 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i4.9959

Exploration of the General Plan Optimization Design of the Hydrogen Production and Hydrogenation Project in the Plant

Li Jiang Suhe Zhan Hao Liu Xinning Wang Zichao Ji

Shandong Electric Power Engineering Consulting Institute Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250013, China

Abstract

Against the backdrop of addressing the challenges posed by rapid global climate change and China's strategic goals of carbon peaking and carbon neutrality, hydrogen energy has emerged as a clean, efficient, safe, and sustainable secondary energy source. The development of its industrial sector has become a pivotal direction in China's strategic energy transition. As the core infrastructure of the hydrogen energy industry chain, the overall layout of integrated hydrogen production and refueling stations plays a critical role in project operational efficiency, safety, and economic viability. This paper takes a specific integrated hydrogen production and refueling station project as a case study, analyzing its process flow and overall layout from aspects such as national standards, functional zoning, fire safety distance control, and traffic organization, based on the project's construction background and process characteristics.

Keywords

master plan; functional zoning; fire safety distance; logistics organization

制氢加氢项目总图专业在厂区总平面优化设计方面的探索

姜俐 战苏荷 刘浩 王馨宁 冀字超

山东电力工程咨询院有限公司，中国·山东 济南 250013

摘 要

在应对全球气候急剧变化挑战以及我国提出的碳达峰和碳中和战略目标背景下，氢能作为一种清洁、高效、安全、可持续的二次能源，其产业发展已经成为我国战略能源转型发展的重要方向。制氢-加氢一体化站作为氢能产业链的核心基础设施，其总体平面布置对项目的运营效率、安全性和经济性都有至关重要的作用。本文以某制氢-加氢合建站项目作为具体研究对象，结合具体项目建设的背景与工艺流程特性，分别从国家标准、功能区划分、防火安全间距控制、交通组织等方面，对制氢-加氢项目的工艺流程和总体平面布置进行分析。

关键词

总图规划；功能区划分；防火安全间距；物流组织

1 引言

氢气是一种典型的具有易燃易爆特性的气体，因氢气的密度远小于空气，泄漏后极易发生向上扩散并积聚，遇火源极易引发爆炸、燃烧等风险。另外，氢气分子的体积较小，极容易发生渗透泄漏，尤其在高温环境下可能引发金属氢脆，将会进一步增加设备的运行风险。因此，对于其总体平面布置首先要将风险隔离作为核心考虑要素，严格控制好危险区域和非危险区域之间的空间关系，优化确定最佳安全防护距离，按要求配置应急通道。

基于此背景下，本文基于制氢 - 加氢系统工艺全流程，以“绿色集约、安全合规、成本可控、流程最优”为具体设计目标，从多个维度优化总图设计方案体系，为项目的高质量发展建设提供可靠支撑。

【作者简介】姜俐（1999–），女，中国山东青岛人，本科，助理工程师，从事总图设计研究。

2 制氢 – 加氢项目厂区平面总图设计的核心原则

2.1 安全优先原则

总图设计全过程需要严格遵循《氢气站设计规范》（GB50177-2005）、《化工企业总图运输设计规范》（GB50489-2009）、《加氢站技术规范》（GB 50516-2010）、《建筑设计防火规范》（GB50016-2014（2018 年版））、《建筑防火通用规范》（GB 55037-2022）等相关标准的要求，重点关注控制好危险区域与非危险区域之间的安全防护间距，明确爆炸危险区域划分，确保应急疏散路线规划合理、消防通道保持畅通，同时预留好足够的安全缓冲区域空间，防范可能潜在的安全风险。

2.2 流程适配原则

聚焦制氢、储氢、加氢等核心工艺流程环节，优化各

功能模块布局分区设计，以实现原材料运输路径最短、过程损耗最小为目标，形成“制 - 储 - 输”一体化链条，确保制氢集成设备区域与储存区、加氢区的工艺流程衔接顺畅。

2.3 集约高效原则

结合该项目具体的用地条件限制，合理优化厂区总体占地面积，充分提升土地的利用效率。通过采取“紧凑式布局”的设计模式，在满足相关安全规范的基础上，统筹安排功能区域的间距，合理整合相关辅助设施，有效利用空间，避免建设用地结构不合理。

