

曲沃县山西通才工贸有限公司 “6·22”一般容器爆炸事故调查报告

曲沃县 6·22 事故调查组管理组

2026 年 3 月 31 日

目 录

一、事故基本情况.....	1
（一）事故发生单位及相关单位基本情况.....	1
1.事故发生单位基本情况.....	1
2.事故发生相关单位基本情况.....	2
3.相关合同签订情况.....	2
（二）安全管理情况.....	3
1.钢渣热焖处理工艺流程.....	3
2.涉事厂房及反应罐（热焖罐）布置情况.....	4
3.安全管理情况.....	5
4.特种设备管理情况.....	6
（三）事故发生经过.....	6
（四）事故现场情况.....	8
1.事故罐排气管道阀门情况.....	8
2.事故罐罐盖情况.....	8
3.伤亡人员位置情况.....	10
（五）人员伤亡和直接经济损失.....	11
（六）其他情况.....	11
1.反应罐（热焖罐）检维修人员持证情况.....	11
2.涉事设备情况.....	12
3.压力容器检验情况.....	13
二、事故应急处置及评估情况.....	13
（一）事故信息接报及响应情况.....	13
（二）事故现场应急处置情况.....	14
（三）医疗救治和善后情况.....	14
（四）事故应急处置评估.....	14
三、事故原因分析.....	15
（一）直接原因分析.....	15
1.事故罐中可燃气体来源分析.....	15

2.可燃气体产生机理分析.....	16
3.点火源分析.....	17
(二) 事故相关检验检测和鉴定情况.....	18
1.钢渣成分检测情况.....	18
2.蒸汽中可燃气体检测情况.....	18
(三) 其他可能因素排除.....	20
四、有关责任单位存在的主要问题.....	20
(一) 事故单位.....	20
(二) 有关监管部门.....	20
(三) 地方党委、政府.....	21
五、对有关责任人员和责任单位的处理意见.....	21
(一) 对事故有关责任单位和责任人员的行政处罚建议.....	21
(二) 对有关公职人员的处理建议.....	23
(三) 有关属地政府及监管部门处理意见.....	26
(四) 其他处理建议.....	26
六、事故主要教训.....	27
七、事故整改和防范措施建议.....	29
(一) 深刻汲取教训，强化企业主体责任落实	29
(二) 防范化解风险，全面开展隐患排查整治	29
(三) 强化统筹协调，压实党委、政府监管责任.....	31

曲沃县山西通才工贸有限公司

“6·22”一般容器爆炸事故调查报告

2025年6月22日15时10分许，曲沃县盛运装卸服务有限公司在山西通才工贸有限公司炼钢厂渣处理厂房检修反应罐（热焖罐）过程中发生一起容器爆炸事故，造成一人死亡、一人受伤，直接经济损失约189万余元。

2025年7月7日，接到临汾市安全生产委员会办公室移交《关于调查核实群众举报事项的函》（临安办函〔2025〕79号），曲沃县人民政府高度重视，成立了由县安委办牵头，县公安局、县市场监管局、县应急管理局、县工科局等部门组成的事故调查组，并邀请山西省应急管理厅专家库内专家3人参与事故技术原因调查。

事故调查组按照“科学严谨、依法依规、实事求是、注重时效”和“四不放过”原则，通过现场勘验、调查取证、人员问询等方式，查清了事故原因，认定了事故性质，厘清了事故责任，总结分析了事故主要教训，提出了整改和防范措施建议。

经调查，该事故是在对特种设备检维修时，因可燃气体泄漏引发的一起一般容器爆炸生产安全事故，是一起相关人员未及时向负有安全监督管理职责部门上报的瞒报事故。

一、事故基本情况

（一）事故发生单位及相关单位基本情况

1. 事故发生单位基本情况

曲沃县盛运装卸服务有限公司（以下简称盛运公司），是事故的发生单位，负责山西通才工贸有限公司炼钢厂的设备维修及其他业务。该公司成立于 2011 年 10 月，注册地址：曲沃县高显镇西上官村北环路 92 号，法定代表人：王春茂，统一社会信用代码：91141021583314430N，注册资本：10 万元。

该公司现有员工 30 余人，总经理负责公司运营的全面管理工作，设有除尘灰拉运、炉下清渣、热焖渣运维、卫生清理四个班组。

2. 事故发生相关单位基本情况

山西通才工贸有限公司（以下简称通才公司）是事故发生的相关单位。

通才公司成立于 2002 年 10 月 25 日，注册地址：曲沃县太子滩，统一社会信用代码：9114100074352768XL，法定代表人：吴晓年，注册资本：15000 万元，经营范围：建筑用钢筋产品生产等，钢、铁冶炼；钢压延加工；金属材料制造、金属材料销售；建筑用钢筋产品销售；黑色金属铸造；有色金属铸造等。

通才公司炼钢厂（以下简称通才炼钢厂），是通才公司的二级分厂，有冶炼、连铸、渣处理等工序，事故发生在渣处理工序 4#反应罐（热焖罐）维修过程中。

3. 相关合同签订情况

2021 年 12 月 20 日，盛运公司与通才公司签订了《劳务外包合同》，承包内容包括炼钢厂热焖渣设备维护、维修。

合同编号: TLW20210013, 承包期限: 2022 年 1 月 1 日至 2026 年 12 月 31 日。

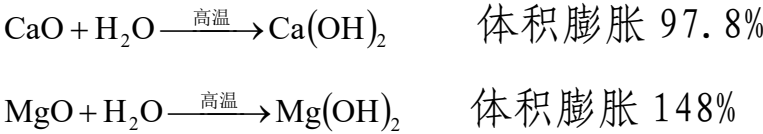
2025 年 1 月 1 日, 盛运公司与通才公司签订了《安全生产管理协议》, 协议范围: 炼钢厂除尘灰拉运、热焖渣点检与维保。协议规定了双方的职责、权利和义务。

(二) 事故发生单位安全管理情况

1. 钢渣热焖处理工艺流程

转炉和电炉在冶炼中产生的液态钢渣装入渣罐, 通过渣罐车运输到渣跨, 经过渣床冷却、碾压破碎后推入接渣罐, 吊运接渣罐进入焖渣罐进行有压热焖工艺, 焖好的渣再进行后续处理。

热焖过程: 破渣、碾压、喷水后的钢渣温度约 500℃。接渣罐吊至反应罐 (热焖罐) 内, 关闭罐盖, 对约 500℃的钢渣进行水喷淋, 产生水蒸汽而形成压力, 与游离氧化钙和氧化镁反应, 热渣体积膨胀、粉化后渣铁分离。此过程约需 2 ~ 3h。其粉化原理如下:



钢渣热焖作业流程见图 1:

