



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟标准

AI1/015-2023

氧化铝智能工厂 信息模型

第 2 部分：工艺模型

Information Model of Aluminum Oxide Intelligent

Part 2: Process Model

工业互联网产业联盟

(2023 年 12 月)

声 明

本报告所载的材料和信息，包括但不限于文本、图片、数据、观点、建议，不构成法律建议，也不应替代律师意见。本报告所有材料或内容的知识产权归工业互联网产业联盟所有（注明是引自其他方的内容除外），并受法律保护。如需转载，需联系本联盟并获得授权许可。未经授权许可，任何人不得将报告的全部或部分内容以发布、转载、汇编、转让、出售等方式使用，不得将报告的全部或部分内容通过网络方式传播，不得在任何公开场合使用报告内相关描述及相关数据图表。违反上述声明者，本联盟将追究其相关法律责任。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟
联系电话：010-62305887
邮箱：aia@caict.ac.cn

目 次

1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 缩略语	5
4 术语和定义	4
5 工艺模型建模规则	5
6 氧化铝工艺流程模型	7
6.1 建模一般程序	7
6.2 料浆制备区域	8
6.3 溶出区域	20
6.4 赤泥分离洗涤区域	30
6.5 种子分解区域	38
6.6 母液蒸发与碱液调配区域	46
6.6.6 模型运算结果	48
6.7 氢氧化铝焙烧区域	54
7 氧化铝厂工艺三维模型	61
7.1 建模一般程序	61
7.2 料浆制备区域	62
7.3 溶出区域	63
7.4 赤泥分离洗涤区域	63
7.5 种子分解区域	63
7.6 母液蒸发与碱液调配区域	64
7.7 氢氧化铝焙烧区域	64
附 录 A（资料性附录）典型氧化铝工艺模型案例	66
A.1 氧化铝工艺模拟流程图	66
A.2 氧化铝工艺三维模型图	69
A.3 氧化铝工艺模拟模型建模示例	72
A.4 氧化铝工艺三维模型建模示例	85



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

编写说明

本文件是《氧化铝智能工厂 信息模型》系列标准之一。

—第1部分：设备模型

—第2部分：工艺模型

—第3部分：控制模型

随着技术的发展，还将制定后续的相关标准。

本文件起草单位：沈阳工业大学、中国信息通信研究院、机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、中国科学院沈阳自动化研究所、东北大学、沈阳鸿宇科技有限公司、北京神经元网络技术有限公司、北京东土科技有限公司、沈阳铝镁设计研究院有限公司、卡奥斯能源科技有限公司、河北工业大学、山西信发化工有限公司。

本文件主要起草人：张晓玲、余思聪、黄颖、李来时、刘丹、赵艳领、刘阳、丁进良、岳恒、高国平、薛百华、黄易、朱莹、吴永建、崔东亮、李智浩、姚晓、贾瑶、柴纪强、刘晶、季海鹏、赵佳、董永峰、吴玉胜、魏喆、赵晶、付义东、刘磊、谢道、郭倩玉、尹冬冰、杨子睿、杜松远、闫沅霄、路彭翔、李振科、白天娇、闫焕斐、谢振伟、郑乐之。

氧化铝智能工厂 信息模型

第 1 部分：工艺模型

1 范围

本文件面向目前最广泛的拜耳法氧化铝生产过程，规定了氧化铝智能工厂信息模型中的工艺模型要求，包括工艺模型设计规则、工艺流程模拟模型和工艺三维模型。

本文件适用于氧化铝智能工厂工艺的数字化设计、规划和改建。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 50530-2022 氧化铝厂工艺设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 氧化铝工艺模型 Process Model

包括工艺模拟模型和三维工艺模型。其中，工艺模拟模型用于模拟氧化铝生产物料转移、物质反应、热交换等，三维工艺模型用于实现氧化铝工厂设计、建设和运行可视化。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

PFD	Process Flow Diagram	工艺流程图
P&ID	Piping And Instrumentation Diagram	管道和仪表流程图
MVR	Mechanical Vapor Re-compression	蒸汽机械再压缩
HG	Hydrogarnet	水化石榴石
DSP	Desilication Product	脱硅产物
NOOC	Non-oxalate Organic Carbon	非草酸盐类有机碳

5 工艺模型建模规则

氧化铝厂工艺模型设计应符合国家现行国家标准《氧化铝厂工艺设计规范》GB/T 50530 的有关要求。目前生产氧化铝最广泛的工艺方法是拜耳法生产工艺，本文件标准中工艺模型为针对拜耳法工艺，不包含其他氧化铝生产流程。

拜耳法工艺生产氧化铝是指用苛性碱溶液在一定温度下溶出铝土矿中的氧化铝，制得杂质含量低的铝酸钠溶液，在加入氢氧化铝作种子、降温和搅拌的条件下进行分解产出氢氧化铝，氢氧化铝经焙烧变成氧化铝，分解后的种分母液蒸浓后用于溶出新一批铝土矿，碱液形成一个闭路的循环。按照生产顺序，拜耳法流程可分为料浆制备、溶出、赤泥分离洗涤、种子分解、母液蒸发与碱液调配和氢氧化铝焙烧等 6 大生产区域，其中包含料浆制备、溶出、赤泥分离洗涤、种子种子分解、母液蒸发与碱液调配、氢氧化铝焙烧等 6 个核心工序。拜耳法氧化铝生产流程框图见图 1。

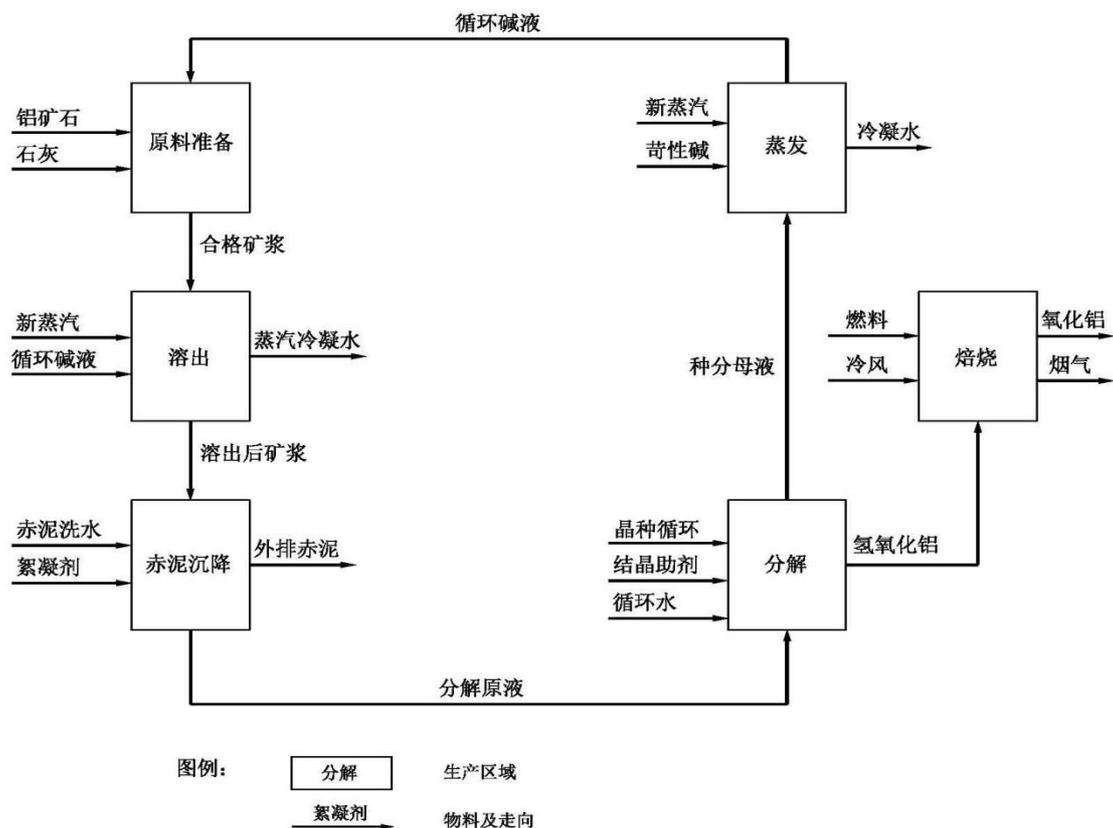


图 1 氧化铝生产流程框图

氧化铝工艺模拟模型具有工艺流程仿真功能，主要包括氧化铝生产运行过程的仿真运算、虚拟测试等，也可实现对氧化铝生产运行进行诊断评估和优化等；

工艺模拟模型建模要求：

——应使用专业的行业通用的流程模拟平台软件对氧化铝工艺流程进行建模及模拟运算；

——工艺模拟运算应包括物料平衡计算和能量平衡计算，计算结果作为氧化铝厂设计及运行优化的依据；

——建模所用过程控制条件或结果指标取值应先进、客观。

氧化铝工艺三维模型是对工厂设备以及物料转移的可视化展现，可作为工厂设计阶段数字交付及工厂运行阶段设备运行状态的信息载体。工艺三维模型建模要求：

——工厂总体设计应采用先进的三维设计软件平台软件进行三维化、精确化设计，非标设备设计上应采用有限元应力分析计算，工艺管道设计上应进行应力计算分析；

——应建立满足三维模型设计的数据库，包括设备模型库、管道等级库等，并编制完整的标准化编码体系，建立各类文档、设备、阀门、管线、仪表等标识系统，将编码系统与数据库结合，并利用软件定制到绘图环境中；

——建立项目信息管理中心和协同工作环境，在确保信息唯一性、安全性和可控制性的前提下，实现设计信息的方便、准确、迅速地传递；

——三维模型应具备全属性数字化信息，包含基本规格信息、标识信息，并在建造、运维阶段将相关技术信息赋予数字模型，建立全生命周期属性的数字化工厂模型，为企业建立智慧工厂的基本条件；

——三维模型应具有自动检验和纠错功能；

——三维设计应建立统一的编码规则、文件命名规则、文件模板；

——三维模型应具备图纸和材料报表输出的功能；

——三维设计产品应包括但不限于三维设备配置图、三维管道安装图、PFD、P&ID、设备明细表、管道明细表、阀门明细表、设备订货表等。

6 氧化铝工艺流程模型

6.1 建模一般程序

氧化铝厂工艺模拟模型建模一般需按照如下顺序：

6.1.1 建立项目数据库

收集氧化铝生产流程运算所需要的物种相关数据、工程单位等信息。

6.1.2 确定工艺流程和运算条件

根据原料条件选择工艺流程和运行条件，包括工艺流程、物料性质、发生反应、反应进度、控制策略、设备选型、设备数量等。

6.1.3 配置项目

对输入条件和单元模块性能进行定义，包括物料性质、进料量、运行条件、设备参数、运行方式、发生反应、控制策略等。

6.1.4 项目运行

在设定的输入条件和控制策略下，模型运行，直至整体结果收敛。

6.1.5 结果输出

将模型运行结果按照要求的格式输出。

6.2 料浆制备区域

6.2.1 流程描述

料浆制备是指将铝矿石、石灰等原料与循环碱液按一定比例混合后进行磨制，制得符合粒度要求的合格料浆，为实现目标溶出指标做原料前期准备。

本区域流程框图见图 2。

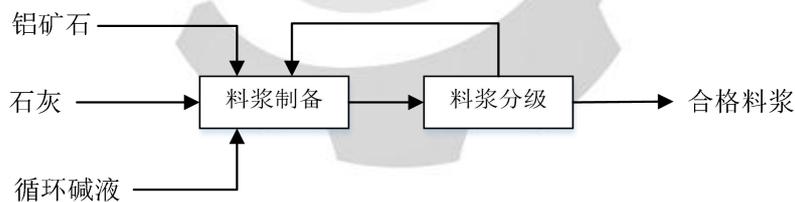


图 2 料浆制备区域流程框图

6.2.2 模型功能

对于新建项目，根据铝矿石和石灰配比要求及磨矿系统的处理能力，通过模型模拟运算，获得矿浆粒度及固含满足生产指标的合格矿浆。

对于运行中企业，根据铝矿石成分波动、石灰配比要求、磨矿系统的处理能力以及上下游工序的生产需求，通过模型模拟运算，获得合适的生产控制条件，使生产维持高效连续运行。

6.2.3 建模过程

——根据矿石成分、石灰成分及矿石加工试验结果确定矿石、石灰的配比；

——根据磨机设备工作效率特性数据、磨矿粒度要求选择磨机工作负荷和填充率；

——根据合格矿浆粒度要求及分级设备的分级效率确定分级设备喂料条件，例如矿浆固含、旋流分级设备喂料压力等。

6.2.4 模型运算条件

- 矿石成分；
- 石灰成分；
- 矿石、石灰配矿比例（质量比）；
- 磨机填充率；
- 矿浆分级系统运行参数。

6.2.5 模型运算结果

——流程运行条件及指标

- a) 合格矿浆固含；
- 物料流量
 - a) 矿石流量；
 - b) 石灰流量；
 - c) 入磨循环母液碱流量；
 - d) 磨后泵池加入循环母液流量；
 - e) 合格矿浆量。

6.2.6 信息模型

料浆制备区域的工艺模型如表1所示。

表1 料浆制备工艺模型

属性集	属性名称	含义	数据类型	基本建模规则
料位	BinLevel_RollMillBuffer n	辊磨缓冲 n# 仓料位值， n	FLOAT32	必选

值		为辊磨缓冲仓数量		
	BinLevel_Lime n	n#石灰仓料位值, n为石灰仓数量	FLOAT32	必选
	BinLevel_LimeBuffer	石灰缓冲仓料位值	FLOAT32	必选
	BinLevel_AluminumMine n	n#铝矿仓料位值, n为铝矿仓数量	FLOAT32	必选
压力值	Pressure_NewSteam	新蒸汽压力值	FLOAT32	必选
	Pressure_RefinedLimeMilk	铝酸钠溶液精制石灰乳压力	FLOAT32	必选
	Pressure_CompressedAirTank	压缩空气储罐压力	FLOAT32	必选
	Pressure_HydraulicCyclone n	n#水力旋流器压力, n为水力旋流器数量	FLOAT32	必选
	Pressure_IntermediatePumpOutput n	n#中间泵出口压力, n为中间泵数量	FLOAT32	必选
	Pressure_SlurryPumpOutput n	n#矿浆泵出口压力, n为矿浆泵数量	FLOAT32	必选
流	Flow_NewSteam	新蒸汽流量	FLOAT32	必选

量 值	Flow_AHWashingTankOutput	氢氧化铝洗液槽出口流量	FLOAT32	必选
	Flow_LimeDosingMachine	石灰定量给料机流量	FLOAT32	必选
	Flow_GrindingAlkaliFlow n	n#磨碱液流量，n为磨机数量	FLOAT32	必选
	Flow_GrindingOreLye n	n#磨排矿碱液流量，n为磨机数量	FLOAT32	必选
	Flow_IntermediatePumpOutput n	n#中间泵出口流量，n为中间泵数量	FLOAT32	必选
	Flow_SlurryPumpOutput n	n#矿浆泵出口流量，n为矿浆泵数量	FLOAT32	必选
	FeedAmount_OreDosingMachine n	n#矿石定量给料机给料量，n为定量矿石给料机数量	FLOAT32	必选
	TotalFeedAmount	总进料量	FLOAT32	必选
液 位 值	LiquidLevel_AHWashingTank	氢氧化铝洗液槽液位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_LimeMilkTank	石灰乳槽液 位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_IntermediateTank n	n#中间槽液	FLOAT32	必选