2.4 可持续发展原则

考虑到氢能产业发展更新迭代较快，市场需求潜能增长空间大，总图设计建议为项目预留提升灵活性与适应性的拓展空间，保证后期扩建过程中不会影响现有设备正常运行，在工程项目中实现可持续发展。

3 总平面布置的主要设计要点及影响因素

3.1 功能区划分分析

制氢 - 加氢项目厂区包括制氢区、储氢区、加氢区、辅助生产、办公生活区等五个核心功能区域，项目优化设计方案在基于系统流程、安全防护两方面基础上，实现功能区域分区明确、边界清晰。

（1）危险区域集中分布：将制氢区、储存区、加氢区三个易燃易爆危险区集中设置在厂区下风向区域，与辅助生产区、生活办公区保持足够的安全距离，并设置单独的入口、出口，避免危险区和非危险区的交叉。

（2）工艺关联区相邻分布：将制氢、储氢、加氢区等工艺联系密切的区域进行集中布置，确保系统生产流程顺畅，减少氢气输送管道的长度，减少沿程损失及泄漏风险；加氢站车辆出入口分开布置，毗邻城市道路，方便加氢运输车辆快速出入；储氢区与加氢区之间设置物理隔离带，避免闲杂车辆误入，降低对厂区内部交通的干扰。

（3）辅助设施整合分布：将配电室、集控室、消防设施等公用建筑设施集中放置在非危险区，且靠近生产中心，缩小能源输送半径；生活办公区远离危险区域，布置在厂区上风向区，确保员工安全性与舒适性。

3.2 交通组织分析

生产区域交通组织以厂区通行效率、安全水平为核心，分为人流、物流两个通道，实现“各行其道、互不干扰”。

（1）物流路径优化：分别设置独立的运输入口、出口，运输车辆从生产区域入口直接进入制氢原料输送区，避免穿过辅助生产区与生活办公区；优化运输车辆转弯半径，合理错峰运输车辆的通行时间段，避免车辆拥堵。

（2）人流组织优化：生产人员与办公人员出入口分离，设置人行专用通道，与物流运输通道保持安全距离；在危险区与非危险区边界处设置安全警示与门禁系统，规范生产区域人员出入管理。

3.3 安全与防护间距分析

安全防护间距是制氢 - 加氢项目设计、施工中的核心管控要素，需要综合考虑设备类型、介质特性、危险等级等三方面确定。

3.3.1 与周边安全间距分析

生产区域边界与周围公共设施、居民区、企业等的防护间距需满足相关规范要求，在生产区域周边设置防护围墙，并考虑环境影响因素，降低事故影响程度、范围。

表 1 与周边环境的防火间距（m）

保护区域名称	依据	标准距离（m）
居住区以及商业中心、公园等人员密集场所。	《建筑防火通用规范》3.1.3、3.2.1	甲类与人员密集场所防≥ 50m，与其他民用建筑≥ 25m；甲类与明火或散发火花地点间距≥ 30m。甲类厂房与人员密集场所间距≥ 50m，与明火或散发火花地点间距不应小于 30m。
法律、行政法规规定予以保护的其他区域。	《建筑防火通用规范》10.2.5 《氢气站设计规范》表 3.0.2	架空电力线路不应跨越生产或储存易燃、易爆物质的建筑，仓库区域，危险品站台，及其他有爆炸危险的场所，相互间的最小水平距离不应小于电杆或塔高的 1.5 倍。 氢气站与架空电力线防火间距不应小于 1.5 倍电杆高度。
丙、丁、戊类生产厂房、库房。	《汽车加油加气加氢站技术标准》表 4.0.8 《氢气站设计规范》表 3.0.2	与加氢合建站一级站 / 二级站间距不应小于 25/20m。 与氢气罐（1001~10000m^3）间距不应小于 15m（一、二级）。
城市道路	《氢气站设计规范》表 3.0.3 《汽车加油加气加氢站技术标准》表 4.0.8	与氢气站 / 氢气罐不应小于 15m。 城市主干道、次干道与加氢合建站一级站 / 二级站间距不应小于 15/10m。

3.3.2 内部安全间距分析

制氢区用户分为厂内、厂外两种，因此，生产区域不能按自备制氢站的规范要求设计间距，应把制氢站、加氢站作为两个独立功能区综合考虑安全间距，两站点之间的安全间距则按照站外考虑。

制氢部分平面布置方案，按氢气站考虑。安全间距按照《氢气站设计规范》（GB 50177—2005）表 3.0.2、表 6.0.2 执行；加氢部分总平面布置时，站内设施安全间距按照《加氢站技术规范》GB 50516—2010 第 5.0.1A 条执行。

4 某制氢 – 加氢项目总图优化设计案例分析

某新建撬装式制氢 - 加氢项目，占地总面积约为 3.6hm^2，设计额定制氢能力为 510kg/d，加氢能力为 310kg/d，采用

电解水制取氢气，配套设施包括氢气储存、压缩、加氢设备、辅助设备。项目为矩形平坦地块，北侧为城市道路，西侧为工业用地，东侧与南侧为绿地。

4.1 工艺流程

制氢系统包括电解水气液分离与氢气纯化两个系统。

电解水气液分离系统生产流程如下：原料准备—电解反应—气液分离。

氢气纯化系统生产流程如下：脱氧—干燥再生。

4.2 功能分区

生产区域分为南北两个区域，南侧为制氢区、北侧为加氢区。将制氢、储氢、加氢区集中放置在由南向北依次布置在厂区西侧下风向区；生活办公区放置在厂区东侧上风向区，将公用、辅助设施放置在二者之间，与危险区域保持35m 的安全间距。

4.3 交通组织

制氢站区分别设置独立的东侧人员出入口和西侧货运出入口，外来货运车辆通过西侧入口运输至原料区，满足氢能运输车辆的作业要求。

加氢站区参考已竣工项目，对加氢站区全部进行硬化处理，满足加氢站装卸场地面积的要求；同时，在加氢站的东西两侧分别设置一个出入口，形成 “西进东出”的车辆运输线路。

4.4 安全标识

危险区域设置安全警示标识和实体围墙，设置专用应急疏散通道。

艺流程模块	核心设备 / 设施	平面布局位置	衔接关系
制氢系统	2 套 1000Nm³/h 电解槽、气液分离框架、氢气纯化装置、碱液罐 / 水箱	园区西北角	电解槽→气液分离装置→氢气纯化装置→氢气缓冲罐
储氢系统	1 台 0.5t 氢气球罐、20MPa/45MPa 储氢瓶组	制氢厂房南侧（室外独立区域）	氢气从制氢厂房→氢气球罐
加氢系统	2 台 35MPa 加氢机、45MPa 氢气压缩机、长管拖车停车位	厂区西南角	储氢瓶组→加氢机（加氢岛，4 个）；长管拖车停车位位于加氢岛西侧
公用工程系统	除盐水站、空压机房、氮气集装格	园区北侧中部	除盐水站→制氢厂房；空压机房→制氢 / 加氢系统；氮气集装格紧邻空压机房。
辅助与办公设施	控制室、化验室、生产综合楼	园区东北部	控制室紧邻辅助车间东侧；化验室含危废库（单独隔间，防渗漏设计）；生产综合楼位于园区东北角，避免人员密集区受风险影响。

5 结论与展望

5.1 结论

制氢 - 加氢项目厂区平面总图优化设计项目需要以安全规范为前提，以工艺流程为核心，统筹功能区划分、防火安全间距控制、交通组织等方面要素，实现 “集约、安全、高效”的设计目标。本文提出的设计方案与优化方法，通过功能分区集中化、物流组织合理化、安全间距精准化，有效解决了传统设计方案存在的突出问题，降低设计项目建设成本，提高生产区域安全水平。

5.2 展望

随着氢能产业技术的迭代与规模化发展，未来制氢 - 加氢项目将向一体式、大型化的方向推进，厂区平面总图设计也将面临新的机遇与挑战。总图的未来研究方向或可聚焦两个方面：一是利用数字化技术，多专业协同设计，通过构建 BIM 模型，实现可视化管理；二是探索系统协同模式，如风、光多能源互补发电耦合的氢储能模式。

参考文献

[1] GB 50177-2005，氢气站设计规范 [S].

[2] GB 50516-2020，加氢站技术规范 [S].

[3] 住房和城乡建设部。制氢加氢站工程技术标准 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2021.