



铁矿石选矿经济

冶金工业出版社

74.918
172

铁矿石选矿经济

[苏] H.H.卢基扬琴科夫 著

傅维义 译

312.1/16



冶金工业出版社

内 容 提 要

本书是根据苏联“Недра”出版社1982年出版的《Экономика обогащения железных руд》一书翻译的。

书中阐述了铁矿石选矿经济的主要问题，指出了选矿过程在黑色冶金系统中的地位和作用，特别着重讨论了精矿质量的经济评价、最佳选矿深度的技术经济论证、设计方案的经济效益以及采用新技术和新工艺等问题。书中提出了选矿经济效益的判据，以及有关进一步改善选矿经济指标的主要方向的建议。

本书可供矿山工业企业及设计和科研院所的工程技术人员参考。

鲍镇泉同志为本书做了审核。

铁矿石选矿经济

[苏] H. H. 卢基扬琴科夫 著

傅维义 译

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街炭院北巷18号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 4 $\frac{1}{2}$ 字数 121 千字

1985年7月第一版 1985年7月第一次印刷

印数00,001~1,850册

统一书号：15062·4240 定价1.30元

前 言

苏联1981~1985年以及至1990年期间经济和社会发展的主要方向中规定：保证优先发展黑色冶金原料基地；提高采出矿石中各种组分的回收率，提高精矿中铁、锰和铬的品位；在工业生产中掌握氧化铁石英岩的选矿和团矿工艺。这些问题的解决与提高贫矿选矿效益是分不开的。

苏联以贫矿为原料基地建立了黑色冶金的一个新分支——采选工业部门。已经建成和投产了15个开采和选别贫铁矿的大型采选联合企业，其中乌克兰有6个：南方、新克里沃罗格、中央、北方、因古列茨和第聂伯；库尔斯克磁力异常区有2个：列贝金和米哈依洛夫；西北地区有2个：奥列涅哥尔斯克和科夫多尔斯克；哈萨克斯坦有2个：索科洛夫-萨尔巴依和利萨科夫；后高加索1个：阿塞拜疆；乌拉尔1个：卡契卡纳尔；西伯利亚1个：科尔舒诺夫。除这些采选联合企业外，在矿务局和冶金联合企业所属下还有一些选矿厂。不久还将建成几个新的采选联合企业，如科斯托穆克什、斯托依连和卡察尔等等。

在苏联的商品铁矿石生产总量中，精矿比重逐渐增长，目前已超过70%。

由于选矿方法的发展和完善，取得了下列效果：

因处理矿山地质条件较好的新型矿石，扩大了黑色冶金原料基地；

合理利用了地下资源；

降低了用于生产金属的燃料-能源及其它类型资源的消耗；

提高了高炉生产能力；

降低了冶金原料的运输费用。

通过选矿可相对降低生产金属的社会必要费用。其中，主要节约了矿石熔剂及燃料费用；在当今条件下，鉴于炼焦煤和其它

有用矿物的资源有限，而且其采矿费用增高，这一点尤为重要。

目前，矿石熔剂和燃料在生铁的基建投资和成本中约占90%，在黑色冶金成品中占60~65%。将来，由于开采有用矿物矿床的矿山地质条件恶化，这一比重还可能增大。为了防止金属价格进一步上涨，必须采用新技术和新工艺、在合理组织劳动和生产的基础上全力提高选矿经济效益。

在解决这一课题中经济学起重要作用，其主要任务是：

制定经济规范，从国民经济观点选择最佳方案；

论证黑色冶金采选部门的主要发展方向；

建立使采选企业发挥最佳作用的经济条件及其它。

这一部门的经济学正在逐步发展。在选矿经济研究中做出重大贡献的人员有П.А.希里亚耶夫、Е.И.雅尔霍、И.Е.奥斯塔品科、Х.П.扎伊采夫、А.С.芬克尔施泰因、В.В.奥斯莫洛夫斯基、В.А.费多谢耶夫、В.И.卡尔马津、Р.В.古宾等。

虽然这一领域已取得重大成就，但某些重要的方法问题尚需进一步进行科学探讨，例如，有关选矿时铁损失的经济评价、选矿效益的判据、设计前期和设计阶段技术方案的经济评价等。

