

《黄磷工业减污降碳与资源综合利用》

编制说明

《黄磷工业减污降碳与资源综合利用》编制组

二零二五年十月

目 录

一、工作概况	1
二、主要技术内容与说明	12
三、标准实施的环境效益与经济技术分析	错误!未定义书签。
四、主要试验（或验证）情况分析	38
五、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样 品、样机的有关数据对比情况	39
六、重大分歧意见的处理结果和依据	43
七、涉及专利的有关说明	45
八、废止现行相关标准的建议	46
九、其他应予说明的对象	46

《黄磷工业减污降碳与资源综合利用》

编制说明

一、工作概况

1 任务来源

为了加快推进黄磷工业绿色低碳发展，2025年1月，中华环保联合会西南办事处牵头成立了《黄磷工业减污降碳与资源综合利用》团体标准（以下简称《标准》）编制组，开展标准前期调研和立项申请等工作。2025年3月，《标准》获得中华环保联合会立项（立项文号：中环联字〔2025〕53号），正式开启了《标准》编制工作。参编单位包括XXXX、XXXX、XXXX。

2 标准制定必要性、依据以及原则

2.1 编制必要性

黄磷工业作为典型的高污染、高能耗行业，存在尾气、磷渣、废水等污染物排放强度大、磷元素综合利用率不足60%、单位产品碳排放高等突出问题，传统粗放发展模式已难以适应“双碳”目标与污染防治攻坚要求。虽然尾气制甲酸、磷渣微晶玻璃制备等技术已实现工程化应用，但因缺乏统一的能效指标、排放限值和资源化利用标准，导致技术推广成本高、市场认可度低。当前行业亟需通过标准体系规范清洁生产、污染治理、碳减排与资源化利用，落实《“十四五”工业绿色发展规划》等政策要求，整合尾气制化学品、磷渣建材化利用等成熟技术，破解技术推广缺乏统一指标、环境效益与经济性难以协同等瓶颈，引导行业向绿色化、低碳化、资源高效化方向升级。

综上，制定《黄磷工业减污降碳与资源综合利用》团体标准是推动行业绿色低碳转型的迫切需求。

2.2 编制依据

(1) 政策法规

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日实施）
- 《中华人民共和国水污染防治法》（2017年6月27日修订，2018年1月1日起施行）
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月26日修订）
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年9月1日起施行）
- 《中华人民共和国清洁生产促进法》（2012年7月1日施行）
- 《中华人民共和国循环经济促进法》（2018年10月26日修订）
- 《中华人民共和国节约能源法》（2016年7月2日修订）
- 《高耗能行业重点领域节能降碳改造升级实施指南（2022年版）》
- 《国家工业资源综合利用先进适用工艺技术设备目录（2023年版）》
- 《产业结构调整指导目录（2024年本）》
- 《国家危险废物名录（2025版）》

(2) 标准与技术规范

- 《危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别》（GB 5085.1—2007）
- 《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB 5085.3—2007）
- 《危险废物鉴别标准 易燃性鉴别》（GB 5085.4—2007）
- 《危险废物鉴别标准 反应性鉴别》（GB 5085.5—2007）
- 《危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别》（GB 5085.6—2007）
- 《锅炉烟尘测试方法》（GB 5468—1991）
- 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348—2008）
- 《恶臭污染物排放标准》（GB 14554—1993）
- 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297—1996）
- 《用能单位能源计量器具配备和管理通则》（GB 17167—2025）
- 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597—2023）

- 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599—2020）
- 《黄磷单位产品能源消耗限额》（GB 21345—2024）
- 《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573—2015）
- 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》（GB 36600—2018）
- 《室外排水设计标准》（GB 50014—2021）
- 《给水排水构筑物工程施工及验收规范》（GB 50141—2008）
- 《给水排水管道工程施工及验收规范》（GB 50268—2008）
- 《地下水质量标准》（GB/T 14848—2017）
- 《能源管理体系 分阶段实施指南》（GB/T 15587—2023）
- 《固定污染源排气中颗粒物测定与 气态污染物采样方法》（GB/T 16157—1996）
- 《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T 32150—2024）
- 《温室气体排放核算与报告要求 第10部分：化工生产企业》（GB/T 32151.10—2023）
- 《黄磷生产技术规范》（GB/T 33321—2016）
- 《工业企业噪声控制设计规范》（GB/T 50087—2013）
- 《石油化工工程防渗技术规范》（GB/T 50934—2013）
- 《工作场所空气中无机含磷化合物的测定方法》（GBZ/T 160.30—2004）
- 《固定污染源废气 二氧化硫的测定 定点为电解法》（HJ 57—2017）
- 《固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测技术规范》（HJ 75—2017）
- 《固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ 76—2017）
- 《固定污染源废气 砷的测定 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法》（HJ 540—2016）

- 《环境空气 五氧化二磷的测定 钼蓝分光光度法》（HJ 546—2015）
- 《固定污染源废气 氟化物的测定 离子色谱法》（HJ 688—2019）
- 《固定污染源废气 氮氧化物的测定 定点为电解法》（HJ 693—2014）
- 《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法》（HJ 836—2017）
- 《排污单位环境管理台账及排污许可证执行报告技术规范 总则（试行）》（HJ 944—2018）
- 《排污单位自行监测技术指南 无机化学工业》（HJ 1138—2020）
- 《大气污染防治工程技术导则》（HJ 2000—2010）
- 《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T 55—2000）
- 《固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范（试行）》（HJ/T 373—2007）
- 《固定源废气监测技术规范》（HJ/T 397—2007）
- 《黄磷行业绿色工厂评价要求》（HG/T 5900—2021）
- 《黄磷尾气燃烧锅炉大气污染物排放标准》（T CIECCPA 009—2024）
- 《黄磷尾气净化及资源化利用方法》（T CIECCPA 051—2023）
- 《黄磷工业清洁生产评价指标体系》
- 《绿色黄磷产品评价指标计算方法、生命周期评价方法》
- 《云南省黄磷行业清洁生产评价指标体系（试行）》
- 《地下水污染防治重点区划定技术指南（试行）》
- 《关于开展2022年重污染天气重点行业绩效分级工作的通知（湖北省）》
- 《国家工业资源综合利用先进适用工艺技术设备目录》
- 《中国化工生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》

（3）行业调研数据

基于对国内主要黄磷产区（云贵川鄂）多家重点企业的现场和资料调研，收集污染物排放、能源消耗、资源利用等实测数据，建立行业基准数据库。

(4) 技术验证成果

相关示范工程验证数据。

2.3 编制原则

(1) 减污降碳，协同增效

统筹黄磷生产全链条的污染物减排与温室气体管控，通过优化黄磷生产工艺和能源消费结构、推广清洁生产技术、提高资源利用效率，减少污染物和温室气体排放，实现环境效益与碳减排效益的最大化协同。

(2) 资源循环，高效利用

遵循“减量化、资源化、无害化”原则，对黄磷生产过程中产生的废气和余热、废水、固体废物等进行协同处置与资源化利用，推动能源梯级利用、工业废水零排放和固体废物高值转化技术应用，提高资源综合利用效率。

(3) 技术引领，持续改进

鼓励采用先进的黄磷清洁生产工艺、污染治理技术、节能降碳技术和资源综合利用技术。设定分级目标，引导黄磷生产企业对标先进，持续提升减污降碳水平。

3 主要工作过程

3.1 成立编制组

为推动黄磷工业绿色低碳发展，2025年1月，在中华环保联合会西南办事处的牵头组织下，《黄磷工业减污降碳与资源综合利用》编制组正式成立。成员汇聚黄磷行业资深专家、生态环境领域技术专家、标准化研究机构骨干以及具备丰富实践经验的企业代表，多领域专业人才的融合为标准的科学性、实用性和前瞻性筑牢根基。

3.2 项目开题

编制组成立后迅速行动，进行资料收集与分析工作，涵盖国内外绿色低碳政策法规、行业标准规范以及企业案例。历经实地考察、线上线下研讨等

多轮交流，深入剖析当前黄磷工业减污降碳、资源综合利用发展态势、现存问题与潜在需求。2025年2月，在充分研讨与分析基础上，完成了项目开题工作，明确了标准编制的方向与重点。

3.3 立项审查和批准立项

2025年3月，《黄磷工业减污降碳与资源综合利用》进行立项审查工作。审查由黄磷工业资深专家、生态环境领域权威专家、标准化研究专家等组成的专家组负责。专家组秉持严谨科学的态度，从科学性、实用性、创新性以及对标准进行细致审查，对整体架构与核心内容进行深度剖析。经过充分的研讨、论证与评估，专家组一致认定标准具有重要的理论价值与实践意义，能够精准对接黄磷工业绿色低碳的发展需求。团体标准获得中华环保联合会正式立项（中环联字〔2025〕53号），为其后续的编制工作推进奠定了坚实基础。

3.4 标准撰写与技术审查

2025年4月，编制组完成《黄磷工业减污降碳与资源综合利用》团体标准初稿，4月30日召开了标准初稿的内部审查，编制组根据各方意见对标准进行修改完善。2025年5月和6月，组织2次标准参编黄磷生产企业对《黄磷工业减污降碳与资源综合利用》进行内部审核。2025年7月，开展《黄磷工业减污降碳与资源综合利用》技术审查，编制组根据专家意见对标准进行修改完善。组织专家对修改完善后的标准进行复审，2025年9月初形成征求意见稿。

3.5 标准发布

在标准征求意见结束后，编制组根据反馈意见对《黄磷工业减污降碳与资源综合利用》进行修改完善，完成并提交《黄磷工业减污降碳与资源综合利用》（发布版），由中华环保联合会按程序发布。

