

加氢站防爆电气安全设计探讨

刘哲，李冬

中海油天津化工研究设计院有限公司

0概述

氢能具有无污染、可持续、零排放、效率高的优点，必然成为能源发展的重要方向，氢能源的发展国外起步比较早，尤其是日本，我国在2010年后才相继出台了一些政策支持氢能源汽车及加氢站的建设。加氢站的建设是发展氢能汽车不可缺少的基础设施，也是城镇建设的重要基础设施内容。2019年6月5日，全球规模最大、等级最高的氢燃料电池汽车加氢站在上海化工区正式落成。该加氢站的建设标志着我国加氢站的建设进入快速发展期。

1加氢站工艺及设施

目前国内外已建成的加氢站气源主要有长管拖车运输提供高压气态氢，加氢站自备水电解制氢或变压吸附法提纯氢气和氢气管道输送目前国内外已建成的加氢站气源主要有长管拖车运输提供高压气态氢，加氢站自备水电解制氢或变压吸附法提纯氢气和氢气管道输送。

加氢站的主要工艺流程如图1所示:包含气源、纯化、压缩、计量、混合、输送、储存和加注工艺。气源通过上述三种方式取得，氢气通过纯化系统、压缩系统、计量混合、输送储存到储罐或者气瓶，最后进行加注。

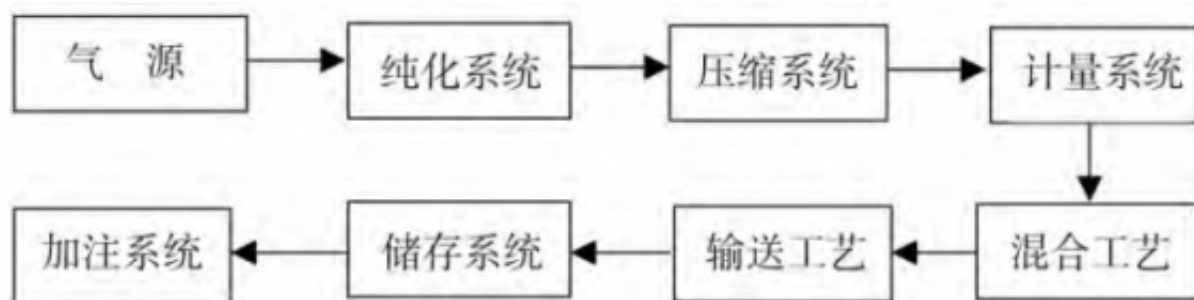


图 1 加氢站工艺流程

加氢站主要设备有质量、计量装置，压缩机，氢气储存设备，加氢机，氢气管道及附件。

质量、计量装置用来实现进站氢气符合国家标准和汽车燃料电池氢源标准的要求。氢气压缩机用来实现氢气存储及加注参数的要求。氢气储存设备用来储存氢气，宜选用专用固定式储氢罐或氢气储气瓶组。加氢机用来实现对汽车加注。

2 加氢站危险区域划分

爆炸性气体环境根据爆炸性气体/蒸气混合物出现的频率和持续时间把危险区域分为0区、1区、2区。根据气体/蒸气的最大试验安全间隙MESG和最小点燃电流比MICR把爆炸性气体的级别分为 A、 B、 C。加氢站爆炸性气体主要为氢气，氢气的主要特性如表1所示。

表1 氢气特性参数

分子式	H ₂
级别	ⅡC
组别	T1
密度	0.089 8 kg/m ³
最小点火能	0.19 mJ
熄火距离	0.60 mm
着火温度	574 ℃
KG 值	590 (10 ⁵ Pa • m/s)
爆炸极限(体积比)	4.0% ~ 77.0%
燃烧温度	2 483 K

氢气极易扩散，宜泄露，由于密度比空气小，一旦发生泄露，会往上扩散。加氢站危险区域划分主要依据GB50058《爆炸危险环境电力装置设计规范》和GB50516—2010《加氢站技术规范》相关规定进行划分。

2.1加氢机危险区域划分

加氢机内氢气管道接口的地方可能发生泄露，以此作为释放源进行危险区域划分，考虑到加氢机内部空间相对密闭，故将加氢机内部划分为1区，氢气较宜向上扩散，故将加氢机外轮廓以4.5m为半径的区域以及顶部以上4.5m为顶面的圆台形空间化为2区。如图2所示。

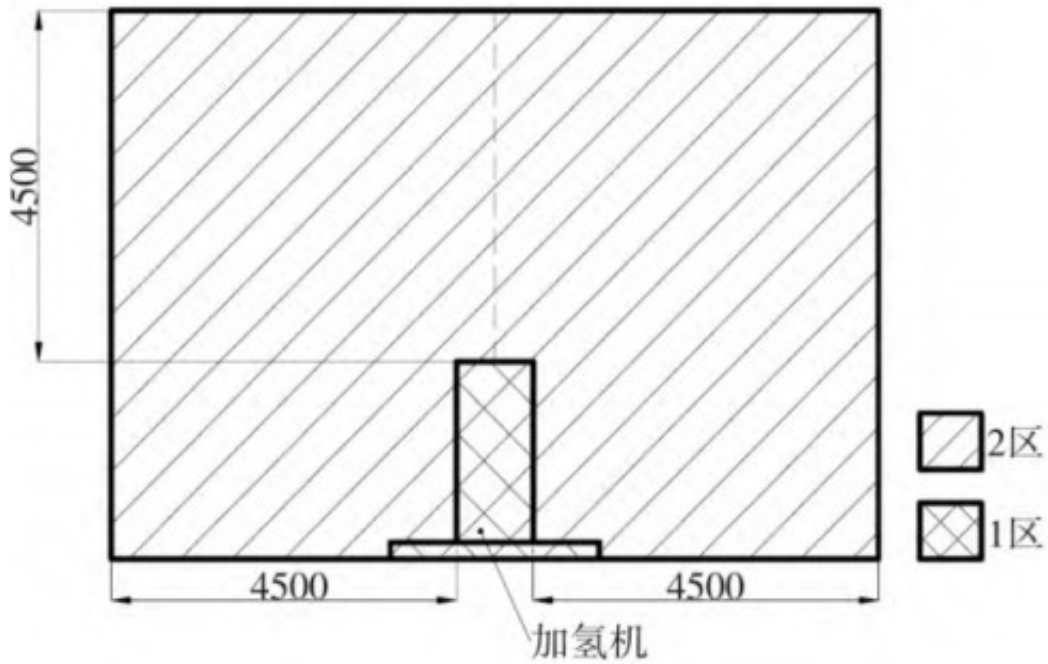


图 2 加氢机爆炸危险区域划分

2.2 储氢装置危险区域划分

储氢装置内部氢气一直存在，接口部分氢气泄露的可能性较大，故将装置轮廓线以内划分为1区，管路接头作为释放源，以设备外轮廓线为界面，以4.5m为半径的地面区域划分为2区，以放空管管口为释放源，以半径为4.5m的范围为2区，管口向上7.5m的空间区域为2区。如图3、图4所示：

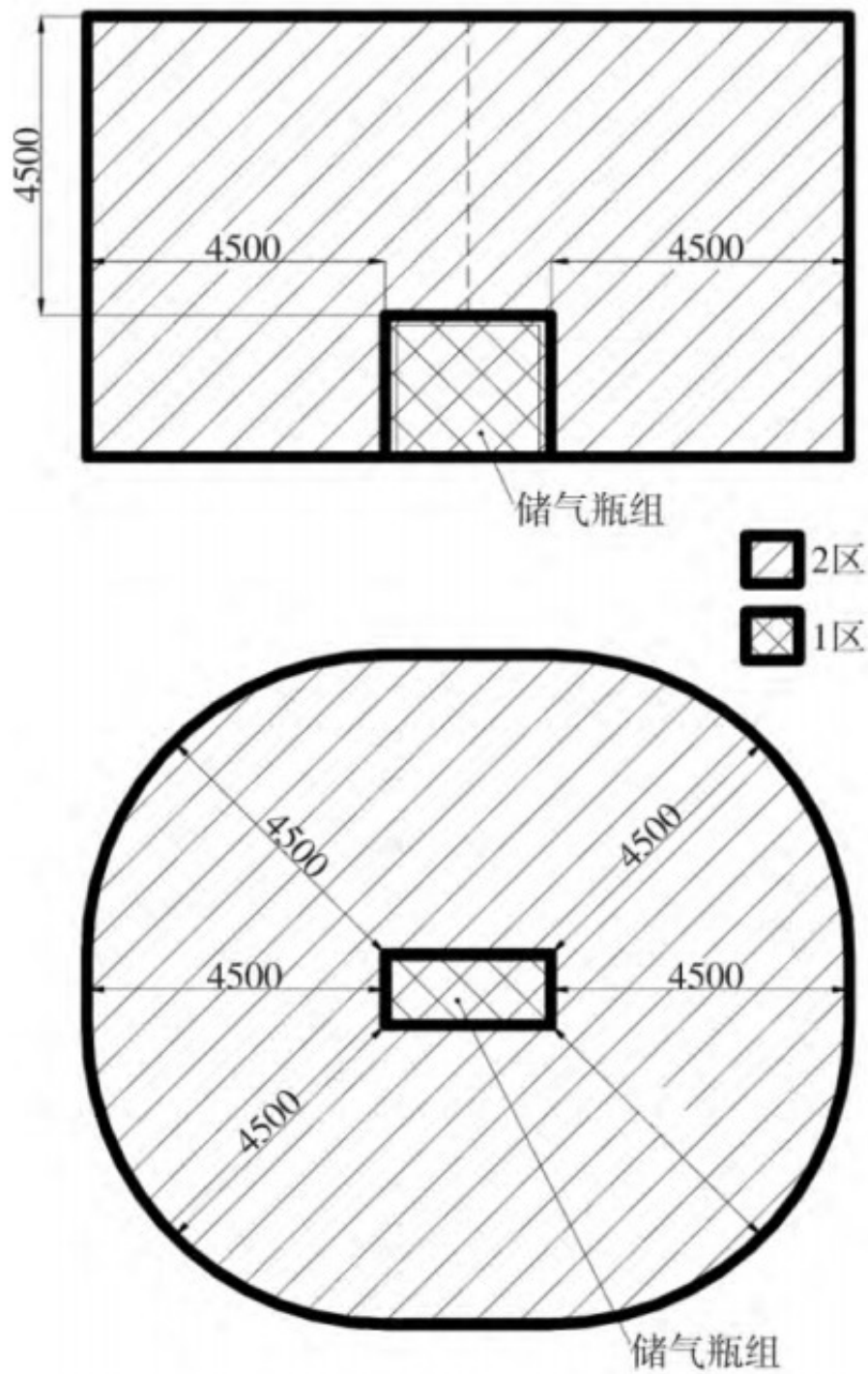


图3 储气瓶组爆炸危险区域划分

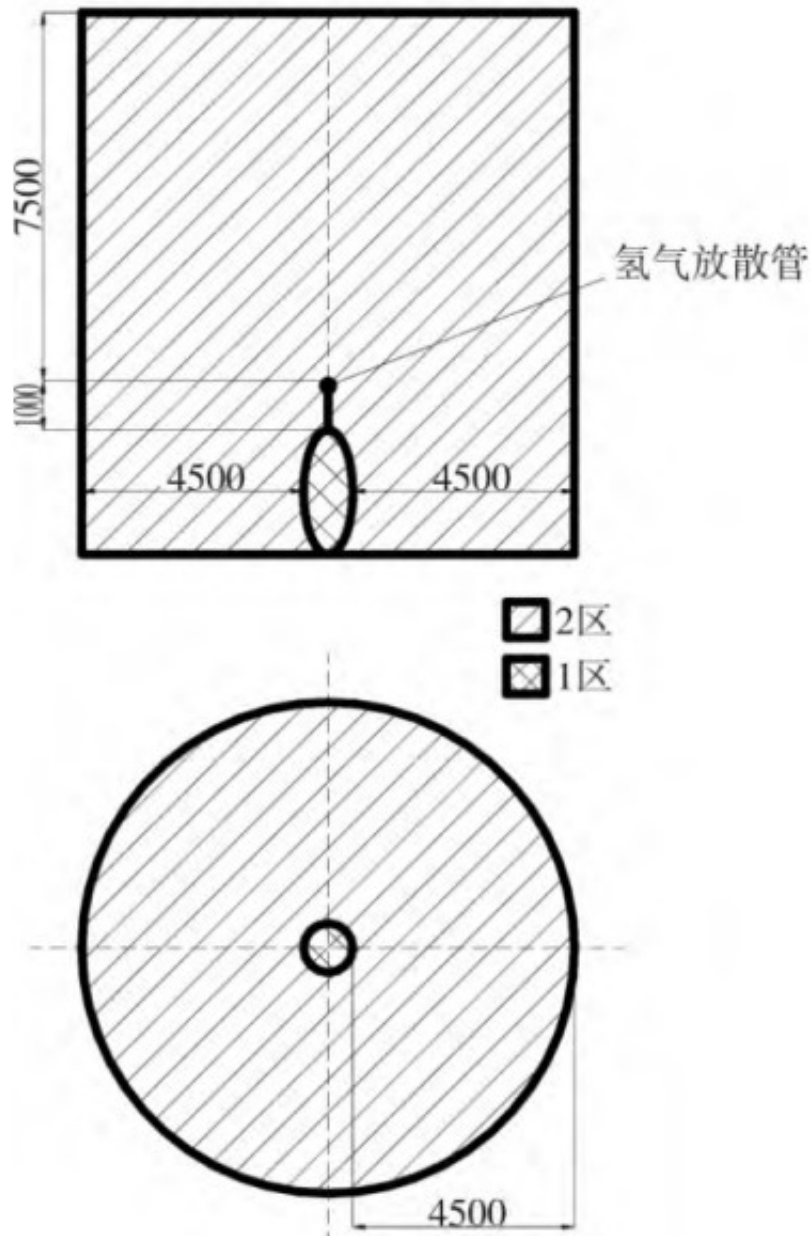


图4 储氢罐爆炸危险区域划分

2.3压缩机房危险区域划分

压缩机房内部设备集中,管道较多,空间相对密封,内部区域划分为1区,以压缩机房的门窗边沿作为氢气扩散的区域为基准点4.5m半径范围划分为2区,压缩机房实体墙部分由于氢气无法扩散故外侧为安全区。放空管部分以放空管管口为释放源,以半径为4.5m的范围为2区,管口向上7.5m的空间区域为2区。如图5所示:

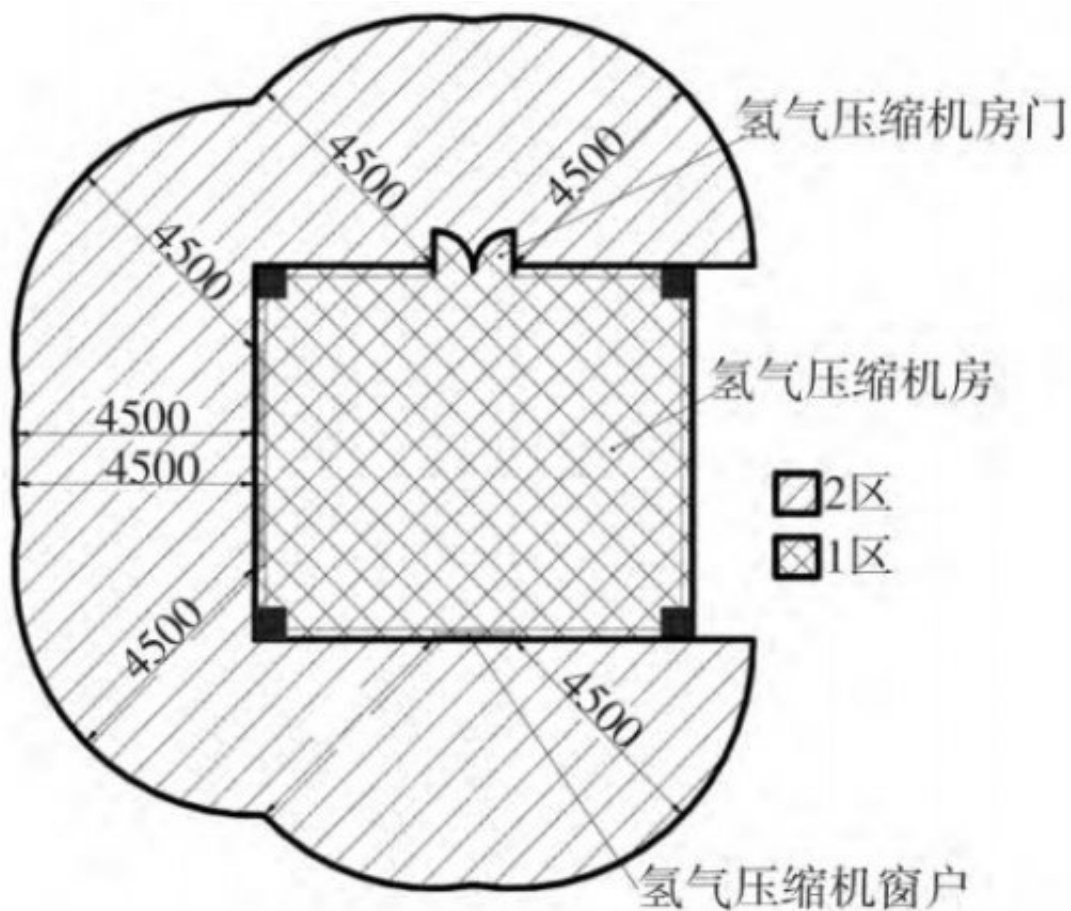


图5 压缩机房爆炸危险区域划分

2.4撬装式氢气压缩机组爆炸危险区域划分

撬装式氢气压缩机参照压缩机房危险区域划分，空间内部划分为1区，以压缩机机组外轮廓线作为氢气扩散的区域为基准点，4.5m半径范围划分为2区，如图6所示：

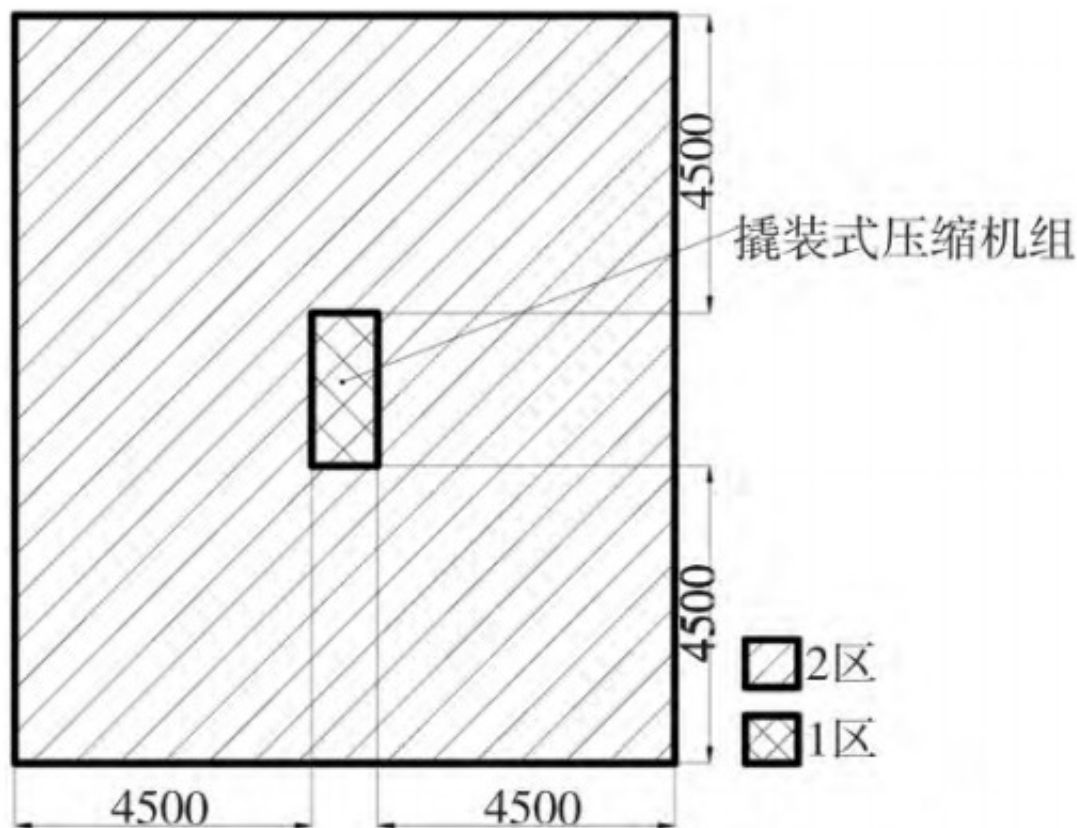


图6 撬装式压缩机组爆炸危险区域划分

3加氢站防爆电力装置设计

加氢站内主要用电设备为压缩机、加氢机、计量设备、安全检测设备等。由于加氢站内主要用电设备均安装在爆炸危险场所，供电系统须采用TN - S型。考虑到加氢站与加油站、加气站一样均采用自动控制，数据传输、计量系统需加装不间断电源。

3.1防爆电气设备的选择

加氢站爆炸危险区域内防爆设备不得低于 C级别T1温度组别。加氢机内部、储存装置内部、压缩机内部均为爆炸性气体环境1区，其他区域为2区。设备的选择可参照表2。

表2 加氢站爆炸危险区域防爆电气设备选择表

序号	区域	爆炸危险区域	电气设备防爆型式	防爆标志
1	加氢机内部 储氢装置内部 压缩机房内部 撬装压缩机内部	1 区	本质安全型(ia 级)	Ex ia
			浇封型(ma 级)	Ex ma
			为0 区、1 区设计的特殊型	Ex s*
			本质安全型(ib 级)	Ex ib
			浇封型(mb 级)	Ex mb
			隔爆型	Ex d
			增安型	Ex e
			正压外壳型	Ex px、Ex py
			油浸型	Ex o
			充砂型	Ex q
2	装置外围区域	2 区	适用于1 区的防爆型式	
			n 型	Ex nA、Ex nC、 Ex nR、Ex nL
			正压外壳型	Ex pz
			本质安全型(ic 级)	Ex ic
			浇封型(mc 级)	Ex mc
			为2 区设计的特殊型	Ex s*

在加氢站防爆电气设备选择中，隔爆型是最常见的防爆型式，站内使用的防爆接线箱、防爆接线盒、防爆配电箱均为隔爆型。需要特别说明的是隔爆型 C 级设备在采购验收过程中要关注设备的结构，在氢气环境中隔爆型设备不允许用平面结构。

3.2 防爆电气设备的安装

防爆电气设备在正确的设计、选型后，正确的安装是保障设备性能发挥的基础。防爆电气设备的安装可依据GB/T3836.15—2017《爆炸性环境第15部分：电气装置的设计、选型和安装》进行，需要特别注意以下几点：

(1)加氢机不得安装在室内。

(2)加氢岛顶部防爆灯具的线路需采用电缆配线方式。

(3)压缩机房内安装的防爆灯具应安装在较低处，不得安装在可燃气体释放源的正前方。

(4)铠装电缆引入防爆设备时须采用带铠装的电缆密封接头。

(5)防爆设备引入口结构如设计为密封结构，则须用设备自带的密封装置进行安装，如引入口处设计为防爆结构，则可配接适用规格的引入装置。

(6)加氢站防爆设备引入口的安装需符合图8所示要求。若电缆引入装置符合GB3836.2—2010的要求，并且用特定电缆试样进行试验，在外壳内多次点燃可燃性气体，在外壳外部没有出现点燃，则不必符合图7要求。

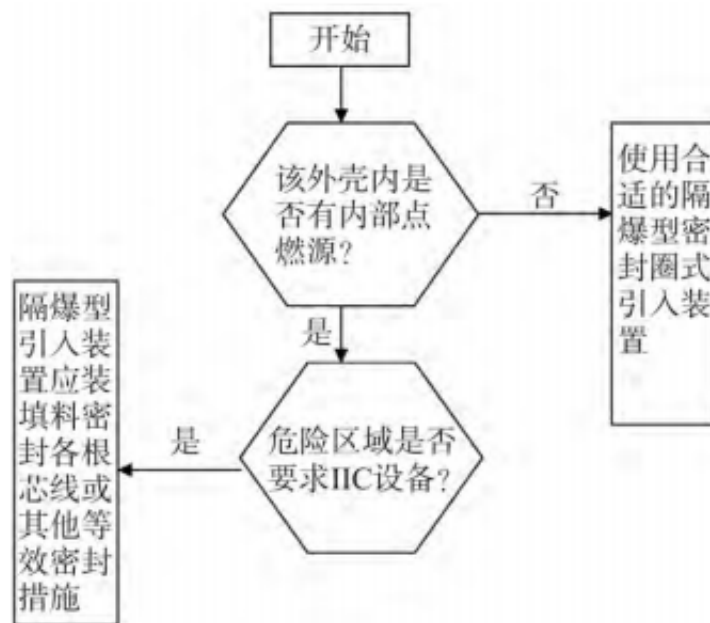


图7 防爆设备电缆引入口安装图

3.3 电气线路设计

(1)加氢站防爆设备用可选用热塑护套电缆、热固护套电缆、合成橡胶护套电缆或矿物绝缘金属护套电缆，点燃的阻燃性能应符合标准规范的要求。

(2)1区内单相网络中的相线及中性线均应装设短路保护，并采取适当开关同时断开相线 and 中性线，对3~10KV电缆线路宜装设零序电流保护，在1区保护装置宜动作于跳闸。

(3)加氢站电缆布线宜采用电缆直埋敷设，当电缆穿越行车道等场所时，应穿钢管保护，在爆炸危险区域内敷设的电缆应做好隔离密封措施。尤其是压缩机房与控制室之间的电缆需按照规范要求隔离。

(4)当采用电力电缆沟敷设电缆时，沟内应充沙填实。

(5)电缆不得与油品管道、氢气管道、天然气管道、热力管道敷设在同一地沟内。

(6)1区内电缆线路严禁有中间接头。

4小结

随着氢能的发展，加氢站的建设必将迎来高峰期，氢气作为爆炸危险性最高的气体，加氢站的防爆设计至关重要，应严格按照国家相关法律法规进行设计。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/146312.html>