

《钼工业污染物排放标准》
河南省地方标准编制说明
(征求意见稿)

标准编制组
二〇二五年七月

目录

1 项目背景	1
2 钼行业概况	4
3 钼行业产排污情况及污染控制技术分析	26
3.1 钼行业主要生产工艺及产污分析	26
3.2 河南省钼行业排污现状	44
3.3 污染控制技术分析	55
3.4 行业排放有毒有害污染物环境影响分析	64
4 标准制定的必要性分析	70
5 标准制定原则和技术路线	76
5.1 标准制定思路	76
5.2 制定原则	76
5.3 制定依据	77
5.4 技术路线	78
6 标准主要技术内容	81
6.1 适用范围	81
6.2 标准内容框架	81
6.3 术语和定义	81
6.4 污染物控制项目选择	82
6.5 污染物排放控制要求	106
6.6 污染物监测监控要求	110
6.7 实施与监督	111
7 国内外及其他省（市、自治区）相关标准情况	111
7.1 国内相关标准、规范情况	111
7.2 国外相关标准、规范情况	114
7.3 本标准与国家及地方相关标准、规范的对比	114

8 标准实施的环境、社会、经济效益分析	128
8.1 环境效益分析	128
8.2 社会效益分析	128
8.3 经济效益分析	129
9 标准实施的技术经济可行性分析	130
9.1 技术可行性分析	130
9.2 经济可行性分析	135
9.3 管理可行性分析	138
10 标准实施初步建议	140
10.1 实施建议	140

1 项目背景

1.1 任务来源

河南省是全国著名的钼生产大省，钼矿总储量及采选能力均位于全国第一。钼工业大气污染物和水污染物中含有一定量钼、铅、汞、砷等重金属元素。重金属元素具有较强的迁移、富集和隐藏性，可经空气、水、食物链等途径进入人体，生物毒性显著，易引发慢性中毒，具有致癌、致畸及致突变作用，对免疫系统有一定影响，威胁人体健康和食品安全。由于重金属污染持续时间长、不可降解性使部分地区水体底泥、场地和土壤中污染物不断累积，潜在事故风险较高。我省在长期的矿产开采、加工以及工业化进程中累积形成的重金属污染近年来逐渐显现，污染事件呈多发态势，对生态环境和群众健康构成了严重威胁。

为进一步强化重金属污染物排放控制，有效防控涉重金属环境风险，2022年3月生态环境部发布了《关于进一步加强重金属污染防控的意见》（环固体〔2022〕17号），意见中提出“健全标准，加强重金属污染监管执法。完善重金属污染物标准体系。研究修订铅锌、电镀等行业污染物排放标准，加快制定出台废水重金属在线监测系统安装、运行、验收技术规范。修订《重点重金属污染物排放量控制目标完成情况评估细则（试行）》。省级生态环境部门结合本地区突出的重金属污染问题，加强地方排放标准体系建设，对于涉锰、锑、钼等产业分布集中的地区，要加快研究制定地方性生态环境标准，推动解决区域性特色行业污染问题。”

为有效防控涉重金属环境风险，确保我省重金属污染物减排目标和防控任务的实现，保护生态环境安全，保障人民群众健康，河南省生态环境厅2022年7月印发了《河南省进一步加强重金属污染防控工作方案》（豫环文〔2022〕90号），方案中明确“（十二）强化重金属污染监控预警。加快研究制定锑、钼等重金属地方排放标准，推动解决我省涉锑、涉钼等行业污染问题。建立健全重金属污染监控预警体系，提升信息化监管水平。”

目前，国家尚未制定钼行业污染物排放标准，河南省钼行业污染物排放仍执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）、《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）等综合性排放标准，行业针对性不强，污染物排放限值相对宽松，不利于河南省钼行业污染物的控制和削减以及区域环境质量改善。

为贯彻生态环境部《关于进一步加强重金属污染防治的意见》（环固体〔2022〕17号）及《河南省进一步加强重金属污染防治工作方案》（豫环文〔2022〕90号）等相关文件要求，结合我省钼工业企业发展及污染物排放现状，研究制定针对河南省钼工业企业的污染物排放标准是十分必要的。2024年4月19日河南省市场监督管理局印发了《关于下达2024年第一批河南省地方标准制修订计划的通知》（豫市监函〔2024〕53号），该通知将河南省《钼工业污染物排放标准》列入2024年度河南省地方标准修订计划，项目编号为20241210003。

1.2 工作过程

本标准编制工作由河南省生态环境厅固体废物与化学品处牵头组织，郑州大学、河南省生态环境监测和安全中心作为技术承担单位，负责标准的具体研究起草，河南冠宇环保科技有限公司作为协作单位参与标准的制定工作。

按照标准制修订工作程序的要求，本标准制定过程整体可分为前期调研、标准草案、征求意见、送审、报批五个阶段。

1.前期调研阶段（2023年11月）

标准编制任务下达后，河南省生态环境厅固体废物与化学品处牵头组织，郑州大学、河南省生态环境监测和安全中心、河南冠宇环保科技有限公司为标准起草单位并成立了标准编制组，开展了前期资料收集和调研工作，收集了省内钼工业企业环保手续资料以及现有的相关国家标准、行业标准、河南省地方标准，进行系统梳理与深入研究，确定了本标准初步技

术路线，在前期调研分析基础上结合各方资料和需求痛点，进一步确定标准技术内容和框架。

2.标准草案阶段（2023 年 12 月～2025 年 3 月）

标准编制组制定了标准编制工作计划、编写大纲，明确任务分工及各阶段进度时间。标准编制组在充分收集、整理、分析我省钼工业企业现状资料的基础上，于 2023 年 12 月编写完成了《钼工业污染物排放标准》标准草案，并正式向河南省市场监督管理局提出立项申请。2024 年 4 月 19 日，河南省市场监督管理局批准立项，标准制定工作正式启动。

3.征求意见阶段（2025 年 4 月）

本标准经过多次标准编制研讨、咨询、现场调研和论证，最终形成了《钼工业污染物排放标准》（征求意见稿）及《钼工业污染物排放标准编制说明》（征求意见稿）。按照相关程序，标准起草组对本标准广泛征求社会各界意见，其中包括生态环境部办公厅、各省辖市人民政府、生态环境厅各部门、自然资源厅、水利厅等以及企业如洛阳栾川钼业集团冶炼有限责任公司、金堆城钼业汝阳有限责任公司、中国黄金集团中原矿业有限公司等单位。本次征求意见共计发出征求意见函 55 份，回函的单位或专家有 55 个（其中无意见的 50 份），回函并有建议或意见的单位或专家有 5 个。共计收到 36 条意见或建议，其中采纳了 33 条，部分采纳 1 条，未采纳 2 条。部分采纳及未采纳的理由和依据在征求意见汇总表中予以了说明。本标准在征求意见阶段无重大意见分歧。编制组在认真研究的基础上对征求意见稿进行了修订和完善。

2 钼行业概况

2.1 国内钼行业概况

2.1.1 中国钼资源储量及分布

中国是世界上钼矿资源最为丰富的国家，根据自然资源部《中国矿产资源报告（2024）》，2022 年我国钼矿储量约为 590.05 万 t，2023 年我国钼矿储量约为 780.56 万 t。截至 2023 年底，我国钼矿储量增长 32.3%。

与美国和智利等世界主要钼资源国相比，中国钼矿的主要特征就是大型矿床多，但品位低，平均品位小于 0.1%的低品位矿床，储量占总储量的 65%，其中小于 0.05%的占 10%。中等品位（0.1%~0.2%）矿床占总储量的 30%，品位较富的（0.2%~0.3%）矿床占总储量的 4%，而品位大于 0.3%的富矿只占总储量的 1%。

就中国钼矿分布地域上看，中南占全国钼总储量的 35.7%、东北占全国钼总储量的 19.5%、西北占全国钼总储量的 13.9%、华北占全国钼总储量的 12%，西南仅占全国钼总储量的 4%。按省（区）计，河南省最多，占全国钼矿总储量的 30.1%，其次是陕西省占 13.6%、吉林省占 13%，这三个省的钼矿储量占全国总量的 56.7%。另外储量较多的省（区）还有：山东占 6.7%、河北占 4%、辽宁占 3.7%、内蒙古占 3.6%。这 7 个省（区）合计储量占全国钼矿总储量的 74.7%。

另外经查询相关资料，中国前十名钼矿资源储量及分布见下表。

表 2.1-1 中国前十名钼矿资源分布及储量一览表

序号	钼矿名称	钼资源储量（万吨）	分布位置
1	栾川冷水-赤土店钼矿	317.04	河南省洛阳市栾川县
2	岔路口钼矿	246.67	黑龙江省大兴安岭松岭区
3	金寨沙坪沟钼矿	239.02	安徽省金寨县
4	大黑山钼矿	109	吉林省
5	金堆城钼矿	78	陕西省
6	迪彦钦阿木钼矿	77.8	内蒙古锡林郭勒盟东乌珠穆沁旗辖区
7	鹿鸣钼矿	75.18	黑龙江省铁力市
8	上房沟钼矿	72.56	河南省洛阳市栾川县

9	东沟钼矿	68.98	河南省洛阳市汝阳县
10	三道庄钼矿	67.25	河南省洛阳市栾川县

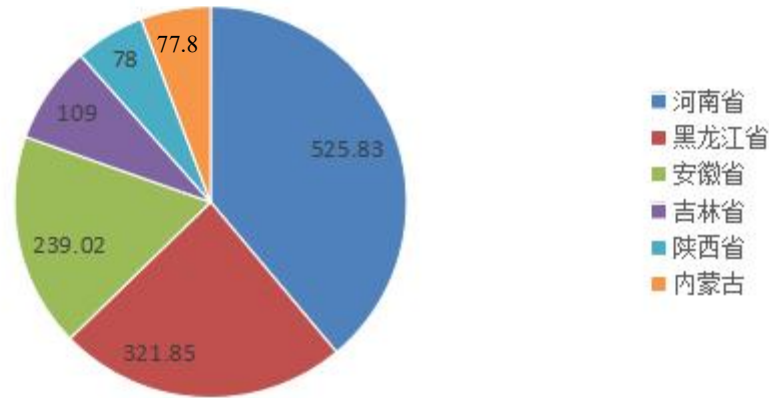


图 2.1-1 中国十大钼矿储量分布示意图 (单位: 万吨)

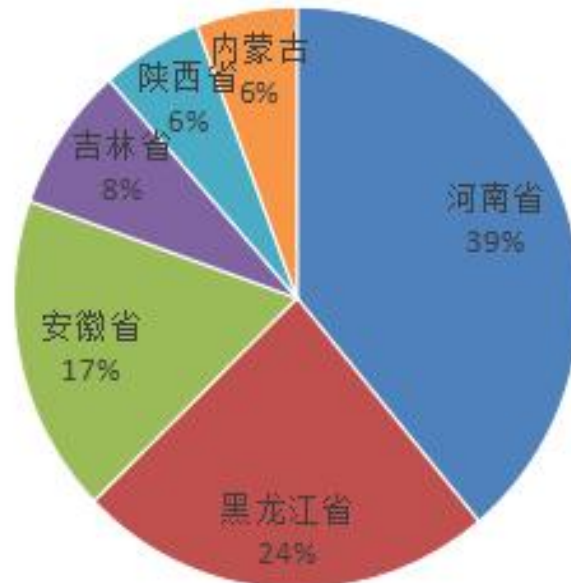


图 2.1-2 中国十大钼矿储量分布占比示意图

2.1.2 国内钼行业发展情况

我国钼产品生产已有 60 多年的历史，已形成采、选、冶、深加工为一体的钼产品生产体系。我国虽然是钼储量和产量大国，但却不是钼工业强国，产品主要以原矿及氧化钼等钼矿初级产品为主，钼的深加工产品如钼化工产品、钼粉及其制品等规模较小且高质量产品少。钼冶炼加工生产

水平与国际先进水平相比，在工艺设备、成品率、质量稳定性、生产成本、产品的技术附加值、经济效益等方面差距较为明显，产业技术含量低、产业链条短、产品附加值不高。

2.2 河南省钼行业概况

根据调研，河南省钼有关产品主要包括钼原矿、钼精矿、钼焙砂、钼铁、高纯三氧化钼、钼金属、二硫化钼、钼酸、钼酸铵和钼酸钠。按照《国民经济行业分类》（GB/T 4754-2017），本标准涵盖的钼工业国民经济行业类别为B0931（钨钼矿采选）中的钼矿采选、C3231（钨钼冶炼）中的钼冶炼以及C3240（有色金属合金制造）中生产钼合金的钼工业企业，包含的钼有关产品为钼矿石、钼精矿、氧化钼、钼铁、钼金属，不包括再生钼企业及钼金属压延加工企业。

2.2.1 区域分布

根据调查，河南省是中国钼矿储量大省，钼矿储量全国第一。我省钼工业企业分布比较集中，大多聚集在洛阳市栾川县，其中栾川县以钼矿采选为主，栾川县也被誉为“中国钼都”，其他钼工业企业在洛阳市宜阳县、伊川县、汝阳县和嵩县也有少量分布。除河南省洛阳市以外的地市，钼企业还分布在郑州市登封市、开封市兰考县、许昌市长葛市、三门峡市卢氏县，其他地市均无钼工业企业。

目前在本标准适用范围内的河南省各地市钼工业企业数量统计见下表。

表 2.2-1 河南省内本标准涵盖的钼工业企业各地市分布情况表

序号	所在地市	现有钼工业企业数量（家）
1	郑州市	2
2	开封市	1
3	洛阳市	30
4	平顶山市	0
5	安阳市	0
6	鹤壁市	0
7	新乡市	0
8	焦作市	0

序号	所在地市	现有钼工业企业数量（家）
9	濮阳市	0
10	许昌市	1
11	漯河市	0
12	三门峡市	1
13	南阳市	0
14	商丘市	0
15	信阳市	0
16	周口市	0
17	驻马店市	0
18	航空港经济综合实验区	0
19	济源市	0
合计		35

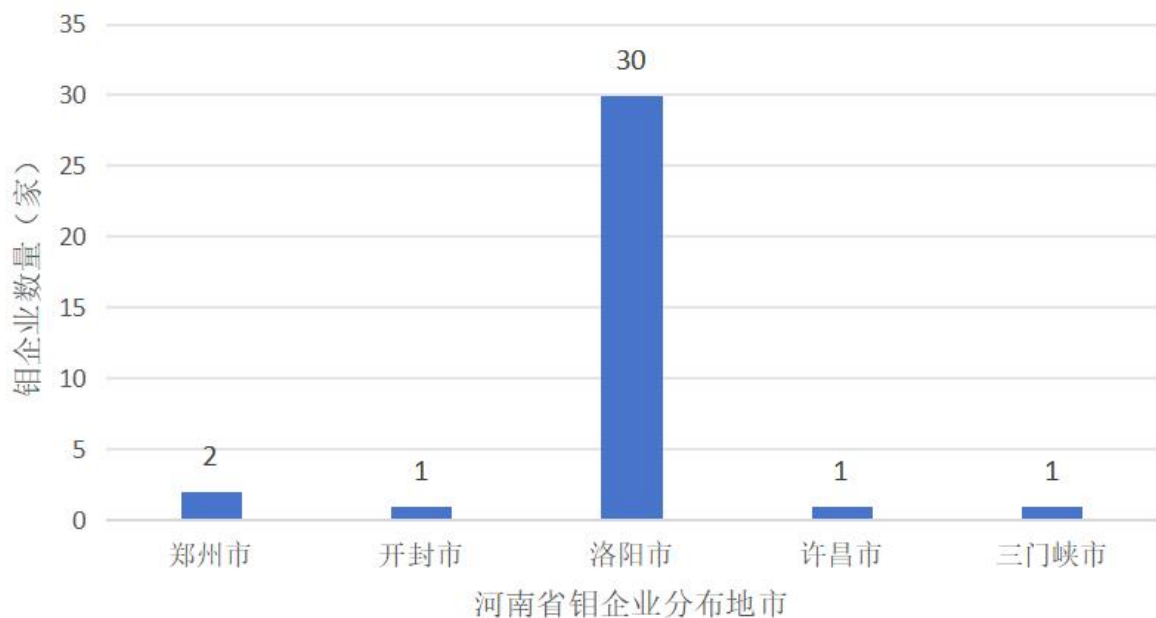


图 2.2-1 河南省钼企业各地市分布示意图

2.2.2 企业分类

根据调研，按照企业类型分类，省内 35 家钼生产企业中有 24 家为钼矿采选类企业，8 家为钨钼冶炼，1 家为有色金属合金制造，2 家既涉及钨钼冶炼也涉及有色金属合金制造。由此可见，我省钼工业发展以钼矿采选为主，钼冶炼为辅。

表2.2-2 河南省钨企业行业类别及所在地市调研统计表

序号	企业名称	行业类别	所在地市	生产情况
1	洛阳富川矿业有限公司上房沟钨矿	钨钼矿采选	洛阳市 栾川县	在产
2	洛阳栾川钨业集团有限责任公司三道庄钨矿	钨钼矿采选		在产
3	洛阳栾川钨业集团股份有限公司选矿一公司	钨钼矿采选		在产
4	洛阳栾川钨业集团股份有限公司选矿二公司	钨钼矿采选		在产
5	洛阳栾川钨业集团股份有限公司选矿三公司	钨钼矿采选		在产
6	栾川恒裕矿业有限公司	钨钼矿采选		在产
7	栾川县鑫鑫矿业有限公司	钨钼矿采选		在产
8	栾川龙宇钨业有限公司	钨钼矿采选		在产
9	栾川县长青钨钼有限责任公司	钨钼矿采选		在产
10	洛阳栾川钨业集团冶炼有限责任公司	钨钼冶炼、有色金属合金制造		在产
11	洛阳钨都钨钼科技有限公司	钨钼冶炼		已停产
12	洛阳多华钨业有限公司	钨钼冶炼		在产
13	栾川县润华矿业有限公司	钨钼矿采选		已停产
14	栾川县三友选矿有限公司	钨钼矿采选		已停产
15	洛阳开拓者矿业有限公司	钨钼矿采选		在产
16	栾川县富阳矿业有限公司	钨钼矿采选		在产
17	栾川县瑞达矿业有限公司	钨钼矿采选		在产
18	栾川鑫曙博远选矿有限公司	钨钼矿采选		在产
19	栾川县天和矿业有限公司	有色金属矿采选业		已停产
20	栾川县和顺钨粉精加工有限公司	钨钼矿采选		2023年8月验收后一直未生产
21	栾川县大东坡钨钼矿业有限公司	钨钼矿采选		在产
22	栾川县三强钨钼有限公司	钨钼矿采选		在产
23	栾川锦鑫矿业有限公司	钨钼矿采选		在产
24	栾川县众和冶金炉料有限公司	钨钼矿采选		在产
25	洛阳科硕钨钼材料有限责任公司	钨钼冶炼	洛阳市 宜阳县	在产
26	洛阳豫鸣实业有限公司	钨钼冶炼	洛阳市 伊川县	在产
27	汝阳县泰盈炉料有限公司	钨钼冶炼	洛阳市 汝阳县	在产
28	洛阳博华实业有限公司	钨钼冶炼、有色金属		在产

序号	企业名称	行业类别	所在地市	生产情况
		属合金制造		
29	金堆城钼业汝阳有限责任公司	钨钼矿采选		在产
30	嵩县丰源钼业有限责任公司	钨钼矿采选	洛阳市 嵩县	在产
31	兰考县昌盛实业有限公司	钨钼冶炼	开封市 兰考县	在产
32	登封市嵩山钨钼材料有限公司	钨钼冶炼	郑州市 登封市	在产
33	登封市煜昊高温元件有限公司	钨钼冶炼		2019年自钼粉生产线建成后一直停产至今
34	中国黄金集团中原矿业有限公司	钨钼矿采选	三门峡市 卢氏县	在产
35	长葛市鑫涛金属有限公司	有色金属合金制造	许昌市 长葛市	在产
备注：上述企业清单来源于各地市生态环境局调研统计。				

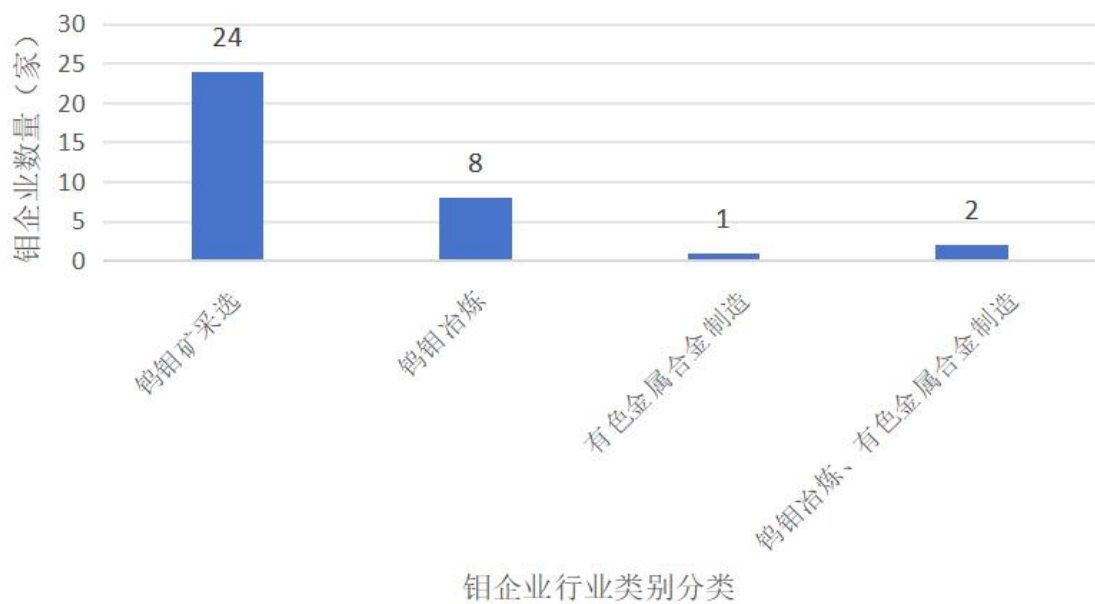


图 2.2-2 河南省钼工业各行业类别企业数量分布图

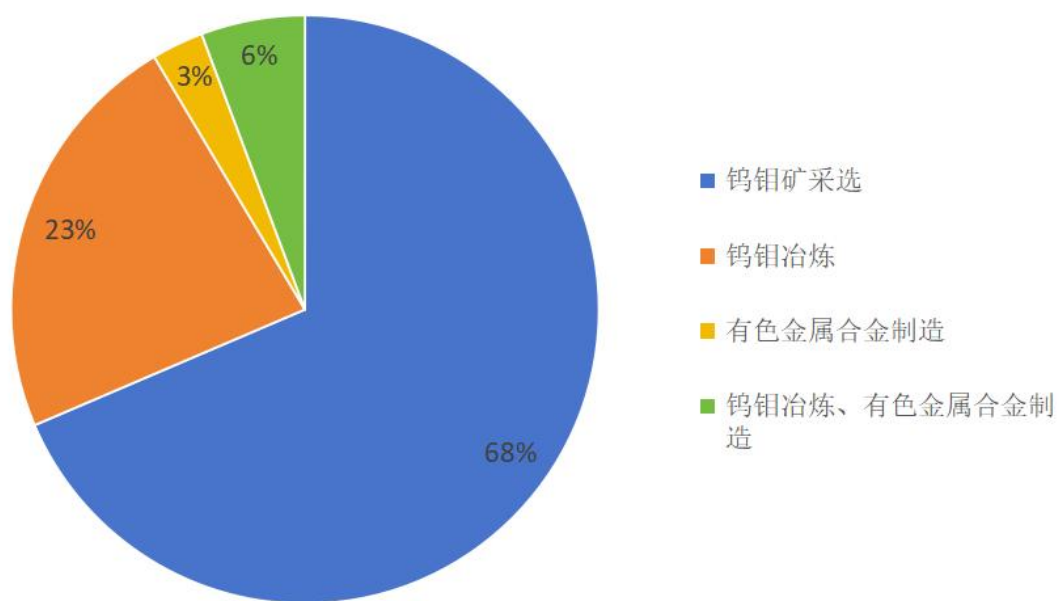


图 2.2-3 河南省钼工业各行业类别企业数量占比图

2.2.3 企业产能情况统计

根据调研企业情况，目前河南省钼工业产品、设计生产规模及工艺情况详见下表。

表2.2-3 河南省现有钼企业调研基本情况统计表

序号	企业名称	钼产品	设计生产规模	实际产能 (t/a)			工艺流程	废水去向
				2021年	2022年	2023年		
1	洛阳富川矿业有限公司上房沟钼矿	钼矿石	165 万 t/a	165 万	165 万	165 万	钼矿石开采工艺：剥离→钻孔→爆破→排土→运输； 钼矿石破碎工艺：运输→破碎→运输（皮带传送）	①矿山淋溶水经沉淀后用于矿区洒水降尘，不外排；②生活污水经污水处理设备处理后用于绿化灌溉，不外排。
2	洛阳栾川钼业集团有限责任公司三道庄钼矿	钼矿石	990 万 t/a	990 万	990 万	990 万	采用公路开拓、汽车运输、组合台阶采矿法，工艺流程为：牙轮钻机穿孔→电铲铲装→汽车运输台阶式采剥； 汽车→破碎→溜井→皮带（汽车或电机车）开拓运输系统	①采区涌水（含降水、淋溶水）沿排水系统流入下游的初期雨水收集池、淋溶水池，经沉淀、过滤和净化后，部分回用于采区抑尘，部分用于下游选矿分公司生产使用；②生活污水经化粪池处理后，用于附近林地、荒草的绿化和道路降尘，不外排。
3	洛阳栾川钼业集团股份有限公司选矿一公司	钼精矿（品位45%）	9570t/a	7322.4	8145.13	9018.16	原矿输送→破碎→筛分→球磨→粗选→精选→压滤→包装	①生产废水循环使用不外排；②生产区员工入厕废水由旱厕暂存，定期清理肥田；办公区及住宿区生活污水进入化粪池沉淀处理后随尾矿浆一同进尾矿库沉淀处理后回用，不外排。
4	洛阳栾川钼业集团股份有限公司选矿二公	钼精粉	8349t/a	7625	7543	7362	原矿石→破碎→筛分→磨矿→浮选→精矿压滤→精矿烘干→精矿	①生产废水全部回用不外排；②生活污水由化粪池处理后经管道收集到沉淀池沉淀后上清液打入

序号	企业名称	钼产品	设计生产规模	实际产能 (t/a)			工艺流程	废水去向
				2021年	2022年	2023年		
	司							回水池用于选矿生产不外排，沉淀泥打入尾矿库。
5	洛阳栾川钼业集团股份有限公司选矿三公司	钼精矿（品位52%）	5641t/a	5901	5889	5877	钼矿石→皮带运输→破碎→筛分→高压辊磨→微粉筛→皮带运输→球磨→浮选→压滤→钼精矿→排尾	①生产废水全部回用不外排；②生活污水部分由旱厕及水冲厕暂存，定期清掏用作农肥，部分生活污水由化粪池预处理后泵至高位水池回用于生产不外排。
6	栾川恒裕矿业有限公司	钼精矿（品位45%）	1780.28 t/a	0	0	1038	三段一闭路破碎→阶段闭路磨矿→浮选柱和浮选机联合浮选→压滤、干燥两段脱水	①生产废水全部回用不外排；②生活污水经一体化污水处理设备处理后进入尾矿库沉淀澄清后回用于生产不外排。
7	栾川县鑫鑫矿业有限公司	钼矿石、钼精矿（品位38%）	钼矿石 90 万 t/a、钼精矿 990t/a	1030	1050	1050	原矿石→碎矿→球磨→浮选（一粗三扫一精、粗精矿再磨再选）→精矿脱水→尾矿输送	①生产废水进入尾矿库经澄清沉淀后返回选厂高位水池回用于生产，不外排；②食堂废水先经隔油池预处理后与其他生活污水经化粪池预处理后进入尾矿库澄清沉淀后回用于生产，不外排。
8	栾川龙宇钼业有限公司	钼矿石、钼精矿（47%）	钼矿石 495 万 t/a、钼精矿 5705.08	5243.4（钼精矿）	5425.28（钼精矿）	6345.87（钼精矿）	钼矿石开采工艺：剥离→钻孔→爆破→排土→运输；选矿：原矿输送→破碎→筛分→磨矿→浮选→精矿浓密、压滤→精矿烘干→包装	生产废水与生活污水经处理后全部回用，不外排。

序号	企业名称	钼产品	设计生产规模	实际产能 (t/a)			工艺流程	废水去向
				2021年	2022年	2023年		
			t/a				→尾矿输送	
9	栾川县长青钨钼有限公司858 矿山	钼矿石	年采矿30 万 t/a	30 万	30 万	30 万	井下开采→地下运输→装储运	①矿井涌水部分用于场地洒水降尘，部分用于车辆冲洗，部分经管道自流回用于下游选厂，不外排；②食堂废水经隔油池预处理后与其他生活污水经一体化污水处理设施用于下游选厂，不外排。
	栾川县长青钨钼有限公司三分厂	钼精矿	2900t/a	2164	2317	2248	钼矿石经三段一闭路破碎→一段闭路磨矿→一次粗选、三次精选、三次扫选、一次精扫选，压滤、干燥得钼精矿	①生产废水进入尾矿库后澄清沉淀后回用于生产，不外排；②生活污水经一体化生活污水处理设施处理后排放至尾矿库经尾矿库沉淀澄清后回用于生产，不外排。
10	洛阳栾川钼业集团冶炼有限责任公司	氧化钼（钼含量>51%）、钼铁（钼含量>60%）	氧化钼36600t/a	32134.1391	32511.6599	32743.4	①氧化钼生产工艺：钼精矿预处理（烘干、粉碎）→上料→焙烧→冷却→料仓缓存→混料、磨细→包装；②钼铁生产工艺：上料→配料（氧化钼、石灰、钢屑、铁磷、硅铁、钼粒、钼铁尘、硝酸钠）→制炉基→上料冶炼→冷却→放渣、冲渣→水冷却	①生产废水部分经污酸处理站处理后回用于生产，不外排，钼铁水淬冲渣冷却循环水循环使用，不外排；②生活污水经一体化MBR 处理系统处理后用作绿化用水及厂地洒水降尘，不外排。
			钼铁27000t/a	22827	24958.73	25563		
			硫酸38265.4 t/a	36454.09	36130.76	34707.78		

序号	企业名称	钼产品	设计生产规模	实际产能 (t/a)			工艺流程	废水去向
				2021年	2022年	2023年		
							→粗碎→细碎、筛分→包装； ③制酸工艺：净化→干吸→转化→尾气吸收（非稳态制酸）	
11	洛阳钼都钨钼科技有限公司	钼焙砂、钼铁、纯钼粉、钼条	5000t/a （目前仅生产氧化钼）	4110 （氧化钼）	3310 （氧化钼）	956 （氧化钼）	①钼焙砂工艺：钼精矿及仲钨酸铵除钼渣→闪蒸干燥→焙烧（回转窑）→破碎→混料；②钼铁工艺：配料（硅粉、钼粉、铁屑、萤石、钼焙砂）→混料→冶炼→放渣→冷却→破碎→包装；③钼粉工艺：外购高纯氧化钼→一次还原炉→二次还原炉→筛分→混批→包装	①钼铁循环冷却水部分回用于车间清洗补水，剩余直接排放；②食堂废水经隔油池处理后与其他生活污水汇入化粪池进入生活污水处理系统采用两级生化处理达标后外排（生活污水直接排放）。
12	洛阳多华钼业有限公司	氧化钼（52%）	5000t/a	2811.7	4320.337	4564.825	钼精矿→上料→焙烧→冷却→破碎、筛分→料仓缓存→混合配料→产品	无生产废水，生活污水不外排。
13	栾川县润华矿业有限公司	钼精粉（47%）	715.2t/a	450	480	490	钼矿石→破碎→筛分→球磨→钼选→钨选→磁选	①生产废水在尾矿库内澄清后全部回用于选厂，不外排；②生活污水打入砂浆泵，流入尾矿库澄清后回用于生产，不外排。

序号	企业名称	钼产品	设计生产规模	实际产能 (t/a)			工艺流程	废水去向
				2021年	2022年	2023年		
14	洛阳开拓者矿业有限公司	钼精粉(47%)	1798t/a	0	处理钼原矿 65 万	处理钼原矿 95 万	“三段一闭路碎矿——阶磨阶选——脱水”：原矿石→破碎→磨矿→浮选→脱水→钼精矿粉	①生产废水部分进入尾矿库经澄清沉淀后回用于选矿，不外排；部分生产废水直接回用于选矿，不外排；②生活污水经化粪池处理后，通过管道引入清河堂村污水处理站，处理达标后用于绿化，不外排。
15	栾川县富阳矿业有限公司	钼精粉	600t/a	0	300	600	钼矿石→破碎、筛分→料仓缓存→球磨→浮选→压滤→烘干→钼精粉→包装→成品	生产废水、生活污水均收集后进入尾矿库澄清后回用于生产，不外排。
16	栾川县瑞达矿业有限公司	钼精矿	2000t/a	1400	1650	1785	钼矿石→粗碎-中细碎-筛分-球磨-浮选-干燥-排尾	生产废水、生活污水均收集后进入尾矿库澄清后回用于生产，不外排。
17	栾川鑫曙博远选矿有限公司	钼精矿(47%)	1240t/a (日处理 2700t 钼矿石)	1630	1620	1220	钼矿石→粗碎-中细碎-筛分-球磨-浮选-干燥-排尾	①生产废水打入尾矿库澄清后回用于选矿生产，不外排；②生活污水经预处理后用于周边绿化用水，不外排。
18	栾川县和顺钼粉精加工有限公司	钼精矿	570t/a	0	0	0	低品位钼精矿→给料→搅拌→橡胶球磨→浮选→分离→真空过滤→产品	①生产废水压滤废水进入沉淀池内，澄清后回用于生产，不外排。②生活污水经化粪池处理后进入市政污水管网，最终进入栾川县

序号	企业名称	钼产品	设计生产规模	实际产能 (t/a)			工艺流程	废水去向
				2021年	2022年	2023年		
								第一污水处理厂（生活污水间接排放）。
19	栾川县大东坡钨钼矿业有限公司	钼精矿	1500t/a	1236	961	1020	原矿→破碎→筛分→球磨→浮选→烘干→产品	①生产废水经尾矿库收集后循环利用，不外排；②生活污水经化粪池处理后排入城镇污水管网（生活污水间接排放）。
20	栾川县三强钨钼有限公司	钼精矿	87t/a (设计原矿处理量2700t/a)	1135.1	622.4	692.4	钼原矿→破碎→筛分→磨矿→浮选→压滤→产品	①车间冲洗水、精矿脱水、尾矿水尾矿库澄清后，全部循环利用不外排；②生活污水经化粪池+尾矿库澄清后回用，不外排。
21	栾川锦鑫矿业有限公司	钼精矿(37%)	500t/a (设计原矿处理量30万t/a)	0	4800	3200	矿石→原料堆场→粗破→筛分→细破→料仓→磨矿→分级→搅拌→粗选→精选→压滤→钼精粉	①生产废水精矿压滤废水、地面冲洗水经沉淀池沉淀后回用于生产，尾矿水进入尾矿库澄清沉淀后回用于生产，不外排；②生活污水经化粪池处理后送入尾浆池与尾矿一同泵入尾矿库澄清后回用于生产，不外排。
22	栾川县众和冶金炉料有限公司	钼精粉(45%)	2262t/a	2084	1164	1153.9	钼原矿→破碎→磨矿→浮选→干燥→钼精粉	①生产废水车间地面及设备冲洗水经地埋管道或排水渠进入渣浆

序号	企业名称	钼产品	设计生产规模	实际产能 (t/a)			工艺流程	废水去向
				2021年	2022年	2023年		
	司							池处理后回用生产不外排，磨矿废水直接排入浮选回用生产，压滤水经沉淀后排入渣浆池处理后回用生产不外排，尾矿库回水循环回用于生产不外排；②生活污水经化粪池处理后一起汇入动力车间然后送至尾矿库沉淀澄清后回用、不外排。
23	洛阳科硕钨钼材料有限责任公司	钼酸铵、钼粉	钼酸铵 1000t/a (2022至今停产)	44.5	0	0	①钼酸铵生产工艺：钼焙砂（加硝酸）→酸洗→抽滤→滤饼→氨浸→压滤→滤液→酸沉（加硝酸、水）→洗涤→脱水→烘干→筛分→混批→包装→钼酸铵成品；②钼粉生产工艺：钼酸铵→焙烧→一次还原→二次还原→过筛→合批→检验→包装→钼粉成品	①生产废水循环使用，不外排；②生活污水经化粪池预处理后排入产业集聚区污水处理厂（生活污水间接排放）。
			钼粉 2000t/a	247	226	468		
24	洛阳豫鸣实业有限公司	钼铁	4000t/a	2100	2600	3000	氧化铁皮→破碎→计量配料（硅粉、钼粉、氧化钼、铁屑、硝酸钠、氧化钙）→混合→冶炼→钼铁→冷却→破碎→包装	生产废水及生活污水均不外排。

序号	企业名称	钼产品	设计生产规模	实际产能 (t/a)			工艺流程	废水去向
				2021年	2022年	2023年		
25	汝阳县泰盈炉料有限公司	氧化钼（52%-55%）、钼铁（55%-60%）	氧化钼11000t/a（其中6500t用于生产钼铁，其余外售）、钼铁6000t/a	350（钼铁）	400（钼铁）	600（钼铁）	①氧化钼生产工艺：钼精矿→配料→闪蒸干燥→焙烧→破碎、混料→氧化钼；②钼铁生产工艺：氧化钼、硅铁粉、铝粉、氧化皮、钢屑等→混料→冶炼→放渣→冷却→筛分→钼铁	①钼铁冷却水循环使用，定期补充，不外排；②生活污水中职工洗涤废水经收集池收集后用于钼铁冷却，卫生间冲厕水经化粪池预处理后用于农田施肥，不外排。
26	洛阳博华实业有限公司	氧化钼（中间产品）、钼铁（最终产品）	氧化钼3652t/a（中间产品）、钼铁2400t/a（最终产品）	钼铁2000	钼铁1900	钼铁2100	钼精矿→破碎→焙烧（单膛反射焙烧炉）→氧化钼（加入硅粉、铝粉、氧化铁皮等）→冶炼→放渣→冷却→包装→成品	①钼铁生产循环冷却水循环使用，不外排；②生活污水经化粪池预处理后排入汝阳县产业集聚区污水处理厂（生活污水间接排放）。
27	金堆城钼业汝阳有限责任公司	钼矿石、钼精矿	钼矿石660万t/a、钼精矿	钼精矿15782	钼精矿17436.8	15804.2	钼矿石开采工艺：剥离→钻孔→爆破→排土→运输；选矿：钼矿石→旋回破碎→磨矿、分级→粗选→再磨→精	选矿废水和生活污水均经处理后一并排入尾矿库，经澄清处理后回水回用于选矿系统，不外排。

序号	企业名称	钼产品	设计生产规模	实际产能 (t/a)			工艺流程	废水去向
				2021年	2022年	2023年		
			14467.2 t/a				选→浓缩→压滤→装袋（产品）	
28	嵩县丰源钼业有限责任公司	钼矿石、钼精矿（45%-50%）	露天采矿 99 万 t/a、钼精矿 1800t/a	1420	1850	1620	钼矿石开采工艺：剥离→钻孔→爆破→排土→运输；选矿：钼矿石→破碎→磨矿→浮选→压滤→烘干→钼精矿产品	①矿井涌水收集后泵送至大烟沟（接续）尾矿库澄清，随尾矿回水循环利用，不外排；②雨水经排土场挡渣墙下游沉淀池沉淀后排入下游沟谷，后经 950m 汇入武松川，后向东南经 17km 最终汇入伊河。
29	兰考县昌盛实业有限公司	氧化钼（钼焙砂）、钼铁	氧化钼 5089.2t/a、钼铁 2000t/a	2299.154（氧化钼）、钼铁 0	2711.228（氧化钼）、钼铁 0	4794.665（氧化钼）、钼铁 0	①氧化钼生产工艺：钼精矿→上料→闪蒸干燥→回转窑焙烧→粉碎、筛分→包装→成品入库；②钼铁生产工艺：原料（废钼渣、钼焙砂、硅铁、铝粒、废钢屑、废铁皮、石灰粉、硝酸钠）→上料→配料混合→加料生产（镁条）→放渣（渣→破碎→湿式球磨→摇床分离→上料）→冷却→精整（渣子同渣处理工序）→破碎、筛分→包装→成品	①钼铁冷却水循环使用，不外排；②生活污水经化粪池预处理后排入市政污水管网（生活污水间接排放）。

序号	企业名称	钼产品	设计生产规模	实际产能 (t/a)			工艺流程	废水去向
				2021年	2022年	2023年		
30	登封市嵩山钨钼材料有限公司	钼粉(中间产品), 最终产品钼制品	钼粉 30t/a、钼制品 120t/a	185	191	193	钼酸铵→一次还原→二次还原→钼粉→混料筛分→压制成坯(外协)→烧结→钼制品→高温预烧→锻造→机加工→质检→包装入库	①设备冷却系统冷却水循环使用不外排; ②生活污水经化粪池处理后用于厂区绿化, 不外排。
31	中国黄金集团中原矿业有限公司	钼矿石、钼精粉	年处理钼矿石 99 万 t/a	0	0	0 (2024 年钼精粉产量为 89941)	采矿: 井下开采→地下运输→装储运; 选矿: 破碎、磨浮、脱水三个工段, 采用二段一闭路碎矿、阶段磨矿、一粗二扫、预精选、预选精矿再磨、二次浮选柱精选	①选矿废水、化验室水进入尾矿库沉淀澄清后回用, 不外排; ②生活污水收集后进入生化处理系统, 处理后进入尾矿水系统回用, 不外排。
32	长葛市鑫涛金属有限公司	钼铁合金	5400t/a	1100	2200	1500	原料(氧化钼、铁矿粉、硅铁粉、钢屑、铝粉、硝石、萤石、镁屑)→烘干→混料→熔炼→水淬→破碎→成品	①钼铁水淬冲渣冷却循环水循环使用, 不外排; ②生活污水经化粪池预处理后定期清掏肥田, 不外排。
备注: 栾川县三友选矿有限公司、栾川县天和矿业有限公司、登封市煜昊高温元件有限公司均已停产多年, 本表中未统计其生产基本信息。								

由上表可知, 调研的 32 家钼工业企业中 31 家生产废水回用不外排, 有 1 家企业钼铁循环冷却水部分回用,

部分直接排放；32 家企业中有 26 家生活污水不外排，1 家企业生活污水直接排放，5 家企业间接排放。另外根据调研，从事钼矿开采的企业矿山淋溶水沿排水系统流入下游的淋溶水池，经沉淀、过滤和净化后，部分回用于采区抑尘，部分用于下游选矿分公司生产使用。

表 2.2-4 河南省钼工业企业类别及清洁生产水平统计表

序号	企业类别	数量/家	清洁生产水平
1	采矿企业	7（其中 4 家包含有选矿）	已完成清洁生产审核的企业清洁生产水平一般为国内一般水平
2	选矿企业	19	已完成清洁生产审核的企业清洁生产水平一般为国内先进水平
3	冶炼企业	10	已完成清洁生产审核的企业清洁生产水平一般为国内先进水平

根据调研情况，在本标准涵盖范围内的钼企业产品为钼原矿石、钼精矿、氧化钼、钼铁及钼粉，其中生产钼精矿的企业数量占比较大。各产品目前设计产能统计见下表。

表 2.2-5 河南省钼工业各产品设计产能统计表

序号	产品名称	单位	年生产规模
1	钼矿石	吨	2598 万
2	钼精矿	吨	152415.76
3	氧化钼	吨	56189.2
4	钼铁	吨	46800
5	钼粉	吨	2030

2.2.4 河南省钼工业特点

（1）资源优势明显，产业集群分布相对集中

河南省拥有丰富的钼矿资源，是全国重要的钼产区之一。河南省钼企业及产能分布相对较集中，主要位于洛阳市栾川县地区，钼工业类型主要为钼矿采选类企业，洛阳市栾川县钼企业分布较多跟栾川县钼矿产储量息息相关，可以实现采、选、冶炼一体，栾川县有“中国钼都”的美誉。因栾川县钼矿储量大，栾川县当地规模较大的龙头企业如洛阳栾川钼业集团股份有限公司旗下有洛阳栾川钼业集团冶炼有限责任公司、洛阳栾川钼业集团股份有限公司选矿一公司、洛阳栾川钼业集团股份有限公司选矿二公司、洛阳栾川钼业集团股份有限公司选矿三公司等。另外在郑州、开封、三门峡、许昌有极少量钼企业分布。

（2）企业生产线相对单一

目前省内钼企业以钼矿初级产品为主，大多数为钼矿选矿企业，生产不同品位的钼精粉。个别企业同时生产氧化钼和钼铁，企业数量占比较少。目前省内生产线相对丰富的企业为洛阳栾川钼业集团股份有限公司，可以实现采、选、冶炼一体化，但其冶炼公司不生产钼粉，未实现从钼矿石到钼金属全流程产业链。省内钼相关产品企业数量统计见下表。

表 2.2-6 河南省钼工业产品企业数量统计表

序号	钼工业产品名称	生产企业数量（家）
1	钼矿石	3
2	钼精矿	16
3	钼矿石及钼精矿	4
4	氧化钼	2
5	钼铁	3
6	氧化钼及钼铁	2
7	钼粉	2
合计		32

2.2.5 行业装备及原辅材料使用情况

2.2.5.1 钼矿采选行业

钼矿采选行业分为钼采矿和钼选矿，钼采矿企业主要包括露天开采和地下开采，钼选矿企业以钼原矿石为主要原料，加以煤油、2#油等浮选药剂经破碎、磨矿、浮选等工艺生产钼精矿。

表 2.2-6 钼矿采选行业主要生产装备及原辅材料情况一览表

类别		主要生产装备	原辅材料	能源类型
钼采矿	露天开采	露天潜孔钻、液压铲、推土机、前装载机、平地机、振动式压路机等	钼矿、炸药、柴油、机油等	燃油、电
	地下开采	矿用胶轮车、电机车、凿岩机、装岩机、装载机、空压机、电耙等	钼矿、炸药、雷管、柴油、机油等	燃油、电
钼选矿		变频可调振动给料机、圆锥破碎机、双层圆振筛、球磨机、水力旋流器、浮选柱、充气式浮选机、高效搅拌槽、浓密机、压滤机等	钼矿石、煤油、2#油、水玻璃、硫化钠、巯基乙酸钠等	电

2.2.5.2 钼冶炼行业

钼冶炼行业按照产品类型分，包括以钼精矿为原料生产氧化钼企业，以氧化钼为主要原料生产钼铁合金企业，以钼酸铵为原料生产钼粉的企业。钼冶炼行业主要生产设备、原辅材料基本情况见下表。

表 2.2-7 钼冶炼行业主要生产设备及原辅材料情况一览表

类别	主要生产设备	原辅材料	能源类型
钼冶炼	氧化钼 回转窑/多膛炉、破碎机、振动筛、螺旋输送机、提升机等	钼精矿	天然气、煤气、电等
	钼铁 冶炼炉、破碎机、圆筒筛、带式输送机、料仓、提升机、混料机等	氧化钼、硅铁、铁鳞、钢屑、铝粉、硝石、氧化钙等	天然气、煤气、电等
	钼粉 焙烧炉、一次还原炉、二次还原炉、振动筛等	钼酸铵或高纯三氧化钼	氢气、电

2.2.5.3 制酸工艺

钼冶炼行业在钼精矿焙烧工段会产生高浓度的含 SO₂ 烟气，此工段产生的焙烧烟气先经高温袋式收尘器收尘后送入制酸工段用于生产硫酸作为副产品。烟气制酸工艺既利用了烟气中的 SO₂ 也是焙烧熔炼烟气的重要脱硫治理措施。

表 2.2-8 钼冶炼制酸工艺及原辅材料情况一览表

类别	主要生产设备	原辅材料	主要生产工艺	能源类型
硫酸	文氏管、洗涤塔、间冷器、转化塔、电炉、干燥塔、吸收塔、循环水冷却塔等	钼精矿焙烧烟气（二氧化硫）	非稳态制酸工艺（包括净化、干吸、转化、尾气吸收）	电

2.2.6 我省钼工业企业发展水平

目前河南省内钼资源加工利用企业，除洛阳栾川钼业集团冶炼有限责任公司规模较大以外，其他均以个体投资为主，洛钼集团依靠自有矿山，实现采矿、选矿、冶炼一条龙，工艺配套完整，洛钼集团重视环保投入和管理，为提高核心竞争力，洛钼集团控成本、降能耗、重环保，生产规模及工艺装备拥有一定优势。中国移动河南公司联合华为公司、河南跃薪智

能机械有限公司、洛钼集团开发出国内首个无人采矿应用技术，把 5G 技术应用于矿山生产，在 5G 环境下应用无人采矿设备，打造无人矿山，在有效节省成本的同时，大幅提升矿区安全生产的保障能力。此外，在无人矿山条件下，矿区生产车辆的行驶速度可以提高到每小时 35 公里，生产效率显著提升。洛阳栾川钼业集团股份有限公司已建设全国首个应用无人采矿设备的矿山。另外根据《2022 年度河南省钼冶炼企业行业绿色发展水平分析报告》，洛阳栾川钼业集团冶炼有限责任公司绿色发展水平排名第一，河南省钼冶炼行业的绿色发展指数为 73.08，总体发展水平较高，在国内属于比较先进水平。

河南省外钼工业企业主要分布在黑龙江、陕西、内蒙古等地，这些地区的钼矿资源丰富，形成了相对集中的钼产业链。省外大型钼工业企业（例如金堆城钼业股份有限公司、陕西华钼实业有限公司等）在采矿、选矿、钼冶炼等行业所采用的生产工艺、生产装备、污染治理措施等与河南省差异不大，整体发展水平差距不大。

3 钼行业产排污情况及污染控制技术分析

3.1 钼行业主要生产工艺及产污分析

根据查阅文献资料及对河南省钼工业进行调研，河南省目前钼工业产品主要包括钼矿石、钼精矿、氧化钼（钼焙砂）、钼铁合金、钼酸钠、钼酸铵、二硫化钼、高纯氧化钼、钼粉及钼制品，钼工业类型主要包括采选、冶炼及钼化工。本标准主要适用范围为钼采选、钼冶炼，适用的钼工业企业类型为钼矿采选（采矿、选矿）、钼冶炼（氧化钼、钼铁、钼粉）。河南省钼工业全流程工艺流程见下图。

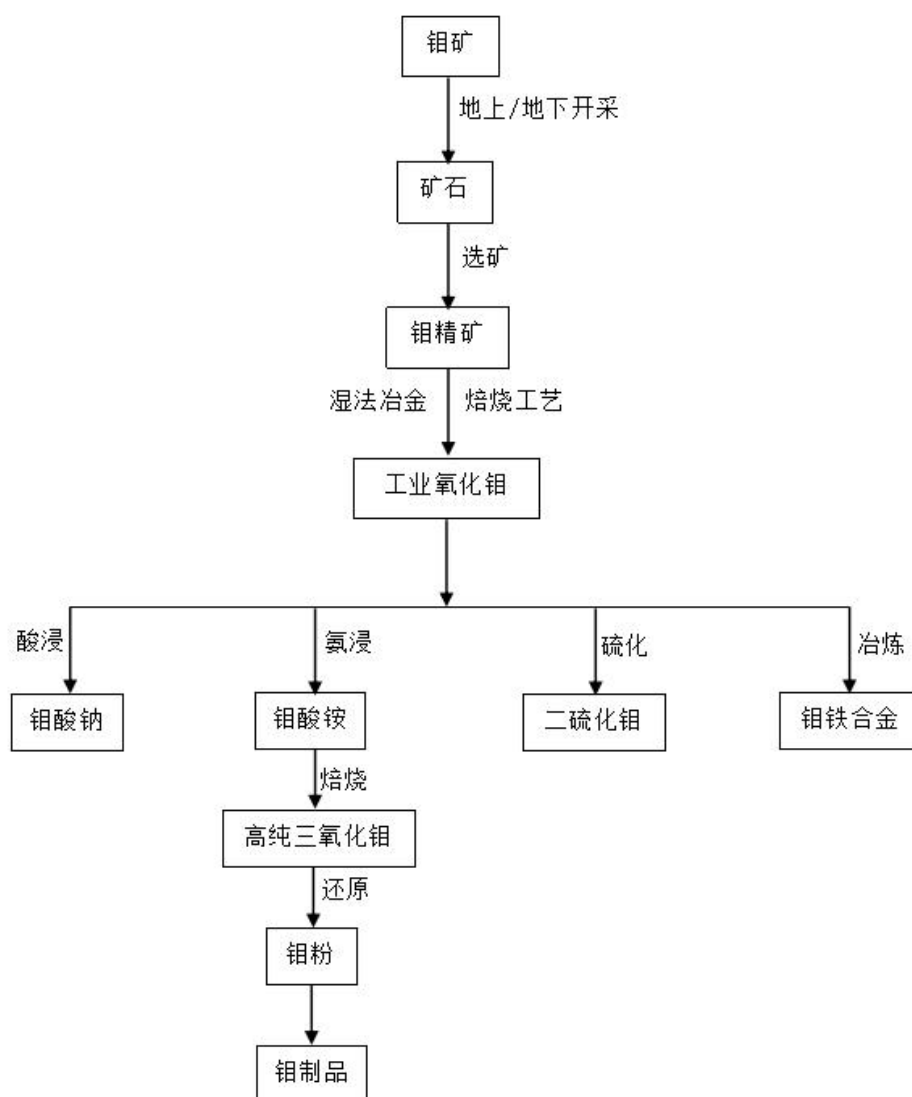


图 3.1-1 钼工业全流程工艺流程图

3.1.1 钼矿采选

钼矿采选主要包括采矿和选矿两部分。

3.1.1.1 采矿

(1) 生产工艺及产污环节

钼矿开采主要有两种形式，即露天开采和地下开采，采矿作业的顺序均为：准备、凿岩、钻孔、爆破、洒水、铲装、运输等。露天采矿工艺具体工艺流程见下图 3.1-2。

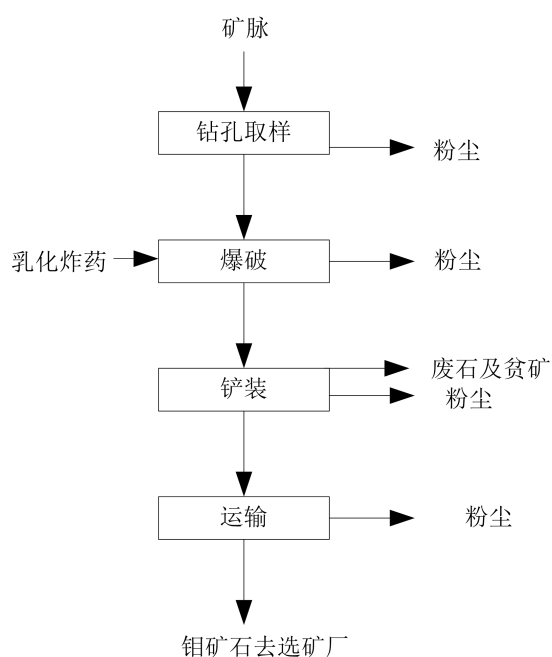


图 3.1-2 钼矿露天采矿生产工艺及产污环节图

地下采矿工艺具体工艺流程见下图。

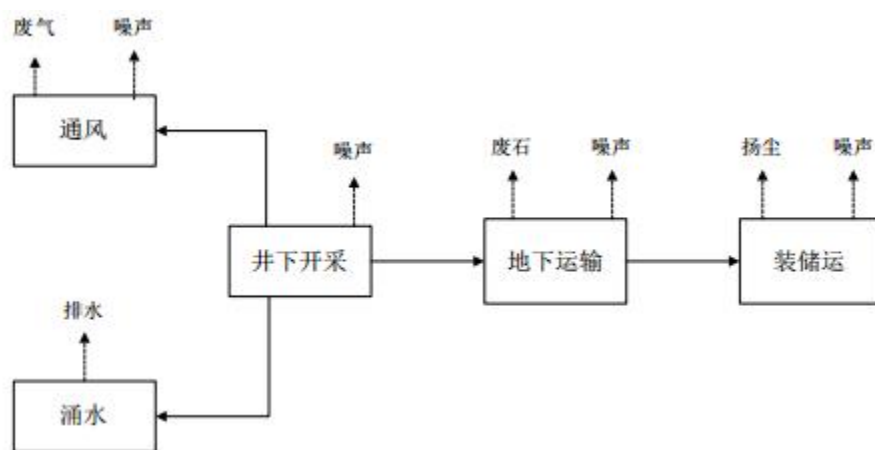


图 3.1-3 铅矿地下开采生产工艺及产污环节图

(2) 污染物治理及排放情况

①露天开采：

废气：主要为钻孔、爆破、铲装和运输过程中产生的粉尘，其中钻孔采用湿法工艺进行降尘，爆破采用先洒水后起爆的方式进行降尘，铲装和运输主要采用堆场表面和道路表面洒水降尘。

废水：露天开采会产生采矿涌水，采矿涌水打入尾矿库作为生产补充水；露天采场凿岩钻机用水、道路洒水、爆破洒水、破碎站破碎用水，全部消耗散失，不外排。生活污水经一体化生活污水处理装置处理后进入尾矿库作为生产补充水，不外排。

②地下开采：

废气：凿岩、爆破、放矿、矿石装卸、车辆运输废气污染物主要为粉尘，无组织排放。

废水：竖井开采过程中会产生矿井涌水及生活污水。矿井涌水经沉淀后部分回用于井下开采及工业场地、道路等洒水抑尘，剩余大部分用于下游选矿企业生产补水，不外排；生活污水经一体化污水处理设施处理后回用于生产。

铅矿采矿企业污染物排放情况见下表。

表 3.1-1 钼矿采矿企业污染物产排情况

污染源类别	污染源名称		主要污染因子	治理措施	排放去向
废气	露天开采工艺	爆破、采掘废气	颗粒物	洒水降尘、抑尘网等	无组织排放
	地下开采工艺	凿岩废气	颗粒物	湿式凿岩	无组织排放
		爆破废气	颗粒物、一氧化碳、氮氧化物	水封爆破法	无组织排放
		放矿废气	颗粒物	作业面洒水抑尘	无组织排放
		矿石装卸废气	颗粒物	矿石周转库密闭，喷雾洒水抑尘	无组织排放
		车辆运输废气	颗粒物	道路及时清扫，定期洒水	无组织排放
废水	露天开采	矿井涌水	pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物、石油类、硫化物、钼、砷、锌、氟化物、总氮、总磷	沉淀池收集后打入尾矿库，作为生产补充水	不外排
		露天采场凿岩钻机用水、道路洒水、爆破洒水、破碎站破碎用水	化学需氧量、悬浮物、氨氮	全部消耗	不外排
		生活污水	pH、化学需氧量、悬浮物、氨氮	经一体化生活污水处理装置处理后进入尾矿库作为生产补充水	不外排
	地下开采	矿井涌水	pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物、石油类、硫化物、钼、砷、锌、氟化物、总氮、总磷	用于井下生产、工业场地及道路降尘洒水，剩余用于下游选厂	不外排

污染源类别	污染源名称		主要污染因子	治理措施	排放去向
		生活污水	pH、化学需氧量、悬浮物、氨氮	经一体化生活污水处理设施进行集中处理后回用于生产	不外排

3.1.1.2 选矿

(1) 生产工艺及产污环节

钼矿选厂主体生产工艺主要为破碎、筛分、浮选、压滤、干燥，具体选矿生产工艺及产污环节见下图。

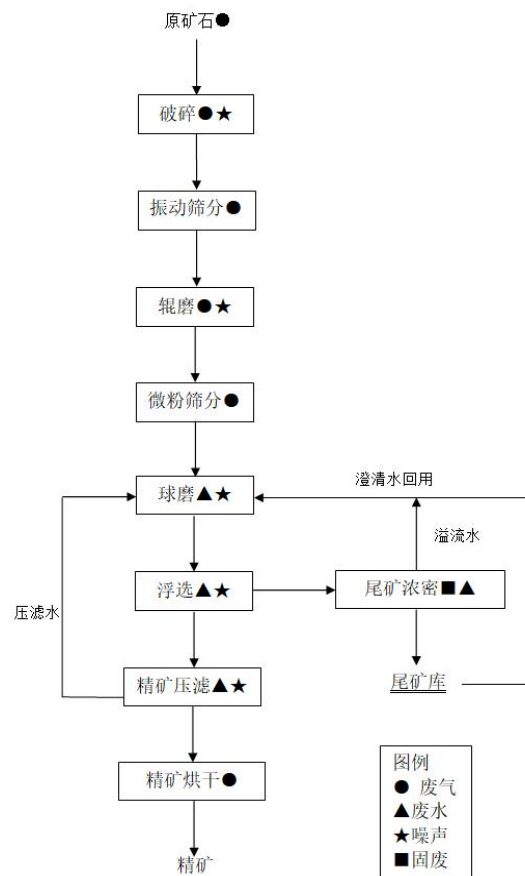


图 3.1-4 选矿生产工艺及产污环节图

(2) 污染物治理及排放情况

废气：主要为破碎废气、筛分废气、磨矿废气、烘干废气，主要污染物为颗粒物；浮选工序废气主要污染物为非甲烷总烃。

废水：磨浮车间地坪冲洗废水、精矿压滤废水、尾矿浓密水、尾矿库回水、软水制备废水，上述废水进入尾矿库经沉淀后通过厂区回水系统，回用于选矿工序。

钼选矿企业污染物排放情况见下表。

表 3.1-4 钼选矿企业污染物排放情况

污染源类别	污染源名称	污染因子	治理措施	排放去向
废气	破碎、筛分、磨矿、烘干废气	颗粒物	袋式除尘	达标排放
	浮选废气	非甲烷总烃	水喷淋+玻璃纤维过滤+活性炭处理	达标排放
废水	磨浮车间地坪冲洗废水、精矿压滤废水、尾矿浓密水、尾矿库回水、软水制备废水	pH、化学需氧量、悬浮物、氨氮、六价铬、铅、汞、砷等	进入尾矿库沉淀后回用于生产	全部回用不外排，仅在汛期出于安全考虑排放部分尾矿库废水
	生活污水	pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物、石油类、硫化物、六价铬、钼、汞、砷、铅等	进入尾矿库沉淀后回用于生产	

3.1.2 钼冶炼

3.1.2.1 氧化钼（钼焙砂）

（1）生产工艺及产污环节

钼焙烧的主要生产原料为辉钼矿（ MoS_2 ），在工业上一般采用火法工艺焙烧钼精矿生产氧化钼。目前生产工艺主要是回转窑焙烧工艺、流态化焙烧工艺和多膛炉焙烧工艺。国内除洛阳钼业一台多膛炉生产线和金堆城钼业两条多膛炉生产线外，其他钼冶炼厂采用外热式或内热式回转窑生产工艺。根据国家相关政策，多膛炉和内热式回转窑是国家推荐使用的炉窑。高效环保节能的新型无碳焙烧回转窑工艺，由中国恩菲工程技术有限公司和洛钼集团联合试验开发，它解决了原有无碳焙烧回转窑存在的一些缺

点，具有生产效率高、流程短、金属回收率高、环保安全等优点。

典型氧化钼（钼焙砂）生产工艺包括原料制备、氧化焙烧、焙砂冷却、破碎筛分包装等。具体生产工艺及产污环节见下图。

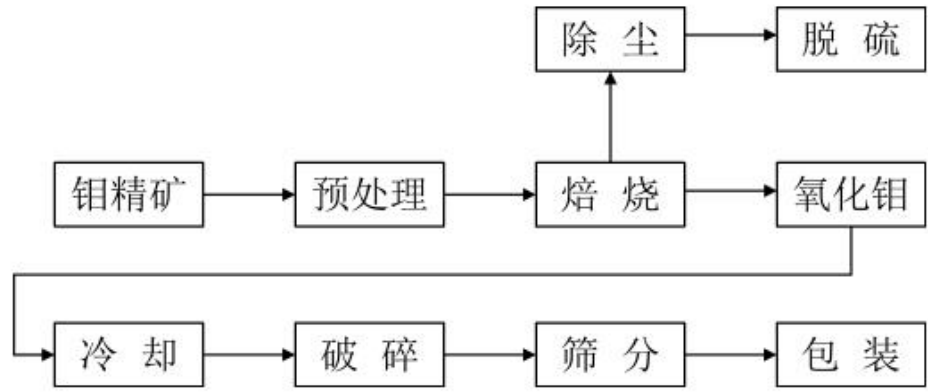


图 3.1-5 典型钼冶炼企业氧化钼生产工艺流程及产污环节图

钼精矿焙烧烟气经除尘器处理后可用于制酸，烟气制酸工艺采用非稳态制酸工艺，生产工序主要包括净化、干吸、转化、尾气吸收，其主要工艺路线简述如下：

（1）净化工段

除尘后的焙烧烟气（二氧化硫）净化采用内喷文氏管-填料塔-间冷器-四级电除雾工艺：除尘后焙烧烟气进入内喷文氏管洗涤器与稀酸接触，用 3%-5%的稀硫酸喷淋洗涤（主要优点：装置简单、防腐蚀能力强、降尘降温效率高等），烟气温度降至 45℃以下、烟气中灰尘等杂质进一步去除，再进入间冷器进一步降温到 20℃左右，最后气体进入两级电除雾除去气体中的水汽，经净化后的烟气进入干燥塔。

文氏管洗涤器底部流出的洗涤稀酸，温度约为 55℃，由出酸管道流入斜管沉淀器进行液固分离，清液回文氏管循环槽，少量稀酸进入脱吸塔。

（2）干吸工段

干燥（塔）：来自净化工段的 SO_2 气体进入干燥塔，用 93% 的硫酸淋洗，吸收气体中的水分，使气体中水分降至 $0.1\text{g}/\text{Nm}^3$ 以下，然后通过抽屉式丝网除沫器除去酸沫、酸雾，再由鼓风机送入转化工段。

93% 硫酸经循环泵送入干燥塔，吸收水分后回到循环槽。因吸收水分硫酸浓度降低，用连续串入 98% 的硫酸来稳定 93% 硫酸的浓度，同时连续取出成品硫酸（93%）。

吸收（塔）：来自转化工段的 SO_3 气体进入吸收塔被 98% 的浓硫酸吸收后，剩余气体进入尾气吸收工段。

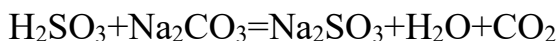
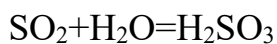
98% 硫酸经循环泵送入吸收塔，吸收 SO_3 后回到循环槽。因吸收 SO_3 硫酸浓度增高，用连续串入 93% 酸来稳定 98% 酸的浓度，必要时可向循环槽内加水在干燥塔和吸收塔内产生的热量，由各自的循环酸带走，并在阳极保护管壳式换热器内用冷却水除去热量。酸循环槽液位高时，从循环槽引出进入地下槽，产品酸由泵送往储酸罐。

（3）转化工段

来自干燥塔的 SO_2 气体通过鼓风机升压后进入 SO_2 换向阀，由换向阀控制改变 SO_2 进入非稳态转化器的方向，即转化器内转化过程是从上往下和从下往上交替进行的。使用钒催化剂， SO_2 气体转化为 SO_3 气体后进入吸收塔。

（4）尾气吸收工段

来自吸收塔吸收后的含 SO_2 废气经两级 20% 碳酸钠吸收后排放， SO_2 吸收反应为：



碳酸钠溶液添加量由进塔气量及 SO_2 浓度控制，吸收液（亚硫酸钠）定量排出，排出量由塔底液位及溶液的浓度控制。

烟气制酸生产工艺见下图。

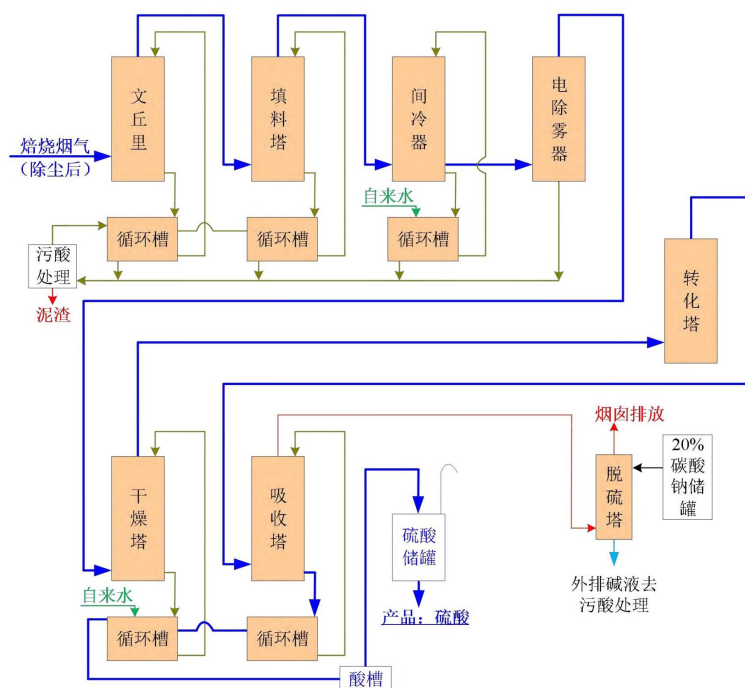


图 3.1-6 焙烧烟气制酸生产工艺流程及产污环节图

(2) 污染物治理及排放情况

废气：钼精矿上料、配料废气，氧化钼破碎、筛分和包装尾气，以及焙烧窑烟气。钼精矿上料、配料废气，氧化钼破碎、筛分和包装尾气均采用脉冲袋式除尘器处理收尘后排放；焙烧窑烟气先经高温烟气除尘器收尘净化后，再通过风管输送至现有硫酸装置区生产硫酸，最终以制酸尾气的形式排放。

废水：氧化钼焙烧过程不产生废水；在制酸过程中烟气净化工段产生的污酸回收利用后再送污酸处理系统，地面清洗废水、电除雾冲洗水、制酸尾气碳酸钠吸收废水均送污酸处理系统，不外排。员工生活污水经一体化污水处理设备处理后用于厂区绿化和洒水抑尘，或化粪池预处理后定期清理用于周边农田施肥，不外排。

氧化钼生产企业排放污染物情况见表 3.1-7。

表 3.1-7 氧化钼生产企业排放污染物情况

污染源类别	污染源名称	污染因子	治理措施	排放去向
-------	-------	------	------	------

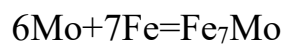
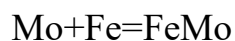
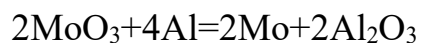
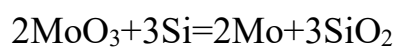
污染源类别	污染源名称	污染因子	治理措施	排放去向
废气	钼精矿上料尾气	颗粒物	脉冲袋式除尘器收尘	处理后排放
	氧化钼配料、破碎、筛分和包装尾气	颗粒物	脉冲袋式除尘器收尘	处理后排放
	焙烧炉烟气	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、钼、铅、砷、汞、铬等	高温烟气除尘器+送制酸系统	最终以制酸尾气排放
	制酸尾气	颗粒物	两级 20%碳酸钠吸收	处理后排放
		二氧化硫	两级 20%碳酸钠吸收	
		氮氧化物		
		硫酸雾		
废水	烟气净化工段污酸	pH、锌、铜、钼、铅、汞、砷、氟化物	回收利用后再送污酸处理系统处理后再次回用	不外排
	地面清洗废水	pH、化学需氧量、悬浮物	去污酸处理系统处理后回用	
	电除雾冲洗水	pH、悬浮物		
	制酸尾气碳酸钠吸收废水	pH		
	生活污水	pH、悬浮物、化学需氧量、氟化物、氨氮、总氮、总磷、石油类、钼	一体化污水处理设备处理后用于厂区绿化和洒水抑尘或化粪池预处理后定期清理用于周边农田施肥	不外排

3.1.2.2 钼铁

(1) 生产工艺及产污环节

钼铁生产工艺原理如下：氧化钼与硅铁、铝粒等原料发生化学反应，氧化钼被还原成熔融状态的金属钼，反应放出的热量将原料中的铁粉熔

化，从而将钼跟铁熔炼在一起形成钼铁合金。熔炼过程中发生的主要化学反应如下：



钼铁生产通常以氧化钼为原料，辅以生石灰氧化钙、钢屑、铁磷、硅铁、铝粒、铝铁尘等按照一定比例混配均匀后进入冶炼炉，经冶炼、放渣、冷却、破碎、筛分等工段，得到钼铁成品，具体生产工艺及产污环节见下图。

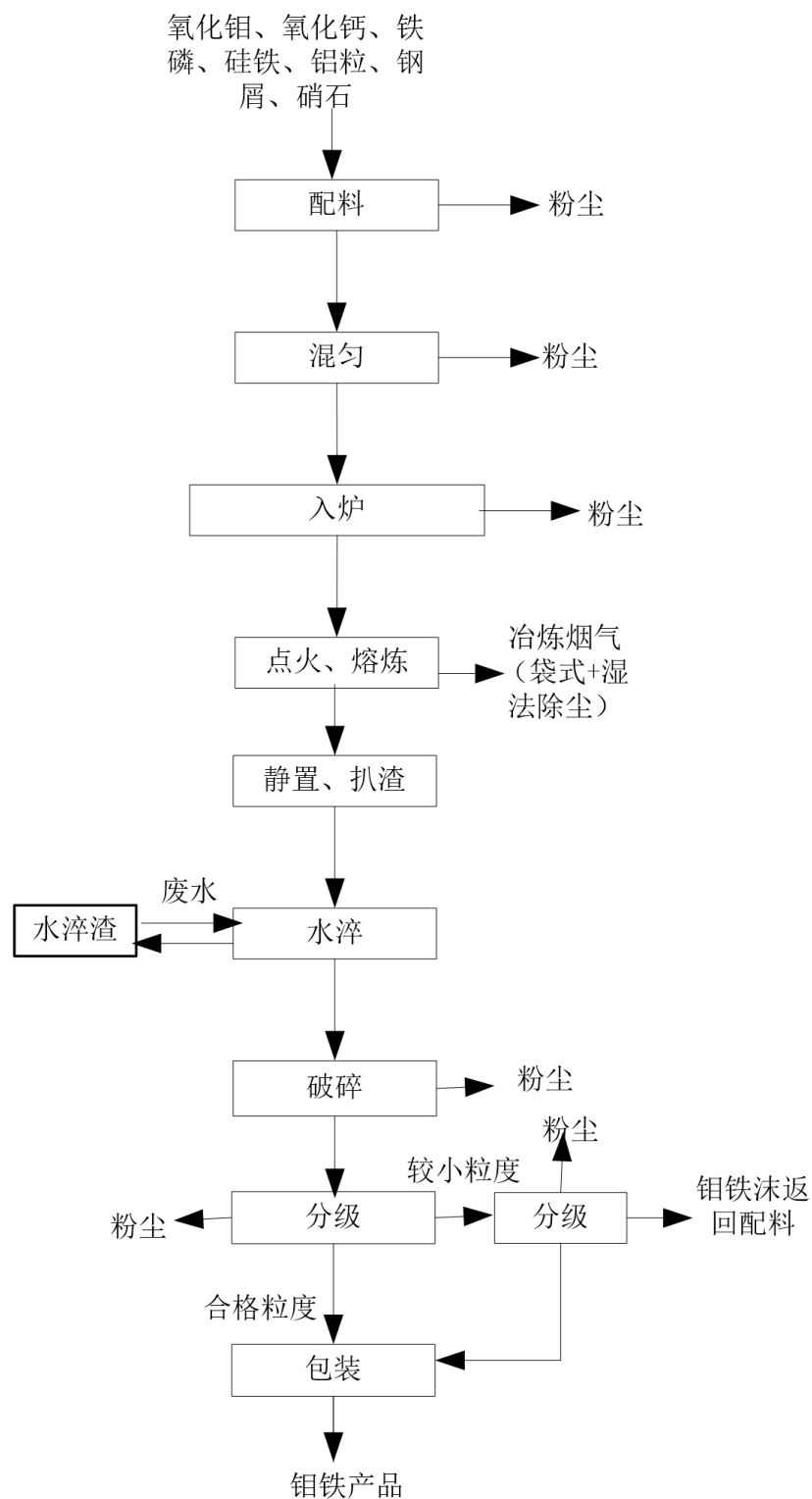


图 3.1-7 典型钎冶炼企业钎铁生产工艺流程及产污环节图

(2) 污染物治理及排污情况

废气：主要为配料工序废气、破碎工序废气、筛分废气及冶炼工序废气。配料工序废气、破碎工序废气、筛分废气污染物为颗粒物，一般采用脉冲袋式除尘器处理后排放；冶炼工序废气污染物为颗粒物、SO₂、NO_x、Pb、Cr，经表冷器+脉冲袋式除尘+淋洗塔处理后排放。

废水：钼铁生产过程中冶炼后放渣冷却工序循环水回用不外排。员工生活污水经一体化污水处理设备处理后用于厂区绿化和洒水抑尘，或化粪池预处理后定期清理用于周边农田施肥，不外排。

钼铁生产企业污染物排放情况见下表。

表 3.1-9 钼铁生产企业污染物排放情况

污染源类别	污染源名称	污染因子	治理措施	排放去向
废气	配料工序废气、破碎工序废气、筛分废气	颗粒物	脉冲袋式除尘器除尘	处理后排放
	冶炼工序废气	颗粒物、SO ₂ 、NO _x 、钼、铅、砷、汞、铬等	表冷器+脉冲袋式除尘+淋洗塔	处理后排放
废水	钼铁水淬冲渣循环水	悬浮物	全部回用	不外排
	生活污水	pH、悬浮物、化学需氧量、氟化物、氨氮、总氮、总磷、石油类、硫化物、钼	一体化污水处理设备处理后用于厂区绿化和洒水抑尘或化粪池预处理后定期清理用于周边农田施肥	不外排

3.1.2.3 钼粉

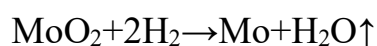
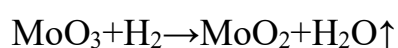
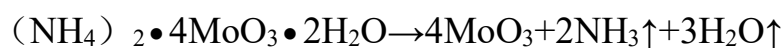
(1) 生产工艺及产污环节

根据调研，我省生产钼粉的企业较为常见的是以钼酸铵为原料焙烧分解出氨气得到纯三氧化钼，再经 2 次还原得到钼粉。外省存在直接以纯三氧化钼为原料经 2 次还原得到钼粉的企业。因以钼酸铵为原料生产钼粉的工艺流程较长，已包含以纯三氧化钼为原料经 2 次还原生产钼粉的工序，

本次详细介绍以钼酸铵为原料生产钼粉的工艺流程，具体生产工艺流程描述如下：钼酸铵经过称重计量装入不锈钢还原器皿内，送入焙烧炉进行焙烧，控制炉内温度为 450~550℃，每批次料焙烧时间约为 1.7h，焙烧完全后钼酸铵分解为三氧化钼。将不同批次的三氧化钼粉过筛后送入一次四管还原炉，同时制氢站生产的 H₂ 送入还原炉内与三氧化钼进行还原反应，反应温度控制在 450~650℃，反应时间为 3h，还原反应后得到二氧化钼由推舟系统推至还原炉冷却端冷却，冷却后卸料。一次还原得到的二氧化钼粉装入二次四管还原炉，同时制氢站生产的 H₂ 送入还原炉内与二氧化钼进行二次还原反应制取钼粉，反应温度控制在 850~950℃，反应时间为 3h，还原反应后得到钼粉由推舟系统推至还原炉冷却端冷却，冷却后卸料，经合批、过筛后得到钼粉产品，包装入库。

还原过程中为保证氧化物能完全发生反应，需要通入过量的氢气，还原炉内多余氢气进入氢气回收系统，净化后与制氢站产生的 H₂ 一并重新送入还原炉内使用。还原系统冷却水经离心水泵泵入系统内，热水经冷却塔冷却后流入冷却水池，再经泵送入还原炉循环使用。

钼粉生产过程中的主要化学反应机理如下：



钼粉生产工艺流程及产污环节见下图。

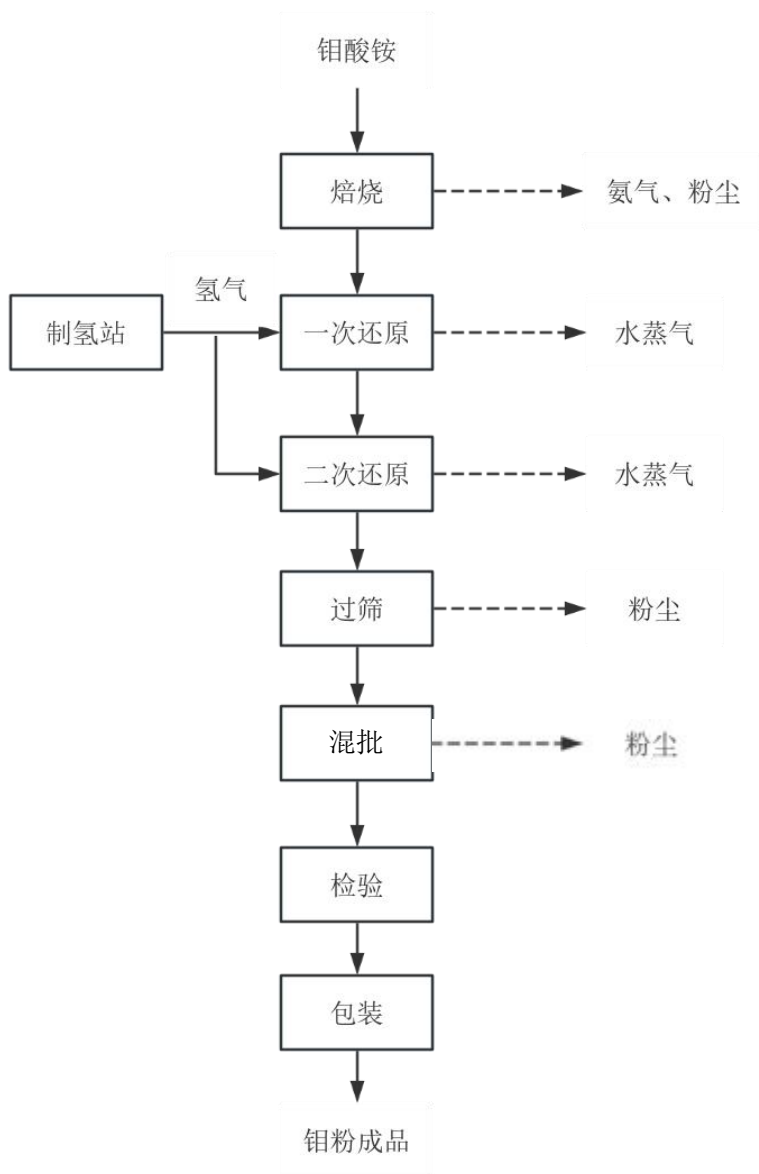


图 3.1-8 典型钼冶炼企业钼粉生产工艺及产污环节图

(2) 污染物治理及排放情况

废气：主要为钼酸铵焙烧产生的颗粒物、氨气以及筛分、混批过程中产生的粉尘，均经袋式除尘器处理后排放。

废水：水蒸气形成的冷凝水、循环水冷却系统排污水及员工生活污水。钼粉还原生产过程中会产生水蒸气，水蒸气随过量氢气进入氢气回收系统，在气水分离过程中冷却降温变成冷凝水，然后通过气水分离底部的疏

水阀排出，返回厂区循环水池循环使用；制氢站循环冷却水系统排污水循环使用不外排；生活污水经化粪池预处理后外排。

钼粉生产企业污染物排放情况见下表。

表 3.1-11 钼粉生产企业污染物排放情况

污染源类别	污染源名称	污染因子	治理措施	排放去向
废气	钼酸铵焙烧废气	颗粒物、氨气	袋式除尘器	处理后排放
	筛分、混批废气	颗粒物	袋式除尘器	处理后排放
废水	生活污水	pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物、总氮、总磷	化粪池预处理	外排（个别企业用于厂区绿化不外排）

3.1.4 钼工业产生的主要污染物分析

根据收集资料、河南省典型钼工业企业调研及参考国家发布的《重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南（2020年修订版）》（环办大气函〔2020〕340号）《重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南（2024年修订版）》（河南省生态环境厅）《排污许可证申请与核发技术规范-稀有稀土金属冶炼》（HJ 1125-2020）《排污许可证申请与核发技术规范-无机化学工业》（HJ 1035-2019）等相关文件可知，钼矿采选的主要产品为钼精矿，钼矿床的开采主要分为露天开采和地下开采两种形式，目前我省钼矿开采方式露天开采和地下开采均涉及。选矿工艺主要包括破碎、磨矿、筛分、浮选、压滤等。目前我省钼冶炼行业主要采用火法冶炼工艺，主要采用回转窑、焙烧炉进行焙烧，钼冶炼产品主要为氧化钼、钼铁、钼粉。

根据调研，我省钼工业生产过程中产生的主要污染物见下表。

表 3.1-13 钼工业大气产污环节及废气特征

钼行业类别	产污环节	废气种类	污染因子	废气去向
钼矿开采	凿岩	凿岩废气	颗粒物	排放至大气环境中
	爆破	爆破废气	颗粒物、CO、NOx	

钼行业类别		产污环节	废气种类	污染因子	废气去向
		放矿、矿石装卸、车辆运输	放矿、矿石装卸、车辆运输废气	颗粒物	
钼矿选矿		原矿石破碎、筛分、磨矿、烘干	破碎、筛分、磨矿、烘干废气	颗粒物	
		浮选工段	浮选废气	非甲烷总烃	
钼冶炼	以钼精矿为原料生产氧化钼	钼精矿预处理（上料、粉碎、下料、包装、打散、烘干）	预处理废气	颗粒物、非甲烷总烃*	
		钼精矿上料；氧化钼配料、破碎、筛分和包装	钼精矿上料尾气；氧化钼配料、破碎、筛分和包装尾气	颗粒物	
		焙烧炉冶炼	焙烧炉冶炼烟气	颗粒物、SO ₂ 、NO _x 、钼、铅、砷、汞、铬等	
		焙烧炉烟气制酸	制酸尾气	颗粒物、SO ₂ 、NO _x 、硫酸雾、钼、铅、砷、汞、铬等	
	以氧化钼为主要原料生产钼铁	配料、破碎、筛分	配料工序废气、破碎工序废气、筛分废气	颗粒物	
		冶炼工序	冶炼工序废气	颗粒物、SO ₂ 、NO _x 、钼、铅、砷、汞、铬等	
	以钼酸铵为原料生产钼粉	钼酸铵焙烧工序	焙烧废气	颗粒物、氨气、钼	
		筛分、混批工序	筛分、混批废气	颗粒物	

*钼精矿在选矿时添加有油类浮选药剂，钼冶炼企业外购的原料钼精矿中会有油类残留，因此考虑钼精矿预处理工序会产生非甲烷总烃。

表 3.1-14 钼工业废水产污环节及废水特征

钼行业类别	产污环节	废水种类	污染因子	废水去向
钼矿开采	钼矿开采	矿井涌水	pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物、石油类、硫化物、钼、砷、锌、氟化物、总氮、总磷	沉淀池收集后打入尾矿库，作为生产补充水，不外排

钼行业类别		产污环节	废水种类	污染因子	废水去向
		员工生活	生活污水	pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物	经一体化生活污水处理装置处理后进入尾矿库作为生产补充水，不外排
钼矿选矿		磨浮车间地坪冲洗、精矿压滤、尾矿浓密水、尾矿库回水、软水制备	磨浮车间地坪冲洗废水、精矿压滤废水、尾矿浓密水、尾矿库回水、软水制备废水	pH、化学需氧量、悬浮物、氨氮、六价铬、铅、汞、砷等	进入尾矿库沉淀后回用于生产，不外排
		员工生活	生活污水	pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物、石油类、硫化物、六价铬、钼、汞、砷、铅、铜、锌	
钼冶炼	以钼精矿为原料生产氧化钼	烟气净化工段污酸	烟气净化工段污酸	pH、锌、铜、钼、铅、汞、砷、氟化物	回收利用后再送污酸处理系统处理后再次回用，不外排
		地面清洗	地面清洗废水	pH、化学需氧量、悬浮物	去污酸处理系统处理后回用，不外排
		电除雾冲洗	电除雾冲洗水	pH、悬浮物	
		制酸尾气碳酸钠吸收	制酸尾气碳酸钠吸收废水	pH	
		员工生活	生活污水	pH、氨氮、化学需氧量、悬浮物	一体化污水处理设备处理后用于厂区绿化和洒水抑尘或化粪池预处理后定期清理用于周边农田施肥
	以氧化钼为主要原料生产钼铁	钼铁水淬冲渣	钼铁水淬冲渣循环水	悬浮物	回用，不外排
		员工生活	生活污水	pH、氨氮、化学需氧量、悬浮物	一体化污水处理设备处理后用于厂区绿化和洒水抑尘或化粪池预处理后定期清理用于周边农

钼行业类别		产污环节	废水种类	污染因子	废水去向
					田施肥
	以氧化钼为原料生产钼粉	钼粉生产	水蒸气冷凝水	/	循环使用，不外排
		制氢站	循环水冷却系统排污水	pH、悬浮物	
		员工生活	生活污水	pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物、总氮、总磷	化粪池预处理后排放

3.2 河南省钼行业排污现状

为了充分了解钼行业污染物排放情况，标准编制组对我省的钼行业进行了实地调研、污染物排放监测数据收集及开展现场监测验证等，调查结果见表3.2-1、表3.2-2所示。

表 3.2-1 废气污染物排放调查结果一览表 单位：mg/m³

序号	钼企业类别	企业名称	产污工序	污染物	排放浓度	
					企业自行监测	本次调研实测
1	钼采矿企业	采矿企业1	厂界	颗粒物	0.234~0.361	0.247~0.352
				钼、铅、砷、汞、铬、镉、镍、锌、铜、锡、铊、锰、钴、银	/	ND
2		采选企业2	厂界	颗粒物	0.114~0.399	0.158~0.326
				钼、铅、砷、汞、铬、镉、镍、锌、铜、锡、铊、锰、钴、银	/	ND
3	钼选矿企业	选矿企业1	破碎、筛分、包装等工段	颗粒物	3.3~8.6	4.9~8.3
				钼、铅、砷、汞、铬、镉、镍、锌、铜、锡、铊、锰、钴、银	/	ND
			浮选工段	非甲烷总烃	10.0~14.9	11.3~13.7
			厂界	颗粒物	0.195~0.240	0.179~0.235
				非甲烷总烃	0.41~0.75	0.53~0.68
				钼、铅、砷、汞、铬、镉、镍、锌、铜、锡、铊、锰、钴、银	/	ND

序号	钼企业类别	企业名称	产污工序	污染物	排放浓度	
					企业自行监测	本次调研实测
4		选矿企业2	破碎、筛分、中细碎、辊磨、烘干等工段（有组织）	铜、锡、铈、锰、钴、银		
				颗粒物	4.8~9.9	5.2~8.7
			浮选工段（有组织） 厂界	钼、铅、砷、汞、铬、镉、镍、锌、铜、锡、铈、锰、钴、银	/	ND
				非甲烷总烃	1.69~6.21	2.64~7.25
				颗粒物	0.201~0.421	0.223~0.408
				非甲烷总烃	0.41~0.78	0.56~0.69
				钼、铅、砷、汞、铬、镉、镍、锌、铜、锡、铈、锰、钴、银	/	ND
5	钼冶炼企业	钼冶炼企业1	原料预处理、上料、破碎、包装等工段	颗粒物	6.1~7.6	/
				铅	ND~0.00599	
				铬	ND~0.00442	
			生产氧化钼 钼精矿焙烧烟气制酸工段	颗粒物	2.5~3.8	3.9~5.6
				二氧化硫	14~36	6~40
				氮氧化物	9~25	8~11
				铅	ND	ND
				铬	ND	ND
				硫酸雾	6.33~7.18	ND
				钼	/	0.000209-0.000263
				铜		ND
				锌		ND~0.0009
				砷		0.0032-0.0038
				锰		0.00015-0.00018
				钴		ND
				镍		ND
				锡		ND
				铈		ND

序号	钨企业类别	企业名称	产污工序		污染物	排放浓度	
						企业自行监测	本次调研实测
					镉		ND
					汞		ND
					银		ND
			生产钨铁	钨铁冶炼工段	颗粒物	2.4~4.1	4.8~6.5
					二氧化硫	ND~30	ND~47
					氮氧化物	ND~48	5~117
					铅	ND	ND
					铬	ND	ND
					钨	/	0.000079-0.00082
					铜		0.0006-0.0007
					锌		0.00149-0.00154
					砷		ND
					锰		0.0013-0.00142
					钴		0.000027-0.00028
					镍		0.0006-0.0007
					锡		ND
					铊		ND
					镉		0.000026-0.00028
					银		ND
					汞		ND
			厂界		颗粒物	0.184~0.242	0.227~0.271
					二氧化硫	0.007~0.025	0.007~0.013
					氮氧化物	0.0387~0.0685	0.017~0.025
					铅	ND	ND
					铬	ND	ND
					硫酸雾	ND	ND
					砷	/	ND
					汞		ND
					钨		ND
					锡		ND
6	钨冶炼	钨冶炼企	生	钨焙砂生	颗粒物	4.5~7.5	2.3~2.7

序号	钼企业类别	企业名称	产污工序		污染物	排放浓度	
						企业自行监测	本次调研实测
	企业	业 4	产氧化钼、钼铁	产线回转窑出料及破碎上料废气	钼、铅、砷、汞、铬、镉、镍、锌、铜、锡、铈、锰、钴、银	/	ND
				氧化钼生产线回转窑焙烧烟气	颗粒物	4.6~5.3	2.5~3.3
					二氧化硫	5~8	9.1~12.8
					氮氧化物	12~17	6.2~6.4
					非甲烷总烃	/	2.28~3.08
					钼、铅、砷、汞、铬、镉、镍、锌、铜、锡、铈、锰、钴、银		ND
				钼铁冶炼废气	颗粒物	4.5~5.4	1.6~1.8
					二氧化硫	5~9	ND
					氮氧化物	/	10.9~11.2
					钼、铅、砷、汞、铬、镉、镍、锌、铜、锡、铈、锰、钴、银		ND
				厂界	颗粒物	0.215~0.367	0.18~0.269
					钼、铅、砷、汞、铬、镉、镍、锌、铜、锡、铈、锰、钴、银	/	ND
6	钼冶炼企业 2	生产钼粉	钼酸铵焙烧工序	颗粒物	2~4.3	/	
				氨气	3.51~4.03		
			钼粉筛分工序	颗粒物	1.9~2.1		
				厂界	颗粒物		0.353~0.431
			氨气		0.14		
7	钼冶炼企业 3	生产钼粉	钼酸铵焙烧工序	颗粒物	4.0~7.1		
				氨气	1.37~3.33		
				氮氧化物	6.1~14.2		
			钼粉筛分工序	颗粒物	4.6~6.2		
				厂界	颗粒物		0.104~0.312
			氨气		0.063~0.11		

根据调研，目前河南省钼采矿企业废水不外排，钼选矿企业配套的尾

矿库在汛期时出于安全考虑可能会排放部分尾矿库废水，大部分钼冶炼企业生产废水及生活污水均不外排，仅有个别钼冶炼企业生活污水及部分循环冷却水经处理后排放，钼采矿企业矿井涌水水质、选矿企业尾矿库回水及生活污水排口水质、钼冶炼企业生活污水出口及污酸处理系统出口水质及生产钼粉的钼冶炼企业排放生活污水浓度统计情况见下表。

表 3.2-2 废水污染物水质调查结果一览表 (1) 单位: mg/L

污染物	采矿企业 1 (矿井涌水水质) -企业自行监测	选矿企业 3 (尾矿库回水池) -企业自行监测	选矿-企业 4 (尾矿库回水池) 企业自行监测
pH (无量纲)	7.69~7.86	8.31	8.0
化学需氧量	7.42~10.3	61	32
氨氮	0.097~0.149	1.76	0.241
悬浮物	5~8	33	14
石油类	0.014~0.036	/	0.03
硫化物	0.005~0.007	/	ND
六价铬	ND	ND	ND
总钼	18.44~19.31	/	1.65
总汞	ND	ND	ND
总砷	0.005~0.007	0.0016	0.0003
总铅	ND	ND	ND
总镉	ND	ND	0.00249
总铜	ND	/	0.032
总锌	0.005~0.009	/	0.42
总镍	ND	/	0.00576
氟化物	0.005~0.137	/	1.87
总氮	0.25~0.37	/	/
总磷	0.017~0.025	/	/

表 3.2-2 废水污染物水质调查结果一览表（2） 单位：mg/L

污染物	选矿企业 1（尾矿库回水池）-不外排		选矿企业 2（尾矿库回水池）-不外排		选矿企业 2（生活污水处理设施出水口（回用、不外排））	
	企业自行监测	本次调研实测	企业自行监测	本次调研实测	企业自行监测	本次调研实测
pH(无量纲)	6.9-7.2	7.9-8.0	7.1-7.8	7.1-7.2	6.9-7.9	7.4-7.6
悬浮物	14-35	7-8	13-19	6-7	13-32	55-64
化学需氧量	32-83	12	9-44	20-22	29-85	205-211
氟化物	/	1.2-1.44	0.54	5.04-5.92	/	0.76-0.89
总氮	/	1.96-2.13	/	1.32-1.58	/	57.1-63
氨氮	1.82-2.30	1.04-1.08	/	0.845-0.916	6.61-14.6	55.3-57.1
总磷	/	0.1-0.11	/	0.03-0.05	/	3.05-3.17
石油类	/	0.19-0.22	0.09-0.22	0.73-0.76	0.55-0.86	1.16-1.21
硫化物	/	ND	ND	ND	ND-0.06	ND
六价铬	ND	ND	ND	ND	ND	ND
铜	/	ND	/	ND	ND	ND
镍	/	ND	/	ND	/	ND
铬	/	ND	/	ND	/	ND
锰	/	0.26-0.27	/	1.08	/	0.05

污 染 物	选矿企业 1（尾矿库回水池）-不外排		选矿企业 2（尾矿库回水池）-不外排		选矿企业 2（生活污水处理设施出水口（回用、不外排））	
	企业自行监测	本次调研实测	企业自行监测	本次调研实测	企业自行监测	本次调研实测
锌	/	0.32	/	ND	ND-0.006	ND
钼	/	1.82-2.06	ND-0.143	2.24-2.32	/	0.265-0.317
汞	ND-0.00021	ND	ND-0.00045	0.00005-0.00006	ND	0.00005
砷	0.0019-0.0798	0.0003-0.0004	0.0005-0.0009	0.0004	0.0003-0.0023	0.0016-0.0017
铅	ND	ND	ND	ND	ND	0.00133-0.00149
镉	ND	0.00176-0.00184	ND	0.00215-0.00261	ND	0.00015-0.00016
钴	/	ND	/	ND	/	ND
锡	/	0.00034-0.00049	/	0.0002-0.00023	/	0.00062-0.00117
银	/	ND	/	ND	/	ND
铊	/	ND	/	ND-0.00006	/	ND-0.00002

表 3.2-2 废水污染物水质调查结果一览表 (3) 单位: mg/L

污染物	选矿企业 5 (尾矿库回水池)-企业自行监测	钼冶炼企业 3 (生产钼粉企业生活污水) - 企业自行监测
pH (无量纲)	7.55-7.66	7.8~8.1
化学需氧量	8~15	37~53
氨氮	0.07~0.15	3.23~18.4
悬浮物	16~20.5	12~41
石油类	0.07~0.15	/
硫化物	ND	/
六价铬	ND	/
总钼	0.0512~0.0587	/
总汞	0.00008~0.000137	/
总砷	ND	/
总铅	ND	/
总镉	ND	/
总铜	ND	/
总锌	0.0035~0.0063	/
氟化物	4~4.19	/
总氮	/	/
总磷	/	0.32~0.88

表 3.2-2 废水污染物水质调查结果一览表（4） 单位：mg/L

污染物	钼冶炼企业 1（生产氧化钼、钼铁企业）-废水不外排					钼冶炼企业 4（生产氧化钼、钼铁企业）-生活污水间接排放
	生活污水一体化污水处理设施进口（本次调研实测）	生活污水一体化污水处理设施出口（本次调研实测）	生活污水一体化污水处理设施出口（企业自行监测）	生产废水污酸处理系统废水进口（本次调研实测）	生产废水污酸处理系统废水出口（本次调研实测）	生活污水排放口（本次调研实测）
pH（无量纲）	6.2~6.3	6.2~6.3	6.9	3.2~3.3	4.9~5.0	7.0~7.1
化学需氧量	32~33	19~21	16~42	206~229	24	465~582
氨氮	18.2~19.7	17.2~17.9	0.318~1.32	4.29~4.42	0.814~0.890	131~141
悬浮物	16~19	18~24	10~15	45~48	9~10	60~78
石油类	0.75~0.83	0.07~0.14	0.31~0.39	4.86~5.06	ND	1.03~1.09
硫化物	/	/	/	/	/	ND
六价铬	/	/		/	/	0.016~0.018
总钼	0.394~0.418	0.286~0.305		0.476~0.491	0.398~0.418	2.18~2.28
总汞	ND	ND		0.0024~0.00259	ND	0.00006~0.00017
总砷	ND	ND		0.489~0.541	0.00744	0.00378~0.00418
总铅	ND	ND		0.175~0.184	0.006	0.00148~0.00287
总镉	/	/		/	/	0.00136~0.00197
总铜	ND	ND		29.7~30.6	ND	ND
总锌	ND	ND		7.8~8.6	ND	0.00687~0.00874
氟化物	2.7~3.04	2.49~2.92		$1.06 \times 10^5 \sim 1.15$	511~543	0.51~0.60

污染物	钼冶炼企业 1（生产氧化钼、钼铁企业）-废水不外排					钼冶炼企业 4（生产氧化钼、钼铁企业）-生活污水间接排放
	生活污水一体化污水处理设施进口（本次调研实测）	生活污水一体化污水处理设施出口（本次调研实测）	生活污水一体化污水处理设施出口（企业自行监测）	生产废水污酸处理系统废水进口（本次调研实测）	生产废水污酸处理系统废水出口（本次调研实测）	生活污水排放口（本次调研实测）
				$\times 10^5$		
总氮	22~23	20.6~21.2		298~310	8.51~8.60	132-143
总磷	1.01~1.08	1.12~1.2		0.08~0.09	0.02	9.87-10.8

3.3 污染控制技术分析

3.3.1 大气污染防治技术分析

3.3.1.1 含颗粒物及重金属废气治理技术

露天采矿及地下开采的凿岩、铲运、出矿、卸矿等工序产生的颗粒物均为无组织排放，多通过湿式作业来抑制颗粒物的飞扬。

选矿厂破碎系统、皮带运输及筛分系统产生的颗粒物粒径较大，颗粒物浓度在 $1700\sim 2000\text{mg/m}^3$ 左右，可采用密闭抽风及除尘器净化的措施控制颗粒物，常用的处理设备有旋风除尘器、静电除尘器、袋式除尘器等。上料、筛分、干燥、包装等工段产生的粉尘颗粒粒径较小，颗粒物浓度在 $430\sim 630\text{mg/m}^3$ ，多采用袋式除尘器或脉冲袋式除尘器等设备进行处理。

钼工业中的焙烧炉窑如内燃式回转窑、多膛炉、冶炼炉等，颗粒物产生浓度最高可达 20000mg/m^3 以上，为延长袋式除尘器的寿命，提高颗粒物去除效率，多采用覆膜袋式除尘器、表冷器+袋式除尘器或旋风除尘器+表冷器+袋式除尘器进行除尘。

(1) 袋式除尘器：是一种高效、稳定的干式除尘器，由于袋式除尘器不受烟尘比电阻的影响，去除细颗粒物的能力优于静电除尘器，现已成为一项成熟而又广泛应用的技术。袋式除尘器的运行费用主要是更换滤袋的费用，电能消耗主要来自设备阻力消耗、清灰系统消耗、卸灰系统消耗。袋式除尘器的除尘效率在 99% 以上，颗粒物排放浓度可低于 10mg/m^3 以下。

(2) 脉冲袋式除尘器：是在袋式除尘器的基础上改进的新型高效的除尘设备，除尘效率可达到 99.5% 以上。工作时，含尘气体由进风口进入除尘器，碰到进出风口中间的斜板及挡板后转向流入灰斗，同时气流速度放慢，由于惯性作用，使气体中粗颗粒粉尘直接流入灰斗。进入灰斗的气流随后折而向上通过内部装有金属骨架的滤袋，粉尘被捕集在滤袋的外表面，净化后的气体进入滤袋室上部清洁室，汇集到出风口排出。为保证正常工作，必须对滤袋定期进行清灰，清灰时由脉冲控制仪顺序触发各控制

阀开启脉冲阀，气包内的压缩空气由喷吹管各孔经文氏管喷射到各相应的滤袋内，滤袋瞬间急剧膨胀，使积附在滤袋表面的粉尘脱落使滤袋恢复初始状态，保证除尘系统正常运行。

(3) 覆膜袋式除尘器：含尘气体通过进气口进入除尘器，首先经过气流分布装置，使气体均匀地分布在滤袋表面，提高过滤效率。当含尘气体通过滤袋时，粉尘被截留在滤袋表面，净化后的气体从滤袋内部通过，然后从出气口排出。随着过滤过程的进行，滤袋表面的粉尘层逐渐增厚，过滤阻力逐渐增大。当过滤阻力达到一定值时，清灰系统开始工作，对滤袋进行清灰。清灰系统采用脉冲喷吹方式，通过高压空气将滤袋表面的粉尘吹落，落入下方的灰斗中。灰斗中的粉尘通过排灰系统排出，完成一个过滤周期。覆膜袋式除尘器除尘效率高，可达到 99.9% 以上，满足严格的环保要求。设备运行稳定，维护方便，使用寿命长。

(4) 旋风除尘器：是使含尘气流作旋转运动，利用作用在尘粒上的离心力将尘粒从气流中分离并捕集于器壁，再借助重力作用使尘粒落入灰斗。旋风除尘器可去除大颗粒性粉尘，具有结构简单、运行可靠、设备造价低、耐高温、同时能冷却烟气等优点。旋风除尘器常作为粉尘预处理措施，先用旋风除尘器去除较粗的粉尘，降低烟气温度，减轻后续布袋除尘器的处理负荷，除尘效率在 95% 以上。

(5) 表冷器：全称表面式冷却器。其原理是让热媒或冷媒或制冷工质流过金属管道内腔，而要处理的空气流过金属管道外壁进行热交换来达到加热或冷却空气的目的。主要作用是冷却降温。

3.3.1.2 含 SO₂ 废气治理技术

含 SO₂ 废气主要来自氧化钼焙烧工段、钼铁冶炼工段及制酸尾气吸收工段。

(1) 氧化钼焙烧烟气中的二氧化硫

钼精矿主要成分为 MoS₂，含硫量在 30%~35% 左右，因此在氧化钼焙

烧过程中会产生大量的二氧化硫。目前，国内外钼冶炼企业对钼精矿焙烧烟气中的二氧化硫采取的治理措施主要为制硫酸。制硫酸法工艺主要有单接触法（一转一吸）、双接触法（二转二吸）和 WSA 制酸工艺。

单接触法（一转一吸）制酸工艺：包括净化、干吸、转化、尾气吸收四个工段，除尘后的二氧化硫烟气经过净化、干燥去除杂质和水分，然后在触媒催化作用下将二氧化硫转化为三氧化硫，用硫酸吸收制得产品硫酸。二氧化硫浓度要求在 3~5% 之间，转化率在 94% 左右，转化效率较低，出口烟气二氧化硫排放浓度难以达标。《有色金属工业环境保护设计技术规范》（YS5017—2004）中规定烟气制酸采用一转一吸时，尾气应脱硫或采取其他方法处理。

双接触法（二转二吸）制酸工艺：工艺与单接触法相同，包括净化、干吸、转化、尾气吸收四个工段，干吸系统采用三塔三槽，一次干燥两次吸收工艺，即干燥塔、第一吸收塔和第二吸收塔，均有相对独立的酸循环系统，干燥系统采用 93% 的硫酸干燥，吸收系统采用 98% 的硫酸吸收，转化工段采用 3+1 两次转化。该工艺对二氧化硫浓度要求较高，二氧化硫浓度在 5% 以上时才可以采用双接触法制硫酸，转化率在 99% 以上。

WSA 制酸工艺：湿式硫酸工艺（WSA 法或 TopsoeWSA 法）是单接触法发展的产物，没有烟气的预先或中途的干燥过程，进口烟气 SO_2 含量为 2.0~3.5%，转化率达到 99%，适合处理低浓度、波动性较大的 SO_2 烟气，目前该项技术已成为我国重点鼓励发展的清洁生产技术。

（2）钼铁冶炼烟气中的二氧化硫

钼铁在冶炼过程中冶炼烟气中含有二氧化硫，钼铁冶炼烟气脱硫可采用湿式钠碱法、SDS 干法脱硫技术、石灰石-石膏湿法烟气脱硫工艺。

湿式钠碱法：利用 Na_2CO_3 不断循环来吸收烟气中的二氧化硫，随着吸收过程进行，吸收液中的 NaHSO_3 数量增多会使吸收能力下降，需补充碱液使部分 NaHSO_3 转化为 Na_2SO_3 ，以保持吸收液吸收能力。例如在一种

用于钼精炼的烟气脱硫设备中采用此工艺，通过设置四级顺次串联连通的吸收塔来延长烟气流通长度，在第一级吸收塔内设置多级喷淋吸收装置，其余三级吸收塔除了多级喷淋吸收装置外，还设置空心球填料层和除雾器等措施，提高脱硫效率，使脱硫效率达到 99.9% 以上。

SDS 干法脱硫技术：通过在烟气中加入活性钙脱硫剂，在常温常压或加压条件下，使烟气中的二氧化硫转化为硫化物，硫化物再与活性钙反应生成硫酸钙，从而达到脱硫目的。此技术具有技术成熟、设备简单、操作灵活、处理效果好等优点，脱硫达 95% 以上，工艺简单，耗电量低，使用寿命长。适用于燃气锅炉、生物质锅炉、焚烧炉、炼油炉、焦化炉、陶瓷等工业窑炉的尾气处理，钼铁冶炼炉的烟气脱硫也可能适用。

石灰石-石膏湿法烟气脱硫工艺：烟气进入脱硫装置的湿式吸收塔，与自上而下喷淋的碱性石灰石浆液雾滴逆流接触，其中的酸性氧化二氧化硫以及其他污染物被脱除。该工艺吸收剂价廉易得，脱硫效率高、吸收剂利用率高，较能适应高浓度二氧化硫烟气条件，对焦化炉这种烟气中含二氧化硫浓度非常高且含有粉尘的情况适用，钼铁冶炼烟气如果二氧化硫浓度较高也可适用。

(3) 制酸尾气中的二氧化硫

由于采用制酸法去除二氧化硫后排放的尾气尚不能确保满足相关标准的要求，需对制酸尾气进一步采取脱硫措施，常用的脱硫措施有碱液吸收法和有机胺吸收法。

碱液吸收法：碱液为 NaOH 等碱性水溶液，废气通过引风机的动力进入高效填料塔，在填料塔的上端喷头喷出碱洗吸收液，均匀喷洒在填料上，废气与吸收液在填料表面上充分接触，废气中的易溶于水的物质几乎全被吸附在吸收液上，废气中酸性气体与碱性吸收液反应，生成无害盐类和水，从而达到净化废气的目的。然后将吸收废水经过中和、浓缩、结晶、离心甩干等一系列工序，最终得到亚硫酸钠。一级碱液吸收去除二氧化硫效率

可达 90%以上，两级碱液吸收去除二氧化硫效率可达到 96%以上。

有机胺吸收法：脱硫工艺由预分离器、吸收装置、解吸装置、胺净化装置组成。大致流程为：烟道气体在水喷淋预洗涤器中急冷、饱和，同时去除小颗粒灰尘及大部分强酸，预洗涤器中洗涤液 pH 值低的酸性环境，防止二氧化硫的水解并使其以气相形式进入吸收塔。贫胺液与二氧化硫逆流接触反应，其中烟气中强酸与吸收剂反应。净化后的烟气符合排放标准并由排气筒排放。吸收二氧化硫后的富液经富液泵加压后进入溶液换热器，与热贫液换热后进入再生塔上部，在再生塔内被蒸汽汽提，并经再沸器加热再生为热贫液。再生出来的贫胺液返回吸收塔循环利用，其中一部分进入胺净化装置去除“热稳定性盐”，保证贫胺液浓度。从再生塔解析出来的二氧化硫经冷却、分离后纯度达到 99%以上（干基），可作为硫酸或硫磺生产所需原料。优点：脱硫效率高达 99%，工艺流程简单，系统操作、维护简单可靠；在弱酸性气液相环境中运行，基本无腐蚀；吸收液具有高的热稳定性和化学稳定性。缺点：一次投资较大；再生蒸汽消耗量较大，能耗成本较高；有机胺的抗氧化性、过程中生成的热稳定盐需要脱除。

3.3.1.3 含氨气的废气治理技术

钼酸铵焙烧、还原生产钼粉的钼冶炼企业在钼酸铵焙烧工段会产生含氨废气，氨气去除方法主要采用水吸收法和酸吸收法处理。

①水喷淋吸收

氨气进入吸收装置，向上流动至第一级填料层，与第一级喷出的水接触反应；吸收后的废气继续向上流动至第二级填料层，与第二级喷出的水接触反应。在吸收过程中氨气与水会产生大量热量，二级填料塔可把吸收液冷却、加压，使氨气很快被水吸收，由于气体不断地在被冷却，挥发的速度慢，吸收的速度快，从而能达到高效吸收的效果。水喷淋产生的含氨废水达到 20%的浓度后直接回用于氨浸工段。二级水喷淋吸收除氨的效率可达 98%。

②水+酸洗两级吸收

水吸收法和稀酸吸收法是处理氨废气的常用方法，具有良好的吸收效果。第一级用水喷淋吸收得到的稀氨水回用于氨浸等工段，可以减少氨浸工段液氨的用量；第二级用稀酸喷淋吸收氨气，将吸收后的废水送污水处理站处理，酸洗处理氨气的同时也将废水的 pH 值调整至接近中性，有利于后续废水处理，减少碱性药剂的用量，达到资源综合利用的目的，采用水+酸洗两级吸收装置去除氨气效率在 98%以上。

3.3.1.4 含氮氧化物废气治理技术

氮氧化物的生成条件很复杂，与反应温度、压力、燃料种类、烟气含氧以及其它促进氮氧化物生成的因素有关。目前脱硝主要采用氧化脱硝、SNCR 脱硝、SCR 脱硝等脱硝技术。

（1）氧化脱硝

氧化脱硝技术是利用强氧化剂将 NO 氧化成高价态的氮氧化物，然后利用碱液进行喷淋吸收的脱硝工艺；目前，熔炼烟气脱硝措施中应用的氧化剂主要为臭氧和双氧水。该技术设备占地面积小，能同时脱除汞等其他污染物。但该工艺存在氧化剂消耗量大，运行费用高，能耗高，对设备材质要求高，易产生臭氧二次污染等问题。

（2）SNCR 脱硝

SNCR 脱硝技术无需催化剂，在合适温度段喷入还原剂（氨或尿素），在一定的温度范围内，还原剂将 NO_x 还原为 N₂。该方法首先将含有氨基的还原剂（氨水）喷入炉膛温度为 850~1100℃的区域，在高温下，还原剂迅速热分解成 NH₃ 并与烟气中的 NO_x 进行还原反应生成 N₂ 和水。该技术具有工艺简单、系统阻力小、占地面积小、建设周期短、易于改造等技术特点，其脱硝效率一般为 50-70%。

（3）SCR 脱硝

SCR 脱硝技术是指在催化剂的作用下，还原剂（氨等）选择性地与烟

气中 NO_x 反应生成 N_2 和水的过程。SCR 脱硝技术为了维持催化剂的催化活性并达到一定的脱硝效率，一般要求反应器进口烟气温度大于 300°C 。该工艺存在催化剂易于失效和运行成本高、投资费用大等问题。

3.3.1.5 含硫酸雾废气治理技术

含硫酸雾废气主要来自烟气制酸工序。硫酸雾治理一般采取碱液吸收技术，该技术采用 NaOH 、 Na_2CO_3 、 CaCO_3 和 NH_3 等碱性水溶液作为吸收剂，与含硫酸雾烟气充分接触并中和。该技术设备投资较低，工艺较简单，但运行费用较高。

3.3.1.6 含非甲烷总烃废气治理技术

根据《国家污染防治技术指导目录》（2025 年），有机废气低效类治理技术有 VOCs（挥发性有机物）洗涤吸收净化技术、VOCs 光催化及其组合净化技术、VOCs 低温等离子体及其组合净化技术、VOCs 光解（光氧化）及其组合净化技术，目前一般采用的有机废气治理技术主要为吸附法、催化燃烧法、生物法。

（1）吸附法

吸附法是一种常见的非甲烷总烃废气处理方法。这种方法主要是利用活性炭、分子筛等吸附剂对非甲烷总烃进行物理吸附，从而达到净化空气的目的。这种方法的优点是投资少、操作简便，但缺点是吸附剂的饱和期短，需要定期更换，且吸附剂对非甲烷总烃的吸附效果受气相浓度的影响较大。

（2）催化燃烧法

催化燃烧法是一种有效的非甲烷总烃废气处理方法。这种方法是通过催化剂的作用，使非甲烷总烃在低温下完全燃烧，从而达到净化空气的目的。这种方法的优点是对非甲烷总烃的净化效率高，且燃烧产生的热量可以回收利用，但缺点是需要高温热源，能源消耗较大。

（3）生物法

生物法是一种环保、经济的非甲烷总烃废气处理方法。这种方法是通过微生物的生物降解作用，将非甲烷总烃转化为无害的物质。这种方法的优点是投资少、操作简单，且处理效果好，但对操作条件要求较高，且处理过程较慢。

3.3.2 水污染防治技术分析

钼矿开采过程中会产生矿井涌水，矿井涌水中含有化学需氧量、氨氮、悬浮物、石油类、硫化物、钼、砷、锌、氟化物、总氮、总磷等污染物，经沉淀池收集后进入尾矿库回用生产，不外排。

钼矿选矿废水中含有钼、汞、砷、锌等，企业一般直接将废水送尾矿库经沉淀后回用于浮选工段再利用，不外排。仅在汛期出于安全考虑会排放部分尾矿库废水。

钼冶炼企业生产氧化钼时烟气净化工段产生的污酸、地面清洗废水、电除雾冲洗水、制酸尾气碳酸钠吸收废水汇集后主要呈酸性，含有化学需氧量、悬浮物、氟化物、铅、钼、汞等污染物，进入污酸处理站处理后回用，不外排。

钼冶炼企业生产钼铁时产生的生产废水为钼铁水淬冲渣循环水，主要污染物为悬浮物，也全部回用不外排。

钼冶炼企业以钼酸铵为原料焙烧、还原生产钼粉产生的水蒸气冷凝水、制氢站循环冷却水为清净下水，不含重金属，循环回用不外排，外排的废水主要为生活污水，主要污染物为 pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物等。

钼工业生产废水主要特征为呈酸性、含重金属，因此，钼工业生产废水处理时，酸性废水、重金属废水处理技术是关键。

3.3.2.1 酸性废水治理技术

酸性废水处理方法主要为中和法，具体有加药中和法、过滤中和法等。

加药中和法：就是将碱性药剂加入酸性废水中进行中和。常用的中和药剂有石灰、石灰石、氢氧化钠、碳酸钠等。石灰来源广、价格低廉、用

得比较普遍，但劳动条件差，中和渣量多（约占处理水体积的 2%）且不易脱水。另外电石渣、废碱渣等碱性废料也是良好的以废治废的中和剂。中和剂的投加方法有干投和湿投两种。干投法是将中和剂直接投入酸性废水中，湿投法是先把中和剂制成乳液再加入废水中。对于氢氧化钠、碳酸钠等中和剂，一般采用湿投，而石灰、石灰石、白云石等中和剂可制成乳液或将粉料直接投入废水中进行中和。

过滤中和法：就是使酸性废水通过碱性固体滤料层进行中和，滤料层一般采用石灰石或白云石。过滤中和法一般用于处理含酸浓度较低（硫酸小于 2g/L、盐酸和硝酸小于 20g/L），水量较小的酸性废水。对悬浮物、油含量较多、受重金属污染的酸性废水不宜采用此法。

3.3.2.2 含重金属废水处理技术

目前常用的金属离子去除方法主要有化学沉淀法、氧化还原法、离子交换法和反渗透法。

①化学沉淀法

化学沉淀法是使废水中呈溶解状态的金属转变为不溶于水的金属化合物的方法，包括中和沉淀法和硫化物沉淀法等，重金属去除效率在 50% 左右。

中和沉淀法：在含金属离子的废水中加入碱进行中和反应，使重金属生成不溶于水的氢氧化物沉淀形式加以分离。中和沉淀法操作简单，是常用的处理废水方法。但小颗粒物质不易沉淀，则需加入絮凝剂辅助沉淀生成。

硫化物沉淀法：加入硫化物沉淀剂使废水中金属离子生成硫化物沉淀后从废水中去除的方法。金属硫化物溶解度比其氢氧化物的溶解度更低。但硫化物沉淀物颗粒小，易形成胶体；硫化物沉淀剂本身在水中残留，遇酸生成硫化氢气体，产生二次污染。

②氧化还原法

铁氧体法：铁氧体技术是根据生产铁氧体的原理发展起来的。在废水中加入过量的 FeSO_4 ，使 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} ，调节 pH 值至 8 左右，使 Fe 离子产生氢氧化物沉淀。通入空气搅拌并加入氢氧化物不断反应，形成铬铁氧体。铁氧体法形成的污泥化学稳定性高，易于固液分离和脱水。铁氧体法特别适用于含金属离子种类较多的混合废水。

电解法：电解法具有去除率高、无二次污染、所沉淀的金属可回收利用等优点。大约有 30 多种废水溶液中的金属离子可进行电沉积。电解法是一种比较成熟的处理技术，能减少污泥的生成量，且能回收 Cu、Ag、Cd 等金属，已应用于废水的治理。不过电解法成本比较高，一般经浓缩后再电解经济效益较好。

③离子交换法

离子交换法是利用离子交换剂分离废水中有害物质的方法，应用的离子交换剂有离子交换树脂、沸石等等，离子交换是靠交换剂自身所带的能自由移动的离子与被处理的溶液中的离子通过离子交换来实现的。推动离子交换的动力是离子间浓度差和交换剂上的功能基对离子的亲和能力，多数情况下离子是先被吸附，再被交换，离子交换剂具有吸附、交换双重作用。重金属去除效率在 95% 以上。

④反渗透法

反渗透是渗透作用的逆过程，指借助外界压力的作用使溶液中的溶剂透过半透膜而阻流某种或某些溶质的过程。用于反渗透的半透膜表面微孔尺寸一般在 1nm 左右，能去除绝大部分离子、98% 以上的溶解固体、溶解有机物、生物、胶体及 95% 以上的硅酸。反渗透技术处理含重金属废水不需要投加药剂，能耗低，设备紧凑，易实现自动化，不改变溶液的物理化学性质，可以回收清水和贵金属。

3.4 行业排放有毒有害污染物环境影响分析

钼行业废气中主要有毒有害物质有非甲烷总烃、硫酸雾、氨气、铅及

其化合物、铬及其化合物、镉及其化合物、砷及其化合物、汞及其化合物等，废水中主要有毒有害物质有钼、铅、汞、砷、总铬、六价铬、镉、铊、等。

3.4.1 非甲烷总烃

非甲烷总烃（Non-Methane Hydrocarbons, NMHC）是一类挥发性有机化合物，是指所有挥发性有机化合物（VOCs）中排除甲烷（CH₄）后的其余成分。这类化合物广泛存在于各种工业和非工业环境中，对人体健康和环境造成多种危害。长期暴露于非甲烷总烃中，可能会导致呼吸道刺激，引发慢性支气管炎、哮喘等呼吸系统疾病。高浓度的非甲烷总烃吸入还可能引起肺部炎症和肺功能下降。高浓度的非甲烷总烃暴露可能对神经系统产生影响，包括头痛、头晕、失眠、记忆力减退等症状。长期暴露还可能导致神经衰弱和神经性头痛。非甲烷总烃可引起眼睛刺激，出现红肿、流泪等症状。皮肤接触非甲烷总烃也可能导致皮肤干燥、瘙痒和过敏反应。一些非甲烷总烃被列为致癌物质，长期吸入或皮肤接触可能增加患癌症的风险，特别是肺癌和其他呼吸系统肿瘤。部分非甲烷总烃可能对生殖系统产生影响，导致生育能力下降或胎儿发育异常。

非甲烷总烃是形成光化学烟雾的重要前体物质，可参与大气中的光化学反应，导致空气污染。这些反应还会生成臭氧，进一步加剧空气质量问题。一些非甲烷总烃具有温室效应，能够吸收红外线辐射，导致温室效应加剧，从而影响全球气候。非甲烷总烃可以通过雨水径流进入水体，影响水质，对水生生物造成毒性影响。这些化合物可与水体中的其他污染物发生反应，生成新的有害物质。非甲烷总烃可能通过土壤表面的气体扩散或溶解进入土壤，影响土壤微生物的活性，进而影响土壤的生态平衡。

3.4.2 硫酸雾

硫酸雾对人体的危害可分为急性中毒和慢性损害两个方面。硫酸雾对人体的长期影响表现为鼻黏膜萎缩伴有嗅觉减退或消失，慢性支气管炎和

牙齿酸蚀症等。长期接触高浓度硫酸雾的工人，可发生支气管扩张、肺气肿、肺硬变，出现胸痛、胸闷、气喘等症状。

3.4.3 氨

氨气会刺激呼吸道和眼部黏膜，影响人们的生理功能。在氨暴露较高的环境下工作的人群容易感染支气管炎等职业性传染病，长此以往还有可能造成呼吸道感染及免疫力下降。吸入大量氨气，轻则会出现结膜充血等症状，严重可能导致呼吸系统损害并伴随眼部烧灼伤和声音嘶哑等情况，进一步加剧还可能出现支气管炎等症状，对神经系统功能也可能造成影响，并存在一定程度引发慢性呼吸系统疾病的可能。因此，氨气需要受到严格控制和监管以保护人们的健康。此外，氨还会对生态环境造成破坏，尤其是在工业生产过程中产生的氨气会污染水源和土壤等自然环境。总之，氨对人体健康和生态环境带来的危害不容小觑。

3.4.4 铅及其化合物

铅侵入人体的途径，主要是呼吸道，其次是消化道，完整的皮肤不能吸收。一般说，吸入的铅70%~75%仍随呼气排出，仅25%~30%被人体吸收。铅进入人体后，除部分通过粪便、汗液排泄外，其余在数小时后融入血液中，阻碍血液的合成，导致人体贫血，出现头痛、眩晕、乏力、困倦、便秘和肢体酸痛等；动脉硬化、消化道溃疡和眼底出血等症状也可能与铅污染有关。

3.4.5 砷及其化合物

砷外观为银灰色发亮的块状固体，质硬而脆，不溶于水、碱液、多数有机溶剂，溶于硝酸、热碱液，常态下性质稳定。元素形态的砷，因其不溶于水，因此几乎没有毒性。有毒性的主要是砷的化合物，如三氧化二砷（ As_2O_3 ）即砒霜。砷进入体内被吸收后，破坏细胞的氧化还原能力，影响细胞正常代谢，引起组织损害和机体障碍，可直接引起中毒死亡。常人服

入三氧化二砷0.01-0.05g，即可中毒，出现中毒症状；服入0.06-0.2g即可致死；在含砷化氢为1mg/L的空气中，呼吸5-10分钟，可发生致命性中毒。

3.4.6 汞及其化合物

汞对人体的危害主要累及中枢神经系统、消化系统及肾脏，还对呼吸系统、皮肤、血液及眼睛也有一定的影响。因种类不同汞及汞化物进入人体后，会蓄积在不同的部位，从而造成这些部位受损。如金属汞主要蓄积在肾和脑；无机汞主要蓄积在肾脏，而有机汞主要蓄积在血液及中枢神经系统。由呼吸道或消化道进入体内大量的金属汞或汞化物后，数小时至数日内可出现头晕、全身乏力、发热、口腔炎以及恶心、腹痛、腹泻等症状。严重时可导致急性肺水肿和急性肾衰。长期接触低浓度汞及汞化物引起的职业性中毒为慢性汞中毒。

3.4.7 钼及其化合物

钼是人体所需的微量元素之一，适量摄入对人体有益，但过量摄入或长时间暴露于高浓度的钼环境中可能会对人体造成危害。钼在水中对人体生命健康危害极大，它能够使体内能量代谢过程出现障碍，心肌缺氧而灶性坏死，易发肾结石和尿道结石，增大缺铁性贫血患病几率，引发龋齿，钼是食管癌的罪魁祸首，它还会导致痛风样综合征，关节痛及畸形、肾脏受损，生长发育迟缓、体重下降、毛发脱落、动脉硬化、结缔组织变性 & 皮肤病等生命健康隐患。

3.4.8 铬及其化合物

重金属铬可能会刺激皮肤，导致皮肤过敏反应，如红斑、瘙痒、水肿、溃烂等皮肤病变，增加皮炎等皮肤病的风险。吸入铬酸盐、铬酸的烟雾和粉尘等会导致呼吸系统受损，可能出现鼻部干燥、鼻瘙痒、鼻充血、鼻水肿、鼻出血、咽喉肿痛、咳嗽、咳痰、嗅觉失常等症状。直接食用含铬的食物会导致消化系统受损，出现胃溃疡、食管炎、十二指肠溃疡等症状，伴有胃灼热、胃痛、胃酸分泌增多、腹泻、腹痛等症状，影响日常饮食营

养吸收。某些形式的铬，尤其是六价铬，已被国际癌症研究机构列为一类致癌物，长期接触可能增加患肺癌、鼻咽癌等癌症的风险。铬污染严重的地区，居民经常接触或过量摄入铬化合物，易得鼻炎、结核病、支气管炎、皮炎等疾病。

3.4.9 镉及其化合物

镉有毒，致癌，致畸胎。镉可通过食物链为人体摄入，主要是由于含镉废水污染了水源和农田土壤，人长期食用含镉的食物和饮用含镉的水。用含镉容器盛装酸性食物，可引起经口急性镉中毒，产生剧烈呕吐。在非污染区人体摄入量为每日 10-60 μg ，污染地区的摄入量每日可达 200-400 μg 。镉会对呼吸道产生刺激，长期暴露会造成嗅觉丧失症、牙龈黄斑或渐成黄圈，镉化合物不易被肠道吸收，但可经呼吸被体内吸收，积存于肝或肾脏造成危害，尤以对肾脏损害最为明显。还可导致骨质疏松和软化。

3.4.13 铊及其化合物

铊及硫酸铊、乙酸铊、氯酸铊等 15 种铊化合物被列入《危险化学品目录（2015 版）》（序号 2103），其中，硫酸铊为剧毒化学品。含铊废水若未经有效处理即排入环境，将对公众健康与生态环境安全造成威胁。铊可经呼吸道、消化道及皮肤吸收，人摄入过量的铊便会中毒，出现脱发、头晕等一系列症状。在植物中，铊与钾存在拮抗作用，若铊取代了钾，植物就会受到危害。

3.4.15 锰及其化合物

锰在人体中含量虽微乎其微，但与人的生命活动却息息相关。若机体摄入不足的锰，会影响其生长发育，严重的还会给动物带来疾病；锰含量高时引起神经细胞的退行性变、坏死和胶质细胞增生，脑血管内膜增厚，血管变窄、脑血流量减少。同时锰能抑制多巴胺的形成，由于水中锰的异味大，污染生活器具，使人们无法正常使用且会造成慢性中毒，我国生活饮用水标准将水中锰含量限制在 0.1mg/L 以下。含锰废水会对周边的土壤

及生态环境造成危害。过量锰的摄入会引起动物和植物中毒，主要表现为对人和动物的神经系统产生毒害。

4 标准制定的必要性分析

（1）填补河南省钼行业污染物排放标准的空缺

目前，国家及省内外均未颁布专门针对钼行业的污染物排放标准，河南省钼行业污染物排放仍执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）、《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）等综合性排放标准，在防治钼工业污染方面起到了积极作用。但由于上述标准属于综合排放标准，行业针对性不强，同时由于标准中的污染物排放限值大部分是基于20世纪90年代技术水平制定的，标准限值较宽松，与当前钼工业的发展水平和环保要求不相适应。综合性排放标准应用范围比较广，对钼行业的特殊性考虑不够，难以完全适应钼行业特点，同时给环保执法带来一定困难。同时，随着我国钼工业生产工艺技术的迅速发展、清洁生产工艺的应用及污染控制水平的提高，部分执行的综排标准已明显落后，现行的部分综排标准在约束企业加强污染控制方面的力度已较弱。

我省针对铅冶炼行业、铝行业、黄金冶炼、铅锌企业陆续发布实施了《铅冶炼工业污染物排放标准》（DB41/684-2011）、《铝工业污染物排放标准》（DB 41/1952-2020）、《黄金冶炼行业污染物排放标准》（DB 41/2088-2021）、《铅、锌工业大气污染物排放标准》（DB41/2806-2025），而河南省是全国著名的钼生产大省，目前国家及河南省均无专门针对钼工业企业的污染物排放控制标准，为了填补河南省钼行业污染物排放标准的空缺，因此制定河南省地标钼行业污染物排放标准是十分必要的。

（2）钼企业多分布在黄河支流上游，水环境敏感

钼是《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）地表水源地特定项目限制项之一，伊河发源地拥有世界级大型钼矿区，流域水体中钼元素常年超标，而下游陆浑水库是洛阳市重要的饮用水水源地保护区，对钼污染的控制刻不容缓。根据调研收集资料，环境与污染防治期刊《钼矿区河流钼污染及来源探讨》（2023年8月）中针对伊河及其主要支流和部分支流共

设置了204个采样断面，包含干流及主要支流的背景断面与出境断面、主要支流汇入伊河前断面与汇入后断面，以及涉矿企业上下游断面。该研究结果显示地表水样品中钼质量浓度在0.0003~3.7800mg/之间，变异较大，偏度为6.7，峰度为56.7。偏度大于0，峰度大于3表明数据分布呈现陡峭的右偏态分布。该研究地表水所采集样品绝大多数样本未超标，钼矿区主要分布于德亭河流域（A区域）和处于伊河源头的陶湾北沟河、鱼库沟河、石宝沟河和北沟河4个支流处（B区域），这些区域均属于钼地质环境高背景区域，特别是B区域，该区域存在研究区最大的钼矿区，即鱼库-南泥湖矿区，土壤中钼可高达60mg/kg，所采集样本中，绝大多数超标断面位于B区域，对伊河流域的钼总量贡献巨大。对比涉钼企业分布可见，绝大多数涉钼企业位于B区域，该区域集钼矿采集-洗选-冶炼于一体，而在A区域则相对较少。其中露天矿场与尾矿库集中分布于B区域，是该区域水体中钼含量相对较高的原因之一。该研究对超标断面进行统计，统计结果显示有23.53%的断面超标，其中干流超标断面占其全部采样断面的38.89%，A区域超标断面占8.82%，B区域超标断面占61.36%。48个超标断面中位于B区域的有27个，可见B区域是钼超标的主要区域。综上所述，伊河源头的陶湾北沟河、石宝沟河北沟河和鱼库沟河4个支流是该流域钼元素来源的主要区域，钼超标样品主要分布于该区域，该区域有27个断面超标，占全部超标断面的56.25%。

环境与污染防治期刊《钼矿区河流钼污染及来源探讨》中采样断面分布见下图4-1，流域钼超标分析结果示意图见下图4-2，热点分析结果见下图4-3。

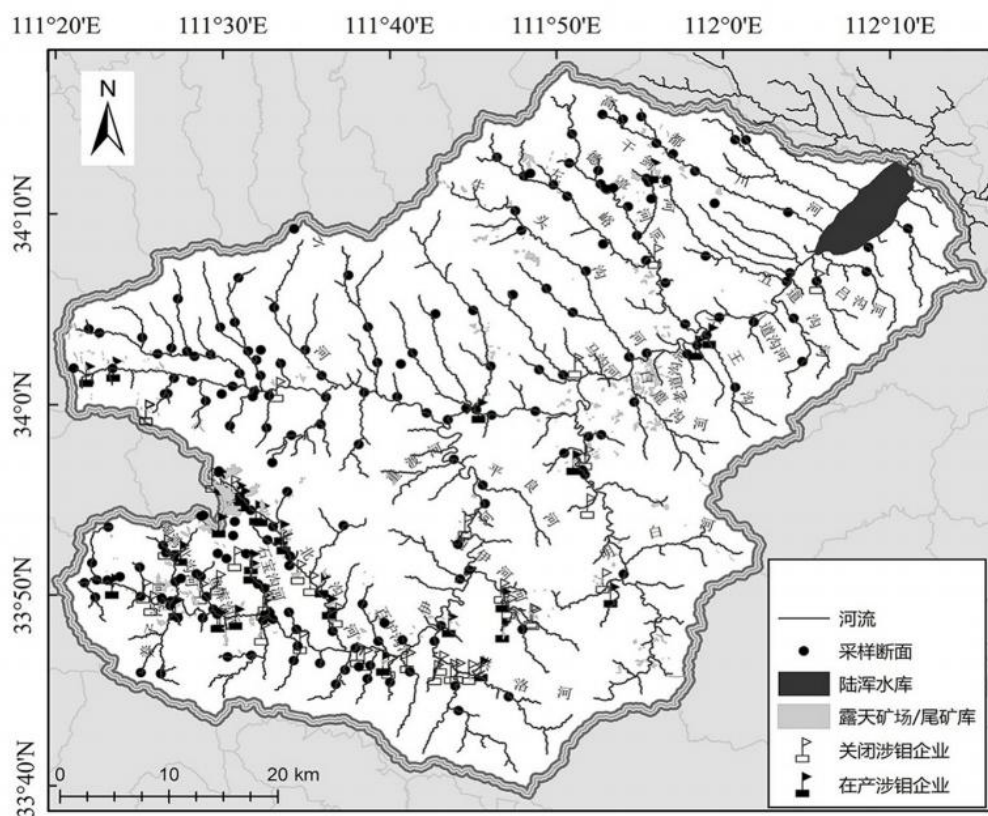


图 4-1 采样监测断面分布图

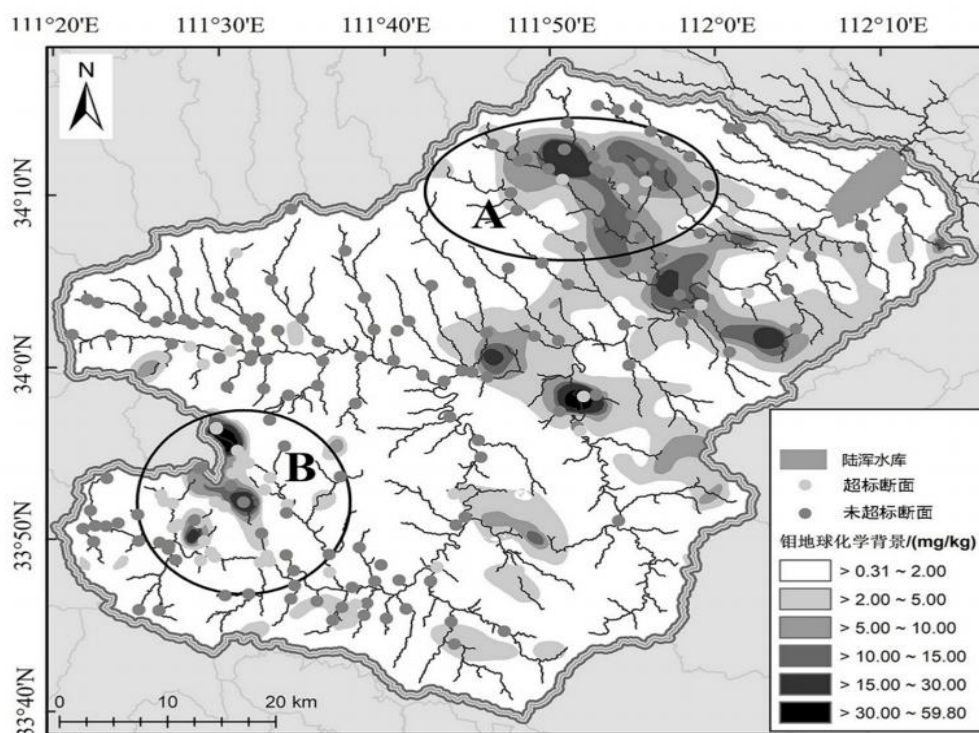


图 4-2 流域铅超标分析结果

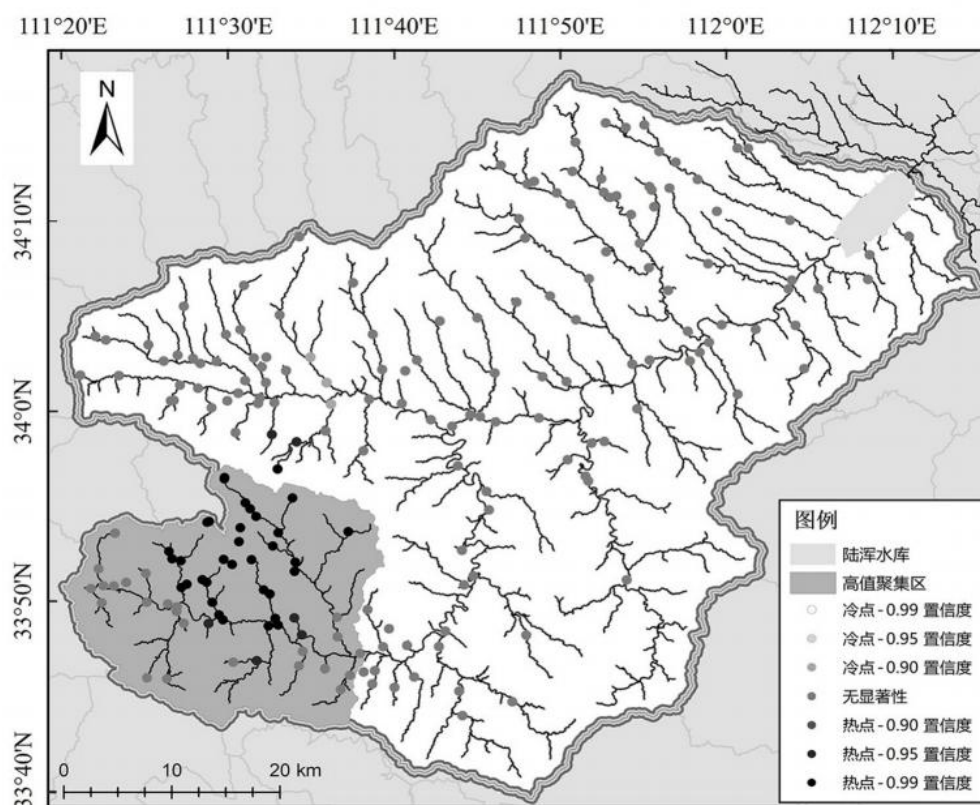


图 4-3 热点分析结果

环境与污染防治期刊《钼矿区河流钼污染及来源探讨》结论如下：

①研究区属于典型高钼地质环境背景区域，对研究区设置204个采样断面进行采样，共计超标48个，超标比例23.53%。其中陶湾北沟河、鱼库沟河、石宝沟河和北沟河为本研究区重要矿区，该区域所采集44个样本中，超标27个，占有超标断面的比例高达56.25%，是钼超标的主要区域。

②热点分析表明，陶湾北沟河、鱼库沟河、石宝沟河和北沟河区域也是钼含量的热点区，存在显著的高值聚集现象，是研究区钼污染的主要贡献区域。

③在产企业对流域中钼含量贡献最大，为35.17%，其次为地表裸露导致的淋溶作用加剧所产生的贡献，占31.78%，另外高钼地质环境背景与涉钼尾矿库也贡献了相当比例，分别为13.20%与19.85%。

综上所述，钼工业对其所在流域钼含量超标影响最大，通过制定河南省钼行业污染物排放标准来控制钼工业污染物的排放，降低对地表水环境的不利影响是刻不容缓的。

（2）是贯彻落实生态环境部及河南省生态环境厅政策文件的需要

2022年3月生态环境部发布了《关于进一步加强重金属污染防治的意见》（环固体〔2022〕17号），第七条意见中提出“健全标准，加强重金属污染监管执法。完善重金属污染物标准体系。研究修订铅锌、电镀等行业污染物排放标准，加快制定出台废水重金属在线监测系统安装、运行、验收技术规范。修订《重点重金属污染物排放量控制目标完成情况评估细则（试行）》。省级生态环境部门结合本地区突出的重金属污染问题，加强地方排放标准体系建设，对于涉锰、锑、钼等产业分布集中的地区，要加快研究制定地方性生态环境标准，推动解决区域性特色行业污染问题。”

2022年7月河南省生态环境厅印发了《河南省进一步加强重金属污染防治工作方案》（豫环文〔2022〕90号），方案中明确“（十二）强化重金属污染监控预警。加快研究制定锑、钼等重金属地方排放标准，推动解决我省涉锑、涉钼等行业污染问题。”

根据上述文件要求，研究制定针对钼工业企业的污染物排放标准是十分必要的。

（3）是加强区域钼工业排污监管的有力支撑

河南省是全国著名的钼生产大省，钼矿总储量及采选能力均位于全国第一，其中钼矿储量占全国总储量的30.1%，钼矿选矿能力占全国的45%。钼工业企业尤其是钼冶炼等企业在生产过程会产生铅、砷、汞、钼等重金属有毒有害物质。河南省钼生产企业排放污染物是河南省水污染物中重金属镉、铅、砷、汞、铬的主要来源之一，对区域环境污染影响较大。河南省涉钼生产企业分布较为集中，大多聚集在洛阳市栾川县，区域环境问题突出，制订河南省钼工业污染物排放标准，可进一步加强钼工业废气废水

中污染物的排放控制，完善我省的环境保护标准体系，支撑涉钼工业环境污染的监督工作，为我省生态环境主管部门提供有力的执法依据。

（4）填补河南省钼行业污染物排放标准的空缺

我省针对铅冶炼行业企业、铝行业、黄金冶炼企业陆续发布实施了《铅冶炼工业污染物排放标准》（DB41/684-2011）、《铝工业污染物排放标准》（DB 41/1952-2020）、《黄金冶炼行业污染物排放标准》（DB 41/2088-2021），而河南省是全国著名的钼生产大省，目前国家及河南省均无专门针对钼工业企业的污染物排放控制标准，为了填补河南省钼行业污染物排放标准的空缺，因此制定河南省地标钼行业污染物排放标准是十分必要的。

（5）防范风险隐患，保障区域环境安全

钼工业企业的特征污染物包括钼、砷、铅、汞等重金属污染因子，本次制定钼工业污染物排放标准既可管控废气排放，亦可管控废水排放。栾川境内北沟河存在钼超标情况，部分钼企业厂内及周边地下水存在钼超标情况。本标准的制定可降低排入大气环境、水环境的污染物总量，同时可减少通过大气沉降而富集到土壤以及地表水中的重金属污染物总量，土壤和地表水中的污染物可通过下渗迁移等方式进一步影响地下水环境质量，因此制定钼工业污染物排放标准能够有效降低区域土壤、地表水、地下水重金属污染风险。

综上分析，制定符合河南省钼工业污染排放控制、环境管理需求的地方标准非常必要。

5 标准制定原则和技术路线

5.1 标准制定思路

按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》、《河南省地方标准管理办法》等文件的要求，通过文献资料调研、调查表调查、现场调研、现场监测等多种方式，全面掌握我省钼工业企业各类污染物排放情况、处理工艺、处理设施监管、污染治理成本等。深入研究国家及其他省市已发布或拟修订的相关污染物排放标准以及污染防治政策规划中针对钼工业企业的污染控制要求，做好充分衔接。以污染减排、改善环境空气质量为目标，科学制定我省钼工业污染物排放标准，从严控制大气和水污染物排放，推动我省钼工业工艺装备及污染治理技术的研发、应用和推广，推动我省钼工业工艺装备及污染治理技术的研发、应用和推广，努力缓解我省美丽河南和生态文明建设所面临的环境空气质量以及水环境质量改善压力，为实施污染防治行动计划提供科技标准支撑，减少大气和水污染物排放，改善环境空气质量及水环境质量。根据开题报告会、咨询会、评审会等专家意见以及征求单位的反馈意见，在符合国家和我省相关法律和法规的基础上，完成河南省地方标准《钼工业污染物排放标准》的标准文本和编制说明。

5.2 制定原则

（1）科学性原则

以科学研究成果和实际调研为依据，确保标准内容科学、合理、可行。依据国家环境保护法律、法规和有关政策、规划，在对钼行业的生产工艺、废水和废气产生环节、产生系数、污染治理水平及效果等方面深入研究和认真分析的基础上，结合当前国际及国内钼行业标准实施情况，科学确定污染物排放限值。

（2）差异性原则

目前河南省钼行业生产类型主要包括钼矿采选、钼冶炼等。不同生产

类型在工艺装备、污染物产排等方面存在较大差异，本标准制定过程中针对不同产品类型的污染源特征，制定差异化的污染物排放限值，分区分级、宽严相济。

（3）指导性原则

标准制定过程中充分结合国际及国内钼行业污染控制先进技术水平，充分考虑钼工业企业的经济承受能力以及管理水平，在现有执行的污染物排放限值的基础上适当加严，以促进钼行业产业结构调整升级，推动钼工业先进工艺装备、污染控制技术的推广和应用，确保标准技术可达、经济可行，形成完整、协调的环境保护标准体系。

（4）便于监督管理原则

标准制定力求标准简便、易读、好用，便于钼工业企业、基层生态环境监管人员使用和操作，为我省钼工业企业废气、废水排放控制的监督管理提供标准和法律依据。

（5）多方参与原则

标准制定中采取多种方式征求各级政府和相关部门、钼工业企业、行业专家、生态环境管理部门等的意见，兼顾各方实际情况和需求，以保证标准的科学性、针对性和可操作性。

5.3 制定依据

- （1）《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日起施行）；
- （2）《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月26日第二次修正）；
- （3）《中华人民共和国水污染防治法》（2017年6月27日第二次修正）；
- （4）《中华人民共和国黄河保护法》（2023年4月1日起施行）；
- （5）《中华人民共和国长江保护法》（2021年3月1日起施行）；
- （6）《地方环境质量和污染物排放标准备案管理办法》（环境保护部令第9号）；

- (7) 《关于加强地方环保标准工作的指导意见》（环发〔2014〕49号）；
- (8) 《国家大气污染物排放标准制订技术导则》（HJ 945.1-2018）；
- (9) 《国家水污染物排放标准制订技术导则》（HJ 945.2-2018）；
- (10) 《国家生态环境标准制修订工作规则》（2020年12月）；
- (11) 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）；
- (12) 《标准化工作指南 第3部分：引用文件》（GB/T 20000.3-2014）；
- (13) 《标准化工作指南 第1部分：标准化和相关活动的通用术语》（GB/T 20000.1-2014）；
- (14) 《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010）；
- (15) 《标准编写规则 第5部分：规范标准》（GB/T 20001.5-2017）；
- (16) 《空气质量持续改善行动计划》（国发〔2023〕24号）；
- (17) 《水污染防治行动计划》（国发〔2015〕17号）；
- (18) 《关于进一步加强重金属污染防治的意见》（环固体〔2022〕17号）；
- (19) 《河南省进一步加强重金属污染防治工作方案》（豫环文〔2022〕90号）；
- (20) 《河南省空气质量持续改善行动计划》（豫政〔2024〕12号）；
- (21) 《排污许可证申请与核发技术规范 稀有稀土金属冶炼》（HJ 1125-2020）；
- (22) 《河南省标准化管理办法》（省政府令第202号）。

5.4 技术路线

(1) 工作程序

标准制定工作总体分为开题报告编制、标准研究制定和标准审查报批三个阶段。

开题报告编制阶段：通过收集资料、查阅文献、地市调度、调研交流等方式，分析我省钼工业企业现状和问题，总结我省钼工业的区域分布及污染物排放特征，了解掌握钼工业企业污染物处理处置技术及国内外相关标准制修订情况，确定标准制定的总体方案和拟开展的主要工作，编制标准开题报告。

标准研究制定阶段：根据标准开题报告的相关内容，结合现场调研和交流，以及必要的代表性单位取样监测分析等，以标准控制对象、因子的确定，大气和水污染物排放标准限值的确定为重点，对标准框架、控制因子、限值、标准实施的技术经济可行性及环境效益等标准主要技术内容进行深入研究，形成标准征求意见稿，面向社会公开征求意见。

标准审查报批阶段：按照标准制修订程序，依次通过标准的专家技术论证会、厅长办公会，以及由省市场监督管理局、生态环境厅联合组织召开的标准审定会等，最后形成标准文本报批稿。

（2）技术路线

本标准编制技术路线见图5.4-1。

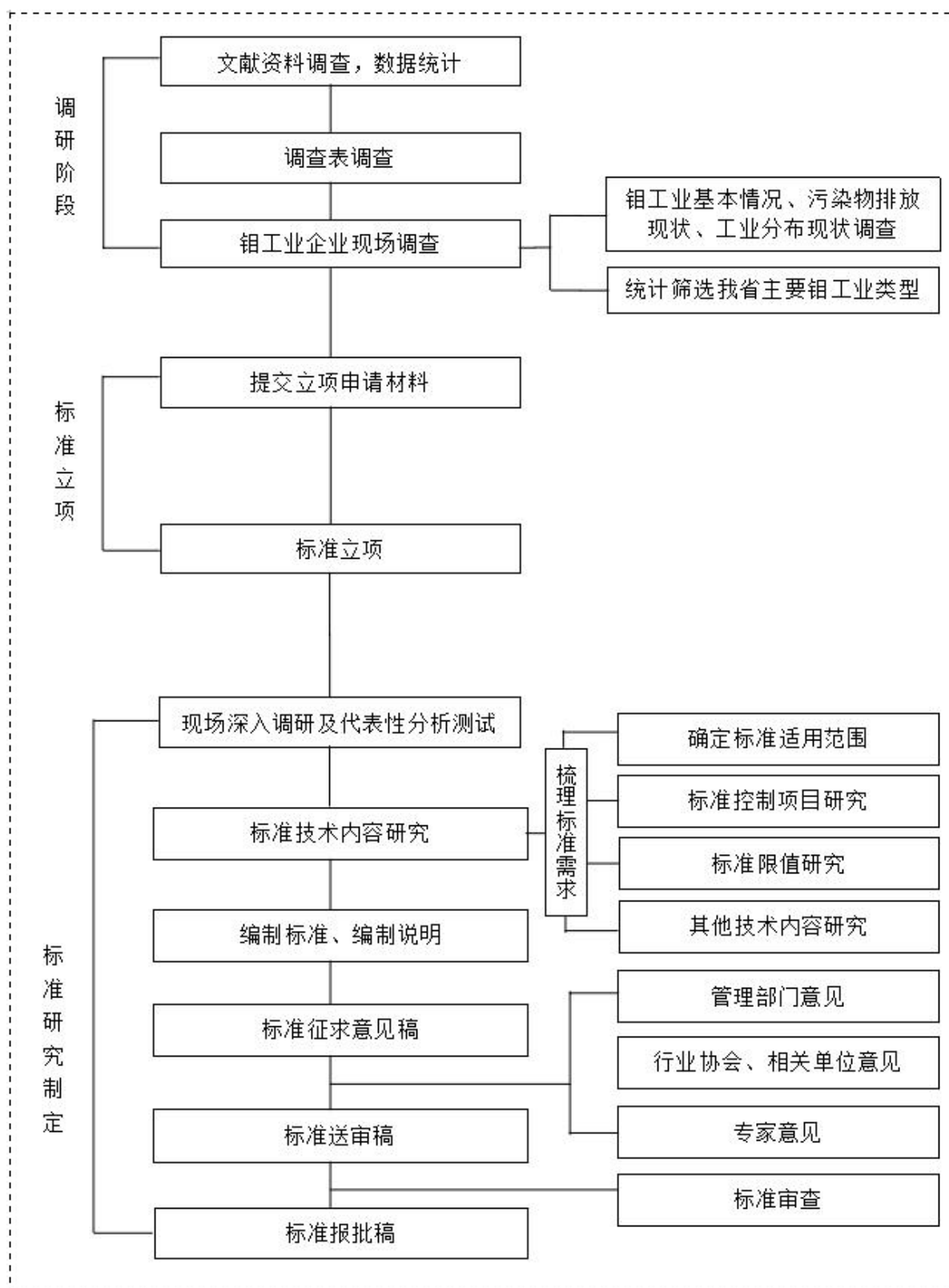


图5.4-1 本标准制定总体技术路线

6 标准主要技术内容

6.1 适用范围

本标准规定了河南省钼工业企业大气污染物和水污染物排放控制要求、监测监控要求，以及实施与监督等相关要求。

本标准适用于钼工业企业或生产设施的大气污染物和水污染物排放管理，以及钼工业建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工环境保护设施验收、排污许可证核发及其投产后的水污染物和大气污染物排放管理。

本标准适用的钼工业企业范围为：生产钼金属的采矿、选矿、冶炼和制造工业企业。包括GB/T 4754—2017：B0931（钨钼矿采选）中的钼矿采选、C3231（钨钼冶炼）中的钼冶炼以及C3240（有色金属合金制造）中生产钼铁合金的钼工业企业。

6.2 标准内容框架

根据《国家环境保护标准制修订工作管理办法》和标准编制规范，参照已经发布的国家标准及地方标准，结合我省钼企业污染物排放控制需要，本标准文本共包括六个章节：1.范围、2.规范性引用文件、3.术语和定义、4.污染物排放控制要求、5.污染物监测要求、6.实施与监督。

6.3 术语和定义

为方便标准的理解和使用，本标准在制定时定义了钼工业、现有企业、新建企业、排气筒高度、厂界、无组织排放、非甲烷总烃（NMHC）、封闭、密闭、直接排放、间接排放、公共污水处理系统共12个术语。本标准中除钼工业术语为本标准独特定义外其他术语均参考国家、行业或地方标准。

表6.3-1 本标准定义术语参考来源一览表

序号	术语名称	术语参考来源
1	排气筒高度	《铝工业污染物排放标准》（DB41/ 1952-2020）
2	无组织排放	《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB

		37822-2019)
3	非甲烷总烃 (NMHC)	《挥发性有机物无组织排放控制标准》 (GB 37822-2019)
4	封闭	《铅、锌工业大气污染物排放标准》(DB41/ 2806-2025)
5	密闭	《铅、锌工业大气污染物排放标准》(DB41/ 2806-2025)
6	直接排放	《河南省黄河流域水污染物排放标准》 (DB41/ 2087-2021)
7	间接排放	《铝工业污染物排放标准》 (DB41/ 1952-2020)
8	公共污水处理系统	《河南省黄河流域水污染物排放标准》 (DB41/ 2087-2021)

6.4 污染物控制项目选择

6.4.1 控制项目筛选原则

本标准控制因子筛选原则：①符合钼工业污染排放特征；②与钼行业生产技术、经济和管理水平相适应；③满足空气环境及水生态环境保护需求；④保障人民群众生命健康；⑤与国家标准要求相衔接。

6.4.2 本标准控制项目确定依据

6.4.2.1 生产原料成分及污染物来源

根据调研收集资料，洛阳地区钼矿及钼精矿多元素分析结果如下：

表 6.4-1 洛阳地区某 1#钼矿山原矿石元素含量统计表 单位：%

元素	钼	铜	铅	锌	砷	锡	汞	铊	镉	铬
含量	0.15~ 0.28	0.01 ~ 0.001 7	0.061 ~ 0.0011	0.01 ~ 0.026	0.0016 ~ 0.0005	ND	ND	ND	ND	ND

表 6.4-2 洛阳地区某 2#钼矿山原矿石元素含量统计表 单位：%

元素	钼	铜	铅	锌	砷	锰	钴	铬	银	镍	铊	汞	镉
含量	0.03 ~ 0.17 8	0.001 3~ 0.009	0.001 8~ 0.003 8	0.005 ~ 0.009	N D	0.9 ~ 1.09	0.00 1~ 0.00 2	0.00 008 ~ 0.00 018	ND~ 0.000 0031	0.00 21~ 0.00 39	N D	N D	N D

表 6.4-3 洛阳地区某 3#钼矿山原矿石元素含量统计表 单位：%

元素	钼	铜	铅	锌	锰	钴	镍	锡	砷	铬	铊	汞	镉
含量	0.09 1	0.00 5	0.00 96	0.0 105	1.0 9	0.0 012	0.00 21	0.00 25	ND	ND	ND	ND	ND

表 6.4-4 洛阳地区某 4#钼矿山原矿石元素含量统计表 单位：%

元素	钼	铜	铅	锌	砷	锰	钴	铬	银	镍	铊	汞	镉
含量	0.09 7	0.041	0.000 7	0.017	N D	0.00 7	0.00 1	ND	3.23× 10 ⁻⁶	0.00 2	N D	N D	N D

表 6.4-5 洛阳地区某选矿公司产品钼精粉元素含量统计表 单位：%

元素	钼	铜	铅	锡	砷	铬	铊	汞	镉
含量	55.402	0.86	0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND

表 6.4-6 洛阳地区某冶炼公司原料钼精粉元素含量统计表 单位：%

元素	钼	铜	铅	砷	铬	铊	汞	镉
含量	47.28	0.51	0.04	ND	0.01	ND	ND	ND

由上表可知，4种不同的钼矿石均检出钼、铜、铅、锌，而砷、锰、钴、铬、银、镍、锡有不同程度检出。4种矿石及2种钼精矿均对砷、铬、铊、汞、镉进行检测，其中4种不同来源的钼矿石铊、汞、镉3项重金属均未检出，4种钼矿石中各有1种矿石分别检出砷、铬，2种矿石均未检出砷、铬。2种钼精矿中砷、铊、汞、镉4种重金属均未检出，有1种钼精矿检出重金属铬。钼矿石含有的主要重金属元素为：钼、铜、铅、锌、砷、锰、钴、铬、银、镍、锡共11种。

6.4.2.2 钼行业产生的污染物

钼行业产生污染物种类见下表。

表 6.4-7 钼工业产生主要污染物一览表

类别		产污节点	主要污染物	备注
钼矿采矿		采矿废气	颗粒物	废气
		生活污水	pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物	废水
		矿井涌水	pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物、石油类、硫化物、钼、砷、锌、氟化物、总氮、总磷	废水
钼矿选矿		破碎、筛分、辊磨、烘干废气	颗粒物	废气
		浮选废气	非甲烷总烃	废气
		选矿尾矿水	pH、化学需氧量、悬浮物、氨氮、六价铬、铅、汞、砷	废水
		精矿压滤废水		
		磨浮车间、破碎站设备冲洗水	pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物、锌、铜、钼、铅、汞、砷、铬、六价铬、石油类	废水
		车辆冲洗废水	pH、化学需氧量、氨氮、石油类	废水
		生活污水	pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物、石油类、六价铬、钼、汞、砷、铅、铜、锌	废水
钼冶炼	以钼精矿为原料生产氧化钼	钼精矿预处理（上料、粉碎、下料、包装、打散、烘干）	颗粒物、非甲烷总烃*	废气
		钼精矿烘干工序冷凝水	化学需氧量、石油类、悬浮物	废水
		钼精矿上料；氧化钼配料、破碎、筛分、包装	颗粒物	废气
		焙烧炉冶炼	颗粒物、SO ₂ 、NO _x 、硫酸雾、钼、铅、砷、汞、铬等	废气
		制酸系统尾气	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、硫酸雾、钼、铅、砷、汞、铬等	废气

类别		产污节点	主要污染物	备注
		制酸系统烟气净化工段污酸	pH、锌、铜、钼、铅、汞、砷、氟化物	废水
		制酸工程装置区地面清洗	pH、化学需氧量、悬浮物	废水
		制酸工程电除雾冲洗水	pH、悬浮物	废水
		制酸尾气碳酸钠吸收废水	pH	废水
		生活污水	pH、悬浮物、化学需氧量、氟化物、氨氮、总氮、总磷、石油类、钼	废水
	以氧化钼等为原料生产钼铁	钼铁原料预处理（上料、粉磨、筛分、料仓存储和包装）	颗粒物	废气
		钼铁配料、破碎、筛分工段	颗粒物	废气
		冶炼炉烟气	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、钼、铅、砷、汞、铬等	废气
		钼铁水淬冲渣循环水	悬浮物	废水
		生活污水	pH、悬浮物、化学需氧量、氟化物、氨氮、总氮、总磷、石油类、钼	废水
	以钼酸铵为原料生产钼粉	钼酸铵焙烧废气	颗粒物、氨气、钼	废气
		钼粉过筛废气	颗粒物	废气
		制氢站循环冷却水循环	pH、悬浮物	废水
		生活污水	pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物、总氮、总磷	废水

*钼精矿在选矿时添加有油类浮选药剂，钼冶炼企业外购的原料钼精矿中会有油类残留，因此考虑钼精矿预处理工序会产生非甲烷总烃。

由上表可知，钼工业各生产类型大气污染物因子主要为颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、非甲烷总烃、硫酸雾、氨气、钼、铅、砷、汞、铬等。

另外，对于炉窑烟气采用氨法脱硝工艺的会产生逃逸氨，逃逸氨浓度也在本标准中进行控制。

水污染物因子主要为pH、悬浮物、化学需氧量、氟化物、氨氮、总氮、总磷、石油类、钼、铅、汞、砷、铬、六价铬等。

6.4.2.3 钼工业现行污染物排放执行标准及控制项目

目前河南省钼工业大气污染物主要执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）、《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB41/1066-2020）、《恶臭污染物排放标准》（GB 14554-93）、《铁合金工业污染物排放标准》（GB 28666-2012）、《河南省重有色金属冶炼及压延加工行业综合治理技术规范》，水污染物主要执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996），具体详见下表。

表 6.4-8 河南省钼企业污染物排放目前控制标准及控制因子一览表

序号	企业类别	污染物类别	文件名称	主要污染物种类	浓度限值要求
1	钼采选企业	废气	《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）	颗粒物	有组织 120mg/m ³ ， 厂界 1.0mg/m ³
				非甲烷总烃	有组织 120mg/m ³ ， 厂界 4.0mg/m ³
			《河南省重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南》（2024年修订版）-矿石（煤炭）采选与加工	颗粒物	有组织 10mg/m ³
			《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822-2019）	非甲烷总烃	厂区内监测点处 1h 平均浓度值 6.0mg/m ³ ；监测点 处任意一次浓度 值 20mg/m ³

			《关于全省工业企业挥发性有机物专项治理工作中排放建议值的通知》（豫环攻坚办（2017）162号文）	非甲烷总烃	有组织 80mg/m ³ , 厂界 2.0mg/m ³
			《污水综合排放标准》 （GB 8978-1996）	pH	6~9
				化学需氧量	500mg/L
				氨氮	/
				悬浮物	400mg/L
				五日生化需氧量	300mg/L
	2	钼冶炼企业	《大气污染物综合排放标准》 （GB 16297-1996）	颗粒物	有组织 120mg/m ³ , 厂界 1.0mg/m ³
				铅及其化合物	有组织 0.7mg/m ³ , 厂界 0.006mg/m ³
			《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB41/1066-2020）	颗粒物	有组织 10mg/m ³ , 厂界 1.0mg/m ³
				二氧化硫	有组织 50mg/m ³
				氮氧化物	有组织 100mg/m ³
				铅及其化合物	有组织 0.7mg/m ³
			《铁合金工业污染物排放标准》（GB 28666-2012）	铬及其化合物	有组织 3mg/m ³ , 厂界 0.006mg/m ³
			《河南省重有色金属冶炼及压延加工行业综合治理技术规范》	硫酸雾	有组织 20mg/m ³ , 厂界 0.3mg/m ³
				二氧化硫	有组织 250mg/m ³ , 厂界 0.5mg/m ³
		废水	《污水综合排放标准》	化学需氧量	500mg/L

			(GB 8978-1996) 表 4 三级	氨氮	/
				pH	6--9mg/L
				悬浮物	400mg/L
				石油类	20mg/L
				五日生化需氧量	300mg/L
				动植物油	100mg/L
			《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962-2015) 表 1 (C 级)	悬浮物	250mg/L
				动植物油	100mg/L
				石油类	10mg/L
				pH	6.5--9.5
				五日生化需氧量	150mg/L
				化学需氧量	300mg/L
				氨氮	25mg/L
				总氮	45mg/L
				总磷	5mg/L

6.4.2.4 本标准控制项目确定

(1) 大气污染物控制项目

根据钼矿石成分检测统计数据,钼矿石含有的主要重金属元素为:钼、铜、铅、锌、砷、锰、钴、铬、银、镍、锡共11种。

根据调研,企业开展自行监测的钼工业企业大气污染物主要为颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、硫酸雾、氨气、非甲烷总烃、铅及其化合物、铬及其化合物,无其他重金属因子。本次调研对企业排放的废气对钼及其

化合物、汞及其化合物、砷及其化合物、铜及其化合物、锌及其化合物、锰及其化合物、钴及其化合物、镍及其化合物、镉及其化合物、锡及其化合物、铊及其化合物、银及其化合物另外进行补充监测。

本次调研实测企业废气中汞及其化合物、铊及其化合物、锡及其化合物、银及其化合物均未检出。虽然企业废气中汞及其化合物、铊及其化合物均未检出，但这两项因子属于重点控制重金属，因此本标准大气污染物仍控制汞及其化合物和铊及其化合物。因本次调研实测企业废气中锡及其化合物、银及其化合物未检出，钼铁冶炼工序虽检出镍及其化合物但排放量极小，企业尾矿库回水池及生活污水中均未检出总镍，锡、银、镍均不属于重点重金属，因此本标准大气污染物不再控制锡及其化合物、银及其化合物、镍及其化合物。

《铅、锌工业污染物排放标准》（GB 25466-2010）、《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》（GB 31574-2015）这两个标准中大气污染物均未控制铜及其化合物、锌及其化合物；《铜、镍、钴工业污染物排放标准》（GB 25467-2010）中大气污染物未控制铜及其化合物、钴及其化合物；因此本标准大气污染物不控制铜及其化合物、锌及其化合物、钴及其化合物。

综上所述，最终确定本标准大气污染物控制项目为：**颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、硫酸雾、氨气、非甲烷总烃、钼及其化合物、铅及其化合物、砷及其化合物、汞及其化合物、铬及其化合物、镉及其化合物、铊及其化合物、锰及其化合物共14项。**

本标准大气污染物控制项目按照分企业类型及工序针对不同类型企业不同工序控制不同污染物项目进行确定。

1) 钼采矿：钼采矿企业排放的大气污染物主要为颗粒物（含重金属），且为无组织排放。

2) 钼选矿：钼选矿企业排放的大气污染物主要为颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和非甲烷总烃，其中二氧化硫和氮氧化物在钼精矿烘干环节会产生及排放，非甲烷总烃在浮选工段会产生及排放。

3) 钼冶炼：

①以钼精矿为原料焙烧生产氧化钼的钼冶炼企业排放的大气污染物为颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、硫酸雾、钼、铅、砷、汞、铬、镉、非甲烷总烃等。其中非甲烷总烃在钼精矿预处理（打散、烘干）工序产生及排放，二氧化硫、氮氧化物在钼精矿焙烧工序以及制酸工序会产生及排放，硫酸雾仅在制酸工序产生及排放，钼、铅、砷、汞、铬、镉等在钼精矿焙烧工序会产生及排放。

②以氧化钼为主要原料冶炼生产钼铁的钼冶炼企业排放的大气污染物为颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、钼、铅、砷、汞、铬、镉等。其中二氧化硫、氮氧化物、钼、铅、砷、汞、铬、镉等在钼铁冶炼工序产生及排放。

③以钼酸铵为原料焙烧还原生产钼粉的钼冶炼企业排放的大气污染物为颗粒物、氮氧化物、氨气、钼。其中氮氧化物、氨气仅在钼酸铵焙烧工序产生及排放，而钼则在钼酸铵焙烧及筛分包装工序均会产生及排放。以高纯氧化钼为主要原料生产钼粉的钼冶炼企业排放的大气污染物为颗粒物、钼，颗粒物及重金属钼在筛分及混批包装工序会产生及排放。

根据钼工业产排污特征及现行排放标准、钼冶炼行业绩效指标要求及钼工业污染物排放水平，本标准规定选矿、生产氧化钼及钼铁的钼冶炼企业控制非甲烷总烃排放，钼采矿及生产钼粉的钼冶炼企业不控制非甲烷总烃。重金属主要来源于钼矿石、钼精矿，在生产过程中会排放重金属钼、铅、砷、汞、铬等，但因采矿企业及选矿企业的破碎、辊磨、筛分等物理加工过程中均未检出重金属，因此采矿、选矿企业不再控制重金属排放，而冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序以及生产钼粉的企业的全部工

序需控制重金属钼，钼精矿焙烧和钼铁冶炼工序另外控制重金属铅、砷、汞、铬、镉、铊、锰。钼精矿焙烧产生的烟气送制酸系统制酸时，制酸尾气中会含有一定量硫酸雾，生产氧化钼或钼铁的钼工业涉及制酸的加控硫酸雾。钼冶炼企业中以钼酸铵为原料焙烧工序会产生及排放氨气，另外对于冶炼企业中炉窑烟气采用氨法脱硝工艺的也会产生逃逸氨，因此，本标准规定钼酸铵焙烧工序、烟气脱硝工序控制氨排放，其他工序均不控制氨排放。

（2）水污染物控制项目

根据调研情况，河南省钼工业大部分企业生产废水回用不外排，仅有个别钼选矿企业生活污水、钼冶炼企业生活污水外排。

根据本次对选矿企业尾矿库回水池及生活污水一体化处理设施出口以及生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业生活污水一体化处理设施进出口、生产废水污酸处理系统废水出口进行取样监测，硫化物、总铜、总镍、总钴均未检出，其余监测因子pH、化学需氧量、氨氮、悬浮物、石油类、总钼、氟化物、总氮、总磷、总汞、总砷、总铅、总锌、总镉、总锡、总铊、总锰、总铬、六价铬均不同程度有检出。

因硫化物、总铜、总镍、总钴均未检出，铜、镍、钴也不属于重点防控重金属，因此本标准不再对硫化物、总铜、总镍、总钴水污染物排放限值作出规定。本次调研实测的5组监测数据中仅有1组在企业尾矿库回水池中检出总锌，其他4组监测数据均未检出总锌，锌也不属于重点防控重金属，因此本标准也不再对总锌水污染物排放限值作出规定。《河南省黄河流域水污染物排放标准》（DB41/2087-2021）中未对排污单位排放的水污染物总锡作出规定，锡也不属于重点防控重金属，并且企业排放废气中均未检出重金属锡，因此本标准也不再对总锡水污染物排放限值作出规定。

《河南省黄河流域水污染物排放标准》（DB41/2087-2021）中总铬、六价铬、总钼、总汞、总砷、总铅、总镉、总铊作为排污单位第一类水污

染物控制项目，结合钼工业排放水污染物特征，本标准将总钼、总铅、总汞、总镉、总砷、总铬、六价铬、总铊、总锰共9项因子作为车间或生产设施排放口控制项目。

综上所述，最终确定本标准水污染物控制项目为：**pH、悬浮物、化学需氧量、氟化物、氨氮、总氮、总磷、石油类、总钼、总铅、总汞、总砷、总铬、六价铬、总镉、总铊、总锰，共17项**。其中企业废水总排口控制项目为：**pH、悬浮物、化学需氧量、氟化物、氨氮、总氮、总磷、石油类，共8项**。车间或生产设施排放口控制项目为：**总钼、总铅、总汞、总砷、总铬、六价铬、总镉、总铊、总锰，共9项**。

本标准确定的污染物控制项目见下表。

表 6.4-9 标准污染物控制因子筛选结果

污染物类别	控制因子
大气污染物	颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、硫酸雾、氨气、非甲烷总烃、钼及其化合物、铅及其化合物、砷及其化合物、汞及其化合物、铬及其化合物、镉及其化合物、铊及其化合物、锰及其化合物，共 14 项
水污染物	pH、悬浮物、化学需氧量、氟化物、氨氮、总氮、总磷、石油类、总钼、总铅、总汞、总砷、总铬、六价铬、总镉、总铊、总锰，共 17 项

6.4.2.5 相关因子监测能力

上述本标准确定的控制因子，均有成熟的国家监测方法标准，具有较成熟的监测技术，可保证本标准可实施和可操作。

6.4.3 本标准污染物排放限值的确定

6.4.3.1 确定思路

本标准控制因子排放限值确定的具体思路为：调查掌握河南省钼行业污染物排放标准执行情况，结合当前行业污染治理技术发展趋势，统筹考虑相关环境管理要求和经济技术可行性的研究结果，并与国内外相关排放标准进行对比，最终分时段、分工序确定钼行业污染物的排放限值。

(1) 分时段

根据建设时间的不同，以标准实施之日为分界，将企业分为现有企业

和新建企业。为提高标准的可操作性及适用性，拟规定现有企业分时段执行本标准，新建企业自本标准实施之日起执行本标准。

①新建企业

新建企业不分时段，自本标准实施之日起执行统一的排放限值。

②现有企业

现有钼工业企业在本标准实施之日后 1 个自然年执行本标准。

(2) 分工序

结合钼行业生产工序及产污环节的特点，考虑对废气污染物分行业和工序，废水污染物排放限值分排放口类型、直接排放和间接排放方式综合考虑排放限值。

6.4.3.2 大气污染物控制项目排放限值确定

(1) 颗粒物

钼采矿企业排放废气颗粒物不涉及有组织排放，主要为无组织排放。根据 2 家钼采矿企业监测数据，钼矿山企业边界颗粒物浓度约为 0.114-0.399mg/m³。

根据 9 家钼选矿企业破碎、辊磨、筛分、烘干等工序排气筒出口检测数据，颗粒物排放浓度为 2.3~16.3mg/m³，其中有 1 家选矿企业烘干工序颗粒物排放浓度为 12.9~16.3mg/m³，其他 8 家企业颗粒物排放浓度均低于 10mg/m³。9 家选矿企业边界颗粒物浓度为 0.168~0.421mg/m³。

根据 4 家生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业上料、破碎、筛分、焙烧、冶炼等工序排气筒出口检测数据，颗粒物排放浓度为 2.4~41.5mg/m³，其中 1 家钼冶炼企业钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序、钼精矿烘干工序颗粒物排放浓度为 19.8~41.5mg/m³，其余 3 家颗粒物排放浓度均低于 10mg/m³。上述 4 家钼冶炼企业边界颗粒物浓度为 0.184~0.422mg/m³。

根据 2 家生产钼粉的钼冶炼企业钼酸铵焙烧还原、钼粉筛分工序排气筒出口检测数据，颗粒物排放浓度为 1.9~6.2mg/m³，均低于 10mg/m³。上

述 2 家钼冶炼企业边界颗粒物浓度为 $0.104\sim0.353\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本标准规定所有钼工业企业排气筒排放颗粒物浓度限值为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业厂区内无组织排放无完整厂房车间颗粒物限值为 $5.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，有厂房车间颗粒物限值 $8.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业边界颗粒物浓度限值为 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。15 家钼工业企业排气筒颗粒物排放浓度数据中低于本标准排气筒排放颗粒物浓度限值 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 共有 13 家，占比为 86.67%；高于本标准限值的钼企业共有 2 家，占比为 13.33%。17 家钼工业企业边界颗粒物浓度均低于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ，占比为 100%。

（2）二氧化硫

钼精矿烘干和焙烧、制酸工序以及钼铁冶炼工序会产生二氧化硫。

大多数钼选矿企业钼精矿烘干废气未考虑二氧化硫，根据收集 1 家钼选矿企业钼精矿烘干工序排气筒出口检测数据，二氧化硫排放浓度为 $19\sim26\text{mg}/\text{m}^3$ 。根据 3 家生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧烟气、制酸尾气、钼铁冶炼废气排气筒出口监测数据，钼精矿焙烧工序二氧化硫排放浓度为 $5\sim171\text{mg}/\text{m}^3$ ，制酸工序二氧化硫排放浓度为 $14\sim40\text{mg}/\text{m}^3$ 。钼铁冶炼工序二氧化硫排放浓度为 $\text{ND}\sim47\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本标准规定钼选矿企业钼精矿烘干工序、钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、制酸工序、钼铁冶炼工序排气筒排放二氧化硫浓度限值为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业边界未规定二氧化硫浓度限值。

4 家钼工业企业排气筒二氧化硫排放浓度数据中低于本标准排气筒排放二氧化硫浓度限值的共有 3 家，占比为 75%；高于本标准限值的钼企业共有 1 家，占比为 25%。

（3）氮氧化物

钼精矿烘干和焙烧、制酸工序、钼铁冶炼工序及钼酸铵焙烧工序会产生氮氧化物。

大多数钼选矿企业钼精矿烘干废气未考虑氮氧化物，根据 1 家钼选矿

企业钼精矿烘干工序排气筒出口检测数据，氮氧化物排放浓度为 53~58mg/m³。根据 3 家生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧烟气、制酸尾气、钼铁冶炼废气排气筒出口监测数据，钼精矿焙烧工序氮氧化物排放浓度为 12~92mg/m³，制酸工序氮氧化物排放浓度为 8~25mg/m³。钼铁冶炼工序氮氧化物排放浓度为 ND~117mg/m³。企业边界未规定氮氧化物浓度限值。根据 1 家钼冶炼企业工序钼酸铵焙烧工序排气筒出口检测数据，氮氧化物排放浓度为 6.1~14.2mg/m³。

本标准规定钼选矿企业钼精矿烘干工序、钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、制酸工序、钼铁冶炼工序、钼酸铵焙烧工序排气筒排放氮氧化物浓度限值为 100mg/m³。

5 家钼工业企业排气筒氮氧化物排放浓度数据中低于本标准排气筒排放氮氧化物浓度限值的共有 4 家，占比为 80%；高于本标准限值的钼企业共有 1 家，占比为 20%。

(4) 硫酸雾

钼冶炼企业钼精矿焙烧烟气制酸工序会产生硫酸雾。根据 1 家生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业制酸尾气排气筒出口监测数据，制酸工序硫酸雾排放浓度为 6.1~14.2mg/m³。企业厂界硫酸雾浓度未检出。

本标准规定生产氧化钼的钼冶炼企业制酸工序排气筒排放硫酸雾浓度限值为 20mg/m³。企业边界硫酸雾浓度限值为 0.3mg/m³。

1 家钼工业企业排气筒硫酸雾排放浓度数据中低于本标准排气筒排放硫酸雾浓度限值的共有 1 家，占比为 100%。

(5) 氨

钼冶炼企业钼酸铵焙烧工序会产生氨气。根据 2 家生产钼粉的钼冶炼企业钼酸铵焙烧排气筒出口监测数据，钼酸铵焙烧氨排放浓度为 1.37~4.03mg/m³。企业厂界氨浓度为 0.063~0.14mg/m³。

本标准规定生产钼粉的钼冶炼企业钼酸铵焙烧工序、焙烧或冶炼烟气

脱硝工序排气筒排放氨浓度限值为 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。企业边界氨浓度限值为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2 家生产钼粉的钼冶炼企业钼酸铵焙烧工序排气筒排放氨及企业边界氨浓度均低于本标准规定的氨排放限值，占比为 100%。

（6）非甲烷总烃

钼选矿企业浮选工序及钼冶炼企业钼精矿预处理（打散、烘干）工序会产生非甲烷总烃。根据 4 家钼选矿企业浮选工序排气筒出口及厂界监测数据，浮选工序非甲烷总烃排放浓度为 $1.69\sim 14.9\text{mg}/\text{m}^3$ ，钼选矿企业厂界非甲烷总烃浓度为 $0.41\sim 0.78\text{mg}/\text{m}^3$ 。根据调研，有部分钼冶炼企业钼精矿烘干废气经除尘器处理后直接送回转窑焙烧，最终以焙烧烟气排放，根据 1 家生产氧化钼的钼冶炼企业钼精矿焙烧烟气废气处理设施排气筒及厂界监测数据，非甲烷总烃排放浓度为 $2.28\sim 3.08\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业厂界非甲烷总烃浓度为 $0.26\sim 0.94\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本标准规定钼选矿企业、生产氧化钼和钼铁的钼冶炼企业涉及钼精矿浮选工序、钼精矿烘干工序的排气筒排放非甲烷总烃浓度限值为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。企业边界非甲烷总烃浓度限值为 $2.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

4 家钼选矿企业及 1 家钼冶炼企业非甲烷总烃排放浓度均低于本标准规定的非甲烷总烃排放限值，占比为 100%。

（7）钼及其化合物

钼采选企业生产过程中产生的颗粒物中含钼及其化合物，根据 2 家钼采矿企业厂界监测数据和 3 家选矿企业破碎辊磨筛分等工序排气筒出口及企业厂界监测数据，钼及其化合物均未检出。

钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序以及钼酸铵焙烧、筛分包装工序排放的颗粒物中含钼及其化合物。根据 2 家生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排气筒出口监测数据，其中 1 家企业钼精矿焙烧工序钼及其化合物排放浓度为 $0.000209\sim 0.000263\text{mg}/\text{m}^3$ ，

钼铁冶炼工序钼及其化合物排放浓度为 $0.000079\sim0.000082\text{mg/m}^3$ ，企业厂界钼及其化合物未检出。另外 1 家企业氧化钼配料、破碎筛分包装等物理加工过程排气筒出口、钼精矿焙烧工序及钼铁冶炼工序、企业厂界钼及其化合物均未检出。

因钼粉筛分包装等工序排放的颗粒物中成分基本为钼及其化合物，根据 2 家以钼酸铵为原料生产钼粉企业的钼粉筛分工序排气筒出口颗粒物监测数据，颗粒物浓度为 $1.9\sim6.2\text{mg/m}^3$ ，其中 1 家企业钼粉筛分工序颗粒物浓度为 $1.9\sim2.1\text{mg/m}^3$ ，另外 1 家企业钼粉筛分工序颗粒物浓度为 $4.6\sim6.2\text{mg/m}^3$ 。按照颗粒物成分全部为钼及其化合物折算，钼粉筛分工序钼及其化合物排放浓度为 $1.9\sim6.2\text{mg/m}^3$ 。

本标准规定钼冶炼企业钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序排气筒出口钼及其化合物浓度限值为 1.0mg/m^3 ，生产钼粉企业的全部工序排气筒出口钼及其化合物浓度限值为 5.0mg/m^3 。生产氧化钼、钼铁、钼粉的钼工业企业厂界钼及其化合物浓度限值为 0.4mg/m^3 。因采选企业排气筒出口及厂界均未检出钼及其化合物，因此本标准不再规定钼采选企业排气筒出口及厂界钼及其化合物排放限值。

4 家钼冶炼企业排气筒排放钼及其化合物浓度低于本标准规定的钼及其化合物限值的有 3 家，占比为 75%；高于本标准的有 1 家，占比为 25%。

（8）铅及其化合物

钼采选企业生产过程过程中产生的颗粒物中含铅及其化合物，根据 2 家钼采矿企业厂界监测数据和 3 家选矿企业破碎辊磨筛分等工序排气筒出口及企业厂界监测数据，铅及其化合物均未检出。

钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排放的颗粒物中含铅及其化合物。根据 2 家生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排气筒出口监测数据，其中 1 家企业钼精矿焙烧工序铅及其化合物排放浓度为 $\text{ND}\sim0.0629\text{mg/m}^3$ ，钼铁冶炼工序铅及其化合物未检出，企

业厂界铅及其化合物未检出。另外 1 家企业氧化钼配料破碎筛分包装等物理加工过程排气筒出口、钼精矿焙烧及钼铁冶炼工序、企业厂界铅及其化合物均未检出。

本标准规定生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序排气筒出口铅及其化合物浓度限值为 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，生产氧化钼、钼铁的钼工业企业厂界铅及其化合物浓度限值为 $0.006\text{mg}/\text{m}^3$ 。因采选企业排气筒出口及厂界均未检出铅及其化合物，因此本标准不再规定钼采选企业排气筒出口及厂界铅及其化合物排放限值。

2 家钼冶炼企业排气筒排放铅及其化合物浓度低于本标准规定的铅及其化合物限值的有 2 家，占比为 100%。

(9) 砷及其化合物

钼采选企业生产过程过程中产生的颗粒物中含砷及其化合物，根据 2 家钼采矿企业厂界监测数据和 3 家选矿企业破碎辊磨筛分等工序排气筒出口及企业厂界监测数据，砷及其化合物均未检出。

钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排放的颗粒物中含砷及其化合物。根据 2 家生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排气筒出口监测数据，其中 1 家企业钼精矿焙烧工序砷及其化合物排放浓度为 $0.0032\sim 0.0038\text{mg}/\text{m}^3$ ，钼铁冶炼工序砷及其化合物未检出，企业厂界砷及其化合物未检出。另外 1 家企业氧化钼配料破碎筛分包装等物理加工过程排气筒出口、钼精矿焙烧及钼铁冶炼工序、企业厂界砷及其化合物均未检出。

本标准规定生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序排气筒出口砷及其化合物浓度限值为 $0.4\text{mg}/\text{m}^3$ ，生产氧化钼、钼铁的钼工业企业厂界砷及其化合物浓度限值为 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ 。因采选企业排气筒出口及厂界均未检出砷及其化合物，因此本标准不再规定钼采选企业排气筒出口及厂界砷及其化合物排放限值。

2 家钼冶炼企业排气筒排放砷及其化合物浓度低于本标准规定的砷及其化合物限值的企业有 2 家，占比为 100%。

(10) 汞及其化合物

钼采选企业生产过程过程中产生的颗粒物中含汞及其化合物，根据 2 家钼采矿企业厂界监测数据和 3 家选矿企业破碎辊磨筛分等工序排气筒出口及企业厂界监测数据，汞及其化合物均未检出。

钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排放的颗粒物中含汞及其化合物。根据 2 家生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排气筒出口及厂界监测数据，上述 2 家企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序及企业厂界汞及其化合物均未检出。

因汞为重点防控的重金属，因此本标准规定生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序排气筒出口汞及其化合物浓度限值为 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ ，生产氧化钼、钼铁的钼工业企业厂界汞及其化合物浓度限值为 $0.0003\text{mg}/\text{m}^3$ 。因采选企业排气筒出口及厂界均未检出汞及其化合物，因此本标准不再规定钼采选企业排气筒出口及厂界汞及其化合物排放限值。

2 家钼冶炼企业排气筒排放汞及其化合物浓度低于本标准规定的汞及其化合物限值的企业有 2 家，占比为 100%。

(11) 铬及其化合物

钼采选企业生产过程过程中产生的颗粒物中含铬及其化合物，根据 2 家钼采矿企业厂界监测数据和 3 家选矿企业破碎辊磨筛分等工序排气筒出口及企业厂界监测数据，铬及其化合物均未检出。

钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排放的颗粒物中含铬及其化合物。根据 2 家生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排气筒出口监测数据，其中 1 家企业钼精矿焙烧工序铬及其化合物排放浓度为 $\text{ND}\sim 0.0189\text{mg}/\text{m}^3$ ，钼铁冶炼工序铬及其化合物排放浓度为 $\text{ND}\sim 0.00052\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业厂界铬及其化合物未检出。另外 1 家企业氧化钼

配料破碎筛分包装等物理加工过程排气筒出口、钼精矿焙烧及钼铁冶炼工序、企业厂界铬及其化合物均未检出。

本标准规定生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序排气筒出口铬及其化合物浓度限值为 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，生产氧化钼、钼铁的钼工业企业厂界铬及其化合物浓度限值为 $0.006\text{mg}/\text{m}^3$ 。因采选企业排气筒出口及厂界均未检出铬及其化合物，因此本标准不再规定钼采选企业排气筒出口及厂界铬及其化合物排放限值。

2 家钼冶炼企业排气筒排放铬及其化合物浓度低于本标准规定的铬及其化合物限值的企业有 2 家，占比为 100%。

(12) 镉及其化合物

钼采选企业生产过程过程中产生的颗粒物中含镉及其化合物，根据 2 家钼采矿企业厂界监测数据和 3 家选矿企业破碎辊磨筛分等工序排气筒出口及企业厂界监测数据，镉及其化合物均未检出。

钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排放的颗粒物中含镉及其化合物。根据 2 家生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排气筒出口监测数据，其中 1 家企业钼精矿焙烧工序镉及其化合物未检出，钼铁冶炼工序镉及其化合物排放浓度为 $0.000026\sim 0.000028\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业厂界镉及其化合物未检出。另外 1 家企业氧化钼配料破碎筛分包装等物理加工过程排气筒出口、钼精矿焙烧及钼铁冶炼工序、企业厂界镉及其化合物均未检出。

本标准规定生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序排气筒出口镉及其化合物浓度限值为 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ ，生产氧化钼、钼铁的钼工业企业厂界镉及其化合物浓度限值为 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ 。因采选企业排气筒出口及厂界均未检出镉及其化合物，因此本标准不再规定钼采选企业排气筒出口及厂界镉及其化合物排放限值。

2 家钼冶炼企业排气筒排放镉及其化合物浓度低于本标准规定的镉及

其化合物限值的企业有 2 家，占比为 100%。

(13) 铊及其化合物

钼采选企业生产过程中产生的颗粒物中含铊及其化合物，根据 2 家钼采矿企业厂界监测数据和 3 家选矿企业破碎辊磨筛分等工序排气筒出口及企业厂界监测数据，铊及其化合物均未检出。

钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排放的颗粒物中含铊及其化合物。根据 2 家生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排气筒出口及企业厂界监测数据，上述 2 家企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序及企业厂界铊及其化合物均未检出。

因铊为重点防控的重金属，因此本标准规定生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序排气筒出口铊及其化合物浓度限值为 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ ，生产氧化钼、钼铁的钼工业企业厂界铊及其化合物浓度限值为 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ 。因采选企业排气筒出口及厂界均未检出铊及其化合物，因此本标准不再规定钼采选企业排气筒出口及厂界铊及其化合物排放限值。

2 家钼冶炼企业排气筒排放铊及其化合物浓度低于本标准规定的铊及其化合物限值的企业有 2 家，占比为 100%。

(14) 锰及其化合物

钼采选企业生产过程中产生的颗粒物中含锰及其化合物，根据 2 家钼采矿企业厂界监测数据和 3 家选矿企业破碎辊磨筛分等工序排气筒出口及企业厂界监测数据，锰及其化合物均未检出。

钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排放的颗粒物中含锰及其化合物。根据 2 家生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序排气筒出口监测数据，其中 1 家企业钼精矿焙烧工序排气筒排放锰及其化合物浓度为 $0.00015\sim 0.00018\text{mg}/\text{m}^3$ ，钼铁冶炼工序锰及其化合物排放浓度为 $0.0013\sim 0.00142\text{mg}/\text{m}^3$ 。另外 1 家企业氧化钼配料破碎筛分包装等物理加工过程排气筒出口、钼精矿焙烧及钼铁冶炼工序、企业厂界锰及

其化合物均未检出。

本标准规定生产氧化钼、钼铁的钼冶炼企业钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序排气筒出口锰及其化合物浓度限值为 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，生产氧化钼、钼铁的钼工业企业厂界锰及其化合物浓度限值为 $0.015\text{mg}/\text{m}^3$ 。因采选企业排气筒出口及厂界均未检出锰及其化合物，因此本标准不再规定钼采选企业排气筒出口及厂界锰及其化合物排放限值。

2 家钼冶炼企业排气筒排放锰及其化合物浓度低于本标准规定的锰及其化合物限值的企业共有 2 家，占比为 100%。

6.4.3.3 水污染物控制项目排放限值确定

根据调研，我省钼工业生产废水基本不外排。目前调研的 32 家钼工业企业中 31 家生产废水回用不外排，有 1 家企业钼铁循环冷却水部分回用，部分直接排放；32 家企业中有 26 家生活污水不外排，1 家企业生活污水直接排放，5 家企业间接排放。

(1) pH

根据钼企业厂内废水监测数据，11 家钼企业废水 pH 范围为 4.9~8.1，11 家钼企业中 9 家企业废水不外排，2 家企业废水间接排放，间接排放的 2 家企业废水 pH 为 7.0~8.1。本标准规定企业废水总排口 pH 直接排放限值、间接排放限值均为 6~9。废水间接排放的 2 家企业中废水 pH 满足本标准规定的企业共有 2 家，占比为 100%。

(2) 悬浮物

根据钼企业厂内废水监测数据，11 家钼企业废水悬浮物浓度值为 1.54~78mg/L，11 家钼企业中 9 家企业废水不外排，2 家企业废水间接排放，间接排放的 2 家企业废水悬浮物浓度为 12~78mg/L。本标准规定企业废水总排口悬浮物直接排放限值为 30mg/L、间接排放限值为 100mg/L。废水间接排放的 2 家企业中废水悬浮物浓度满足本标准规定的企业共有 2 家，占比为 100%。

(3) 化学需氧量

根据钼企业厂内废水监测数据, 11 家钼企业废水化学需氧量浓度值为 7.42~582mg/L, 11 家钼企业中 9 家企业废水不外排, 2 家企业废水间接排放, 间接排放的 2 家企业废水化学需氧量浓度为 37~582mg/L。本标准规定企业废水总排口化学需氧量直接排放限值为 40mg/L、间接排放限值为 200mg/L。废水间接排放的 2 家企业中废水化学需氧量浓度满足本标准规定的企业共有 1 家, 占比为 50%; 不满足本标准规定的企业共有 1 家, 占比为 50%。

(4) 氟化物

根据钼企业厂内废水监测数据, 8 家钼企业废水氟化物浓度值为 0.005~543mg/L, 8 家钼企业中 7 家企业废水不外排, 1 家企业废水间接排放, 其中间接排放的 1 家企业废水氟化物浓度为 0.51~0.6mg/L。本标准规定企业废水总排口氟化物直接排放限值为 5.0mg/L、间接排放限值为 6.0mg/L。废水间接排放的 1 家企业废水氟化物浓度满足本标准规定, 占比为 100%。

(5) 氨氮

根据钼企业厂内废水监测数据, 10 家钼企业废水氨氮浓度值为 0.097~141mg/L, 10 家钼企业中 8 家企业废水不外排, 2 家企业废水间接排放, 间接排放的 2 家企业废水氨氮浓度为 3.23~141mg/L。本标准规定企业废水总排口氨氮直接排放限值为 3.0 (5.0) ^amg/L (a 括号外数值 4 月~10 月期间排放限值, 括号内数值为 1 月~3 月、11 月~12 月期间排放限值)、间接排放限值为 25mg/L。废水间接排放的 2 家企业中废水氨氮浓度满足本标准规定的企业共有 1 家, 占比为 50%; 不满足本标准规定的企业共有 1 家, 占比为 50%。

(6) 总氮

根据钼企业厂内废水监测数据, 5 家钼企业废水总氮浓度值为

0.25~143mg/L, 5 家钼企业中 4 家企业废水不外排, 1 家企业废水间接排放, 间接排放的 1 家企业废水总氮浓度为 132~143mg/L。本标准规定企业废水总排口总氮直接排放限值为 30mg/L、间接排放限值为 60mg/L。废水间接排放的 1 家企业废水总氮浓度不满足本标准规定, 占比为 100%。

(7) 总磷

根据钼企业厂内废水监测数据, 6 家钼企业废水总磷浓度值为 0.017~10.8mg/L, 6 家钼企业中 4 家企业废水不外排, 2 家企业废水间接排放, 间接排放的 2 家企业废水总磷浓度为 0.32~10.8mg/L。本标准规定企业废水总排口总磷直接排放限值为 0.4mg/L、间接排放限值为 2.0mg/L。废水间接排放的 2 家企业中废水总磷浓度满足本标准规定的企业共有 1 家, 占比为 50%; 不满足本标准规定的企业共有 1 家, 占比为 50%。

(8) 石油类

根据钼企业厂内废水监测数据, 7 家钼企业废水石油类浓度值为 ND~1.21mg/L, 7 家钼企业中 6 家企业废水不外排, 1 家企业废水间接排放, 间接排放的 1 家企业废水石油类浓度为 1.03~1.09mg/L。本标准规定企业废水总排口石油类直接排放限值为 3.0mg/L、间接排放限值为 6.0mg/L。废水间接排放的 1 家企业废水石油类浓度满足本标准规定, 占比为 100%。

(9) 总钼

根据钼企业厂内废水监测数据, 9 家钼企业废水总钼浓度值为 ND~19.31mg/L, 9 家钼企业中 8 家企业废水不外排, 1 家企业废水间接排放, 间接排放的 1 家企业废水总钼浓度为 2.18~2.28mg/L。本标准规定车间或生产设施排放口总钼直接排放限值、间接排放限值均为 0.5mg/L。废水间接排放的 1 家企业废水总钼浓度不满足本标准规定, 占比为 100%。

(10) 总铅

根据钼企业厂内废水监测数据, 9 家钼企业废水总铅浓度值为 ND~0.00287mg/L, 10 家钼企业中 9 家企业废水不外排, 1 家企业废水间接

排放，间接排放的 1 家企业废水总铅浓度为 0.00148~0.00287mg/L。本标准规定车间或生产设施排放口总铅直接排放限值、间接排放限值均为 0.2mg/L。废水间接排放的 1 家企业废水总铅浓度满足本标准规定，占比为 100%。

(11) 总汞

根据钼企业厂内废水监测数据，9 家钼企业废水总汞浓度值为 ND~0.00017mg/L，9 家钼企业中 8 家企业废水不外排，1 家企业废水间接排放，间接排放的 1 家企业废水总汞浓度为 0.00006~0.00017mg/L。本标准规定车间或生产设施排放口总汞直接排放限值、间接排放限值均为 0.005mg/L。废水间接排放的 1 家企业废水总汞浓度满足本标准规定，占比为 100%。

(12) 总砷

根据钼企业厂内废水监测数据，10 家钼企业废水总砷浓度值为 ND~0.0798mg/L，10 家钼企业中 9 家企业废水不外排，1 家企业废水间接排放，间接排放的 1 家企业废水总砷浓度为 0.00378~0.00418mg/L。本标准规定车间或生产设施排放口总砷直接排放限值、间接排放限值均为 0.1mg/L。废水间接排放的 1 家企业废水总砷浓度满足本标准规定，占比为 100%。

(13) 总铬

根据钼企业厂内废水监测数据，3 家钼企业废水总铬浓度值为 ND~0.035mg/L，3 家钼企业中 2 家企业废水不外排，1 家企业废水间接排放，间接排放的 1 家企业废水总铬浓度为 0.0208~0.035mg/L。本标准规定车间或生产设施排放口总铬直接排放限值、间接排放限值均为 0.5mg/L。废水间接排放的 1 家企业废水总铬浓度满足本标准规定，占比为 100%。

(14) 六价铬

根据钼企业厂内废水监测数据，8 家钼企业废水六价铬浓度值为

ND~0.091mg/L, 8 家钼企业中 7 家企业废水不外排, 1 家企业废水间接排放, 间接排放的 1 家企业废水六价铬浓度为 0.016~0.018mg/L。本标准规定车间或生产设施排放口六价铬直接排放限值、间接排放限值均为 0.1mg/L。废水间接排放的 1 家企业废水六价铬浓度满足本标准规定, 占比为 100%。

(15) 总镉

根据钼企业厂内废水监测数据, 8 家钼企业废水总镉浓度值为 ND~0.014mg/L, 8 家钼企业中 7 家企业废水不外排, 1 家企业废水间接排放, 间接排放的 1 家企业废水总镉浓度为 0.00136~0.00197mg/L。本标准规定车间或生产设施排放口总镉直接排放限值、间接排放限值均为 0.02mg/L。废水间接排放的 1 家企业废水总镉浓度满足本标准规定, 占比为 100%。

(16) 总铊

根据钼企业厂内废水监测数据, 3 家钼企业废水总铊浓度值为 ND~0.00058mg/L, 3 家钼企业中 2 家企业废水不外排, 1 家企业废水间接排放, 间接排放的 1 家企业废水总铊浓度为 ND~0.00058mg/L。本标准规定车间或生产设施排放口总铊直接排放限值、间接排放限值均为 0.005mg/L。废水间接排放的 1 家企业废水总铊浓度满足本标准规定, 占比为 100%。

(17) 总锰

根据钼企业厂内废水监测数据, 4 家钼企业废水总锰浓度值为 ND~1.08mg/L, 4 家钼企业中 3 家企业废水不外排, 1 家企业废水间接排放, 间接排放的 1 家企业废水总锰浓度为 0.0809~0.0905mg/L。本标准规定车间或生产设施排放口总锰直接排放限值、间接排放限值均为 2.0mg/L。废水间接排放的 1 家企业废水总锰浓度满足本标准规定, 占比为 100%。

6.5 污染物排放控制要求

此部分为本标准的核心内容, 分为大气污染物控制要求和水污染物控

制要求，包括标准实施时间、污染物项目、排放浓度限值等内容。

6.5.1 标准实施时间

我省钼工业企业要达到本标准的要求需要有改造提高的过程和时间，因此，本标准对现有和新建钼工业企业执行标准时段进行划分。从近年国家、省外同类标准制定情况来看，给现有排污单位留出的过渡期都不长，一般在一年～二年。我省之前制定地方标准通常给现有企业留有一年过渡期，一年后与新建企业执行相同标准。

考虑到钼工业企业资金筹措、治理工程设计、建设、调试等情况，并与我省地方标准相衔接，确定自本标准批准之日起一年后现有企业排放执行本标准。

6.5.2 大气污染物排放控制要求

本标准确定大气污染物控制项目14项，包括颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、硫酸雾、氨、非甲烷总烃、钼及其化合物、铅及其化合物、砷及其化合物、汞及其化合物、铬及其化合物、镉及其化合物、铊及其化合物、锰及其化合物，并相应确定了排放浓度限值，因钼工业无专门的行业国家标准及地方标准，本标准在参考河南省部分地标及国家部分行业标准的基础上制定，控制水平总体较严。

本标准大气污染物控制项目确定详见“6.4.2.4本标准控制项目确定”，标准限值的确定详见“6.4.3.2大气污染物控制项目排放限值确定依据”。对于现有和新建企业边界大气污染物，设置了颗粒物、硫酸雾、氨、非甲烷总烃、钼及其化合物、铅及其化合物、砷及其化合物、汞及其化合物、铬及其化合物、镉及其化合物、铊及其化合物、锰及其化合物共12项控制项目，这些控制项目并非所有钼工业企业的特征污染因子。为了便于本标准使用，本标准明确了涉及钼精矿烘干、钼精矿焙烧、制酸系统、钼铁冶炼及烟气脱硝、钼精矿浮选工序、钼酸铵焙烧的车间或生产设施排气筒各自需要监测控制的项目，详见下表。

表 6.5-1 大气污染物排放浓度限值

单位为毫克每立方米

序号	污染物项目	钼工业企业	工艺或工序	排放限值	污染物排放 监控位置
1	颗粒物	全部	全部	10	车间或生产 设施排气筒
2	二氧化硫	选矿、氧化钼 钼铁	钼精矿烘干、钼精矿焙烧、 制酸系统、钼铁冶炼	50	
3	氮氧化物	选矿、氧化钼、 钼铁、钼粉	钼精矿烘干、钼精矿焙烧、 钼铁冶炼、制酸系统、钼 酸铵焙烧	100	
4	硫酸雾	氧化钼、钼铁	制酸系统	20	
5	氨	氧化钼、钼铁、 钼粉	烟气脱硝 ^a 、钼酸铵焙烧	8.0	
6	非甲烷总烃	选矿、氧化钼、 钼铁	钼精矿浮选、钼精矿烘干	30	
7	钼及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	钼精矿焙烧、钼铁冶炼	1.0	
		钼粉	全部	5.0	
8	铅及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	钼精矿焙烧、钼铁冶炼	0.1	
9	砷及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	钼精矿焙烧、钼铁冶炼	0.4	
10	汞及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	钼精矿焙烧、钼铁冶炼	0.01	
11	铬及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	钼精矿焙烧、钼铁冶炼	1.0	
12	镉及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	钼精矿焙烧、钼铁冶炼	0.5	
13	铊及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	钼精矿焙烧、钼铁冶炼	0.05	
14	锰及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	钼精矿焙烧、钼铁冶炼	1.0	
^a 使用氨水、尿素等含氮物质的烟气处理工序。					

表 6.5-2 大气污染物无组织排放浓度限值 单位为毫克每立方米

序号	污染物项目	钼工业企业	排放限值	无组织排放监控位置
1	颗粒物	所有	1.0	厂界
			5.0	无完整厂房车间
			8.0	有厂房车间外
2	硫酸雾	氧化钼、钼铁	0.3	厂界
3	氨	钼粉、氧化钼、钼铁	0.3	
4	非甲烷总烃	选矿、氧化钼、钼铁	2.0	
5	钼及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁、钼粉	0.04	

序号	污染物项目	钼工业企业	排放限值	无组织排放监控位置
6	铅及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	0.006	
7	砷及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	0.001	
8	汞及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	0.0003	
9	铬及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	0.006	
10	镉及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	0.001	
11	铊及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	0.001	
12	锰及其化合物（以金属计）	氧化钼、钼铁	0.015	

6.5.3 水污染物排放控制要求

本标准确定水污染物控制项目共17项，包括pH、悬浮物、化学需氧量、氟化物、氨氮、总氮、总磷、石油类、总钼、总铅、总汞、总砷、总铬、六价铬、总镉、总铊、总锰，并相应确定了排放浓度限值。本标准水污染物控制项目确定详见“6.4.2.4本标准控制项目确定”，标准限值的确定详见“6.4.3.3水污染物控制项目排放限值确定依据”。本标准按照企业废水总排口及车间或生产设施排放口分直接排放和间接排放分类制定排放限值，直接排放和间接排放限值要求见下表。

表6.5-4 水污染物排放限值 单位为毫克每升（pH值除外）

序号	污染物项目	排放限值		污染物排放监控位置
		直接排放	间接排放	
1	pH（无量纲）	6~9	6~9	企业废水总排口
2	悬浮物	30	100	
3	化学需氧量（COD _{Cr} ）	40	200	
4	氟化物（以F计）	5.0	6.0	
5	氨氮	3.0（5.0） ^a	25	
6	总氮	12	30	
7	总磷	0.4	2.0	
8	石油类	3.0	6.0	
9	总钼	0.5		车间或生产设施排放口
10	总铅	0.2		
11	总汞	0.005		
12	总砷	0.1		

序号	污染物项目	排放限值		污 染 物 排 放 监 控 位 置
		直接排放	间接排放	
13	总 铬	0.5		
14	六价铬	0.1		
15	总 镉	0.02		
16	总 铊	0.005		
17	总 锰	1.0		
a括号外数值为4月~10月期间排放限值，括号内数值为1月~3月、11月~12月期间排放 限值。				

6.6 污染物监测监控要求

(1) 主要内容

此部分规定了企业对排污状况进行监测并保存原始监测记录、污染物排放自动监控、排放口规范化、污染物采样位置、污染物监测采样方法、测定方法等要求。

(2) 所选用标准的评估分析和选用依据

经查询我国目前现行的大气污染物和水污染物测定方法标准，经过评估和分析，筛选出以下标准不适用本标准测定，其余标准均可满足标准测定限值要求。不适用于本标准的监测方法如下：

1) HJ/T 56 固定污染源排气中二氧化硫的测定 碘量法

不适用理由：该测定方法测定下限为 $100000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，高于本标准大气污染物二氧化硫限值 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2) HJ/T 64.2 大气固定污染源 镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法

不适用理由：该测定方法测定下限为 $0.5\text{ng}/\text{m}^3$ ，测定上限 $10\text{ng}/\text{m}^3$ ，测定上限低于本标准大气污染物企业边界镉及其化合物限值 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ 。

3) HJ 487 水质 氟化物的测定 茜素磺酸锆目视比色法

不适用理由：该测定方法测定下限为 $0.4\text{mg}/\text{L}$ ，测定上限 $1.5\text{mg}/\text{L}$ ，测定上限低于本标准水污染物氟化物限值 $5\text{mg}/\text{L}$ 。

4) HJ 535 水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法

不适用理由：该测定方法测定下限为0.1mg/L，测定上限2.0mg/L，测定上限低于本标准水污染物氨氮最低限值3mg/L。

5) HJ 536 水质 氨氮的测定 水杨酸分光光度法

不适用理由：该测定方法测定下限为0.016mg/L，测定上限0.25mg/L，测定上限低于本标准水污染物氨氮最低限值3mg/L。

6) HJ 776 水质 32种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法

不适用理由：该测定方法中砷测定下限为0.6mg/L，测定下限高于本标准水污染物总砷限值0.1mg/L；镉测定下限为0.2mg/L，测定下限高于本标准水污染物总镉限值0.02mg/L；铅测定下限为0.39mg/L，测定下限高于本标准水污染物总铅限值0.2mg/L。该测定方法不适用于测定水质中砷、镉、铅，但适用于测定适用范围中其他测定因子。

综上所述，上述前5条污染物测定方法不适用本标准，第6条测定方法不适用于测定水质中砷、镉、铅三个因子，其他涉及测定因子可适用。其余所使用标准详见本标准文本征求意见稿。

6.7 实施与监督

本标准在“实施与监督”中分别规定了本标准实施与监督的主管部门，企业应遵守本标准的控制要求，以及生态环境部门监督检查、判定排污行为、实施环境管理等内容。

本标准中包括的污染物控制项目，新发布的国家标准严于本标准时执行国家标准。本标准中未包括的污染物控制项目执行国家相关标准规定。

7 国内外及其他省（市、自治区）相关标准情况

7.1 国内相关标准、规范情况

7.1.1 国家发布实施的相关标准及规范情况

1993年，国家发布了《恶臭污染物排放标准》（GB 14554-93），该标准分年限规定了八种恶臭污染物的一次最大排放限值、复合恶臭物质的臭气浓度限值及无组织排放源的厂界浓度限值。该标准适用于钼工业涉及

的氨等恶臭污染物的排放管理。

1996 年，国家发布了《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996），该标准规定了 33 种大气污染物的排放限值，同时规定了标准执行中的各种要求。该标准适用于钼工业涉及的二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、硫酸雾、铅及其化合物、汞及其化合物、砷及其化合物、镉及其化合物等大气污染物的排放限值及各种要求。

1996 年，国家发布了《污水综合排放标准》（GB 8978-1996），该标准按照污水排放去向，分年限规定了 69 种水污染物最高允许排放浓度及部分行业最高允许排水量。该标准适用于钼工业涉及的 pH 值、悬浮物、总铜、总锌、总铅、总汞、总砷等水污染物的排放限值及各种要求。

2012 年，国家发布了《铁合金工业污染物排放标准》（GB 28666-2012），该标准规定了铁合金生产企业或生产设施水污染物和大气污染物排放限值、监测和监控要求，以及标准的实施与监督等相关规定。该标准适用于钼铁生产企业或生产设施水污染物和大气污染物的排放限值、监测和监控要求。

2015 年，国家发布了《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015）及其修改单，该标准规定了无机酸、碱、盐、氧化物、氢氧化物、过氧化物及单质工业企业水和大气污染物的排放限值、监测和监督管理要求。该标准适用于钼化合物工业的水污染物和大气污染物的排放限值、监测和监督管理要求。

2020 年，国家颁布实施了《排污许可证申请与核发技术规范 稀有稀土金属冶炼》（HJ 1125—2020），该标准规定了钨钼冶炼、稀土金属冶炼、其他稀有金属冶炼等稀有稀土金属冶炼排污单位排污许可证申请与核发的基本情况填报要求、许可排放限值确定、实际排放量核算、合规判定的方法以及自行监测、环境管理台账与排污许可证执行报告等环境管理要求，提出了稀有稀土金属冶炼污染防治可行技术要求。

7.1.2 我省及其他省（市、自治区）发布实施的相关标准及规范情况

（1）我省发布实施的相关标准及规范情况

2012 年，我省发布了《河南省重有色金属冶炼及压延加工行业综合治理技术规范》，对铜冶炼、铅锌冶炼、钨钼冶炼、锑冶炼和贵金属冶炼等重有色金属冶炼及压延加工行业的污染物排放、综合治理技术要求和清洁生产技术水平提出了明确的管理要求。

2012 年，我省发布了《河南省重有色金属矿（含伴生矿）采选行业综合治理技术规范》，对河南省所有铜铅锌锑矿采选、金银矿采选、钨钼矿采选、硫铁矿采选等重有色金属矿（含伴生矿）采选行业的生产工艺及装备、污染物排放，综合治理技术、清洁生产审核提出了明确的管理要求。

2020 年，我省修订了《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB 41/1066-2020），规定了我省工业炉窑大气污染物排放控制要求、监测和监督管理要求。该标准对钼冶炼工业冶炼炉、焙烧炉及压延加工熔化炉的大气污染物排放控制、监测和监督管理提出了要求。

2021 年，我省发布了《河南省黄河流域水污染物排放标准》（DB 41/2087-2021），规定了河南省黄河流域水污染物排放控制要求、监测监控要求，以及实施与监督要求。该标准规定了河南省黄河流域排污单位水污染物总钼的排放控制要求。

2021 年，我省发布了《锅炉大气污染物排放标准》（DB 41/2089—2021），规定了河南省锅炉大气污染物排放控制要求、监测和监督管理要求。该标准适用于钼工业涉及的所有燃煤、燃油、燃气、燃生物质等锅炉的大气污染物排放控制、监测和监督管理。

（2）其他省（市、自治区）发布实施的相关标准及规范情况

2008 年，辽宁省发布了《污水综合排放标准》（DB 21/1627-2008），规定了 25 种污染物的排放限值和部分行业最高允许排水量。该标准规定了水污染物总钼的排放控制要求。

2014 年,陕西省发布了《关中地区重点行业大气污染物排放限值》(DB 61/941-2014),该标准定义了钼工业是指生产钼金属的采矿、选矿、冶炼工业企业,不包括以废旧钼物料为原料的再生冶炼企业。另外规定了关中地区钼工业车间或生产设施排气筒颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的浓度排放限值。

2018 年,陕西省修订了《关中地区重点行业大气污染物排放限值》(DB 61/941-2014),形成了《关中地区重点行业大气污染物排放标准》(DB 61/941-2018),该标准规定了钼工业车间或生产设施排气筒颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的浓度排放限值,其中颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的排放浓度限值要求与《关中地区重点行业大气污染物排放限值》(DB 61/941-2014)中限值要求对比无变化。

7.2 国外相关标准、规范情况

本次标准编制期间未查询到国外对钼工业企业污染物排放有限值要求的排放标准。

7.3 本标准与国家及地方相关标准、规范的对比

本次研究主要将本标准确定的限值与《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)、《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB 41/1066-2020)、《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)、《污水综合排放标准》(DB 21/1627-2008)、《河南省黄河流域水污染物排放标准》(DB41/2087-2021)等标准进行对比分析。

7.3.1 大气污染物控制排放限值对比

(1) 颗粒物

本标准规定颗粒物有组织排放限值为 $10\text{mg}/\text{m}^3$,企业厂区内无组织排放无完整厂房车间颗粒物限值为 $5.0\text{mg}/\text{m}^3$,有厂房车间颗粒物限值 $8.0\text{mg}/\text{m}^3$,企业边界颗粒物浓度限值为 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$,本标准颗粒物浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-1 本标准颗粒物排放限值与其他标准对比一览表 单位: mg/m^3

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)	有组织 120	有组织 10	严格
		边界 1.0	边界 1.0	相同
2	《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB41/1066-2020)	有组织 10	有组织 10	相同
		边界 1.0	边界 1.0	相同
3	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	有组织 30	有组织 10	严格
		特排限值 10		相同

(2) 二氧化硫

本标准规定钼精矿烘干、钼精矿焙烧、制酸、钼铁冶炼工序二氧化硫有组织排放限值为 $50\text{mg}/\text{m}^3$, 企业边界不控制二氧化硫排放浓度。本标准二氧化硫浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-2 本标准二氧化硫排放限值与其他标准对比一览表 单位: mg/m^3

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB41/1066-2020)	有组织 50 (有色金属工业冶炼炉、焙烧炉)	有组织 50	相同
2	《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)	有组织 550/960	有组织 50	严格
3	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	有组织 100	有组织 50	严格

(3) 氮氧化物

本标准规定钼精矿烘干、钼精矿焙烧工序、钼铁冶炼工序、制酸系统氮氧化物有组织排放限值为 $100\text{mg}/\text{m}^3$, 企业边界不控制氮氧化物排放浓度。氮氧化物浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-3 本标准氮氧化物排放限值与其他标准对比一览表 单位: mg/m^3

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB41/1066-2020)	有组织 100 (有色金属工业冶炼炉、焙烧炉)	100	相同
2	《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)	有组织 240	有组织 100	严格
3	《无机化学工业污染物排放	有组织 200	有组织 100	严格

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
	标准》(GB 31573-2015)	特排限值 100		相同

(4) 硫酸雾

本标准规定制酸工序硫酸雾排放限值为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业边界限值 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。硫酸雾浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-4 本标准硫酸雾排放限值与其他标准对比一览表 单位： mg/m^3

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)	有组织 45	有组织 20	严格
		边界 1.2	边界 0.3	严格
2	《硫酸工业污染物排放标准》(GB26132-2010)	新建企业有组织 30	有组织 20	严格
		边界 0.3	边界 0.3	相同
3	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	有组织 20	有组织 20	相同
		边界 0.3	边界 0.3	

(5) 氨

本标准规定钼酸铵焙烧、焙烧或冶炼烟气脱硝工序氨排放浓度为 $8\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业边界氨气控制排放浓度限值为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。氨浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-5 本标准氨排放限值与其他标准对比一览表 单位： mg/m^3

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)	一级：边界 1.5	边界 0.3	严格
		二级新扩改建：边界 1.5		
		二级现有：边界 2.0		
		三级新扩改建：边界 4.0		
		三级现有：边界 5.0		
2	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	新建企业有组织 20	有组织 8	严格
		边界 0.3	边界 0.3	相同
3	《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB41/1066-2020)	有组织 8.0 (所有炉窑)	有组织 8.0	相同

(6) 非甲烷总烃

本标准规定及钼选矿浮选工序、钼精矿烘干工序非甲烷总烃限值为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业边界限值为 $2.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。非甲烷总烃浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-6 本标准非甲烷总烃排放限值与其他标准对比一览表 单位： mg/m^3

序号	标准/文件名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)	有组织 120	有组织 30	严格
		边界 4.0	边界 2.0	严格

(7) 钼及其化合物

本标准规定钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序钼及其化合物排放限值为 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ，生产钼粉的钼工业全部工序钼及其化合物排放限值为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业边界限值为 $0.04\text{mg}/\text{m}^3$ 。钼及其化合物浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-7 本标准钼及其化合物排放限值与其他标准对比一览表 单位： mg/m^3

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	有组织 5(涉钼重金属无机化合物工业)	钼精矿焙烧、钼铁冶炼：1.0	严格
			生产钼粉全部工序：5.0	相同
		边界 0.04	边界 0.04	相同

(8) 铅及其化合物

本标准规定钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序铅及其化合物排放限值为 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业边界限值为 $0.006\text{mg}/\text{m}^3$ 。铅及其化合物浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-8 本标准铅及其化合物排放限值与其他标准对比一览表 单位： mg/m^3

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB41/1066-2020)	有组织 0.7(有色金属工业冶炼炉、焙烧炉)	有组织 0.1	严格

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
2	《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)	有组织 0.7	有组织 0.1	严格
		边界 0.006	边界 0.006	相同
3	《无机化学工业污染物排放标准》 (GB31573-2015)	有组织：其他 0.1	有组织 0.1	相同
		边界 0.006	边界 0.006	相同

(9) 砷及其化合物

本标准规定钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序砷及其化合物排放限值为 $0.4\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业边界限值 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ 。砷及其化合物浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-9 本标准砷及其化合物排放限值与其他标准对比一览表 单位： mg/m^3

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准变化情况
1	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB41/1066-2020)	有组织 0.4 (所有炉窑)	有组织 0.4	相同
2	《无机化学工业污染物排放标准》 (GB31573-2015)	有组织 0.5	有组织 0.4	严格
		边界 0.001	边界 0.001	相同

(10) 汞及其化合物

本标准规定钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序汞及其化合物排放限值为 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业边界限值为 $0.0003\text{mg}/\text{m}^3$ 。汞及其化合物浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-10 本标准汞及其化合物排放限值与其他标准对比一览表 单位： mg/m^3

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB41/1066-2020)	有组织 0.05 (有色金属工业冶炼炉、焙烧炉)	有组织 0.01	严格
2	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	有组织 0.01	有组织 0.01	相同
		边界 0.0003	边界 0.0003	相同

(11) 铬及其化合物

本标准规定钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序铬及其化合物排放限值为 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，边界限值为 $0.006\text{mg}/\text{m}^3$ 。铬及其化合物浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-11 本标准铬及其化合物排放限值与其他标准对比一览表 单位： mg/m^3

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《铁合金工业污染物排放标准》（GB 28666-2012）	新建企业有组织：4	有组织 1.0	严格
		有组织特排限值：3		
		边界 0.006	边界 0.006	相同

（12）镉及其化合物

本标准规定钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序镉及其化合物排放限值为 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业边界限值为 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ 。镉及其化合物浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-12 本标准镉及其化合物排放限值与其他标准对比一览表 单位： mg/m^3

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）	有组织 0.85	有组织 0.5	严格
		边界 0.04	边界 0.001	严格
2	《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB41/1066-2020）	有组织 0.8	有组织 0.5	严格
3	《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015）	有组织 0.5	有组织 0.5	相同
		边界 0.001	边界 0.001	相同

（13）铊及其化合物

本标准规定钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序铊及其化合物排放限值为 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ ，企业边界限值为 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ 。铊及其化合物浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-13 本标准铊及其化合物排放限值与其他标准对比一览表 单位： mg/m^3

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015）	有组织 0.05	有组织 0.05	相同
		边界 0.001	边界 0.001	相同

(14) 锰及其化合物

本标准规定钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序锰及其化合物排放限值为 1.0mg/m^3 ，企业边界限值为 0.015mg/m^3 。锰及其化合物浓度限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-14 本标准锰及其化合物排放限值与其他标准对比一览表 单位： mg/m^3

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015）	有组织 5.0	有组织 1.0	严格
		边界 0.015	边界 0.015	相同

7.3.2 水污染物控制排放限值对比

(1) pH

本标准规定企业废水总排口 pH 直接排放限值、间接排放限值均为 6~9。本标准水污染物 pH 排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-15 本标准水污染物 pH 排放限值与其他标准对比一览表

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）	直排 6~9	直排 6~9	相同
		间排 6~9	间排 6~9	相同
2	《河南省黄河流域水污染物排放标准》（DB41/2087-2021）	其他排污单位：直排 6~9	直排 6~9	相同

(2) 悬浮物

本标准规定企业废水总排口悬浮物直接排放限值为 30mg/L 、间接排放限值为 100mg/L 。本标准水污染物悬浮物排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-16 本标准悬浮物排放限值与其他标准对比一览表 单位： mg/L

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）	直排 70/150	直排 30	严格
		间排 400	间排 100	严格
2	《河南省黄河流域水污染物排放标准》（DB41/2087-2021）	其他排污单位：直排 30	直排 30	相同

3	《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015）	直排 50	直排 30	严格
		间排 100	间排 100	相同

（3）化学需氧量

本标准规定企业废水总排口化学需氧量直接排放限值为 40mg/L、间接排放限值为 200mg/L。本标准水污染物化学需氧量排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-17 本标准化学需氧量排放限值与其他标准对比一览表 单位：mg/L

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）	直排 100/150	直排 40	严格
		间排 500	间排 200	严格
2	《河南省黄河流域水污染物排放标准》（DB41/2087-2021）	直排一级标准 40；二级标准 50	直排 40	与一级标准相同，比二级标准严格
3	《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015）	直排 50	直排 40	严格
		间排 200	间排 200	相同

（4）氟化物

本标准规定企业废水总排口氟化物直接排放限值为 5mg/L、间接排放限值为 6mg/L。本标准水污染物氟化物排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-18 本标准氟化物排放限值与其他标准对比一览表 单位：mg/L

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）	直排 10	直排 5	严格
		间排 20	间排 6	严格
2	《河南省黄河流域水污染物排放标准》（DB41/2087-2021）	直排 5	直排 5	相同
3	《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015）	直排 6	直排 5	严格
		间排 6	间排 6	相同

（5）氨氮

本标准规定企业废水总排口氨氮直接排放限值为 3.0（5.0）^amg/L、间接排放限值为 25mg/L。本标准水污染物氨氮排放限值与其他标准对比情况

见下表。

表 7.3-19 本标准氨氮排放限值与其他标准对比一览表 单位：mg/L

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）	直排 15/25	直排 3.0（5.0） ^a	严格
2	《河南省黄河流域水污染物排放标准》（DB41/2087-2021）	直排一级： 直排 3.0（5.0） ^a ；直排二级：5	直排 3.0（5.0） ^a	与一级标准相同，比二级标准严格
3	《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015）	直排 10	直排 3.0（5.0） ^a	严格
		间排 40	间排 25	严格
a 括号外数值 4 月~10 月期间排放限值，括号内数值为 1 月~3 月、11 月~12 月期间排放限值。				

(6) 总氮

本标准规定企业废水总排口总氮直接排放限值为 12mg/L、间接排放限值为 30mg/L。本标准水污染物总氮排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-20 本标准总氮排放限值与其他标准对比一览表 单位：mg/L

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《河南省黄河流域水污染物排放标准》(DB41/2087-2021)	直排一级标准 12；二级标准 15	直排 12	与一级标准相同， 比二级标准严格
2	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	直排 20	直排 12	严格
		间排 60	间排 30	严格

(7) 总磷

本标准规定企业废水总排口总磷直接排放限值为 0.4mg/L、间接排放限值为 2mg/L。本标准水污染物总磷排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-21 本标准总磷排放限值与其他标准对比一览表 单位：mg/L

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《河南省黄河流域水污染物排放标准》(DB41/2087-2021)	一级标准直排 0.4；二级标准 0.5	直排 0.4	与一级标准相同， 比二级标准严格
2	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	直排 0.5	直排 0.4	严格
		间排 2.0	间排 2.0	相同

(8) 石油类

本标准规定企业废水总排口石油类直接排放限值为 3mg/L、间接排放限值为 6mg/L。本标准水污染物石油类排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-22 本标准石油类排放限值与其他标准对比一览表 单位：mg/L

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)	直排 5/10	直排 3.0	严格
		间排 20	间排 6.0	严格
2	《河南省黄河流域水污染物排放标准》(DB41/2087-2021)	直排 3.0	直排 3.0	相同
3	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	直排 3.0	直排 3.0	相同
		间排 6.0	间排 6.0	相同

(9) 总钼

本标准规定车间或生产设施排放口总钼直接排放限值为 0.5mg/L、间接排放限值为 0.5mg/L。本标准水污染物总钼排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-23 本标准水污染物总钼排放限值与其他标准对比一览表 单位：mg/L

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《河南省黄河流域水污染物排放标准》(DB41/2087-2021)	0.5	0.5	相同
2	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	车间或生产设施废水排放口 0.5	0.5	相同

(13) 总铅

本标准规定车间或生产设施排放口总铅直接排放限值为 0.2mg/L、间接排放限值为 0.2mg/L；车间或生产设施废水排放口管控限值为 0.2mg/L。本标准水污染物总铅排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-24 本标准水污染物总铅排放限值与其他标准对比一览表 单位：mg/L

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
----	------	-------	-------	---------

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《河南省黄河流域水污染物排放标准》 (DB41/2087-2021)	车间或生产设施排放口 0.2	车间或生产设施排放口 0.2	相同
2	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	车间或生产设施排放口 0.5	车间或生产设施排放口 0.2	严格
3	《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)	直排 1.0	车间或生产设施排放口 0.2	严格

(10) 总汞

本标准规定车间或生产设施排放口总汞直接排放限值为 0.005mg/L、间接排放限值为 0.005mg/L。本标准水污染物总汞排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-25 本标准水污染物总汞排放限值与其他标准对比一览表 单位：mg/L

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《河南省黄河流域水污染物排放标准》 (DB41/2087-2021)	车间或生产设施排放口直排 0.01	0.005	严格
2	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	车间或生产设施排放口 0.005	0.005	相同
3	《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)	0.05	0.005	严格

(11) 总砷

本标准规定车间或生产设施排放口总砷直接排放限值为 0.1mg/L、间接排放限值为 0.1mg/L。本标准水污染物总砷排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-26 本标准水污染物总砷排放限值与其他标准对比一览表 单位：mg/L

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《河南省黄河流域水污染物排放标准》 (DB41/2087-2021)	车间或生产设施排放口 0.1	0.1	相同
2	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	车间或生产设施排放口 0.3	0.1	严格
3	《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)	0.5	0.1	严格

(12) 总铬

本标准规定车间或生产设施排放口总铬直接排放限值为 0.5mg/L、间接排放限值为 0.5mg/L。本标准水污染物总铬排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-27 本标准水污染物总铬排放限值与其他标准对比一览表 单位：mg/L

序号	标准名称	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《河南省黄河流域水污染物排放标准》 (DB41/2087-2021)	车间或生产设施排放口 0.5	0.5	相同
2	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	车间或生产设施排放口 0.5	0.5	相同
3	《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)	1.5	0.5	严格

(13) 六价铬

本标准规定车间或生产设施排放口六价铬直接排放限值为 0.1mg/L、间接排放限值为 0.1mg/L。本标准水污染物六价铬排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-28 本标准水污染物六价铬排放限值与其他标准对比一览表 单位：mg/L

序号	现行标准及参考依据	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《河南省黄河流域水污染物排放标准》 (DB41/2087-2021)	车间或生产设施排放口 0.1	0.1	相同
2	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	车间或生产设施排放口 0.1	0.1	相同
3	《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)	0.5	0.1	严格

(14) 总镉

本标准规定车间或生产设施排放口总镉直接排放限值为 0.02mg/L、间接排放限值为 0.02mg/L。本标准水污染物总镉排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-29 本标准水污染物总镉排放限值与其他标准对比一览表 单位：mg/L

序号	现行标准及参考依据	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《河南省黄河流域水污染	车间或生产设	0.02	相同

序号	现行标准及参考依据	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
	物排放标准》 (DB41/2087-2021)	施排放口 0.02		
2	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	车间或生产设施排放口 0.1	0.02	相同
3	《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)	0.1	0.02	严格

(15) 总铊

本标准规定车间或生产设施排放口总铊直接排放限值为 0.005mg/L、间接排放限值为 0.005mg/L。本标准水污染物总铊排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-30 本标准水污染物总铊排放限值与其他标准对比一览表 单位: mg/L

序号	现行标准及参考依据	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《河南省黄河流域水污染物排放标准》 (DB41/2087-2021)	车间或生产设施排放口 0.005	0.005	相同
2	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	车间或生产设施排放口 0.005	0.005	相同

(16) 总锰

本标准规定车间或生产设施排放口总锰直接排放限值为 1.0mg/L、间接排放限值为 1.0mg/L。本标准水污染物总锰排放限值与其他标准对比情况见下表。

表 7.3-31 本标准水污染物总锰排放限值与其他标准对比一览表 单位: mg/L

序号	现行标准及参考依据	规定标准值	本标准限值	本标准对比情况
1	《无机化学工业污染物排放标准》(GB 31573-2015)	车间或生产设施排放口 1.0	1.0	相同
2	《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)	直排 2.0	直排 1.0	严格
		间排 5.0	间排 1.0	严格
3	《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)	2.0	1.0	严格

7.3.3 排放限值对比结果小结

根据本标准规定的大气污染物浓度限值与钼工业目前执行的污染物排放标准限值对比情况, 鉴于河南省钼工业污染物排放水平的提高, 非甲

烷总烃、钼及其化合物、铬及其化合物、锰及其化合物共 4 项控制项目限值进行加严控制，上述 4 项因子与目前钼工业现行的标准限值对比来看较严格，而颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、硫酸雾、氨、铅及其化合物、砷及其化合物、汞及其化合物、镉及其化合物、铊及其化合物共 10 项控制项目有组织排放限值与目前现行的《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB41/1066-2020）、《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015）标准限值水平基本持平。

根据本标准规定的水污染物浓度限值与钼工业目前执行的污染物排放标准限值对比情况，鉴于钼工业目前生产废水基本不外排，仅个别企业生活污水及生产的清净下水外排，为保护钼工业所在地区地表水体环境质量，对于化学需氧量、氨氮、总氮、总磷共 4 项控制项目限值进行加严控制，上述 4 项因子与目前钼工业现行的《河南省黄河流域水污染物排放标准》（DB41/2087-2021）标准限值对比来看较严格，而 pH、悬浮物、氟化物、石油类、总钼、总铅、总汞、总砷、总铬、六价铬、总镉、总铊、总锰共 13 项控制项目水污染物排放限值与目前现行的《河南省黄河流域水污染物排放标准》（DB41/2087-2021）、《无机化学工业污染物排放标准》（GB 31573-2015）标准限值水平基本持平，但总体来看本标准水污染物控制项目排放限值严于《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）。

8 标准实施的环境、社会、经济效益分析

8.1 环境效益分析

根据调研数据，2023 年河南省钼工业颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放量分别为颗粒物：148.22t/a、48.31t/a、59.27t/a。以 2023 年全省钼工业企业产品产量进行估算，行业减排比例按 10%计，预计本标准实施后全省钼工业颗粒物、二氧化硫、氮氧化物减排量分别为：14.822t/a、4.831t/a、5.927t/a。

目前现有钼冶炼企业已普遍执行《工业炉窑大气污染物排放标准》（DB41/1066-2020），现有企业颗粒物（含重金属）、二氧化硫、氮氧化物大多数能够达标排放，本标准实施后将进一步促进钼工业企业废气污染物达标排放。

目前省内钼工业生产废水基本不外排，生活污水大多数回用、不外排，极少数经生活污水处理系统处理后直接排放，少数企业生活污水经处理后进入城镇污水管网或产业集聚区污水处理厂。对于生活污水间接排放的企业，目前排水标准一般执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）三级标准。本标准制定的生活污水间接排放标准严于《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）三级标准，本标准实施后 COD、总氮、总磷等的排放量将得到一定的削减作用。

8.2 社会效益分析

8.2.1 有利于淘汰落后产能，倒逼产业转型升级

本标准实施后，通过对现有企业加大清洁生产水平力度、对现有污染治理设施进行提标改造，将显著削减污染物排放量，有效减少排入环境的污染物质，改善区域的环境质量。同时新标准的实施，可以促使钼行业加大落后产能淘汰力度，促进企业升级改造，积极采取相关措施提高生产工艺和污染治理水平，同时还能够积极引导产业向中上游转变，由初级产品类型向中高端产品类型转变。

8.2.2 为行业污染防控和监管提供了有力的技术支撑

行业污染物排放标准是国家和地方环境保护法律体系的重要组成部分，也是执行环境法律、法规的重要技术依据，在环境保护执法和管理工作中发挥着不可替代的作用。本标准的实施将统一钼行业的污染物排放标准，本标准和技术内容符合当前节能减排与环境改善的形势和目标要求，与经济发展和环境治理的需求同步，满足可持续环境管理的需要，将进一步加强环境标准在经济建设中的导向作用和发挥法律法规的法治作用，使黄金工业污染减排、项目审批和日常环境监管等管理工作执法依据更加明确、统一。

8.3 经济效益分析

本标准对颗粒物进行了加严控制，颗粒物经除尘器收集后，以收尘灰的形式返回生产过程。收尘灰中含有钼精矿、氧化钼、钼铁、钼粉等产品。根据调研，45%以上品位钼精矿价格约 3900~4000 元/吨度，60%钼铁的价格在 21.5~22.5 万元/吨，51~60%氧化钼价格约 4300~4600 元/吨度，钼粉目前价格约 36 万元/吨，本标准实施后预计可减排颗粒物 14.822t/a，按 30%品位及 3000 元/吨度估算，预计每年可产生经济效益 133.398 万元。

9 标准实施的技术经济可行性分析

9.1 技术可行性分析

近年来，随着重点区域全面执行大气污染物特别排放限值以及国家、地方大气污染防治政策、排放要求日趋严格，钼工业企业陆续进行了一系列环保提升改造，部分企业正在或计划进行环保提升改造。本次主要以实地调研钼工业企业近年环保提升改造情况及效果进行分析。

9.1.1 大气污染物控制技术可行性分析

(1) 颗粒物（烟尘、粉尘、重金属）

目前钼工业企业一般根据各污染源颗粒物源强不同特点及废气处理组合工艺需求采取不同的除尘措施，治理措施主要包括袋式除尘器、覆膜袋式除尘器、脉冲袋式除尘器、旋风除尘器、湿式电除尘器等。在实际生产过程中常采用多种处理设施组合除尘系统对颗粒物进行处理，颗粒物去除效率在 99.5% 以上。根据目前省内钼工业企业监测数据显示，颗粒物排放浓度可控制在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，大部分重金属因子排放浓度均可以达到本标准限值的要求。部分重金属因子通过对现有的废气处理工艺进行部分改造，并加强运行管理维护，提高处理效率，可稳定达到排放标准要求。

(2) 二氧化硫

钼工业企业在生产过程产生二氧化硫环节主要为钼精矿烘干、焙烧、制酸尾气吸收及钼铁冶炼等环节。目前，国内外钼冶炼企业对钼精矿焙烧烟气中的 SO_2 采取的治理措施主要为制硫酸。制硫酸法工艺主要有双接触法（二转二吸）和 WSA 制酸工艺对烟气中二氧化硫的进行回收利用；有机胺/离子液循环吸收、双氧水脱硫法及碱法脱硫法也在钼工业企业中多有利用，二氧化硫去除效率在 80% 以上。根据调查企业监测数据显示，大部分企业废气中二氧化硫的排放浓度是可以达到本标准限值的要求。部分企业通过对现有的废气处理工艺进行部分改造，并加强运行管理维护，提高处理效率，可稳定达到排放标准要求。

（3）氮氧化物

钼工业生产过程中产生的氮氧化物一般为热力型氮氧化物和燃料型氮氧化物。对氮氧化物进行控制的措施主要分为两种：低氮燃烧技术和烟气脱硝技术。低氮燃烧技术主要包括低过量空气燃烧、空气分级燃烧以及烟气再循环等，其对燃烧条件要求较高，钼工业由于炉窑所需温度及燃烧时大都需要与物料接触，尚未有采取该方式控制氮氧化物排放的实例。烟气脱硝技术主要包括：**SNCR** 脱硝法、**SCR** 脱硝法、双氧水脱硝、臭氧氧化脱硝等脱硝工艺。根据调查企业监测数据显示，废气中氮氧化物的排放浓度基本可以达到本标准限值的要求，部分冶炼企业氮氧化物因瞬时投料等原因会出现瞬时超标，当生产系统稳定运行时氮氧化物排放浓度能够达到本标准限值的要求。

（4）硫酸雾

钼工业在钼精矿焙烧烟气制酸工序会有硫酸雾的产生，制酸工段尾气以及双氧水脱硫塔尾气也会有硫酸雾的产生。目前钼工业硫酸雾的去除一般采用碱液吸收法进行处理。该工艺具有结构简单、能耗低、净化效率高和适用范围广的特点，能有效去除酸雾水溶性气体。酸性废气由风管引入吸收塔，经过填料层或折板等，废气与吸收液进行气液两相充分接触吸收中和反应，酸性废气得以净化。根据调查目前省内钼企业常规监测数据显示，硫酸雾的排放浓度可以达到本标准排放限值的要求。

（5）氨

钼工业在以钼酸铵为原料生产钼粉时，钼酸铵焙烧还原工段会产生氨气，使用含氨物质作为还原剂去除烟气中氮氧化物的尾气也会有氨的逃逸。目前钼工业氨气去除方法主要采用水吸收法和酸吸收法处理，水吸收法主要采用二级水喷淋吸收，酸吸收法主要采用水+酸洗两级吸收，去除氨气效率可达 98%。根据调查目前省内钼企业常规监测数据显示，氨气排放浓度均能满足本标准排放限值的要求。

（6）非甲烷总烃

钼选矿企业在选矿生产过程会添加煤油、2#油等药剂，浮选工段会产生非甲烷总烃，钼选矿企业生产的钼精矿包装前大部分企业会进行烘干去除水分，而用钼精矿作为原料生产氧化钼的企业因外购的钼精矿残留有浮选药剂，在生产氧化钼前也会对钼精矿进行烘干，钼精矿烘干工序也会产生非甲烷总烃。目前钼工业非甲烷总烃去除技术主要为过滤法和吸附法，根据调研目前钼选矿企业采用的方法主要为水喷淋+生物滤池+高压静电粒子净化装置或水喷淋+玻璃纤维过滤+活性炭吸附等，该技术不属于《国家污染防治技术指导目录》（2025 年）中规定的低效类治理技术，大部分由钼精矿生产氧化钼的企业在钼精矿烘干工序未采取非甲烷总烃处理措施，钼精矿烘干废气直接送回转窑进行焙烧。根据调查目前省内钼选矿企业常规监测数据以及对涉及钼精矿烘干工序的生产氧化钼的钼冶炼企业回转窑废气处理设施排放口实测非甲烷总烃浓度，非甲烷总烃排放浓度均能满足本标准排放限值的要求。

（7）无组织排放

本标准中无组织排放控制措施确定主要依据为矿石（煤炭）采选与加工和钼冶炼行业绩效分级（无组织排放）A 级指标要求等。

露天采矿采取自上而下水平分层开采，采取深孔微差、低尘爆破、机械采装，铲装作业同时喷水雾，并及时洒水抑尘；矿石装卸、破碎、筛分等产尘工序应在封闭厂房内作业，产尘点采取二次封闭或设置集尘罩负压收集后采用袋式除尘处理；生产车间无可见粉尘外逸。

粉状物料采用料仓、储罐等方式密闭储存，采用皮带通廊、埋刮板、螺旋机等方式密闭输送；块状或粘湿物料采用密闭料仓或封闭料棚等方式储存，采用密闭斗式提升机或密闭式螺旋输送机等方式输送；其他干渣堆存采用喷淋（雾）等抑尘措施；物料输送落料点及破碎、筛分、混料等产尘工序设置密闭罩，并配备除尘设施或采取喷雾等抑尘措施。

各工序粉状、粒状等易产尘物料厂内转移、输送过程应采用气力输送、封闭皮带等；无法封闭的产尘点（物料转载、下料口等）应采取集气除尘措施；企业料场出口处配备车轮车身高压清洗装置，洗车平台四周应设置洗车废水收集处理设施。

除尘器应设置密闭灰仓，除尘灰应通过气力输送、罐车、袋子等封闭方式卸灰，不得直接卸落到地面；矿石运输、尾矿库、废石场道路，路面应硬化，并采取定期清扫、洒水等抑尘措施；企业厂区内道路、堆场等路面应硬化，保持清洁，路面无明显可见积尘。

目前省内钼企业常规监测数据显示，目前钼工业企业有组织排放的硫酸雾、氨、非甲烷总烃、铅及其化合物、砷及其化合物、汞及其化合物、铬及其化合物、镉及其化合物、铊及其化合物、锰及其化合物、钴及其化合物污染物浓度均满足本标准限值要求。选矿企业及冶炼企业中个别企业颗粒物排放浓度超过本标准，颗粒物废气处理设施袋式除尘器改为覆膜袋式除尘器后能够提高除尘效率，颗粒物排放浓度能够达到本标准限值。冶炼企业氮氧化物因瞬时投料等原因会出现瞬时超标，当生产系统稳定运行时氮氧化物能够达标排放。企业边界大气污染物排放浓度能满足本标准浓度限值的要求。因此目前的污染治理措施基本能够满足本标准限值要求，控制技术可行。

9.1.2 水污染物控制技术可行性分析

根据废水的来源，钼工业废水可分为采矿污水、选矿废水和冶炼废水及生活污水。

（1）采矿选矿污水

目前，采矿污水的治理基本上都采用沉淀法、中和法。国内选矿厂污水的治理方法，主要有自然净化法、混凝法、中和法和重复利用法等。自然净化法是当前普遍使用的方法，其构筑物主要是沉淀池和尾矿库，使选矿污水中的悬浮物被除去。经自然净化（特别是尾矿库）净化后的选矿污

水，多数可以达到重复利用和排放标准的要求。混凝法是指使用有机或无机絮凝剂使分散体系聚结脱稳过程的方法。它不仅适用于含悬浮物质、胶体物质及可溶性污染物污水的处理，也适用于含重金属离子污水的处理。混凝法具有适应性强、技术可行和经济合理等优点。用中和法处理选矿污水存在两种情况，一是对选矿污水中呈酸性的洗矿水用中和法进行处理；二是与酸性的采矿污水进行相互中和处理。重复利用法是将经自然净化、混凝和中和处理后的选矿污水重新用于选矿作业，这种方法可以减少污水的外排量和选矿作业新水的用量。目前我省钨选矿企业选矿废水基本采用自然净化法对选矿废水净化后回用于生产。

（2）冶炼废水

①酸性废水

对悬浮物、油含量较少、重金属较少的酸性废水处理方法主要为中和法，具体有加药中和法、过滤中和法等。加药中和法主要将石灰、石灰石、氢氧化钠、碳酸钠等碱性药剂加入酸性废水中进行中和；过滤中和法主要使酸性废水通过石灰石或白云石的碱性固体滤料层进行中和，污水处理系统运行稳定，技术可行。

②含重金属废水

对重金属含量高的废水处理方法主要为化学沉淀法、氧化还原法、离子交换法和反渗透法。化学沉淀法主要采用中和沉淀和硫化物沉淀的方法使废水中呈溶解状态的金属转变为不溶于水的金属化合物，重金属去除率在 50% 左右。氧化还原法主要采用铁氧体法和电解法，铁氧体法形成的污泥化学稳定性高，易于固液分离和脱水。铁氧体法特别适用于含金属离子种类较多的混合废水。电解法具有去除率高、无二次污染、所沉淀的金属可回收利用等优点，但成本比较高，一般经浓缩后再电解经济效益较好。离子交换法是利用离子交换剂分离废水中有害物质的方法，重金属去除率在 95% 以上。反渗透法是渗透作用的逆过程，反渗透技术处理含重金属

废水不需要投加药剂，能耗低，设备紧凑，易实现自动化，不改变溶液的物理化学性质，可以回收清水和贵金属。

目前省内钼工业企业污水处理系统运行稳定，根据监测数据，大部分因子基本能满足本标准的要求实现达标排放。若以后企业生产废水某些因子出现超标时，可以通过对现有的污水处理系统增加超滤、曝气生物滤池或混凝沉淀等深度处理设施，并加强运行管理维护，提高处理效率，保证能够满足本标准规定的排放限值要求。

目前大部分钼工业企业的生活污水经处理后回用，小部分企业生活污水排入污水处理厂进行处理，对于生活污水间接排放的企业，目前排水标准一般执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）三级标准。本标准制定的生活污水间接排放标准严于《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）三级标准，因此对于生活污水间接排放的企业，排水浓度若超过本标准规定限值时需增加生活污水处理设施，一般一体化生活污水处理设施可满足处理要求，一体化生活污水处理工艺一般采用生化处理方式。

9.2 经济可行性分析

9.2.1 废气处理经济可行性分析

①颗粒物

根据调研的河南省钼工业企业污染物排放水平，企业有组织排放颗粒物浓度约为 $1.9\text{mg}/\text{m}^3\sim 41.5\text{mg}/\text{m}^3$ ；厂界颗粒物浓度约在 $0.104\text{mg}/\text{m}^3\sim 0.422\text{mg}/\text{m}^3$ ，均低于 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。15家钼工业企业排气筒颗粒物排放浓度数据中不满足本标准限值的钼企业共有2家，占比为13.33%。根据调研，不满足本标准的2家企业有组织颗粒物主要采用普通的袋式除尘器进行处理，对袋式除尘器进行技术改造，改为覆膜袋式除尘器可以提高除尘效率，降低颗粒物排放浓度，能够满足本标准有组织颗粒物排放限值。据调研估算，1套覆膜袋式除尘器价格约为1万元，除尘器投入费用对企业正常运营影响较小，不会有企业因本标准限值被淘汰。

②二氧化硫

钼冶炼企业钼精矿烘干工序、钼精矿焙烧工序、焙烧炉烟气制酸工序、钼铁冶炼工序均会产生二氧化硫。根据调研，二氧化硫排放浓度为 ND~171mg/m³。4 家钼工业企业排气筒二氧化硫排放浓度不满足本标准限值的钼企业共有 1 家，占比为 25%。根据调研，不满足本标准的 1 家钼冶炼企业二氧化硫因瞬时投料等原因会出现瞬时超标，当生产系统稳定运行时二氧化硫排放浓度能够达到本标准限值的要求，该家企业不会因本标准限值被淘汰。

③氮氧化物

钼冶炼企业钼精矿烘干工序、钼精矿焙烧工序、焙烧炉烟气制酸工序、钼铁冶炼工序及钼酸铵焙烧还原工序均会产生氮氧化物。钼精矿烘干工序氮氧化物排放浓度为 53~58mg/m³，钼精矿焙烧工序氮氧化物排放浓度为 12~92mg/m³。钼精矿焙烧烟气制酸工序氮氧化物排放浓度为 8~25mg/m³。钼铁冶炼工序氮氧化物排放浓度为 ND~117mg/m³。钼酸铵焙烧工序氮氧化物排放浓度为 6.1~14.2mg/m³。上述工序氮氧化物排放浓度除钼铁冶炼工序不满足本标准氮氧化物浓度限值 100mg/m³ 外，其他均满足。根据调研，钼冶炼企业氮氧化物因瞬时投料等原因会出现瞬时超标，当生产系统稳定运行时氮氧化物能够达标排放，因此不会有企业因本标准限值被淘汰。

④硫酸雾

我省钼冶炼企业中钼精矿焙烧产生的二氧化硫烟气可送制酸工段生产硫酸，制酸工序会排放一定浓度的硫酸雾。根据调研，硫酸雾的排放水平在 6.1~14.2mg/m³，低于本标准规定的硫酸雾浓度限值 20mg/m³，不会有企业因本标准限值被淘汰。

⑤氨

我省钼工业中以钼酸铵为原料焙烧还原生产钼粉的钼冶炼企业，钼酸铵焙烧会排放一定浓度的氨，因钼粉目前行情较差，我省生产钼粉的企业

较少。根据调研到的 2 家生产钼粉的企业，钼酸铵焙烧排放的氨气浓度在 $1.37\text{mg}/\text{m}^3\sim 4.03\text{mg}/\text{m}^3$ ，均低于本标准规定的氨浓度限值 $8.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，上述 2 家企业不会因本标准限值被淘汰。

⑥非甲烷总烃

钼矿浮选工序及钼精矿烘干工序会排放一定浓度的非甲烷总烃。根据调研统计，我省钼工业钼矿浮选工序排放非甲烷总烃浓度水平约为 $1.69\text{mg}/\text{m}^3\sim 14.9\text{mg}/\text{m}^3$ ，钼精矿烘干废气非甲烷总烃浓度为 $2.28\sim 3.08\text{mg}/\text{m}^3$ ，厂界非甲烷总烃浓度基本在 $0.26\text{mg}/\text{m}^3\sim 0.94\text{mg}/\text{m}^3$ ，由此可见我省钼工业非甲烷总烃排放水平能够满足本标准规定的有组织 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，厂界 $2.0\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求，不会有企业因本标准限值被淘汰。

⑦重金属（钼）

根据调研到的 2 家以钼酸铵为原料焙烧还原生产钼粉的企业，筛分工序颗粒物浓度在 $1.9\text{mg}/\text{m}^3\sim 6.2\text{mg}/\text{m}^3$ ，上述 2 家企业未对特征污染物钼及其化合物进行监测，因筛分工序产生的颗粒物中成分全部为钼及其化合物，折算后筛分工序钼及其化合物排放浓度 1 家为 $1.9\text{mg}/\text{m}^3\sim 2.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，1 家为 $4.6\text{mg}/\text{m}^3\sim 6.2\text{mg}/\text{m}^3$ 。本标准规定生产钼粉的所有工序钼及其化合物限值为 $5.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，其中 1 家生产钼粉的企业不能满足本标准规定的钼及其化合物限值，该企业筛分工序采取的废气治理措施为袋式除尘器，需对废气治理措施进行改造，改造为覆膜袋式除尘器提高废气处理效率降低排放浓度，技术改造费用约投入 1 万元，对企业来说改造费用较低，对企业正常生产运行影响较小，不会因本标准限值而被淘汰。

⑧重金属（铅、汞、镉、铬、砷、锰、铊）

根据钼冶炼企业实测数据，1 家生产氧化钼和钼铁的企业钼精矿焙烧废气及钼铁冶炼废气排放口重金属铊、汞均未检出，铅、镉、铬、锰有不同程度检出，检出值均较低；另外 1 家生产氧化钼和钼铁的企业钼精矿焙烧废气及钼铁冶炼废气排放口重金属均未检出，能够满足本标准规定限

值，由此可见我省钼冶炼企业钼精矿焙烧、钼铁冶炼工序排放的重金属含量极小，不会有企业因本标准而被淘汰。

从上述分析可以看出，本标准确定的排放限值采用常用的处理技术工艺就能满足稳定达标，对于不达标的企业对现有工艺改造升级后，可满足本标准规定的排放限值要求，建设和运行成本在可接受范围以内，预计本标准实施后，不会有企业淘汰，符合我省实际和钼行业情况，经济可行性强。

9.2.2 废水处理经济可行性分析

根据目前省内钼行业的废水治理水平，大多数企业生产废水不外排，尤其是涉及重金属污染物的废水，以厂内综合利用或返回生产工序为主。调研的 32 家钼工业企业中 31 家生产废水回用不外排，有 1 家企业钼铁循环冷却水部分回用，部分直接排放；32 家企业中有 26 家生活污水不外排，1 家企业生活污水直接排放，5 家企业间接排放。根据对 1 家生产氧化钼和钼铁的企业间接排放的生活污水进行实测，该企业化学需氧量浓度为 465~582mg/L、氨氮 131~141mg/L、总磷 9.87~10.8mg/L、总钼 2.18~2.28mg/L，上述污染因子不能满足本标准规定的水污染物间接排放限值。根据调研，该企业生活污水主要通过化粪池预处理后排入市政污水管网进入产业集聚区污水处理厂处理，该企业需对生活污水处理设施进行升级改造，增加 1 套一体化污水处理设备，年投入费用约 5 万元，该企业年均利润超千万元，增加的废水处理设备投入及运行费用对企业影响较小，不会明显增加企业废水处理成本，经济上可行。因我省钼工业废水基本不外排，因此本标准实施后，对于钼工业企业废水排放无较大影响，不会明显增加企业废水处理成本。

9.3 管理可行性分析

河南省是全国著名的钼生产大省，钼矿总储量及采选能力均位于全国第一。我省钼工业企业分布比较集中，大多聚集在洛阳市，另外在郑州市

登封市、开封市兰考县、许昌市长葛市、三门峡市卢氏县有极少量分布，其他地市均无钼工业企业。目前我省钼工业经济发展水平总体较高，洛阳市等地市已经通过行政手段，要求工业企业执行严于国家排放标准的排放限值，以此来实现环境管理的目标。同时，国家已发布实施了铅锌工业、锡锑汞工业和再生铜铝铅锌工业等多项行业标准，河南省已发布实施了铝工业和黄金冶炼行业等多项地方行业标准，黄河流域也已发布实施了流域标准，各地市对各行业污染物排放标准的实施及管理积累了较为丰富的经验，从管理角度考虑，本标准的实施具有可行性。

10 标准实施初步建议

10.1 实施建议

（1）本标准实施需配套的管理措施、实施方案建议：由于钼行业污染物排放的特殊性，尤其是其废气、废水排放涉及重金属，在钼矿采选及冶炼过程中，无论重金属进入水中还是进入粉尘，都要对环境造成严重的影响，因此该标准颁布和实施后，对钼行业环境的治理将起到积极的推动作用，使钼行业环境得到改善。建议本标准适时配套制定钼行业污染防治技术规范，规范钼行业污染治理措施，加快技术升级改造，不断降低污染治理成本。

（2）鉴于钼行业的工艺、设备、技术在不断地提高，人们的环境保护意识在不断加强，因此建议在该标准发布实施后，应加强对本标准的跟踪评估，及时提出修订方案和建议。

（3）建议现有钼工业企业配备尾气在线监测系统，并使之与地方生态环境主管部门联网，以便在线实时获取污染物排放信息。