4 国内外研究进展

从黄磷工业减污降碳、资源综合利用研究进展,以及黄磷工业绿色低碳相关标准制定情况三方面进行梳理分析。

4.1 黄磷工业减污减碳研究进展

黄磷作为磷化工产业的重要基础原料,其生产过程主要采用电热还原法,特点是高能耗、高污染和高碳排放。在“双碳”战略背景下,实现黄磷工业的减污降碳已成为研究和产业发展的重点方向。在水污染物控制技术方面,黄磷生产废水中含高浓度总磷和氟化物,蔡晓妍等^[1]采用“化学沉淀-电絮凝”耦合工艺,实现总磷去除率大于99%,出水浓度小于0.5mg/L,同时氟化物去除率达92%。侯俊^[2]开发基于MOFs材料的吸附剂,对废水中 PO_4^{3-} 的吸附容量达225mg/g,再生性能稳定。Thompson等^[3]提出光催化-膜分离集成技术,以 TiO_2 /石墨烯复合膜降解有机磷污染物,COD去除率大于85%,膜通量衰减率降低40%。Schulz等^[4]采用微藻生物反应器处理含磷废水,通过调控光照-营养比,磷处理率大于80%,生物质产率达15g/(m²·d)。在大气污染物治理技术方面,黄磷尾气含大量粉尘、氟化物和CO,冯辉等^[5]设计“旋风除尘-湿法喷淋”两级系统,粉尘排放小于10mg/m³,氟化物脱除率大于90%。王军等^[6]开发 ZrO_2 基陶瓷膜过滤技术,PM_{2.5}捕集效率达99.5%,阻力损失降低30%。吴结华等^[7]利用黄磷尾气CO合成草酸二甲酯,采用Pd-Fe双金属催化剂,CO转化率大于95%,产物选择性达88%。Johnson等^[8]利用金属有机框架(MOFs)材料选择性吸附尾气中的CO和氟化物,吸附容量达5.2mmol/g。Tanaka等^[9]提出等离子体协同催化技术,CO转化效率提升至99.5%,能耗降低30%。在碳减排技术方面,黄明华等^[10]验证水电-黄磷生产耦合模式,替代30%化石能源供电,CO₂年减排8.4万吨。周立新等^[10]开发微波辅助磷还原工艺,电耗降低25%,CO₂排放强度下降18%。Müller等^[1]推广化学链燃烧技术(CLC),以 Fe_2O_3 为载氧体实现CO₂原位捕集率大于90%,系统能耗降低

35%。

4.2 黄磷工业资源综合利用研究进展

黄磷工业的资源综合利用是降低环境负荷、提升经济效益的重要研究方向。近年来，国内外学者围绕水资源综合利用、黄磷尾气综合利用及固废综合利用取得显著进展。在水资源综合利用领域，黎文威等^[12]采用化学沉淀-反渗透耦合工艺处理含磷废水，磷回收率达到91.2%，净化水回用率达80%。臧正文等^[13]开发了氟化钙结晶回收技术，可回收纯度98%的氟化钙副产品。Schröder等^[14]提出电渗析-蒸发结晶组合技术，在德国黄磷厂实现废水零排放，同时获得 Na_3PO_4 工业原料。Garcia等^[15]利用改性沸石吸附回收废水中稀有金属钇，回收效率达87%。在黄磷尾气综合利用领域，王大军等^[16]研发黄磷尾气分级净化系统，将CO浓度提升至85%后用于发电，能源利用率提高25%。张天军等^[17]设计两级吸收-结晶系统，从尾气中回收氟硅酸(H_2SiF_6)，纯度大于98%，用于光伏级氢氟酸生产。Cruz-Silva等^[18]利用黄磷尾气中的CO合成碳纳米管，采用化学气相沉积法(CVD)实现碳管直径可控，比表面积达 $300\text{m}^2/\text{g}$ 。Jagaba等^[19]开发生物炭吸附尾气中氟化物的技术，吸附容量达 4.8mmol/g ，再生后性能保持率大于90%。在固废综合利用领域，李北星等^[20]将磷渣与粉煤灰复配制备低碳水泥，抗压强度达 42.5MPa ，固碳量12%。杨虎等^[21]利用磷铁渣制备锂电正极材料，比容量大于 150mAh/g 。Andersson等^[22]利用美国黄磷渣制备多孔陶瓷滤料，对重金属吸附容量达 45mg/g 。Prakash等^[23]将磷渣用于土壤修复，磷释放效率提升40%。

4.3 相关标准制定情况

我国黄磷工业标准体系以末端治理与能耗管控为核心，逐步向减污降碳协同方向拓展。1984年，原中华人民共和国城乡建设环境保护部发布《黄磷工业污染物排放标准》(GB 4283-1984)，提出了黄磷工业生产排放的废水、废渣的排放要求，目前该标准已废除。2008年，《黄磷工业污染物排放标准》(征求意见稿)公示，但至今仍未正式发布。近年来，团体标准填补

了技术空白，如《黄磷尾气净化与资源化利用技术规范》（T/CPCIF 0241-2022）提出尾气CO利用率 $\geq 90\%$ 、热能回收率 $\geq 85\%$ 的先进指标，而《黄磷炉渣资源化利用技术规范》（T/CSTE 0111-2021）明确了磷渣建材化利用的重金属限值（如As ≤ 5 mg/L）。能耗方面，《黄磷单位产品能源消耗限额》（GB 21345-2020）设定能效准入值（ ≤ 3.7 tce/t）和先进值（ ≤ 3.2 tce/t），但尚未建立碳核算标准体系，仅通过《温室气体排放核算与报告要求》（征求意见稿）探索碳排放核算方法学。总体而言，国内标准在清洁生产协同控制、跨行业资源循环衔接等方面仍存在短板。

发达国家通过法规与技术标准协同推动磷化工绿色转型。欧盟《工业排放指令》（IED 2010/75/EU）强制要求黄磷企业采用最佳可行技术（BAT），规定尾气总磷排放 ≤ 5 mg/Nm³、热能回收效率 $\geq 80\%$ ，并通过碳边境调节机制（CBAM）核算全生命周期碳排放。美国《有害大气污染物国家排放标准》（NESHAP）设定HAPs（如氟化物）去除率 $\geq 98\%$ ，能源部《工业能效路线图》提出2030年电炉电耗 $\leq 12,500$ kWh/t的低碳目标。国际标准更注重体系化整合，如ISO 14064-1:2018为碳排放核算提供方法论，ISO 22410:2020规范磷石膏资源化利用的重金属限值（As ≤ 10 mg/kg）。德国《循环经济法》（KrWG）进一步构建磷-氟-钙多元素循环标准，推动产业链协同降碳。

国内外标准在管控逻辑和技术路径上呈现显著差异：国内侧重末端污染物排放与能耗限额，标准体系呈“碎片化”，如碳排放核算标准尚未落地、资源化利用跨行业衔接不足；而国际标准强调整体治理，欧盟通过IED指令整合污染控制与碳管理，ISO标准覆盖全生命周期，并依托碳市场机制实现环境效益与经济成本平衡。技术导向上，国内采用“基准值-先进值-领跑值”分级模式引导渐进式改造，而欧美强制推行BAT技术，倒逼企业技术创新。资源利用方面，国内聚焦单一副产品利用，国际则建立多元素循环标准，凸显系统化思维。这些差异表明，我国需加快构建覆盖“源头防控-过程协同-产业链延伸”的标准体系，强化与国际碳关税机制的衔接，以应对全球绿色

贸易壁垒。

表1-1 国内国际相关标准主要特点

维度	国内标准特点	国际标准特点
管控范围	侧重末端污染物排放与能耗限额	强调全生命周期管理，涵盖原料开采到废弃物处置
技术导向	以可行技术为主，分级指标推动渐进式改造	强制采用最佳可行技术（BAT），注重技术创新引领
协同控制	近年新增碳核算标准，但减污与降碳协同指标仍待完善	通过碳市场机制（如EU ETS）倒逼污染物与碳排放协同控制
资源利用	聚焦磷渣、尾气等主副产品利用，但缺乏跨行业协同标准	建立磷-氟-钙多元素循环标准体系（如德国《循环经济法》KrWG）

参考文献：

- [1] 蔡晓妍. 化学沉淀法处理含磷废水的分析[J]. 建筑工程技术与设计, 2019(15): 5924.
- [2] 侯俊, 尹雪雪, 杨梓俊,等. 改性生物质吸附剂对水中磷酸盐的去除和回收研究进展[J]. 水资源保护, 2023, 39(5): 186-194.
- [3] Thompson, R., Smith, J., Brown, K,et al. TiO₂/graphene composite membranes for photocatalytic degradation of organophosphorus pollutants[J]. Environmental Science & Technology, 2020, 54(18): 11476-11485.
- [4] Schulz, K., Müller, F., Becker, T,et al. Microalgae-based phosphorus recovery from wastewater: Efficiency and biomass productivity[J]. Bioresource Technology, 2022, 344: 126-132.
- [5] 冯 辉, 谢容生. 黄磷尾气深度净化技术研究现状及展望[J]. 化学工程与技术, 2018, 8(5): 284-290.
- [6] 吴结华, 于杨, 吕锋,等. CO偶联合成草酸二甲酯催化剂研究[J]. 工业催化, 2020, 28(05): 74-77.
- [7] Johnson, R. et al. Selective capture of CO and fluorides from yellow phosphorus tail gas using MOFs[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 298(3): 126-135.
- [8] Tanaka, K. et al. Plasma-enhanced catalytic oxidation of CO in phosphorus tail gas[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2020, 264(2): 118-122.
- [9] 黄明华, 何振宇, 谢文彬. 水电-黄磷产业耦合的碳减排潜力分析[J]. 可再生能源, 2023, 41(5): 601-607.
- [10] 周立新, 张建国, 吴明华. 微波辅助还原磷矿的能耗与碳排放研究[J]. 无机盐工业, 2021, 53(12): 102-108.

- [11] Müller, F., Garcia, M., van der Veen, A. Chemical looping combustion for CO₂ capture in phosphorus production[J]. *Energy & Fuels*, 2022, 36(15): 8321-8330.
- [12] 黎文威, 张晓云. 废水中磷回收技术研究进展[J]. *环境*, 2011(S1): 114-116.
- [13] 臧正文, 于少涛, 齐晓巍. 高盐含氟废水处理工艺研究[J]. *山东化工*, 2024, 53(16): 246-248,253.
- [14] Schröder T, Müller F, Braun J. Zero liquid discharge in phosphorus chemical industry[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 256: 120418.
- [15] Garcia R, Silva L, Fernández A. Yttrium recovery from phosphorus wastewater[J]. *Hydrometallurgy*, 2021, 203: 105630.
- [16] 王大军, 成雪清, 古共伟. 黄磷尾气深度净化与资源化利用技术开发应用[J]., 2017: 42-46.
- [17] 张天军, 杨瑞山, 李占荣. 湿法磷酸装置尾气氟回收技术改造[J]. *生态产业科学与磷氟工程*, 2024, 39(12): 63-67.
- [18] Cruz-Silva E, Cullen D A, Gu L, et al. Heterodoped nanotubes: theory, synthesis, and characterization of phosphorus– nitrogen doped multiwalled carbon nanotubes[J]. *ACS nano*, 2008, 2(3): 441-448.
- [19] Jagaba A H, Lawal I M, Ghfar A A, et al. Biochar-based geopolymer nanocomposite for COD and phenol removal from agro-industrial biorefinery wastewater: kinetic modelling, microbial community, and optimization by response surface methodology[J]. *Chemosphere*, 2023, 339(3): 139620.
- [20] 李北星, 曾维, 朱志刚. 铁尾矿-磷渣基复合矿物掺合料的梯级粉磨制备与性能研究[J]. *水泥助磨剂与混凝土外加剂*, 2015, (9): 64-70.
- [21] 杨虎, 侯振清, 马育新. LiFePO₄/C/GO的制备及其电化学性能研究[J]. *新疆有色金属*, 2016, 39(6): 80-82.
- [22] Andersson, S. et al. Sustainable utilization of phosphogypsum: Sulfuric acid and calcium carbonate co-production[J]. *Resources, Conservation & Recycling*, 2023, 188(2): 106-122.
- [23] Prakash N B, Dhumgond P, Shruthi, et al. Slag-based gypsum as a source of sulphur, calcium and silicon and its effect on soil fertility and yield and quality of groundnut in Southern India[J]. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2020, 20(3): 2698-2713.

二、主要技术内容与说明

1 黄磷生产工艺及关键排放源

1.1 生产工艺概述

黄磷生产主要工艺流程如下：

（1）原料工段：原料（磷矿、焦炭、硅石）经仓储、破碎筛分至合格粒度，筛分后将物料送入干燥系统处理，干燥尾气经除尘回收细粉，最终按配比混合输送至电炉工段。

（2）制磷工段：将混合原料加入电炉，通过电能转化为热能进行高温还原反应，生成含磷蒸气 and 一氧化碳的炉气；炉气经冷凝回收粗磷并分离气体（一氧化碳作为燃料利用），粗磷精制后得成品黄磷。反应副产物炉渣（水淬处理）、磷铁（定期排放）作为副产品外售。

（3）磷泥处理工段：炉气中夹带的粉尘与冷凝磷结合形成磷泥（稳定混合物），需通过特殊工艺分离回收磷资源。

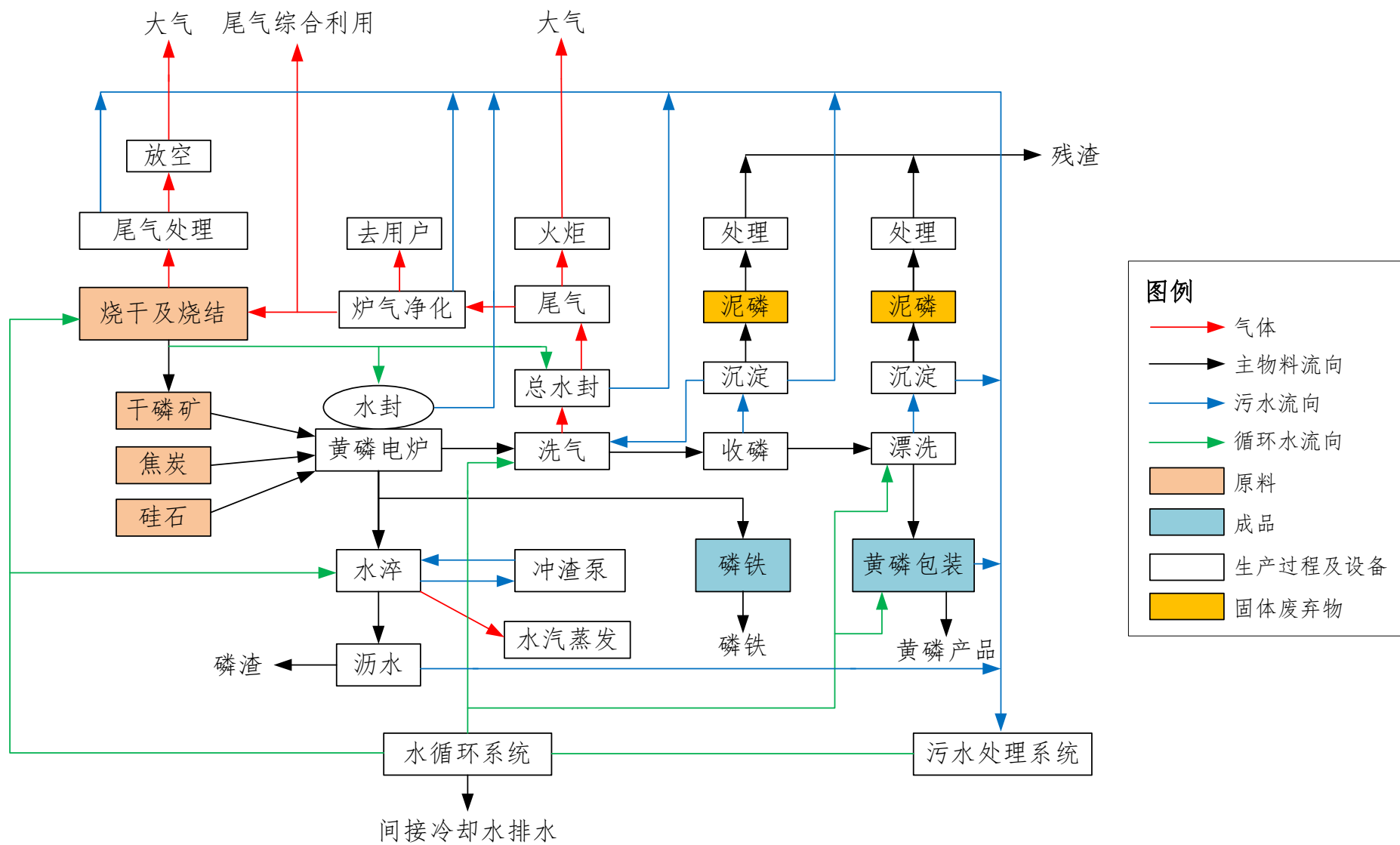


图2-1 黄磷装置工艺流程及产污节点图

1.2 关键排放源识别

1.2.1 大气污染源

1.2.1.1 大气污染物产生点位

- (1) 原料破碎筛分：颗粒物
- (2) 尾气处理：砷及其化合物

1.2.1.2 污染治理技术

- (1) 水洗-碱洗法

黄磷尾气经水洗、降温后，除去部分颗粒物、单质磷、磷化氢、氟化氢、硫化氢、五氧化二磷等杂质。然后再经碱液吸收，进一步去除尾气中五氧化二磷、二氧化碳、硫化氢、氟化氢等酸性气体。

- (2) 次氯酸钠法

以次氯酸钠溶液作为吸收剂，利用其氧化性进一步脱出黄磷尾气中的磷和硫。

- (3) 变温及变压吸附

黄磷尾气经水洗、降温后，进入湿法脱硫系统将硫化氢浓度降低，再通过变温吸附剂和变压吸附剂净化后得到一氧化碳净化气。

- (4) 催化氧化法

黄磷尾气首先通过水洗、碱洗降温、除尘，除去氟化物、部分单质磷和硫化氢等酸性气体。然后再通过湿法脱硫，回收硫磺产品，经脱硫的尾气进行催化氧化脱磷。脱磷后的尾气经催化水解，将有机硫水解为硫化氢，再进入精脱硫工序深度净化。最后利用变压吸附提纯得到一氧化碳净化气。

1.2.2 水污染源

1.2.2.1 水污染物产生点位

- (1) 原料预处理废水：磷矿中伴生的含氮矿物在破碎、洗涤过程中溶解（氨氮、总氮）。

- (2) 冷凝系统：磷蒸气冷凝过程中产生的含磷废水（总磷、氟化物）。

(3) 冲洗废水：设备清洗、地面冲洗产生的有机物（COD）和悬浮物（SS）。

(4) 循环水系统：冷却塔废水含盐量积累（ Cl^- 、 SO_4^{2-} 等），循环冷却水中添加的阻垢剂（如聚磷酸铵）降解产生铵盐。

(5) 磷泥处理：磷泥分离过程中产生的含磷、砷及重金属废水。

1.2.2.2 污染治理技术

(1) 化学沉淀-反渗透法

含磷废水经石灰乳中和生成磷酸钙沉淀，沉淀后上清液通过反渗透膜去除氟化物及溶解性盐类，污泥脱水后资源化利用，净化水回用或达标排放。

(2) 电渗析-蒸发结晶法

高盐废水经电渗析分离氯离子、硫酸根等离子，浓缩液通过蒸发结晶回收工业盐（如 NaCl 、 Na_2SO_4 ），淡水回用于生产系统，实现废水近零排放。

(3) 闭路循环系统

冷却水、冲洗水经沉淀、过滤后循环使用，定期污水排放量 $\leq 5 \text{ m}^3/\text{吨黄磷}$ （一级标准），减少新鲜水耗及外排污染负荷。

(4) 高级氧化-生物滤池法

针对含砷、有机物废水，采用芬顿氧化或臭氧催化降解大分子污染物，后续通过生物滤池（如硫自养反硝化）去除残余 COD 及氮磷，确保出水砷 $\leq 0.1 \text{ mg/L}$ 、COD $\leq 30 \text{ mg/L}$ 。

1.2.3 固体废物污染源

1.2.3.1 固体废物产生点位

(1) 电炉高温还原反应：磷矿与焦炭在电炉高温还原反应后生成的熔融炉渣（磷渣）。

(2) 废水处理污泥：含磷废水化学沉淀（石灰乳中和）产生的污泥。

1.2.3.2 处理处置技术

(1) 磷渣建材化利用

磷渣与粉煤灰、水泥熟料按比例混合，制备免烧砖或低碳水泥。

(2) 除尘灰与废耐火材料资源化利用

除尘灰经压滤成型（粒径 30-50mm）制备建材原料，废耐火材料破碎至 $\leq 50\text{mm}$ 用作路基材料，废硅藻土通过水泥窑协同处置（ $\geq 1400^{\circ}\text{C}$ ）或路基填充。

1.2.4 噪声污染源

1.2.4.1 噪声产生点位

(1) 原料破碎筛分工段：破碎机、筛分机、输送带撞击摩擦噪声（中高频机械噪声）。

(2) 风机及泵站系统：尾气净化风机、循环冷却水泵、真空泵等运行噪声（宽频气流与机械噪声）。

(3) 磷泥处理区：磷泥泵、搅拌设备及管道输送振动噪声（中低频振动噪声）。

1.2.4.2 噪声控制技术

(1) 源头降噪设计

选用低噪声设备（如静音风机、变频电机），破碎机加装橡胶减震垫。

(2) 传播路径阻隔

破碎工段设置隔声罩或隔声屏障（符合 GB/T 50087-2013）；高噪声设备远离厂界布局，厂区周边设置绿化隔离带。

(3) 工艺优化减振

管道系统采用柔性连接，减少气流脉动噪声；破碎工序采用湿法降噪。

1.2.5 土壤及地下水污染源

1.2.5.1 污染物产生与迁移途径

(1) 重点污染源

磷渣堆场：可溶性氟化物（ F^- ）、砷（As）经雨水淋溶渗入土壤及地下水；

磷泥贮存池：单质磷、砷化合物因池体渗漏或溢流污染土壤；

含磷废水收集池：总磷（TP）、氟化物（F⁻）通过防渗层缺陷垂直入渗；

化学品储罐区：酸、碱等辅料泄漏直接污染地表土壤。

（2）迁移扩散路径

垂直入渗：污染物通过非防渗地面或破损防渗层进入包气带及潜水层；

侧向扩散：污染地下水沿水力梯度迁移至厂界外敏感区域（如农田、水源地）。

1.2.5.2 污染防控技术

（1）工程防渗阻隔

高风险区（废水池、磷泥池、磷渣堆）执行 GB/T 50934 重点防渗要求（渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-10}$ cm/s）；

化学品储罐区设置围堰（容积 $\geq$ 最大单罐 110%）及防渗托盘（符合 GB 50160）。

（2）污染监控体系

厂区内布设土壤监测点（磷渣堆下游、废水处理区等），厂界外下游设地下水监测井网；

特征监测因子：土壤（总磷、有效磷、砷、氟化物），地下水（F⁻、As、TP）。

（3）应急与修复技术

受污染土壤采用异位清洗/热脱附；

地下水污染采用原位化学氧化或抽出处理（符合 HJ 25.6）。

2 控制限值确定总体说明

2.1 分级

黄磷工业污染物排放控制、温室气体排放控制和资源化利用水平总体分为两个等级，一级代表国际先进水平，二级代表国内先进水平。

2.2 基础数据资料

黄磷作为重要的化工原料，其产能主要集中在我国云贵川鄂地区。编制组调研收集了攀枝花市众立诚实业有限公司、瓮安县龙马磷业有限公司、白沙河化工厂（以下简称为“众立诚”、“龙马”、“白沙河”）等 3 家黄磷生产企业监测数据、环评报告和竣工环保验收报告、排污许可证、清洁生产审核报告和验收报告、企业温室气体核算报告等资料。3 家黄磷生产企业分别来自于四川、贵州、湖北三个黄磷主产区，且 3 家企业生产工艺和污染治理在行业中处于较高水平，在黄磷生产企业中具有较好代表性。此外，还收集了《黄磷尾气净化及资源化利用方法》（T CIECCPA 051—2023）、《黄磷工业清洁生产评价指标体系》、《云南省黄磷行业清洁生产评价指标体系（试行）》，以及湖北省《关于开展 2022 年重污染天气重点行业绩效分级工作的通知》等法规标准。

2.3 控制限值确定

控制限值主要遵循以下原则综合确定：

（1）优先参考已发布的国际和国内标准

一级限值优先参考国际先进水平标准，二级限值优先参考国内先进水平标准（例如超低排放要求、重污染天气绩效分级 A 级企业排放限值要求、黄磷工业清洁生产评价指标体系中 I 级基准值）。

（2）级差倍数确定

根据《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）等相关标准，一级和二级的级差倍数通常为 2 倍关系。在确定一级限值的基础上，二级限值原则取一级限值的 2 倍，反之一级限值取二级限值的 1/2。

（3）参考黄磷行业相关标准

如果企业无相关指标数据，则以黄磷行业相关标准作为参考，例如《黄磷工业清洁生产评价指标体系》中黄磷尾气回收利用率，磷粉、焦粉利用率等指标的 I 级（对应一级限值）和 II 级（对应二级限值）基准值。

(4) 参考三家企业控制最好水平值

在限值确定过程中，对于无现行国家或行业标准的污染物，为确保限值的先进性与可行性，通过对比分析三家代表性企业的污染物监测数据，以其中控制水平最好企业所能稳定达到的排放值作为参照值。

(5) 满足国家、地方和行业标准要求

《标准》中涉及的相关指标限值应满足国家、地方和行业相关标准要求。

3 黄磷工业污染物排放控制

3.1 大气污染物排放控制要求

3.1.1 大气污染物确定

根据黄磷生产大气污染源与污染物识别，确定颗粒物、二氧化硫、氮氧化物，以及氟化物作为大气有组织排放关键管控因子；确定颗粒物、二氧化硫、氮氧化物，以及氟化物、五氧化二磷、砷及其化合物作为大气无组织排放关键管控因子。其中，氟化物源自磷矿高温分解，五氧化二磷由磷蒸气氧化生成，砷及其化合物为高砷磷矿还原释放，这3种大气污染物为行业特征污染物。

3.1.2 大气污染物有组织排放

3.1.2.1 大气污染物有组织排放控制要求

黄磷生产企业有组织排放的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氟化物，其排放控制浓度限值参考的国际和国内标准详见表 2-1，具体控制要求及说明详见表 2-2，表 2-2 中 3 家企业监测值为 2024 年监测数据平均值，排放强度计算后进行了取整。

表 2-1 大气污染物有组织排放浓度限值参考标准

单位: mg/m³

标准所属国家（区域）		标准名称	颗粒物	二氧化硫 (SO ₂)	氮氧化物 NO _x (以 NO ₂ 计)	氟化物 (以 F 计)
国外标准	欧盟	《LCP BREF》【针对煤和褐煤轻型生产厂】	3.5	40 (S 含量小于 1%)	100	—
				130 (S 含量 1-3.25%)		
	美国	《OSHA》	5	13	—	2.5
	日本	《大气污染防治法》	—	—	40	—
中国标准		《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	10	100	100	3
		《黄磷行业绿色工厂评价要求》(HG/T 5900-2021)	30	—	200	6
		《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》	10	35	50	—
		《关于开展 2022 年重污染天气重点行业绩效分级工作的通知》(鄂环办函〔2022〕110 号)【无机磷化工和硫酸制造行业 A 级企业】	10	—	—	3
		《四川省重污染天气金属表面处理及热处理加工等 10 个行业应急减排措施制定技术指南》(川环函〔2023〕114 号)【通用行业 A 级企业】	10	50	100	—

表 2-2 大气污染物有组织排放浓度限值及单位产品基准排气量控制要求

序号	污染物	工段名称	单位	排放限值		企业监测值			排放限值确定依据说明
				一级	二级	众立诚	龙马	白沙河	
1	颗粒物	原料烘干 (烧结球团) 废气	浓度- mg/m ³	5	10	10.2	26.5	16.64	一级：取二级限值的 1/2，并对标国外标准。 二级：参考表 2-1《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》的颗粒物排放限值。
			强度- kg/t·P ₄	0.015	0.030	0.030	0.076	0.039	由污染物排放浓度与对应单位产品基准排气量计算得出。
		锅炉废气 ₁	浓度- mg/m ³	5	10	3.95	—	—	一级：取二级限值的 1/2，并对标国外标准。 二级：参考表 2-1 中《关于开展 2022 年重污染天气重点行业绩效分级工作的通知》（鄂环办函〔2022〕110 号）【无机磷化工和硫酸制造行业 A 级企业】和《四川省重污染天气金属表面处理及热处理加工等 10 个行业应急减排措施制定技术指南》（川环函〔2023〕114 号）【通用行业 A 级企业】的颗粒物排放限值。
			强度- kg/t·P ₄	0.015	0.030	0.012	—	—	由污染物排放浓度与对应单位产品基准排气量计算得出。
		泥磷回收 装置废气	浓度- mg/m ³	5	10	99.3	—	—	一级：取二级限值的 1/2，并对标国外标准。 二级：参考表 2-1 中《关于开展 2022 年重污染天气重点行业绩效分级工作的通知》（鄂环办函〔2022〕110 号）【无机磷化工和硫酸制造行业 A 级企业】的颗粒物排放限值。
			强度- kg/t·P ₄	0.015	0.030	0.29	—	—	由污染物排放浓度与对应单位产品基准排气量计算得出。
		其他废气 ₂	浓度- mg/m ³	10	20	16.9	—	—	一级：取二级限值的 1/2。 二级：参考表 2-1 中《关于开展 2022 年重污染天气重点行业绩效分级工作的通知》（鄂环办函〔2022〕110 号）【无机磷化工和硫酸制造行业 A 级企业】的颗粒物限值 10 mg/m ³
			强度- kg/t·P ₄						

序号	污染物	工段名称	单位	排放限值		企业监测值			排放限值确定依据说明
				一级	二级	众立诚	龙马	白沙河	
									和《黄磷行业绿色工厂评价要求》(HG/T 5900-2021) 的颗粒物限值 30 mg/m ³ , 取二者平均值作为二级限值。
			强度-kg/t·P ₄	0.03	0.06	0.05	—	—	由污染物排放浓度与对应单位产品基准排气量计算得出。
2	二氧化硫(SO ₂)	原料烘干(烧结球团) 废气	浓度-mg/m ³	25	50	11.2	15	72.86	一级: 取二级限值的 1/2。 二级: 参考表 2-1 中《四川省重污染天气金属表面处理及热处理加工等 10 个行业应急减排措施制定技术指南》(川环函〔2023〕114 号)【通用行业 A 级企业】的二氧化硫排放限值。
			强度-kg/t·P ₄	0.075	0.15	0.033	0.0430	0.0169	由污染物排放浓度与对应单位产品基准排气量计算得出。
		锅炉废气 ₁	浓度-mg/m ³	50	100	3	—	—	一级: 取二级限值的 1/2。 二级: 参考表 2-1 中《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015) 的二氧化硫排放限值。
			强度-kg/t·P ₄	0.15	0.30	0.088	—	—	由污染物排放浓度与对应单位产品基准排气量计算得出。
		泥磷回收装置废气	浓度-mg/m ³	25	50	23	—	—	一级: 取二级限值的 1/2。 二级: 参考表 2-1 中《四川省重污染天气金属表面处理及热处理加工等 10 个行业应急减排措施制定技术指南》(川环函〔2023〕114 号)【通用行业 A 级企业】的二氧化硫排放限值。
			强度-kg/t·P ₄	0.075	0.15	0.068	—	—	由污染物排放浓度与对应单位产品基准排气量计算得出。

