

化工项目场地设计中土方平衡的合理性探讨

姚丽斐

江苏省化工设计院有限公司 江苏 南京 210024

摘要:土方平衡是化工项目场地设计的核心环节,直接影响项目施工安全、建设成本与后期运营稳定性。本文立足化工场地施工特殊性,阐述土方平衡设计的核心理论与规范要求,剖析地形地貌、功能布局、施工条件等影响因素,梳理当前设计精细化不足、安全经济失衡、专业衔接不畅等现存问题。针对性提出勘察优化、数字化测算、多专业协同、动态调控等优化策略,结合工程案例验证方案有效性,为化工场地土方平衡科学化设计提供参考。

关键词:化工项目;场地设计;土方平衡;合理性

引言:化工项目场地地形改造与平整施工,是保障装置设备安装、安全生产运营的基础工程。相较于普通建筑场地,化工场地兼具生产安全、环保防渗、管线敷设等专项需求,对土方平衡设计精度与规范性要求更高。当前部分化工项目土方设计存在理念滞后、测算粗放、协同不足等问题,易引发资源浪费、地基隐患、后期整改等工程问题。基于此,本文系统探究土方平衡设计的现存短板,探索科学优化路径,助力提升化工场地设计质量与工程效益。

1 化工项目场地土方平衡基础理论与设计规范

1.1 土方平衡核心概念与内涵

(1) 土方平衡定义:土方平衡是化工场地平整与地形改造的核心设计手段,在项目施工全过程中,系统统筹场地土石方的开挖总量、回填总量、废料外运量及土方外购补充量。通过科学规划土石方调配路径与用量,合理消纳场地多余土方、补充施工缺方,规避土方资源浪费,实现土石方收支基本平衡、资源最优配置的工程设计模式,是场地土建施工的基础核心环节。(2) 化工场地土方平衡特殊性:相较于普通民用建筑场地,化工场地功能体系更复杂,土方平衡设计具备极强的专项性。设计需适配化工装置分区布局、地下管线密集敷设、生产污水有序排放、应急缓冲场地预留等特殊生产功能,不能仅满足场地平整基础需求,需统筹地形地貌、生产安全、工艺运行多重维度,兼顾施工可行性与后期运营稳定性^[1]。

1.2 化工项目土方平衡设计基本原则

(1) 安全性原则:作为化工场地设计的首要原则,重点规避土方开挖、回填作业引发的地基沉降、地基失稳、边坡滑坡等地质隐患。同时严格契合化工场地

特殊安全要求,适配场地防洪排涝、防渗隔离、防爆缓冲等安全设计标准,从土方施工层面筑牢场地安全基础。(2) 经济性原则:以资源高效利用为核心,精准计算土方收支数据,最大限度压缩土方外运与外购工程量,减少土石方转运、堆放、采购产生的额外费用。同时优化施工工序,缩短场地平整施工周期,有效降低场地土建施工的整体成本,提升项目经济效益。(3) 适配性原则:场地土方标高、地面坡度、分区高差等核心参数,严格贴合化工装置布局、生产工艺流程及管线敷设规范,精准适配化工设备安装、物料输送、日常生产运营的各项需求,保障场地地形与生产体系高度契合。

1.3 化工场地土方平衡相关设计规范

(1) 通用工业场地土方设计规范:明确工业场地平整施工、土石方计量计算、边坡结构设计、土方压实标准等基础技术要求,为化工场地土方平衡提供通用技术依据,规范基础施工流程。(2) 化工专项场地设计规范:结合化工项目易燃易爆、易污染的安全特性,针对性规定场地坡度阈值、高差分区标准、防渗基底土方处理工艺等专项要求,适配化工场地特殊安全与生产需求。(3) 生态环保相关规范:严格约束土方施工过程中的生态保护措施,明确施工渣土合规处置、场地水土保持、扬尘防控等标准,规避施工造成的生态破坏与环境污染问题。

2 化工项目场地土方平衡的影响因素及现存问题

2.1 土方平衡设计的核心影响因素

(1) 场地原始地形地貌:场地原始地形地貌是土方平衡设计的基础先决条件,场地天然高差、地表坡度、土层结构、岩土类型及地质承载力等参数,直接决定场地开挖、回填的基础工程量与施工难度。地形起伏较