		位, n为中间槽数量		
	LiquidLevel_QualifiedSlurryTank n	n#合格矿浆槽液位, n为合格矿浆槽数量	FLOAT32	必选
温度值	Temperature_AHLotionTank	氢氧化铝洗液槽温度	FLOAT32	必选
能源计量值	WaterSupply_EastLine	东线供水量	FLOAT32	必选
	WaterSupply_WestLine	西线供水量	FLOAT32	必选
	WaterConsumption_HighPressureDissolved	高压溶出用水量	FLOAT32	必选
	WaterConsumption_RedMudSedimentation	赤泥沉降分离洗涤用水量	FLOAT32	必选
	WaterConsumption_FlocculantPreparation	絮凝剂制备用水量	FLOAT32	必选
	WaterConsumption_AHWashing	氢氧化铝洗涤用水量	FLOAT32	必选
	WaterConsumption_SemenCooling	精液降温用水量	FLOAT32	必选
	WaterConsumption_SeedFiltration	种子过滤用水量	FLOAT32	必选
	WaterConsumption_Alkaline	碱液调配用水量	FLOAT32	必选
	WaterConsumption_AHROasting	氢氧化铝焙烧用水量	FLOAT32	必选

WaterConsumption_PlantCirculating	氧化铝全厂循环水	FLOAT32	必选
WaterConsumption_MotherLiquor	母液蒸发与碱液调配循环水	FLOAT32	必选
WaterConsumption_SeedDecomposition	种子分解循环水	FLOAT32	必选
WaterConsumption_AHROastingCirculating	氢氧化铝焙烧循环水	FLOAT32	必选
WaterConsumption_AirCompressor	空压站循环水	FLOAT32	必选
WaterVapour_MotherLiquorCooling	母液蒸发与碱液调配减温减压用汽量	FLOAT32	必选
WaterVapour_Dissolved steam	溶出用汽量	FLOAT32	必选
WaterVapour_MotherLiquorMixing	母液蒸发与碱液调配用汽量	FLOAT32	必选
WaterVapour_IntegratedPipeNetwork	去综合管网汽量	FLOAT32	必选
WaterVapour_Refined	精制用汽量	FLOAT32	必选
WaterVapour_SemenCooling	精液降温用汽量	FLOAT32	必选
WaterVapour_SeedFiltration	种子过滤用汽量	FLOAT32	必选
WaterVapour_AHFiltration	氢氧化铝过滤用汽量	FLOAT32	必选

	AirVolume_Total	氧化铝总用 风量	FLOAT32	必选
	AirVolume_AHRoasting	氢氧化铝焙 烧用风量	FLOAT32	必选
	AirVolume_SeedFiltration	种子过滤用 风量	FLOAT32	必选
	AirVolume_AHFiltration	氢氧化铝过 滤用风量	FLOAT32	必选
	AirVolume_SeedDecomposition	种子分解用 风量	FLOAT32	必选
	AirVolume_Refined	精制用风量	FLOAT32	必选
	AirVolume_Predesiliconization	预脱硅用风 量	FLOAT32	必选
	TotalOreVolume_Belt	输矿皮带秤 总矿量	FLOAT32	必选
	FeedRate_HighPressureDissolution 1	一组高压溶 出进料量	FLOAT32	必选
	FeedRate_HighPressureDissolution 2	二组高压溶 出进料量	FLOAT32	必选
	TotalSemenFlow	精液流量总 量	FLOAT32	必选
	OriginalSlurryVolume	原矿浆量	FLOAT32	必选
辊 磨 机	Current_MovingRollerMotor	动辊电机电 流	FLOAT32	必选
	Current_FixedRollerMotor	定辊电机电 流	FLOAT32	必选
	Temp_FRM_FrontBearing	定辊主电机 前端轴承温	FLOAT32	必选

	度		
Temp_FRM_RearBearing	定辊主电机 后端轴承温 度	FLOAT32	必选
Temp_FRM_Winding	定辊主电机 绕组温度	FLOAT32	必选
Temp_MRM_FrontBearing	动辊主电机 前端轴承温 度	FLOAT32	必选
Temp_MRM_RearBearing	动辊主电机 后端轴承温 度	FLOAT32	必选
Temp_MRM_Winding	动辊主电机 绕组温度	FLOAT32	必选
Temp_FRR_RearBearing	定辊减速机 轴承温度	FLOAT32	必选
Temp_MRR_RearBearing	动辊减速机 轴承温度	FLOAT32	必选
Temp_FR_LeftBearing	左侧定辊轴 承温度	FLOAT32	必选
Temp_FR_RightBearing	右侧定辊轴 承温度	FLOAT32	必选
Temp_MR_LeftBearing	左侧动辊轴 承温度	FLOAT32	必选
Temp_FMR_RightBearing	右侧动辊轴 承温度	FLOAT32	必选
RollMill_LeftGap	左侧间隙	FLOAT32	必选
RollMill_RightGap	右侧间隙	FLOAT32	必选

RollMill_LeftPressure	左侧压力	FLOAT32	必选
RollMill_RightPressure	右侧压力	FLOAT32	必选
Temp_HydraulicStationFuelTank	液压油站油箱温度	FLOAT32	必选
Opening_FixedRollerFeeding	定辊进料开度显示	FLOAT32	必选
Opening_MovingRollerFeeding	动辊进料开度显示	FLOAT32	必选
Opening_EdgeFeed	边料进料开度显示	FLOAT32	必选
RollMill_StartNotice	启动预告	BOOLEAN	必选
Ready_GasStation	油站备妥	BOOLEAN	必选
Runing_GasStation	油站运行	BOOLEAN	必选
Ready_MRM	动辊主电机备妥	BOOLEAN	必选
Runing_MRM	动辊主电机运行	BOOLEAN	必选
Ready_FRM	定辊主电机备妥	BOOLEAN	必选
Runing_FRM	定辊主电机运行	BOOLEAN	必选
Runing_RollMill	辊磨机运行	BOOLEAN	必选
Malfunction_RollMill	辊磨机故障	BOOLEAN	必选
Ready_RollMill	辊磨机备妥	BOOLEAN	必选

			N	
	Alarm_RollMill	辊磨机报警	BOOLEA N	必选
球 磨 机	Temp_MotorFrontAxle	电机前轴温 度	FLOAT32	必选
	Temp_MotorRearAxle	电机后轴温 度	FLOAT32	必选
	Temp_MotorWindingA	电机绕组A温 度	FLOAT32	必选
	Temp_MotorWindingB	电机绕组B温 度	FLOAT32	必选
	Temp_MotorWindingC	电机绕组C温 度	FLOAT32	必选
	Temp_Mill	磨机温度	FLOAT32	必选
	OilFilm_PremillBearing	磨机前轴 承油膜	FLOAT32	必选
	OilFilm_AftermillBearing	磨机后轴 承油膜	FLOAT32	必选
	Temperature_ReducerGear	减速机齿 轮温度	FLOAT32	必选
	Runing_LubricatingOilPump	稀油站油 泵运行	BOOLEA N	必选
	Normal_LubricatingOilPressure	稀油站压 力正常	BOOLEA N	必选
	LightFault_LubricatingOil	稀油站轻 故障	BOOLEA N	必选
	HeavyFault_LubricatingOil	稀油站重 故障	BOOLEA N	必选

Start_HBO	静压轴承油 站允许主机 启动	BOOLEA N	必选
Running_HBOCirculatingPump	静压轴承油 站循环泵运 行	BOOLEA N	必选
Running_HBOHighPressurePump	静压轴承油 站高压泵运 行	BOOLEA N	必选
Running_HBOHeater	静压轴承油 站加热器工 作运行	BOOLEA N	必选
Running_HBOReliefValve	静压轴承油 站溢流阀运 行	BOOLEA N	必选
LightFaultRuning_HBO	静压轴承油 站轻故障运 行	BOOLEA N	必选
HeavyFaultRuning_HBO	静压轴承油 站重故障运 行	BOOLEA N	必选
Running_RGOPump	减速机齿轮 油站油泵运 行	BOOLEA N	必选
Running_RGOHeater	减速机齿轮 油站加热器 工作	BOOLEA N	必选
Start_RGO	减速机齿轮	BOOLEA	必选

	油站允许主机启动	N	
LightFaultRuning_RGO	减速机齿轮油站轻故障	BOOLEA N	必选
HeavyFaultRuning_RGO	减速机齿轮油站重故障	BOOLEA N	必选
Ready_SoftStartCabinet	软启动柜备妥	BOOLEA N	必选
Ready_Phaser	进相器备妥	BOOLEA N	必选
Malfunction_Phaser	进相器故障	BOOLEA N	必选
Ready_SoftStart	软启动运行	BOOLEA N	必选
Malfunction_SoftStart	软启动故障	BOOLEA N	必选
SwitchCabinetClosing	开关柜合闸	BOOLEA N	必选
OilFlowSwitch	油流开关	BOOLEA N	必选
SlowMotorState	慢转电机状态	BOOLEA N	必选
ClosingAction_PLC/DCSCabinet	PLC/DCS 柜合闸动作	BOOLEA N	必选
PhaseAction_PLC/DCSCabinet	PLC/DCS 柜进相动作	BOOLEA N	必选
PhaserTripProtection	进相器跳闸保护	BOOLEA N	必选
OpeningAction_PLC/DCSCabinet	PLC/DCS 柜	BOOLEA	必选

		分闸动作	N	
	DephaseAction_PLC/DCSCabinet	PLC/DCS 柜 退相动作	BOOLEA N	必选
皮 带 机	BeltConveyor_CentralizedControl	集中控制	BOOLEA N	必选
	BeltConveyor_ForwardRun	正转	BOOLEA N	必选
	BeltConveyor_ReverseRun	反转	BOOLEA N	必选
	BeltConveyor_Malfunction	故障	BOOLEA N	必选
	BeltConveyor_Deviation	跑偏	BOOLEA N	必选
卸 料 阀	DischargeValve_Concentrated	集中	BOOLEA N	必选
	DischargeValve_ForwardRun	正转运行	BOOLEA N	必选
	DischargeValve_ReverseRun	反转运行	BOOLEA N	必选
	DischargeValve_ForewardRun	正转到位	BOOLEA N	必选
	DischargeValve_Reversed in place	反转到位	BOOLEA N	必选
	DischargeValve_Malfunction	故障	BOOLEA N	必选

6.3 溶出区域

6.3.1 流程描述

溶出是将料浆制备区域来的原矿浆加热到一定的温度，并停留足够的反应时间，使矿石中的氧化铝尽量多的溶解到溶液中，另外使溶液中杂质含量，尤其是二氧化硅含量足够低，以满足氧化铝产品质量要求。

溶出区域主要包括预脱硅和溶出工序，流程框图见图 3。

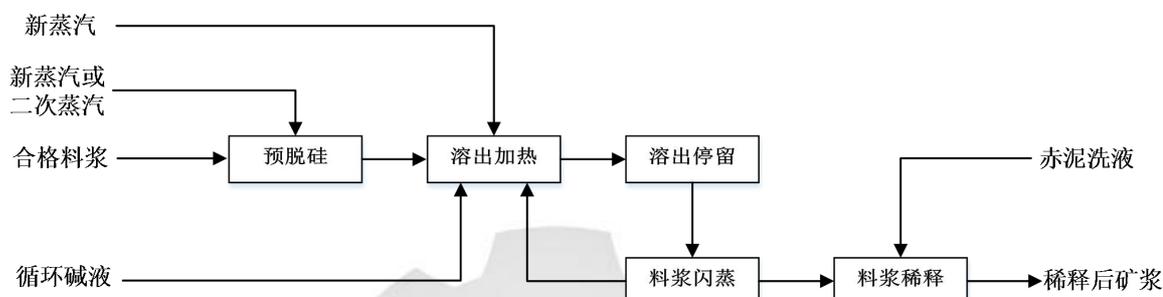


图 3 溶出区域流程框图

6.3.2 模型功能

对于新建项目，根据料浆制备区域来的合格矿浆性质和母液蒸发与碱液调配区域来的循环母液性质，通过模型模拟运算，选取适合的溶出运行条件，以获得高溶出率、稳定的溶出液分子比，同时使区域内工序处于较低的能耗水平。

对于运行中企业，根据矿石成分、循环碱液成分、溶出设备传热效果的变化，以及上下游工序的生产需求，通过模型模拟运算，获得合适的生产控制条件，使溶出区域内工序维持高效运行。

6.3.3 建模过程

——根据设定的溶出温度确定预热级数、加热级数、闪蒸级数、加热蒸汽参数（温度、压力）；

——根据矿浆成分和溶出条件，确定溶出过程发生的化学反应及反应进度分布；

——根据矿浆成分、矿浆流量、循环碱液成分、溶出目标分子比 ak 值确定加入循环碱液的流量。

6.3.4 模型运算条件

——矿浆固相成分；

- 矿浆液相成分；
- 循环碱液成分；
- 溶出温度制度；
- 加热蒸汽参数；
- 设备选型参数（预热级数、加热级数、闪蒸级数、各级换热器的换热系数等）；
- 溶出过程不同阶段发生的化学反应；
- 溶出过程不同阶段发生的化学反应的进度；
- 溶出液目标分子比。

6.3.5 模型运算结果

- 结果指标
 - a) 溶出后矿浆液相化学成分；
 - b) 溶出后矿浆固相化学成分；
- 物料流量
 - a) 溶出出料矿浆流量；
 - b) 新蒸汽冷凝水流量；
 - c) 二次汽冷凝水流量；
 - d) 新蒸汽消耗量。

6.3.6 信息模型

溶出区域的工艺模型如表2所示。

表2 溶出区域工艺模型

属性集	属性名称	含义	数据类型	基本建模

				规则
压力值	Pressure_PreDesilicization &HighPressurePump	来自预脱硅及高压泵房矿浆压力	FLOAT 32	必选
	Pressure_CondensateTank n	n级冷凝水罐压力测量值, n为冷凝水罐级数	FLOAT 32	必选
	Pressure_MotherLiquid n	n级自母液蒸发与碱液调配器压力测量值, n为自母液蒸发与碱液调配器级数	FLOAT 32	必选
	Pressure_PreDesilicDleeveValve_Front	预脱硅套管新蒸汽阀前压力	FLOAT 32	必选
	Pressure_PreDesilicDleeveValve_Back	去预脱硅套管新蒸汽阀后压力	FLOAT 32	必选
	Pressure_Preheating	预热用新蒸汽管道压力	FLOAT 32	必选
	Pressure_GroupCasing n	第n组套管蒸汽压力, n为套管数量	FLOAT 32	必选
	Pressure_DissolutionCirculatingWater	溶出循环水压力	FLOAT 32	必选
	Pressure_RawMaterialCirculatingWater	原料循环水压力	FLOAT 32	必选
温度值	Temp_SealTankInlet	新蒸汽水封罐入口温度测量值	FLOAT 32	必选
	Temp_OutputSlurry	末级套管出口料浆温度测量值	FLOAT 32	必选

	Temp_SecondaryVapor n	n级自母液蒸发与碱液调配器二次蒸汽温度测量值, n为自母液蒸发与碱液调配器级数	FLOAT 32	必选
	Temp_Slurry n	n级自母液蒸发与碱液调配器矿浆温度测量值, n为自母液蒸发与碱液调配器级数	FLOAT 32	必选
	Temp_StayTubeInletSlurry	停留管入口矿浆温度	FLOAT 32	必选
	Temp_GroupCasing n	第n组套管蒸汽温度, n为套管数量	FLOAT 32	必选
	Temp_CasingInletSlurry	套管入口矿浆温度	FLOAT 32	必选
	Temp_NewSealInlet	新蒸汽水封罐入口温度	FLOAT 32	必选
液 位 值	LiquidLevel_CondensateTank n	n级冷凝水罐液位, n为冷凝水罐级数	FLOAT 32	必选
	LiquidLevel_FlashTank n	n级闪蒸罐液位, n为闪蒸罐罐级数	FLOAT 32	必选
	LiquidLevel_Lye	n级自母液蒸发与碱液调配器液位, n为自母液蒸发与碱液调配器级数	FLOAT 32	必选

