

浅谈铅酸蓄电池室通风设计

李方语

河北华飞工程设计有限公司

摘要: 目前电气工程中多采用阀控式铅酸蓄电池室, 现行相关国家、行业标准对阀控式铅酸蓄电池室有关通风设计的要求有所差异。本文介绍了蓄电池室通风量、通风设备防腐、防爆要求以及运行方式。排气式铅酸蓄电池室应采用防腐防爆型风机, 阀控式铅酸蓄电池无独立备用通风机时宜采用防爆型风机, 阀控式铅酸蓄电池室的计算换气次数范围较广, 换气次数可根据其空间布置上的冗余、气流组织的优劣、电池容量的大小来选择。

关键词: 铅酸蓄电池室; 防腐; 防爆; 换气次数

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6261.2022.09.188

一、引言

蓄电池室主要包括酸性蓄电池室、碱性蓄电池室、锂电池室、钠硫电池室等, 阀控式铅酸蓄电池组因其“免维护”、运输方便、酸雾释放量低、析氢量低等特点在实际项目中被广泛应用。相关行业规范中对于排气式铅酸蓄电池室的通风设计要求较为明确, 而对阀控式铅酸蓄电池室、不间断电源室的防腐、防爆、通风换气次数以及事故通风的要求依旧存有矛盾之处。

二、有关铅酸蓄电池室危险性的研究

曹喆等^[1]进行了铅酸蓄电池充放电过程中氢气的释放规律的研究, 铅酸蓄电池组在充、放电过程中会释放氢气, 并且主要集中在充电末期。铅酸蓄电池过充电1Ah产出0.418L氢气及0.20907L氧气^[2], 常温常压下, 氢氧混合物的爆炸的临界氢气体积分数大约在15%~90%^[3], 氢气在空气中的爆炸极限为4.1%~74.2%。相比于传统的排气式铅酸蓄电池, 阀控式铅酸蓄电池可将过充电反应时正极释放出的氧气与负极物质化合生成水从而抑制氢气的产生, 而在实际应用中, 依旧会有少量的氢气产出。王延瞳等^[4]对使用排气式铅酸蓄电池、阀控式铅酸蓄电池组的场所的实际氢气浓度的进行了测量, 得到了氢气扩散浓度分布及变化的规律, 其中在机械通风的情况下, 使用排气式蓄电池组的封闭场所氢气浓度变化随时间有较大的波动, 使用阀控式铅酸蓄电池组的封闭场所氢气浓度随时间平稳分布, 且皆远小于氢气的爆炸下限, 该场所在无机械通风的情况下, 氢气开始积聚, 浓度明显上升。可见通风设备的存在对于阀控式铅酸蓄电池室也是必要的。

三、铅酸蓄电池室的通风设计

(一) 铅酸蓄电池室通风设备的防腐、防爆要求
现行相关行业标准对铅酸蓄电池室通风设备防腐、

防爆要求存在矛盾之处, 阀控式铅酸蓄电池排气口设置有酸雾过滤垫, 各类规范有关蓄电池室防腐设计, 主要是对防腐隔爆蓄电池室做出了要求, 只有《发电厂供暖通风与空气调节设计规范》(DL T 5035-2016)有关防腐的规定未排除阀控式铅酸蓄电池室, 在实际设计中, 可根据项目、单体类型参考相应的规范来进行防腐设计。

在防爆设计方面, 各类规范对排气蓄电池室通风设备防爆要求一致, 只有《电力设备典型消防规程》(DL 5027-2015)中规定阀控式密封铅酸蓄电池室通风设备可不考虑防爆, 《通信建筑工程设计规范》(YD 5003-2014)只明确要求的防酸式蓄电池室通风设备进行防爆设计, 其余各类规范要求采用防爆风机时未排除阀控式密封铅酸蓄电池室, 考虑到各类规范的适用范围, 在依照规范设计时存在矛盾。阀控式铅酸蓄电池室采用防爆型通风机的必要性, 可以根据爆炸危险区的划分来辅助判断, 当划分为爆炸危险区内时, 应选用防爆风机。根据《爆炸危险环境电力装置设计规范》(GB50058-2014), 氢气的最高浓度不超过爆炸下限值的10%则可划分为非爆炸危险区, 以及封闭区域的蓄电池皆直接或间接向封闭区域外排气则可划分为非爆炸危险区。

在不考虑通风的情况下, 氢气泄漏后向顶部扩散, 假设全部积聚于顶部, 即以通风口上边缘距房间顶部的距离(0.1m)作为计算区域体积的净高, 此时蓄电池室一小时内泄漏氢气室内浓度的计算如式3.1-1,

$$y = \frac{C_{10} \cdot N \cdot G_e}{V_f} \times 10^{-3} \quad (\text{L/m}^3) \quad (3.1-1)$$

其中: C_{10} ——蓄电池10 h放电率标称容量, Ah;

N ——铅酸蓄电池数量, 个;

G_e ——单体蓄电池释出的氢气量, mL/Ah·h;

V_f ——有效计算区域体积, m^3 。

参考《固定型阀控式铅酸蓄电池 第1部分: 产品品种和规格》(GB/T 19638.1-2014), 在20℃时阀控式铅酸蓄电池在浮充条件下排气量取0.04 mL (mL/Ah·h), 过充条件下排气量 (mL/Ah·h) 取1.7 mL, 铅酸蓄电池排气包含氢气、氧气、硫酸蒸汽等, 本文将阀控式铅酸蓄电池排气视为氢气来计算。以《蓄电池选用与安装》(14D202-1) P54阀控式铅酸蓄电池室的布置案例为例, 该阀控式铅酸蓄电池室蓄电池室围护结构尺寸为6.00m×10.04m (假定房间净高为3m), 放置一组阀控式铅酸蓄电池 (标称容量为 $C_{10}=1800Ah$), 每组数量为104个, 则该阀控式铅酸蓄电池室房间内氢气浓度经估算可知, 在过充条件下一小时内氢气最高浓度为 $5.9L/m^3$ (氢气体积分数为0.59%), 高于氢气爆炸下限值的10%, 该蓄电池室若在过充时通风机未连续工作, 如一小时内为关闭状态, 则应采用防爆风机。

在考虑蓄电池室内连续通风的情况下, 室内氢气浓度与通风量关系式如式3.1-2,

$$L = K \cdot \frac{0.001C_{10} \cdot N \cdot G_e}{y_2 - y_0} \quad (3.1-2)$$

其中: L ——全面通风量, m^3/h ;

y_2 ——稳定状态下室内空气氢气浓度, L/m^3 ;

y_0 ——房间进风空气中氢气浓度, L/m^3 ;

K ——安全系数, 与气流组织有关, 一般取3~10;

同样以《蓄电池选用与安装》(14D202-1) P54阀控式铅酸蓄电池室的布置案例为例进行估算, 蓄电池组尺寸为6.40 m×1.44 m (假定包含平台总高度为1 m), 根据式3.1-2, 在安全系数取10的情况下, 全面通风量为 $795.6 m^3/h$ (换气次数为4.9次/h, 可满足该蓄电池室空气中氢气浓度低于0.4%, 此时可采用非防爆风机。一般蓄电池室实际设计的气流组织为上排风, 进风及排风在两侧, 氢气扩散方向与排风方向一致, 安全系数可放低至3~5, 此时换气次数最高为2.5次/h, 若计算区域体积不扣除蓄电池组体积, 换气次数需2.2次/h, 蓄电池组体积影响较小, 经对不同容量与电压蓄电池组极限布置情况计算, 采用实际计算区域与采用房间体积计算的比值分布在1.005~1.4之间, 满足氢气浓度低于0.4%的换气次数分布在1.1~14.1之间。根据通风量、换气次数计算公式可以看出, 安全系数与房间体积对计算结

果能产生成倍的影响, 在同为空间极限布置 (包括蓄电池采用多层放置)、蓄电池组电压相同以及安全系数一致的情况下, 蓄电池容量越大则所需换气次数越大。

(二) 铅酸蓄电池室通风量设计

铅酸蓄电池室的通风需求有以下几个方面: a、满足室内氢气体积浓度低于0.7% (部分规范要求低于1%, 不一而论)、含硫酸雾浓度低于 $2mg/m^3$ 的需求; b、事故通风的需求; c、间接排风的需求; d、过渡季节排出室内余热的需求。

蓄电池室满足室内氢气体积浓度、含硫酸雾浓度要求而实际需要的通风量可根据蓄电池氢气析出量、酸雾析出量来进行分析 (如3.2节案例在安全系数取5的情况下满足氢气浓度低于0.7%所需换气次数为1.5次/h), 并对比现行相关规范标准要求的最小通风量来进行设计。经对不同容量与电压蓄电池组极限布置情况计算, 在安全系数取5的情况下, 满足氢气浓度低于0.7%的换气次数分布在0.7~8.3次/h之间, 而其中蓄电池未采用多层布置形式时, 换气次数最低为0.4次/h。

在实际设计中, 有时缺乏蓄电池的容量及相关参数, 蓄电池室满足室内氢气体积浓度、含硫酸雾浓度的通风量通常直接采用换气次数法来进行计算, 现行相关国家、行业标准对蓄电池室换气次数的规定有所差异, 且部分标准未明确选用排气式铅酸蓄电池室与阀控式密封蓄电池时的不同, 对于事故通风的规定也不尽相同。

表3.2-1为部分规范标准对于铅酸蓄电池室换气次数的规定, 关于蓄电池室换气次数的规定, 结合各类规范条文说明可以看出主要考虑的是铅酸蓄电池组排除氢气的通风需求, 而《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB 50736-2012)中未涉及蓄电池种类的描述, 与其他标准的换气次数要求差异过大, 对于防酸蓄电池室, 平时通风采用10~12的换气次数是较为稳妥的选择。对于阀控式铅酸蓄电池室, 《发电厂供暖通风与空气调节设计规范》(DL/T 5035-2016)条文说明中提到极端过充时有效排除氢气所需换气次数约为4.4次/h^[4], 各类规范标准对于阀控式铅酸蓄电池室、ups室平时全面通风的换气次数要求大多数不小于3次/h, 考虑到风机故障, 也可分为多台来设置备用风机, 此时单台也满足3次/h。从换气次数的规定可以看出, 通用类规范规定的蓄电池室换气次数最高, 发电厂用蓄电池室高于通信用蓄电池室的换气次数, 换气次数规定的差

表3.2-1 蓄电池室换气次数规定

规范名称	蓄电池室换气次数 (次/h)		防酸蓄电池室换气次 数(次/h)		阀控式蓄电池室换气 次数(次/h)	
	平时	事故	平时	事故	平时	事故
《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB 50736-2012)	10~12	—	—	—	—	—
《通用用电设备配电设计规范》(GB 50055-2011)	≥8	—	≥8	—	—	—
《通信建筑工程设计规范》(YD 5003-2014)	—	—	≥5	—	0.5~1	—
《发电厂供暖通风与空气调节设计规范》(DL/T 5035-2016)	—	—	6	—	3/—*	6
《地热电站设计规范》(GB 50791-2013)	—	—	—	—	兼用	12
《小型火力发电厂设计规范》(GB50049-2011)	3	—	—	—	3	—
《35kV~110kV变电站设计规范》(GB 50059)、《风电场设计防火规范》(NB 31089-2016)	—	—	6	—	兼用	3
《石油化工建筑物抗爆设计标准》(GB/T 50779-2022)	—	—	—	—	≥3	—

注：“*”为设置有氢气监测装置时；“兼用”为事故通风可兼做平时通风。

异性与计算换气次数一致（蓄电池容量越大换气次数越大）。可根据蓄电池室空间布置、电池容量与气流组织的设计在上下限间来选取换气次数。排气式铅酸蓄电池室未涉及事故通风的描述，应根据其爆炸危险区的划分来设置事故通风。

若建筑内多余风量通过蓄电池室来排除，则蓄电池室的排风量还需满足建筑风量平衡。此外，阀控式铅酸蓄电池因其使用特性一般建议温度范围在15℃~30℃（20℃~25℃最佳），充电时的散热量根据《蓄电池选用与安装》（14D202-1）的散热量数据，可以大致估算为2V阀控式铅酸蓄电池每500Ah散热量为2.5~2.8w，在过渡季节也可考虑通过通风来排除热量。蓄电池室的排风量应能同时满足以上几点。

（三）铅酸蓄电池室通风设备运行方式

结合各类规范规定，铅酸蓄电池室通风机运行方式包含以下几种，a) 仅设置平时通风，不间断运行；b) 设置事故通风，兼做平时通风；c) 仅设置事故通风；d) 仅设置平时通风，间歇运行。排气式铅酸蓄电池室氢气释放量较高，通风设备的运行方式建议既设置事故通风也设置平时通风。阀控式铅酸蓄电池室通风设备的运行方式的选取可与气体检测装置的设置、爆炸危险区域划分及空调设备的运行综合考虑，如《发电厂供暖通风与空气调节设计规范》（DL/T 5035-2016）中将通风设备的运行方式与气体检测装置的设置联系到了一起，《通信建筑工程设计规范》（YD 5003-2014）规定阀

控式铅酸蓄电池室空调开启时关闭通风机（换气次数0.5~1次/h），此时换气次数可能不满足过充时室内氢气浓度的要求，可设置气体检测装置进行连锁开启。

四、结语

排气式铅酸蓄电池室应采用防腐防爆型风机，在缺乏蓄电池组信息时，阀控式铅酸蓄电池建议采用防爆型风机，在分设独立的通风系统时可不考虑防爆，且采用非防爆风机时通风量是采用防爆风机时的1.75倍。除通用类规范，规定的换气次数随着所用蓄电池容量的加大而变大。阀控式铅酸蓄电池平时通风的换气次数可在0.5~8.3之间选取，蓄电池室内布置的冗余、蓄电池室的气流组织与电池容量对蓄电池室通风量的影响最为关键，条件所限气流组织设计不畅时换气次数可扩大至2倍。铅酸蓄电池室内通风方式采用间歇运行时，建议与氢气检测装置连锁开启。

参考文献

- [1] 曹喆, 张洪彬, 韦桂欢. 潜艇蓄电池充放电过程释放氢气规律研究[J]. 舰船科学技术, 2008, 30(S2): 301-303.
- [2] 金风帆. 铅酸蓄电池常见故障问题解答(一)[J]. 汽车运用, 2002, (10): 43-44.
- [3] 王建, 段吉员, 黄文斌等. 氢氧混合气体爆炸临界条件实验研究[J]. 工业安全与环保, 2008, (10): 26-28.