序号	污染物	工段名称	单位	排放限值		企业监测值			排放限值确定依据说明
				一级	二级	众立诚	龙马	白沙河	
		其他废气 ²	浓度- mg/m ³	20	35	—	—	—	一级：参考二级限值的 1/2（17.5），然后取整为 20 作为一级限值。 二级：参考表 2-1 中《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》的二氧化硫排放限值要求。
			强度- kg/t·P ₄	0.05	0.10	—	—	—	由污染物排放浓度与对应单位产品基准排气量计算得出。
3	氮氧化物 NO _x （以 NO ₂ 计）	全部废气	浓度- mg/m ³	50	100	15.2	—	—	一级：取二级限值的 1/2。 二级：参考表 2-1 中《四川省重污染天气金属表面处理及热处理加工等 10 个行业应急减排措施制定技术指南》（川环函〔2023〕114 号）【通用行业 A 级企业】和《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015）的氮氧化物排放限值。
			强度- kg/t·P ₄	0.15	0.30	0.045	—	—	由污染物排放浓度与对应单位产品基准排气量计算得出。
4	氟化物 （以 F 计）	全部废气	浓度- mg/m ³	3.0	6.0	0.227	1.140	0.785	一级：综合考虑美国《OSHA》标准和《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015），取值为 3 mg/m ³ 。 二级：取一级限值的 2 倍值，同时参考表 2-1 中《黄磷行业绿色工厂评价要求》（HG/T 5900-2021）的氟化物排放限值。
			强度- kg/t·P ₄	0.008	0.017	0.000669	0.003249	0.001816	由污染物排放浓度与对应单位产品基准排气量计算得出。
单位产品基准排气量			m ³ /t·P ₄	2600	2850	2946	2850	2314	参考《黄磷工业清洁生产评价指标体系》黄磷尾气产生量 I 级和 II 级基准值。 企业数据来自企业清洁生产审核报告。
备注			1 锅炉废气是指利用黄磷尾气进行发电，蒸汽锅炉排放的废气。 2 其他废气是指黄磷生产过程中电炉渣口、淬渣、黄磷精制等环节排放的废气。						

3.1.2.2 技术要求

(1) 黄磷生产企业黄磷尾气应进行资源化利用（作为热源或合成制造各种化工产品），原料烘干（烧结球团）废气和其他废气（如电炉渣口废气、淬渣废气、黄磷精制废气等）需经处理（如碱液喷淋、布袋除尘等）后排放，排放浓度应满足表 2-2 要求。

(2) 当执行不同排放控制要求的废气合并排气筒排放时，应在废气混合前进行监测，并执行相应的排放控制要求；若可选择的监控位置只能对混合后的废气进行监测，则应按各排放控制要求中的最严格的规定执行。

(3) 企业应按照 HJ 944 要求建立环境管理台账，记录生产设施运行管理信息、废气污染防治设施基本信息与运行管理信息、监测记录信息等。台账记录保存期限不得少于 5 年。

3.1.3 大气污染物无组织排放

3.1.3.1 大气污染物无组织排放控制要求

黄磷生产企业无组织排放的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氟化物、五氧化二磷、砷及其化合物，其排放控制浓度限值参考的国内标准详见表 2-3，具体控制要求及说明详见表 2-4，表中 3 家企业监测值为 2024 年监测数据平均值。无组织排放的大气污染物浓度为监控点浓度与参照点浓度差值。

表 2-3 大气污染物无组织排放浓度限值参考标准

单位: mg/m³

标准所属国家 (区域)	标准名称	颗粒物	二氧化硫 (SO ₂)	氮氧化物 NO _x (以 NO ₂ 计)	氟化物 (以 F 计)	五氧化二磷 P ₂ O ₅ (以 P 计)	砷及其化合物 (以 As 计)
中国标准	《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)	1.0	0.4	0.12	0.02	—	—
	《贵州省环境污染物排放标准》(DB 52/864-2022)	—	—	—	—	0.135	0.01
	《关于开展 2022 年重污染天气重点行业绩效分级工作的通知》(鄂环办函〔2022〕110 号)【无机磷化工和硫酸制造行业 A 级企业】	—	—	—	0.02	—	—

表 2-4 大气污染物无组织排放浓度限值

序号	污染物	单位	排放限值		企业监测值			排放限值确定依据说明
			一级	二级	众立诚	龙马	白沙河	
1	颗粒物	mg/m ³	0.15	0.30	0.291	0.386	0.239	一级: 取二级限值的 1/2。 二级: 参考企业监测值最优值 (0.291), 取整为 0.30。
2	二氧化硫 (SO ₂)	mg/m ³	0.01	0.02	0.018	0.020	0.022	一级: 取二级限值的 1/2。 二级: 参考企业监测值最优值 (0.018), 取整为 0.02。
3	氮氧化物 (NO _x)	mg/m ³	0.02	0.04	0.024	—	0.050	一级: 取二级限值的 1/2。 二级: 参考企业监测值最优值 (0.024), 取整后为 0.03, 考虑一级限值取二级限值的 1/2 后为 0.015, 综合考虑

序号	污染物	单位	排放限值		企业监测值			排放限值确定依据说明
			一级	二级	众立诚	龙马	白沙河	
								将二级限值确定为 0.04。
4	氟化物	mg/m ³	0.002	0.004	0.00262	0.0101	0.00225	一级：取二级限值的 1/2。 二级：参考企业监测值最优值（0.00225），取整后为 0.003，考虑一级限值取二级限值的 1/2 后为 0.0015，综合考虑将二级限值确定为 0.004。
5	五氧化二磷 P ₂ O ₅ （以 P 计）	mg/m ³	0.001	0.002	0.000228	0.0177	0.00204	一级：取二级限值的 1/2。 二级：参考企业监测值最优值（0.000228），另外 2 家企业监测值高于最优值 10 倍，故选择中间值（0.00204）作为二级参考，取值为 0.002。
6	砷及其化合物（以 As 计）	mg/m ³	1×10 ⁻⁸	2×10 ⁻⁸	1.05×10 ⁻⁸	2.254×10 ⁻⁶	4×10 ⁻⁹	一级：取二级限值的 1/2。 二级：参考企业监测值最优值（4×10 ⁻⁹ ），另外 2 家企业监测值高于最优值 10 倍，故选择中间值（1.05×10 ⁻⁸ ）作为二级参考，取整为 2×10 ⁻⁸ 。

3.1.3.2 控制点位与管控范围

黄磷生产企业无组织排放控制主要点位有：电炉渣口操作区（开堵炉及排渣过程）、磷泥处理区（磷泥提取、输送及暂存）、磷渣破碎与转运区、原料装卸与储运区、含磷废水收集池及事故应急池敞口区域。以操作单元（如渣槽、磷泥池等）的物理边界外延 10 米作为管控范围，厂界监控点按 GB 16297 要求设置。

3.1.3.3 技术要求

（1）物料存储与输送管控

所有原辅料（含磷矿、焦炭、硅石等）及中间产物（如磷泥、磷渣），宜采用封闭料仓、储罐或密闭料棚存放，料棚配备顶部及墙面密封设施，并设置废气收集与除尘（如布袋除尘）、除臭等设施，确保无组织逸散污染物得到有效收集与处理。

粉状、粒状等易产尘物料转移、输送过程应采用管状带式输送机、气力输送、密闭车厢等密闭方式运输；块状或粘湿物料采用皮带通廊、封闭车厢等封闭方式运输或苫盖严密，防止沿途抛洒和飞扬；无法封闭的产尘点（物料转载、下料口等）应采取集尘除尘措施或有效抑尘措施。

（2）生产工序无组织排放控制

电炉出渣时采用高压水冲方式，炉渣出渣溜槽、冲渣槽、电炉渣口操作区的烟气收集效率不低于 85%。受磷槽、粗磷槽、精制槽、污水池、磷泥处理区等易产尘工段需采用全封闭负压收集、烟气处理系统设计，废气经处理后达标排放。在确保安全的情况下，设备应尽量安置于室内，建（构）筑物应封闭。

（3）厂区环境管理

厂区道路、生产区域地面全部采用混凝土硬化或防滑地砖铺设，非硬化区域应进行绿化。每日对车间地面、设备表面进行清扫，采用负压吸尘设备（非扬尘性清扫），确保车间无散落物料堆积。

3.1.4 协同控制要求

为实现大气污染物控制与碳减排的协同推进，鼓励黄磷生产企业在尾气锅炉、热风炉等设施中采用低氮燃烧协同技术路线，通过应用分级燃烧、低氮燃烧器等技术，从源头协同控制氮氧化物（NO_x）生成、减少大气污染物排放的同时，提升燃料燃烧效率，降低燃料消耗总量，进而减少燃烧过程中二氧化碳（CO₂）排放。

3.1.5 采样与监测要求

（1）利用黄磷尾气作为热源的锅炉，其中 NO_x、SO₂、颗粒物应按照 HJ 75、HJ 76 的要求安装固定污染源排放连续监测系统，并上传数据至主管部门平台，其他废气按照 HJ 1138 要求开展自行监测。

（2）黄磷生产企业应根据监测污染物的种类，在规定的污染物排放监控位置进行监测。大气污染物的监测采样按 GB 5468、GB/T 16157 或 HJ/T 397 规定执行。

（3）黄磷生产企业大气污染物浓度应根据国家环境监测方法标准进行测定，同时按照 HJ/T 373 的要求进行监测质量保证与质量控制。

3.2 水污染物排放控制要求

3.2.1 水污染物排放控制要求

黄磷生产企业产生的所有工业废水含悬浮物、化学需氧量、氨氮、总氮等常规水污染物，以及氟化物、总磷等特征水污染物，必须实现全部回用，严禁外排至环境水体。生产过程中产生的含磷废水须通过独立管道系统与其他废水分流收集、处理。企业应建立完善的闭路循环水系统，确保废水零排放。

3.2.2 技术要求

（1）黄磷生产企业应建立完善的闭路循环水系统，产生的所有工业废水应全部回用，严禁外排。

（2）针对磷渣堆场、磷泥贮存区、生产装置区等污染区域，应设置初

期雨水收集池，初期雨水收集应符合 GB 50014 相关要求。

(3) 黄磷生产企业应建设事故应急池，其容量须满足最大单次事故废水储存需求，以确保在事故发生时能够有效收集和处理事故废水，防止其进入外环境。

3.3 固体废物污染控制要求

3.3.1 固体废物确定

基于“环境风险优先、资源化潜力导向”原则进行科学论证。黄磷生产企业除磷渣外，固体废物还包括磷泥、除尘灰、含砷废物等。本标准聚焦量大面广、环境风险突出且资源化技术亟需规范的固废，推动行业固废治理从末端管控向全过程资源化升级。

3.3.2 技术要求

(1) 黄磷生产企业产生的工业固体废物包括一般工业固体废物和危险废物。一般工业固体废物应全部进行资源化利用或无害化处理。对于无法明确具体属性的固体废物(如特定工艺产生的废渣、污泥等)应按照GB 5085.3开展浸出毒性检测，并根据检测结果实施分类管理。

(2) 磷渣、炉渣、脱硫灰等一般工业固体废物贮存应满足GB 18599相关要求，磷泥和危险废物贮存应符合GB 18597相关要求。

3.4 噪声污染控制要求

3.4.1 噪声源识别与限值

黄磷生产企业厂界环境噪声排放限值执行 GB 12348 相应声功能区要求。

3.4.2 噪声控制措施

(1) 设备选型与降噪设计方面，优先选用低噪声设备(如静音风机、变频电机等)；破碎工段等高噪声点位可设置隔声罩或隔声屏障，其隔声设计应符合GB/T 50087相关要求。

(2) 工艺优化方面，优先采用磷精矿替代磷原矿作为生产原料，避免

或减少黄磷生产企业磷原矿破碎、筛分等环节产生的噪声。管道系统采用柔性连接和弹性支撑，减少振动传递和气流噪声。

(3) 厂区布局方面，破碎机等高噪声设备应尽可能远离厂界和敏感区域，并在传播方向设置绿化隔离带或围墙。

3.5 土壤与地下水污染控制要求

(1) 黄磷生产企业土壤和地下水污染重点防控区域包括磷渣堆场、磷泥贮存池、含磷废水收集池、化学品储罐区、黄磷生产车间等。企业现有地下和半地下磷泥贮存池、含磷废水收集池等应逐步改为地上密闭储罐，防止设备因酸碱腐蚀导致单质磷以及磷化合物渗漏进入地下，造成土壤和地下水污染。含磷废水禁止采用无防渗漏措施的混凝土或砖砌沟渠等输送，应采取密闭防渗漏地面敷设管道进行输送。

(2) 重点防控区域和一般区域（生产车间地面、一般固废堆场等）的防渗设计分别执行 GB/T 50934 中规定的重点污染防治区和一般污染防治区的防渗要求。

(3) 黄磷生产企业渗入土壤和地下水的总磷、砷、氟化物等特征污染物，土壤污染物限值执行 GB 36600 相关要求，地下水质量指标限值执行 GB/T 14848 相关要求。

(4) 新建污水管线、管渠等无压管道应进行闭水或闭气试验；易燃、易爆、有毒、有害物质的输送管道应当进行强度和严密性试验，试验方法应符合设计文件及 GB 50268 相关要求。

(5) 涉及易燃、易爆、有毒、有害物质的地上水池、半地下水池、地下水池等构筑物在投用前应进行功能性试验，应符合 GB 50141 相关要求。

4 黄磷工业温室气体排放控制

基于当前黄磷行业高能耗、高排放的生产特性及日趋严格的“双碳”政策与环保法规，编制企业温室气体相关内容的核心必要性在于系统性盘查排

放源、精准量化碳足迹，以满足政策合规强制披露要求，应对下游产业链日益增长的绿色供应链审核与碳关税（如欧盟CBAM）风险。

实施分级管理的主要目的与意义在于：建立科学、统一的企业碳排放强度评价体系，精准识别能耗与排放关键点，引导资源向节能降碳技术倾斜。此举既能通过标杆比对倒逼落后产能退出或升级，为达标企业创造市场溢价空间与融资优势，也可为地方政府提供差异化管控依据，最终驱动行业整体向低碳循环经济转型，实现环保合规与降本增效的双重目标。

4.1 温室气体确定

在黄磷工业温室气体管控指标筛选中，编制组依据生产工艺特征与排放源系统性分析确定核心管控对象。 CO_2 作为主要温室气体，其排放与能源消耗及还原反应效率直接关联，是碳减排的关键。其余如 N_2O 及含氟气体等未被列为强制指标，因其排放强度受工艺条件影响较小，含量无法直接监测或已通过设备选型规范实现间接控制。

4.2 核算方法与边界

（1）黄磷生产企业可参考GB/T 32151.10中核算步骤与核算方法开展企业温室气体排放核算。

（2）核算边界应以黄磷生产企业法人或视同法人的独立核算单位为边界，核算和报告企业生产系统排放的温室气体。如果企业涉及使用绿色电力，不应直接扣减，宜单独进行报告。具体核算和报告范围可参考GB/T 32151.10。

4.3 温室气体排放控制要求

黄磷生产企业单位产品二氧化碳排放强度应符合表2-5规定的控制要求。单位产品二氧化碳排放强度目前没有明确提出控制要求，本《标准》通过《黄磷单位产品能源消耗限额》“一级能耗限额”和“二级能耗限额”指标来折算其排放强度。

二氧化碳核算方法为：单位产品综合能耗 $\times$ 碳排放因子。

碳排放因子通过四川电网特点综合确定为2.5。

表 2-5 温室气体排放控制要求

控制指标	单位	控制要求		控制要求确定依据说明
		一级	二级	
单位产品二氧化碳排放强度	tCO ₂ /t·P ₄	≤3	≤6	一级：取二级控制值的 1/2。 二级：将黄磷单位产品一级能耗限额带入公式计算，计算结果为 5.75，取整后为 6。
单位产品综合能耗	kgce/t·P ₄	≤1200	≤2300	一级：取二级控制值的1/2（1150），取整后为1200。 二级：参考《黄磷单位产品能源消耗限额》中“一级能耗限额”要求。

4.4 技术要求

黄磷生产企业应开展温室气体排放核算，并将核查结果对外公布。根据 GB/T 15587 的要求建立能源管理制度，强化能源梯级使用。

5 资源综合利用要求

5.1 一般要求

（1）黄磷生产企业应遵循“减量化、资源化、无害化”原则，对生产过程中产生的废气、废水、固体废物和废热等进行综合利用，提高资源循环利用效率，减少环境污染。

（2）企业应建立资源综合利用台账，记录废气、废水、固体废物和余热等产生量、利用量和排放量。

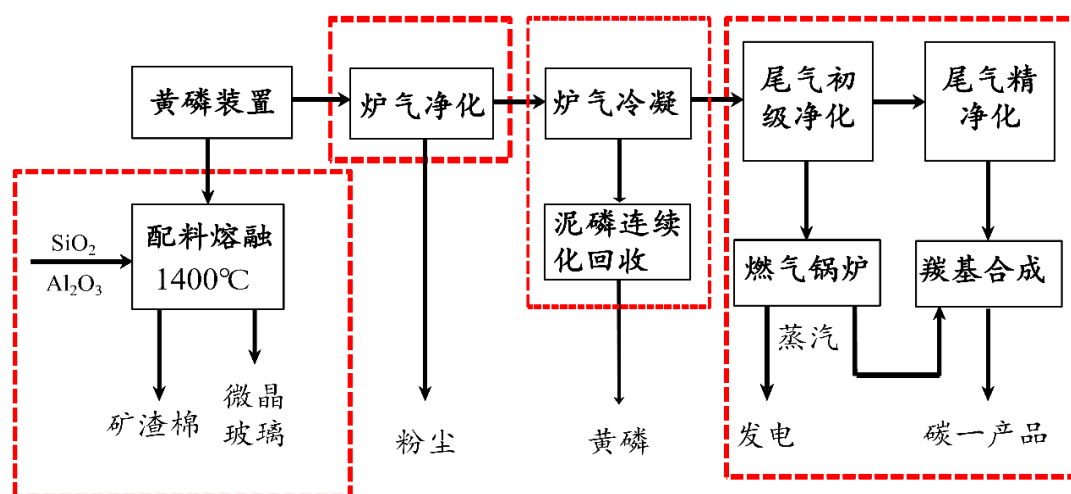


图 2-2 黄磷绿色生产技术路线图

5.2 资源化利用要求

《黄磷工业清洁生产评价指标体系》中资源综合利用指标控制要求见表 2-6。表中相关控制要求数据仅作参考，结合企业实际情况，部分指标控制要求在本表的基础上做出相应提高。

表 2-6 资源综合利用指标

资源类型	控制要求		确定依据说明
	I 级	II 级	
磷渣综合利用率（%）	100	≥95	《黄磷工业清洁生产评价指标体系》中 I 级、II 级基准值要求
黄磷尾气回收利用率（%）	≥95	≥90	
磷粉、焦粉利用率（%）	100	≥90	
水回用率（%）	100		三家企业实际情况