	LiquidLevel_DilutionTank	稀释槽液位	FLOAT 32	必 选
	LiquidLevel_PreDesiliconizationTank	n# 预脱硅槽液 位, n为预脱硅槽 数量	FLOAT 32	必 选
	LiquidLevel_ColdPool	冷水池液位	FLOAT 32	必 选
	LiquidLevel_HotPool	热水池液位	FLOAT 32	必 选
流 量 值	Flow_TotalLye	碱液总流量	FLOAT 32	必 选
	Flow_Lye	碱液流量	FLOAT 32	必 选
	Flow_TotalFeed	进料总流量	FLOAT 32	必 选
	Flow_DiaphragmPump	隔膜泵流量	FLOAT 32	必 选
	Flow_GroupCasing n	第n组套管蒸汽流 量, n为套管数量	FLOAT 32	必 选
	Flow_DissolutionCirculatingWater	溶出循环水流量	FLOAT 32	必 选
	Flow_RawMaterialCirculatingWater	原料循环水流量	FLOAT 32	必 选
	Flow_SecondaryCondensate	二次冷凝水流量	FLOAT 32	必 选
调 节 阀	TempValveOpeningSetting_Slurry	停留管入口矿浆 温度调节阀门开 度设定	FLOAT 32	必 选

	TempValveOpeningFeedback_Slurry	停留管入口矿浆 温度调节阀开 度反馈	FLOAT 32	必 选
	ValveOpeningSetting_CondensateTank	n级冷凝水罐调节 阀门开度设定, n 为冷凝水罐级数	FLOAT 32	必 选
	ValveOpeningFeedback_CondensateTank	n级冷凝水罐调节 阀门开度反馈, n 为冷凝水罐级数	FLOAT 32	必 选
	ValveOpeningSetting_FlashTank	n级闪蒸罐排气阀 汽管路阀门开度 设定, n为闪蒸罐 罐级数	FLOAT 32	必 选
	ValveOpeningFeedback_FlashTank	n级闪蒸罐排气阀 汽管路阀门开度 反馈, n为闪蒸罐 罐级数	FLOAT 32	必 选
物 性 参 数	ak_Feed	进料ak测量值	FLOAT 32	必 选
	NK_Feed	进料NK测量值	FLOAT 32	必 选
	ak_Dissolution	溶出后ak测量值	FLOAT 32	必 选
	NK_Dissolution	溶出后NK测量值	FLOAT 32	必 选
隔 膜 泵	Pressure_Inlet	入口压力	FLOAT 32	必 选
	Pressure_Operation	工作压力	FLOAT	必

			32	选
Pressure_Air	空气压力	FLOAT	32	必选
Pressure_CoolingWater	冷却水压力	FLOAT	32	必选
Flow_CoolingWater	冷却水流量	FLOAT	32	必选
Current_MainMotor	主机电流	FLOAT	32	必选
Frequency_MainMotor	主电机频率	FLOAT	32	必选
FrequencySetting_MainMotor	主电机频率设定	FLOAT	32	必选
Flow_Export	出口流量	FLOAT	32	必选
Runing_MainMotor	主电机运行	BOOL	EAN	必选
Malfunction_MainMotor	主电机故障	BOOL	EAN	必选
Malfunction_Inverter	变频器故障	BOOL	EAN	必选
Low_LubricantAmount	润滑油量低	BOOL	EAN	必选
Low_AirPressure	空气压力低	BOOL	EAN	必选
High_AirPressure	空气压力高	BOOL	EAN	必选
Low_ReducerOilPressure	减速机油压低	BOOL		必

			EAN	选
Ready_MainEngine	主机备妥		BOOL EAN	必 选
Runing_LubricationPump	润滑泵运行		BOOL EAN	必 选
RemoteControl	远程控制		BOOL EAN	必 选
Running_Flush	冲洗运行		BOOL EAN	必 选
Running_Advance	推进运行		BOOL EAN	必 选
CoolRunning_Reducer	减速机冷却运行		BOOL EAN	必 选
CoolRunning_MainEngine	主机风冷运行		BOOL EAN	必 选
Failed_Communication	通讯故障		BOOL EAN	必 选
HHPressure_FirstCasingPreheaterInlet	第一级套管预热器入口压力高高		BOOL EAN	必 选
HHPressure_StayTubeInlet	停留管进口压力高高		BOOL EAN	必 选
Trip_DilutionPump	稀释泵跳停		BOOL EAN	必 选
LowPressure_CoolingWater	冷却水压力低		BOOL EAN	必 选
RemoteParking	远程停车		BOOL EAN	必 选
Closing_DiaphragmPump	合闸		BOOL	必

			EAN	选
	Alarm_DiaphragmPump	报警	BOOL EAN	必 选
预 脱 硅 槽 搅 拌 电 机	PDTStirringMotor_Concentrated	集中	BOOL EAN	必 选
	PDTStirringMotor_Running	运行	BOOL EAN	必 选
	PDTStirringMotor_Malfunction	故障	BOOL EAN	必 选
	PDTStirringMotor_Current	电流	FLOAT 32	必 选
预 脱 硅 槽 矿 浆 泵	PDTSlurrpump_Concentrated	集中	BOOL EAN	必 选
	PDTSlurrpump_Running	运行	BOOL EAN	必 选
	PDTSlurrpump_Malfunction	故障	BOOL EAN	必 选
	PDTSlurrpump_Current	电流	FLOAT 32	必 选
溶 出 后 泵	PostDissolutionPump_Concentrated	集中	BOOL EAN	必 选
	PostDissolutionPump_Running	运行	BOOL EAN	必 选
	PostDissolutionPump_Malfunction	故障	BOOL EAN	必 选
	PostDissolutionPump_FanRuning	风扇运行	BOOL EAN	必 选
	PostDissolutionPump_Current	电流	FLOAT	必

			32	选
	PostDissolutionPump_FrequencyFeedback	频率反馈	FLOAT 32	必 选
碱 液 泵	LyePump_Concentrated	集中	BOOL EAN	必 选
	LyePump_Running	运行	BOOL EAN	必 选
	LyePump_Malfunction	故障	BOOL EAN	必 选
	LyePump_FanRuning	风扇运行	BOOL EAN	必 选
	LyePump_Current	电流	FLOAT 32	必 选
	LyePump_FrequencyFeedback	频率反馈	FLOAT 32	必 选
	LyePump_FrequencySet	频率给定	FLOAT 32	必 选
污 水 泵	SewagePump_Concentrated	集中	BOOL EAN	必 选
	SewagePump_Running	运行	BOOL EAN	必 选
	SewagePump_Malfunction	故障	BOOL EAN	必 选

6.4 赤泥分离洗涤区域

6.4.1 流程描述

赤泥分离洗涤是将溶出后的矿浆进行固液分离，并通过多次洗涤，使分离后的固体渣洗净后外排，洗涤的作用一方面是回收固体渣附带的碱，另一方面也是为了尽量降低固体渣对环境的不利影响。

赤泥分离洗涤区域主要包括赤泥分离洗涤、絮凝剂制备、赤泥压滤等工序，流程框图见图 4。

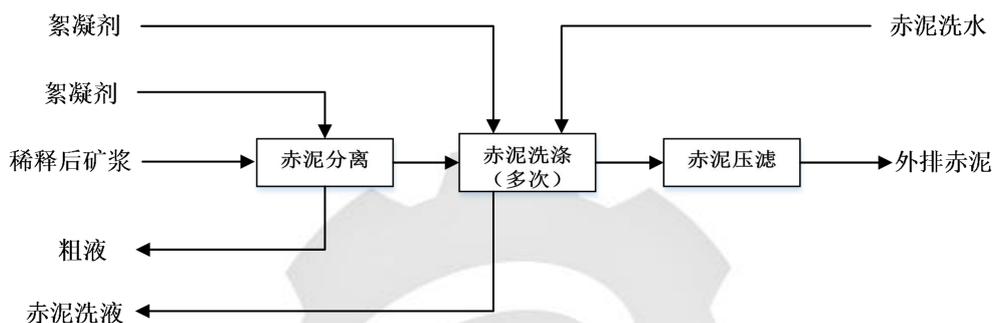


图 4 沉降区域流程框图

6.4.2 模型功能

对于新建项目，根据溶出区域来的稀释后矿浆物料成分、粗液碱浓度、外排赤泥允许附带碱量、过程允许氧化铝水解损失量等生产控制指标，通过模型模拟运算，选取适合的沉降运行条件，例如洗涤次数、洗涤流程，以获得理想的分离洗涤效果，提高沉降溢流（即粗液）的浓度合格率，降低外排赤泥附碱损失，同时降低絮凝剂的添加量。

对于运行中企业，根据稀释后矿浆的流量和沉降性能变化，以及上下游工序的生产需求，通过模型模拟运算，获得合适的生产控制条件，使赤泥沉降洗涤系统维持高效运行。

6.4.3 建模过程

- 根据粗液浓度要求，确定赤泥洗水量；
- 根据外排赤泥允许附碱损失确定沉降槽选型和洗涤次数；
- 根据沉降槽泥层高度、泥层压缩性能调整絮凝剂的添加量；
- 根据沉降槽泥层高度调整沉降底流和沉降溢流的外排流量。

6.4.4 模型运算条件

- 赤泥洗水成分；
- 目标粗液碱浓度（Na₂O_k）；
- 目标末洗赤泥附碱。

6.4.5 模型运算结果

——结果指标

- a) 粗液成分；
- b) 粗液浮游物浓度；
- c) 未洗赤泥附碱量；
- d) 外排赤泥液相化学组分；
- e) 外排赤泥固相化学组分。

——物料流量

- a) 赤泥洗水量。
- b) 外排赤泥流量；
- c) 粗液流量；
- d) 赤泥洗液量；
- e) 絮凝剂使用量。

6.4.6 信息模型

赤泥分离洗涤区域的工艺模型如表3所示。

表3 赤泥分离洗涤区域工艺模型

属性集	属性名称	含义	数据类型	基本建模规则
液位值	LiquidLevel_FeedTank	n #喂料槽液位, n	FLOAT32	必选

		为喂料槽个数		
LiquidLevel_FiltrateTank	n #滤液槽液位, n 为滤液槽个数	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_WashingTank	洗水槽液位	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_SewageTank	污水槽液位	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_CirculatingWaterPool	压滤循环水水池液位	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_CirculatingWaterSump	压滤循环水集水坑 液位	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_SeparationTank	n #分离槽液位, n 为分离槽台数	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_PublicTank	n #公备槽液位, n 为公备槽台数	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_WashingTank	n #洗涤槽液位, n 为洗涤槽台数	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_DilutionTank	稀释后槽液位	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_AlkalineTank	碱液槽液位	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_BackPool	回水池液位	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_Catchment	集水坑液位	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_SeparationMud	n #分离槽泥层高度, n为分离槽台数	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_SeparationSettlement	n #分离槽沉降层高度, n为分离槽台数	FLOAT32	必选	
LiquidLevel_SeparationClearWater	n #分离槽清水层高度, n为分离槽台数	FLOAT32	必选	

	LiquidLevel_PublicSpareTank	n # 公备槽泥层高度, n 为公备槽台数	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_PublicSettlement	n # 公备槽沉降层高度, n 为公备槽台数	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_PublicClearWater	n # 公备槽清水层高度, n 为公备槽台数	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_WashingSpareTank	n # 洗涤槽泥层高度, n 为洗涤槽台数	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_WashingSettlement	n # 洗涤槽沉降层高度, n 为洗涤槽台数	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_WashingClearWater	n # 洗涤槽清水层高度, n 为洗涤槽台数	FLOAT32	必选
流量值	Flow_CompressedAirManifold	压缩空气总管流量	FLOAT32	必选
	Flow_FiltratePumpOutput	滤液泵出口总管流量	FLOAT32	必选
	Flow_RedMudSlurry	赤泥料浆管道流量	FLOAT32	必选
	Flow_CirculatingWaterPipe	循环水水管流量	FLOAT32	必选
	Flow_OutputPipe	出水管流量	FLOAT32	必选
	Flow_CondensateWater	絮凝剂母液蒸发与碱液调配来冷凝水流量	FLOAT32	必选

	Flow_SeparateBottomPump	n #分离底流泵出口流量, n为分离底流泵数量	FLOAT32	必选
	Flow_PublicUnderflowPump	n #公备底流泵出口流量, n为公备底流泵数量	FLOAT32	必选
	Flow_WashingBottomPump	n #洗涤底流泵出口流量, n为洗涤底流泵数量	FLOAT32	必选
	Flow_SeparationFeed	分离槽进料管流量	FLOAT32	必选
	Flow_PublicFeed	公备槽进料管流量	FLOAT32	必选
	Flow_DissolutionPipe	溶出来料管流量	FLOAT32	必选
	Flow_WashingPumpOutput	洗液泵出口流量	FLOAT32	必选
	Flow_SelfPressureWashingTube	自压洗液管流量	FLOAT32	必选
温度值	Temp_SeparationTank n	n #分离槽温度, n为分离底流泵数量	FLOAT32	必选
	Temp_PublicTank n	n #公备槽温度, n为公备底流泵数量	FLOAT32	必选
	Temp_WashingTank n	n#洗涤槽温度, n为洗涤底流泵数量	FLOAT32	必选
	Temp_CirculatingWater	循环水水管出口温度	FLOAT32	必选
压力值	Pressure_CirculatingWater	循环水水管出口压力	FLOAT32	必选
	Pressure_WaterPipe	水管出口压力	FLOAT32	必选
	Pressure_FlocculantCompressedAir	絮凝剂压缩空气储罐出口压力	FLOAT32	必选

	Pressure_ExternalPumpInlet n	n #外排泵进口压力，n为外排泵数量	FLOAT32	必选
苛性碱 浓度	CC_SeparationOverflow n	n#分离槽溢流口苛性碱浓度，n为分离槽数量	FLOAT32	必选
	CC_PublicOverFflow n	n #公备槽溢流口苛性碱浓度，n为公备槽数量	FLOAT32	必选
	CC_WashingOverflow n	n #洗涤槽溢流口苛性碱浓度，n为洗涤槽数量	FLOAT32	必选
调节阀	CV_SeparationSetting n	n #分离槽调节阀开度设定，n为分离槽数量	FLOAT32	必选
	CV_SeparationFeedback n	n #分离槽调节阀开度反馈，n为分离槽数量	FLOAT32	必选
	CV_PublicSetting n	n #公备槽调节阀开度设定，n为公备槽数量	FLOAT32	必选
	CV_PublicFeedback n	n #公备槽调节阀开度反馈，n为公备槽数量	FLOAT32	必选
	CV_WashingSetting n	n #洗涤槽调节阀开度设定，n为洗涤槽数量	FLOAT32	必选
	CV_WashingFeedback n	n #洗涤槽调节阀开	FLOAT32	必选

