

黄金行业绿色工厂建设探析

葛仲义, 孟宪伟*, 柳华丽, 肖千鹏, 逢文好, 苏广东, 范茹红
(长春黄金研究院有限公司)

摘要:绿色工厂是绿色制造的实施主体,属于绿色制造体系的核心支撑单元,侧重于生产过程的绿色化。绿色工厂具备用地集约化、生产洁净化、废物资源化、能源低碳化等特点。黄金行业根据行业需求和国家政策要求建立了绿色低碳标准体系,其中,绿色工厂建设与评价是体系重要的组成部分,强调节能环保技术、工艺、装备的研发,强化产品全生命周期绿色管理,引导行业绿色低碳发展,努力构建高效、清洁、低碳、循环的黄金行业绿色制造体系,走生态文明建设的发展道路。从国家绿色工厂建设进展、黄金行业绿色制造标准体系建设、行业绿色工厂建设已有基础、行业绿色工厂建设建议及意义等方面进行讨论,探索黄金行业绿色工厂建设。

关键词:绿色工厂;绿色制造;低碳;循环;黄金;标准

中图分类号:TD-9

文献标志码:A

文章编号:1001-1277(2025)03-0091-05

doi:10.11792/hj20250316

引言

资源与环境问题是人类面临的共同挑战,推动绿色增长、实施绿色新政是全球主要经济体的共同选择,中国工业总体尚未摆脱高消耗、高排放、高投入的发展方式,资源能源消耗大,生态环境问题比较突出,形势依然十分严峻,迫切需要加快构建科技含量高、资源消耗低、环境污染少的绿色制造体系。为贯彻落实《中国制造2025》,加快推动绿色制造体系建设,打造一批绿色制造先进典型,引领相关领域工业绿色转型^[1],以促进全产业链和产品全生命周期绿色发展为目的,以企业为建设主体,以公开透明的第三方评价机制和标准体系为基础,保障绿色制造体系建设的规范和统一。建立高效、清洁、低碳、循环的绿色制造体系,推动工业文明与生态文明和谐共融,实现人与自然和谐相处。把绿色制造体系打造成为制造业绿色转型升级的示范标杆、参与国际竞争的领军力量^[1-6]。2016年,中国启动了绿色工厂培育和建设,各地绿色工厂建设成效显著,推动了制造业绿色化水平的显著提升。黄金行业正积极致力于健全绿色低碳标准化工作体系,大力推进绿色工厂的评价与建设工作。

1 国家绿色工厂建设进展

1.1 相关政策不断完善

2016年,工业和信息化部办公厅发布的《工业和

信息化部办公厅关于开展绿色制造体系建设的通知》(工信厅节函〔2016〕586号)开启了中国绿色工厂评价工作,文件指出了绿色工厂建设的总体思路、建设原则、建设目标、建设内容、程序安排、保障措施等一系列内容,强调市场驱动,政府引导;标准引领,评价保障;重点突破,协同推进;以及以绿色工厂、绿色产品、绿色园区、绿色供应链为绿色制造体系的主要内容。发挥标准体系在绿色制造体系建设中的引领作用,规范和促进绿色制造体系建设^[7]。《工业绿色发展规划(2016—2020年)》《绿色制造工程实施指南(2016—2020年)》等文件,明确指出加快传统制造业绿色改造升级;鼓励使用绿色低碳能源,提高资源利用效率;淘汰落后设备工艺,从源头减少污染物产生;研发推广核心关键绿色工艺技术及装备;强化绿色设计,完善产品从设计、制造、使用、回收再到再制造的全生命周期绿色标准,引导绿色消费^[8-9]。

2023年,工业和信息化部、科技部、国家能源局、国家标准化管理委员会发布的《新产业标准化领航工程实施方案(2023—2035年)》中指出,优化完善绿色工厂标准,制修订绿色制造术语、属性等基础通用标准,制修订各细分行业、细分领域的绿色工厂评价标准,持续完善绿色制造标准体系,为黄金行业申请相关绿色工厂评价标准提供依据^[10]。

2024年1月,工业和信息化部颁布实施的《绿色工厂梯度培育及管理暂行办法》进一步明确了绿色工

收稿日期:2024-11-19; 修回日期:2024-12-08

基金项目:行业标准制定项目(2024-0736T-YS)

作者简介:葛仲义(1985—),男,高级工程师,硕士,研究方向为检测分析及标准化研究工作;E-mail:1262998367@qq.com

*通信作者:孟宪伟(1984—),男,高级工程师,硕士,研究方向为检测分析及标准化研究工作;E-mail:75347877@qq.com

厂培育原则、要求、动态管理等方面内容。该文件是目前开展绿色工厂梯度培育及管理的纲领性文件,进一步引领绿色工厂建设工作^[11-12]。工业和信息化部负责绿色工厂梯度培育工作的宏观指导、统筹协调和监督管理,组织制定评价标准,遴选发布国家层面的绿色工厂。

1.2 绿色工厂评价依据

已纳入国家层面绿色工厂评价标准清单的行业标准按照要求进行评价,不在清单中的行业依据GB/T 36132—2018《绿色工厂评价通则》和《绿色工厂梯度培育及管理暂行办法》进行评价。目前,国家层面绿色工厂评价标准清单(2024年度)总计116项,覆盖化工、钢铁、有色、建材、轻工、化工、纺织、电子、通信、船舶、汽车等行业,将全面依据该清单进行评价工作。截至2024年,总计评选出数千家绿色工厂。

1.3 评价的总体原则与指标体系

采用定量和定性评价相结合的方式,定量评价指标选取有代表性的、能反映“节能”“降耗”“减污”和“增效”等有关绿色制造的指标。定性评价指标主要根据国家有关推行绿色生产的产业发展和技术进步政策、资源环境保护政策规定及行业发展规划选取。绿色工厂评价指标体系包括基本要求和基础设施、管理体系、能源与资源投入、产品、环境排放、绩效等6个一级指标。基本要求包括应满足的节能环保法律法规、产业政策、管理体系、强制性能源环保标准等方面的要求。在一级指标下设置若干个二级指标,在二级指标下设置具体评价要求。具体评价要求分为必选要求和可选要求,必选要求为工厂应达到的基础性要求;可选要求为工厂努力宜达到的提高性要求,具有先进性,依据受评工厂实际情况确定可选要求的满足程度^[13-16]。

2 黄金行业绿色工厂建设基础

2.1 行业基础

黄金是重要的战略资源,兼具商品和货币属性^[17-18]。中国是世界最早发现、开采、利用黄金的国家之一,产量、消费量连续多年位居世界第一,黄金行业的发展有力支撑了国民经济的飞速发展。除传统领域外,黄金在航空、电子、医药等领域也有着十分广泛的应用。

经过多年发展,中国黄金行业已经形成集团化、规模化、科学化的行业管理模式,正在向协同化、标准化、数字化、绿色化、全球化方向发展。造钼捕金、生物氧化、焙烧、尾矿资源综合利用等技术已实现产业化,部分工艺及指标达到了国际领先水平,黄金生产技术创新不断涌现,对生产控制、环境保护要求不断

升级,对生产过程的能源消耗和资源综合利用程度要求也越来越高,在实践应用中促进了产业绿色升级。紫金矿业集团黄金冶炼有限公司、山东黄金冶炼有限公司、山东金创金银冶炼有限公司、山东恒邦冶炼股份有限公司、赤峰山金银铅有限公司、河南豫光金铅股份有限公司等已被评为国家级绿色工厂。

2.2 标准基础

黄金行业绿色低碳技术标准体系主要包括综合基础、低碳、节能、节水、清洁生产、资源综合利用、绿色评价7个方面的内容^[19]。在引领行业发展方向、促进技术升级改造、规范行业碳排放、降低能耗与物耗、提升环保管理水平、推动产业结构优化、增强企业竞争力和保障金融经济安全等方面发挥着重要作用。因此,黄金行业企业应积极响应和践行这一体系,为行业的可持续发展贡献力量。

截至2023年12月,黄金行业共发布绿色低碳领域相关标准为:国标3项,包括GB 32032—2024《金矿开采、选冶和金精炼单位产品能源消耗限额》、GB/T 39489—2020《全尾砂膏体充填技术规范》、GB/T 39988—2021《全尾砂膏体制备与堆存技术规范》;行标14项,包括YS/T 3007—2012《电加热载金活性炭解吸电解工艺能源消耗限额》、YS/T 3029—2018《黄金选冶金属平衡技术规范 浮选工艺》、YS/T 3031—2018《黄金选冶金属平衡技术规范 氰化炭浆工艺》、YS/T 3036—2020《黄金选冶金属平衡技术规范 金精矿焙烧工艺》、YS/T 3044—2022《铜冶炼侧吹炉协同处置氰渣技术规范》等;团标6项,包括T/CGA 013—2019《黄金行业氰渣化学分析方法氰化物的测定 容量法和分光光度法》、T/CGA 029—2022《黄金行业氰渣化学分析方法银、砷、钼、镉、铬、铜、铁、汞、锰、镍、铅、锌量的测定电感耦合等离子体发射光谱法》等;在研2项,包括《黄金矿业尾渣资源综合利用技术指南》《黄金工业废水综合回收与循环利用技术规范》等重点标准。这些标准为绿色工厂评价指标的确定提供了依据,为建设黄金行业绿色工厂打下了坚实的基础。

目前,黄金行业使用GB/T 36132—2018《绿色工厂评价通则》和《绿色工厂梯度培育及管理暂行办法》进行评价,存在指标评判涵盖不全、评价重点与黄金行业特点不符等问题,需要结合自身特点,针对不同工艺类型、不同技术指标、不同环境排放要求等提出更加符合实际的要求,如无氰提金、尾矿无害化处理等。2024年5月24日,工业和信息化部印发的《2024年第二批行业标准制修订和外文版项目计划》中,《金精炼行业绿色工厂评价要求》正式获批立项(项目计划编号2024-0736T-YS),《金选冶业绿色工厂评价要

求》已向工信部节能司提交立项申请。标准有助于创建绿色工厂的企业充分了解绿色工厂评价标准的内容和创建要点,综合评价自身绿色发展水平,引导和规范企业实施绿色制造工程。

3 绿色工厂建设建议

绿色工厂的建设与运营契合社会和政府的环保要求,有助于提升企业的社会责任形象,并加深消费者对企业产品的信赖与认同。当前,中国政府正积极推动绿色制造体系的构建,企业若申报成为绿色工厂,将有机会享受多项政策扶持与优惠,涵盖绿色信贷、绿色股权、绿色债券、绿色保险、绿色基金、税收减免及资金补助等^[8]。绿色工厂需采纳环保技术与手段,以有效减少废气、废水及废渣等污染物的排放,进而减轻对环境的负面影响。绿色工厂通过运用能源和资源利用效率更高的技术与工艺,有助于降低生产成本。此外,其建设过程需引入先进的技术与工艺,这将激励企业开展技术创新与研发活动,进而增强企业的核心竞争力。

3.1 基本要求

绿色工厂在建设和生产过程中应遵守有关法律、法规、政策和标准,且近3年(含成立不足3年)无较大质量、环保、安全等事故^[9]。此外,还应制定绿色发展规划、确定指标和实施方案,指标应明确且可量化;定期为员工提供绿色发展相关知识的教育、培训,提高全员绿色精炼建设意识。

3.2 基础设施

绿色工厂的建筑在规划与实施过程中,应注重从建筑材料选用、建筑密度、建筑结构设计、绿化布局等多个维度,推进节能、节材、节地、可再生能源的有效利用。专用设备需严格符合相关行业规范条件及产业准入标准,不得采用《产业结构调整指导目录》《矿产资源节约与综合利用鼓励、限制和淘汰技术目录》等相关政策中明确列出的淘汰类技术和装备。对于已明确禁止生产或使用的设备,以及能耗高、效率低的设备,应设定合理期限进行淘汰与更新。同时,绿色工厂应配置烟气处理系统、余热回收装置、资源综合利用设施、节能设施及污染物处理设施等,并确保其满足相关法律法规及标准的具体要求。此外,绿色工厂应积极推动智能工厂建设,构建大数据平台,广泛采用自动化智能设备,以实现智能化管理、智能化调度及在线智能诊断等功能。设备数字化程度符合YS/T 3046—2024《黄金行业数字化车间 通用要求》,通过同类型企业对比的方式,智能化水平达到行业领先水平。

3.3 管理体系

绿色工厂应建立、实施并持续维护质量管理体系、环境管理体系、职业健康安全管理体系、能源管理体系,且需分别符合GB/T 19001—2016《质量管理体系 要求》、GB/T 45001—2020《职业健康安全管理体系 要求及使用指南》、GB/T 24001—2016《环境管理体系 要求及使用指南》、GB/T 23331—2020《能源管理体系 要求及使用指南》等相关标准的要求,并建议通过质量管理体系的第三方认证。此外,绿色工厂应当发布年度社会责任报告,特别是对环境社会责任的履行情况,应公开并易于获取;每年宜发布产品碳足迹评价报告及负责任黄金报告。

3.4 能源与资源投入

绿色工厂应致力于优化自身的生产结构与能源利用结构,在确保安全与质量的基础上,力求降低能源投入。在能源使用方面,光伏发电与绿色电力应占据一定比例。同时,应强化余热、余压及余能等二次能源的回收利用工作,以提升能源利用效率。在生产工序上,应采用先进且适用的节能技术和装备,以进一步减少能源消耗^[20]。

3.5 产品

按照GB/T 24256—2009《产品生态设计通则》对生产的产品实施生态设计,并依据GB/T 32161—2015《生态设计产品评价通则》对生产的产品开展生态设计产品评价。绿色工厂在生产过程中应减少有害物质的使用,且化学品管理须符合GB 15603—2022《危险化学品仓库储存通则》、GB 17914—2013《易燃易爆性商品储存养护技术条件》、GB 17915—2013《腐蚀性商品储存养护技术条件》、GB 17916—2013《毒害性商品储存养护技术条件》等标准的要求,着重减少易燃、易爆、易制毒等有害物质的使用,并评估其减量使用或替代的可行性;制定危险化学品使用的减量措施,并每年对减量情况进行说明。企业需依据GB/T 32150—2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》、GB/T 24067—2024《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》等相关适用标准,对其产品进行碳足迹核算或碳排放数据核查。此外,绿色工厂应强化冶炼渣、尘泥、废水、废气等资源的综合利用,提升二次资源的利用水平。

3.6 环境排放

绿色工厂应当配置恰当的污染物处理设施,以确保其污染物排放符合相关法律法规的规定。污染物处理设施的处理能力需与工厂生产所产生的排放量相匹配,并确保其处于正常运行状态。在排放大气及水体污染物时,必须达到国家和地方所规定的标准,且宜努力满足标准中更为严格的级别要求。在主要

废水排放口安装在线监测探头,并构建与环境保护部门联网的在线监测体系。同时,需建立水体污染物排放台账,实施自我监测与监控,并妥善保存原始监测与监控记录。

对于固体废物的储存与处置,必须严格遵循国家和地方的相关标准。在分类收集和处理固体废物的过程中,应采取有效措施以防止二次污染的发生,并满足环保防渗等要求。对于无法自行处理的固体废物,应将其转交给具备相应处理能力和资质的专业处理厂进行处理。

绿色工厂应采用 GB/T 32150—2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》或适用的标准或规范对其厂界范围内的温室气体排放进行核算和报告,获得温室气体排放量第三方核查声明。核查结果对外公布。可行时,利用核算或核查结果对其温室气体的排放进行改善。

3.7 绩效

按照 GB/T 36132—2018《绿色工厂评价通则》,计算工厂容积率应不低于0.6,工厂建筑密度应不低于30%;单位产品主要污染物(包括化学需氧量、氨氮、二氧化硫、氮氧化物、重金属等)生产量,指标应不高于行业平均水平,宜达到行业前20%水平;工业固体废物综合利用率,指标应大于45%,宜达到60%水平;废水处理回用率,指标高于行业平均值,宜达到行业前20%水平;单位产品碳排放量,指标应优于行业平均水平,宜达到行业前20%水平;单位产品综合能耗应达到 GB 32032—2024《金矿开采、选冶和金精炼单位产品能源消耗限额》中3级水平,宜达到2级或1级水平,具体指标见表1~3。

表1 金矿开采单位产品能耗限额等级^[21]

Table 1 Grade of energy consumption limits for unit gold mining product

序号	开采方式	生产规模/ (t·a ⁻¹)	金矿开采单位产品综合能耗/(kgce·t ⁻¹)		
			1级	2级	3级
1	露天开采		≤0.45	≤0.85	≤1.05
		<3×10 ⁴	≤6.30	≤14.10	≤16.60
2	地下开采	3×10 ⁴ ~6×10 ⁴	≤5.00	≤10.20	≤12.80
		>6×10 ⁴	≤3.10	≤7.65	≤9.55

4 结 语

在全球范围内,环境保护和可持续发展已成为普遍共识。各国政府和国际组织纷纷出台相关政策和标准,鼓励企业实施绿色生产和节能减排。绿色工厂建设正是顺应这一全球发展趋势的重要举措,其对企业的可持续发展具有重要意义。绿色工厂建设展现了企业的环保承诺,同时可享受政策优惠、提升管理

表2 金矿选冶单位产品能耗限额等级

Table 2 Grade of energy consumption limits for unit gold ore-dressing product

序号	工艺分类	金矿选冶单位产品综合能耗/(kgce·t ⁻¹)		
		1级	2级	3级
1	堆浸	≤0.60	≤0.85	≤0.95
2	浮选	≤2.25	≤4.50	≤5.30
3	原矿全泥氰化	≤4.30	≤5.15	≤5.80
4	金精矿氰化	≤11.20	≤13.30	≤14.00
5	原矿焙烧	≤22.50	≤27.00	≤30.00
6	金精矿焙烧	≤22.00	≤24.75	≤27.50
7	造铊捕金	≤26.10	≤32.50	≤36.55
8	生物氧化	≤52.00	≤60.35	≤65.60
9	压力氧化	≤53.70	≤61.15	≤67.20

表3 金精炼单位产品能耗限额等级

Table 3 Grade of energy consumption limits for unit gold refining product

序号	工艺分类	金精炼单位产品综合能耗/(kgce·kg ⁻¹)		
		1级	2级	3级
1	化学法	≤4.20	≤4.85	≤5.40
2	萃取法	≤4.50	≤5.25	≤5.85
3	电解法	≤4.10	≤4.35	≤4.55

水平、增强市场竞争力、优化资源利用和降低运营成本。因此,企业应积极投身绿色工厂的建设,为实现可持续发展贡献自己的力量。

黄金行业相比其他行业在绿色工厂建设方面稍显滞后,亟须加快绿色工厂的创建步伐。目前,黄金行业各大集团积极参与黄金行业绿色低碳标准体系搭建,国内各大黄金矿业公司也正在纷纷布局绿色工厂建设,如中国黄金、紫金矿业、山东黄金、赤峰黄金等均建成了绿色工厂示范工程,取得了良好的经济、社会和生态环境效益。黄金行业正在努力建立高效、清洁、低碳、循环的绿色制造体系,实现向绿而生,用“含绿量”提升含金量。

[参 考 文 献]

[1] 国务院.国务院关于印发《中国制造2025》的通知(国发〔2015〕28号)[A/OL].(2015-05-08)[2024-11-02].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2015-05/19/content_9784.htm.

[2] 姜涛,蔡宇凌,周丽.绿色工厂集成管理体系建立思路与方法[J].科技管理研究,2022(22):184-189.

[3] 邱晓红.为绿色低碳循环发展助力[J].印刷工业,2021(2):58-59,62.

[4] 韩冰.让绿色制造助推经济高质量发展[J].绿色中国,2018(10):28-29.

[5] 国务院发展研究中心资源与环境政策研究所“中国新时代绿色低碳循环发展研究”课题组.中国新时代绿色低碳循环发展研究:“十四五”需要关注的若干问题研究[M].北京:中国发展出版社,2021.

- [6] 彭苏萍.绿色低碳产业发展战略研究(2035)[M].北京:科学出版社,2021.
- [7] 工业和信息化部办公厅.工业和信息化部办公厅关于开展绿色制造体系建设的通知(工信厅节函〔2016〕586号)[A/OL].(2016-09-20)[2024-11-02].https://www.miit.gov.cn/jgsj/jns/wjfb/art/2020/art_40aa852f1c654540bc53b7f9594809e1.html.
- [8] 工业和信息化部.工业和信息化部关于印发工业绿色发展规划(2016—2020年)的通知(工信部规〔2016〕225号)[A/OL].(2016-06-30)[2024-11-02].https://www.miit.gov.cn/jgsj/ghs/wjfb/art/2020/art_ec914ef7739e4d478261cb2c4c5559bd.html.
- [9] 刘建中,周江红.绿色工厂创建经验及发展模式研究[J].资源信息与工程,2021,36(1):125-128,131.
- [10] 工业和信息化部,科技部,国家能源局,等.工业和信息化部等四部门关于印发《新产业标准化领航工程实施方案(2023—2035年)》的通知(工信部联科〔2023〕118号)[A/OL].(2023-08-03)[2024-11-02].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202308/content_6899527.htm.
- [11] 工业和信息化部.工业和信息化部关于印发《绿色工厂梯度培育及管理暂行办法》的通知(工信部节〔2024〕13号)[A/OL].(2024-01-30)[2024-11-02].https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2024/art_aab179dea60b4b77a05070e796c4c994.html.
- [12] 李梦辰,余跃,赵越.我国绿色工厂建设进展、挑战与建议[J].绿色矿业,2024,40(3):9-14.
- [13] 徐金梅,王高峰,段新芳.“双碳”目标下人造板企业绿色工厂的创建[J].木材科学与技术,2021,35(6):71-76.
- [14] 邵学.标准引领钢铁工业绿色发展[J].绿色工厂,2019(7):58-62.
- [15] 李力,俞剑峰,张世风,等.《涂料行业绿色工厂评价要求》行业标准解读[J].中国涂料,2021,37(2):15-20.
- [16] 辛明哲,李艳波,王云锋,等.机械行业绿色工厂评价标准研究[J].木材科学与技术,2019,33(10):64-67.
- [17] 严鹏,周红霞.黄金产业国际化发展现状及策略研究[J].黄金,2021,42(9):1-8.
- [18] 陈永红,韩冰冰,洪博,等.2019—2020年中国银分析测定的进展[J].黄金,2022,43(2):104-110.
- [19] 孟宪伟,葛仲义,范茹红,等.标准化助力黄金行业绿色低碳发展[J].黄金,2023,44(9):1-4.
- [20] 胡金秀,付蕾.绿色工厂能管体系绩效评价研究[J].应用能源技术,2022(3):5-6.
- [21] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.金矿开采、选冶和金精炼单位产品能源消耗限额:GB 32032—2024[S].北京:中国标准出版社,2024.

Analysis of green factory construction in the gold industry

Ge Zhongyi, Meng Xianwei, Liu Huali, Xiao Qianpeng, Pang Wenhao, Su Guangdong, Fan Ruhong
(Changchun Gold Research Institute Co., Ltd.)

Abstract: Green factories in China, as the primary entities for implementing green manufacturing, serve as core components of the green manufacturing system, emphasizing the greening of production processes. These factories are characterized by intensive land use, clean production, waste resource utilization, and low-carbon energy consumption. In alignment with industry demands and national policies, the gold industry has established a green and low-carbon standard system, where green factory construction and evaluation form a critical part. This system prioritizes the research and development of energy-saving and environmentally friendly technologies, processes, and equipment, strengthens green management throughout the product lifecycle, and guides the industry toward green and low-carbon development. The goal is to build an efficient, clean, low-carbon, and circular green manufacturing system for the gold industry, advancing ecological civilization. This paper discusses the progress of national green factory initiatives, the development of green manufacturing standards in the gold industry, existing practices in green factory construction, specific recommendations for industry implementation, and the significance and impact of green factories, aiming to explore pathways for green factory development in the gold sector.

Keywords: green factory; green manufacturing; low-carbon; circular economy; gold; standards