

物流建筑叉车充电间

——设置防爆叉车充电器及防爆电池以避免氢气爆炸的必要性讨论

韦建树

上海爵格工业工程有限公司 上海 201611

摘 要: 随着工业生产的不断发展,叉车作为物流搬运的重要设备,在各类场所广泛使用。由于内燃机叉车燃料燃烧后伴有尾气排放,在物流建筑内部通常适用以蓄电池作为动力源的电动叉车,而当前绝大多数充电叉车使用的铅蓄电池充电过程涉及到一定的电气和化学安全风险,能够产生少量氢气。GB 51157《物流建筑设计规范》针对叉车充电间的安全设计做出了相关规定,其中包括设置氢气探测器和防爆风机等措施。然而,对于充电设备本身的防爆要求,规范并未明确规定是否必须使用防爆充电器和防爆电池,这给实际工程实践和安全管理带来了一定的困惑。本文参考了 GB 51157《物流建筑设计规范》、国家消防救援总局《租赁厂房和仓库消防安全管理办法(试行)》、GB50016《建筑设计防火规范》、GB55036《建筑防火通用规范》等标准,探讨叉车充电间充电设备的安全设施配置问题,特别是是否需要设置防爆充电器和防爆电池,通过分析相关原理、潜在风险以及标准背后的意图等方面进行详细研究,旨在为实际的叉车充电间建设和安全管理提供了依据和参考。

关键词: 电动叉车; 阀控式铅蓄电池; 氢气; 防爆

引言

近年来,电动自行车、新能源汽车锂电池充电过程中由于过热、过充、受到碰撞刺穿或挤压变形等引发爆炸起火的情况较为常见,与锂离子电池相对应的传统铅酸电池则在安全性上具有一定优势。但是,阀控式铅酸电池在充电过程中能够产生一定量的氢气,这一点是锂离子电池不涉及的危险因素。

在物流行业,GB51157《物流建筑设计规范》对于仓储物流区域搬运车辆充电间有具体的设置要求,其地面、墙面需要采用不发火花材料,充电区要设置防爆风机及氢气探测器,人员进入前要采取导出静电措施。但在这种看似防爆的环境下,并未对灯具、开关、管线,乃至叉车电池、充电器等一系列用电器具做防爆要求,这是否会破坏了原有的防爆环境?铅酸电池在规范环境下,充电过程中是否有可能产生达到爆炸下限的,能够触及到充电区的氢气?这种风险引发事故的概率大概有多大?本文通过建立模型、计算具体参数进行论证。

1. 当前物流建筑叉车充电间防爆要求的困惑

叉车,作为物流搬运的重要工具,在各类场所以得广泛使用,尤其是大型物流仓储、配送中心建筑内,每天都有

大量叉车来回往复作业,受限于建筑物内部通风情况,大多数物流建筑室内使用的叉车为电动叉车,而当前绝大多数电动叉车均为铅蓄电池提供动力,这必然导致在物流建筑内每天都要进行蓄电池充电工作,而铅蓄电池的充电可能产生氢气,不可避免的成为一类危险源。

为避免充电过程中氢气聚集达到爆炸极限而引发爆炸,GB51157《物流建筑设计规范》对叉车充电间的建设做出了具体的要求:

1.1 搬运车辆充电间(区)要求:

- (1) 充电间(区)应远离明火、高温、潮湿和人员密集作业场所;
- (2) 不得在充电间(区)内设置车辆或电池的解体、焊装等维修场地;
- (3) 物流建筑内的充电间(区)宜靠外墙布置;
- (4) 充电区不应设在上方可能有落物或因管道破裂泄漏液体的区域;
- (5) 充电间(区)的面积应根据充电形式及充电设备数量确定;
- (6) 整车充电间(区)车辆的最高点与顶板下安装的灯具及门洞上沿的间距不宜小于 300mm;

(7) 充电区净高度不应小于 5m, 与其他区域的安全距离不应小于 5m;

(8) 充电间(区)应采用不发火地面, 门窗、墙壁、顶板(棚)、地面等应采用耐酸(碱)腐蚀的材料或防护涂料;

(9) 物流建筑内的充电间应采用防火墙和楼板与其他区域隔开, 通向物流建筑的门应采用甲级防火门;

(10) 充电间入口处宜设置人体静电释放装置。

1.2 搬运车辆蓄电池充电间(区)应设置独立的机械通风系统, 并应符合下列规定:

(1) 通风量应按充电时产生的气体量和余热计算确定, 并应满足充电间(区)空气中最大含氢量(按体积计算)不超过 0.7% 的排风需求;

(2) 充电间的换气次数不应小于 8 次/h;

(3) 开放式铅酸蓄电池的充电区应设置上下排风设施;

(4) 充电期间机械排风系统的风机应保持连续和可靠的运转, 并与氢气探测器联动;

(5) 机械排风系统可与消防排烟共用;

(6) 设置在充电间(区)内的风机应为防爆型。

1.3 搬运车辆充电间(区)应设置氢气探测器。

从以上条款可以判断, 物流建筑叉车充电间(区)存在产生氢气的可能性, 应设置氢气探测器, 确保氢气在空气中体积比不超过 0.7%, 现场应设置防爆风机持续进行运转排风。这时候的问题就来了: 当前绝大多数物流建筑内的叉车充电器、叉车蓄电池均不是防爆类型, 在这样一个防爆环境中进行非防爆电气设备的充电工作, 是否破坏了整体的防爆功能, 是否会在充电中产生火花引发爆炸? 这给很多安全管理、设备管理的工作人员带来了难题。

2. 造成的不良影响

随着近年来安全生产越来越受到重视, 风险分级管控及隐患排查治理、安全标准化的大力推行, 越来越多的生产经营单位辨识出了这一风险, 并希望向工程防护方向靠拢, 于是, 是否需要将物流建筑中的叉车整体更换为防爆类型的争论时有发生。

一方面的观点, 是根据 GB50058《爆炸危险环境电力装置设计规范》等标准, 防爆环境中不应该存在非防爆的电气设备, 否则整体防爆性能均会被破坏。在 GB51157《物流建筑设计规范》提到了充电间(区)内的风机应为防爆型, 充电间(区)应采用不发火地面, 门窗、墙壁、顶板(棚)、

地面等应采用耐酸(碱)腐蚀的材料或防护涂料。很明显充电间被定义为防爆区域, 连地面都不应该产生火花, 这必然要求位于顶板和地面之前的区域也不应该产生火花。

铅蓄电池叉车的充电器、蓄电池非防爆, 在充电电源接通、断开等情况下都可能产生明显火花或电弧, 这些能量足够将氢气点燃引发爆炸。

另一方面的观点, GB51157《物流建筑设计规范》中仅要求排风机为防爆类型, 甚至连充电间的灯具、开关等都不做防爆要求, 该区域并不能简单地认定为防爆区域。既然在高处的灯具都不做要求, 何况是离地面 1m-2m 的充电器和蓄电池呢? 另一方面, 防爆型叉车无论从价格、使用便捷程度、维护保养难度来说都比非防爆型要大得多, 投入成本高昂, 在物流建筑这种大面积使用叉车的环境中做整体更换, 难度可想而知。

两个观点都有道理, 安全生产管理和安全生产技术上产生了分歧和困惑。

3. 可行的解决方案

通过走访 3 个综合性物流建筑, 进行各项参数的收集和计算。其仓储部分均为丙类二项仓库, 其中 2 个位于江苏省, 其建筑面积分别为 13.8 万 m²、8.5 万 m², 另一个位于天津市, 其面积为 6.5 万 m², 在 GB51157《物流建筑设计规范》中属于大型物流建筑。3 个物流建筑均配备了叉车充电间, 其中最大的一个叉车充电间建筑面积约 120 m², 层高 4.8m, 内部设置了 21 台叉车充电器, 根据其铭牌显示, 理论上可以同时为 21 组 48V, 20Ah 的蓄电池充电。

该叉车充电间设置了氢气探测器, 地面使用不发火花地坪处理, 并在高处设置了 4 只持续运行的风机进行排风。

4 只排风机均为防爆型, 每只风机的额定排风量为 1200m³/h, 理论上每小时可以换气 4800m³, 按照充电间的容积 120*4.8=576m³ 算, 正好每小时可以换气 8.33 次, 满足 GB51157《物流建筑设计规范》第 12.3.8 条第(三)款: 充电间的换气次数不应小于 8 次/h 的相关要求。本次解决方案的讨论就以改充电间为模型进行计算。

3.1 铅蓄电池充电氢气产生的原因

根据能查到的文献统计, 充电过程中最主要有两个: 水的电解反应和铅的氧化还原反应。在充末期, 随着电池极板上活性物质的不断恢复, 硫酸铅(PbSO₄)逐渐减少, 此时电池电压升高, 极板上的电流密度增大。当达到一定程度

后, 电解液中的水会发生电解反应。在阴极(负极), 水分子得到电子被还原, 产生氢气(H_2), 电极反应式为



同时, 在充电过程中, 负极板上的铅(PB)会有一定程度的溶解和再沉积过程。当充电条件不合适(如充电电压过高、充电电流过大等)时, 会导致铅的氧化还原平衡被打破, 部分铅直接与电解液中的氢离子(H^+)和电子发生反应生成氢气, 相关反应可简单表示为:



3.2 氢气产生量

影响氢气产生量的主要因素较多, 包含了充电电流、充电电压、电池温度、电池老化程度等, 在实际应用中, 可以通过一些经验公式或者试验方法来估算铅酸电池充电时氢气产生量, 如基于法拉第定律的估算。

根据法拉第电解定律, 电极上发生化学反应的物质的量与通过的电量成正比。对于水的电解反应产生氢气的过程, 每通过1法拉第(F, 约为96485库仑)的电量, 会产生0.5摩尔的氢气。假设充电过程中电池的充电效率为 η , 充电电流为I(单位为A), 充电时间为t(单位为s), 则通过的电量 $Q=It$, 产生的氢气的物质的量n(单位为mol)可以通过以下公式估算:

$$N=It \cdot \eta / zF$$

(其中z为电极反应中转移的电子数, 在水的电解产生氢气的反应中 $z=2$ 。)

根据现场走访, 该物流建筑的充电间平均每天满负荷充电时间为12小时, 此处为了便于计算, 按照每天夜间连续充电12小时进行计算, 充电器普通充电效率90%, 再由充电器的铭牌可得该区域充电器的充电方式为非快速充电的常规充电, 电流随着电池逐渐充满由6A逐渐趋近于0。此处就以最大值6A计算。

每只蓄电池的容量为20Ah, 已知1Ah=3600库仑电量, 则20Ah=72000库仑, 即每只蓄电池充电量为72000C, 再由1法拉第=96485库仑计算, 20Ah电池容量约0.746法拉第, 则21只铅蓄电池的总容量为 $0.746 \times 21 = 15.67F$

由此可计算出21台充电器在12小时内可以产生的氢气大致为:

$$N=6 \times 3600 \times 12 \times 0.9 / 2 \times 15.67 = 7443.5 \text{ mol}$$

再根据标准状态下1mol理想气体的体积约22.4L, 可得最后的结论:

21台充电器连续充电12小时, 共产生氢气 $7443.5 \times 22.4 = 166734L$, 换算为体积即 $166m^3$ 。

每小时产生的氢气量为 $166/12 = 13.8m^3$ 。

氢气的爆炸下限为4%, 在GB51157《物流建筑设计规范》中规定充电间最大氢含量(体积分数)不超过0.7%, 如果不考虑排风, 在该模型下, 蓄电池最高距离地面2m, 距离顶板高度为2.8m, 按照地面面积 $120m^2$ 计算, 充电设备上方空间共计 $336m^3$, 达到0.7%的浓度时, 共计需氢气2.35立方米, $2.35/13.8 = 0.17h$, 即如果在无排风的封闭情况下, 21台充电器满功率运行, 10.2分钟可让氢气在充电器上方聚集达到0.7%浓度, 联动强制排风。

同时, 如果强制排风也没有的情况下, $4\%/0.7\% \times 10.2 = 58.2$ 分钟, 即如果在完全封闭的情况下, 21台叉车充电器连续工作58分钟, 产生的氢气可能达到该区域的爆炸下限。

4. 结论

根据GB51157《物流建筑设计规范》的要求, 该模型每小时 $4800m^3$ 的换风量, 远大于 $13.8m^3$ 的氢气产生量, 且实际满负荷充电, 保持最高电流充电的时间均低于计算值, 不可能让该区域的氢气产生聚集达到爆炸下限。故根据叉车充电器、蓄电池在当前模型, 能够保证持续排风及事故强排风工作正常及气体探测器正常的情况下, 认为不必要将叉车充电器及蓄电池更换为防爆类型。

参考文献:

- [1] 本社. 物流建筑设计规范:GB51157[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [2] 中华人民共和国公安部. 建筑设计防火规范:GB50016[M]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
- [3] 中国电梯协会. 建筑防火通用规范:GB55036[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [4] 中国计划出版社. 爆炸危险环境电力装置设计规范:GB50058[M]. 北京: 中国计划出版社, 2010.

作者简介: 韦建树(1976-), 男, 汉族, 江苏省盐城大丰市人, 工程师, 最高学历: 硕士研究生, 研究方向为机电安全