		度反馈，n为洗涤槽数量		
分离槽/ 公备槽/ 洗涤槽 搅拌机	Running_StirringMotor	运行	BOOLEAN	必选
	Remote_StirringMotor	远程	BOOLEAN	必选
	Overload_StirringMotor	过载	BOOLEAN	必选
	Downtime_StirringMotor	停机	BOOLEAN	必选
	AlarmTorque100_StirringMotor	扭矩报警（100%）	BOOLEAN	必选
	TripTorque180_StirringMotor	扭矩跳停（180%）	BOOLEAN	必选
分离槽/ 公备槽/ 洗涤槽 底流泵	Normal_BottomPumpCircuit	主回路正常	BOOLEAN	必选
	Remote_BottomPump	远程	BOOLEAN	必选
	Running_BottomPumpInverter	变频器运行	BOOLEAN	必选
	Running_BottomPumpInverterFan	变频器风机运行	BOOLEAN	必选
洗涤槽 底流泵	Running_WashingPumpInverter	变频器运行	BOOLEAN	必选
	Malfunction_WashingPumpInverter	变频器故障	BOOLEAN	必选
	Ready_WashingPumpInverter	变频器就绪	BOOLEAN	必选
	Conv_WashingPumpInverter	变频状态反馈	BOOLEAN	必选
	Freq_WashingPumpInverter	工频状态反馈	BOOLEAN	必选
	Close_HighPressure	高压合闸允许	BOOLEAN	必选
	Open_HighPressure	高压分闸允许	BOOLEAN	必选
	CloseAllowed	允许合闸	BOOLEAN	必选
	JointCircuitBreaker	断路器合位	BOOLEAN	必选
Remote_WashingPump	远程/就地	BOOLEAN	必选	

冲洗水泵	Normal_FlushPumpCircuit	主回路正常	BOOLEAN	必选
	Remote_FlushPump	远程	BOOLEAN	必选
	Running_FlushPumpInverter	变频器运行	BOOLEAN	必选
	Running_FlushPumpInverter Fan	变频器风机运行	BOOLEAN	必选
赤泥洗水泵/全厂洗水泵	Normal_RedMudWashingCircuit	主回路正常	BOOLEAN	必选
	Running_RedMudWashing	运行	BOOLEAN	必选
	Remote_RedMudWashing	远程	BOOLEAN	必选
污水槽搅拌机/污水泵	Normal_SewageMixCircuit	主回路正常	BOOLEAN	必选
	Running_SewageMix	运行	BOOLEAN	必选
	Remote_SewageMix	远程	BOOLEAN	必选

6.5 种子分解区域

6.5.1 流程描述

种子分解是将从赤泥分离洗涤区域来的过饱和铝酸钠溶液在添加种子和特定降温制度条件下，以氢氧化铝结晶的形式析出，获得高产出率和符合质量要求的氢氧化铝产品；同时获得高苛性比值的种分母液，返回溶出区域供处理下一批铝土矿使用。

本区域除了种子分解工序外，还包括铝酸钠溶液精制、精液降温、种子制备等辅助工序，种子分解区域流程框图见图 5。

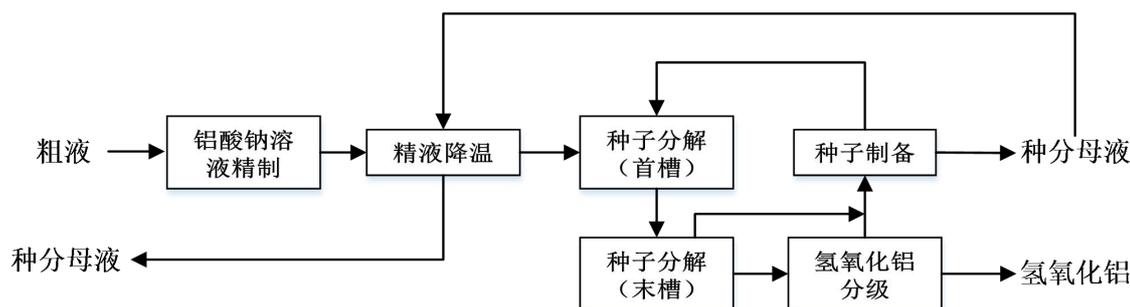


图5 种子分解区域流程框图

6.5.2 模型功能

对于新建项目，根据赤泥分离洗涤区域来的粗液（亦称分解原液）物料性质，通过模型模拟运算，选取适合的分解运行条件，以获得高的分解产出率及质量高的氢氧化铝产品。

对于运行中企业，根据分解原液成分、分解氢氧化铝产品粒度的变化，以及上下游工序的生产需求，通过模型模拟运算，获得合适的生产控制条件，使种子分解区域工序维持高效运行。

6.5.3 建模过程

——根据分解原液成分、目标分解率、氢氧化铝产品质量要求确定种子分解工艺主体方案；

——根据分解方案确定分解固含制度、温度制度；

——根据分解方案确定分解停留时间并进行分解槽选型；

——根据氢氧化铝粒度要求确定分级效率。

6.5.4 模型运算条件

——分解原液化学成分；

——分解固含制度（首槽固含、种子附液率等）；

——分解温度制度（首槽温度、末槽温度、过程降温梯度等）；

——停留时间；

——氢氧化铝分级效率。

6.5.5 模型运算结果

——结果指标

a) 分解后溶液成分；

b) 分解率。

——物料流量

a) 氢氧化铝产品料浆流量；

b) 过程晶种循环量；

c) 种分母液流量；

d) 循环水流量。

6.5.6 模型运算结果

种子分解区域的工艺模型如表4所示。

表4 种子分解区域工艺模型

属性集	属性名称	含义	数据类型	基本建模规则
液位值	LiquidLevel_MotherLiquorTank	母液槽液位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_LyeTank	碱液槽液位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_RoughTank	粗液槽液位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_SemenTank	精液槽液位	FLOAT32	必选

	LiquidLevel_FilterTank	滤饼槽液位	FLOAT32	必 选
	LiquidLevel_SeedDecompositionTank	种子分解槽 液位	FLOAT32	必 选
	LiquidLevel_CirculatingPool	循环水池液 位	FLOAT32	必 选
	LiquidLevel_WeakFiltrateTank	弱滤液槽液 位	FLOAT32	必 选
	LiquidLevel_StrongFiltrateTank	强滤液槽液 位	FLOAT32	必 选
	LiquidLevel_HotWaterTank	热水槽液位	FLOAT32	必 选
	LiquidLevel_AHSlurryTank	氢氧化铝浆 液槽液位	FLOAT32	必 选
压 力 值	Pressure_HeatExchangerInlet n	n# 换热器精 液进口压 力, n为换 热器数量	FLOAT32	必 选
	Pressure_HeatExchangerOutput n	n# 换热器精 液出口压 力, n为换 热器数量	FLOAT32	必 选
	Pressure_CirculatingWater	循环水上水 压力	FLOAT32	必 选
	Pressure_NewSteam	新蒸汽压力	FLOAT32	必 选
	Pressure_DeseedDecomposition	去种子分解 种子分解母	FLOAT32	必 选

	液压力		
Pressure_SeedMotherLiquidInlet n	n# 换热器种子分解母液入口压力, n为换热器数量	FLOAT32	必选
Pressure_VerticalLeafFilterFeedTube	ni# 立式叶滤机进料管压力, n为叶滤机数量	FLOAT32	必选
Pressure_CrudePumpDischargePipe	n# 粗液泵出料管压力, n为粗液泵数量	FLOAT32	必选
Pressure_VacuumPumpInlet	真空泵入口真空度	FLOAT32	必选
Pressure_CompressedAirTank	压缩空气储罐压力	FLOAT32	必选
Pressure_EyeWashWater	洗眼器水压	FLOAT32	必选
Pressure_HeatExchangePumpOutput n	n# 换热泵出口压力, n为换热泵数量	FLOAT32	必选
Pressure_HydraulicCycloneInlet n	n# 水力旋流器进口压力, n为水力旋流器数量	FLOAT32	必选
Pressure_PlateHeatExchangerInlet n	n# 板式换热	FLOAT32	必

		器进水压力, n为板式换热器数量		选
	Pressure_SeedDecTankSleeveWaterInlet n	n#种子分解槽套筒进水压力, n为种子分解槽数量	FLOAT32	必选
	Pressure_CirculatingColdWaterOutput	循环水池冷水管出口压力	FLOAT32	必选
	Pressure_PumpInlet	真空泵进口压力	FLOAT32	必选
流 量 值	Flow_SemenInlet	精液进口流量	FLOAT32	必选
	Flow_SeedMotherLiquor	种子分解母液流量	FLOAT32	必选
	Flow_CirculatingWater	循环水流量	FLOAT32	必选
	Flow_NewSteam	新蒸汽流量	FLOAT32	必选
	Flow_DeseedMotherLiquor	去种子分解种子分解母液流量	FLOAT32	必选
	Flow_VerticalLeafFilterFeedTube n	n#立式叶滤机进料管流量, n为立式叶滤机数量	FLOAT32	必选

	Flow_CompresedAir	压缩空气流量	FLOAT32	必选
	Flow_CirculatingWaterMainPipe	循环水上水总管流量	FLOAT32	必选
	Flow_HydraulicCycloneFeed n	n#水力旋流器进料流量, n为水力旋流器数量	FLOAT32	必选
	Flow_CirculatingColdPipeOutput	循环水池冷水管出口流量	FLOAT32	必选
	Flow_AHSlurryPipe	氢氧化铝料浆管流量	FLOAT32	必选
	Flow_WashingWaterPipe	洗水管洗水流量	FLOAT32	必选
温度 值	Temp_CirculatingWater	循环水上水温度	FLOAT32	必选
	Temp_LyeInlet	碱液槽入口碱液温度	FLOAT32	必选
	Temp_CasingCoolingWater Output	套管换热器冷却水出口温度	FLOAT32	必选
	Temp_HeatExchangerInlet n	n#换热器精液进口温度, n为换热器数量	FLOAT32	必选
	Temp_HeatExchangerSemenOutput n	n#换热器精液出口温	FLOAT32	必选

		度, n为换热器数量		
Temp_HeatExchangerMotherLiquidInlet n	n# 换热器母液进口温度, n为换热器数量	FLOAT32	必选	
Temp_HeatExchangerMotherLiquidOutput n	n# 换热器母液出口温度, n为换热器数量	FLOAT32	必选	
Temp_HeatExchangerCirculatingOutput n	n# 换热器循环水出口温度, n为换热器数量	FLOAT32	必选	
Temp_SeedDecompositionSlurry n	n# 种子分解槽料浆温度, n为种子分解槽数量	FLOAT32	必选	
Temp_PlateHeatExchangerOutputSlurry n	n# 板式换热器出口管料浆温度, n为板式换热器数量	FLOAT32	必选	
Temp_PlateHeatExchangerCirculating n	n# 板式换热器循环水管温度, n为板式换热器数量	FLOAT32	必选	

Temp_CoolingWaterMainPipe	冷却水上水总管温度	FLOAT32	必选
Temp_SeedCasingReturnWater n	n# 种子分解槽套管回水温度，n为种子分解槽数量	FLOAT32	必选
Temp_CirculatingColdWaterOutput	循环水池冷水管出口温度	FLOAT32	必选

6.6 母液蒸发与碱液调配区域

6.6.1 流程描述

包括母液蒸发和碱液调配两个主要工序。通过对分解母液加热蒸发，排除生产过程中多余的水份，提高蒸发母液的碱浓度，并按照生产需要配入一定量的苛性碱，调配成合格浓度的循环碱液，满足溶出工序溶出铝土矿的需求，从而保证拜尔法生产循环的正常进行。本区域流程框图见图 6。

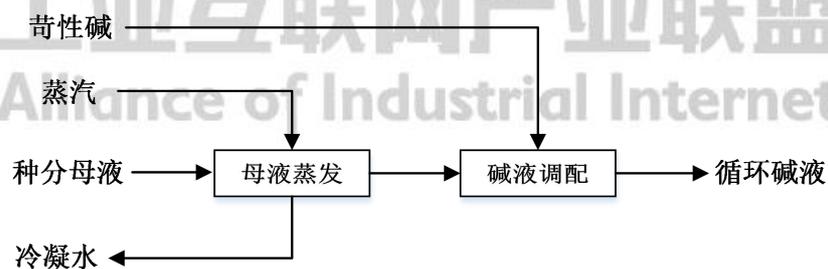


图 6 母液蒸发与碱液调配区域流程框图

6.6.2 模型功能

对于新建项目，根据种子分解区域来的种分母液（亦称蒸发原液）物料性质和目标循环碱液浓度要求，通过模型模拟运算，选取适合的蒸发系统运行条件，以获得高的循环碱液调配合格率，并使蒸发系统处于较低的能耗水平。

对于运行中企业，根据蒸发原液成分以及需求蒸水量的变化，通过模型模拟运算，获得合适的生产控制条件，使母液蒸发与碱液调配区域工序维持高效运行。

6.6.3 建模过程

——根据蒸发原液成分、目标循环碱液成分及其他外部条件确定蒸发工艺主体方案（降膜蒸发、多级闪蒸、MVR 蒸发等）；

——确定蒸发系统配置，以降膜蒸发为例，包括加热效数、闪蒸级数、加热蒸汽参数（温度、压力）、循环水温度等。

6.6.4 模型运算条件

——蒸发原液成分；

——蒸发原液温度；

——加热蒸汽参数（压力、温度）；

——循环水温度；

——蒸发器设备选型参数（加热效数、闪蒸级数、各级换热器的换热系数等）。

6.6.5 模型运算结果

——结果指标

a) 蒸发母液化学成分；

b) 蒸发母液温度；

c) 循环碱液化学成分；

d) 循环碱液温度。

——物料流量

a) 蒸发母液流量；

b) 循环碱液流量；

c) 苛性碱流量；

- d) 冷凝水流量；
- e) 新蒸汽消耗量；
- f) 循环水流量。

6.6.6 模型运算结果

母液蒸发与碱液调配区域工艺模型如表 5 所示。

表 5 母液蒸发与碱液调配区域工艺模型

属性集	属性名称	含义	数据类型	基本建模规则
温度值	Temp_NewSteam	新蒸汽温度测量值	FLOAT32	必选
	Temp_RawFlashOutput	原闪出料温度测量值	FLOAT32	必选
	Temp_PrimaryFlashSecondary Steam	原闪二次汽温度测量值	FLOAT32	必选
	Temp_RawLiquidInlet	原液罐进水温度测量值	FLOAT32	必选
	Temp_PrimaryFluidSecondarySteam	原液罐二次蒸汽温度测量值	FLOAT32	必选
	Temp_HeatingChamber n	n效加热室温度，n为降膜母液蒸发与碱液调配器的台数	FLOAT32	必选

	Temp_SeparationChamber n	n效分离室温度， n为降膜母液蒸发 与碱液调配器的 台数	FLOAT32	必 选
	Temp_SecondaryFlash n	n闪二次汽温度测 量值，n为自母液 蒸发与碱液调配 器的台数	FLOAT32	必 选
	Temp_Discharge n	n效出料温度测量 值，n为降膜母液 蒸发与碱液调配 器的台数	FLOAT32	必 选
	Temp_RawLiquidOutput n	原液罐出水温度 测量值	FLOAT32	必 选
	Temp_Condensate n	n#冷凝水罐水温 度测量值，n为冷 凝水罐数量	FLOAT32	必 选
	Temp_CirculatingWaterIn	循环上水温度测 量值	FLOAT32	必 选
	Temp_CirculatingWaterOut	循环下水温度测 量值	FLOAT32	必 选
	Temp_Stock	原液温度测量值	FLOAT32	必 选
	Temp_HeatExchangerCooling	换热器冷却水出 口温度	FLOAT32	必 选
流 量 值	Flow_NewSteam	新蒸汽流量测量 值	FLOAT32	必 选
	Flow_CirculatingWaterIn	循环上水流量测	FLOAT32	必

	量值		选
Flow_RawFlashInput	原闪进料流量	FLOAT32	必选
Flow_IVFeed	IV效加热室进料流量	FLOAT32	必选
Flow_VFeed	V效加热室进料流量	FLOAT32	必选
Flow_FourFlashDischarge	四闪出料流量测量值	FLOAT32	必选
Flow_SecondaryStream	二次汽水流量测量值	FLOAT32	必选
Flow_Lye	液碱量流量	FLOAT32	必选
Flow_DissolveNewStream	溶出新蒸汽水流 量测量值	FLOAT32	必选
Flow_SecondaryCondensateOutput	二次蒸汽冷凝水泵出口冷凝水流量	FLOAT32	必选
Flow_CirculatingMotherLiquor	循环母液流量	FLOAT32	必选
Flow_FiveEffectEvaporation	五效母液蒸发与碱液调配母液流量	FLOAT32	必选
Flow_SemenCooling	精液降温种子分解母液流量	FLOAT32	必选
Flow_AHROasting	到氢氧化铝焙烧子项洗水流量	FLOAT32	必选
Flow_Dissolution	到溶出子项洗水	FLOAT32	必

		流量		选
压力值	Pressure_NewStream	新蒸汽压力	FLOAT32	必选
	Pressure_HeatingChamber n	n效加热室压力， n为降膜母液蒸发与碱液调配器的台数	FLOAT32	必选
	Pressure_SecondaryFlash n	n闪二次汽压力测量值，n为自母液蒸发与碱液调配器的台数	FLOAT32	必选
	Pressure_Strem1-0	1-0#汽压力测量值	FLOAT32	必选
	Pressure_CollerOutput	水冷器出口汽压力测量值	FLOAT32	必选
	Pressure_SeparationChamber n	n效分离室压力， n为降膜母液蒸发与碱液调配器的台数	FLOAT32	必选
液位值	LiquidLevel_SeparationChamber n	n效分离室液位， n为降膜母液蒸发与碱液调配器的台数	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_MotherLiquorEvaporation	n级自母液蒸发与碱液调配器液位，n为自母液蒸发与碱液调配器数量	FLOAT32	必选

	LiquidLevel_NewSteamCondensate	n#新蒸汽冷凝水罐液位，n为冷凝水罐数量	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_StockLiquidFlash	原液闪蒸槽液位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_RawLiquid	原液槽液位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_QualifiedLyeTank	合格碱液槽液位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_DisperseUniformTank	调配均匀槽液位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_HotWaterTank	热水槽液位	FLOAT32	必选
调节阀	CV_NewSteamSetting	新蒸汽压力调节阀开度给定值	FLOAT32	必选
	CV_NewSteamFeedback	新蒸汽压力调节阀开度反馈值	FLOAT32	必选
	CV_FlashFeedSetting	原闪进料流量调节阀开度给定值	FLOAT32	必选
	CV_FlashFeedFeedback	原闪进料流量调节阀开度反馈值	FLOAT32	必选
	CV_IVHeatingChamberSetting	IV效加热室流量调节阀开度给定值	FLOAT32	必选
	CV_IVHeatingChamberFeedback	IV效加热室流量调节阀开度反	FLOAT32	必选

		馈值		
	CV_LyeSetting	液碱量流量调节阀开度给定	FLOAT32	必选
	CV_LyeFeedback	液碱量流量调节阀开度反馈	FLOAT32	必选
	CV_NewSteamCoolingOutputSetting n	n#新蒸汽冷凝水罐的出水阀门开度给定, n为新蒸汽冷凝水罐数量	FLOAT32	必选
	CV_NewSteamCoolingOutputFeedback n	n#新蒸汽冷凝水罐的出水阀门开度反馈, n为新蒸汽冷凝水罐数量	FLOAT32	必选
	CV_SecondaryCoolingLiquidSetting n	n#二次蒸汽冷凝水罐液位设定值, n为二次蒸汽冷凝水罐数量	FLOAT32	必选
电导率	Conductivity_SecondaryCoolingLiquid	二次冷凝水电导率	FLOAT32	必选
	Conductivity_HotWaterTank	热水槽电导	FLOAT32	必选
浓度值	Concentration_FourFlashDischarge	四闪出料浓度	FLOAT32	必选
	Concentration_VDischarge	V效出料浓度	FLOAT32	必选
	Concentration_StockConcentration	原液浓度测量值	FLOAT32	必选
	Concentration_Lye	碱液调配浓度	FLOAT32	必选

				选
--	--	--	--	---

6.7 氢氧化铝焙烧区域

6.7.1 流程描述

氢氧化铝焙烧是通过高温焙烧（1100~1200℃）脱除氢氧化铝附着水和结晶水，并完成Al₂O₃的晶形转换，生产出满足质量要求的氧化铝产品。

本区域除了氢氧化铝焙烧工序外，还包括氢氧化铝储运、氧化铝储运等辅助工序。本区域流程框图见图7。

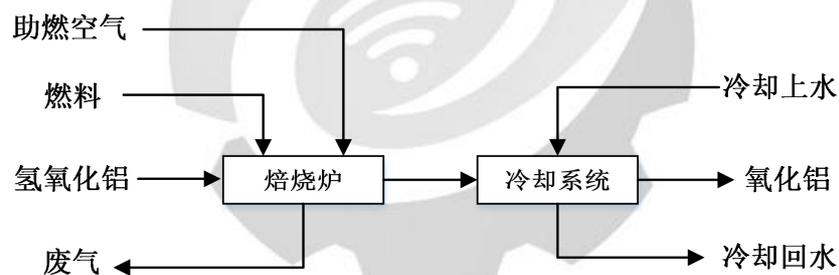


图7 氢氧化铝焙烧区域流程框图

6.7.2 模型功能

对于新建项目，根据氢氧化铝过滤工序来的氢氧化铝物料性质、焙烧燃料以及氧化铝质量要求，通过模型模拟运算，选取适合的焙烧炉运行条件，并进行辅助设备选型。

对于运行中企业，根据氢氧化铝过滤工序来的氢氧化铝物料性质、焙烧燃料变化，通过模型模拟运算，获得合适的生产控制条件，使氢氧化铝焙烧区域工序维持高效运行。

6.7.3 建模过程

- 根据氧化铝产品要求确定氢氧化铝焙烧控制参数，例如焙烧温度；
- 氢氧化铝焙烧过程中发生哪些化学和物理反应；
- 根据焙烧炉温度设定要求确定燃料及助燃风的配比。

6.7.4 模型运算条件

- 燃料性质（温度、成分或热值）；
- 氢氧化铝性质（温度、附着水等）；
- 氢氧化铝焙烧炉系统参数设定（主炉焙烧温度）；
- 助燃空气性质（温度、含水率等）。

6.7.5 模型运算结果

——物料流量

- a) 氢氧化铝流量；
- b) 燃料消耗量；
- c) 冷却水流量；
- d) 助燃风量。

6.7.6 信息模型

氢氧化铝焙烧区域的工艺模型如表6所示。

表6 氢氧化铝焙烧区域工艺模型

属性集	属性名称	含义	数据类型	基本建模规则
压力值	Pressure_VacuumPumpInlet	真空泵进口压力	FLOAT32	必选
	Pressure_CompressedAirTube	压缩空气管压力	FLOAT32	必选

Pressure_PO1GasOutput	PO1烟气出口压力	FLOAT32	必选
Pressure_PO1Cone	PO1锥部压力	FLOAT32	必选
Pressure_PO2Cone	PO2锥部压力	FLOAT32	必选
Pressure_PO3Cone	PO3锥部压力	FLOAT32	必选
Pressure_CO1Cone	CO1锥部压力	FLOAT32	必选
Pressure_CO2Cone	CO2锥部压力	FLOAT32	必选
Pressure_CO3Cone	CO3锥部压力	FLOAT32	必选
Pressure_CO4Cone	CO4锥部压力	FLOAT32	必选
Pressure_CO4AirInput	CO4入口空气压力	FLOAT32	必选
Pressure_KO1FluidizedWind	KO1流化风压力	FLOAT32	必选
Pressure_KO2FluidizedWind	KO2流化风压力	FLOAT32	必选
Pressure_ElectricDustOutput	电收尘出口压力	FLOAT32	必选
Pressure_Gas	煤气总管压力	FLOAT32	必选
Pressure_NaturalGas	天然气总管压力	FLOAT32	必选

	Pressure_AO2In-OutDif	AO2进出口差压	FLOAT32	必选
	Pressure_PO4In-OutDif	PO4进出口差压	FLOAT32	必选
液 位 值	LiquidLevel_S002AHSlurryTank	S002氢氧化铝浆液槽液位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_S010MotherLiquor	S010母液槽液位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_S011FirstWeakFiltrate	S011第一弱滤液槽液位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_S012SecondWeakFiltrate	S012第二弱滤液槽液位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_S027StrongFiltrate	S027强滤液槽液位	FLOAT32	必选
	LiquidLevel_HotWaterTank	热水槽液位	FLOAT32	必选
流 量 值	Flow_AHSlurryPipe	氢氧化铝料浆管流量	FLOAT32	必选
	Flow_WashPipe	洗水管洗水流量	FLOAT32	必选
	Flow_CompressedAir	压缩空气流量	FLOAT32	必选
	Flow_CollingWater	冷却水流量	FLOAT32	必选
	Flow_KO1FluidizedWind	KO1流化风流量	FLOAT32	必选
	Flow_KO2FluidizedWind	KO2流化风流量	FLOAT32	必选

	Flow_Gas	煤气总管流量	FLOAT32	必选
	Flow_NaturalGas	天然气总管流量	FLOAT32	必选
	Flow_AHFeed	氢氧化铝喂料量	FLOAT32	必选
	Flow_T12Gas	T12煤气流量	FLOAT32	必选
	Flow_V08Gas	V08煤气流量	FLOAT32	必选
	Flow_V19Gas	V19煤气流量	FLOAT32	必选
	Flow_T11Gas	T11煤气流量	FLOAT32	必选
	Flow_T12NaturalGas	T12天然气流量	FLOAT32	必选
	Flow_V19NaturalGas	V19天然气流量	FLOAT32	必选
	Flow_T11NaturalGas	T11天然气流量	FLOAT32	必选
	Flow_SystemInput	系统入口风量	FLOAT32	必选
温度值	Temp_AO2Output	AO2出口温度	FLOAT32	必选
	Temp_PO1GasOutput	PO1烟气出口温度	FLOAT32	必选
	Temp_PO2Top	PO2顶部温度	FLOAT32	必选

Temp_PO2Discharge	PO2出料温度	FLOAT32	必选
Temp_PO2GasOutput	PO2烟气出口温度	FLOAT32	必选
Temp_PO3Top	PO3顶部温度	FLOAT32	必选
Temp_PO4Top	PO4顶部温度	FLOAT32	必选
Temp_PO4GasOutput	PO4入口烟气温度	FLOAT32	必选
Temp_CO1Top	CO1顶部温度	FLOAT32	必选
Temp_CO2Top	CO2顶部温度	FLOAT32	必选
Temp_CO3Top	CO3顶部温度	FLOAT32	必选
Temp_CO4Top	CO4顶部温度	FLOAT32	必选
Temp_CO4Output	CO4出口温度	FLOAT32	必选
Temp_CO4AirInput	CO4入口空气温度	FLOAT32	必选
Temp_Feed	氧化铝上料温度	FLOAT32	必选
Temp_Discharge	氧化铝出料温度	FLOAT32	必选
Temp_ElectricDustInput	电收尘入口温度	FLOAT32	必选

Temp_ElectricDustOutput	电收尘出口温度	FLOAT32	必选
Temp_Chimney	烟囱温度	FLOAT32	必选
Temp_KO1KO2WaterInput	KO1KO2 入口水温	FLOAT32	必选
Temp_KO1KO2WaterOutput	KO1KO2 出口水温	FLOAT32	必选
Temp_FanFixedEndBearing	风机固定端轴承温度	FLOAT32	必选
Temp_FanFreeEndBearing	风机自由端轴承温度	FLOAT32	必选
Temp_MotorFixedEndBearing	电机固定端轴承温度	FLOAT32	必选
Temp_MotorFreeEndBearing	电机自由端轴承温度	FLOAT32	必选
Temp_ExhaustFanMotorWindingA	排风机电机绕组温度A	FLOAT32	必选
Temp_ExhaustFanMotorWindingB	排风机电机绕组温度B	FLOAT32	必选
Temp_ExhaustFanMotorWindingC	排风机电机绕组温度C	FLOAT32	必选
Temp_AshReturn	返灰温度	FLOAT32	必选
Temp_ThinOilTank	稀油站油箱温度	FLOAT32	必选
Temp_ThinOilSupply	稀油站供油温度	FLOAT32	必选

阀门	ExhaustFanDamper	排风机风门开度	FLOAT32	必选
	MixingValve	分料阀开度	FLOAT32	必选
	ColdDamper	冷风阀开度	FLOAT32	必选
主电机	Current_MainFanMoter	主风机电机电流	FLOAT32	必选
	Speed_MainFanMoter	主风机电机转速	FLOAT32	必选
	Vibration_MainFanMoter	主风机轴承震动	FLOAT32	必选
重量值	Weight_AHWarehouse	氢氧化铝仓仓重	FLOAT32	必选
物性参数	Oxygen_GasOutput	烟气出口氧含量	FLOAT32	必选
	Methane_PO1GasOutput	PO1烟气出口甲烷含量	FLOAT32	必选

7 氧化铝厂工艺三维模型

7.1 建模一般程序

应使用先进的三维设计平台和完备的数据库及编码系统进行工艺三维模型设计。三维模型设计一般遵循以下程序：

- 根据项目等级规定建立建模项目数据环境；
- 搭建软件环境，确保多专业能够协同三维建模；

——根据项目需求建立协同管理平台，使得项目各参与方能够共享项目资源，各专业能够在同一空间内协同建模；

——建立项目设备模型，如“圆柱形带搅拌槽体”模型，或直接从模型库中选取；

——建立项目轴网，定义模型空间统一基准点；

——基于 P&ID 或 datasheet 等，在三维设计软件中定义设备基本属性，包括设备名称、设备编码、设备外形尺寸、搅拌功率等；

——将各类设备按照工艺配置要求进行组合定位；

——建筑、结构专业搭建符合相应设计阶段的三维模型；并同时建立其他专业模型；专业间模型可相互参照；

——根据 P&ID 设计方案，在管道数据库中选取相应等级，选区管道属性，包括管道尺寸（DN），压力等级（PN），从设定起点开始进行管道布置以及阀门布置；

——设备、管道布置完，三维模型的工作基本完成；

——进行阶段性模型检查，根据检查清单对模型各类内容进行逐一检查，发现问题并修改，直至没有问题。

7.2 料浆制备区域

本区域设备主要包括：

——固体物料运输设备，例如胶带输送机、长距离管状皮带输送机，其功能是运输氧化铝生产需要的固体块状或粉状原料，包括铝矿石、石灰等；

——堆存设备，例如堆料机，其功能是实现铝矿堆场中铝土矿的堆存；

——取料设备，例如取料机，其功能是实现从铝矿堆场中将铝土矿转移至皮带上运出堆场，堆取料机除了可实现铝土矿堆取，还能对铝土矿进行均化；

——磨矿设备，例如球磨机，其功能是将矿石磨细至要求的细度；

——分级设备，例如水力旋流器、弧形筛、回转筛等，其功能是将含不同粒度的矿浆物料进行分级；

——流体物料存储设备，例如合格矿浆槽，其功能是储存原矿浆，实现缓冲；

——流体物料输送设备，例如矿浆泵，其功能是输送溶液或者矿浆。

7.3 溶出区域

本区域设备主要包括：

——矿浆加热设备，例如套管换热器，其功能是将矿浆进行加热，使矿浆温度达到目标值；

——闪蒸设备，例如料浆自蒸发器，其功能是完成高温溶出后矿浆的闪蒸减压降温；

——流体物料存储设备，例如预脱硅槽、冷凝水罐、稀释槽、热水槽，其功能是储存流体（例如预脱硅矿浆，冷凝水、溶出后矿浆、热水等），实现设定的缓存时间；

——流体物料输送设备，例如隔膜泵、矿浆泵，其功能是输送矿浆或者溶液。

7.4 赤泥分离洗涤区域

本区域设备主要包括：

——赤泥分离洗涤设备，例如赤泥沉降槽，其功能是将溶出后矿浆进行固液分离和洗涤，多选用深锥沉降槽或者平底沉降槽；

——流体物料储存设备，例如稀释后槽，其功能是储存稀释的溶出矿浆，并且给矿浆发生反应提供足够的停留时间；

——流体物料输送设备，例如矿浆泵，其功能是输送溶液或者矿浆。

7.5 种子分解区域

本区域设备主要包括：

——过滤设备，例如叶滤机、立盘过滤机、平盘过滤机，其功能是通过过滤的方式，实现液固分离；

——换热设备，例如板式换热器、宽流道板式换热器、套管换热器，其功能是通过冷热介质之间的热交换，实现生产中物料升温（或降温），达到设定的温度；

——流体物料储存设备，例如粗液槽、精液槽、氢氧化铝料浆储槽、分解槽等，其功能是储存粗液、精液、氢氧化铝料浆等流体介质，给物料提供缓存时间；

——分级设备，例如水力旋流器，其功能是实现分解后氢氧化铝料浆的粗细氢氧化铝分级。

7.6 母液蒸发与碱液调配区域

本区域设备主要包括：

——换热设备，例如原液预热器、蒸发器，其功能是将蒸发原液加热至足够高的温度；

——流体物料存储设备，例如蒸发原液槽、蒸发母液槽、冷凝水罐、热水槽，其功能是储存流体（例如蒸发原液、蒸发母液、冷凝水、热水等），实现设定的缓存时间；

——流体物料输送设备，例如原液泵、蒸发母液泵，其功能是输送溶液；

——闪蒸设备，例如自蒸发器，其功能是完成高温溶出后蒸发溶液的闪蒸减压降温。

7.7 氢氧化铝焙烧区域

本区域设备主要包括：

——氢氧化铝焙烧炉，其功能是在高温条件下，使氢氧化铝受热分解，生产产品氧化铝；

——点火装置，为焙烧炉配套，通常包括启动热发生器、干燥热发生器、主燃烧器和点火燃烧器；

——输送设备，例如定量给料机、胶带输送机、螺旋输送机等，其功能是为输送氢氧化铝焙烧炉的送料和出料；

——风机，例如鼓风机和排风机等，其功能是为焙烧炉提供助燃空气和调温空气；

——冷却系统，例如流态化冷却器，其功能是将焙烧出料氧化铝降温；

——电收尘，其功能是收集焙烧炉烟气中的固体颗粒，既能满足环保标准中对于烟气中颗粒含量的要求，又可回收氢氧化铝。



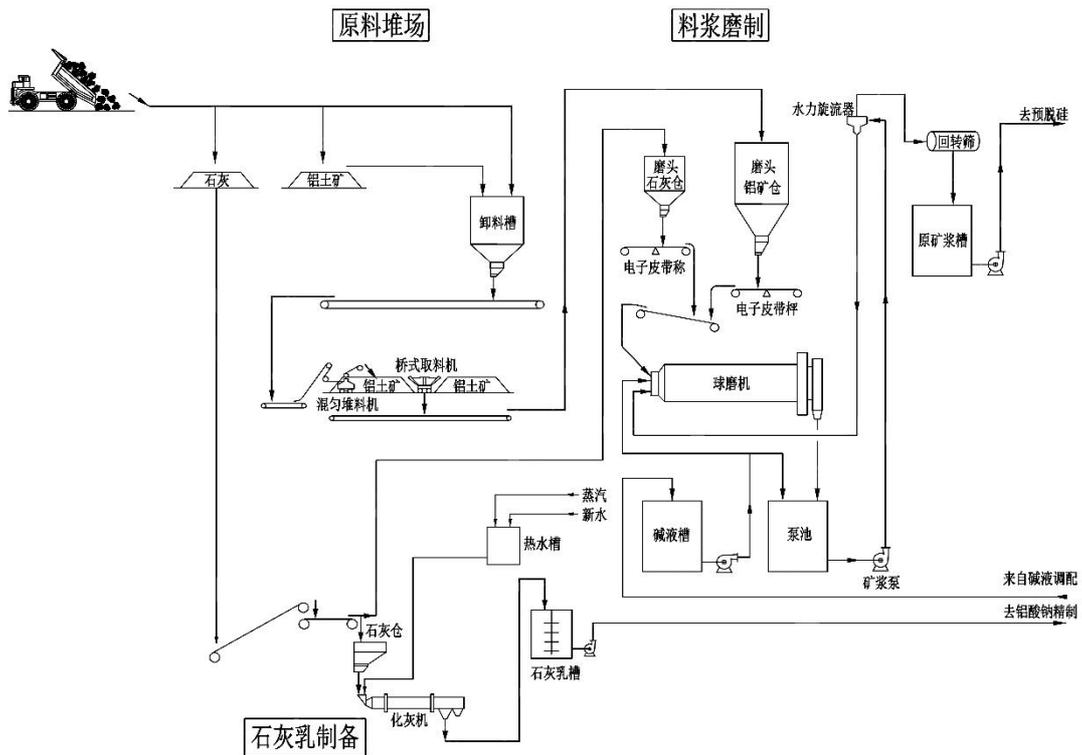
工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

附录 A

(资料性附录)

典型氧化铝工艺模型案例

A.1 氧化铝工艺模拟流程图



Alliance of Industrial Internet

图 A-1 料浆制备区域流程图 (示例)

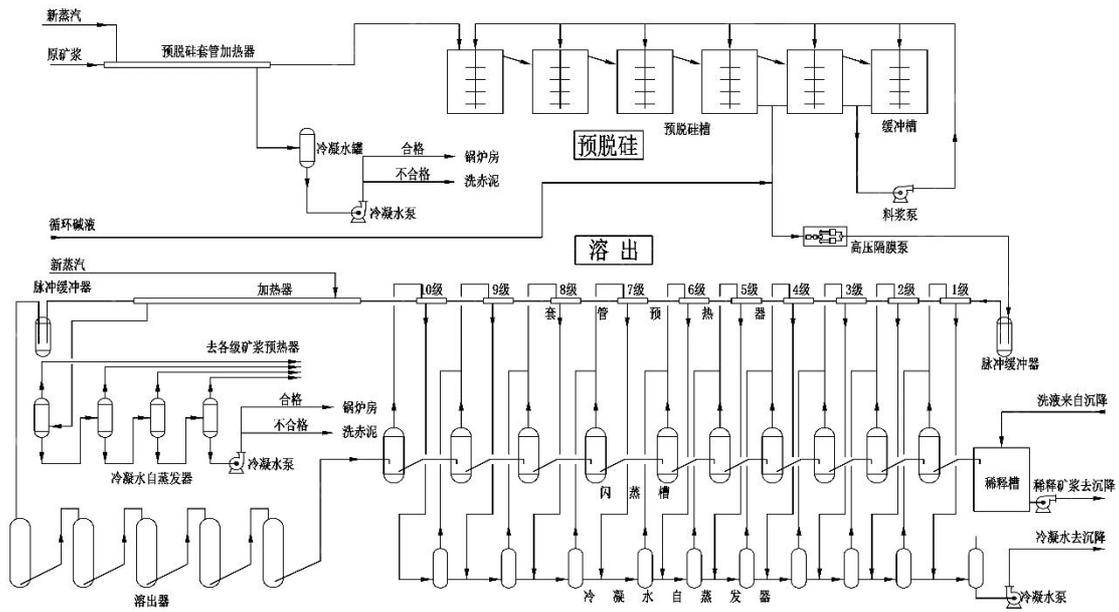


图 A-2 溶出区域流程图 (示例)

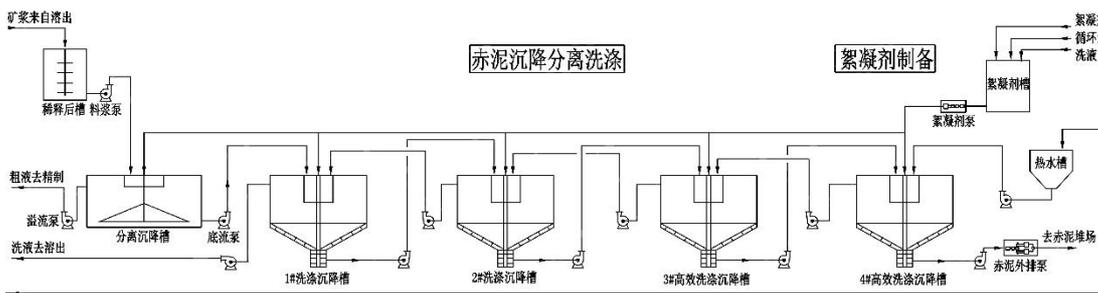


图 A-3 区域流程图 (示例)

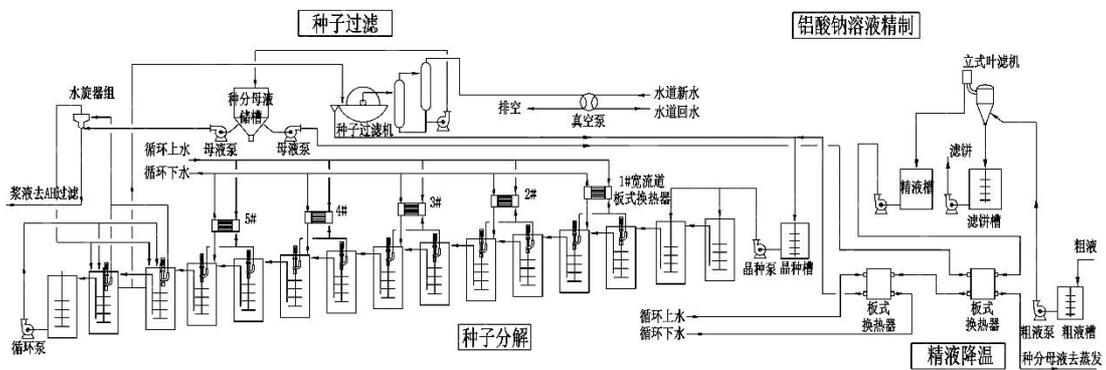


图 A-4 氢氧化铝区域流程图 (示例)

A.2 氧化铝工艺三维模型图



图 A-7 料浆制备区域三维模型（示例）

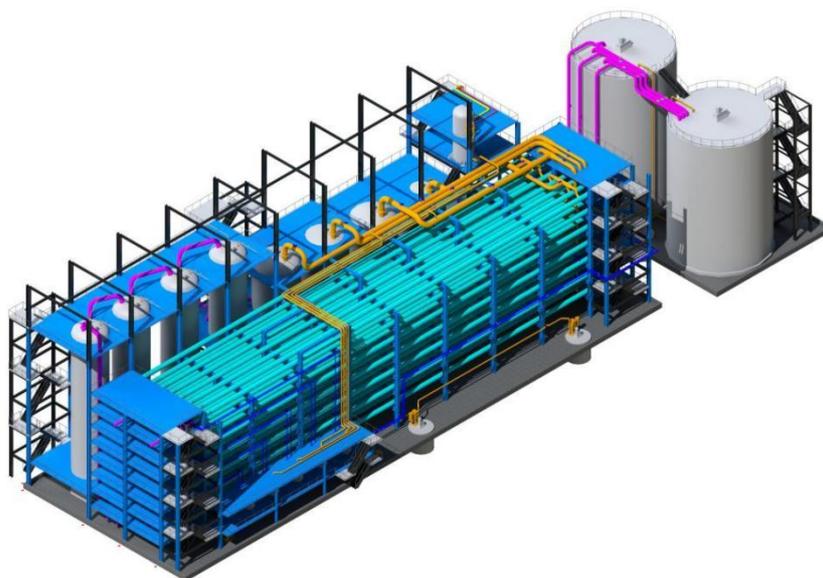


图 A-8 溶出区域三维模型（示例）

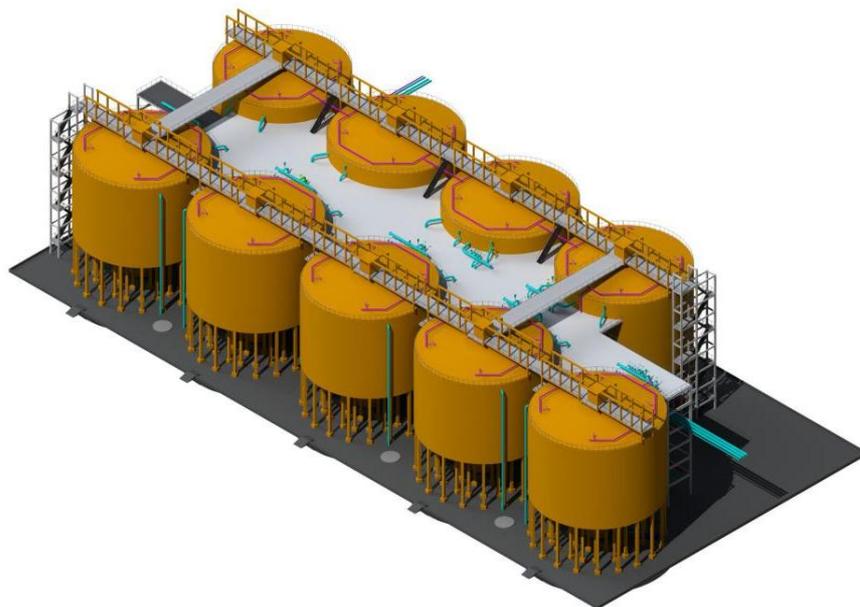


图 A-9 赤泥分离洗涤区域三维模型（示例）

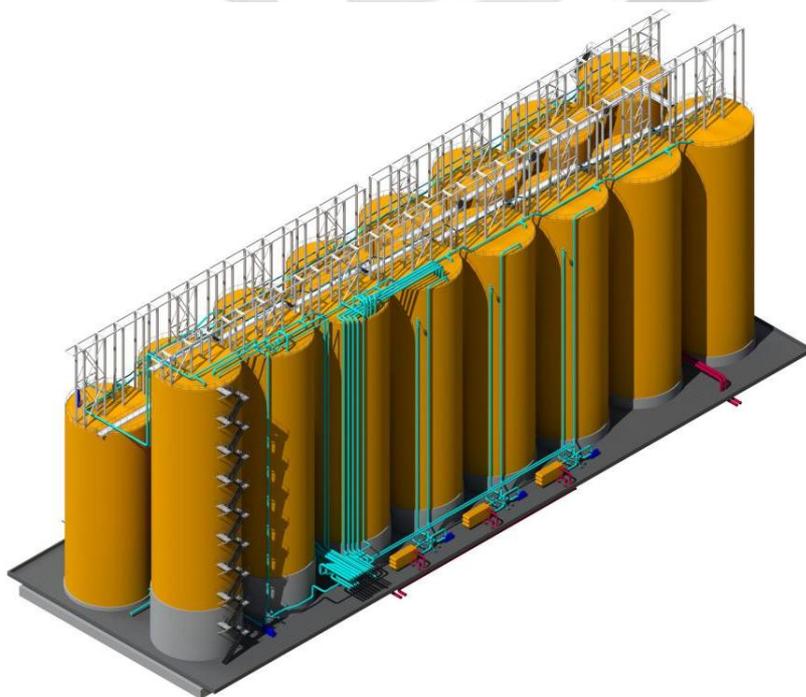


图 A-10 种子分解区域三维模型（示例）

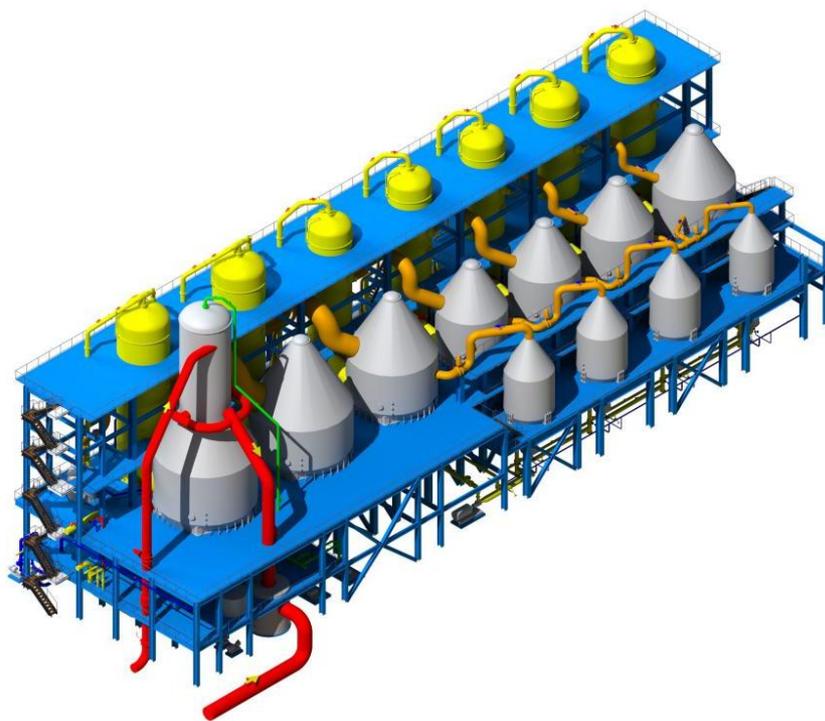


图 A-11 母液蒸发与碱液调配区域三维模型（示例）



图 A-12 氢氧化铝焙烧区域三维模型（示例）

A.3 氧化铝工艺模拟模型建模示例

以国内某铝矿石，120万吨/年生产线规模建模示例。

A.3.1 料浆制备区域

A.3.1.1 模型运算条件

——矿石成分(%)；

一水硬铝 石	石英	赤铁 矿	针铁 矿	石灰 石	高岭 土	锐钛 矿	有机碳	附水	其 他	合计
69.89	8.4	1.6	1.78	0.96	8.25	2.6	0.08	4	2.44	100

——石灰成分(%)；

氧化 铝	二氧化 硅	氧化铁	氧化钙	二氧化 碳	其他	小计
1.47	2.45	0.58	85.00	6.75	2.75	100.0

——矿石、石灰配矿比例(质量比)；

矿石：石灰=7~10%

——磨机填充率；

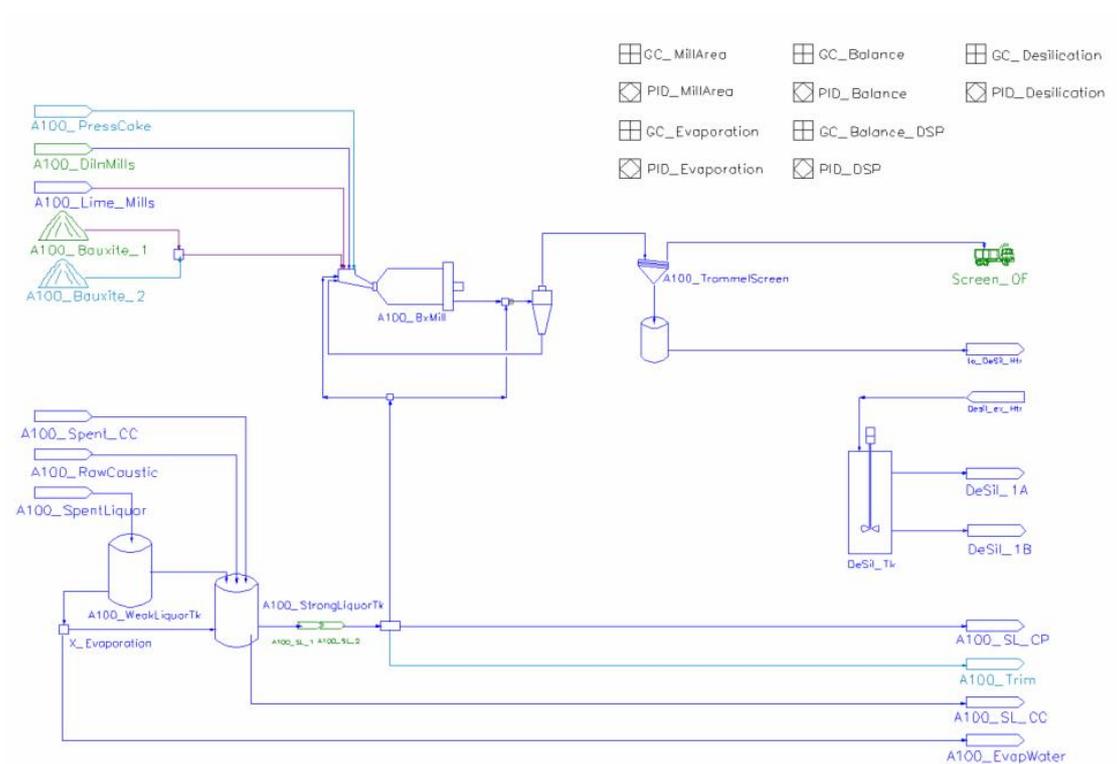
矿石(固相物料)：循环碱液(液相物料)=60%~80%；

——矿浆分级系统运行参数。

分级系统进料固含：450g/l，分级底流回收率：32%。

A.3.1.2 建立模型

利用专业流程模拟软件进行建模，并输入模型运算条件，见图A-13。



图A-13 原料磨制流程模拟模型

A.3.1.3 模型运算结果

——流程运行条件及指标

a) 合格矿浆固含;

353.2 g/L

——物料流量

矿石	t/h	292.8
石灰	t/h	31.75
入磨循环碱液	m ³ /h	251.55
磨后泵池加入循环碱液	m ³ /h	612.5
合格矿浆	m ³ /h	981.11

A.3.2 溶出区域

A.3.2.1 模型运算条件

——矿浆固相成分（%）；

一水硬铝 石	石 英	赤铁矿	针铁矿	石灰 石	铝酸 钙	高岭 土	锐钛矿	有机碳	其他	合计
59.13	7.11	1.36	1.51	0.81	17.53	6.98	2.20	0.02	3.36	100.00

——矿浆液相成分（g/L）；

氢氧化 钠	铝酸钠	碳酸钠	草酸钠	硫酸钠	氯化钠	硅酸钠	水	合计
18.41	18.58	3.24	0.10	0.03	0.07	0.30	59.28	100

——循环碱液成分（g/L）；

氢氧化 钠	铝酸钠	碳酸钠	草酸钠	硫酸钠	氯化钠	硅酸钠	水	合计
17.09	21.71	3.20	0.10	0.03	0.06	0.29	57.51	100.00

——溶出温度制度（进料、预热、加热、停留）；

进料温度	94.3	°C
预热段出料温 度	203.56	°C
加热段出料温 度	261	°C
停留段温度	261	°C

——加热蒸汽参数；

新蒸汽温度T: 280°C, 压力P=7.19MPa

——设备选型参数（预热级数、加热级数、闪蒸级数、各级换热器的换热系数等）；

设置11级预热（10级二次汽预热+1级新蒸汽冷凝水预热），1级新蒸汽加热，

11级闪蒸

换热器 12#	0.6973	kW/m ² ·K
换热器 11#	0.6973	kW/m ² ·K
.....		
换热器 02#	0.8717	kW/m ² ·K
换热器 01#	0.8717	kW/m ² ·K

——溶出过程发生的化学反应；

溶出过程中主要涉及到的反应见下表。

碳元素的反应
.....
TCA 生成
DSP 生成
HG 生成

——溶出过程不同阶段发生的化学反应的进度；

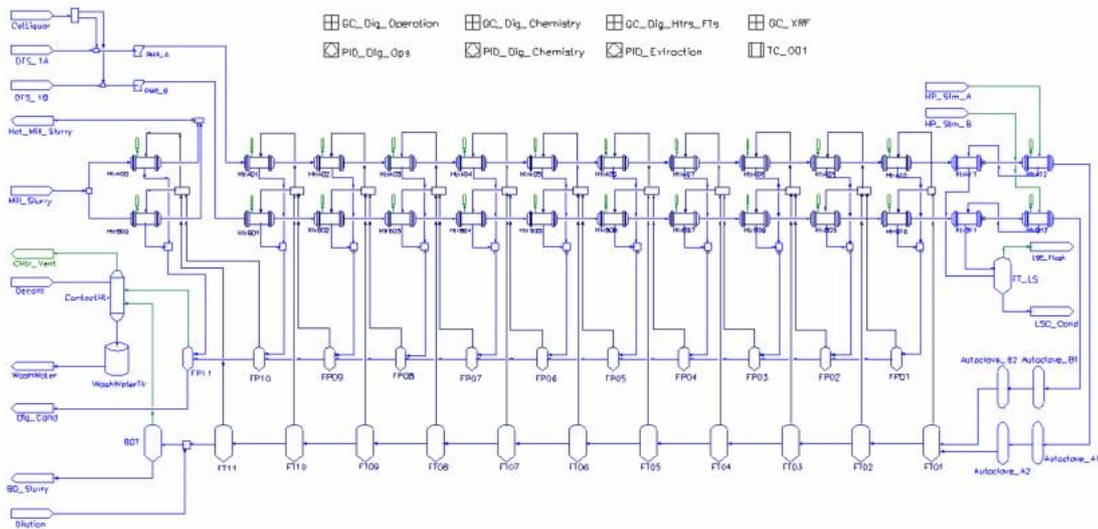
随反应温度不同而异。

——溶出液目标分子比。

ak=1.43

A.3.2.2 建立模型

利用专业流程模拟软件进行建模，并输入模型运算条件，见图A-14。



图A-14 溶出流程模拟模型

A.3.2.3 模型运算结果

——结果指标

c) 溶出后矿浆液相化学成分(%)；

氢氧化钠	铝酸钠	碳酸钠	草酸钠	硫酸钠	氯化钠	硅酸钠	水	合计
5.07	34.30	2.36	0.08	0.02	0.05	0.22	57.91	100.00

d) 溶出后矿浆固相化学成分(%)；

一水硬铝石	0.01
一水软铝石	0.53
赤铁矿	5.52
碳酸钙	0.33
HG	2
.....	
DSP	8.50
磷酸钙	0.36
钛酸钙	7.60

有机碳	0.09
合计	100.00

——物料流量

溶出出料矿浆	m ³ /h	1687.54
新蒸汽冷凝水	t/h	88.94
二次汽冷凝水	t/h	128.24
新蒸汽	t/h	88.94

A.3.3 赤泥分离洗涤区域

A.3.3.1 模型运算条件

——赤泥洗水成分(%)；

氢氧化钠	铝酸钠	碳酸钠	水	其他	合计
0.25	0.02	0.15	99.58	0.01	100.00

——目标粗液碱浓度(Na₂O_k)；

167g/L

——目标末洗赤泥附碱；

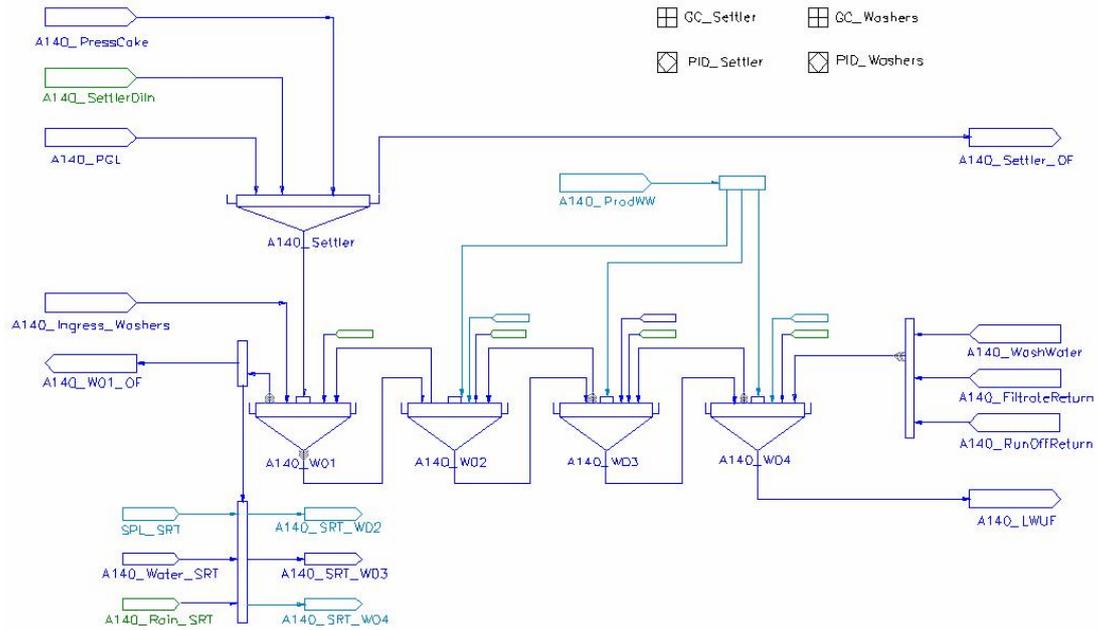
5 kg Na₂O₁/t-干赤泥

——赤泥洗涤制度。

设置4次洗涤

A.3.3.2 建立模型

利用专业流程模拟软件进行建模，并输入模型运算条件，见图A-15。



图A-15 赤泥分离洗涤流程模拟模型

A.3.3.3 模型运算结果

——结果指标

f) 粗液成分 (g/L) ;

氢氧化钠	铝酸钠	碳酸钠	草酸钠	硫酸钠	氯化钠	硅酸钠	水	合计
5.09	33.60	2.33	0.08	0.02	0.05	0.21	58.62	100.00

g) 粗液浮游物浓度;

450 mg/L

h) 未洗赤泥附碱量;

4.93 kg Na₂O_T/t-干赤泥

i) 外排赤泥液相化学组分 (%) ;

氢氧化钠	铝酸钠	碳酸钠	草酸钠	硫酸钠	氯化钠	硅酸钠	水	合计
0.62	0.50	0.21	0.00	0.00	0.00	0.01	98.65	100

j) 外排赤泥固相化学组分 (%) 。

一水硬铝石	0.01
一水软铝石	0.49
氢氧化铝	5.45
赤铁矿	5.09
碳酸钙	0.48
.....	
DSP	4.34
磷酸钙	0.33
钛酸钙	7.01
有机碳	0.08
合计	100.00

——物料流量

赤泥洗水量	t/h	680.42
外排赤泥	t/h	264.78
粗液	m ³ /h	1854
赤泥洗液	m ³ /h	680

A.3.4 种子分解区域

A.3.4.1 模型运算条件

——分解原液化学成分(%)；

氢氧化钠	铝酸钠	碳酸钠	草酸钠	硫酸钠	氯化钠	硅酸钠	水	合计
5.09	33.60	2.33	0.08	0.02	0.05	0.21	58.62	100.00

