

复杂地形条件下油气站场总图设计优化研究

庞雪颖 李小丽 沈嘉莹 张家炜

长庆工程设计有限公司 陕西 西安 710016

【摘要】：复杂地形会压缩油气站场可用场坪，并放大道路纵坡、边坡稳定、排水路径和防火间距之间的矛盾。本文识别场地高差、安全间距、运输通道和排水边坡四类条件，提出工艺装置成组、平台分级、道路低坡接入和清污分流排水的总图设计方法。站场平面应在规范安全边界内减少管廊绕行和重复道路，使平台高程、消防通达和低位收集区相互校核，形成可施工、可检修、可排水的布置方案。

【关键词】：复杂地形；油气站场；总图设计；竖向布置；安全间距

DOI:10.12417/2811-0528.26.19.022

引言

油气站场包含计量、分离、增压、储运、放空和控制等单元，平面距离、道路通达和竖向标高共同决定运行安全。复杂地形中的山脊、沟谷和陡坎会削弱完整平台宽度，平面布置若脱离高程条件，后续常出现大削方、长管廊、消防道路陡坡和雨水汇集失控。总图设计需要把地形约束提前转化为可比方案，在防火间距不降低的前提下协调工艺顺序、平台分级、道路接入和排水防护。

1 复杂地形下油气站场总图设计条件

1.1 复杂地形场地高差识别设计基础

复杂地形场地的首要约束来自高差分布，而不是单个最高点或最低点。山脊平台、沟谷低洼区和人工回填边界会同时影响设备基础标高、管廊支架高度和道路接入口^[1]。总图设计前应把等高线密集区、天然汇水线、潜在滑坡边界和可利用缓坡分别标出，再把主要装置占地宽度与平台可展开宽度匹配。生产装置、计量撬、压缩机房和控制室对平整度、振动隔离和管线接入要求不同，适宜通过主平台、辅助台地和局部台阶分担高差；过深削坡会增加支护和截水压力，过厚填方会抬高地基处理成本，站内短距离土方调配与分级平台更适合山地场址，也便于施工阶段复核高程和边坡边界。高差识别与平台分级关系见图1。

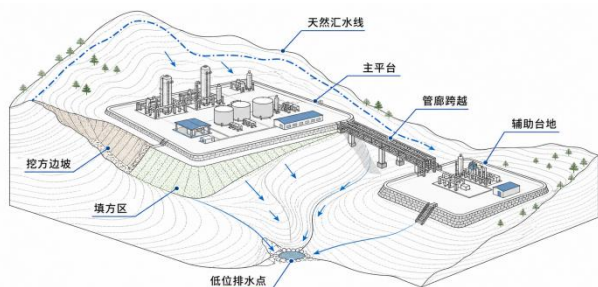


图1 复杂地形场地高差识别与平台分级关系

图1中，主平台位于较宽缓坡，辅助台地布置在右侧次级平台，管廊跨越沟谷连接两处装置，天然汇水线和低位排水点说明平台分级必须同时校核排水方向。

1.2 油气站场工艺安全间距布置约束

油气站场总平面布置受防火间距、爆炸危险区域、放空影响范围和消防作业面约束。复杂地形会使水平投影距离与真实通达距离出现差异，两处设施即使平面距离充足，中间若存在陡坎、挡墙或不可通行坡面，消防与检维修路径仍可能失效^[2]。储罐区、装卸区、加热炉区、压缩机区和控制室应按危险源强度和人员停留特征分区，控制建筑宜布置在风险较低且疏散方向清楚的平台。间距并非越大越好，过度分散会拉长管线、增加跨沟支架和阀组数量；设计应保留不可压缩的安全红线，压缩非危险功能之间的零散空地、重复道路和过宽隔离带。山地受限边界内的安全分区关系见图2。

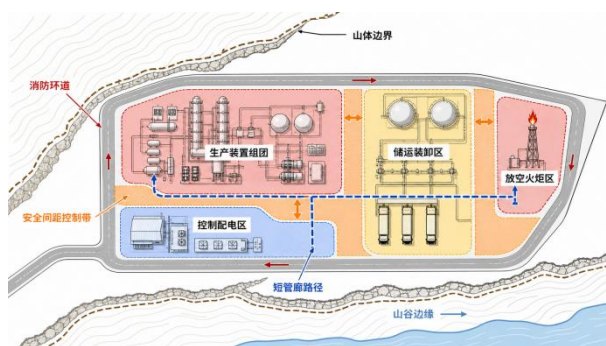


图2 山地受限场址内工艺安全分区布置

图2中，生产装置组团和储运装卸区被安全间距控制带分隔，控制配电区位于下侧独立区域，放空火炬区布置在右端，消防环道沿场界连续组织，短管廊路径减少了跨区绕行。

1.3 山地运输通道竖向衔接控制要求

站场道路承担施工运输、日常巡检、消防到达和事故疏散

任务,纵坡、转弯半径和净空条件直接影响总图可运行性。大型设备运输偏向缓坡和稳定吊装面,消防车道要求连续环通或可靠回车场,巡检道路则靠近阀组、排水沟和边坡防护点。道路若只沿场界被动绕行,平台连接会集中在少数陡坡位置,雨季冲刷和重车制动风险同步上升。竖向衔接宜采用主入口低坡接入、生产平台短距离连接、辅助平台分级回转的方式,管廊、电缆沟和排水沟跨越道路时同步核对覆土厚度、检修开挖空间和横向排水。

1.4 场坪排水边坡防护适用条件

复杂地形站场的排水具有外部输入特征,山坡汇水、平台硬化面径流和道路边沟水量会在暴雨时叠加。总图设计应先识别上游自然汇水线和冲沟,再确定截洪沟、平台排水沟、事故水收集和清污分流位置。生产区雨水不得随地形低点直接外排,含油污水、初期雨水和消防事故水进入可控收集系统,清洁坡面水尽量在站外或站边截排。边坡防护与排水成组设计,

高填方边坡依靠坡脚排水减弱浸润软化,深挖边坡依靠上缘截水减少冲刷;靠近储罐、放空区和消防道路的边坡,还要按失稳后影响范围提高防护等级。

2 油气站场总图设计优化对策

2.1 划分并压缩工艺装置平面间距

装置间距调整应以风险分区和工艺流向为双重基准。油气进入、计量、分离、加热、增压、储存和外输存在明确物料顺序,平面布置可沿主流程形成短管线骨架,再把放空、污水、消防、供配电和控制建筑布置在风险可隔离的位置^[3]。复杂地形不宜让装置平均铺开,工艺联系紧密、检维修频次相近且危险等级可共同管控的单元可合并成小平台,平台之间通过管廊、道路和排水系统分层连接。不能压缩的储罐、明火、放空和人员建筑边界保留为红线,可调整的是零散空地、重复道路和管廊绕行。分区后的平台高程、道路坡度和检修宽度可按表1同步校核。

表1 复杂地形油气站场总图分区参数配置

功能分区	平台相对高程 m	道路坡度比值	检修通道宽度 m	主要安全控制点	排水组织
生产装置区	0	0.04	6	与明火、放空和控制室保持规范间距	平台边沟接入初期雨水收集
储罐及装卸区	-1.50	0.04	7	保留消防作业面和防火堤检修通道	围堰内事故水单独收集
控制及配电区	2	0.05	4	远离高危险源并保持独立疏散方向	屋面与场地雨水清污分流
放空及火炬区	3.50	0.06	4	位于人员停留区外侧并避开主入口	坡面截水沟外排清洁汇水
事故水及调蓄区	-3	0.05	5	低位布置但不削弱边坡稳定	汇集生产区可控排水
检修消防环道	1	0.05	6	连续到达主要装置并预留回车空间	道路侧沟分段消能

表1中,事故水及调蓄区的平台相对高程为-3m,低于生产装置区和控制及配电区;放空及火炬区的道路坡度比值为0.06,检修通道宽度为4m,说明该区以独立边界和低频检修为主;储罐及装卸区保留7m通道,更适合承担消防作业面。

2.2 改进竖向设计运输流线组织

竖向设计应服务运输流线,而不只是表达场坪标高。复杂地形油气站场可采用主生产平台、辅助台地和低位排水收集的分级方式,使重型设备运输集中在坡度较小、转弯条件较好的主通道上,巡检与消防道路围绕主要危险源形成连续可达界面^[4]。平台高差等级0至5对应布置压力指数0至1.0,道路通达由0.12升至0.90,排水组织由0.10升至0.88,边坡防护由0.08升至0.86;道路坡度难以下降时,主入口缓坡过渡段可按20m

控制,消防回车场边长按12m校核,生产平台检修通道保留6m净宽。主入口附近预留卸车转运空间,生产平台边缘设置可封闭检修支路,低位区布置事故水池和雨水调蓄设施,可使道路、平台、排水和边坡防护相互校核。平台高差等级对道路、排水和边坡压力的相对影响见图3。

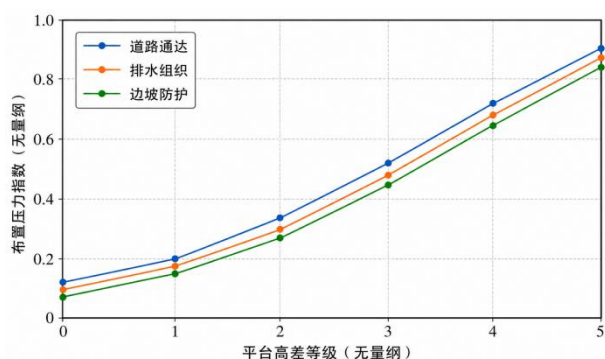


图3 平台高差等级与布置压力指数关系

图3中,平台高差等级由0升至5时,道路通达曲线由0.12

升至0.90,排水组织曲线由0.10升至0.88,边坡防护曲线由0.08升至0.86;三条曲线均呈上升态势,说明竖向方案越依赖高差转换,道路坡段、汇水路径和坡面防护越需要同步加强。

3 结语

复杂地形下油气站场总图设计应把安全距离、平台高程、道路通达和排水防护作为同一组约束处理。高差识别确定主平台和辅助台地,防火间距限定储运、放空、明火与控制建筑边界,道路竖向关系保证消防和检修可达,截排水与边坡防护控制汇水和坡体失稳。工艺单元成组、无效间距压缩、主通道低坡接入和低位事故水收集可以降低管线绕行与土石方压力,具体项目仍需用勘察、洪水和设备运输参数复核。

参考文献:

- [1] 张振兴.油气田地面集输系统拓扑布局优化研究进展[J].山东化工,2022,51(2):64-66+70.
- [2] 唐兆泰,刘景月,衣俊弛.复杂地形下高黏介质管输压力波动控制策略研究[J].化学工程与装备,2026,(6):67-69.
- [3] 张凯,张保滨,李小波,等.大小模型协同的油气田开发智能体架构设计与展望[J].中国石油大学学报(自然科学版),2026,50(4):210-223.
- [4] 廉培庆,马翠玉.智能体 AI 驱动油气开发流程重塑的架构、方法与实践[J].石油科技论坛,2026,45(3):79-89.