5.2.1 废气资源化利用

5.2.1.1 化工产品合成

（1）黄磷尾气产甲酸钠

利用尾气生产甲酸钠、甲酸、草酸等产品在黄磷行业已有运行装置。具体产甲酸钠方法如图 2-3 所示。

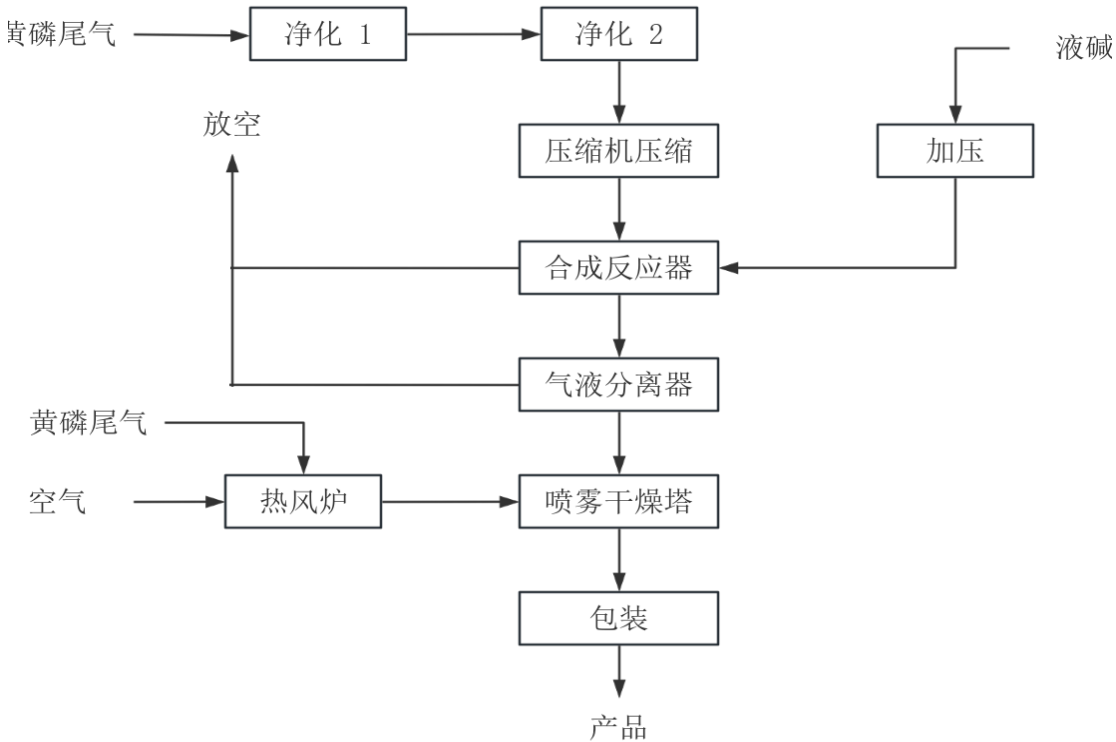


图 2-3 黄磷尾气生产甲酸钠工艺流程图

（2）黄磷尾气中 CO 的资源利用

①一氧化碳变换制氢

经过催化氧化工序得到的黄磷尾气净化气首先通过部分变换，将一氧化碳含量降低至 20%~25%。经过中温变换，使水蒸气与一氧化碳作用，进一步将一氧化碳含量降低至 3%~4%。再通过低温变换去除尾气中的一氧化碳。去除一氧化碳的尾气经变压吸附脱除二氧化碳，得到高纯氢气。

②变换制氨

传统制取合成氨的原料气为氢气和氮气，黄磷尾气中含有 4%~5%的氮气，只需补充部分氮气，利用黄磷尾气中的一氧化碳和氢气生产合成氨原料气，再利用传统合成氨的方法制取合成氨。

③一氧化碳变换制甲醇

一氧化碳、二氧化碳和氢气在一定的压力和温度下，通过铜基催化剂在甲醇合成装置内反应合成甲醇。气体中有二氧化碳时，也可以发生合成甲醇反应。黄磷尾气制甲醇工艺是在黄磷尾气净化工艺的基础上，进一步精净化后合成甲醇。

（3）一种新型黄磷尾气回收技术

该技术通过压力调控系统动态维持尾气管路安全压力（120-450Pa），采用多级净化工艺：列管式冷却器凝结磷并循环冲刷回收黄磷，两级水洗塔与文丘里高速洗涤去除粉尘及残留磷，两级碱洗塔中和酸性气体（HF、H₂S）；净化后尾气经集气主管智能分配，实现直供用户或湿式气柜存储调峰。最终实现单质磷深度脱除、粉尘去除率 99.9%、酸性气体高效中和，同时黄磷资源全量回收、冷洗液与冷却水闭路循环、尾气（CO/H₂）能源化利用，兼具零排放安全性与资源循环经济性。

（4）二氧化碳利用技术

推荐采用化工利用技术，包括：加氨制尿素，吸收电解法制氢氧化钠、次氯酸钠、碳酸钠和盐酸，精馏法纯化制食品级 CO₂ 和飞灰水洗液侯氏制

碱。

5.2.1.2 技术要求

(1) 电炉法生产过程中产生的黄磷尾气应通过净化、提纯、燃烧发电或生产化工产品（如甲酸钠）实现资源化利用。

(2) 黄磷尾气中一氧化碳可以作为碳一化工原料（如甲酸钠、甲酸合成等），但其浓度占比应大于 85%，如果浓度不满足要求，可通过变压吸附等方法提高其浓度。

5.2.2 废水资源化利用

5.2.2.1 生产废水循环

黄磷生产企业生产废水应全部收集并经过处理后实现循环利用，不得外排。

5.2.2.2 技术要求

黄磷生产企业应采用高效的地上式斜板（管）沉降以及高效泥水分离设备（碟片分离机）等实现连续高效的含元素磷废水处理和磷泥的分离回收处理。

5.2.3 固体废物资源化利用

5.2.3.1 固体废物再利用

黄磷生产过程中产生的磷渣（主要成分为硅酸钙）、磷泥（含单质磷）、焦粉和磷粉等应进行资源化利用。

5.2.3.2 技术要求

熔融炉渣经水淬后的固体物质（磷渣）可作为建材原料；磷泥应在厂区内进行安全处理处置和综合利用，磷泥经连续高效回收及无害化处理后，可作为黄磷生产的原料；磷粉、焦粉通过密闭收集系统回收，磷粉和焦粉制备球团后可用于黄磷生产。

5.3 资源综合利用要求

黄磷生产企业资源综合利用要求及依据说明详见表2-7。

表2-7 资源综合利用要求及说明

类别	指标名称	单位	利用水平		参考依据说明
			一级	二级	
废气	黄磷尾气回收率	%	100	100	参考企业实际情况提高至100%。
废水	生产废水循环利用率	%	100	100	参考《众立诚清洁生产审核验收报告》、《龙马磷业清洁生产审核报告》，目前企业都能实现生产废水全部回用。
	含单质磷废水回用率	%	100	100	参考《黄磷行业准入条件（2009）》中要求，含磷废水完全回用，不得外排，故将该值确定100%。
固废	磷渣综合利用率	%	100	≥95	一级、二级水平参考《黄磷工业清洁生产评价指标体系》中Ⅰ级、Ⅱ级基准值要求。
	磷泥量回收处置率	%	100	100	磷泥按照危险废物管理，故其回收处置率须达到100%。
	磷粉、焦粉利用率	%	100	100	二级水平参考《黄磷工业清洁生产评价指标体系》中Ⅰ级基准值要求。

三、标准实施的环境效益与经济技术分析

1. 环境效益分析

1.1 污染物减排效益

通过严格颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氟化物等污染物排放控制要求，可减少大气污染物排放；同时黄磷尾气全部回收、磷渣综合利用率（二级限值）≥95%等举措可减少废热排放，并避免磷泥堆存可能产生的土壤与地下水污染。

1.2 碳减排效益

《标准》出台可推动黄磷企业制定更为完善的降碳方案，单位产品二氧化碳排放强度一级≤3 tCO₂/t P₄，二级≤6 tCO₂/t P₄可以更严格规范使用能源，进一步提高绿电使用比例，若绿电使用比例提升至30%，结合氢能耦合技术，可进一步降低碳强度0.8~1.2 tCO₂/t产品，加快行业低碳转型，减少碳

排放，助力国家“双碳”目标实现。

1.3 资源综合利用效益

在大气污染协同治理方面，黄磷尾气通过“催化氧化-变压吸附-化工合成”三级资源化路径，每年可替代标准煤消耗并减少二氧化碳排放；尾气中一氧化碳化工产品转化率提升至90%以上，将增产甲酸钠、草酸二甲酯等高附加值产品。在水系统循环与资源回收领域，采用“斜管沉降-膜分离-蒸发结晶”组合工艺实现含磷废水全闭路回用，磷回收纯度达99.96%，可提高黄磷回收量，同步从高氟废水中提取氟化钙副产品，从而有效阻断总磷、氟化物对地下水的渗透风险。针对固体废物全量化利用，磷渣通过建材化（制备低碳水泥、微晶玻璃）、材料化（锂电正极前驱体）等路径，综合利用率达96%以上，将消纳历史堆存磷渣；磷泥经“回转窑蒸磷-无害化处置”技术，单质磷回收率超过98%，残留固相用于路基材料，实现危险废物零填埋。上述“气-水-渣”三废协同资源化路径，构建了“余热发电-磷氟回收-渣基新材料”的循环经济链条，将推动黄磷行业从末端治理向全过程绿色低碳转型。

2. 经济技术分析

2.1 技改和投资成本

黄磷生产企业为达到《标准》要求，中小型企业设备升级需投入2000-5000万元，大型企业绿电耦合氢能系统投资1-2亿元，改造成本≤300元/吨产品，静态回收期3-5年。

2.2 运行成本节约和增值收益

资源综合利用年收益1200-2000元/吨产品，碳交易年收益大幅提高。从短期来看，企业需投入额外资金，增加生产成本，但从长远来看，能源消耗降低和资源综合利用可节省运营费用，提高经济效益。

2.3 产业链增值效益

尾气、磷渣跨行业联产提高产值，低碳黄磷出口溢价5%-8%，可规避欧

盟碳关税60-80元/吨成本。

2.4 政策与市场联动效益

专项基金贴息贷款(0.5%利率)及磷泥补贴(200元/吨)可降低企业20%-25%资金压力,碳排放对标国际标准可助力出口增长12%/年。

四、主要试验(或验证)情况分析

相关技术及应用情况主要来源于攀枝花市众立诚实业有限公司、瓮安县龙马磷业有限公司、白沙河化工厂实际运行和监测。

1 减污治理技术

1.1 含元素磷废水高效回收与处理技术

(1) 采用“斜管沉降分离+回转窑蒸磷”工艺实现含磷废水高效回收

测试结果:年回收粗磷1454.32吨,黄磷纯度达99.96%、砷含量0.019%,优于国标一级品要求。

(2) 采用“碟片分离机+压力过滤”组合工艺进行磷泥脱水提纯

测试结果:磷泥处理能力提升,磷回收率>95%,处理后泥磷含磷量≤10%,大幅降低了磷的损失和固废产生量。

1.2 大气污染协同技术处理

(1) 全密封水淬渣系统与静电除雾器协同处理渣汽烟气

测试结果:颗粒物浓度降至10.2mg/m³,氟化物削减至0.227mg/m³,全面达到污染物排放限值要求。

(2) 黄磷尾气“碱洗+氧化”深度净化技术

测试结果:尾气中H₂S浓度降至1mg/m³以下,PH₃浓度降至0.2mg/m³以下,净化后的尾气满足化工合成原料气标准。

2 节能降碳与资源循环技术

2.1 能源回收与能效提升技术

(1) 黄磷尾气余热锅炉发电或蒸汽梯级利用

测试结果：每生产1吨黄磷可副产3.5-4.0吨蒸汽，或发电约800-1000 kWh。企业可实现年发电量数千万度，显著降低外购电力和化石燃料消耗，对应减排二氧化碳数万吨。

（2）电炉尾气预热炉料及原料烘干技术

测试结果：将黄磷电炉产生的尾气余热用于预热磷矿石、焦炭等原料，可使电炉电耗降低8%-10%，吨产品节电约400-500 kWh。

2.2 固废高值化利用技术

（1）黄磷炉渣生产微粉及建材制品

测试结果：黄磷炉渣经水淬、烘干、磨细后，可替代30%-50%的水泥熟料生产水泥，或直接用作混凝土掺合料。企业年处理磷渣数十万吨，产品符合GB/T 18046标准。

（2）磷泥、磷铁废料厂内回收利用

测试结果：通过专有技术将磷泥、磷铁等含磷废料返回电炉作为生产原料，使黄磷生产的磷收率提高至92%以上，有效减少了原料磷矿石的消耗和固体废物堆存。

（3）磷矿粉、焦粉制备球团料技术

测试结果：将生产过程中产生的粉尘通过密闭收集、成型制备成球团料后回用于电炉，提高了原料利用率，减少了粉尘无组织排放，并使炉况运行更加稳定。

五、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

国内外标准对比情况详见表5-1。

表5-1 国内外标准对比

指标	本标准				中国标准		国外标准	
	原料烘干 (烧结球团) 废气	锅炉废气 ¹	泥磷回收装置 废气	其他废气 ²				
	限值	限值	限值	限值	限值	依据	限值	依据
大气污染物有组织排放								
颗粒物	一级：5 mg/m ³ 二级：10 mg/m ³			一级：10 mg/m ³ 二级：20 mg/m ³	10 mg/m ³	《四川省重污染天气金属表面处理及热处理加工等10个行业应急减排措施制定技术指南》(川环函〔2023〕114号) 【通用行业A级企业】	3.5 mg/m ³	欧盟《LCP BREF》 【针对煤和褐煤轻型生产厂】
					10 mg/m ³	(《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015))	15 mg/m ³	美国《OSHA》
					10 mg/m ³	《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》		
					10 mg/m ³	《关于开展2022年重污染天气重点行业绩效分级工作的通知》(鄂环办函〔2022〕110号)【无机磷化工和硫酸制造行业A级企业】		
					30 mg/m ³	《黄磷行业绿色工厂评价要求》(HG/T 5900-2021)		
二氧化硫 (SO ₂)	一级：25 mg/m ³ 二级：50	一级：50 mg/m ³	一级：25 mg/m ³	一级：20 mg/m ³ 二级：35	35 mg/m ³	《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》	13 mg/m ³	美国《OSHA》
							40 mg/m ³ (S含量低于	欧盟《LCP BREF》

指标	本标准				中国标准		国外标准	
	原料烘干 (烧结球团) 废气	锅炉废气 ¹	泥磷回收装置 废气	其他废气 ²				
	限值	限值	限值	限值	限值	依据	限值	依据
	mg/m ³	二级： 100 mg/m ³	二级： 50 mg/m ³	mg/m ³			1%)	【针对煤和褐煤轻型生产厂】)
氮氧化物 (NO _x)	一级：100 mg/m ³ 二级：200 mg/m ³	一级： 50 mg/m ³ 二级： 100 mg/m ³	一级： 100 mg/m ³ 二级： 200 mg/m ³	—	50 mg/m ³	《四川省重污染天气金属表面处理及热处理加工等 10 个行业应急减排措施制定技术指南》(川环函〔2023〕114 号)【通用行业 A 级企业】	130 mg/m ³ (S 含量 1-3.25%)	
					100 mg/m ³	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	500 mg/m ³	德国《TA-Luft》
					400 mg/m ³	《黄磷行业绿色工厂评价要求》(HG/T 5900-2021)		
					50 mg/m ³	《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》	40 mg/m ³	日本《大气污染防治法》
氮氧化物 (NO _x)	一级：100 mg/m ³ 二级：200 mg/m ³	一级： 50 mg/m ³ 二级： 100 mg/m ³	一级： 100 mg/m ³ 二级： 200 mg/m ³	—	100 mg/m ³	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	100 mg/m ³	欧盟《LCP BREF》 【针对煤和褐煤轻型生产厂】
					100 mg/m ³	《四川省重污染天气金属表面处理及热处理加工等 10 个行业应急减排措施制定技术指南》(川环函〔2023〕114 号)【通用行业 A 级企业】		
					200 mg/m ³	《黄磷行业绿色工厂评价要求》(HG/T 5900-2021)	500 mg/m ³	德国《TA-Luft》

指标	本标准				中国标准		国外标准	
	原料烘干 （烧结球团）废气	锅炉废气 ¹	泥磷回收装置 废气	其他废气 ²				
	限值	限值	限值	限值	限值	依据	限值	依据
氟化物 （以F计）	一级：3 mg/m³ 二级：6 mg/m³				3 mg/m³	《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015）	2.5 mg/m³	美国《OSHA》
					6 mg/m³	《黄磷行业绿色工厂评价要求》（HG/T 5900-2021）		
水污染物排放								
总磷排放 浓度限值	T/ACEF XXX-2025： 零排放				零排放（黄磷行业准入条件）（2009）		≤0.3mg/L	欧盟《IED 2010/75/EU》
							≤0.5 mg/L	（直接排放）美国《40 CFR 423》 （污水排放标准）
温室气体排放								
CO ₂ 排放强度限值	一级：3 mg/m³ 二级：6 mg/m³				5.7 tCO ₂ /t·P ₄	《黄磷单位产品能源消耗限额》（根据能耗值2300 kgce/吨黄磷进行计算）	参考值：IFA 2023报告：欧盟先进企业实测值7.8-12.1 t/t·P ₄ （全生命周期）	
					14 tCO ₂ /t·P ₄	《黄磷行业绿色工厂评价要求》（HG/T 5900-2021）		
备注	1 锅炉废气是指利用黄磷尾气进行发电，蒸汽锅炉排放的废气。 2其他废气是指黄磷生产过程中电炉渣口、淬渣、黄磷精制等环节排放的废气。							

国内外黄磷生产企业相关工艺技术对比见表5-2。

表5-2 黄磷生产企业国内外工艺技术对比

技术环节	国内先进	国际先进	参考来源	
			国内先进	国际先进
磷炉变压器容量	白沙河：20000 kVA 众立诚：20000 kVA	俄罗斯PhosAgro： 32000 kVA	1.白沙河化工厂清洁生产审核报告； 2.众立诚清洁生产审核报告； 3.《黄磷行业准入条件》。	ICIS全球黄磷技术报告（2023）（仅供参考）
尾气净化与利用	白沙河：“碱洗+静电除雾”，尾气作燃料 众立诚：四级水洗+二级碱洗+静电除雾，尾气发电利用率100%	深度净化制甲酸/草酸（如德国BASF的催化加氢制甲酸），资源化率>95%		《磷化工清洁生产路径》）（仅供参考）
磷泥回收技术	白沙河：蒸馏法回收黄磷，回收率85%； 众立诚：斜管沉降+回转窑蒸磷，回收率92%	真空过滤+溶剂萃取（如美国Mosaic公司），回收率≥97%		US Patent US20220010072A1（2022） （国外专利，仅供参考）
渣处理技术	白沙河：水淬渣+人工清渣 众立诚：全密封水淬系统+静电除雾，颗粒物减排 62.76 t/a	干法粒化+余热回收（Nutrien公司），渣显热利用率>85%		Nutrien公司（仅供参考）

六、重大分歧意见的处理结果和依据

在《黄磷工业减污降碳与资源综合利用》标准编制过程中，针对关键技术指标和管控要求，编制组通过多次专家研讨会、企业实地调研及公开征求意见，对以下重大分歧意见进行了处理：

1. 污染物排放控制争议

分歧点：是否将污染物排放限值划分为三个等级。

处理结果：根据黄磷生产企业投票结果，将排放控制要求划分为两个等级，分别为国际先进、国内先进。

1.1 大气污染物排放控制争议

分歧点：大气污染物是否需要新增黄磷工业的特征污染物。并补充有组织排放的常规污染物。

处理结果：特征污染物最终确定为氟化物、五氧化二磷以及砷及其化合物。在有组织和无组织排放控制要求部分加入颗粒物、二氧化硫、氮氧化物3种常规污染物。

1.2 水污染物排放控制争议

分歧点：水污染物中总磷要求零排放，不设置分级排放。

处理结果：结合攀枝花众立诚等企业实际监测数据（审核后总磷达到零排放），将生产废水零排放改为硬性要求。

1.3 固体废物污染控制争议

分歧点：“泥磷”和“磷泥”术语统一；提供危险废物鉴别依据和方法。

处理结果：统一为“磷泥”；磷泥按照危险废物进行管理。

2. 温室气体管控范围争议

分歧点：是否将甲烷（CH₄）纳入限值管控。部分专家认为黄磷工业CH₄排放量低，企业未开展监测；温室气体的核算边界，核算方法不明确。

处理结果：根据第三方机构对典型企业尾气成分检测，结果显示CH₄平

均浓度 $<10\text{ mg/m}^3$ ，未达到需单独管控的阈值。给出具体温室气体核算边界与方法的标准文件。

3. 资源化利用指标争议

分歧点：是否需要将资源化利用分级划分为三个等级。

处理结果：将资源化利用要求划分为两个等级，分别是国际先进、国内先进。

3.1 废气资源化利用

分歧点：建议指标不设置为100%，预留10%的弹性空间。

处理结果：在相关标准文件的基础上，为促进行业进步将标准提高，不考虑10%弹性空间。

3.2 废水资源化利用

分歧点：工业废水零排放，无需对回用水中总磷含量进行分级控制。

处理结果：取消对总磷含量的分级控制。

3.3 固体废物资源化利用

分歧点：对磷泥量回收处置率要求过高，企业无法达到。

处理结果：磷泥按照危险废物进行管理，其处理处置须达到100%。

七、涉及专利的有关说明

标准编制组对文件中引用的技术方法进行了系统性专利检索，确认以下内容涉及专利：

一种黄磷尾气净化产线及其净化方法：攀枝花市众立诚实业有限公司拥有相关技术专利（专利号CN 119334162 A）。

一种磷泥高效回收磷系统及回收磷方法：攀枝花市众立诚实业有限公司拥有相关设备专利（专利号：CN 119160864 A）

一种从磷泥中回收黄磷的方法及设备：湖北兴发化工集团股份有限公司拥有相关设备专利（专利号：CN 104555956 A）。

八、废止现行相关标准的建议

无

九、其他应予说明的对象

无