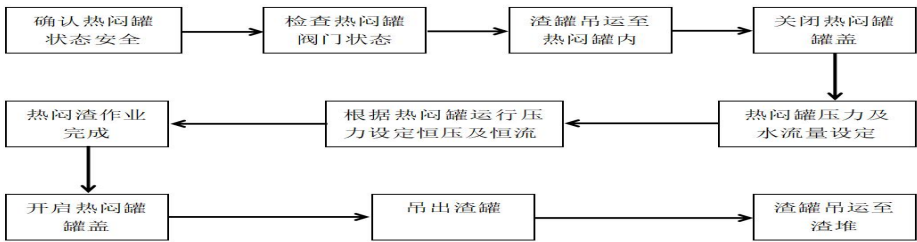


图 1 钢渣热焖作业流程图

2. 涉事厂房及反应罐（热焖罐）布置情况

事故发生地点位于通才炼钢厂冶炼车间渣跨厂房，该厂房南北长 206m、东西长 39m，厂房北侧为备件区，中部靠北为反应罐（热焖渣罐）区，南侧布置有 2 台倾翻车、2 台碾压机，西南侧为 2 个热泼池。事发厂房平面布置示意图见图 2。

反应罐（热焖罐）布置在厂房靠北的中部位置，10 个反应罐（热焖罐）分两排半地下布置（见图 3～图 4），厂房地面以上设有 1.45m 高度的钢结构平台，厂房地面以下高度为 2.85m，半地下罐底设有半环形 DN400 的主排气管与 DN400 主排气筒相连，主排气筒布置在平台西侧，通过屋顶直排至大气（见图 4～图 5）。10 个反应罐（热焖罐）罐体均设有 DN200 的排气管，每个反应罐（热焖罐）的排气管均与主排气管连接，排气管上设有止回阀、电动套筒调节阀和截止阀（见图 5）。

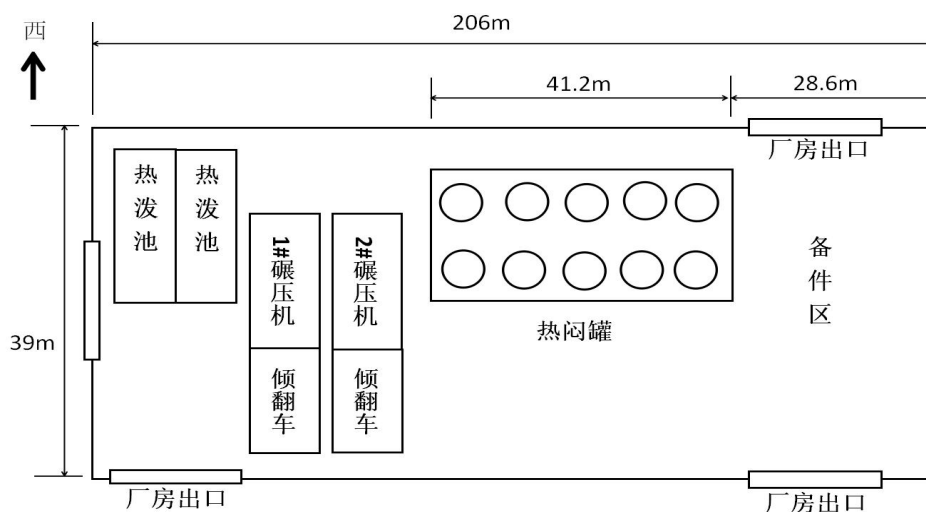


图 2 事发厂房平面布置示意图



图 3 反应罐（热焖罐）区俯视图

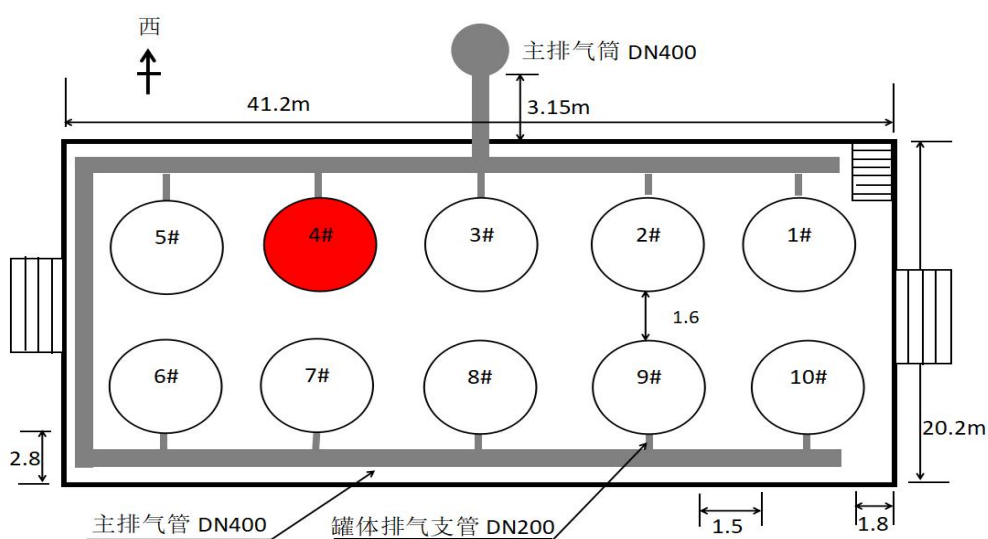


图 4 反应罐（热焖罐）及排气管道布置示意图

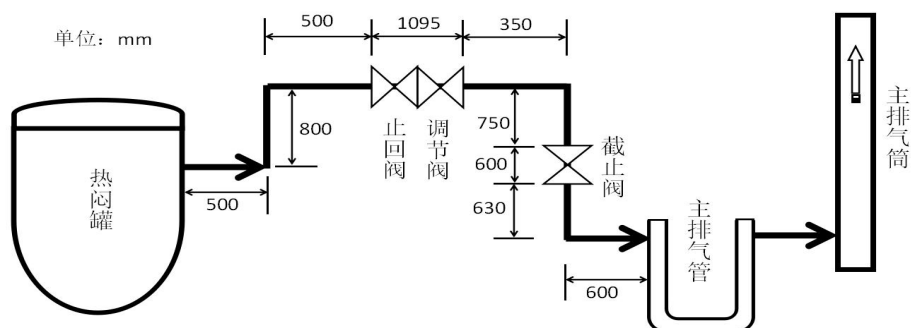


图 5 反应罐（热焖罐）排气管道阀门设置示意图

3. 安全管理机构设置及制度建立情况

通才公司设置有安全管理机构，建立有安全生产管理、应急管理、现场安全设施、安全检查、事故隐患排查治理、检维修及相关方等安全管理制度；通才炼钢厂结合自身生产工艺设备实际，建立有相应的安全生产管理制度、岗位安全操作规程，其中包括《热渣岗位操作规程》《热渣操作工安全操作规程》《热渣主控工安全操作规程》等。

盛运公司设立有安全管理机构，制定有安全生产管理制度和针对热焖罐检维修等危险性较高作业的专项安全管理制度和作业规程，定期开展了安全生产检查和隐患排查治理工作。

4. 特种设备管理情况

通才公司依据《特种设备使用单位落实使用安全主体责任监督管理规定》^[1]规定，设置有特种设备安全总监和安全员，并根据《特种设备安全法》制定有特种设备安全生产责任制、安全教育、培训管理、维护、保养管理、文件和记录管理、应急救援、事故处理、定期检验申报、定期自查及隐患整改等制度。

（三）事故发生经过

2025年6月19日上午9时10分左右，通才炼钢厂冶炼车间操作工发现4#反应罐（热焖罐）罐盖出现故障无法打开，故障原因主要是液压臂与罐盖连接轴变形，导致罐盖偏移。

