

H-VH-035-81(B)

全国焊接学会
第四届学术会议论文

燃料容器焊补防爆技术

杨泗霖

本 文 摘 要

燃料容器管道的焊补任务重、危险性大。造成工伤事故和经济损失后果严重。这类事故发生的主要原因有：气体化验、检测不准确；操作中动火条件发生了变化；隔离措施不符合安全要求；~~容器未~~未经处理以及在危险因素未消除的车间室内动火；~~容器未~~未开孔密封容器等。

置换动火的防爆安全措施主要有安全隔离（如保证 板的强度、划定固定动火区及其安全条件等）；严格控制可燃物含量（ $<0.5\%$ ）；彻底清洗（防止因温度、压力变化，使可燃气从内部积垢或外表保温材料中陆续散发出来，而导致动火条件发生变化的危险）；打开容器的所有孔洞；安全组织措施（工作地环境及操作的安全要求等）。

可燃气容器带压不置换动火防爆安全措施的基本点是：严格控制容器管道内的含氧量（即氧限值，使可燃气体浓度大大超过爆炸上限）；正压操作（一般为150~500毫米水柱，以不猛烈喷火为宜）；控制工作地周围的可燃气浓度低于0.5%；安全操作要求（如引燃从裂缝逸出的可燃气，形成稳定燃烧系统测定裂缝钢板厚度等）；安全组织措施等。

燃料容器焊补防爆技术

杨泗霖

1981年·5

工厂企业的各种燃料容器(桶、箱、槽、柜、罐、塔等)与管道,在工作中因为承受内部介质的压力、温度、化学与电化腐蚀的作用,或由于结构、材料以及焊接工艺的缺陷(如焊缝的延迟裂纹、夹杂、碎孔、咬边、错口、熔合不良等),在使用过程中可能产生裂纹和穿孔。因此在生产过程及定期检修时,经常会迁到装盛可燃易爆物质的容器与管道需要动火焊补。这类焊接操作往往是在任务急、时间紧、处于易燃易爆中毒的情况下进行,尤其化工、炼油、冶炼等具有高度连续性生产特点的企业,有时还要在高温高压下进行抢修,稍有疏忽,就极易发生爆炸、火灾和中毒事故。

长期以来,焊接引起火灾、爆炸事故时有发生,并且比例相当。据北京市化工系统1976和1977年压力容器爆炸事故统计表明,由于焊接引起的次数占43.7%,伤亡人数则占68%。其中特别是发生于燃料容器管道的爆炸时,往往引起整座厂房或整个燃料供应系统的爆炸和火灾,后果尤其严重。例如1976年发生于北京某化工厂的深冷制氢装置在焊补漏气管道时,因动火条件发生变化而引起爆炸火灾事故,致几层楼高的制氢装置倒塌,死7人、伤8人,损失55万元,造成本市氢气供应不足,用卡车从外地运入;又如天津某发电厂燃油管道焊补时,因置换不彻底引起爆炸火灾事故,死7人,伤26人,损失157万元,严重影响电厂的按时投产,等等。仔细研究其原因,这类爆炸事故均是在一定条件下发生的,因此,研究和采取切实可靠的防爆安全措施,对安全生产,保障人身安全和保护国家财产有重要

意义。

一、发生爆炸火灾事故的一般原因

燃料容器、管道的焊补，目前主要有置换动火与带压不置换动火两种方法。其发生爆炸火灾事故的主要原因有：

1. 焊接动火前对容器或管道内外的气体取样化验或检测数值不准确，或取样、检测部位不适当，结果在容器管道内或动火点周围存在着爆炸性混合气。

2. 在焊补操作过程中，动火条件发生了变化。

3. 动火检修的容器管道未与生产系统隔绝，致使易燃气体或液体燃料的蒸气互相串通，进入动火区段；或是一面动火，一面生产，互不联系，致使放料排气时遇到火花。

4. 在危险因素未彻底消除前，在还具有燃烧和爆炸危险的车间、库等室内进行焊补检修。

5. 烧焊未开孔洞的密封容器。

二、置换动火的防爆措施

燃料容器、管道焊补的爆炸事故均属于化学性爆炸。这类爆炸的产生须同时具备三个条件，其中条件1——即存在着可燃物，是在生产条件下无法避免的，而消除条件2——即可燃物与空气形成爆炸性混合物并达到爆炸极限和条件3——即达到爆炸极限的混合物在火源作用下，是焊补动火时防爆技术的理论依据。

置换动火就是在焊补前实行严格的情性气置换，将原有的气体排出，使容器、管道内的可燃物（可燃气体或蒸气）含量达到合格量，消除化学性爆炸的条件2、3从而保证焊补操作的安全。为达此目

的，必须采取下列安全技术措施，才能有效防止爆炸事故的发生。

1. 补焊容器、管道的安全隔离。燃料容器、管道停工后，通常是采用盲板将与之联接的出入管路截断，使补焊的容器管道与操作的容器管道完全隔离。为有效防止爆炸事故的发生，这种盲板除必须保证严密性外，还必须保证能耐管路的工作压力，避免由于系统的阀门漏气等原因而使管内压力逐渐升高，将盲板压破。为此，在盲板与阀门之间应加设放空管或压力表，并派专人看守。

凡可拆卸并有条件移动到固定动火区焊补的容器管道，必须移至固定动火区内进行，从而尽可能地减少在防爆车间和厂房内的动火工作。固定动火区亦必须符合下列防爆防火要求：

(1) 无可燃物管道和设备，并且周围距易燃易爆设备管道10米以上，

(2) 室内的固定动火区与防爆的生产现场要隔开，不能有门窗、地沟等串通，

(3) 在正常放空或一旦发生事故时，可燃气体或蒸气不能扩散到动火区。

在补焊容器管道未采取可靠的安全隔离措施之前，不得动火焊补检修。

2. 严格控制可燃物含量 焊补前，通常采用蒸气蒸煮，接着用置换介质吹净等方法将可燃性或有毒性物质置换排出。此时必须严格控制容器管道内的可燃物含量达到合格量，以保证符合安全要求，这是置换动火焊补时防爆的关键。在可燃易爆容器管道上焊补，而操作者不进入容器管道内，其内部的可燃气体（或蒸汽）含量不得超过0.5%（体积比）为合格；如需进入容器管道内操作，则必须保证容器管道内的可燃物含量小于0.5%，含氧量大于19%，毒物含量为

痕迹量。

置换过程中应不断取样分析，直至容器管道内的可燃、有毒物质含量符合安全要求。而不能仅依靠置换介质与被置换介质容积的比例为根据。例如采用气体为置换介质时，（氮气、水蒸汽等）的需用量一般为被置换介质容积的3倍以上。但是，对于被置换的某些可燃气体（或可燃蒸气有滞留的性质，或者同置换气体比重相差不大，还应注意置换的不彻底或者两相间互相混合。因此，必须以气体成分化验分析合格为准。

未经置换处理，或虽已置换但尚未分析化验气体成分为合格的易燃易爆容器管道，均不得随意动火焊补。

3. 容器管道清洗的安全要求 焊补动火前，容器管道的里外都必须仔细清洗，特别应当注意有些易燃易爆介质（如前述北京某化工厂发生爆炸事故的氢气等）被吸附在容器管道内表面的积垢或外表面的保温材料中，由于温差和压力变化的影响，置换后也还能陆续散发出来，导致焊补操作中气体成分发生变化，形成化学性爆炸条件而发生爆炸火灾事故。

容器管道的清洗要求干净彻底，为安全可靠，动火前应当用测爆仪测定可燃气体浓度，合格后再动火，而且在焊补过程中，还要用仪表监视，除上述可能从保温材料中陆续散发出可燃气体外，有时用清水或碱水清洗过，焊补时还会爆炸，那是因为焊接的热量把底脚泥或桶底卷缝中的残油赶出来，蒸发成可燃蒸气而爆炸，所以焊补过程中需要继续用仪表监视，发现可燃气体浓度上升到危险浓度时要立即停止动火，再次清洗到合格为止。

除了目前采用的火碱、蒸气吹洗、水煮和各种机械、水力、喷砂等清洗方法，目前国外尚有采用“惰性气体防护维修”法，则将氮的泡沫吹入已放空的容器管道内，使容器内侧表面上复盖上厚厚一层。

这样容器不必完全清洗干净，便可进行焊补或切割等高温作业，也能够保证在容器管道外部进行操作时的安全，从而大大节约了时间。

燃料容器管道未经仔细清洗，或未采取相应的防爆安全措施，不得动火焊补。

4. 动火焊补时应打开容器管道的放散管、人孔、清扫孔等。严禁焊补未开孔洞的密封容器。

5. 防爆安全组织措施

(1) 在焊补工作地点周围十米内应停止其它用火工作，并将易燃物（如润滑油桶等）移到安全场所。电焊机二次线及气焊设备的乙炔皮管要远离易燃物，防止操作时因乙炔皮管漏气或线路发生火花而起火。

(2) 进入容器管道内采用气焊动火时，点燃和熄灭焊枪均应在设备外部进行，防止过多的乙炔气聚集在容器管道内。

(3) 焊补动火前除应准备必要的材料、工具外，还必须准备好消防器材等。

三、带压不置换动火的防爆措施

燃料容器的带压不置换动火，目前在燃料油和燃料气的容器管道都有采用，对于可燃气体（或蒸气）容器管道的焊补，它主要是严格控制氧含量，使容器管道内不能形成达到爆炸极限范围的混合气，以消除化学性爆炸条件²。具体地说，也就是通过对含氧量的控制，使容器管道内的可燃气体含量大大超过爆炸上限，在正压条件下让可燃气体以稳定不变的速度，从容器或管道的裂缝处扩散逸出，与周围空气形成一个燃烧系统，并点燃可燃气体，只要以稳定的条件保持这个燃烧系统，即可保证焊补操作的安全。为达此目，必须采取下列安全技术

术措施，才能有效防止爆炸事故的发生。

1. 严格控制氧含量 在可燃气存在或通过的设备、管道上带压动火焊补时，须进行容器管道内气体成分的分析，以保证其中氧的含量不超过安全标准。所谓安全标准就是在可燃易爆混合气中，当氧的含量低于某一极限值时，就不会形成达到爆炸极限的混合气，也就不会发生爆炸。我们可以把这一极限值（极限含氧量）作为安全标准。通过控制这一指标使焊补操作得以安全进行。例如氢气的爆炸下限是4.0%，上限是75%。在75%时，空气占25%，氧的含量为5.2%。即当氧含量达到5.2%时，遇明火就会爆炸。但是考虑到容器管道材料、管径、压力和温度等不同条件下，可燃易爆混合气有不同的爆炸极限，因此，根据理论上、实验和实践经验，在带压不置换动火，目前一般规定可燃易爆气体中氧含量不得超过1%，作为安全标准，这个数值具有一定的安全系数。

在焊补前和整个操作过程中，都要始终稳定控制系统中含氧量低安全标准。当发现系统中氧含量增高，要不断分析，掌握趋向，并找出原因，及时排除。氧含量超过安全标准时，应立即停止焊接。

2. 正压操作 补焊前和在整个操作过程中，容器管道必须连续保持稳定的正压。这是带压不置换焊补安全程度的一个关键。一旦出负压，空气进入动火容器管道，就难免会发生爆炸事故。

压力大小应以不猛烈喷火为宜。因为焊补前要引燃从裂缝逸出的燃气，形成一个稳定的燃烧系统。如果压力太大，气体流量流速也，喷出的火焰很大很猛，焊条熔滴容易被大气流吹走，给焊接操作成困难。而且穿孔部位的钢板，在火焰高温作用下易于变形或裂成大的孔，从而喷出更大的火焰，造成事故。如果压力太小，易造成力波动，会使空气漏入容器管道里，形成爆炸性混合气。因此压力

一般可控制在150~500毫米水柱之间，以保持正压而又不猛烈喷火为原则。

3. 严格控制在动火点周围可燃气体的含量 无论在室内或室外进行容器管道的带压不置换动火补焊时，必须分析动火点周围滞留空间的可燃物含量，以小于0.5%为合格。取样部位的选择应考虑到可燃气体的性质（如挥发性、比重等）和厂房建筑的特点等。应注意检测数据的准确性和可靠性，最好采用防爆报警器测试一下。安全可靠时再动火焊补。

4. 焊接操作的安全要求

(1)在焊补前引燃从裂纹逸出的可燃气体及动火操作时，焊工不可正对动火点，以免发生烧伤等事故。

(2)焊机的电流大小要预先调节好，特别是压力在1公斤/厘米²以上和钢板较薄的容器管道，焊接电流过大容易烧穿金属。在介质的压力下会产生更大的孔和裂纹，易造成事故。

(3)遇到动火条件有变化，如系统内压力急剧下降到所规定的限度，或氧含量超过允许值等，都要马上停止动火。待查明原因，采取相应对策，方可进行焊补。

(4)焊补操作中如果发生猛烈喷火时，应立即采取消防措施。在火未熄灭以前，不得切断可燃气体来源，也不得降低或消除系统的压力，以防容器管道吸入空气形成爆炸性混合气。

(5)焊工要有较高的技术水平，焊接操作要均匀、迅速。而且焊工还要预先经过专门培养和训练。不允许未经训练、技术差和经验少的焊工带压焊补。

总起来说，燃料容器带压不置换动火的防爆技术要点是严格控制系统内的氧含量和动火点周围的可燃物含量，使之达合格量，并保持

原书缺页9-末