——分解固含制度(首槽固含、种子附液率等)；

首槽固含：800 g/L；

种子附液率：20 %

——分解温度制度（首槽温度、末槽温度、过程降温梯度等）；

首槽温度：60 °C；

末槽温度：48 °C；

过程温度梯度：从进料槽开始，每台槽降2°C；

——停留时间；

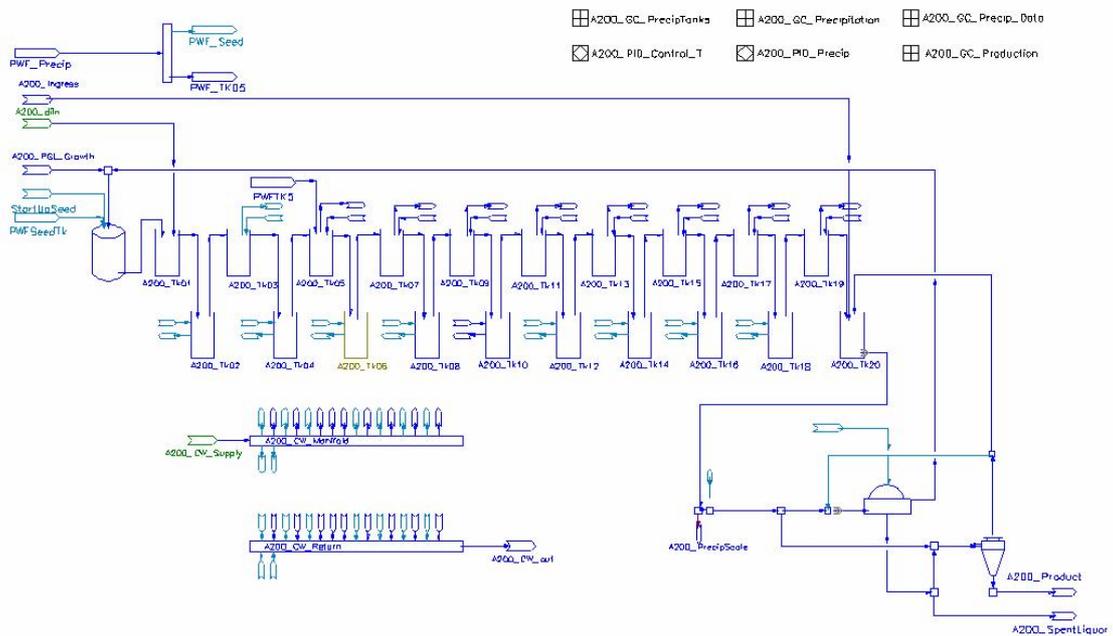
45小时。

——氢氧化铝分级效率。

33%。

A.3.4.2 建立模型

利用专业流程模拟软件进行建模，并输入模型运算条件，见图A-16。



图A-16 种子分解流程模拟模型

A.3.4.3 模型运算结果

——结果指标

c) 分解后溶液成分(%)；

氢氧化钠	铝酸钠	碳酸钠	草酸钠	硫酸钠	氯化钠	硅酸钠	水	合计
11.89	16.11	2.44	0.08	0.02	0.05	0.22	69.17	100.00

d) 分解率；

50%

e) 氢氧化铝粒度。

-20um≤12%， -45um≤30%， +150um≤2.5%

——物料流量

氢氧化铝产品料浆	t/h	378.88
过程晶种循环量	t/h	2950
种分母液	m ³ /h	1353
循环水	m ³ /h	5600

A.3.5 母液蒸发与碱液调配区域

A.3.5.1 模型运算条件

——蒸发原液成分(%)；

氢氧化钠	铝酸钠	碳酸钠	草酸钠	硅酸钠	氯化钠	硫酸钠	水	合计
13.18	24.88	2.20	0.13	0.18	0.13	0.21	99.35	100.00

——蒸发原液温度；

85℃

——加热蒸汽参数(压力、温度)；

17.72	24.25	3.65	0.12	0.04	0.07	0.34	53.82	100.00
-------	-------	------	------	------	------	------	-------	--------

f) 蒸发母液温度;

87.5°C

g) 循环碱液化学成分(%) ;

氢氧化钠	铝酸钠	碳酸钠	草酸钠	硫酸钠	氯化钠	硅酸钠	水	合计
17.09	21.71	3.20	0.10	0.03	0.06	0.29	57.51	100.00

h) 循环碱液温度。

80°C

——物料流量

蒸发母液	m ³ /h	668.7
循环碱液	m ³ /h	972
苛性碱	m ³ /h	25.5
冷凝水	t/h	445.2
新蒸汽	t/h	89.4
循环水	t/h	5120

A.3.6 氢氧化铝焙烧区域

A.3.6.1 模型运算条件

——燃料性质(温度、成分或热值);

燃料成分	CO ₂	CO	H ₂	N ₂	H ₂ S	O ₂	CH ₄	H ₂ O	小计
%	6	27	14	50	0.1	0.2	0.6	2.1	100.0
比热 kJ/m ³ ·°C	1.629	1.299	1.281	1.295	1.515	1.310	1.577	1.4986	1.321

——氢氧化铝性质(温度、附着水等);

氢氧化铝温度: 50°C, 附水: 3.5 %

——氢氧化铝焙烧炉系统参数设定（主炉氢氧化铝焙烧温度、氢氧化铝焙烧炉温度分布、燃空比等）；

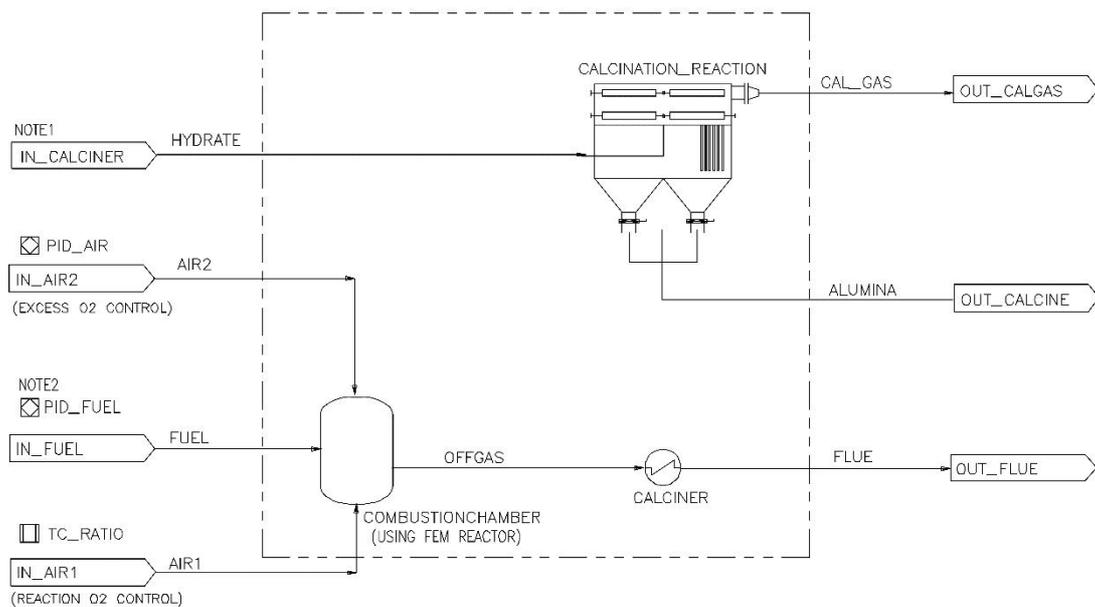
部位	AO2	PO1	PO2	PO3	PO4	C01	C02	C03	C04
温度 $^{\circ}\text{C}$	165	185	350	1020	950	820	570	420	250

——助燃空气性质（温度、含水率等）。

空气温度： 25°C ，相对湿度：0.6

A.3.6.2 建立模型

利用专业流程模拟软件进行建模，并输入模型运算条件，见图18。



图A-18 氢氧化铝焙烧流程模拟模型

A.3.6.3 模型运算结果

——物料流量

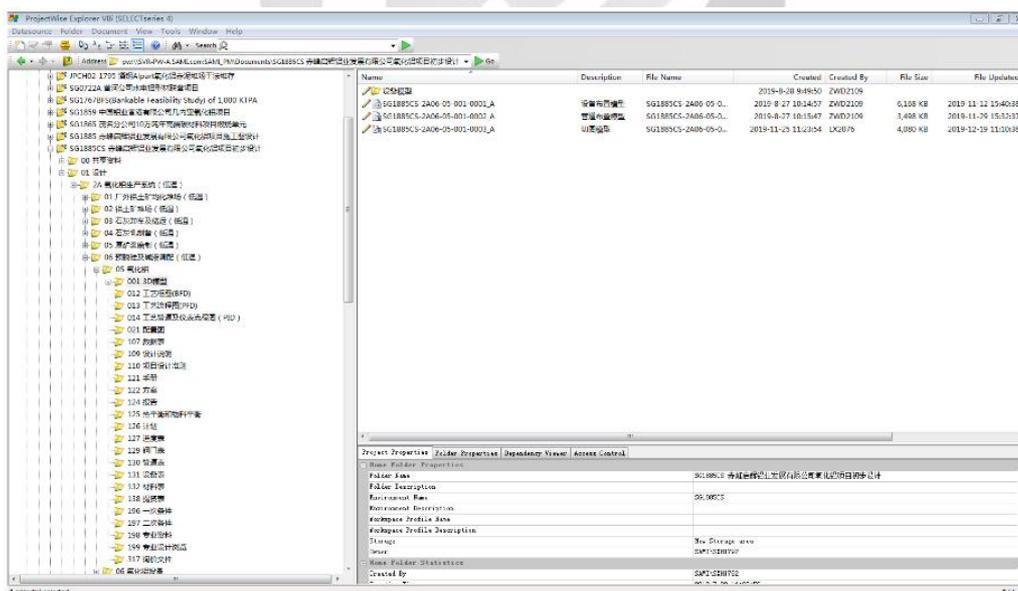
氧化铝	t/h	137
燃料	m^3/h	79.18

冷却水	t/h	480
助燃风	m ³ /h	611944
废烟气	m ³ /h	509953

A.4 氧化铝工艺三维模型建模示例

以预脱硅工序为例建立三维模型

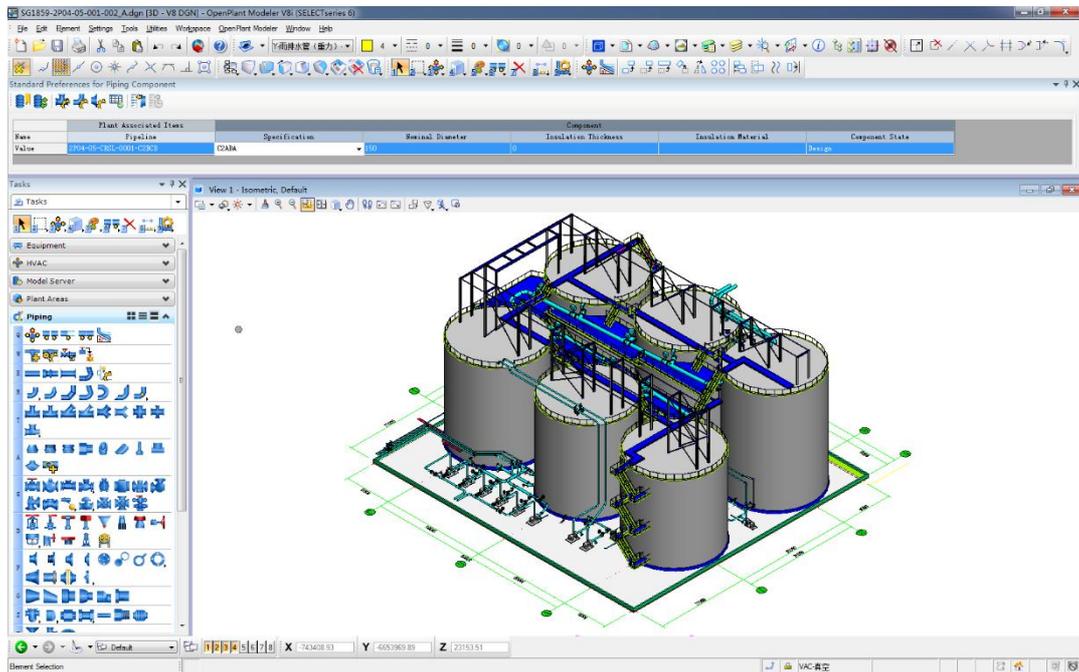
- 1) 根据项目级等级规定建立建模项目数据环境;
- 2) 搭建软件环境, 确保多专业能够协同三维建模;
- 3) 根据项目需求建立协同管理平台, 使得项目各参与方能够共享项目资源, 各专业能够在同一空间内协同建模;



图A-19 建立协同工作目录环境

- 4) 建立项目设备模型, 如“圆柱形带搅拌槽体”模型, 或直接从模型库中选取;
- 5) 建立项目轴网, 定义模型空间统一基准点;

- 6) 基于P&ID或datasheet等，在三维设计软件中定义设备基本属性，包括设备名称、设备编码、设备外形尺寸、搅拌功率等；
- 7) 将各类设备按照工艺配置要求进行组合定位；
- 8) 建筑、结构专业搭建符合相应设计阶段的三维模型；并同时建立其他专业模型；专业间模型可相互参照；



图A-20 建立各专业模型并组合到同一空间内

- 9) 根据P&ID设计方案，在管道数据库中选取相应等级，选区管道属性，包括管道尺寸（DN100），压力等级（PN16），从设定起点开始进行管道布置以及阀门布置；

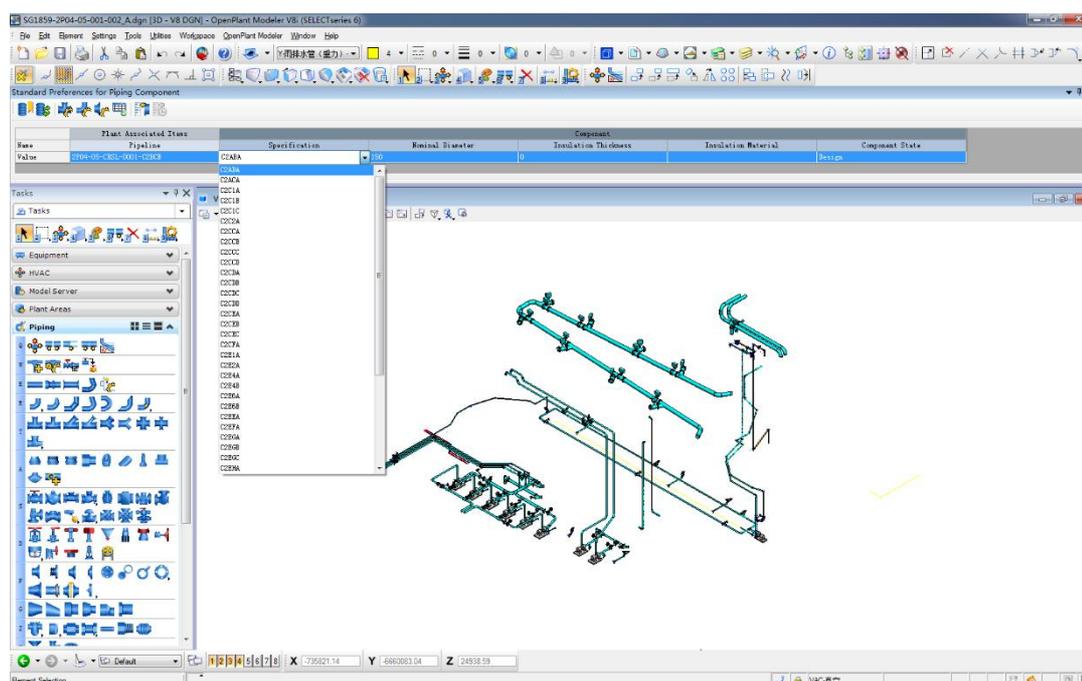


图 A-21 选择正确的数据环境建立管道模型

- 10) 设备、管道布置完，三维模型的工作基本完成；
- 11) 进行阶段性模型检查，根据检查清单对模型各类内容进行逐一检查，发现问题并修改，直至没有问题。



图A-22 三维模型会签检查



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

参考文献

[1] GB/T 50530-2022 氧化铝厂工艺设计规范

[2] GB/T 51021-2014 轻金属冶炼工程术语标准



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet