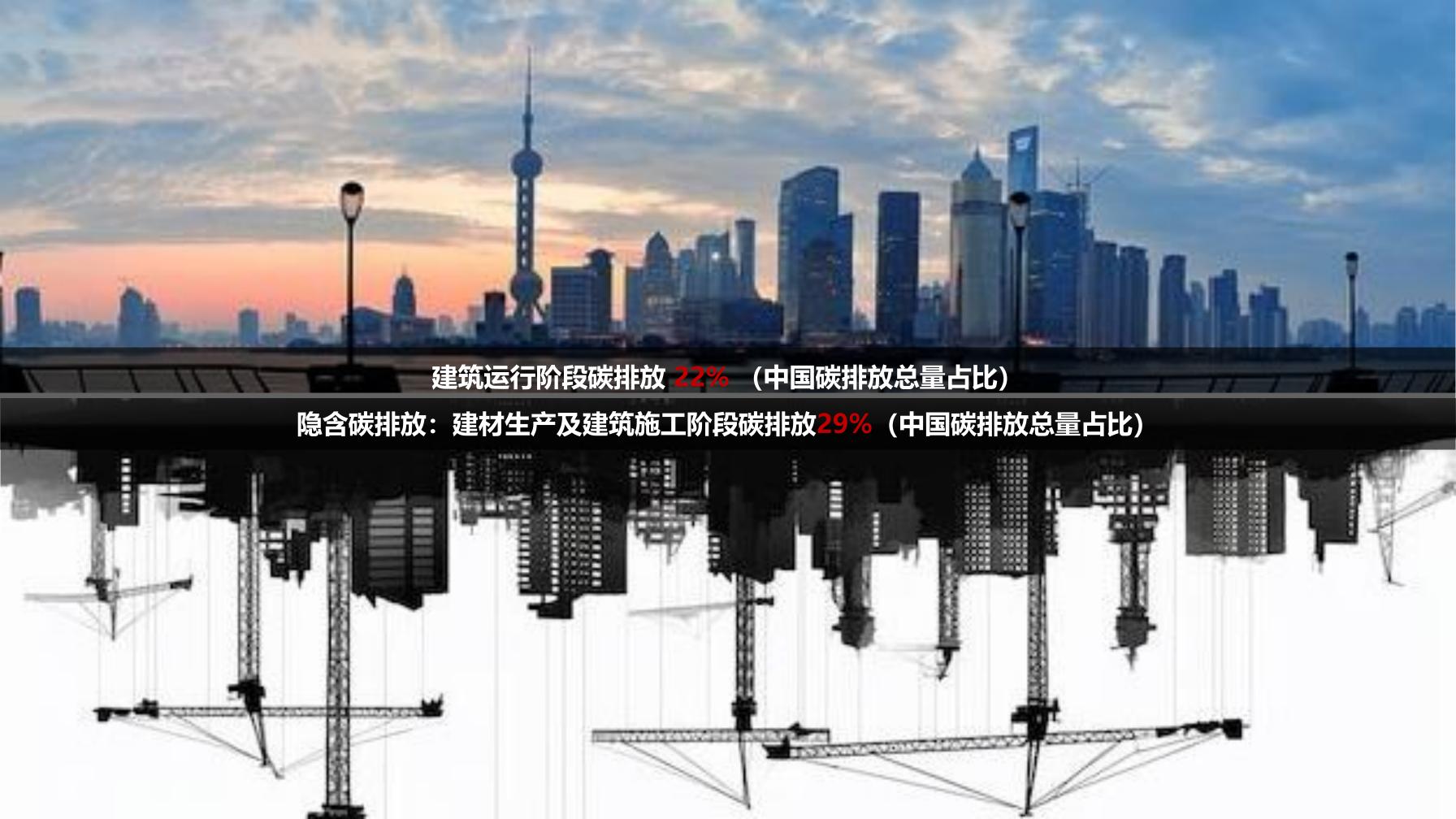
材料回用的机会和挑战

宋晔皓

清华大学建筑学院/长聘教授、博导 清华大学建筑与技术研究所/所长 清华大学建筑设计研究院有限公司/副总建筑师 内蒙古工业大学建筑学院学术委员会/主任



Lifecycle Material Treatment

可持续材料全生命期的思考

	Raw Material	Treatment for Use	Building Element	Discard after 10 years	
	Reused Metal from county	Reshaped	Roof Tile	Melted & Recast	
	Wood collected from old house	Cleaned & Cut	Roof Support	Wood frame & furniture	
	Bamboo cut from nearby	Dried	Structure	Recomposed to paper & furniture	
6	Earth dig from nearby	Rammed	Wall	Back to Earth	
	Stone from nearby mt.	Cut & Mason	Paving & Foundation	Lansacpe & Paving	

可持续材料全生命期的思考

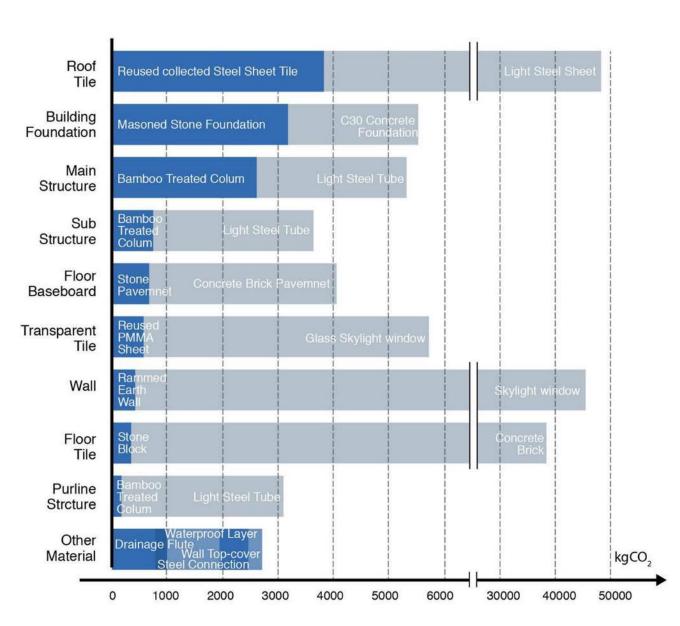
Lifecycle Carbon Emission Based Design Framework

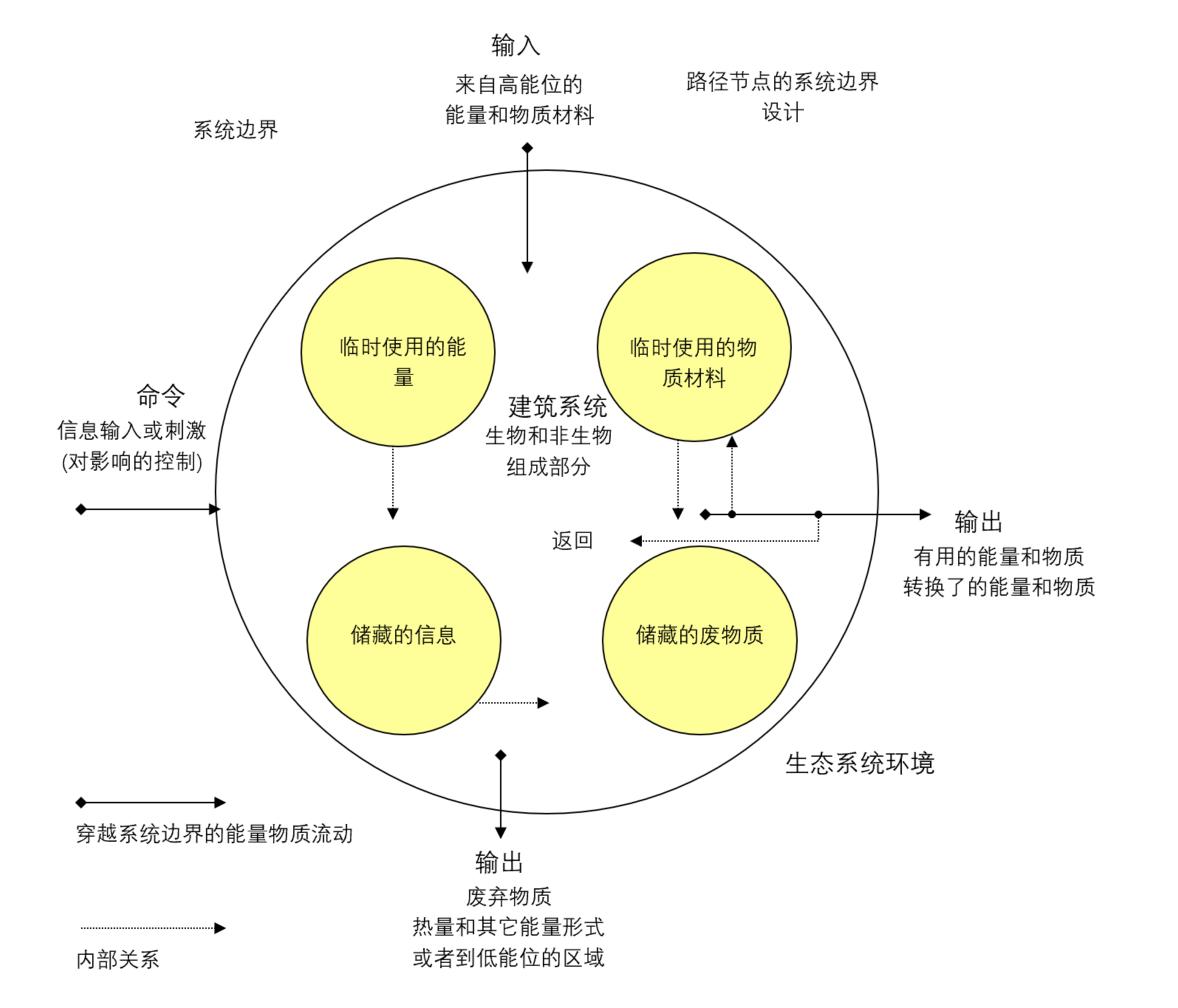


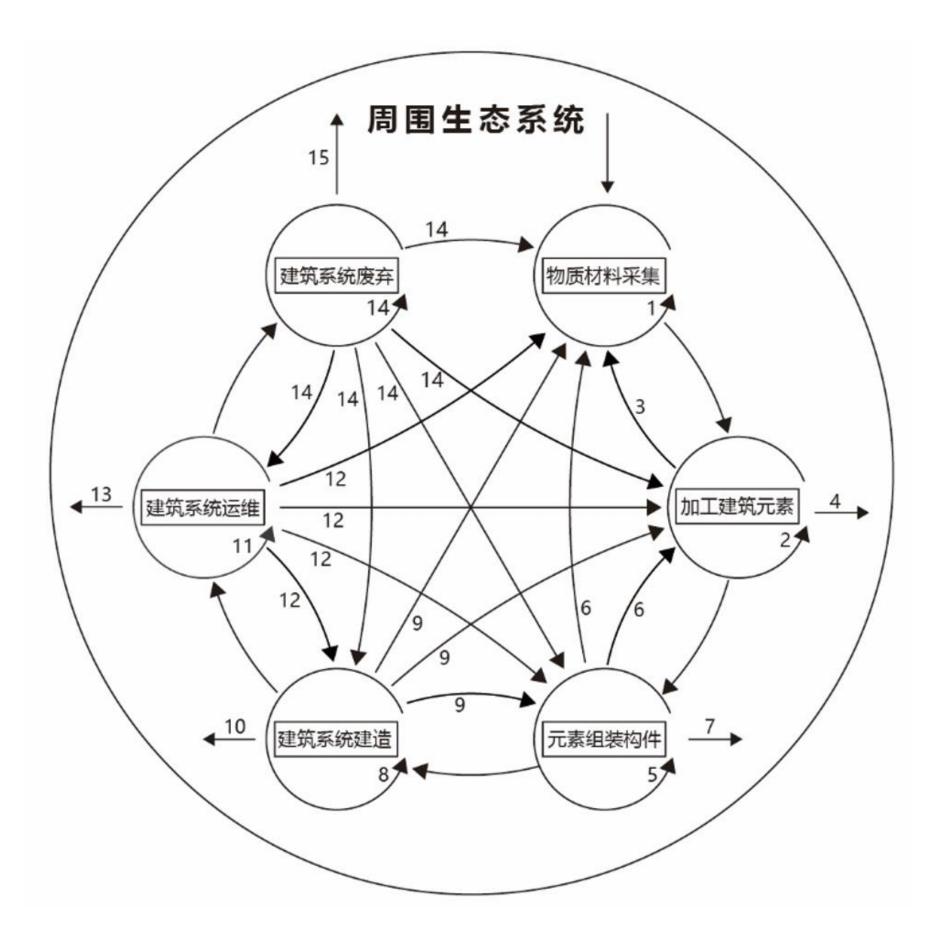
Material Import from Local district



Material Lifecycle Evaluation







- 1. 物质材料采集阶段废弃物质材料的修复
- 2. 加工建筑元素阶段废弃物质材料的修复
- 3. 加工建筑元素阶段产生的废弃物质材料修复为前两个阶段的物质材料
- 4. 加工建筑元素阶段产生的废弃物质材料进入周围生态系统
- 5. 元素组装构件阶段废弃物质材料的修复
- 6. 元素组装构件阶段产生的废弃物质材料修复为前两个阶段的物质材料
- 7. 元素组装构件阶段产生的废弃物质材料进入周围生态系统
- 8. 建筑系统建造阶段废弃物质材料的修复
- 9. 建筑系统建造阶段产生的废弃物质材料修复为前三个阶段的物质材料
- 10. 建筑系统建造阶段产生的废弃物质材料进入周围生态系统
- 11. 建筑系统运维阶段废弃物质材料的修复
- 12. 建筑系统运维阶段产生的废弃物质材料修复为前四个阶段的物质材料
- 13. 建筑系统运维阶段产生的废弃物质材料进入周围生态系统
- 14. 建筑系统废弃阶段物质材料修复为之前五个阶段的物质材料
- 15. 建筑系统废弃阶段产生的废弃物质材料进入周围生态系统

#定场地恢复、特定 场地的物种复原← + ← 修复阶段← + ← ← 准备再循环、重新利用、 处理排放及安全排入环境←

建筑系统废弃阶段 的输入和输出←

建筑系统运维阶段的 生态影响

建筑系统运作、维护、生 态系统保护、改变措施等←

建筑拆除↩

建筑系统运维阶段 的输入和输出←

+«

建造和场地平整↩

了 建筑系统建造阶段 的输入和输出←

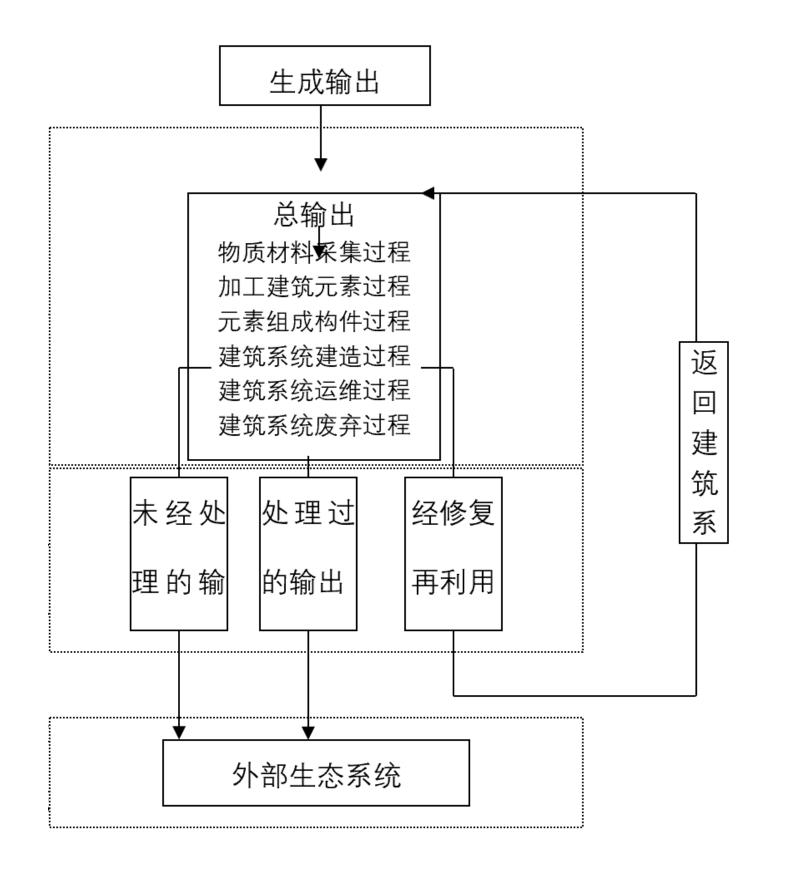
建筑系统建造阶段的 生态影响

分配、储藏和运输到特定 设计地段↔

+«

建筑元素和组成部分的生产(包括提炼、准备、制造过程)←

物质材料采集,加工建筑元素,元素组装构件阶段的输入和输出←



0: 拒绝 (refuse)
1: 重新思考 (rethink)
2: 减少 (reduce)
3: 再利用 (reuse)
4: 修理 (repair)
5: 翻新 (refurbish)
6: 再加工 (remanufacture)
7: 功能转换 (repurpose)
8: 回收加工 (recycle)

9: 能量恢复 (recover)

优先级降低

0:减少废物产生 (reduce)

1: 产品再利用 (reuse)

2: 材料再利用 (recycle)

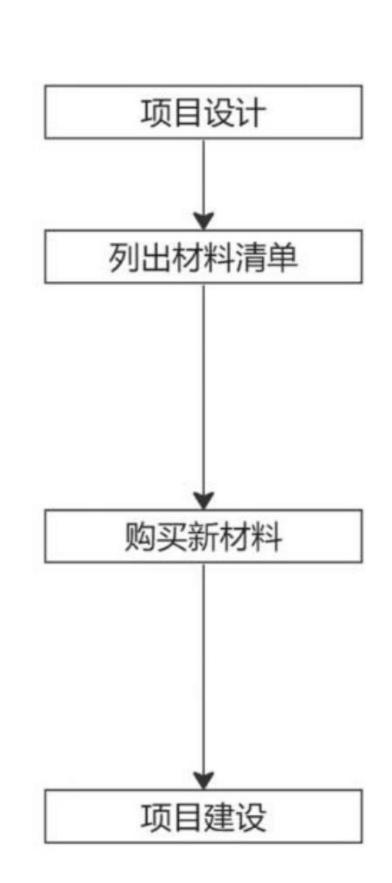
3: 能量恢复 (energy)

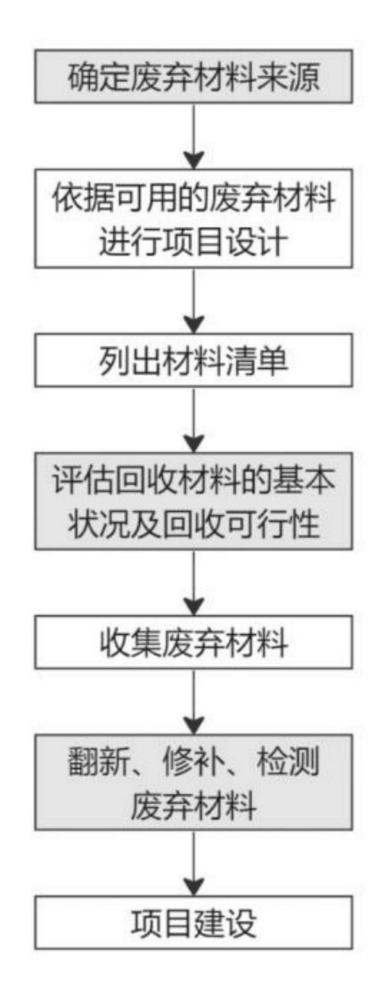
4: 焚烧 (incineration)

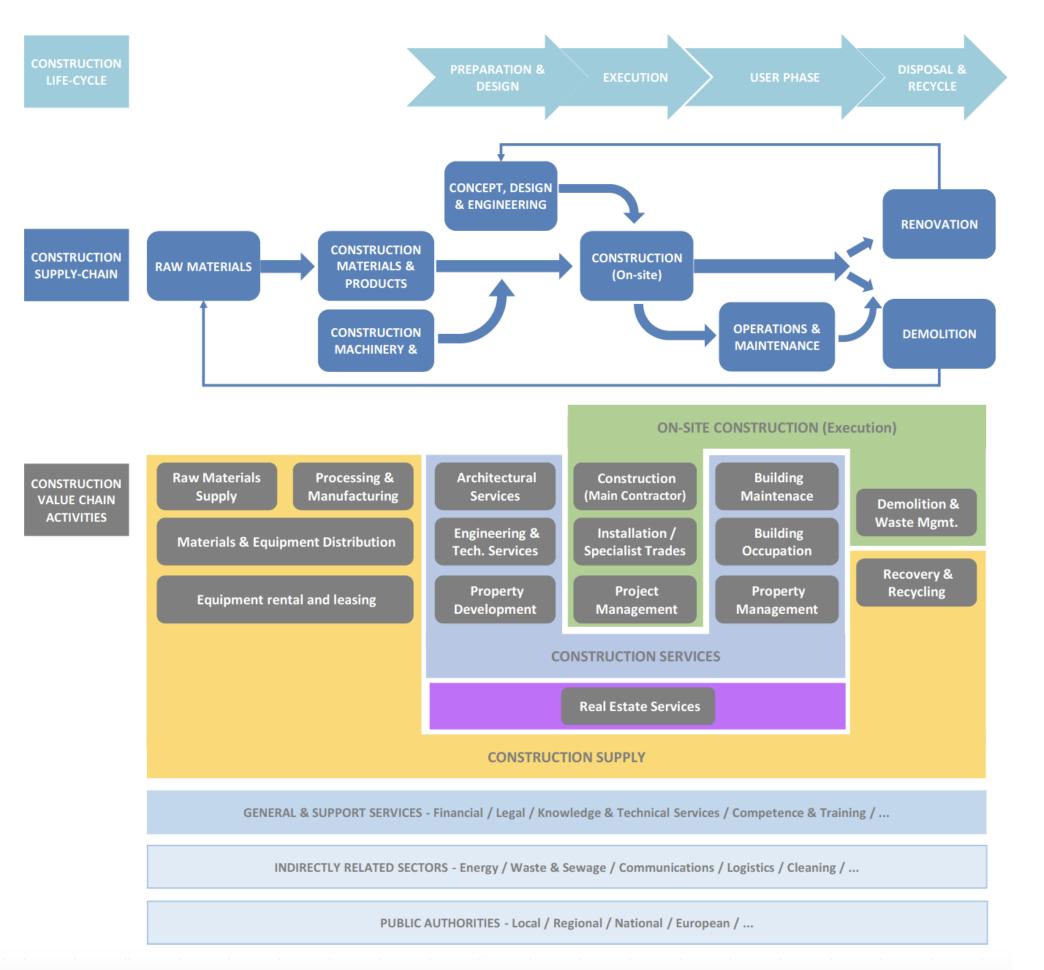
5: 填埋 (landfill)

废弃材料的再利用设计流程

- 1. 寻找并确定废弃材料的来源,统计材料类型、尺寸、数量、性能
- 2. 初步确定项目设计如何使用废弃材料
- 3. 制定废弃材料的选择标准,列出材料清单
- 4. 评估可回收的废弃材料的基本状况及达到使用要求所需的修复措施, 判断回收的可行性、环境效益和成本
- 5. 根据废弃材料的性能指标进行深化设计
- 6. 收集、购买、运输、储存废弃材
- 7. 翻新、修补废弃材料,进行性能检测
- 8. 将达到标准的废弃材料用于工程建设







建筑垃圾

从建筑垃圾的材料成分来看,除渣土、泥浆等土类建筑垃圾,其余建筑垃圾可分为**混凝土、砖、砌块、砂浆、瓷砖、石膏、玻璃、石材、各类金属、竹、木、塑料、织物、沥青**等。

建筑垃圾处置过程:

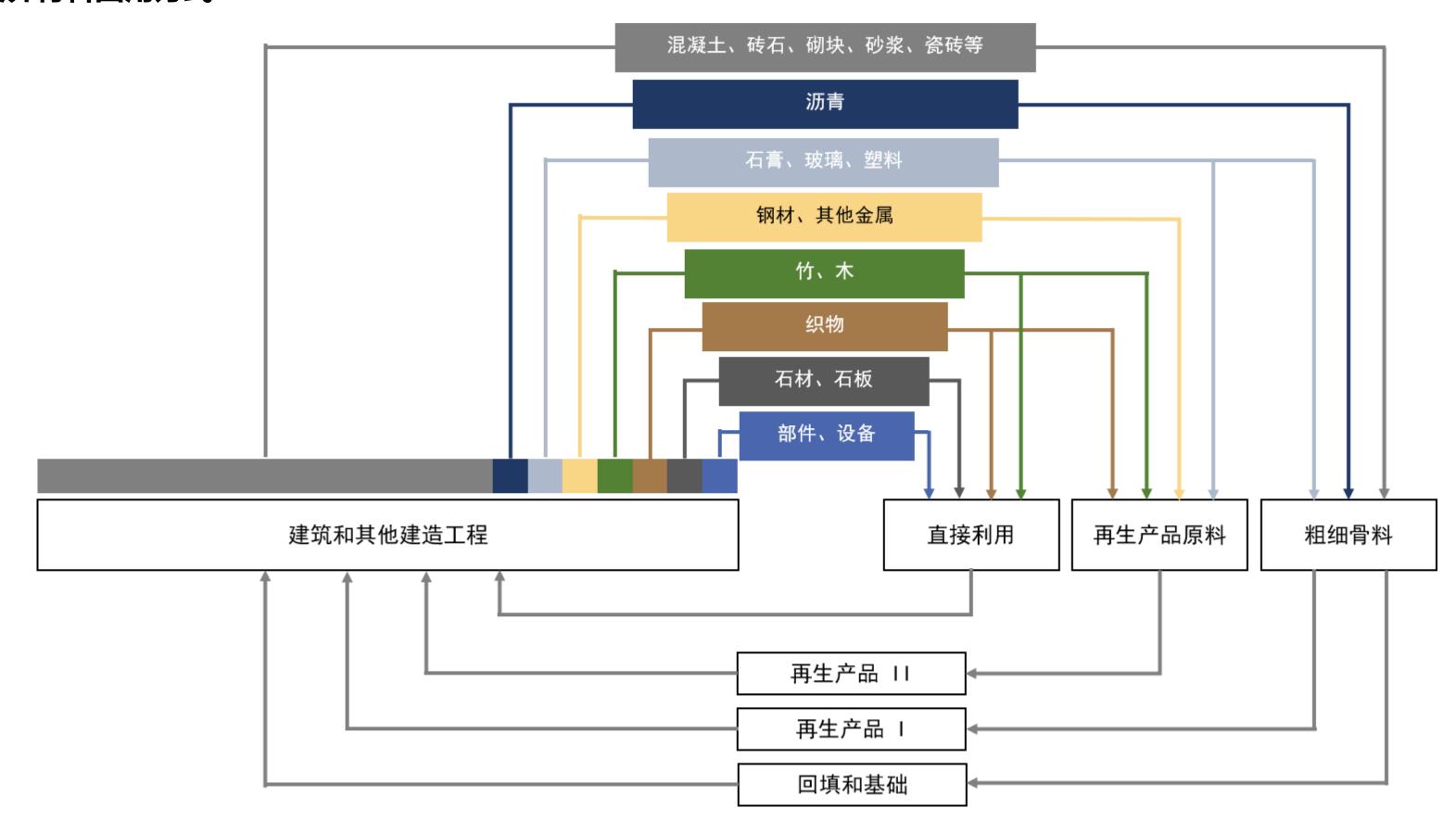
- 实行绿色拆除和施工,制定建筑垃圾治理方案,明确处置方式和清运措施;
- 现场进行建筑垃圾分类、收集和贮存;
- 对建筑垃圾的种类、数量、流向进行记录;
- 优先建筑垃圾就地资源化利用;
- 无法就地处置的建筑垃圾运输至资源化利用处置设施或建筑 垃圾消纳场;
- 全过程建筑垃圾备案、运输、处置的监管;
- 推动再生产品生产和应用。

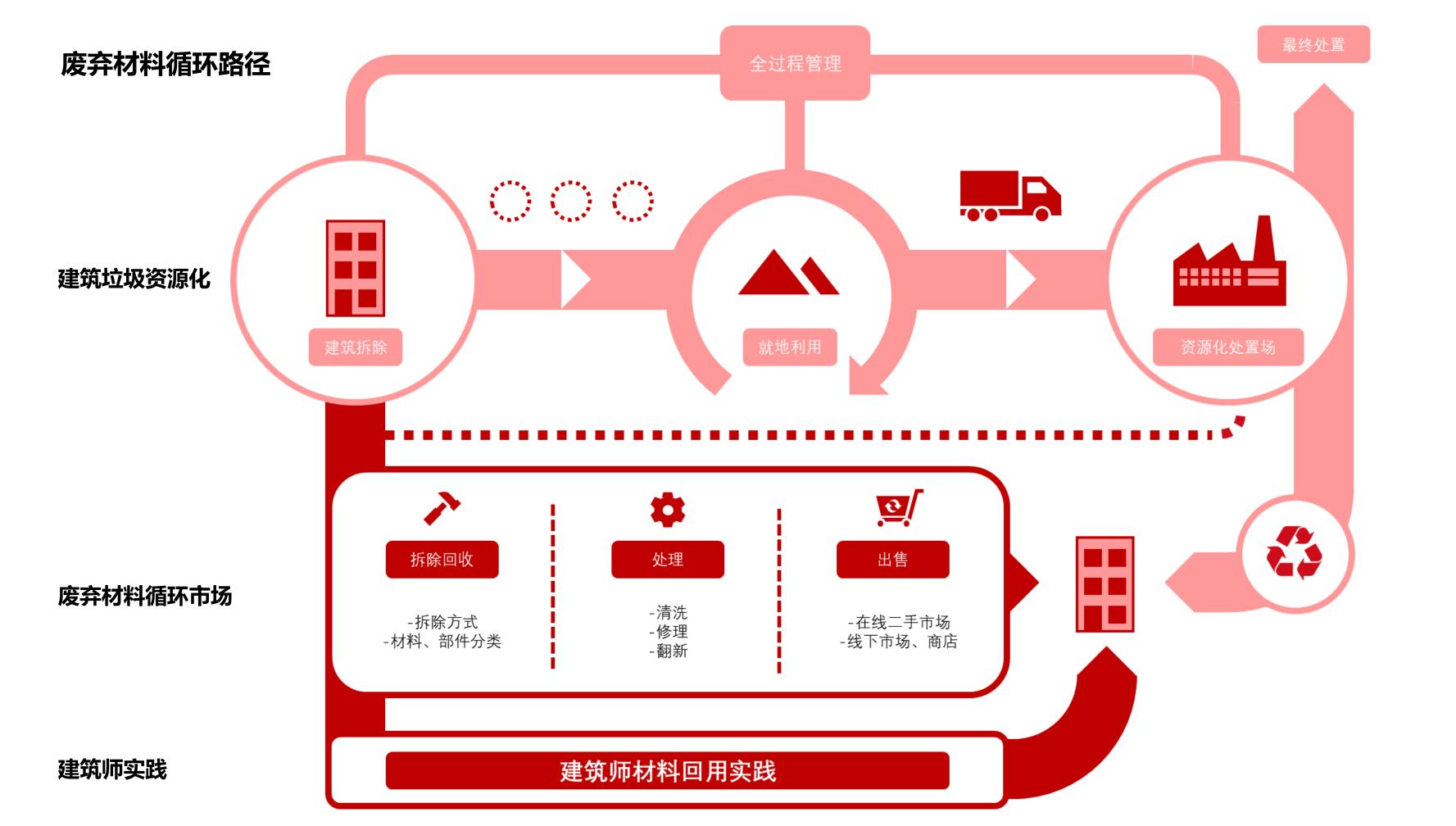
更高价值的废弃材料

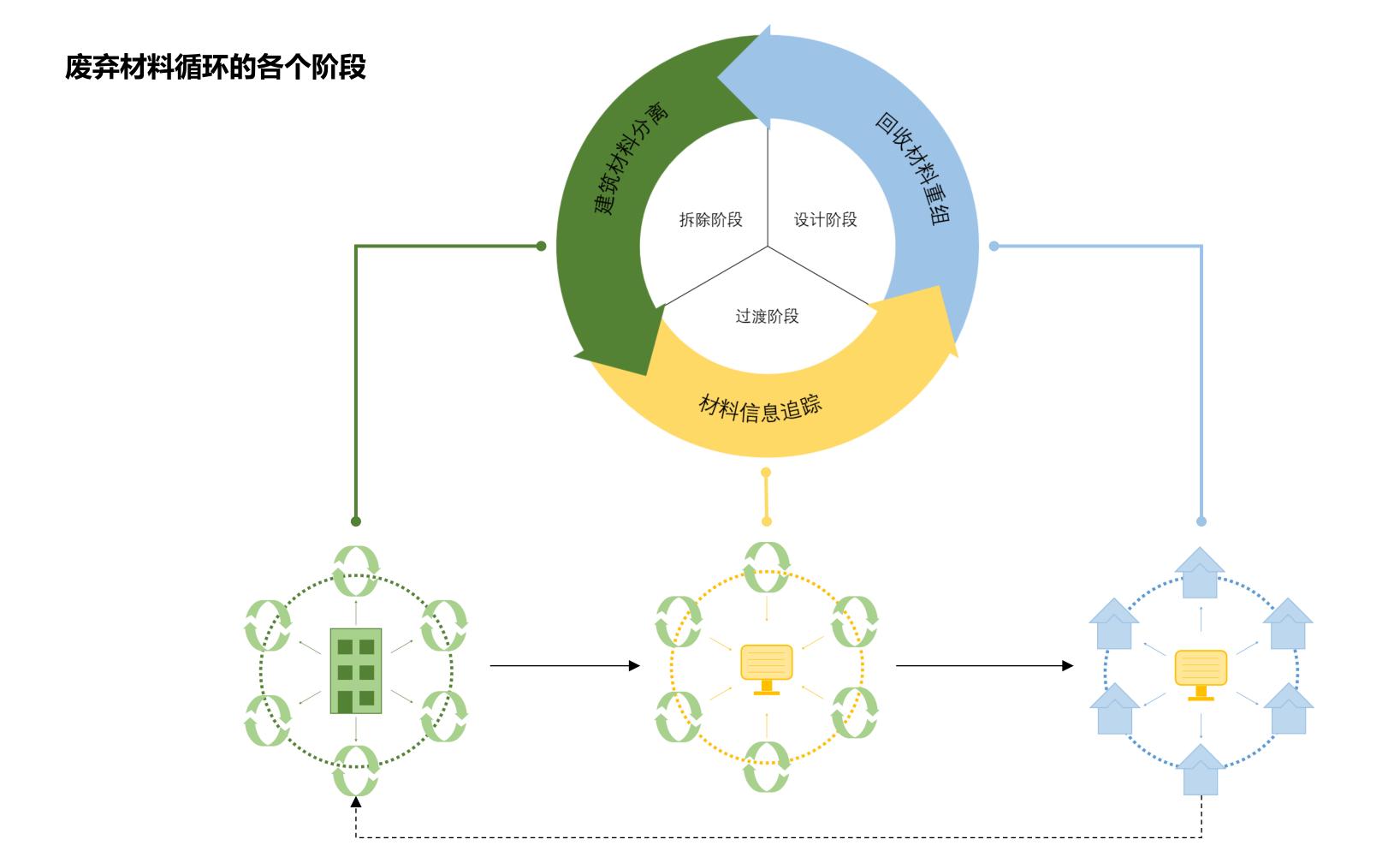
有部分建筑材料和部件不属于"建筑垃圾",**附加值较高、性能较好的各类材料,如金属、木材、石材等,以及设备、门窗、板材、管线等部件**。这些材料和部件相对于"废弃物"而言具有更高的价值,经过专门回收和简单处理(如切割、清洗、维修等)可直接回收再利用。

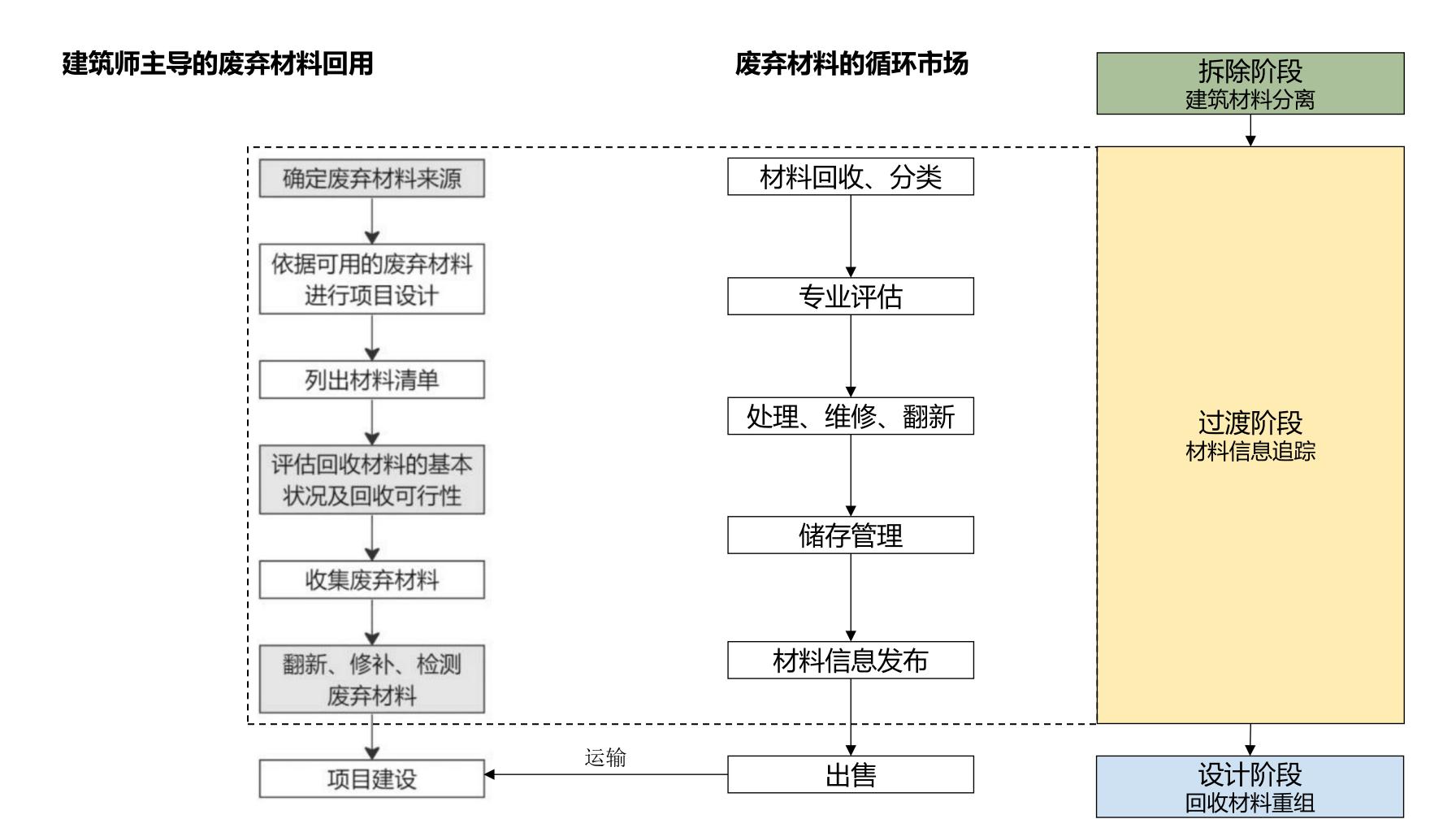
建筑师回用废弃材料参与设计是提高其再利用价值的重要途径。每实现一种废弃材料的再利用方式,就能减少一种属于建筑垃圾的种类,实现更直接、高效、可持续的材料循环。

废弃材料回用方式

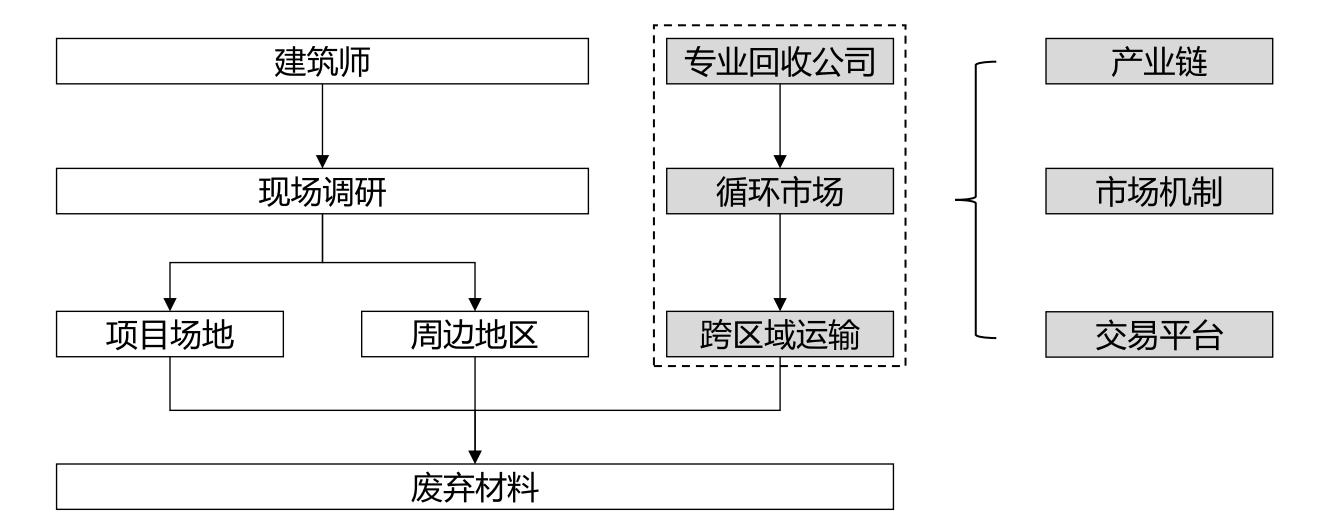


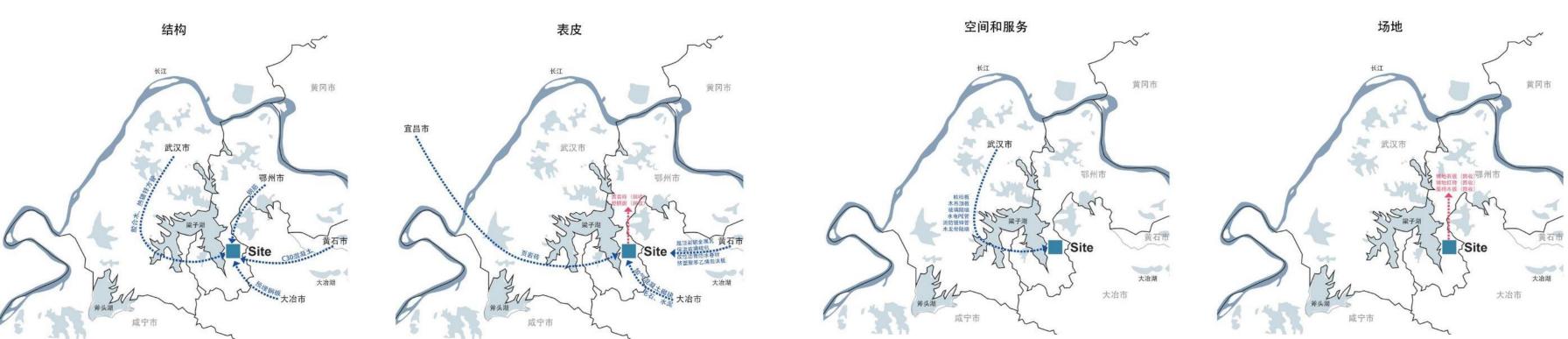






废弃材料的流动





废弃材料的降级使用

在建筑设计中,回收再利用材料通常是一种**降级循环(downcycling)**,受到材料和部件**本身质量、拆除损坏、外观陈旧**等因素的影响,这些废弃材料和部件可能无法在建筑中发挥和全新材料同等的功能,比如在建筑的结构、围护等性能要求较高的部位。

例如:

混凝土——破碎处理后,用于基础、地形建造,或利用其不规则形状设计铺地

木材——室内外立面及地面铺设,或用于景观或室内家具设计

砖——多回收用于铺地,或作为围护结构的补充

石材——石板用作铺地、面层,块状毛石可用作基础、挡墙

钢材——用作构筑物等结构性能要求较低的部位

门窗、设备等部件——重新使用或作为装饰部件

•••••

废弃材料回用的技术限制

废弃材料有别于新材料,在实际应用中存在诸多限制:

- 回收难度高:需对建筑进行合理拆卸,减少材料损坏;
- **非标准性**: 经使用、拆除后材料出现性能下降、外观改变、尺寸损耗、耐久不足等问题;
- **复杂且高度分类:** 废弃材料本身组成复杂,且其组装与拆除方式增加了每种材料的特殊性,无法进行简单分类;
- **缺少评价标准**: 废弃材料的性能需要相关专家逐一鉴定,通过降级回用或冗余的方式保证其性能和安全;
- **材料信息管理方式不完善:** 废弃材料来源、种类、数量、质量等信息目前通过人工的方式获取,缺少数字化收集、追踪、管理手段;
- **供应的不稳定性:** 废弃材料来源建筑拆除过程和材料生产加工环节的余料,没有固定的来源;
- **设计方式的转变:** 回用废弃材料参与设计建造与传统的设计方式不同,需采用一种"**逆向设计**"的思维方式,根据废弃材料的特性、 尺寸、数量等信息辅助和优化建筑设计;

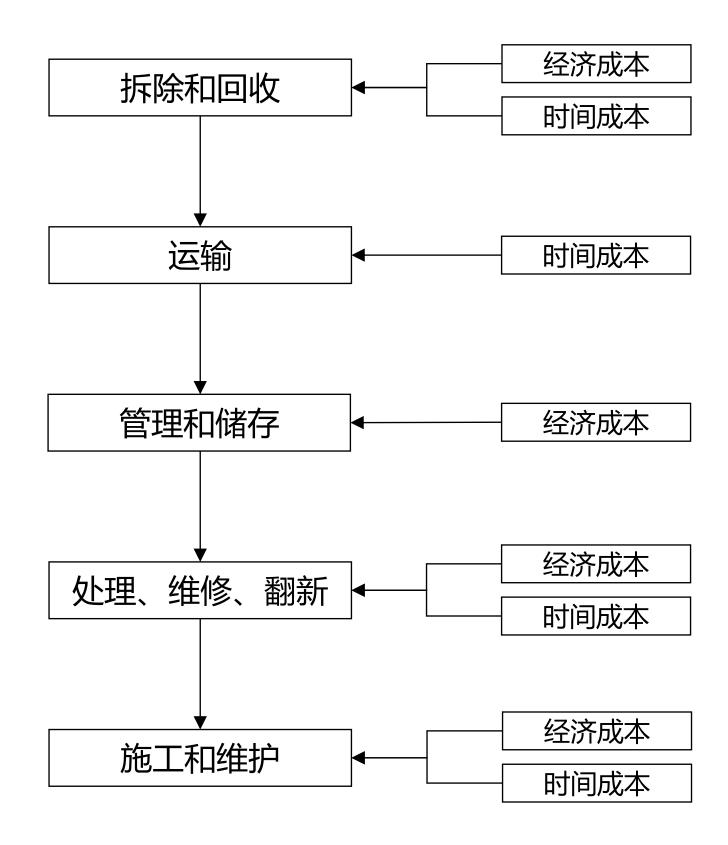
•

废弃材料的回用成本

- 废弃材料本身的价值;
- 拆除和材料分拣成本;
- 运输成本;
- 收集到使用期间的管理和储存成本;
- 处理、维修、翻新等环节的施工成本;
- 考虑到废弃材料耐久性的后期更换成本;

•

废弃材料回用可能增加的成本





废弃老宅现场物料回收与清场



废弃老宅现场物料回收与清场



废弃老宅现场物料回收与清场



废弃小青瓦



废弃小青瓦回用马头墙





废弃石料



废弃石料



废弃石料回用堆砌毛石挡墙



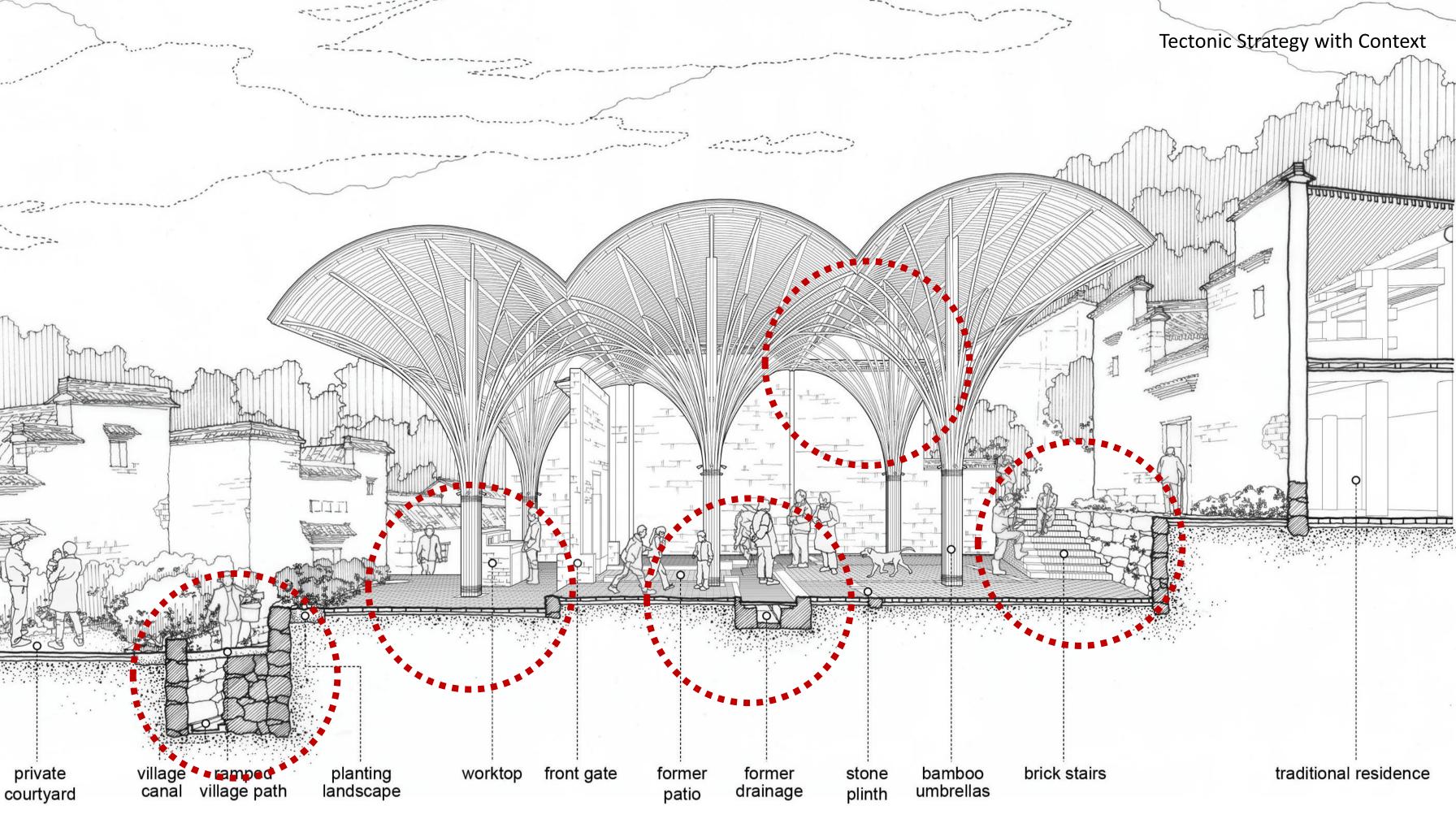


废弃石料



废弃天井水沟



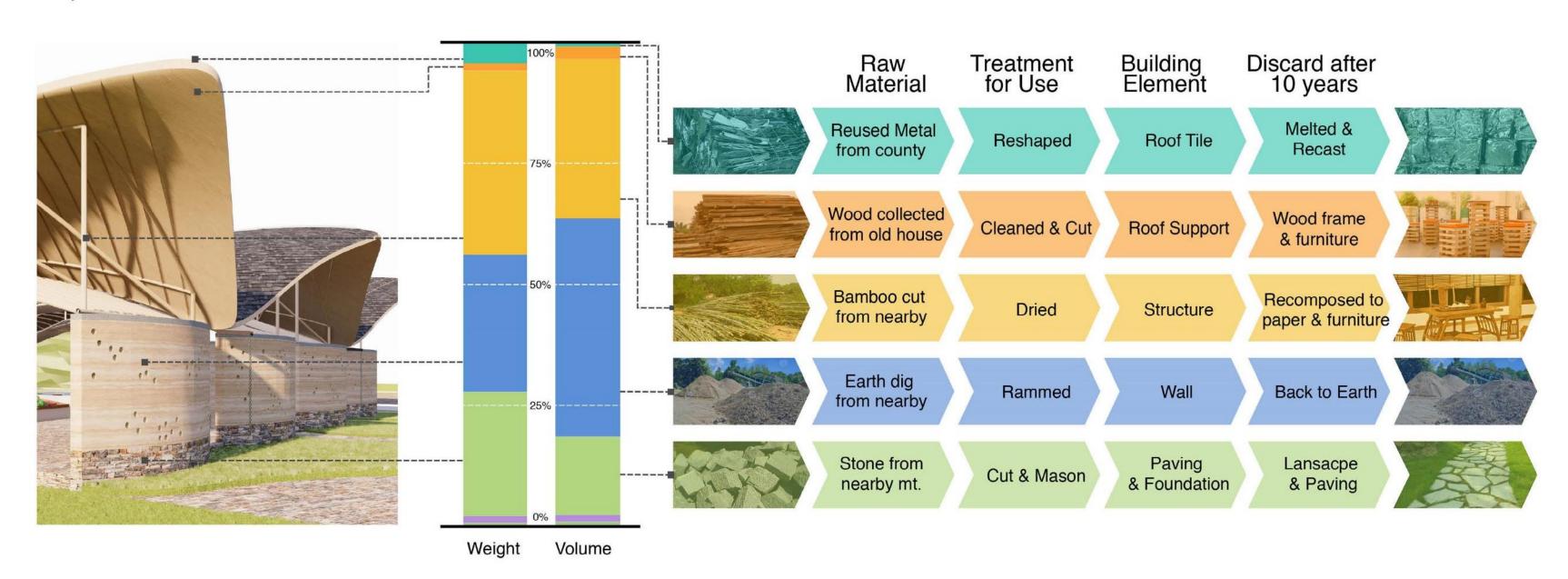








Lifecycle Material Treatment



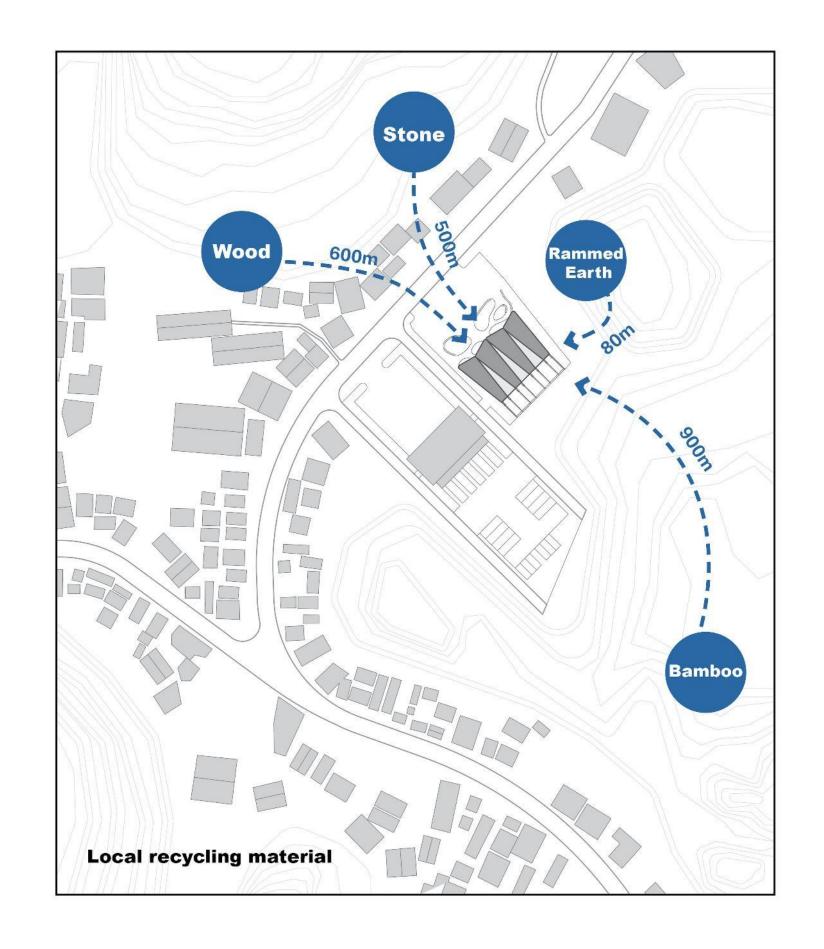
当地材料 使用处理方法 建成实景 处理竹子表面 传统夯土工艺 夯土墙拆模 夯土墙 木料二次加工 回收废弃木材 木质长椅 石材砌筑基础 毛石墙基砌筑

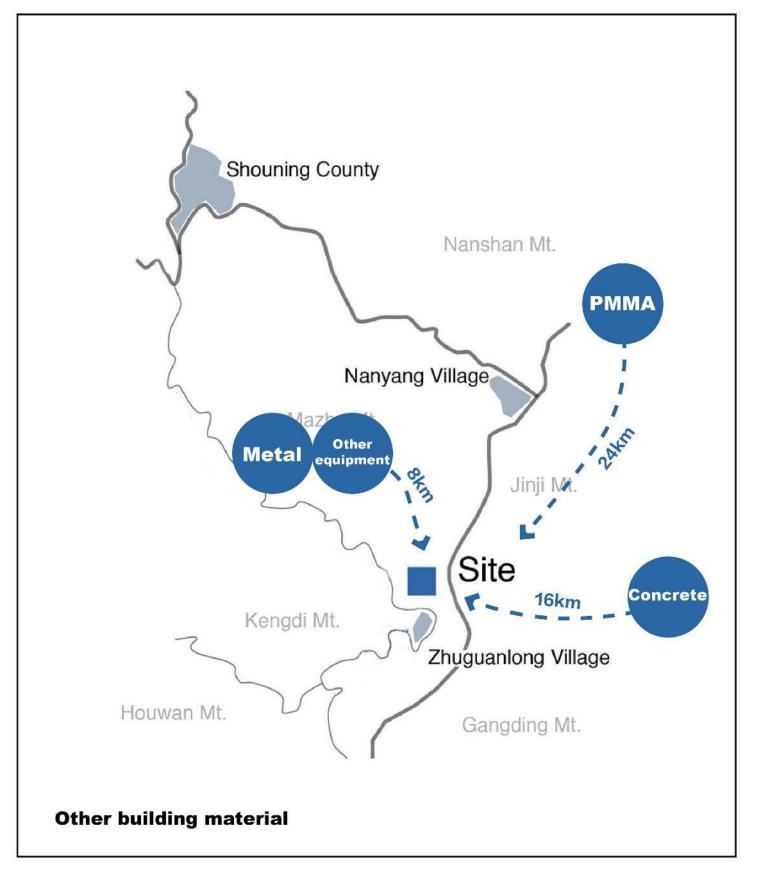
水磨石地面

废弃石板现场加工

回收废弃石料铺地

材料来源地图





危房拆除的物料回收





回收墙基石料用于夯土墙基础



回收墙基石料用于夯土墙基础



回收墙基石料用于夯土墙基础



危房拆除的物料回收: 木料



危房拆除的物料回收: 木料



危房拆除的物料回收: 木料



回收木料用于夯土墙木砖



回收木料用于夯土墙木砖





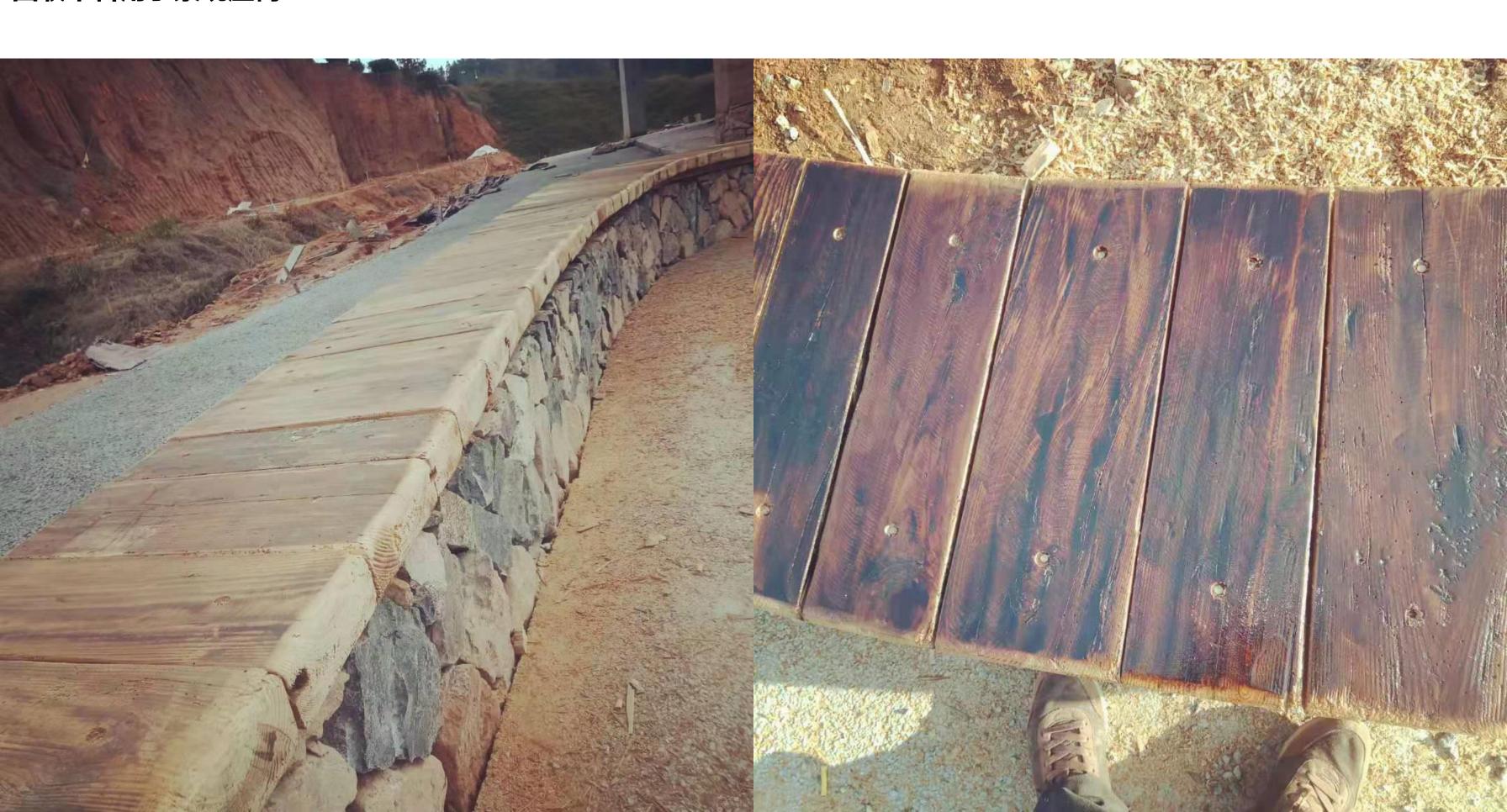
















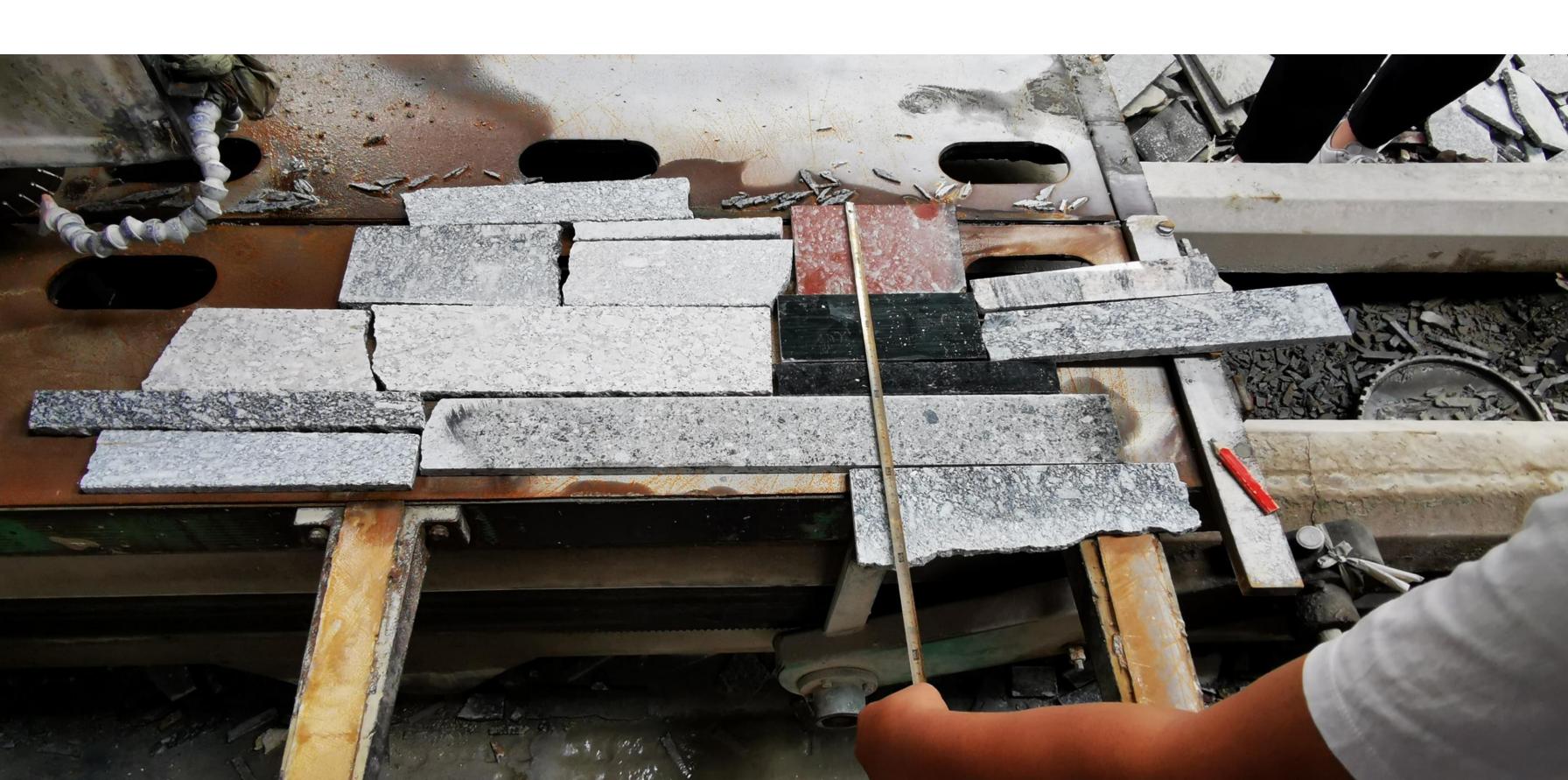
石材加工厂的石板废料回收



石材加工厂的石板废料回收



石板废料使用模式研究



石板废料使用模式研究



石板废料使用模式研究

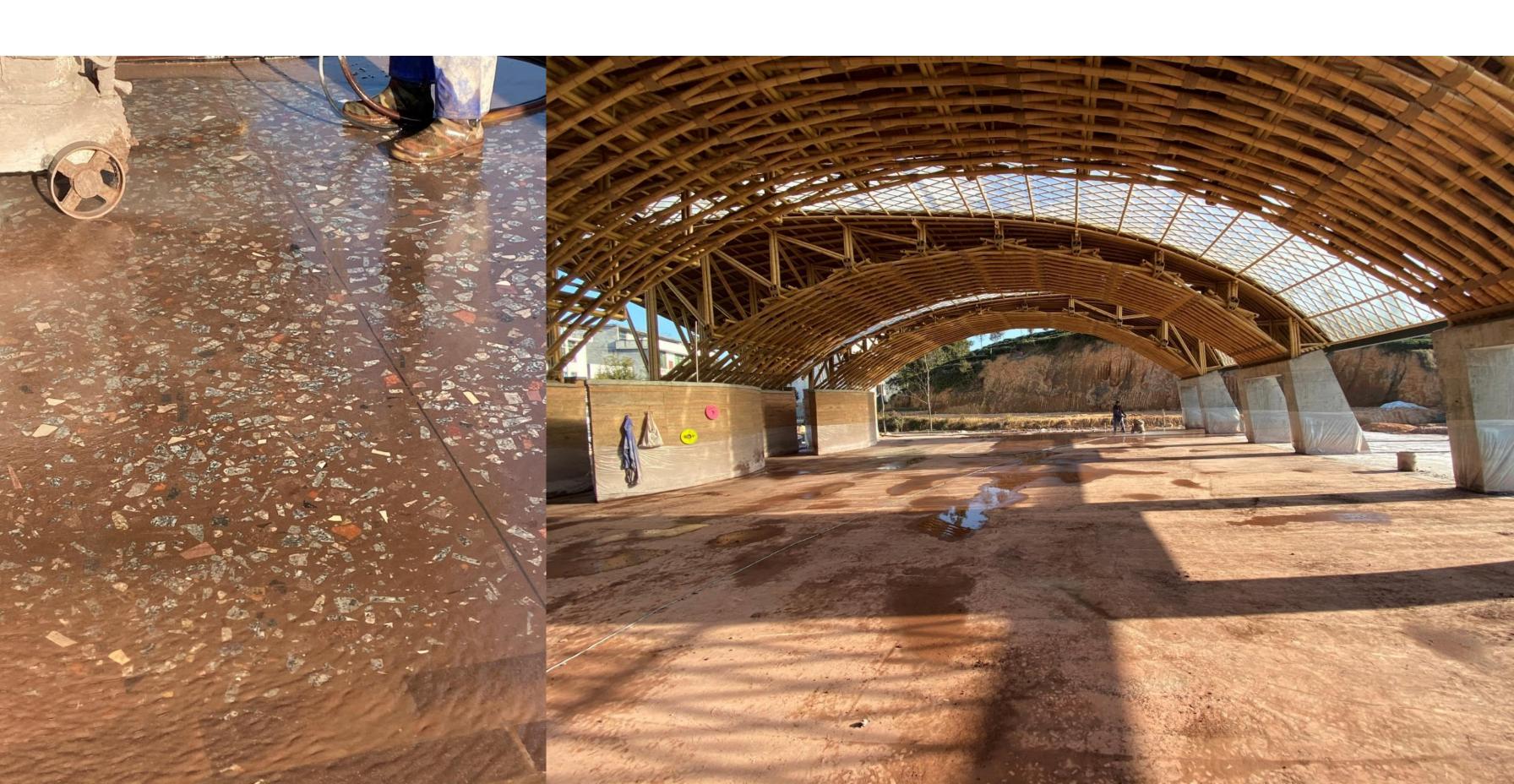














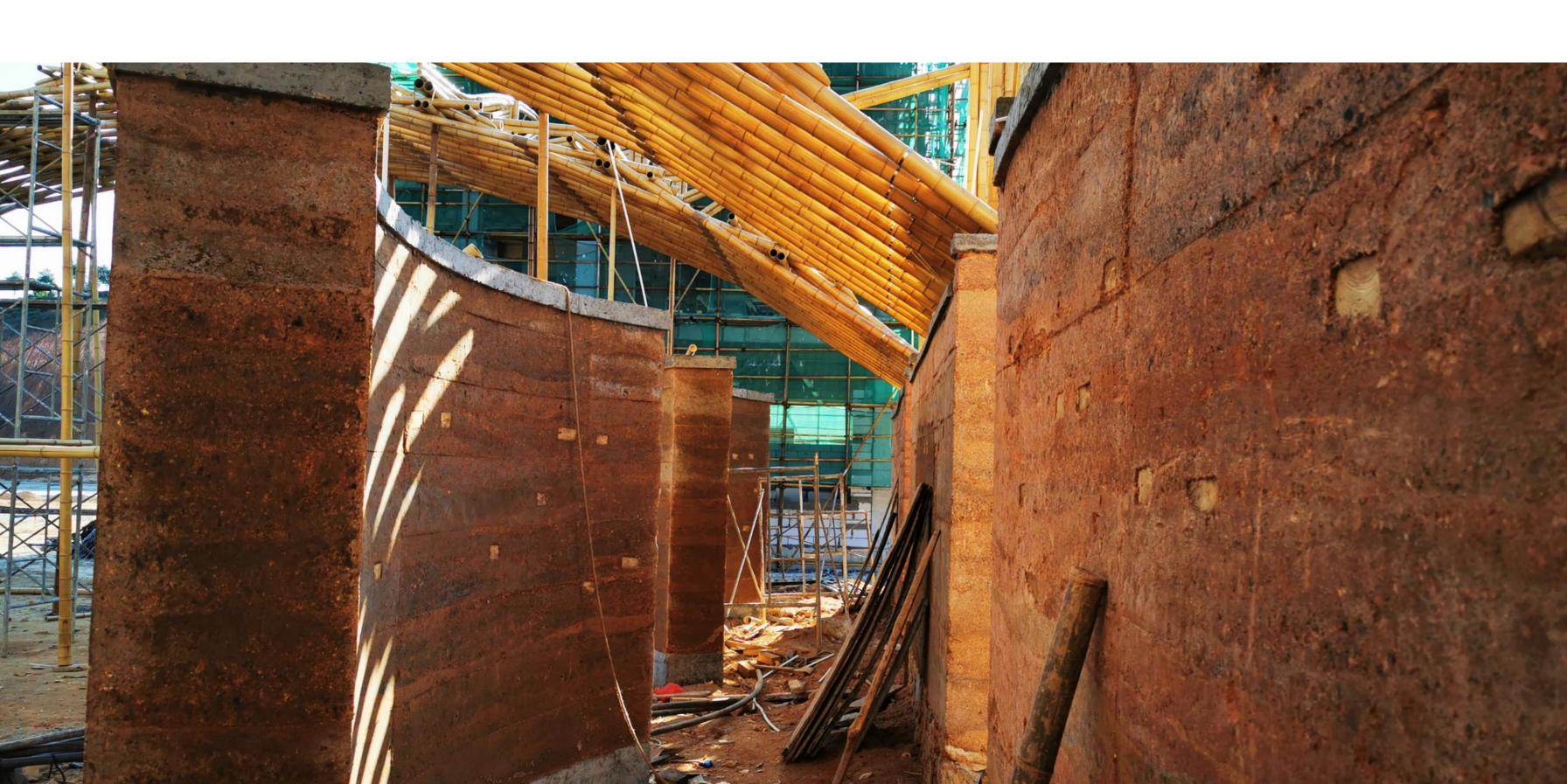


现场红土的就地取材利用













剩余竹材就地利用



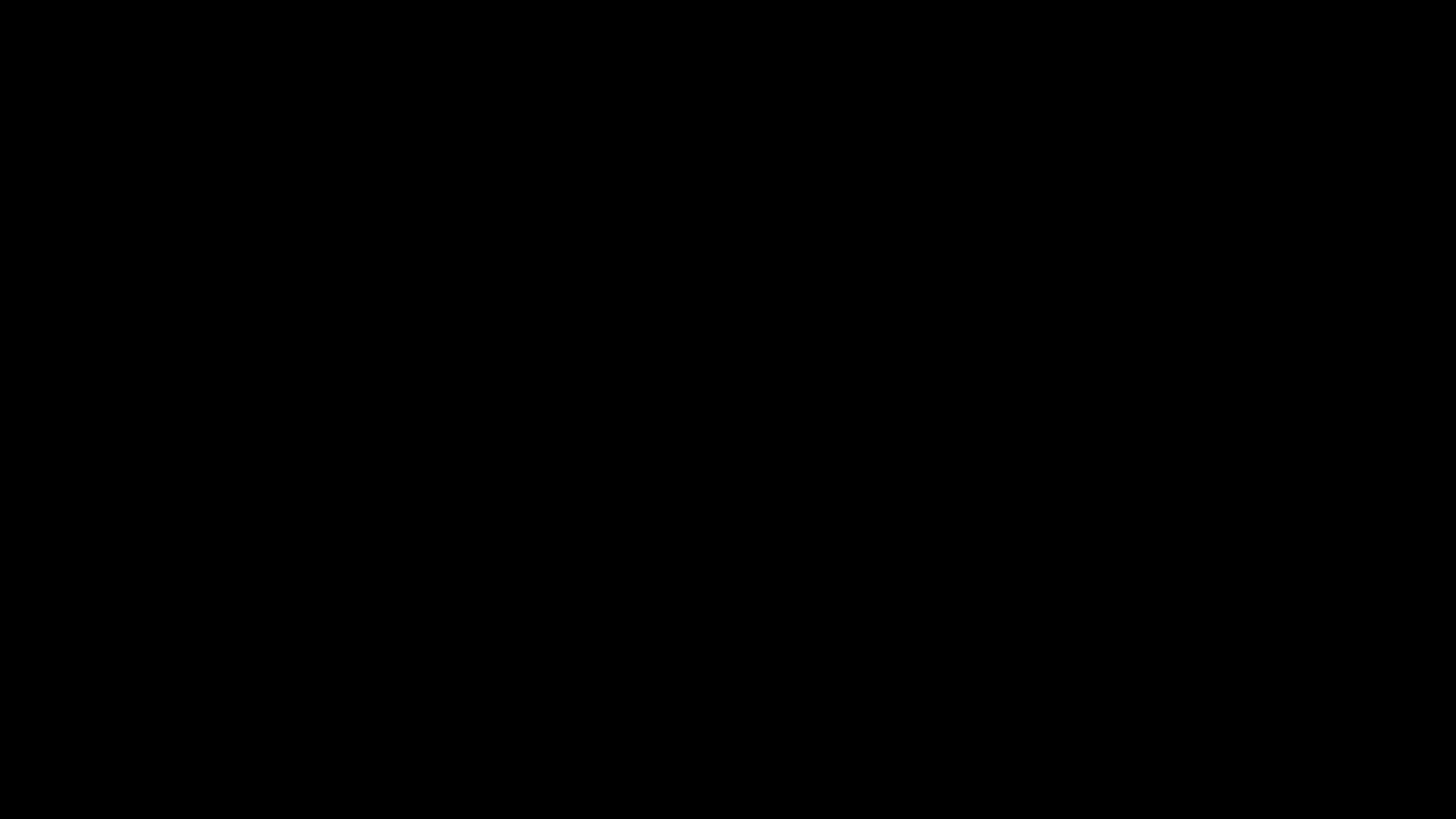














LOCAL MATERIALS

TREATMENT & PROCESSING

BUILT PHOTOS

BRICK 清水砖













RUBBLE 毛石











SLATE WASTE 石刻废料















RECYCLED WOOD 回收木料

METAL

金属利旧









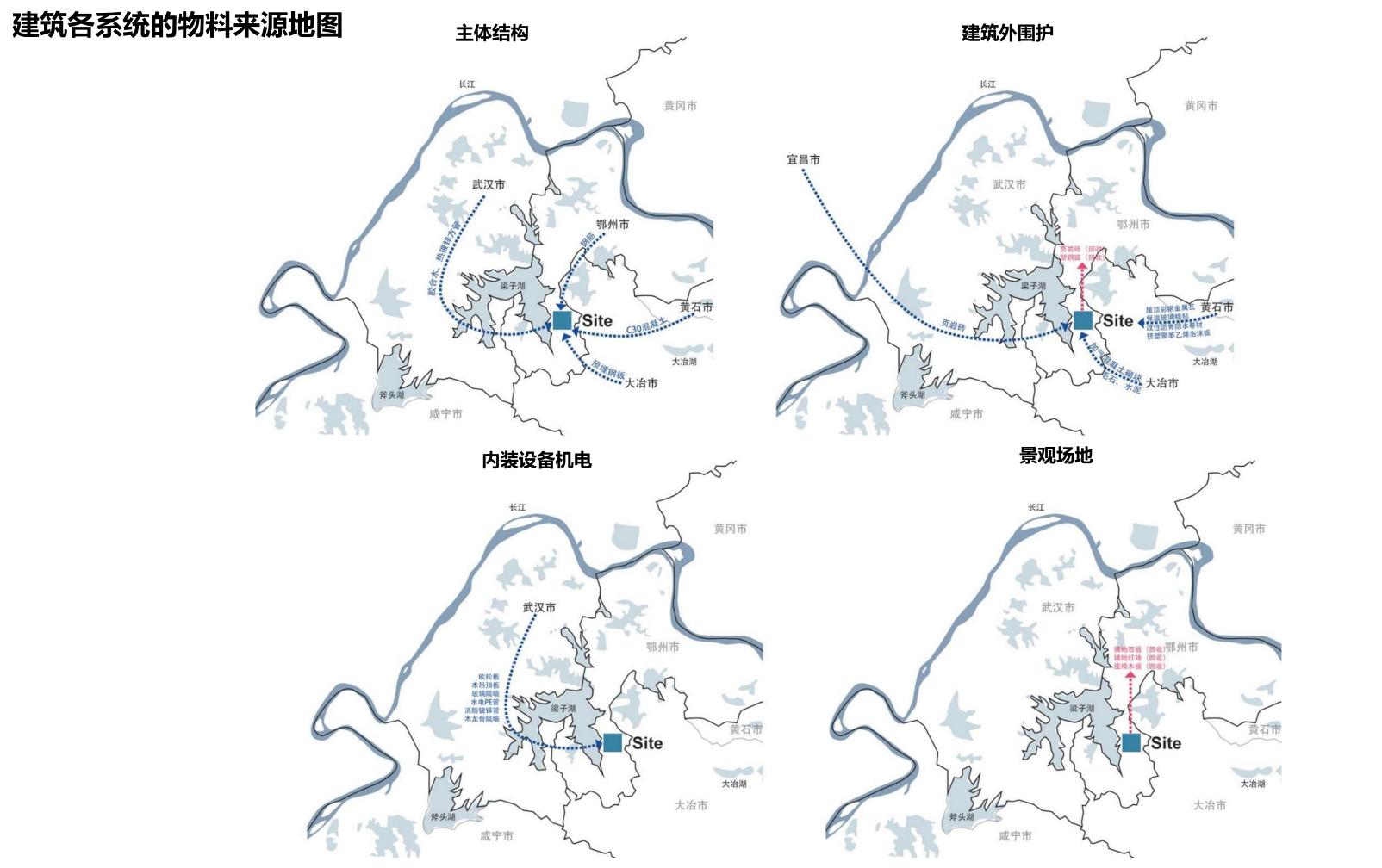












毛石废料回收

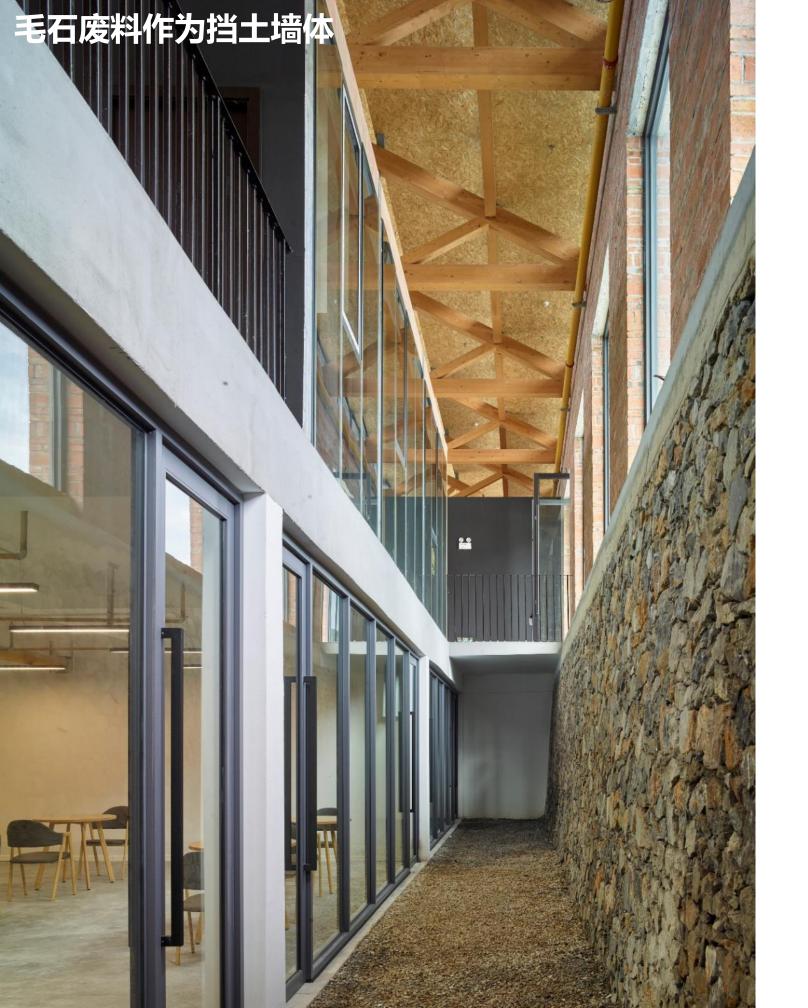


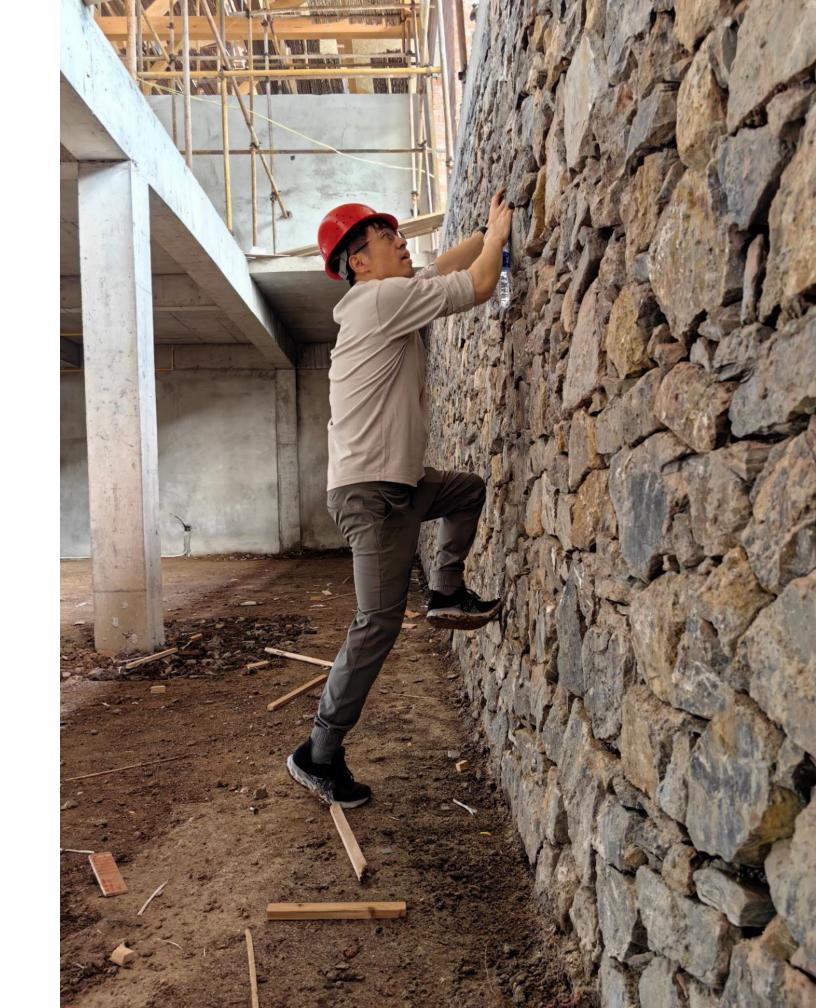
毛石废料回收

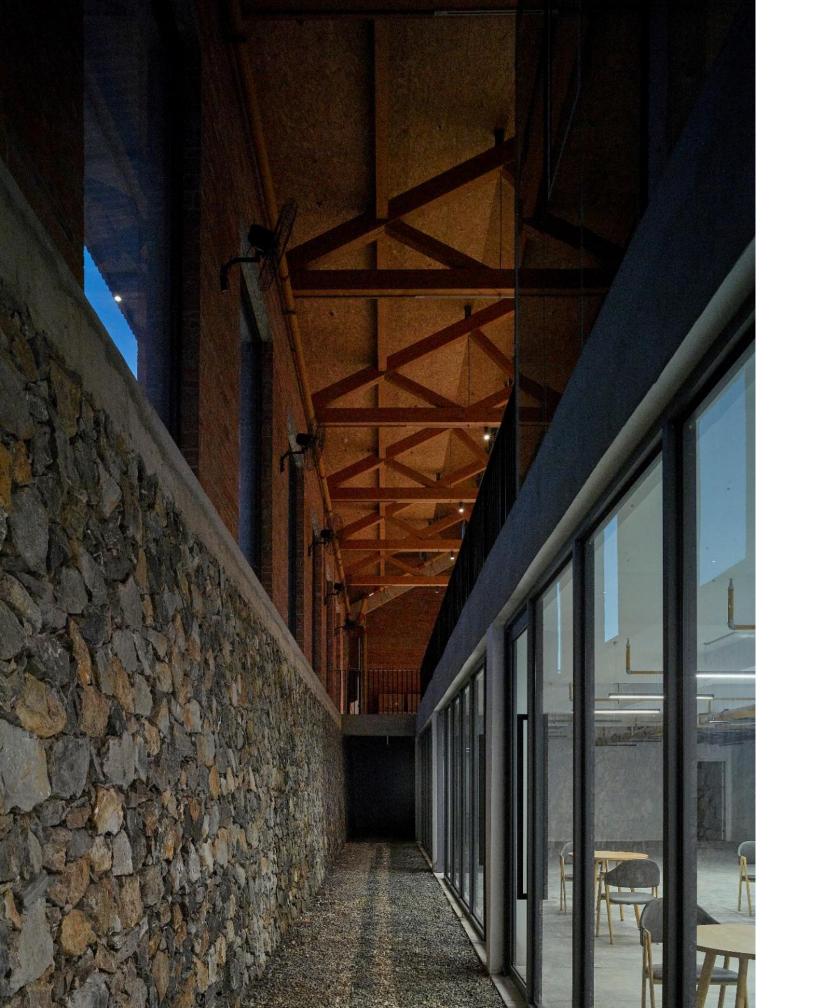


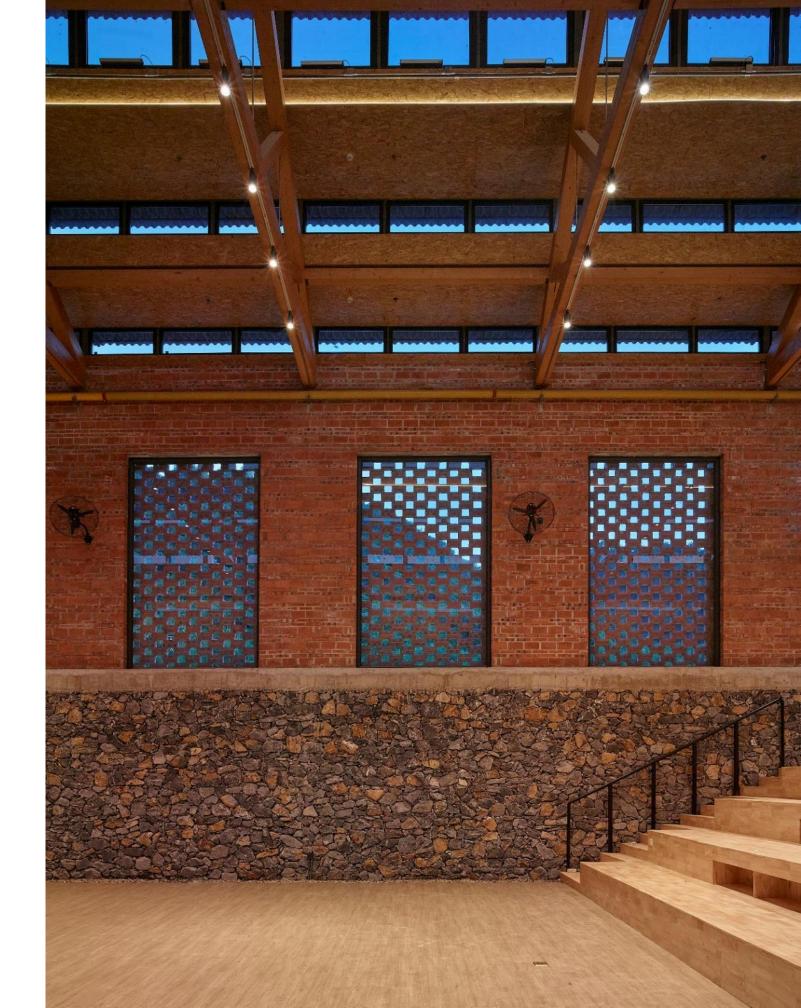
毛石废料作为挡土墙体











毛石废料作为挡土墙体



















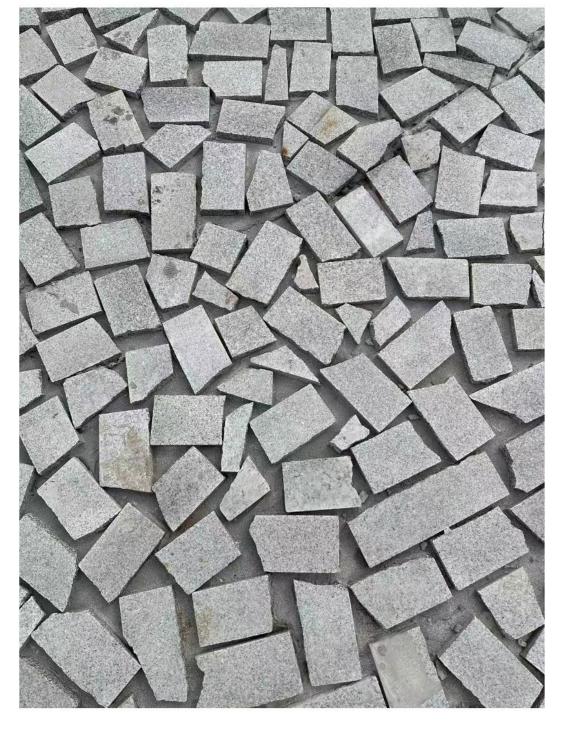




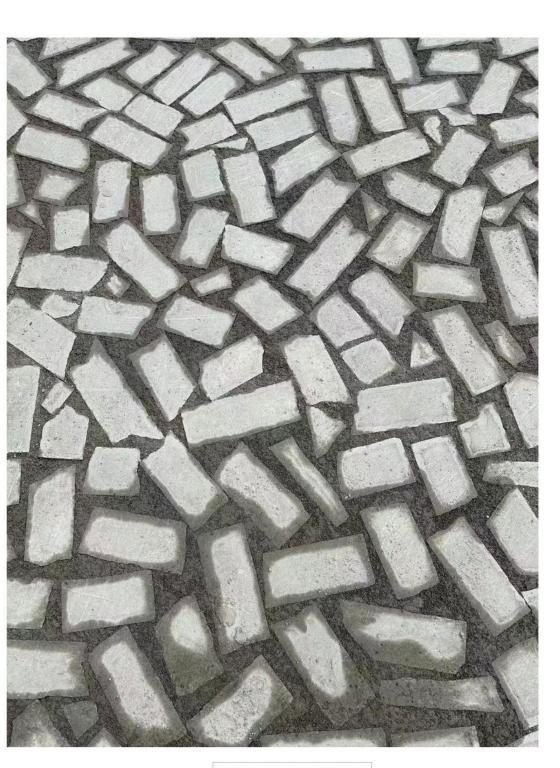








敲碎石材, 平铺于地面



灌注砂浆填缝



砂浆干燥,磨平表面





















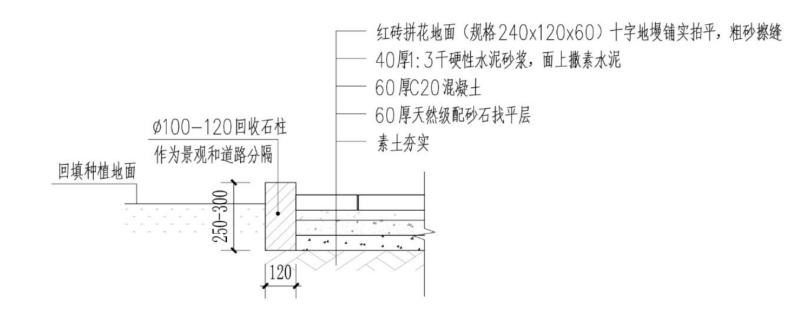






石刻废料作为景观界石





景观分隔细部

石刻废料作为景观界石







废弃红砖



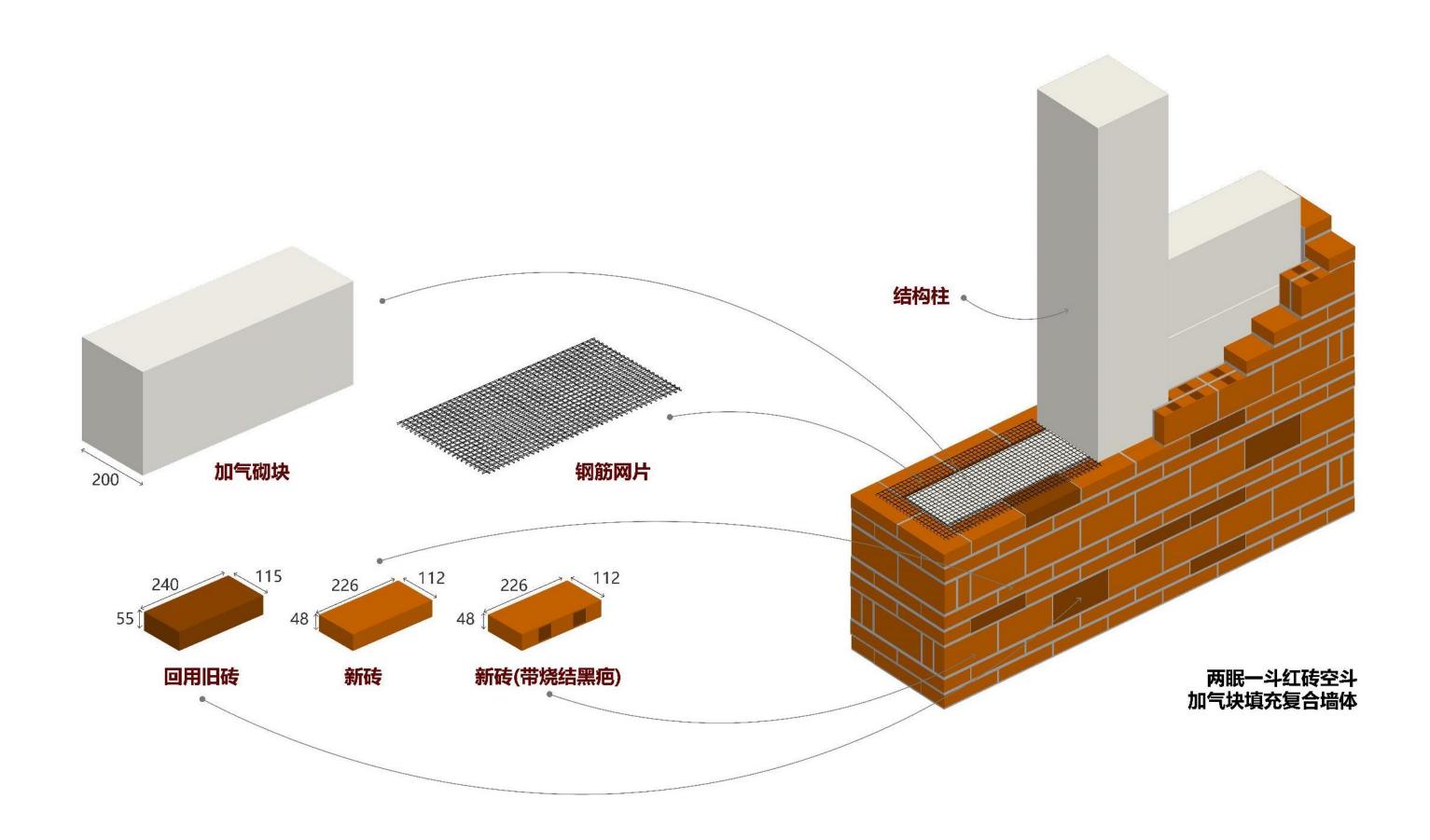


废弃红砖





废弃红砖与新砖混合砌筑



废弃红砖与新砖混合砌筑





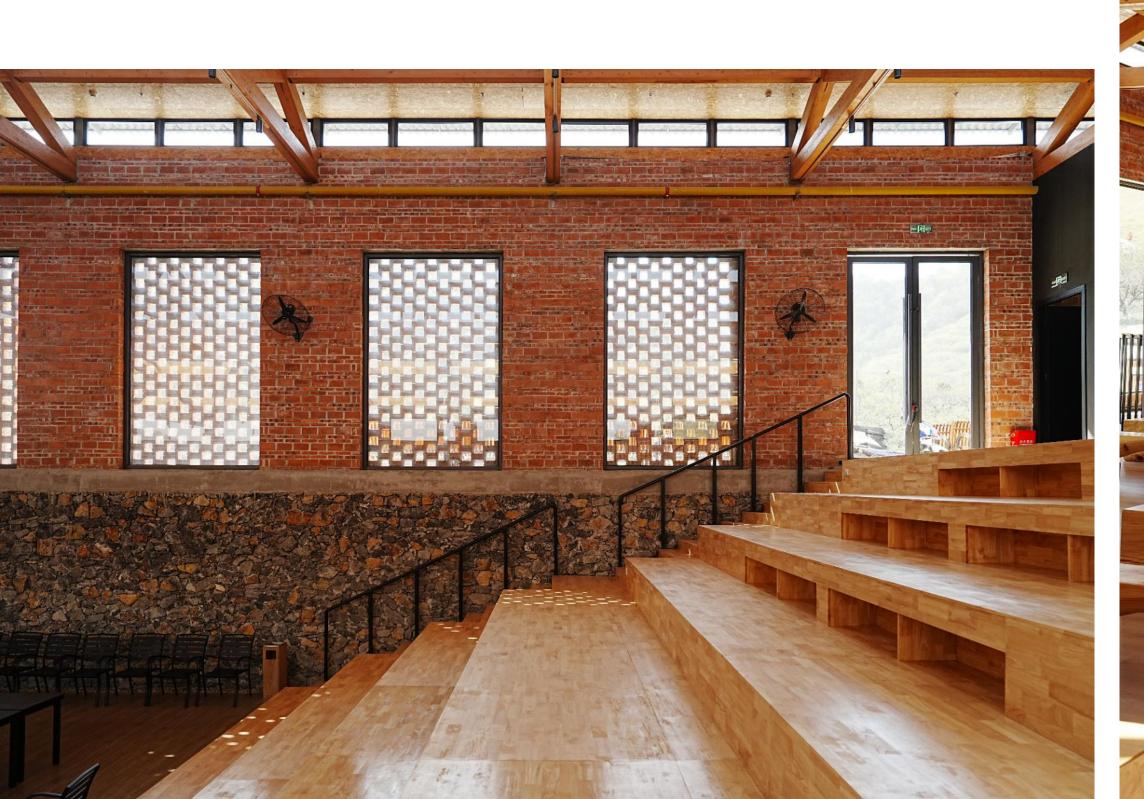


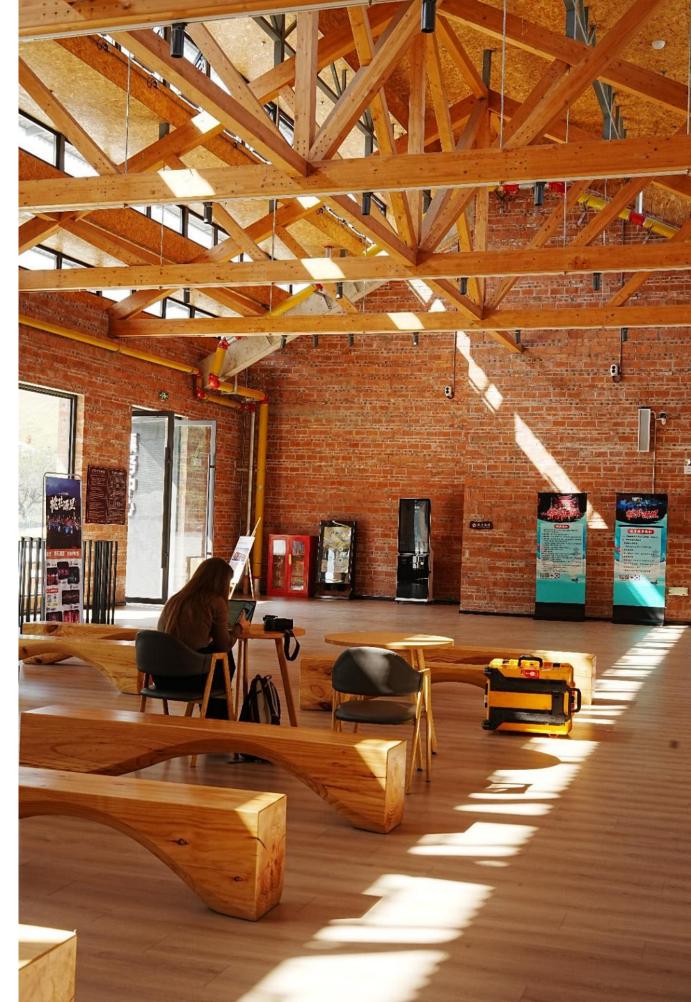




废弃红砖与新砖混合砌筑

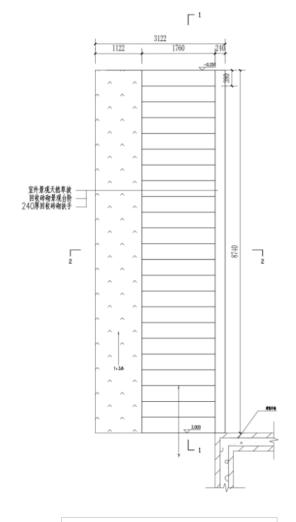


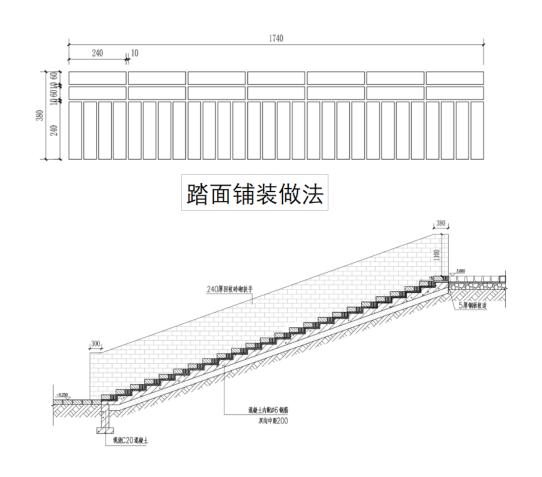


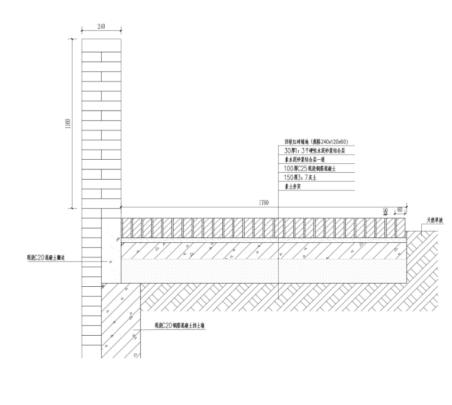




废弃红砖作为景观踏步







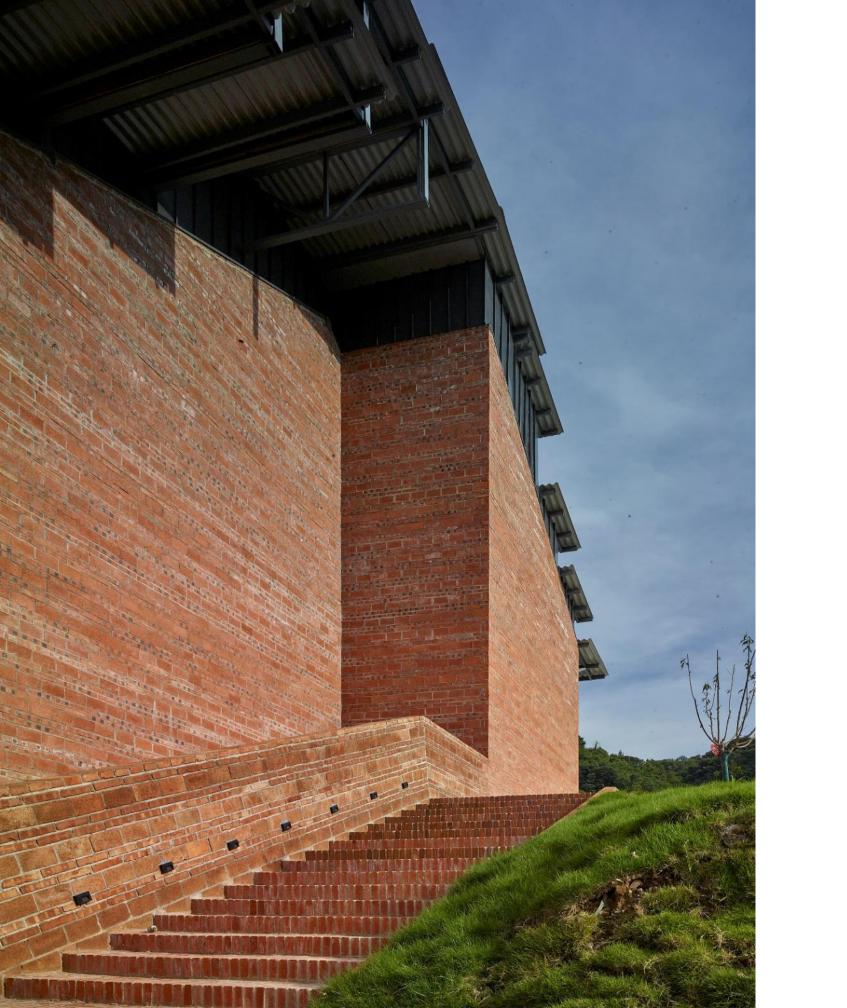
室外景观楼梯平面图

踏步做法

室外景观楼梯剖面1-1

室外景观楼梯剖面2-2







原有屋架木料回收

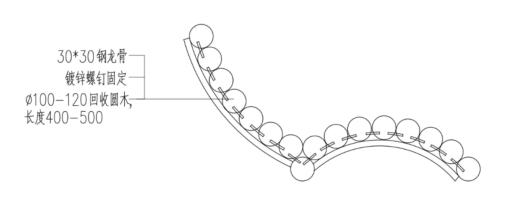
原有屋架木料回收



废弃木料作为景观小品



废弃木料作为景观小品

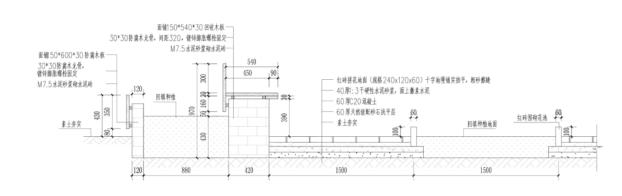


圆木靠椅



环形座椅A





环形座椅B





原有厂房设备



原有厂房设备



原有厂房设备



设备回收处理为标识





















