

油氢合建加氢站建设与设计规范探讨

张旭

(中国石化工程建设有限公司, 北京100101)

摘要：加氢站与加油站合建可以有效解决用地审批困难、选址受限、远离终端客户及管理成本高等问题。通过功能设施分区，共用给水和排水、供电、站控及安防系统，可最大限度地降低合建站建设管理成本，节约土地资源，实现加油与加氢合建站的可持续发展。简要分析了油氢合建站的优势，从功能分区、建设方案、建站等级、安全管理及日常运维等多角度介绍了合建站的特点；剖析了国内外加氢站建设标准和规范发展现状，以《加氢站技术规范》GB50516—2010为切入点，对我国加氢站设计与建设标准的制定提出了合理化建议。分析结果可为加氢站项目建设或标准、规范修编提供参考。

氢能因其具有清洁、高效、安全、可持续发展的特性，被视为21世纪最具发展潜力的清洁能源[1]。氢能社会建设步伐的快速推进，对缓解能源紧张与环境污染问题显得尤为重要[2]。欧美、日本等国和地区制定了详细的氢能产业规划和发展路线图。我国高度重视氢能和燃料电池产业发展，得到了国家多部委、地方政府的持续关注[3—6]。国家将推进加氢站建设写进2019年政府工作报告，意在推动氢能基础设施建设。《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书（2016）》首次提出了中国氢能产业的发展规划图，提出到2020年实现5000辆级规模在特定地区公共服务用车领域的示范应用，建成100座加氢站；2025年实现5万辆规模的应用，建成300座加氢站；2030年实现100万辆燃料电池汽车的商业化应用，建成1000座加氢站[7]。

加氢站在国内起步较晚，设备供应商设备质量、工程建设及现场运营水平参差不齐[8—12]。国家、地方层面对加氢站方面的规划、标准建设相对滞后。与氢能产业链相关的技术标准、行业规范也在加紧制定和完善中[13—16]。加氢站大多选址离目标市场较近的区域，用地十分紧张，由于加氢站介质的特殊性及其高压等级，其安全、稳定及可靠运行问题备受社会关注[10, 14, 16]，因此管理部门在新建加氢站用地、环评审批等环节比较谨慎。

我国约有10万座加油站[17]，加油站遍及祖国的大江南北，改造加油站为加油加氢合建站仅需在原有加油站内新增氢气相关设施，解决现有加氢站土地规划、行政审批等问题。同时由于燃料电池车的大规模推广，必然导致燃油车数量减少、汽柴油需求的降低。将加油站改造为油氢合建站可以盘活加油站资产，提高土地使用效率，靠近终端客户，便于统一管理，减少危险性场所数量，因此，对于加油站与加氢站的合建进行探讨是很有必要的。

1 油氢合建加氢站优势

油氢合建站是依靠已有加油站而建，被认为是目前加氢站建设的最佳方式。部分加油站具备油氢合建站的基本条件，有足量的土地以及跟周边设施的距离满足加氢站技术规范（GB 50516—2010）的要求[18]。这不仅可以有效节约土地成本，而且可以依靠已有加油站销售网络，带来比较稳定的客户，形成一个可持续发展的加氢基础设施推广新模式，从而体现出建设油氢合建站的可行性。同时，现有加油站已有多年运营经验，在设备维护、安全管理以及人员素质方面都有得天独厚的条件，为油氢合建站的建设和示范运行提供了基本保障。

油氢合建站模式主要优势在于：①可以有效、快速地解决加氢站的规划布局和建设问题；②节约土地，减少城市近郊、远郊土地供应压力；③油氢共存，靠近终端客户，方便车辆加注氢气；④合理利用现有加油站人力资源和管理制度，便于统一管理，提升加氢站运营管理水平；⑤油氢合建站可以减少危险性场所数量，尤其是城市建成区危险性场所数量，有利于保障城市居民生命安全。

鉴于加氢站建设和运营的经济性是制约其发展的关键因素，综合分析来看，油氢合建站是满足未来相当长时间内油、氢燃料电池车共存期能源补给的最佳方式。

2 合建站建设方案及要点

2.1 功能分区

油氢合建站总图布置需要考虑两方面因素，一个是合建站内设施之间，以及站内与站外建构筑物物的安全间距[19]；一个是功能划分，满足合建站内加油、加氢车辆的合理车行流向。

油氢合建站需要实现功能区严格划分和相对隔离，确保合建站内加油、加氢安全。一般而言，将合建站分为加油设备区、加氢设备区、加油加注区、加氢加注区、商业区等五个功能区域。根据合建站实际情况，功能区域可以灵活调整。加油区和加氢区地面设置隔离沟，或者加氢区地面略高于加油区，避免逸散的油气向加氢区扩散。

加氢设备区设置有长管拖车、卸气柱、压缩机、储氢罐或储氢瓶、顺序控制盘、冷水机组或冷冻水机组等设施。从减少占地、便于管理等角度出发，加氢设备区的设备多采用模块化设计，缩短现场施工周期。加氢设备区多采用封闭管理模式，利用栅栏或围墙等形式形成封闭区域，防止非工作人员进入。

2.2建设方案

两种常见的合建站平面布置方案分别如图1、图2所示。针对既有加油站内增设氢气加注功能，可以采用固定储氢设施和移动储氢设施两种模式。如图1所示，在站房东侧增设加氢区域，在此区域内完成卸氢、压缩氢气、储存氢气和氢气加注。此区域为围墙或栅栏形成的封闭区域，设置有警示标志，严禁人员随意进入该区域。另外，可以利用现有加油岛改造为加氢岛[20]，加氢岛和加油岛可共用一个罩棚或做简单的改造，不需要进行额外建设，如图2所示。为了减少车辆、人流对加氢管线布置的影响，加氢岛与储氢罐之间管线设置于管沟内，在不填沙情况下管沟上铺设带孔盖板，防止氢气聚集；在管沟填沙情况下可以铺设不带孔盖板。

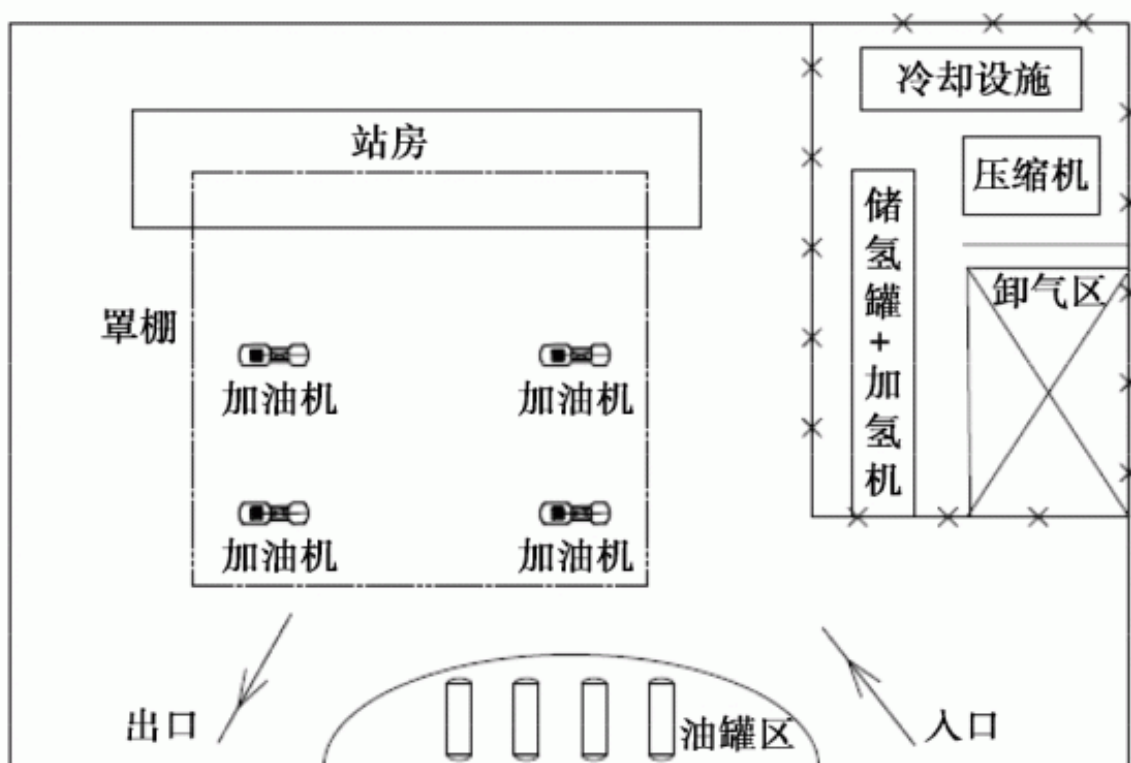


图 1 合建站方式一

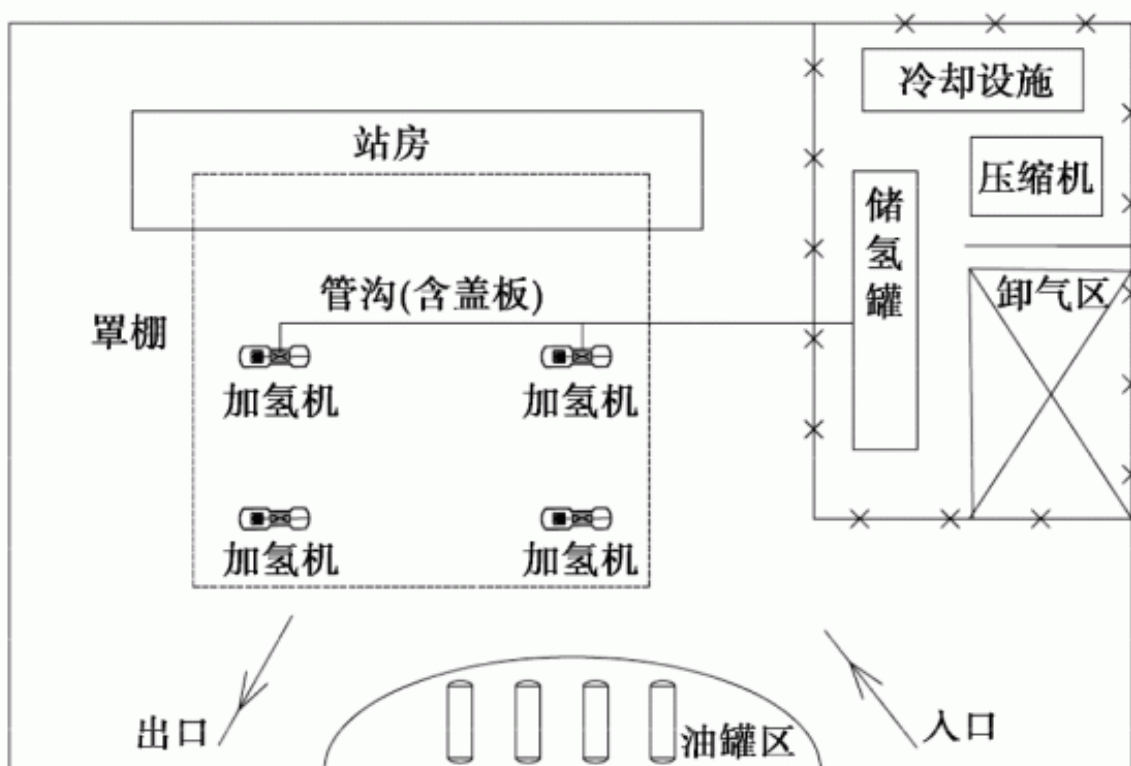


图 2 合建站方式二

新建油氢合建站，需要综合考虑站址选择、油氢的预期需求量、氢气气源的远近、与周边设施的安全距离等多重因素。合建站的设备布局需要满足安全间距、环保、消防安全相关标准和规范要求。加油加氢车辆进出站的路由优化，避免加氢车辆与加油车辆相互干扰。

普通加油站电力容量在50kVA左右，增设加氢设施后，需要进行电力扩容以满足用电负荷。根据国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052—2009的规定，加氢站用电负荷等级按照三级负荷设计。为便于统一管理，加油站控制需求建议整合到加氢站自控系统中。可燃气体检测仪系统、火灾报警系统、安防监控系统、声光报警系统需要进行集中管理。站内地坪雨水通过明沟及雨水口收集，通过雨水管道输送出边界，最终进入市政污水管道，进市政污水管道前设置隔油设施。站内给水、消防系统主要依托市政给水管网及消防设施，并根据规范要求设置手提式及推车式小型灭火器。

2.3合建站等级

现行国家标准《汽车加油加气站设计与施工规范》GB 50156—2012（2014年版）中第3.0.9条（见表1）规定了加油站等级。

表 1 加油站等级划分

级别	油罐容积 /m ³	
	总容积	单罐容积
一级	$150 < V \leq 210$	$V \leq 50$
二级	$90 < V \leq 150$	$V \leq 50$
三级	$V \leq 90$	汽油罐 $V \leq 30$, 柴油罐 $V \leq 50$

注：柴油罐容积可折半计入油罐总容积。

按照《加氢站技术规范》GB 50516—2010规定，加氢站对站内氢气总容量和单罐容量进行了限定，参见表2。目前加氢站大多为三级加氢站或二级加氢站，一级加氢站数量极少。由于氢气压力高，单罐容量少有大于500kg，均能满足标准要求。

表 2 加氢站的等级划分

等级	储氢罐容量 /kg	
	总容量 G	单罐容量
一级	$4000 < G \leq 8000$	≤ 2000
二级	$1000 < G \leq 4000$	≤ 1000
三级	$G \leq 1000$	≤ 500

油氢合建站的等级划分参见表3。从表中可以看出，一级加油站内不得合建加氢站，二级加油站内与二级加氢站、三级加氢站合建后上升为一级油氢合建站，两种等级的三级加油站与二级加氢站合建后均升级为一级油氢合建站，三级加油站（ $30\text{m}^3 \leq V \leq 60\text{m}^3$ ）与三级加氢站合建时，升级为二级油氢合建站，三级加油站（ $V \leq 30\text{m}^3$ ）与三级加氢站合建时，仍为三级油氢合建站。

表3 加氢加油合建站的等级划分

加氢站 等级	加油站等级			
	一级 $120\text{m}^3 < V \leq 180\text{m}^3$	二级 $60\text{m}^3 < V \leq 120\text{m}^3$	三级 $30\text{m}^3 < V \leq 60\text{m}^3$	三级 $V \leq 30\text{m}^3$
一级	×	×	×	×
二级	×	一级	一级	一级
三级	×	一级	二级	三级

注：×表示不得合建。

现有加油站增设加氢站，除了需要符合城市规划、环境保护和节约能源外，还需要满足消防安全。另外，根据标准规定，在城市建成区内不应建设一级加氢加油合建建站。

2.4合建站的安全问题

为确保加氢站的安全稳定运行，不论是在加氢站选址、设备布局、工艺及工程设计阶段，还是设备选型、施工、验收、运营过程，都必须严格按照相关标准和规范开展工作。如：指导加氢站设计的《加氢站技术规范》GB 50516—2010、《加氢站安全技术规范》GB/T 34584—2017等。GB 50516—2010对站址选择、总平面布置、安全间距、加氢工艺与设施、消防与安全设施、建筑设施、给排水、电气装置、施工安装验收及运营管理等方面做了明确的规定。合建站内加氢机、储氢罐、压缩机间、可燃气体调节阀组间与加油站内埋地油罐、加油机、密闭卸油点、站房的间距见表4。国外加氢站工艺设备布置紧凑，与国外同类型加氢站安全间距相比，我国规范的安全间距仍有缩减的空间，从而利于用地布局。

表 4 合建站安全间距

m

设施名称	埋地油罐	加油机	密闭卸油点	站房
加氢机	4.0	4.0	4.0	5.0
储氢罐				
一级站	6.0	10.0	12.0	10.0
二级站	4.0	8.0	10.0	8.0
三级站	3.0	6.0	8.0	6.0
压缩机间	6.0	—	—	5.0
可燃气体调节阀组间	6.0	—	—	5.0

氢气的爆炸极限4.0%~75.6%（体积浓度），在设备布置、顶棚设计等需要考虑泄漏气体扩散条件，避免氢气的积聚[21]。氢气燃烧时的火焰无颜色，肉眼不易察觉，因此具有较高的火灾危险性。一般应在压缩机、储氢罐附近及加氢机顶部设置1%氢浓度探测和红外火焰探测装置，站内布置地震监测设施。

2.5合建站的运维

在油氢合建站运维方面，为了满足终端用户燃油或氢气需求，在加油站入口合适位置标注本站是否具有氢气加注服务功能，将加氢区和加油区进行区分，避免燃油加注车辆挤占加氢车辆位置。

在加氢站运营安全管理方面，加氢站运维人员上岗前必须经过专业培训，持证上岗；安排专职安全人员巡查，对安全阀、控制阀等定期校验；卸车、加注过程要有专人进行操作；定期按规定的路线或先前制定方案进行巡检，发现问题及时处理或向上级汇报，确保巡检路线、逃生通道的通畅。站内需要制定详细的操作规定和管理制度，尤其是应急预案的制定和定期进行演练，根据实际情况进行预案的完善。如果氢气管道铺设在管沟内，管沟内积水需要及时外排，避免氢气管线浸泡在水中。加氢设施区域需要设置围栏或围墙，防止无关人员进入加氢站工艺设备区、控制室，严防明火；加氢枪软管气密性检查，定期更换。

3合建站标准浅议

3.1国外加氢站标准现状

欧美、日本等国家是最早开展氢能技术开发与应用的国家。据不完全统计，国外针对燃料电池用氢气加注站制定了专门法规、标准的国家有近10个，例如：美国《NFPA 2》、英国《BCGA CP33》、日本《高压气体保安法》、德国《VdTÜV Merkblatt》、韩国《KGS FP216》、法国《la rubrique N1416》及意大利《Regulation 2006-08-31》[22]等。除此之外，美国动力机械工程师协会（American Society of Mechanical Engineers, ASME）发布的SAE J2601-2016；国际标准化组织（ISO）发布的ISO/TS 19880等技术标准，对加氢站、氢能产业相关领域做出了明确规定。

3.2国内加氢站标准现状

国内氢能和加氢站标准大多是近十年颁布的，主要集中在加氢站设计、建设、安全及关键设备等。表5列出了部分氢能及加氢站相关标准。2005年国家建设部和质监局联合颁布了升级的《氢气站设计规定》GB 50177-2005，对国内

新建、改建、扩建氢气站、供氢站及厂区设计提供依据；2010年国家建设部和质监局再次联合颁布了《加氢站技术规范》GB 50516—2010，对国内加氢站设计、建设起到了积极的指导作用。2019年8月国家住房和城乡建设部委托中国石化集团公司主持修编《汽车加油加气站设计与施工规范》，修订的主要内容之一是增加油氢合建加氢站的技术要求，以适应氢燃料电池汽车的发展。2020年6月12日住房和城乡建设部公布了《汽车加油加气加氢站技术标准（征求意见稿）》《加氢站技术规范（局部修订条文征求意见稿）》，征求意见稿分别对原标准进行了局部的修编和内容补充。

表 5 加氢站相关标准

序号	名称	标准号	发布时间
1	《氢气站设计规定》	GB 50177	2005
2	《燃料电池汽车加氢站技术规程》	DGJ 08 2005—2009	2009
3	《氢气、氢能与氢能术语》	GB/T 24499	2009
4	《加氢站技术规范》	GB 50516	2010
5	《氢气 第 2 部分：纯氢 高纯氢和超纯氢》	GB/T 3634.2	2011
6	《氢燃料电池电动车示范运行配套设施规范》	GB/T 29124	2012
7	《氢系统安全的基本要求》	GB/T 29729	2013
8	《汽车用压缩氢气加气机》	GB/T 31138	2014
9	《汽车加油加气站设计与施工规范》	GB 50156—2012	2014
10	《加氢站用储氢装置安全技术要求》	GB/T 34583	2017
11	《燃料电池电动汽车 加氢枪》	GB/T 34425—2017	2017
12	《质子交换膜燃料电池供氢系统技术要求》	GB/T 34872	2017
13	《加氢站安全技术规范》	GB/T 34584	2017
14	《氢能车辆加氢设施安全运行管理规程》	GB/Z 34541	2017
15	《质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气》	GB/T 37244	2018

3.3加氢站技术规范讨论

《加氢站技术规范》GB 50516—2010，为国内加氢站、合建加氢站工程设计、设备采购、施工及验收等提供了依据，是加氢站安全运行必须遵守的技术标准之一[23]。2010版加氢站技术规范发布时，国内加氢站建设屈指可数，对加氢站建设实际情况考虑较少，加氢站技术规范部分条款操作性不强。随着近年来加氢站建站步伐的加速推进，在加氢站工程设计、建设方面出现了一些亟待解决的问题。

3.3.1加氢站管线共沟设置问题

《加氢站技术规范》GB 50516—2010中6.5.6条“站区内氢气管道明沟敷设时，不得与空气、汽水管等共沟敷设；”该条是强制性条文，在条文解释中提到，氢气管道不得与空气管、给排水管等无关管道共沟敷设，以避免在明沟内出现明火作业。结合日本、欧美等国加氢站建站情况及当前国内加氢站建设实际，建议取消氢气管道不得与空气、汽水管等共沟敷设之规定。简要分析如下：

(1) 加氢站内常见管道类型有：氢气管、放散管、循环水管、冷却液管、冷冻液管及氮气管等。氢气管道内是高压易燃易爆的氢气，其余均为惰性介质管线。即使共沟敷设，也不会带来额外的易燃、易爆介质。从危险性技术层面看，共沟敷设并无不妥。在进行加氢站设计、建设中，由于氢气管道与其他管道不能共沟敷设，所以至少需要设置两条管沟。两条沟不仅增加了工程量，而且由于管沟上需要铺设带有通气良好的孔或条缝盖板[21]，车辆来回碾压带来潜在的危险，一条管沟则降低了被车辆碾压破坏的可能性。

(2) 氢气管沟在爆炸危险区划分通常划分为1区或2区。在爆炸危险性区域进行动火作业，需要到相关部门办理动火作业票审批手续。由于加氢站内配套设施管线彼此关联，配套管线出现问题，加氢站也不能正常运行。如果确实需要对共沟敷设的管道进行明火作业，此时加氢站是停止氢气卸气、压缩和氢气加注作业的，甚至将管沟内氢气管道中的氢气进行临时放散。从加氢站安全运营、维护管理层面看，健全的管理制度也能将共沟敷设明火作业的危险性降至最小。

综上，从技术、管理及实际运行角度综合分析，氢气管道可以与加氢站相关的放散管、循环水管、冷却液管、冷冻液管及氮气管等共沟敷设。

3.3.2罩棚形式

《加氢站技术规范》GB 50516—2010中8.0.3条：“加氢岛、加氢机安装场所的上部罩棚应符合下列规定：罩棚内表面应平整，坡向外侧不得积聚氢气。”该条文是强制条文，必须执行，但实际可操作性较差。建议直接删除或修改为“罩棚内表面应平整，不得积聚氢气。”作为规范/标准，不应该限制罩棚的具体坡向形式。

(1) 8.0.3条的条文解释中提到，据调查，国内外已建成加氢站的加氢机部分均采用四面或三面开敞的上部设置罩棚形式。这种做法既有利于氢气的扩散、人员疏散和消防安全，又有利于氢能汽车加氢作业的操作。该条文解释未提到上部设置罩棚的具体形式，条文与解释不对应。

(2) 加氢机顶部罩棚一方面是为加氢机遮雨、避免阳光长时间照射，另一方面也是为氢气加注操作人员、加氢用户提供相对舒适的环境。罩棚设置必须满足氢气不积聚的要求，不应该限制罩棚的具体坡向形式。如图3所示，罩棚坡向内侧，也不会积聚氢气。

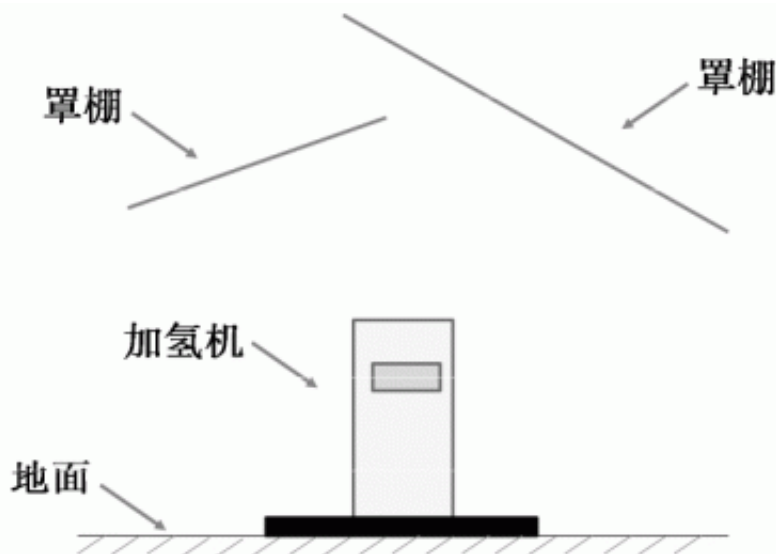


图3 一种加氢机顶部罩棚示意图

3.3.3 不发火地面

《加氢站技术规范》GB 50516—2010中8.0.10条“有爆炸危险房间或区域内的地坪，应采用不发火花地面。”此款规定缺乏必要的数据支撑，建议改为：有爆炸危险房间的地坪，应采用不发火花地面，或者删除此条款。

不发火花地面的设置借鉴《汽车加油加气站设计与施工规范》GB 50156—2012，第5.0.5条加油加气作业区内，不得有“明火地点”或“散发火花地点”。氢气的密度为 0.0898kg/m^3 ，远低于空气的密度 1.293kg/m^3 和天然气的密度 0.716kg/m^3 ，一旦泄露很容易向上扩散，不易在设备或建筑低处积聚[24—25]，即泄漏的氢气向上运动，地面产生的火花是否能引燃氢气，建议委托专业机构开展氢气泄漏与发火地面燃烧/爆炸危险性实验研究，不能直接将加油加气站的“明火地点”或“散发火花地点”引用过来。氢气易扩散且扩散水平半径小，主要向上扩散的特性，决定了室外地坪不需要采用不发火地面。

3.3.4 其他方面

(1) 建议明确3.0.2条中长管拖车的容积是否包含在储氢罐总容量内。

(2) 6.5.4条放空管道的阻火器设置。LNG站标准中要求排放管不设置阻火器。建议研究阻火器设置的必要性，并提出阻火器设置位置与阻火器型式说明。

(3) 在术语说明中补充建议说明可燃气体压缩机间、可燃气体调节阀组间，避免使用过程的误解。

4 合建站建设存在的问题与建议

近年来，各地相继出台氢能产业规划，氢能基础设施建设呈现迅猛发展态势[26]。截至2020年1月，中国已建成加氢站61座，其中建成油氢合建站4座（详见表6）。据不完全统计，2020年底将建成超过100座加氢站，其中大部分是油氢合建站、气氢合建站或油电氢合建站等。在众多合建站类型中，油氢合建站被认为是最具发展潜力的能源加注站。

表 6 油氢合建加氢站一览表

序号	合建加氢站名称	建成时间	日加氢能力/kg
1	佛山樟坑油氢合建站	2019 年 7 月	500
2	嘉善善通加油加氢站	2019 年 7 月	500
3	西上海油氢合建站	2019 年 11 月	1000
4	安智油氢合建站	2019 年 11 月	1000

4.1存在问题

针对合建加氢站/加氢站建设瓶颈问题，梳理了以下7个影响其发展的主要因素：①加氢站归口管理不明、审批流程复杂，作为新生事物，加氢站的地方管理部门归属不明确，将加氢站作为危化品管理还是能源供应站管理，各地做法不一；②加氢站设计、建设、施工人员能力参差不齐、管理不到位；③站内制氢加氢站的土地性质，如按照工业用地审批在站制氢，除新批加氢站用地外，在现有加油站、加气站内增加制氢设施，土地性质从商业用地变为了工业用地，很难通过政府审批及消防验收；④合建站标准缺失，现行加氢站标准可操作性差，安全间距远大于国外同类加氢站[22]。国内具备增上加氢设施的加油站不足十分之一，严重阻碍了油氢合建站的发展；⑤加氢站建设成本过高，尤其是70MPa氢气加注压力等级的压缩机、储氢罐、加氢机等核心设备，高压控制阀门、仪表、管件等核心设备主要依赖进口；⑥加氢站尚未形成网络，运营氢燃料电池车少，终端氢气加注价格高，加氢站综合运维成本居高不下，收支不平衡；⑦油氢合建站技术管理人才缺失。

4.2合建站建设建议

为加快加氢站建设进度，助推氢能社会的建设步伐。建议从以下几方面着手：①从产业政策方面，需要做好油氢合建加氢站具体规划发展路线图，明确地方主管部门、细化审批流程；地方企业及协会组织积极争取国家的财政支持和当地政府财政投入，希望国家在合建站税费等方面予以支持；②从标准规范方面，《加氢站技术规范》GB 50516—2010颁布实施距今已近10年，2020年6月发布的征求意见稿中可以看出，尚存在有影响加氢站发展的强制条款需要修改。进一步结合国内加氢站建站实际，开展系统安全实验论证和评估，让指导加氢站建设的规范更具科学性、合理性和可操作性；③从氢气管理方面，需要对加氢站进行综合评估，将氢气作为一种能源供给形式，而非危化品进行管理；④从加注压力等级和氢源方面，以35MPa氢气压力加注为主，逐步过渡到70MPa为主，以离站型加氢站为主，兼顾在站制氢型加氢站，优选发展电解水制氢、天然气水蒸气重整制氢撬装技术；⑤相关单位、科技媒体大力开展人民群众的氢能科普工作，避免出现“谈氢色变”的现象。

5结论

通过本文分析可知，油氢合建站需要做好功能分区，严格落实站安全间距和合建站等级，依托于加油站内的给排水系统，共用变配电、站控及安防系统，最大限度地降低合建站建设管理成本。油氢共存，解决了加氢站规划布局问题，节约了土地资源；靠近终端客户，有利于氢能示范推广；统筹安排，利用现有加油站人力资源和管理制度，提升加氢站运营管理水平，实现加油与加氢合建站的可持续发展。为了实现油氢合建站大规模推广，油氢合建加氢站相关技术规范有待于进一步完善。希望本文的分析可以为油氢合建加氢站的标准修编、技术研究工作提供技术参考。

综上所述，油氢合建加氢站具有显著优势，在氢能社会建设过程中需要提高对合建站的重视。因此，在全国范围内示范推广油氢合建建站建设具有重大的现实和社会意义。

参考文献

- [1] Alazemi J, Andrews J. Automotive hydrogen fueling stations: An international review [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015, 48 (8): 483–499.
- [2] Apostolou D, Xydis G. A literature review on hydrogen refueling stations and infrastructure. Current status and future prospects [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2019, 113 (10): 109292–109305.
- [3] 国务院.《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》. 国发[2016] 67号.
- [4] 国家发改委.《能源发展“十三五”规划》. 发改能源[2016] 2744号.
- [5] 科技部, 交通运输部.《“十三五”交通领域科技创新转型规划》.
- [6] 工业和信息化部, 国家发展改革委, 科技部.《汽车产业中长期发展规划》. 2017年4月.
- [7] 中国标准化研究院, 中国氢能标准化委员会.《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书(2016)》. 中国标准出版社, 第1版, 2016年10月1日.
- [8] 凌文, 刘玮, 李育磊, 等. 中国氢能基础设施产业发展战略研究 [J]. 中国工程科学, 2019, 21 (3): 76–83.
- [9] 王焕霞. 氢能发展与加氢站建设的思考 [J]. 石油库与加油站, 2019, 28 (6): 21–24.
- [10] 于蓬, 谭文娜, 王健, 等. 加氢基础设施发展现状与展望 [J]. 汽车实用技术, 2019, (16): 25–28.
- [11] 王赓, 郑津洋, 蒋利军, 等. 中国氢能发展的思考 [J]. 科技导报, 2017, 35 (22): 105–110.
- [12] 孟庆云, 何文, 盛云龙. 北京加氢站的功能完善和燃料电池汽车

- 奥运示范 [J]. 客车技术与研究, 2009, 32(2): 31-34.
- [13] 张旭. 氢燃料电池汽车加氢站相关标准分析与建议 [J]. 现代化工, 2020, 42(2): 1-6.
- [14] 曹湘洪, 魏志强. 氢能利用安全技术研究与标准体系建设思考 [J]. 中国工程科学, 2020, 22(5): 144-151.
- [15] 王赓, 左阿惠, 李爱仙, 等. 我国氢能标准体系框架构建研究 [J]. 中国标准化, 2010, (4): 34-37.
- [16] 邵志刚, 衣宝廉. 氢能与燃料电池发展现状及展望 [J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(4): 469-477.
- [17] 程一步, 王晓明, 李杨楠, 等. 中国氢能产业步入快速发展机遇期石化企业可大有作为 [J]. 石油石化绿色低碳, 2020, 5(1): 1-8.
- [18] 周琼芳, 张全斌. 我国氢燃料电池汽车加氢站建设现状与前景展 [J]. 中外能源, 2019, 24(9): 28-33.
- [19] 陈霖新, 邓渊, 毛宗强, 等. 《加氢站技术规范》GB 50516—2010.
- [20] 刘海利. 氢燃料电池汽车加氢站的现状与前景 [J]. 石油库与加油站, 2019, 28(3): 21-24.
- [21] 戴建新, 张永辉. 氢能源汽车加氢站设计中的安全分析 [J]. 中国设备工程, 2020, 7: 238-240.
- [22] 孙永康. 燃料电池汽车加氢站设计规范安全距离的分析研究 [J]. 上海煤气, 2016, 2: 1-5.
- [23] 冼静江, 林梓荣, 赖永鑫, 等. 加氢站工艺和运行安全 [J]. 煤气与热力, 2017, 37(9): 1-6.
- [24] 杨灿剑, 付晋. 加氢站氢气泄漏事故模拟及后果分析 [J]. 消防科学与技术, 2011, 30(4): 358-362.
- [25] 路世昌, 王刚, 彭锦志, 等. 临时加氢站火灾爆炸风险评估及防范对策 [J]. 消防科学与技术, 2012, 31(2): 201-204.
- [26] 王亚勤, 杜雯雯, 叶根根, 等. 制氢加氢“子母站”建设规划浅析 [J]. 化工进展, 2020, 39(S2): 121-127. ■

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/206965.html>