大、岩土分层复杂的场地，土石方调配难度显著提升，同时会制约边坡设计、地基处理方案，对整体土方平衡精度与施工方案起到决定性作用。（2）化工场地功能布局：化工场地功能分区复杂，生产装置区、原料仓储区、办公生活区、污水处理区等区域的功能定位不同，对场地标高、坡度、排水走向的要求存在明显差异。各分区的高差设计、布局排布需要适配生产工艺与安全规范，不同区域的差异化标高需求会直接改变土方调配方向与用量，是影响土方平衡方案合理性的核心人为因素^[2]。（3）施工与气候条件：土方施工工艺、现场降水排水体系、机械设备选型等施工条件，会影响土方压实质量、回填密实度及土方利用率。同时，雨季、汛期等气候条件易造成土体含水率超标、土方泥泞流失，降低回填土方利用率，打乱原有土方调配计划，最终导致理论土方平衡数据与实际施工效果存在偏差。

2.2 当前化工项目土方平衡设计现存问题

（1）设计精细化程度不足：现阶段多数化工项目土方设计测算精度偏低，多采用整体笼统测算方式，未结合化工场地功能分区开展精细化分层测算。设计过程忽略局部地形差异与施工细节，易出现土方调配不均、土方冗余浪费、缺方补量不合理等问题，大幅降低土方资源利用效率。（2）安全与经济性失衡：部分项目为压缩施工成本、减少土方外运与外购工程量，片面追求土方平衡的经济效益，过度简化地基处理、边坡防护、防渗排水等关键工序。忽视化工场地易燃易爆、易污染的特殊属性，导致地基稳定性不足、排水不畅、防渗能力不达标，存在重大生产安全隐患。（3）与专项设计衔接不足：土方平衡设计多独立开展，未充分对接地下管线敷设、消防通道布设、应急缓冲场地、污水收集系统等专项设计方案。场地标高、坡度设计与后续专项施工适配性差，项目完工后常出现管线敷设受阻、消防场地不达标等问题，产生大量后期整改与土方改造工程量。

2.3 问题产生的核心原因分析

（1）设计理念滞后：部分设计人员沿用普通工业建筑场地的土方设计理念与标准，未充分认知化工项目的工艺特殊性与安全特殊性。设计仅满足场地平整基础需求，未兼顾化工生产防渗、防爆、防洪、应急等专项要求，导致土方平衡方案适配性不足。（2）前期勘察不充分：项目前期场地勘察工作流于形式，对场地地质结构、岩土特性、地下水文、局部地形缺陷等数据勘察不全面、精度不足。不完善的勘察数据导致土方工程量测算偏差较大，理论设计方案与现场实际施工条件脱节，影响土方平衡整体效果。（3）多专业协同不足：化工

项目土方设计涉及土建、工艺、安全、给排水等多个专业，但各专业设计工作相对独立，缺乏统筹沟通与整体规划。专业间设计参数、方案要求未有效对接，出现设计冲突、标准不统一等问题，最终造成土方平衡设计系统性缺陷。

3 化工项目场地土方平衡合理性优化策略

3.1 优化前期勘察与土方测算精度

（1）细化场地勘察范围：针对化工项目场地功能特殊、安全要求高的特点，摒弃传统笼统的勘察模式，重点对化工装置核心区、地下管线廊道、边坡防护区、污水处理区域等关键区域开展精细化专项勘察。全面精准采集场地原始地形高差、岩土结构、地质承载力、地下水文分布及不良地质隐患等核心数据，细化勘察点位与勘察深度，为后续土方工程量计算、调配方案设计提供真实、精准、全面的基础数据支撑，从源头降低设计偏差。（2）采用数字化测算技术：摒弃传统人工估算、二维图纸测算的粗放模式，积极运用 BIM、GIS 等数字化技术，搭建场地三维立体仿真模型，真实还原场地原始地形地貌与地质分布情况。通过数字化系统精准核算场地开挖、回填、外运及外购土方工程量，自动修正测算误差，解决传统测算方式精度低、偏差大、主观性强的问题，大幅提升土方计量与方案设计的科学性与准确性^[3]。（3）优化土方调配方案：依托精准的勘察数据与测算结果，结合化工场地各功能分区的布局特点与施工需求，科学规划土石方调配路径。遵循“就近调配、就地消纳、按需分配”的原则，优先利用场地开挖土方填补场内缺方区域，最大限度减少土石方远距离转运、场外外运与土方外购作业，有效缩减施工运输成本，缩短土方施工周期，提升土方资源利用效率。

3.2 构建安全与经济兼顾的平衡设计体系

（1）优先保障场地安全：将场地安全作为土方平衡设计的首要准则，严格遵循化工场地专项设计规范，严控场地坡度、分区高差、地基压实度等核心参数。针对性优化高边坡、临建设施、装置基础周边的土方处理工艺，强化边坡防护、地基加固、场地防渗与防洪排水设计。坚决杜绝为压缩成本简化土方施工工序的行为，有效规避地基失稳、边坡滑坡、雨水积滞、介质渗漏等安全隐患，筑牢化工场地生产运营的安全基础。（2）精细化分区土方设计：结合化工场地功能分区差异化需求，推行分区化、差异化土方平衡设计。针对生产装置区设备精密、荷载大、防渗要求高的特点，采用高标准土方压实与平整设计；针对仓储区、辅助办公区、污水处理区的功能特性，匹配适配的场地标高与排水坡度。通过

分区精准设计,实现各区域土方收支局部平衡,避免全域统一设计造成的资源浪费与场地适配性不足问题,兼顾施工质量与使用需求。(3)合理利用废弃土方:建立土石方分类回收利用机制,对场地开挖产生的合格素土、砂石土方进行筛选回收,统一堆放、妥善养护,用于场地回填、路基铺设等施工环节。对于受化工杂质、污水污染的不合格土方,严格按照环保规范集中收集、合规处置,严禁随意回填或堆放。通过土方分类利用与规范化处置,减少土方外购量与废弃土方外运量,在合规环保的前提下提升土方资源利用率^[4]。

3.3 强化多专业协同设计与动态调控

(1)建立多专业协同机制:搭建土建土方、工艺设计、给排水、消防应急、管线敷设等多专业一体化协同设计平台,打破各专业独立设计的壁垒。在土方设计初期,同步对接各专业设计需求,统筹场地标高、坡度、分区布局与管线走向、消防通道布设、应急场地预留、污水排放体系的适配性,实现各专业方案无缝衔接,从设计源头规避方案冲突、后期整改等问题。(2)实施动态土方平衡调控:构建全过程动态土方调控模式,摒弃静态固化的设计思路。在施工全过程中,实时对照现场实际地形、地质变化及施工进度情况,动态校核土方开挖、回填数据。针对现场突发的地形偏差、土方含水率异常、工程量变动等问题,及时优化调整土方调配方案,修正设计与施工的偏差,保障土方平衡效果贴合现场实际工况^[5]。(3)完善施工质量管控:制定标准化土方施工管控体系,严格规范土方开挖、摊铺、回填、压实的全流程施工工艺,明确各环节施工标准与验收规范。强化现场施工监督,严控回填土材质、分层厚度、压实度等关键指标,杜绝违规施工、敷衍施工等问题。通过精细化质量管控,保障土方平衡设计方案有效落地,提升场地地基稳定性与整体施工质量。

3.4 工程案例应用与效果验证

(1)项目概况:选取某精细化工生产项目(年产3000吨助剂)为案例。场地原始地形起伏大,存在局部低洼,土质为粉质黏土,水文复杂。涵盖生产装置区、

原料仓储区、污水处理区及办公辅助区。初始设计存在测算精度低、安全与经济失衡等典型问题。(2)优化方案实施:应用上述策略,先开展加密勘察(勘探点由8个增至22个),采用BIM建模精准核算土方总量约6.8万 m^3 。分区设计:装置区标高设定为102.5m,压实度 $\geq 95\%$;仓储区102.0m,压实度 $\geq 93\%$;污水处理区101.2m并增设防渗层。建立协同平台,同步调整管线走向与消防通道。施工中动态调控3次,调整缺方补充量约800 m^3 。(3)应用效果分析:优化后土方测算误差由12%降至3%,外运土方减少1.1万 m^3 ,外购土方减少0.6万 m^3 ,直接节约成本约68万元,施工周期缩短22天。地基压实度、坡度、防渗排水指标全部满足化工安全规范,前期存在的安全隐患彻底消除,验证了策略的合理性与实用性。

结束语

土方平衡设计的合理性是化工项目场地工程高质落地的关键,贯穿项目设计与施工全过程。本文结合化工项目专项特性,明确土方平衡设计原则与规范标准,深入剖析设计、施工、协同层面的核心问题,形成一套精准、安全、高效的优化设计策略。实践表明,精细化勘察、数字化测算与多专业动态协同,可有效解决土方设计各类问题,兼顾工程安全与经济效益,可为同类化工场地土方设计提供实操借鉴。

参考文献

- [1] 王浩宇,李建峰.化工厂区竖向设计与土方平衡优化策略研究[J].工业建筑,2024,54(7):189-193.
- [2] 张磊,陈宇.大型石化项目场地土方调配平衡设计与造价控制[J].化工设计,2023,33(4):23-27.
- [3] 孙晨,唐静.土石方综合利用和弃渣场选址及防护建议分析[J].交通科技与管理,2024,5(6):125-127.
- [4] 刘阳,赵凯.复杂地形化工项目土方平衡计算偏差及优化方法[J].岩土工程技术,2023,37(2):112-116.
- [5] 周鑫,吴文杰.基于精细化建模的化工场地土方平衡合理性分析[J].施工技术,2025,54(10):98-102.