

手段，通过“一心、两轴、三区”的空间秩序重塑，优化用地结构、提升土地利用效率，实现功能集聚与布局有序，扭转传统园区“小、散、乱”的粗放格局。其四，以生态循环与低碳转型为刚性底线，集成石材废弃物全量回收利用、绿色节能技术，构建“资源—产品—废物—再生资源”的闭环体系，实现园区废弃物综合利用，契合循环经济与可持续发展要求。其五，以弹性运营与市场化适配为实施保障，采用模块化、可分割的建筑设计与分期滚动开发模式，适配中小企业灵活生产需求，提升规划可实施性与长效运营能力。该范式立足石材行业特征与闽南地域实践，兼具问题导向与实证支撑，可为我国同类传统资源型产业园区转型提供系统的规划指引与实践借鉴。

参考文献：

[1] 工业和信息化部等七部门. 关于加快推动制造业绿色化发展的指导意见：工信部联节〔2024〕26 号[Z/OL]. 2024[2026-10-05]. https://www.miit.gov.cn/jgsj/jns/wjfb/art/2024/art_73b02f9fcfcf4687be3cae14aafa5590.html

[2] 福建省人民政府办公厅. 关于深化全省新一轮工业园区标准化建设的指导意见：闽政办〔2024〕18 号[Z/OL]. 2024-06-14[2026-10-05]. https://www.fujian.gov.cn/zwgk/zxwj/szfbgtwj/202406/t20240620_6470964.htm

[3] 福建省工业和信息化厅, 福建省发展和改革委员会, 福建省生态环境厅, 福建省住房和城乡建设厅. 福建省建材行业碳达峰实施方案：闽工信规〔2024〕7 号[Z/OL]. 2024-03-13[2026-10-05]. https://gxt.fujian.gov.cn/zwgk/zfxxgk/fdzdgknr/gfxwj/202403/t20240319_6416358.htm

[4] 南安市人民政府办公室. 关于市政协十三届三次会议第 20241106 号提案的答复：南政办函〔2024〕41 号[Z/OL]. 2024-07-30[2026-10-05]. https://www.nanan.gov.cn/zwgk/zfxxgkzl/zfxxgkml/qxjzyfjjshjzdkwdglsyhfpqk/202408/t20240806_3069882.htm

[5] CHERTOW M R. “Uncovering” Industrial Symbiosis[J]. Journal of Industrial Ecology, 2007, 11(1):11-30. https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110

[6] GIBBS D, DEUTZ P. Implementing industrial ecology? Planning for eco-industrial parks in the USA[J]. Geoforum, 2005, 36(4):452-464. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2004.07.009

[7] VAN LEEUWEN M G, VERMEULEN W J V, GLASBERGEN P. Planning eco-industrial parks: an analysis of Dutch planning methods[J]. Business Strategy and the Environment, 2003, 12(3):147-162. https://doi.org/10.1002/bse.355

[8] LOMBARDI D R, LAYBOURN P. Redefining Industrial Symbiosis: Crossing Academic–Practitioner Boundaries[J]. Journal of Industrial Ecology, 2012, 16(1):28-37. https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00444.x

[9] TADDEO R, SIMBOLI A, MORGANTE A. Implementing eco-industrial parks in existing clusters. Findings from a historical Italian chemical site[J]. Journal of Cleaner Production, 2012, 33:22-29. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.011

[10] 周世辉, 章磊, 黄蕾, 陈以乐. 中泰（石井）石材集聚区规划设计[J]. 包装工程, 2024, 45(S1):658. https://www.researchgate.net/publication/383205840_zhongtaishijingshicaijijuquguihuasheji

[11] 李杨瑜, 陈焕元, 吕清淮. 中泰（石井）石材集聚区集中开工 10 个项目[N/OL]. 海丝商报, 2022-07-07(N04)[2026-10-05]. https://hssb.fjdaily.com/pc/con/202207/07/content_195827.html

[12] 海丝商报. “亩产”效益同行领先 打造高质量产业园区样本[N/OL]. 海丝商报, 2023-09-21(N04)[2026-10-05]. https://hssb.fjdaily.com/pc/con/202309/21/content_307588.html

[13] 南安市自然资源局. 中泰（石井）石材集聚区控制性详细规划（修编）动态维护的批前公示：南资源公示〔2025〕19 号[Z/OL]. 2025-03-19[2026-10-05]. https://www.nanan.gov.cn/zwgk/zfxxgkzl/bmzfxxgk/gtzyj/zfxxgkml/202503/t20250321_3151080.htm

[14] 泉州市生态环境局. 中央生态环境保护督察群众信访举报转办和边督边改公开情况一览表（第二十九批）[R/OL]. 2023-12-31:6[2026-10-05]. https://www.quanzhou.gov.cn/zfb/xxgk/zfxxgkzl/ztzl/zyhbjxs/bdbg/202312/P020231231345383664109.pdf

Spatial Coordination in the Transformation of Stone Industry Parks: A Case Study of the China–Thailand (Shijing) Stone Industry Cluster

CHEN Yile [1], ZHANG Lei [2], ZHENG Liang [1,*], DING Yuhong [1,3]

[1] Guangzhou Wangxin Testing Technology Co., Ltd., Guangzhou 510425 China

[2] School of Civil Engineering and Architecture, Wuyi University, No. 358 Baihua Road, Wuyishan 354300, China

[3] College of Civil Engineering, Liming Vocational University, No. 298 Tonggang West Street, Quanzhou 362000, China

Abstract: To realize the green transformation of traditional manufacturing industries, industrial parks need to ensure the continuity of production and expand the scope of functions at the same time. This paper chooses the China–Thailand Stone Industrial Park in Nan'an, Quanzhou, as the case study, takes the problem-oriented empirical approach, and systematically analyzes the prominent problems of traditional stone processing parks in five dimensions of industry, spatial layout, function, ecology, and operations. It also puts forward transformation planning strategies, including planning ideas, spatial structure, functional organization, transportation systems, ecological low-carbon measures, and flexible implementation. The study shows that the transformation of traditional industrial parks should be from single-purpose production sites to multi-faceted, intensive, eco-friendly, and resilient industrial communities. By adjusting the spatial layout (one core, two axes, and three zones), realizing the functional integration, establishing a hierarchical traffic organization system, applying green technology, and carrying out phased and rolling development, these parks can achieve synergistic goals of industrial upgrading, spatial efficiency, functional enhancement, and ecological improvement. Environmental Responsibilities: Recycling of Waste: Development on Hill Slopes: The results provide practical ways and technical methods for the transformation planning of similar traditional resource-based industrial parks in China.

Keywords: Stone industrial park; transformation planning; spatial coordination; shared facilities; phased construction