

高氨基酸多肽激活剂激活变电站铅酸电池循环利用的思考

李恒¹, 任乔林¹, 邓华¹, 杨帆¹, 李琦², 曾林龙³, 蔡世腾²

¹ 国网孝感供电公司 湖北孝感

² 国网随州供电公司 湖北随州

³ 国网襄阳供电公司 湖北襄阳

【摘要】本文介绍了一例孝感电网通信电池组激活循环利用案例, 4 年运行后电极劣化的硫酸铅晶体导致蓄电池电压降低和内阻增大, 容量下降。采用多肽寡糖的生物激活液添加方法, 成功地将铅酸蓄电池提高到新电池投运前的水平。生物添加剂的方法简单易行, 采用高氨基酸多肽生物激活+慢充电辅助处理, 能加快激活液导电和除晶体速度, 激活容量提升 67.2%, 高达新电池的 111.7%, 保证直流系统经济可靠运行。

【关键词】变电站; 直流系统; 循环利用; 生物激活液; 硫酸铅; 内阻

【收稿日期】2025 年 12 月 15 日 **【出刊日期】**2026 年 1 月 16 日 **【DOI】**10.12208/j.sdr.20260019

Thoughts on the activation of high amino acid polypeptide activator for recycling lead-acid battery in substation

Heng Li¹, Qiaolin Ren¹, Hua Deng¹, Fan Yang¹, Qi Li², Linlong Zeng³, Shiteng Cai²

¹State Grid Xiaogan Power Supply Company, Xiaogan, Hubei

²State Grid Suizhou Power Supply Company, Suizhou, Hubei

³State Grid Xiangyang Power Supply Company, Xiangyang, Hubei

【Abstract】 This paper presents a successful case study of battery pack activation and recycling in the Xiaogan power grid. After four years of operation, lead sulfate crystals caused electrode degradation, resulting in reduced battery voltage, increased internal resistance, and decreased capacity. By applying a bioactivation solution containing polypeptide oligosaccharides, the lead-acid battery was restored to its pre-activation performance. The bioadditive method is simple and practical. Combining high-amino acid polypeptide bioactivation with slow charging treatment accelerated the conductivity and crystal removal of the activation solution, achieving a 67.2% capacity recovery—reaching 111.7% of the new battery's capacity—ensuring economical and reliable operation of the DC system.

【Keywords】 Substation; DC system; Recycling; Bioactive liquid; Lead sulfate; Internal resistance

1 前言

湖北孝感公司某通信机房铅酸电池为理士公司 2022 年出品, 48V200Ah, 为阀控方式。电池型号为克拉玛依 DJ-200, 浮、均充电压 2.35V, 最大电流 60A, 温度补偿-3mV/°C; 该变 2022 年投运, 2026 年发现电压下降。根据 DL724-2021《电力系统用铅酸蓄电池运行与维护技术规程》要求, 南瑞公司、孝感公司和光源集团针对电压下降问题处理进行了多次讨论, 并形成 I10 充电核容, 放电加激活液静置后 I10 充电+0.15A 慢充的处理提升电压^[1,3]。

2 生物激活液的作用原理

由于生物大分子在电池液中的均匀分布, 基于生物大分子长链多羟基的特性, 引导硫酸铅新的结晶在极板上均匀附着, 并减少微细晶体脱落, 沉淀的几率。这种均匀附着的硫酸铅晶体, 个体微小、疏松, 在极板上均匀覆盖, 充电时溶解相对迅速, 电池容量随之提升。

蓄电池在充放电过程中, 过大的硫酸铅结晶不能彻底溶解, 极易从极板脱落、导致极板发生物理损伤。蓄电池修复剂中所含的大分子与解离的铅离

第一作者简介: 李恒 (1982-) 男, 孝感人, 本科, 工程师, 从事变电安装工作。

子形成配位化合物。配位化合物能在充电过程中, 引导铅离子在电场作用下回到极板还原成铅, 从而减少硫酸铅沉淀, 并逐渐恢复蓄电池的容量的同时, 延长极板老化时间^[2]。