本书共分三篇，分别讨论了铁矿石选矿经济的有关问题。

第一篇研究铁矿石选矿经济效益的方法问题；讨论选矿效益与铁回收率、精矿质量以及按工序和按增产铁矿产品极限允许费用定额计算的费用高低三者的相互关系。

第二篇根据上篇制定的方法描述设计前和设计阶段技术方案经济评价的特点。

第三篇指出了提高铁矿选矿效益的基本方向，重点讨论了处理附带采出的氧化铁石英岩及提高铁矿原料质量的问题。

目 录

前言	III
----------	-----

第一篇 铁矿石选矿的经济效益及其评价方法

第一章 铁矿石选矿及其在黑色冶金中的作用	1
第一节 铁矿石选矿概论	1
第二节 铁矿石选矿的经济意义	5
第二章 确定选矿投资经济效益的现行方法	8
第一节 经济效益的实质及意义	8
第二节 投资的经济效益指标	10
单位投资定额	11
投资的绝对效益 (总效益)	12
投资的相对效益	13
第三节 确定选矿投资经济效益的特点	15
第三章 选矿经济效益确定方法的改进	21
第一节 铁精矿质量的经济评价	21
“铁精矿质量”概念的确立	21
铁矿原料的质量指标	24
铁矿产品冶金价值的确定	31
第二节 精矿中铁回收率对选矿效益的影响	35
第三节 铁矿石选矿效益的经济-数学模型	39
第四节 边际费用及其在确定铁矿石选矿经济效益时的意义	44
第五节 铁矿石选矿经济效益的判据	50

第二篇 技术方案的经济评价

第一章 科研阶段选矿工艺流程的经济评价	65
第一节 选矿生产费用和基建投资的确定	65
设计法	65
类比法	66

作业定额法	66
第二节 确定铁精矿冶金价值的经济-数学模型的制定	69
第二章 破碎-选矿厂设计的经济论证	81
确定无类比选矿厂设计方案的相对经济效益的特点	84
确定现有破碎-选矿厂改建的相对经济效益的特点	85
第三章 破碎-选矿厂的生产能力	89

第三篇 提高铁矿石选矿效益的主要方向

第一章 氧化铁石英岩的选别	93
第一节 处理氧化铁石英岩的经济前提	93
第二节 焙烧磁选	95
第三节 强磁场磁选	101
第四节 浮选	102
第五节 其他国家细粒嵌布氧化石英岩的浮选	105
第六节 氧化石英岩选矿流程的技术经济比较评价	106
第七节 伴随采出的氧化铁石英岩价值的确定	108
第二章 利萨科夫矿床褐铁矿选矿工艺的完善	111
第三章 提高商品矿石和精矿的铁品位	116
第一节 提高精矿铁品位的途径	117
第二节 克里沃罗格矿区地下开采矿石的选矿	121
第四章 降低生产铁精矿的生产费用和基建投资	124
第一节 降低费用的基本途径	124
第二节 湿式磁选尾矿的再选	128
第三节 生产过程的机械化和自动化	129
第四节 磨矿过程的强化	130
第五节 选矿设备的大型化	133
第六节 研制全新的选矿技术和选矿工艺	134
参考文献	136
附录 克里沃罗格矿区褐铁矿各选别工序的生产和基建费的扩大定额	138

第一篇 铁矿石选矿的经济效益及其 评价方法

第一章 铁矿石选矿及其在黑色冶金中 的作用

第一节 铁矿石选矿概论

铁矿石是指那些就其含铁量和化合物而言可以从中经济合理地以工业规模回收金属的自然矿物生成物。实质上，它们是由铁矿物与其它组分的机械或化学混合物组成；最常见的其它组分是脉石，即在一定的技术经济条件下不具有工业价值的矿物。这类脉石矿物主要有二氧化硅和氧化铝。

为了在冶金生产中利用铁矿石，大部分铁矿石要进行选矿，结果得到两种产物：产品，回收了大部分铁的精矿；废料，内含大部分脉石的尾矿。

选别复杂铁矿石时，除铁精矿外还可产出其它种类的精矿，在一些情况下还组织无废料生产。例如，选别科夫多尔斯克矿区的矿石时，除铁精矿外尚生产磷灰石精矿和斜锆石精矿；尾矿还可成功地用来生产硅酸盐砖。

实践中应用的铁矿石选矿方法的基础主要是利用组成矿石的各种矿物的物理及物理化学性质的差别，最常利用的是密度、磁性及表面性质的差别。

实践中的选矿实质上是矿石的机械加工过程，它由一系列依次进行的过程组成，依据其功能分成准备过程、主选别过程、辅助过程和生产服务作业。现将上述过程和作业的简要特点分述如下。

准备过程 准备过程的任务是使原矿碎磨至一定的粒度，以

获得铁矿物与脉石分离的必要解离度。属于准备过程的有破碎、磨矿、筛分、分级和磁化焙烧。

破碎是往矿石上施加外力以减小其块度。视破碎后的产品粒度分成粗碎、中碎和细碎。粗碎的最大块度为100~350毫米，中碎为40~100毫米，细碎为5~40毫米[●]。为了获得5~0.05毫米粒级产品，采用磨矿。

铁矿石一般采用阶段磨矿和阶段选别，随着矿石及脉石连生体的解离而分段抛弃尾矿。

筛分用于使不同块度的矿石通过一个或几个筛网分离成不同粒度的级别。留在筛网上的物料叫筛上产品，通过筛孔的物料叫筛下产品。

分级是在液体或气体介质中将物料分成各种粒度的级别。

采用筛分和分级就能遵循不过碎和不过磨的原则。

磁化焙烧用于使弱磁性矿物变成强磁性矿物，以利于随后在弱磁场中回收。磁化焙烧也可归作主选别过程。

主选别过程 将铁矿物及其它有用矿物分离成各种精矿，并使脉石进入尾矿，或者通过焙烧除去挥发物。

在选矿实践中，应用最广的分离铁矿物的方法有磁选、重选、洗矿、焙烧和泡沫浮选。

磁选是基于被分离矿物磁性差别的一种方法。矿物按磁性可分成三种：

强磁性矿物——可用场强小于1500奥斯特(1奥=79.5775安/米)的弱磁场磁选机回收；

弱磁性矿物——可用场强为10000~20000奥斯特以上的强磁场磁选机回收；

非磁性矿物——磁选法不能回收。

为了降低磁选作业的费用，磁选粒度以能分离出废弃尾矿为准。

● 原文为50~40毫米，疑误。——译者注

工业上最常见的磁铁矿选矿流程如下：

全部矿石破碎和磨矿后湿式磁选；

块矿（+5毫米）干式磁选，分出尾矿和中矿，中矿再磨后湿式磁选；

块矿干式磁选获得最终产品——精矿和尾矿。

选矿流程和段数根据技术经济计算选择。

重力选矿是基于各种矿物颗粒在其重力和阻力作用下、在介质中运动的速度和性质的差别进行分选的一种方法。跳汰、螺旋选矿、摇床选矿、重悬浮液选矿、局部洗矿等属于重选。

可利用水、空气、重悬浮液和重液作重选介质。

洗矿作为独立的选矿过程用来以水洗涤含在某些矿石中的泥、砂粒子。

焙烧用于含大量挥发物质的矿石（菱铁矿、褐铁矿），以便焙烧时除去这些组分。

泡沫浮选是利用被分离矿物颗粒表面的物理化学性质的差异，主要是水润湿性以及矿物颗粒与在水中分散的空气的相互作用的差异进行分选的。颗粒表面润湿性良好的矿物叫亲水性矿物，表面润湿性不好的矿物叫疏水性矿物。疏水性矿物颗粒与气泡碰撞而固着在气泡上，并与气泡一起浮到矿浆表面，形成矿化泡沫层。亲水性矿物颗粒不固着于气泡而留在矿浆中。采用浮选药剂可增强矿物颗粒的疏水性或亲水性。

苏联铁矿石选矿所用各种方法1979年的主要技术经济指标见表1。

磁选法在苏联应用广泛。例如，湿式磁选法生产的精矿占80%以上，因此下一步必须详细讨论磁选过程的经济问题。

辅助过程 辅助过程的基本目的是将选矿产品的水分降至规定标准，供应回水和保护环境。通过采用精矿浓缩、过滤和干燥，污水净化等工序达到上述目的。

生产服务作业 它们的作用是保证选矿过程的连续性和稳定性。属生产服务的有供电、供水、机械化、自动化、厂内运输、

技术检查等作业。

选矿工艺过程的综合图示叫作工艺流程。

表 1 各种铁矿石选矿方法的主要技术经济指标

选矿方法	占精矿总 产量, %	选 矿 工 艺 指 标, %			精矿水分 %
		精矿产率	精矿铁品位	精矿铁回收率	
干式磁选	9.7	62.36	47.99	85.29	2.09
湿式磁选	77.6	36.36	64.38	74.30	9.39
磁选-重选	3.4	37.77	65.52	80.19	3.64
重选-磁选	3.1	65.94	49.04	76.17	8.11
重 选	1.1	54.09	48.43	62.22	16.30
洗 矿	2.4	45.96	46.40	58.95	18.07
焙烧磁选	2.4	37.73	64.55	68.06	11.99
矿石焙烧	0.3	58.11	47.80	89.86	—

有下列几种流程:

数量-质量流程, 表示选矿过程的顺序并指明所得各种产品的数量及其中的铁含量;

水量流程, 标明各工序的耗水量;

设备联系图, 按矿石加工顺序示出为完成各作业在选矿厂安装的主要设备和辅助设备。

选矿工艺流程的选择决定于矿石的综合性质(矿石的矿物组成、金属与脉石矿物的分布特性、可磨性等等)以及对精矿提出的要求。总之, 最佳工艺流程应保证从矿石利用中得到最高的国民经济效益。

选矿的主要技术经济指标是精矿铁品位 β , 精矿铁回收率 ϵ 和精矿产率 γ 。

上述指标的相互关系由下式决定:

$$\gamma = \frac{\alpha \epsilon}{\beta} \quad (1)$$

式中 α ——原矿铁品位, %。

精矿产率可由下式决定:

$$\gamma = \frac{\alpha - \theta}{\beta - \theta} 100 \quad (2)$$

式中 θ ——尾矿铁品位，%。

第二节 铁矿石选矿的经济意义

尽管选矿耗费大，但选矿过程对高炉生产的技术经济指标的有利影响已变得日益明显。选矿和精矿制团方法发展的现代水平已大大提高了铁矿原料的质量，致使采用经选矿和团矿原料所节约的费用已超过了矿石准备费用。

这样，全部贫矿石皆可得到经济有利的工业利用，从而使采出矿石的铁品位下降了1/3。目前，不仅是原来的表外矿石，而且那些因铁含量低而未计入贮量的矿石经选矿后也在冶金生产中得到利用。

随着选矿技术和工艺的发展，所谓富矿已失去其原来的意义。目前精矿的平均铁品位比未经选矿而利用的矿石品位高8~9%。1950~1978年间经选矿处理的矿石所占比重的增长情况示于图1。

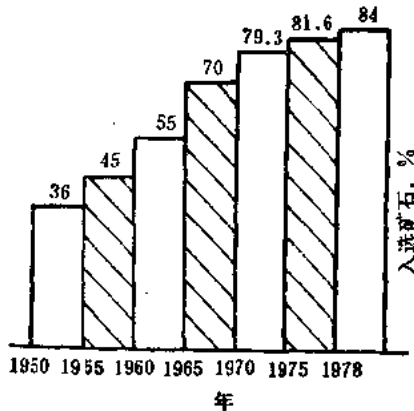


图1 苏联1950~1978年入选矿石的增长情况

在钢铁生产的整个工艺过程中，铁矿石的选矿已成为主要的，而在许多情况下则是必不可少的一环。选矿是矿石开采和精矿制

团的中间环节，对相邻的以及后继的各工序都有重大影响。不进行选矿就不可能在冶金生产中利用大部分铁矿资源。苏联大约有86%的表内铁矿石只有在除去其中的脉石之后才能利用。

从经济观点看，选矿的基本目的是以最少的社会劳动来满足国民经济对铁矿原料的需求。达到上述目的的途径有两条：

第一条是通过处理位于较好的开采条件下的贫矿石和难选矿石及降低选矿时的金属损失来扩大黑色冶金的原料基地。当传统的原料来源已不能满足国民经济对铁的需求，或者相邻工业部门利用此种原料显得昂贵时，才选别新型矿石；

第二条是提高铁矿原料质量。

选矿过程可提高商品矿石（精矿）的铁品位，降低有害杂质的含量，使精矿混匀，并保证精矿水份和粒度组成达到最佳参数，从而改善铁矿原料的质量。

改善铁矿石质量可节约以下费用：

生产铁球团矿的费用——因利用较富的精矿能减少为满足国民经济对铁的一定需要量而生产烧结块或球团矿的数量，使用湿度和粒度组成适宜的精矿可减少石灰石用量并降低团矿作业的费用；

铁矿原料运至冶炼厂的费用——因削减了脉石的运输量（精矿铁品位每增加1%，运输费用就可节约1.2~1.3%）；

冶炼生产费用——因提高了高炉生产能力，降低了焦耗。

在当前条件下，由于焦炭价格日益上涨、炼焦煤短缺，降低焦耗具有特殊意义。应该指出，在某些条件下花在选择上的附加费用比利用贫铁矿石花在采煤、选煤、生产焦炭、开采和准备石灰石以及高炉生产方面的费用要小好几倍。

准备和混合良好的铁含量高的铁矿炉料可保证高炉内的全部炉料能均匀平稳地下降，从而使高炉作业能得到充分控制和较易调节。

利用细磨铁精矿的球团矿是高炉尺寸得以增大的主要因素之一，因为球团矿具有较高的机械强度。

选矿的发展为发展各种新冶金过程创造了重要的经济前提。例如，有些选矿工艺流程可自某些矿区的矿石选得铁品位为70%和更高的精矿，这种精矿可不通过高炉而进行无焦冶炼。

选矿对矿石开采过程也有影响，由于降低了边界铁品位和处理矿区较贫的矿石，从而改善了矿山开采的技术条件。

克里沃罗格矿区生产的商品铁矿石大约占苏联的一半，其采矿和选矿的发展是说明选矿经济意义的实例。

克里沃罗格矿区用地下采矿法开采，几十年来一直是主要的铁矿石供应基地，但由于深部开采的可能性有限，而且矿石铁品位逐渐下降，阻碍了黑色冶金的发展。所以，为了扩大原料基地，就要处理需经深选的磁铁石英岩。1950年决定在克里沃罗格建立苏联第一个按磁选流程选别石英岩的南方采选联合企业。1955年该企业选矿厂的头几个系列投产。第一南方采选联合企业的建成和投产，证实了从贫磁铁石英岩中大规模生产比竖井开采出的商品矿石质量更好的冶金新原料的经济合理性和技术可能性。

开采含铁石英岩的费用不高，而使用精矿冶炼又可大大节约资金，这就显示了处理所谓贫矿石的优越性及前途。

根据第一个采选联合企业的工作经验，制定了在苏联兴建露天开采石英岩的矿山企业的庞大计划。在克里沃罗格矿区建立了5个采选联合企业，即第二南方采选联合企业、新克里沃罗格、中央、北方及因古列茨采选联合企业。

克里沃罗格矿区磁铁石英岩选矿飞速发展的原因有两个：一是对铁矿石原料的需求日益增长，二是在黑色冶金中，与利用地下开采的富矿相比，利用铁精矿具有很大的技术经济优越性。铁精矿的主要优点是铁品位高、二氧化硅含量低。与利用地下采出的富矿相比，利用采选联合企业生产的精矿时，生产每吨生铁由炉料铁矿石部分带入的二氧化硅量少200~240公斤。这使每吨生铁大约节约焦炭70公斤，石灰石500公斤，高炉生产能力提高35~40%。

目前，由南方采选联合企业精矿生产1吨生铁的计算成本比由地下开采的富矿约低10.2卢布。

第二章 确定选矿投资经济效益 的现行方法

第一节 经济效益的实质及意义

共产主义建设在现阶段的中心问题之一是进一步提高社会生产效益。这个问题的实质就是要使劳动、材料和资金的每单位消耗都能大幅度地增加生产和国民收入。

提高社会的生产效益，在很大程度上取决于经济管理方法的完善程度、尤其是取决于据以采取决定的那些判据的完善程度。

我们的社会是一个完整的计划管理体系，通过自觉地、有目的地利用经济规律，实现国民经济有计划的发展。

为使这一体系正常发挥作用，必须借助最符合整个社会生产效益标准的那些判据来选择本系统中每个环节的各种决定。

正确选择经济效益的判据是使整个经济体系发挥最佳作用和在每个环节中采取论证充分的决定的必要条件。

关于国民经济效益判据的研究，虽然作了很多工作但对于社会生产效益的综合指标却没有统一的意见。

大多数研究人员在制定这一指标时都要考虑国民收入值，因为它是发展生产的物质技术基础和提高社会全体成员物质文化福利的唯一源泉。

因此，T.C.哈哈图罗夫提出用下列公式确定社会生产效益 Θ ^[19]：

$$\Theta = \frac{H}{P + E_n F} \quad (3)$$

式中 H——国民收入；
P——最终产品产值；
 E_n ——投资的标准收益率；

F——相应的生产固定资金、流动资金及其它费用。

Θ 值表示根据标准收益率必须向银行缴纳的金额年偿付百分数。

如果 $H=3630$ 亿卢布, $P=3920$ 亿卢布, $F=9800$ 亿卢布, $E_n=0.15$, 则 Θ 为 67.5 戈比[●]。

将劳动资料、劳动对象与劳动本身这样一些指标结合在一起的判据, 对于评价社会生产效益具有重要意义。其中, 首先应提出的是 B.A. 特拉佩兹尼科夫判据, 其基础是对生产技术水平 Y 和技术进步速度 T 的评价^[18,20]:

$$Y = \frac{B^2}{\Psi\Phi} \quad (4)$$

式中 B ——商品总产值;

Ψ ——职工人数;

Φ ——固定资产价值。

$$T = \left(\frac{Y_1}{Y_0} - 1 \right) 100 \quad (5)$$

式中 Y_1 和 Y_0 ——分别为被比较的技术水平和基准技术水平的
评价。

制定这项判据时, B.A. 特拉佩兹尼科夫的根据是:

用在全面提高居民生活水平上的资金多少取决于科学技术的进步;

只有加快科学技术进步的速度才有可能进一步拨出提高生活水平的资金;

科学技术进步的加速, 只有在决定其发展速度的各种因素和资源成比例增长的基础上才能达到。

为了保证社会主义经济的最优作用, 除国民经济判据外, 尚需能充分反映各种经济体系利益的局部性判据。

在铁矿工业中, 需要一次投资的方案, 要根据投资的总经济效益或比较经济效益加以选择。

● 即每卢布收益 67.5 戈比或 $\Theta = 67.5\%$ 。——译者注

第二节 投资的经济效益指标

投资是以货币形式表示的用于再生产和固定资产更新的费用。它是完成许多经济任务的重要手段。例如，进一步增大企业的生产规模、提高其技术经济水平，首先要靠基本建设来保证。

在铁矿工业中，投资的主要方向是维持现有生产能力，建设新的采、选工程，对现有企业进行扩建、改建和更新技术装备。

投资可细分为：

直接(主体工程)投资——直接用于主体工程的建设和改建；

间接(辅助工程)投资——用于为主体工程服务的全厂性设施的建设和改建；

相关投资——为了确保该工程所必须的流动资金而用于相关部门的投资，其中也包括赔偿由建设造成的国民经济损失。

基建投资是根据建设预算确定的。在总预算中，根据生产特征，费用项目可划分为下列几组：

- | | |
|--------------|------------------------|
| I. 建设场地准备。 | Ⅰ. 主体生产项目。 |
| Ⅱ. 辅助生产项目。 | Ⅳ. 供电设施。 |
| V. 运输和通讯设施。 | Ⅵ. 室外管网及供水、供热和供煤气的构筑物。 |
| Ⅶ. 企业生活福利设施。 | Ⅷ. 临时建筑物和构筑物。 |
| Ⅸ. 其它工程费用。 | X. 设计监督。 |
| Ⅺ. 人员培训。 | Ⅻ. 勘察设计工作。 |

第 I ~ Ⅶ项是采用各种预算定额体系在直接计算的基础上确定的；而Ⅷ ~ Ⅻ项则按前几项费用的定额确定。总预算中的建设费用按工程及费用类型划分成建筑工程，安装工程，设备、备品和生产用工具，以及其它费用。

基建投资的结构有地区性、生产性、再生产性及工艺性几种。

投资的地区性结构表示各经济区之间的投资比例。

投资的生产性结构决定于生产部门各工序的投资额。

投资的再生产性结构是指用于续建、新建、扩建和改建，以