6月19日下午，渣处理现场负责人通知维修单位盛运公司负责人王龙，4#反应罐（热焖罐）罐盖出现故障，要求先

^[1]《特种设备使用单位落实使用安全主体责任监督管理规定》（国家市场监督管理总局令第74号）第二十条：压力容器使用单位应当依法配备压力容器安全总监和压力容器安全员，明确压力容器安全总监和压力容器安全员的岗位职责。

打开罐盖，将接渣罐吊出，随后检修。盛运公司随即制定了检维修方案，安排维修人员李伟杰（死者）、张建锐（伤者）对4#反应罐（热焖罐）故障情况进行处理。2人用撬棍将罐盖移正后启动液压臂打开了罐盖，接渣罐吊出又盖上罐盖未锁死。

6月20日，4#反应罐（热焖罐）停用一天。

6月21日，盛运公司员工李伟杰、张建锐按照方案先拆除了罐盖上的液压油缸油管和进水管。6月22日上午，李伟杰、张建锐先办理了动火票（李伟杰是动火人、张建锐是监火人）审批手续完毕后，开始4#反应罐（热焖罐）更换液压臂与罐盖之间连接轴的检修作业。

上午拆除了罐盖与液压臂连接板上外侧8颗螺丝，内侧6颗栽丝拧下2颗，其余4颗栽丝无法拧出，李伟杰采用气割（丙烷气、氧气）割掉了螺帽，所有螺丝断开后，将连接轴吊至备件区。

6月22日下午14时开始，维修工李伟杰、张建锐继续作业，在割掉螺帽的4颗栽丝螺杆头上再焊接螺帽方便旋拧，在最后一个栽丝焊接螺帽快结束时，发现罐盖进水管口冒蓝色火焰，2人立即起身准备离开时发生了闪爆。事发时间约在15时10分许。

闪爆发生后，导致4#反应罐（热焖罐）罐盖倾翻倒扣，李伟杰与张建锐在罐盖翻转的过程中，从罐盖上滑落到罐底地面。作业过程中，两人佩戴有安全帽^[2]。

^[2] 由于事故现场未装设工业电视监控系统，未保留事发时的监控画面，无法通过监控画面还原事故发生的经过，且事发时当事人现场只有伤者，因此通过伤者笔录、现场勘验情况以及其他人的笔录来推断事故发生的经过。

事故经过如图 6 所示：



图 6 事故经过

（四）事故现场情况

1. 事故罐排气管道阀门情况

4#反应罐（热焖罐）排气管上设有止回阀、电动套筒调节阀和截止阀。现场勘验中，发现 4#反应罐（热焖罐）在停止运行状态下，排气口向罐内逆向反冒蒸汽（见图 7）。检查止回阀，外观完好（见图 8）；检查电动套筒调节阀，阀芯开度指针是指向“0”“关”的状态（见图 9）。此时罐内排气口出现蒸汽，说明止回阀、电动调节阀处于故障失效状态。安排两名维修工关闭截止阀，先用手动关闭，未能拧动，后采用“F”扳手两人共同操作，未能拧动，说明截止阀已经锈死，无法关闭（见图 10）。

2. 事故罐罐盖情况

反应罐（热焖罐）罐盖上设有进水管（DN80）、安全阀（DN100）、电动调节阀（DN150）、爆破片（DN200）、压力表

接口、热电偶接口（见图 11）。

事故发生后，罐盖上的爆破片完好，压力表、热电偶、安全阀、直排管电动调节阀均损坏脱落。罐盖内的喷水护罩完好（见图 12）。



图 7 事故罐排气口反冒蒸汽



图 8 排气管止回阀



图 9 排气管电动调节阀



图 10 排气管截止阀

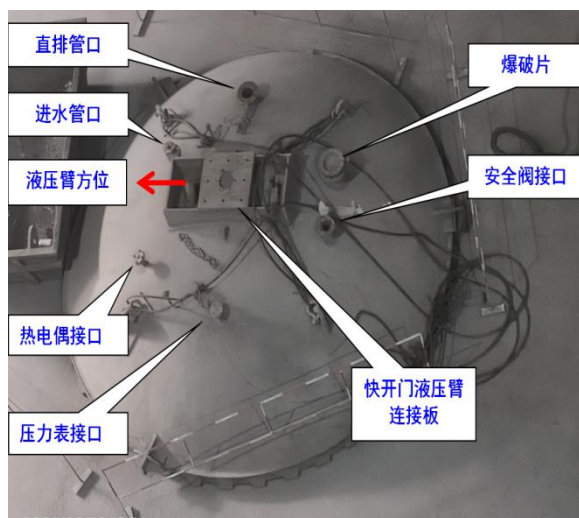


图 11 4#反应罐（热焖罐）罐盖安

图 12 4#反应罐（热焖罐）内侧

全附件

3. 伤亡人员位置情况

反应罐（热焖罐）在建设时，罐壁与平台之间即留有 520mm 的空隙，反应罐（热焖罐）上部水夹套与平台之间的空隙宽度为 400mm，空隙外侧装设有 1200mm 高度的防护栏杆，罐壁与平台之间的空隙，在事故发生后企业即采用钢板封堵（见图 13 罐体与平台空隙示意图及现场影像）。4#反应罐（热焖罐）罐底正北侧有一钢筋水泥支柱，用于支撑操作平台。事故发生后，死者李伟杰位于罐底支柱西侧，呈侧躺状态，头部朝向西北侧；伤者张建锐位于罐底支柱东侧，呈坐卧状态，背部朝向罐体。见图 14、15 伤者坠落点示意图。

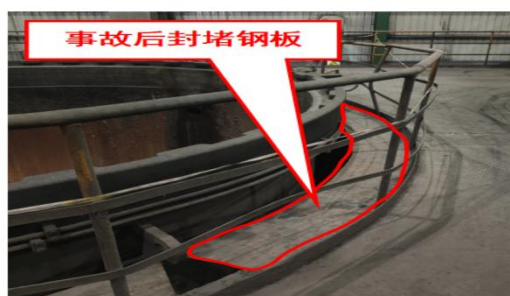
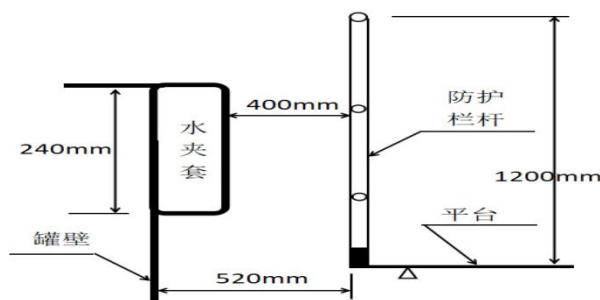


图 13 罐体与平台空隙示意图及现场影像

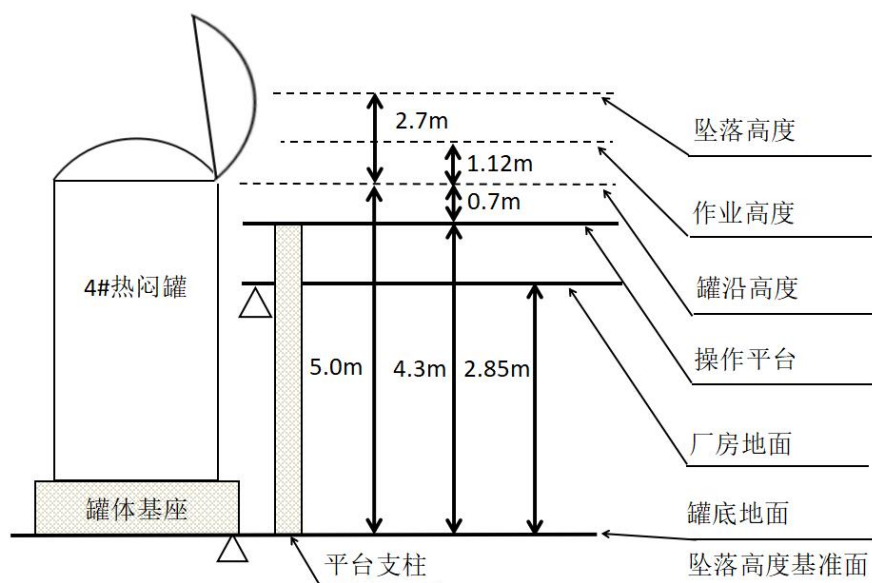


图 9 伤者坠落高度示意图

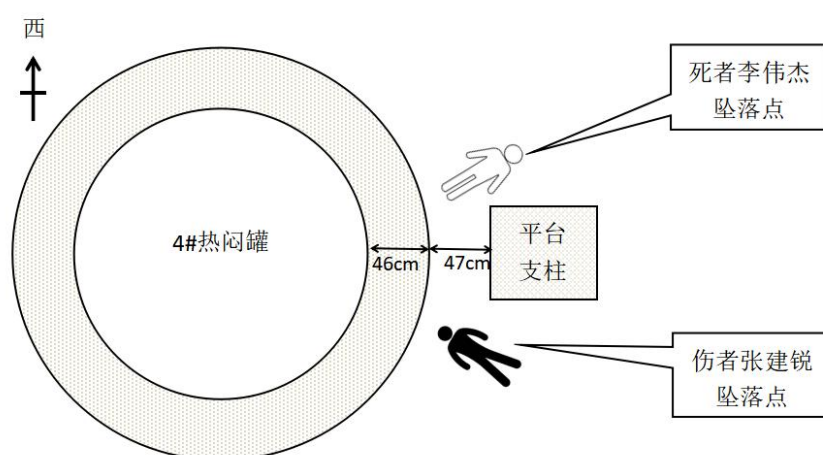


图 10 伤者罐底坠落点示意图

(五) 人员伤亡和直接经济损失

事故造成 1 人死亡，1 人受轻伤，直接经济损失约 189 万余元。

(六) 其他情况

1. 反应罐（热闷罐）检维修人员持证情况

反应罐（热闷罐）检维修人员盛运公司的李伟杰于 2023 年 11 月 8 日取得山西省应急管理厅颁发的《焊接与热切割

作业》资格证，2024 年 12 月 3 日取得宝鸡市应急管理局颁发的《高处作业》，证件编号：T142621199501104130，特种作业操作资格证在有效期内。

2. 涉事设备情况

（1）压力容器使用登记情况

2024 年 12 月 2 日，曲沃县行政审批服务管理局为事故罐（4#热焖罐）出具了《特种设备使用登记证》。登记信息如下：

登记编号：容 17 晋 LC1684（24）

设备种类：压力容器 设备类别：固定式压力容器

设备品种：第 I 类 设备代码：217032A65202200004

产品编码：YR22004 单位内编号：4#热焖罐

产品名称：反应罐 使用介质：水、蒸汽、空气

介质特性：无毒、非易爆

通才炼钢厂热焖渣工程 2022 年 9 月 15 日开工建设，2023 年 7 月 31 日竣工，2024 年 10 月 17 日验收完成。工程总包单位：江苏富凯重工机械有限公司；反应罐（热焖罐）设计单位：江苏鸿成化工工程设计有限公司；设备制造及安装单位：扬州华露机电制造有限公司；制造监督检验单位：江苏省特种设备安全监督检验研究院。

（2）事故反应罐（热焖罐）技术参数

根据反应罐^[3]（热焖罐）设计文件，其技术参数见表 1。

表 1 反应罐（热焖罐）及附件技术参数表

^[3] 设计图纸、压力容器产品合格证、特种设备制造监督检验证书，标明产品名称均为：反应罐。依据 GB/T 29514-2018《钢渣处理工艺技术规范》：5.3.1 工艺流程，热焖装置称之为：热焖罐。通才公司编制的《热焖渣岗位操作规程》中，将“反应罐”也称之为“热焖罐”。

名 称	内容/型号/参数	名 称	内容/型号/参数
设备名称	反应罐	标准名称	热焖罐
设备型号	YR22004	容器类别/级别	第一类/D 级
特种设备分类	固定式压力容器（快开门式压力容器 ^[4] ）		
容器容积	92 m ³	夹套容积	0.55 m ³
设计压力	0.6 MPa	工作压力	0.3 MPa
设计温度	200 °C	工作温度	110 °C
使用介质	水、蒸汽、空气	介质特性	无毒、非易爆
容器内径	5100 mm	筒体厚度	20/30 mm
容器总高	5773 mm	容器自重	34220 kg
封头（罐盖）重量	5261 kg	筒体封头材质	Q345R
罐盖高度	1123 mm	罐盖直径	5370 mm
罐盖安全附件及其他			
压力表	0 ~ 0.6 MPa	热电偶	0 ~ 300 °C
安全阀	DN100	爆破片	压力 0.6±5%
电动调节阀	DN150（直排气）	电动调节阀	DN80（进水）
罐体安全附件及其他			
压力变送器	0 ~ 1.6 MPa	磁翻板液位计	0 ~ 1.3m 4 ~ 20mA
热电偶	0 ~ 300 °C	电动调节阀	DN200（主排气）
电动调节阀	DN300（排水）	手动闸阀	DN300（排水）
电动调节阀	DN100（排污）	手动闸阀	DN100（排污）

（3）压力容器检验情况

2025 年 6 月 9 日，通才公司向临汾市市场监督管理局提交《特种设备检验检测机构资质审查表》，拟委托泰安市特种设备检验研究院对公司现有 29 台压力容器进行定期检验，其中包括事故罐（YR22004 反应罐）。事故发生时，YR22004 反应罐（4#热焖罐）的检验检测尚在有效期内。

二、事故应急处置及评估情况

（一）事故信息接报及响应情况

曲沃县盛运装卸有限公司主要负责人王龙安排现场负责人黄光奇向有关部门上报事故情况，黄光奇因工作疏忽，且对事故报送认识不足，未及时向有关部门报送事故情况，

^[4] TSG 21-2016 《固定式压力容器安全技术监察规程》：3.2.16 快开门式压力容器，是指进出容器通道的端盖或者封头与主体间带有相互嵌套的快速密封锁紧装置的压力容器，但是用螺栓（例如活节螺栓）连接的不属于快开门式压力容器。

造成事故瞒报。

（二）事故现场应急处置情况

闪爆发生后，通才炼钢厂安全主办常波在听到爆炸声后，从炼钢厂综合办公室立即赶往渣跨厂房，并登上反应罐（热焖罐）平台查看，先到了平台的东北角，听到呼救声音后，赶往 4#反应罐（热焖罐），发现呼救声音是从 4#反应罐（热焖罐）平台下罐底传出的，即下到罐底，发现李伟杰躺在 4#反应罐（热焖罐）罐底西北侧，张建锐躺在 4#反应罐（热焖罐）罐底东北侧。常波随即给外包单位负责人王龙拨打了电话，说明情况；同时又给炼钢厂冶炼车间主任王峥、连铸车间安全员徐宁、冶炼车间安全员上官俊江拨打了电话，说明情况。

（三）医疗救治和善后情况

徐宁和上官俊江到达现场后，将两名伤者从罐底用担架抬出，由常波驾驶车辆把伤者送往侯马市安定医院。

入院后经初步诊断，认为张建锐伤势较轻留院治疗；李伟杰伤势较重，转到运城市 541 医院治疗。

（四）事故应急处置评估

此次救援行动，科学施救，没有发生次生衍生事故灾害，最大限度地减少了人员伤亡和财产损失。从应急响应的及时性来看，现场人员在听到爆炸声后能迅速行动，第一时间赶赴事故现场进行查看和呼救，为后续救援争取了宝贵时间。救援过程中，各相关人员分工明确，配合默契，能够迅速将伤者转移并送往医院救治，体现了一定的应急处置能力。然

而，在事故信息报送方面存在严重不足，现场负责人因工作疏忽和认识不足导致事故瞒报，这反映出企业在应急管理的信息报送环节存在漏洞，对事故报送的重要性和紧迫性认识不到位，影响了后续事故调查处理和相关部门的有效应对。总体而言，此次事故应急处置在现场救援行动上展现了一定的有效性，但在信息报送等应急管理机制方面暴露出明显的短板。

三、事故原因分析

事故的直接原因是正常工作中其他渣罐产生的蒸汽反窜进入停用事故罐中，冷却后蒸汽中的可燃气体与空气混合形成可爆炸的混合物，在维修作业时，焊接形成点火源，在密闭空间发生闪爆。

（一）直接原因分析

1. 事故罐中可燃气体来源分析

2025年6月19日下午4时吊出接渣罐再盖上罐盖，到22日下午15时发生燃爆时近70个小时，在止回阀、调节阀同时失效，截止阀未关闭、其他反应罐（热焖罐）继续生产运行的情况下，导致其他反应罐（热焖罐）产生的蒸汽通过罐体排气管道反窜入4#反应罐（热焖罐），蒸汽冷却变成水，导致蒸汽中的可燃易爆气体氢气、一氧化碳、甲烷等富集，与罐内的空气形成爆炸性混合气体。罐内可燃易爆气体在非扰动情况下，由于气体的密度不同，氢气逐渐上升至反应罐（热焖罐）顶部，并从进水管口逸散。可燃易爆气体爆炸危险性质见表3。

表 3 可燃易爆气体爆炸危险性质^[5]

序号	气体名称	CAS.No	分子量	相对蒸气密度	爆炸极限	着火温度	注
1	氢气	1333-74-0	2.02	0.07	4.1%~75%	500	
2	一氧化碳	630-08-0	28.01	0.97 ^[6]	12.5%~74.2%	610	
3	甲烷	74-82-8	16.05	0.6	5%~15%	537	

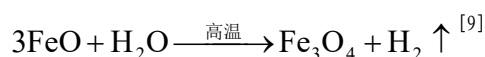
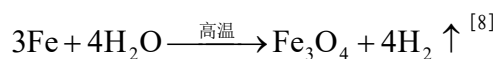
进水管口附近逸散的氢气与空气形成爆炸性混合气体，遇到点火源电火花，引起闪爆，由于氢气在常温常压空气中的爆燃传播速度很快^[7]，瞬间回火引爆罐内的爆炸性混合气体。

2. 可燃气体产生机理分析

根据检测结果，钢渣热焖产生的蒸汽中含有氢气、一氧化碳及甲烷可燃易爆气体。

钢渣装入接渣罐时，钢渣的温度大约在 500℃，接渣罐吊入反应罐（热焖罐），快开门装置闭合，罐盖盖上，喷淋水热焖，此时反应罐（热焖罐）内产生大量的饱和水蒸汽，由于钢渣内含有一定量的高温金属铁（MFe）、氧化亚铁（FeO）和碳元素（C），在高温饱和蒸汽和一定压力的状态下发生化学反应，生成氢气（H₂）、一氧化碳（CO）以及甲烷（CH₄）等可燃易爆气体。

化学反应式如下：



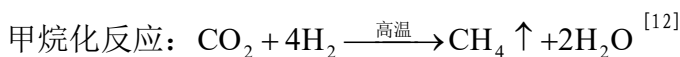
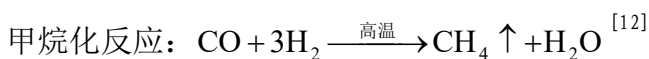
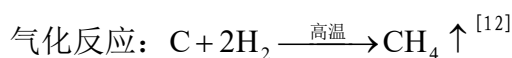
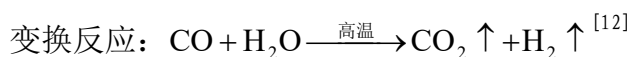
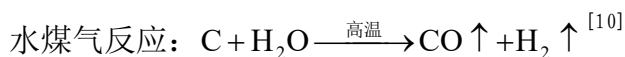
^[5] 孙万付，郭秀云，李运才. 危险化学品安全技术全书：第三版，通用卷. 北京：化学工业出版社，2017：1162，1837，919.

^[6] 国家安监总局办公厅. 国家安监总局办公厅关于印发首批重点监管的危险化学品安全措施和应急处置原则的通知：安监总厅管三〔2011〕142号.

^[7] GB/T 29729-2022《氢系统安全的基本要求》：附录 C，表 C.1 氢的燃烧特性：氢气在空气中的最小点火能量为 0.017mJ；常温常压氢气-空气化学当量最大爆燃传播速度为 975m/s；氢气在常温常压空气中的爆轰速度为 1480~2150m/s.

^[8] 王晶，郑长龙. 化学：必修，第一册. 北京：人民教育出版社，2019：70.

^[9] N.N. 格林伍德，A. 厄恩肖[英]. 元素化学：下册. 王曾隽等译. 北京：高等教育出版社，1996：256.



由于转炉或电炉冶炼时，每炉钢的冶炼条件不同，导致其钢渣中金属铁、亚铁和碳元素含量也不相同，因此钢渣在热焖过程中产生的可燃气体的量也有差异。

根据钢渣成分分析结果，钢渣中金属铁和亚铁含量较高，检测均值分别为 3.40%、23.54%，在大量饱和蒸汽中，产生氢气含量较高。

钢渣中残余的碳含量检测值 0.13%，含量较低，这是一氧化碳和甲烷的含量远低于氢气含量的主要原因；变换反应、气化反应、甲烷化反应，一般在特定的催化剂存在下，其反应产物的产率才可能提高，这也是造成钢渣热焖过程中产生一氧化碳和甲烷量较低的原因之一。

3. 点火源分析

现场检修电焊形成的电火花是爆炸性混合气体燃爆的点火源，因为氢气在空气中的最小点火能量仅为 0.017mJ^[11]，遇到点火源，瞬间即可造成闪爆。

综上，经专家从技术层面分析，江苏鸿成化工工程设计有限公司，在设计反应罐（焖渣罐）初期，就将反应罐（焖

^[10] 徐绍平. 煤化工工艺学. 大连: 大连理工学院出版社, 2016: 127-128.

^[11] GB/T 29729-2022 《氢系统安全的基本要求》: 附录 C, 表 C.1 氢的燃烧特性: 氢气在空气中的最小点火能量为 0.017mJ; 常温常压氢气-空气化学当量最大爆燃传播速度为 975m/s; 氢气在常温常压空气中的爆轰速度为 1480~2150m/s.

渣罐)热焖过程中产生的介质认定为无毒、非易爆介质,未对其介质特性进行风险评估,未辨识到罐内会存在可燃易爆气体,未将该风险隐患推送至使用单位和监管部门进行监管,致使监管存在盲区。

(二) 事故相关检验检测和鉴定情况

1. 钢渣成分检测情况

2025 年 9 月 28 日,专家组安排通才公司中心化验室综合采取钢渣样品分析其成分^[12]。经检测分析,钢渣中主要成分有金属铁(MFe)、氧化亚铁(FeO)、二氧化硅(SiO₂)、氧化钙(CaO)、氧化镁(MgO)、三氧化二铝(Al₂O₃)以及少量的碳(C)、硫(S)、磷(P)。钢渣成分分析结果见表 2。

表 2 钢渣成分分析结果

样品 编号	分析成分含量(%)									
	MFe	TFe	FeO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	S	P ₂ O ₅	C
1441	6.76	22.89	20.75	6.89	22.20	6.005	0.947	0.086	2.172	0.07
1442	2.48	24.75	28.65	7.13	25.30	6.065	1.307	0.103	2.383	0.07
1443	1.63	16.08	18.56	11.02	42.04	10.634	1.790	0.168	4.379	0.09
1444	2.52	19.66	22.05	11.14	38.22	6.906	1.491	0.136	3.924	0.07
1445	2.05	17.87	20.35	9.55	32.91	6.635	1.292	0.112	3.017	0.08
1446	2.45	21.95	25.09	8.94	28.83	5.291	1.090	0.083	2.733	0.05
1447	2.31	20.79	23.77	8.95	30.11	6.038	1.303	0.090	2.976	0.05
1448	3.17	22.7	25.13	8.79	31.50	7.058	1.223	0.103	2.843	0.11
1449	7.85	27.78	25.64	10.43	34.27	5.387	1.171	0.099	4.061	0.07
1450	2.75	22.49	25.39	9.07	32.38	7.328	1.384	0.101	2.800	0.09
454	/	0.21	/	21.62	58.32	5.272	3.75	3.640	0.000	0.21
446	/	0.42	/	20.55	59.15	5.520	3.58	2.800	0.005	0.56
均值	3.40	18.13	23.54	11.17	36.27	6.51	1.69	0.63	2.61	0.13

注:钢渣成分测定方法,金属铁:三氯化铁氧化重铬酸钾滴定法,全铁:重铬酸钾滴定法,氧化亚铁:推算法,碳、硫:红外吸收法,其他:X 射线荧光光谱法。

2. 蒸汽中可燃气体检测情况

^[12] 技术组最初的意见,是安排第三方检测机构对钢渣成分以及钢渣热焖的同等工况下产生的蒸汽成分进行检测,

根据事故罐反窜蒸汽的情况，专家组按照热焖渣事故发生时的同等工况，使用便携式氢气检测报警仪、一氧化碳检测报警仪、固定式可燃气体探测器（甲烷），对反应罐（热焖罐）排气管排出的蒸汽进行检测^[13]，检测结果如下：

（1）一氧化碳检测

检测设备：便携式气体检测报警仪，检测气体：一氧化碳，防爆证号：CNEx17.4507，量程：0～1000ppm。

检测结果：热焖渣产生的蒸汽中含有一氧化碳。从水喷淋开始，每间隔 10min 或 20min 检测一次，共检测 31 个罐次，检测时的蒸汽温度均在 130℃左右。检测结果显示，各检测时间段均能检测到一氧化碳，且有满量程（>1000ppm）情况。

（2）氢气检测

检测设备：便携式气体检测仪，检测气体：氢气，防爆编号：SYEx21.01232，量程：0～999ppm。

检测结果：热焖渣产生的蒸汽中含有氢气。从水喷淋开始，每间隔 10min 或 20min 检测一次，共检测 31 个罐次，检测时的蒸汽温度均在 130℃左右。检测结果显示，各检测时间段均能检测到氢气，且有满量程（>999ppm）情况。

（3）甲烷检测

检测设备：固定式工业及商业用途点型可燃气体探测器，检测气体：甲烷，防爆证号：CNEx22.2322X，量程：3%LEL～100%LEL。

^[13] 由于未联系到满足资质的检测机构，便安排使用便携式气体检测仪检测，仅为确认热焖蒸汽中含有可燃易爆气体。

检测结果：热焖渣产生的蒸汽中含有甲烷。从水喷淋开始，每间隔 20min 检测一次，共检测 8 个罐次，检测时的蒸汽温度均在 120℃左右。检测结果显示，各检测时间段均能检测到甲烷，检测到最高值为 32%LEL。按照甲烷爆炸下限 5%计算，32%LEL 折算为蒸汽中甲烷的含量约为 1.6%。

（三）其他可能因素排除

经事故现场勘查、询问分析，排除人为故意破坏、气象气候、突发灾害、不可抗力等因素。

四、有关责任单位存在的主要问题

（一）事故单位

1. 江苏鸿成化工工程设计有限公司，作为设计单位对钢渣的热焖工艺认识不足，未对焖渣罐热焖过程中产生有毒、易爆等介质进行有效辨识，给使用单位和监管单位提供了不准确的信息。

2. 曲沃县盛运装卸有限公司，安全操作规程不完善，未按照生产经营单位安全培训规定进行安全教育培训，培训流于形式，岗前培训内容不全面；事故发生后未向当地负有安全监督管理职责的部门报告事故信息。

3. 山西通才工贸有限公司，未定期对外包单位的安全生产工作进行检查，隐患排查存在盲区。

（二）有关监管部门

1. 曲沃县市场监督管理局，作为特种设备安全监管部门，对辖区内特种设备使用单位的日常监督检查不够深入细致，对热焖罐这种复杂工艺的特种设备安全运行状况以及检维

修环节的安全监管存在盲区，对外包单位特种设备安全管理制度执行不到位的问题未能及时发现和督促整改。

2. 曲沃县工信和科技局，作为行业主管部门，督促企业做好安全生产防范措施落实不全面。

3. 曲沃县应急管理局，作为行业安全监管部门，对辖区内企业外包单位现场安全措施落实监管不到位。

（三）地方党委、政府

高显镇人民政府，安全生产属地监管责任履行不到位，未能及时发现、制止存在的风险隐患。

五、对有关责任人员和责任单位的处理意见

（一）对事故有关责任单位和责任人员的行政处罚建议

1. 曲沃县盛运装卸服务有限公司，作为事故发生单位，未按规定对员工进行全面的岗前安全培训。事故发生后未向当地负有安全监督管理职责的部门报告事故信息。违反了《中华人民共和国安全生产法》第二十五条、《生产安全事故报告和调查处理条例》第三十六条。

建议：由曲沃县应急管理局依据《中华人民共和国安全生产法》第一百一十四条、《生产安全事故报告和调查处理条例》第三十六条进行处罚。

2. 王龙，男，38岁，群众，曲沃县盛运装卸服务有限公司主要负责人，负责曲沃县盛运装卸服务有限公司主要负责人全面工作，未认真履行安全生产管理职责，对公司安全操作规程不完善、安全教育培训流于形式等问题负有主要领导

责任，事故发生后未向当地负有安全监督管理职责的部门报告事故信息。其行为违反了《中华人民共和国安全生产法》第二十一条、第八十三条。

建议：由曲沃县应急管理局依据《中华人民共和国安全生产法》九十五条第一款、一百一十条进行处罚。

3. 黄光奇，男，58岁，群众，曲沃县盛运装卸服务有限公司反应罐（热焖罐）检维修现场负责人，负责曲沃县盛运装卸服务有限公司反应罐（热焖罐）检维修工作，在组织4#反应罐（热焖罐）维修作业时，对检维修期间现场安全条件落实不到位，对事故的发生负有直接管理责任。其行为违反了《中华人民共和国安全生产法》第二十五条。

建议：由曲沃县应急管理局依据《中华人民共和国安全生产法》九十六条进行处罚。

4. 王栋，男，39岁，中共党员，山西通才工贸有限公司炼钢厂厂长，负责山西通才工贸有限公司炼钢厂全面工作，作为炼钢厂安全生产第一责任人，未有效履行对外包单位安全生产工作的统一协调和管理职责，未定期组织对盛运公司在反应罐（热焖罐）检维修作业过程中的安全生产情况进行检查。其行为违反了《中华人民共和国安全生产法》第二十一条。

建议：由曲沃县应急管理局依据《中华人民共和国安全生产法》九十五条第一款进行处罚。

5. 郭华，男，41岁，中共党员，山西通才工贸有限公司炼钢厂设备厂长，负责山西通才工贸有限公司炼钢厂设备运

行、维护工作，对反应罐（热焖罐）等特种设备的检维修作业安全管理不到位，未严格审查盛运公司在 4#反应罐（热焖罐）维修过程中的作业方案和安全措施，对作业现场的隐患排查督促不力。其行为违反了《中华人民共和国安全生产法》第二十五条。

建议：由曲沃县应急管理局依据《中华人民共和国安全生产法》九十六条进行处罚。

（二）对有关公职人员的处理建议

1. 曲沃县市场监督管理局

裴贵文，男，60 岁，中共党员，曲沃县市场监督管理局二级主任科员，负责特种设备业务指导，在组织开展特种设备安全监督检查工作中，未能有效指导下属单位和执法人员排查热焖罐等特种设备在检维修环节存在的安全风险，对特种设备监管存在盲区、监管缺失的问题负有重要领导责任。

建议：由曲沃县纪委监委按照干部管理权限依法依规进行处理。

上官琪，男，55 岁，中共党员，曲沃县市场监督管理局特种设备安全监察股股长，负责全县特种设备安全监察工作，在履行特种设备安全监察职责过程中，在组织开展隐患排查整治工作时，未能针对反应罐（热焖罐）这类特殊压力容器的检维修环节制定专项检查方案，对通才公司特种设备安全管理中存在的隐患排查不深入、不细致，对事故的发生负有主要领导责任。

建议：由曲沃县纪委监委按照干部管理权限依法依规进

行处理。

刘旭，男，41岁，中共党员，曲沃县市场监督管理局高显镇市场所副所长，分管高显所特种设备工作，对山西通才工贸有限公司特种设备安全管理制度落实情况监督检查不深入，未及时发现和督促整改存在的安全隐患，对事故的发生负有直接监管责任。

建议：由曲沃县纪委监委按照干部管理权限依法依规进行处理。

2. 曲沃县工信和科技局

王风海，男，49岁，中共党员，曲沃县工信和科技局二级主任科员，分管安全环保、商务综合股工作，对山西通才工贸有限公司的安全生产状况缺乏系统性的跟踪与指导，未能有效推动企业从源头上防范化解安全风险，对事故的发生负有重要领导责任。

建议：由曲沃县纪委监委按照干部管理权限依法依规进行处理。

张水勇，男，45岁，中共党员，曲沃县工信和科技局安环股职员，负责主管行业安全监管工作，对山西通才工贸有限公司未能及时发现企业在该方面存在的安全隐患并督促整改，对事故的发生负有直接监管责任。

建议：由曲沃县纪委监委按照干部管理权限依法依规进行处理。

3. 曲沃县应急管理局

解希江，男，59岁，中共党员，曲沃县应急管理局党委

副书记，分管冶金工贸、人事财务股及宣传教育中心，对冶金企业外包单位安全管理的监督指导不到位，对事故的发生负有重要领导责任。

建议：由曲沃县纪委监委按照干部管理权限依法依规进行处理。

贾朝晖，男，39岁，中共党员，曲沃县应急管理局冶金工贸股股长，负责冶金工贸行业安全生产基础工作、日常巡查、帮扶指导工作，对企业外包单位安全培训、作业现场风险管控等情况监督检查不深入，对事故的发生负有主要领导责任。

建议：由曲沃县纪委监委按照干部管理权限依法依规进行处理。

张军民，男，58岁，中共党员，曲沃县应急管理局冶金工贸股职员，负责冶金工贸行业安全监管工作，在对山西通才工贸有限公司检维修作业过程现场安全措施落实不到位问题，未能及时发现并督促整改，对事故的发生负有直接监管责任。

建议：由曲沃县纪委监委按照干部管理权限依法依规进行处理。

4. 高显镇人民政府

王康，男，41岁，中共党员，高显镇人民政府副镇长，分管村镇建设及管理、住建、市场监管、交通、治超工作，对山西通才工贸有限公司未能有效组织开展针对性的安全隐患排查治理工作，监督检查存在盲区，对事故的发生负有

重要领导责任。

建议：由曲沃县纪委监委按照干部管理权限依法依规进行处理。

杨晋龙，男，51岁，中共党员，高显镇人民政府安环办副主任，分管市场监管工作，对高显镇辖区内企业安全生产监督检查工作落实不到位，对企业外包作业安全隐患排查不彻底、不深入，对事故的发生负有直接监管责任。

建议：由曲沃县纪委监委按照干部管理权限依法依规进行处理。

（三）有关属地政府及监管部门处理建议

建议：

曲沃县市场监督管理局、工信和科技局、应急管理局、高显镇人民政府向曲沃县县委、县政府作出深刻检查。

（四）其他处理建议

1. 江苏鸿成化工工程设计有限公司，作为反应罐（热焖罐）的设计单位，其对钢渣热焖工艺认识不足，未对反应罐（热焖罐）热过程中产生有毒、易爆等介质进行有效辨识，给使用单位提供了不准确的信息。

建议：由曲沃县市场监督管理局另案调查。

2. 王峥，男，33岁，中共党员，山西通才工贸有限公司炼钢厂冶炼车间主任，负责山西通才工贸有限公司炼钢厂冶炼车间全面工作，作为车间安全生产直接管理者，未能有效履行对外包作业的现场安全监督管理职责，对盛运公司作业人员的安全培训情况、作业前的安全条件确认等环节监督检

查不到位，未能及时发现和制止作业过程中的不安全行为。

建议：由通才公司依据公司内部管理规定对其进行严肃处理，并将处理结果报曲沃县应急管理局备案。

3. 赵俊波，男，42岁，中共党员，山西通才工贸有限公司炼钢厂冶炼车间设备主任，负责山西通才工贸有限公司炼钢厂冶炼车间设备点检维护、现场隐患排查、设备隐患排查、故障抢修工作，未严格履行设备管理职责，对盛运公司的维修作业方案缺乏细致审核，作业现场安全措施落实不到位，对作业现场的安全隐患排查不到位。

建议：由通才公司依据公司内部管理规定对其进行严肃处理，并将处理结果报曲沃县应急管理局备案。

4. 白会年，男，54岁，中共党员，山西通才工贸有限公司炼钢厂冶炼车间炉下钢包主管，负责山西通才工贸有限公司炼钢厂钢渣拉运、热渣生产工作，在组织4#反应罐（热焖罐）维修作业期间，对盛运公司作业人员的安全培训情况及作业过程中的安全措施落实缺乏有效监督，对事故的发生负有直接管理责任。

建议：由通才公司依据公司内部管理规定对其进行严肃处理，并将处理结果报曲沃县应急管理局备案。

六、事故主要教训

（一）山西通才工贸有限公司、曲沃县盛运装卸服务有限公司未压实企业主体责任，操作人员岗前培训不到位，未要求设计单位对反应罐（热焖罐）热过程中产生有毒、易爆等介质进行有效辨识，日常隐患排查和监督检查存在漏洞。

（二）曲沃县市场监管局，作为特种设备的安全监管部门，对反应罐（热焖罐）这类存在特殊工艺风险的固定式压力容器安全监管认识不足、重视不够，未能结合钢渣热焖工艺的特殊性，针对性开展专项监督检查和隐患排查。对反应罐（热焖罐）的设计文件审查、使用登记、定期检验等环节监管存在疏漏，在日常监管中，对特种设备使用登记、定期检验等基础环节关注较多，但对检维修作业过程中的动态风险防控缺乏有效监管手段，未将检维修环节的安全管理纳入重点监管内容，未及时发现设计单位对介质辨识不足，使用单位特种设备管理不规范等问题，导致监管存在盲区和漏洞，未能及时发现并制止违规作业行为。

（三）曲沃县工信和科技局，作为行业主管部门，对冶金工贸企业的安全生产工作缺乏系统性、深层次的指导与监管。对企业安全生产管理制度的建立健全和执行情况缺乏常态化的跟踪检查，未能及时提供专业指导和提出明确要求，导致企业在安全生产管理上存在短板和盲区。

（四）曲沃县应急管理局，作为行业安全监管部门，对企业外包作业安全风险的认识和管控存在不足。在日常监督检查中，对外包检维修作业的安全条件、现场安全措施落实等情况缺乏深入细致的监督，对外包单位安全教育培训不深入未能及时发现和督促整改。

（五）高显镇人民政府，安全生产属地监管责任未能有

效落实，在日常安全检查工作中，对企业特种设备使用、检维修作业及外包单位管理等关键环节的风险隐患排查不深入，日常监督检查存在盲区，属地监管的主动性、针对性和有效性不足，未能有效筑牢安全生产的第一道防线。

七、事故整改和防范措施建议

（一）深刻汲取教训，强化企业主体责任落实

一是严格落实全员安全生产责任制，将责任层层分解、落实到人，确保人人有责、各负其责。二是强化特种设备从业人员安全教育培训，特别要加强对特种设备新工艺、新设备、新流程的安全培训，确保从业人员具备必要的安全知识和操作技能。三是全面开展特种设备安全风险辨识和隐患排查治理，针对生产工艺、设备设施、作业环境等方面存在的安全风险进行全面、系统辨识，制定科学的风险管控措施。四是加强对外包单位的安全管理，加强对外包单位作业人员的入场安全教育和作业过程中的监督管理，定期对外包单位的安全生产工作进行检查指导，严禁“以包代管”“包而不管”。

（二）防范化解风险，全面开展隐患排查整治

市场监管部门要组织开展针对全县固定式压力容器，特别是涉及特殊工艺（如钢渣热焖、化工反应等）压力容器的专项监督检查行动。检查范围要实现全覆盖，不仅要核查设备的使用登记、定期检验等基础资料，更要聚焦设备的设计文件合规性、介质特性辨识、安全附件校验、运行状况监测以及检维修作业环节的安全管理。对于检查中发现的设计单

位未有效辨识有毒易爆介质、使用单位风险管控缺失、检维修作业程序不规范等问题，要建立台账，明确整改责任单位、整改时限和整改措施，实行销号管理，确保隐患整改到位。同时，要将特种设备检维修作业纳入日常监督检查的重点内容，督促使用单位和维保单位严格执行作业许可制度，加强作业前的风险辨识、安全技术交底和现场监护，消除监管盲区。

要针对全县现行反应罐（热焖罐）重新进行环境、安全等风险评估，为设计输入提供准确可靠的安全和工艺要求，提出相应的安全防护设施要求，并重新设计或者设计改造现有工艺和设备。要求企业在反应罐（热焖罐）区附近装设 IP 等级较高的工业电视监控系统，实现无死角、全覆盖监控生产运行过程，同时便于主控室反应罐（热焖罐）操作人员了解设备运行状况，确认出渣条件。

应急管理部门要进一步扎实开展治本攻坚三年行动，全面组织开展隐患排查整治，加大对外包单位的监督检查，重点核查外包单位的安全管理体系、作业人员培训、安全措施落实、专项行动开展情况，确保外包单位与主体企业安全生产管理标准一致、责任共担，严防以包代管、包而不管。

工信和科技部门要从源头上指导和推动企业提升本质安全水平。结合行业特点，针对冶金工贸等重点领域，组织开展安全生产专项指导和监督检查，重点关注企业在工艺设计、设备选型、生产流程等方面的安全风险，督促企业建立健全安全生产管理制度并确保有效执行。特别是在企业外包

作业管理环节，要制定明确的监管要求和标准，加强对企业外包单位资质审核、安全协议签订、作业过程监督等关键环节的指导与检查，确保外包作业安全可控。

（三）强化统筹协调，压实党委、政府监管责任

高显镇人民政府要严格履行安全生产属地监管责任，深入开展辖区内企业的隐患排查整治工作。一是要建立健全网格化监管体系，将安全生产责任落实到具体责任人，确保监管无盲区、无死角。二是要组织力量对辖区内企业进行全面排查，特别是针对特种设备使用、外包作业等重点领域和关键环节，要进行重点检查，及时发现、制止存在的风险隐患。三是要加强与县级监管部门的协调联动，形成监管合力，共同推动企业落实安全生产主体责任，提升辖区安全生产整体水平。