3 方案介绍

3.1 大分子激活液激活的试验

课题组所用蓄电池生物大分子添加剂配方为“ γ -羟基丁酸 1~15 份, 乙酸 1~20 份, γ -羧基丁酸 1~15 份, γ -PGA1~30 份, N-乙酰葡萄糖酸 1~8 份, Lunasin 肽 1~15 份, ST 肽 10~50 份, β -羟基- α -氨基

丁酸 1~20 份, L-2-氨基-3-羟基丙酸 1~40 份, 蒸馏水 20~60 份”, 主要成分为氨基酸, 且氨基酸浓度不低于 10%。不含硫酸、不含重金属铅、同时含有羧基^[6-8]。

取上述 6 个电池一组, 对测试蓄电池进行一次核容测试, 并记录蓄电池初始容量。充电恢复后, 再接入浮充电源, 保持测试蓄电池组处于浮充状态。添加蓄电池修复剂, 持续运行超过 30 天。

再次将测试蓄电池进行二次核容测试, 对比前后两次核容测试容量变化, 验证测试效果。

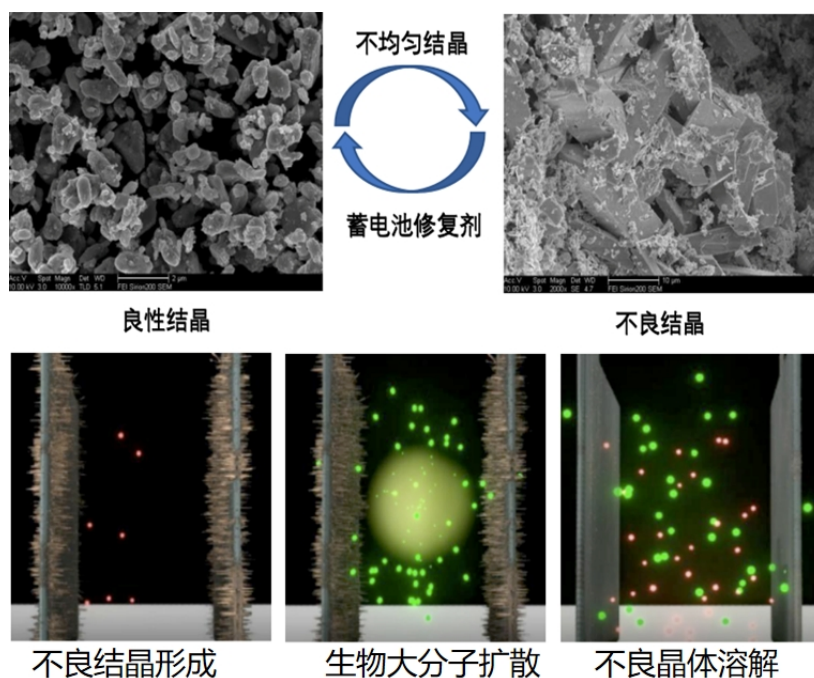


图 1 不良硫酸铅结晶消除机理图

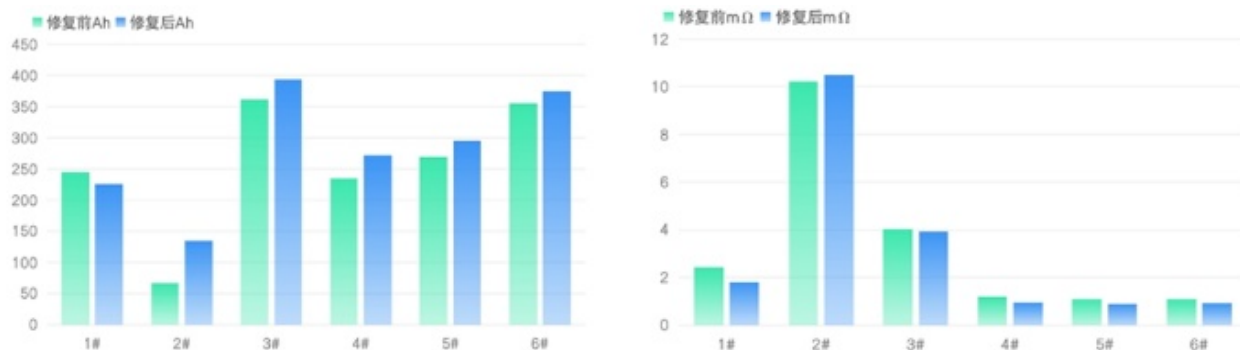


图 2 修复前后容量对比

本试验对铅酸蓄电池生物大分子修复技术进行效果验证。从测试结果来看, 这种修复技术的修复效果是比较明显的。通过添加生物大分子修复剂,

蓄电池负极板表面的大颗粒硫酸铅结晶被分解, 并重新还原成了活性铅, 从而使蓄电池的容量恢复。

3.2 生物大分子激活剂的验证

2025年5月,课题组采用本成果试制的有机高分子聚合物修复液,其氨基酸质量浓度不低于10%,硫酸根离子含量不高于0.05mg/L,重金属铅含量不高于0.05mg/L。针对运行7年且未发生物理劣化的铅酸蓄电池,经有机高分子聚合物添加剂修复,可延长使用寿命1年以上。

采用替换下的蓄电池进行蓄电池修复测试,容量提升率平均达5.54%,其中最大达10.5%。随机抽取12只运行超过7年蓄电池进行修复测试,均能产生明显修复效果。在110kV团山变电站投入工程应用后,将测试蓄电池进行内阻测试,蓄电池组中内阻下降率平均达39.06%,其中最大降率为64.77%。各蓄电池初始内阻值较大,且参差不齐;通过修复使内阻值下降,平均降至1mΩ左右,且趋于一致。

3.3 激活液静置后 I_{10} 充电+0.15A慢充提升电池性能方案

2025年12月,首先加液设备:高氨基酸多肽寡糖激活液^[5,6]。

接着按照下图(图3)所示方法进行电池激活,激活液采用孝感公司的XDJ-02型多肽寡糖激活液,充电机采用通用60A数字式快速充电机,核容仪器杭州群天开阔公司TBC393智能电池容量测试仪。电池温度控制在20℃,充电后采用5A慢充。慢充仪器型号中兴ZXD2400。同时还设有孝感光源修试验XDJ自动加液装置,装XDJ激活液。

最后快充补电。回到孝感电网通信电池组,平均2.3V192Ah,最高2.7V223Ah使用。

经上述步骤后再追踪分析2个月的电压和容量。得电压2.1V,容量190Ah,所以证明电压能保持住,容量保持率99%。

4 处理结果

4.1 第一次核容测试

测试时间:2025年11月10-12日测试记录:

测试记录:充电(通用数字式快速充电机,60A)充满电后,用核容仪器TBC393智能电池容量测试仪核定容量。

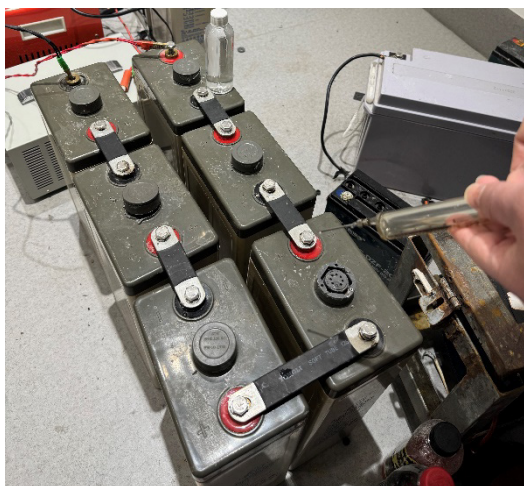


图3 大分子激活所需要激活液、注射器等材料

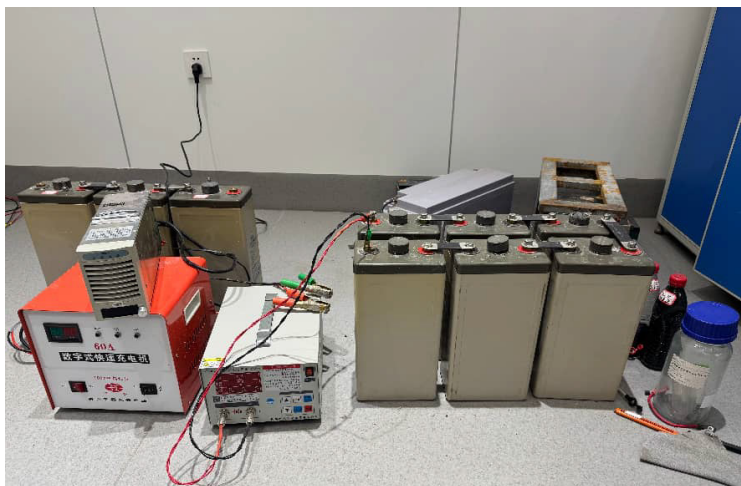


图4 电池数字化充电、核容和小电流充电图

表1 工作室电池组未加激活液1-6#电池整体核容情况

时间	时长	电压 (V)	电流 (A)	容量 (Ah)	温度, °C
8:30	0	12.02	5	2.1	18
9:00	30min	12.02	5	4.6	18
9:30	1h	12.02	5	6.7	18
10:00	1h30min	12.02	5	9.6	18
10:30	2h	12.02	5	11.9	19
11:00	2h30min	12.02	5	14.02	19
11:30	3h	12.02	5	16.6	19
12:00	3h30min	12.02	5	19.2	19
12:30	4h	12.01	5	21.9	20

13: 00	4h30min	12.0	5	24.5	20
13: 30	5h	12.0	5	27.8	20
14: 00	5h30min	11.91	5	30.8	20
14: 30	6h	11.91	5	31.8	20
15: 00	6h30min	11.91	5	34.1	20
15: 30	7h	11.91	5	37.5	20
16: 00	7h30min	11.91	5	39.3	19
16: 30	8h	11.91	5	41.1	19
17: 00	8h30min	11.90	5	43	19
8: 00	8h30min	11.91	5	44	20
8: 30	9h	11.81	5	46.4	20
9: 00	9h30min	11.74	5	51	20
9: 30	10h	11.74	5	50.1	20
10: 00	10h30min	11.74	5	52.6	20
10: 30	11h	11.72	5	55.2	20
11: 00	11h30min	11.63	5	57.6	20
11: 30	12h	11.63	5	58.3	20
12: 00	12h30min	11.63	5	60.7	20
12: 30	13h	11.63	5	62.5	20
13: 00	13h30min	11.51	5	64.3	20
13: 30	14h	11.51	5	67.4	20
14: 00	14h30min	11.51	5	70.2	20
14: 30	15h	11.51	5	73.8	20
15: 00	15h30min	11.51	5	77.4	20
15: 30	16h	11.51	5	80.0	20
16: 00	16h30min	11.51	5	82.7	20
16: 30	17h	11.51	5	85.3	20
17: 00	17h30min	11.51	5	88.3	20
8: 00	17h30min	11.51	5	88.3	18
8: 30	18h	11.51	5	90.05	18
9: 00	18h30min	11.50	5	92.8	19
9: 30	19h	11.40	5	95.3	20
10: 00	19h30min	11.40	5	97.8	20
10: 30	20h	11.34	5	100.5	20
11: 00	20h30min	11.33	5	102.9	21
11: 30	21h	11.22	5	105.3	21
12: 00	21h30min	11.20	5	107.9	21
12: 30	22h	10.80	5	111.3	21
13: 00	22h30min	10.64	5	113.2	21
13: 30	23h	10.42	5	116.7	20
14: 00	23h30min	10.41	5	117.7	20
14: 30	24h	10.30	5	120	20
15: 00	24h30min	10.14	5	123.8	20
15: 30	25h	10.03	5	125.5	20
16: 00	25h30min	10.02	5	127.4	20
16: 30	26h	9.91	5	130.2	20
17: 00	26h30min	9.90	5	132.4	20

从上面记录看出, 孝感信通运行 4 年的电池, 容量只剩余 66.2%, 需要修复。

4.2 二次核容测试

测试时间: 2025 年 11 月 24-28 日测试记录:

测试记录: 实施生物激活也修复蓄电池, 数字式快速充电机, 60A 充满电后, 用核容仪器 TBC393 智能电池容量测试仪核定容量。

从上述记录可知, 容量提升 67.2%。

表 2 工作室电池组加激活液的 1-6#电池整体核容情况

时间	时长	电压 (V)	电流 (A)	容量 (Ah)	温度, °C
8: 10	0	12.64	5	0	18
11: 00	2h50min	12.2	5	15.2	19
14: 00	5h	12.14	5	28.4	20
17: 00	8h50min	12.13	5	43.9	20
7: 30	8h50min	12.13	5	43.9	16
11: 00	12h20min	12.02	5	61.6	19
14: 00	13h20min	11.92	5	77.3	19
17: 00	16h20min	11.90	5	85.5	18
8: 00	17h20min	11.90	5	85.5	17
11: 00	20h20min	11.74	5	104.9	18
12: 00	20h20min	11.63	5	115.8	20
17: 00	25h20min	11.62	5	132.6	20
8: 00	25h20min	11.62	5	132.6	16
11: 00	28h20min	11.51	5	147.0	20
14: 00	31h20min	11.40	5	161.2	20
15: 30	32h50min	11.40	5	169.3	19
16: 30	33h20min	11.20	5	173.4	20
7: 30	33h20min	11.40	5	173.4	19
11: 00	36h50min	10.60	5	191.1	20
14: 00	39h50min	8.80	5	223.4	20

5 分析讨论

采用本方法采用高氨基酸多肽生物激活+慢充电辅助处理, 能加快激活液导电和除晶体速度, 所以加激活剂激活了孝感电网通信电池组。所以我们处理前加钝化剂 T551。然后采用 5A 慢充补电。激活容量提升 67.2%, 高达新电池的 111.7%。

2 个月后复查, 得到该电池的内阻变化不大, 所以本次电池内阻和端电压提升正常。且用剂量 10ml, 成本在 300 元/瓶, 废电池按照 40 元/只, 新电池按照 1000 元/只, 所以回收价值提升约 680 元/只。

6 结论

6.1 劣化电池含有硫酸铅晶体, 降低端电压, 增加内阻, 但可以再生循环利用, 使用高氨基酸多肽生物激活+慢充电辅助孝感电网通信电池组, 降低电池内阻到新电池水平, 激活容量提升 67.2%, 高达新电池的 111.7%。

6.2 高氨基酸多肽生物激活+慢充电辅助加上

真空的方法简单易行, 适用于变电站劣化电池, 可以使 4 年左右电池恢复新电池水平, 能加快硫酸铅细化速度, 缩短提升电压、容量所需时间。回收电池价值提升约 680 元/只, 经济效益明显。

6.3 低至 10ml 的生物激活液降低硫酸铅, 内阻可以达到 $1\text{m}\Omega$ 以下, 所以该生物激活剂效率高, 激活容量大。

6.4 加生物激活剂保持 2 月后, 容量达到电池后的 99%, 劣化相对较慢。

参考文献

- [1] DL-T 724-2021 电力系统用铅酸蓄电池运行与维护技术规程[M],中国电力出版社.2021.
- [2] 潘兴波,曾林龙,方三平等,铅酸蓄电池生物大分子修复技术验证及机理研究[J],电气应用,2023,42[3]35-39.
- [3] 国家能源局,变电站直流系统状态检修导则,[M].中国电

- 力出版社.2021.
- [4] 曾林龙,靳静,任翔,曾雪阳.免维护铅酸蓄电池保养方法研究,工程技术[J].2022,4.
- [5] 安乐天,孙柏林,蔡世腾,梯次利用蓄电池激活液和激活技术研制[J].安防科技 2021 (5) : 285-289;
- [6] 国家知识产权局,用于铅酸蓄电池的生物大分子修复剂及其制备方法[P].ZL 2021 1 0266524.5.
- [7] 姚俊,张爱芳,张杰,刘飞等.铅酸蓄电池的生物学再生修复技术研究[J].高电压技术.2022,48(增刊) ,1-4.
- [8] 国家知识产权局,一种重组大肠杆菌在养护铅酸蓄电池中的应用[P].ZL 2022 1 0592599.7.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS