

文章编号: 1006-4729(2007)02-0151-06

废旧锌锰电池回收利用研究进展^{*}

张俊喜¹, 张铃松^{1, 2}, 王超君¹, 任平¹, 刘永生¹, 张万友²

(1. 上海电力学院 电化学研究室, 国家电力公司 热力设备腐蚀与防护重点实验室, 上海 200090
2. 东北电力大学 化学工程学院, 吉林 吉林 132012)

摘要: 围绕废旧锌锰电池的回收利用研究, 综述了近几年来回收再利用方面的进展, 包括: 废旧电池的分解技术、废旧电池的再利用途径等, 并就废旧电池的回收再利用的发展前景作了讨论。

关键词: 废旧锌锰电池; 回收; 再利用

中图分类号: TM 911.14 **文献标识码:** A

Progress in the Research on Recycle of Waste Mn-Zn Batteries

ZHANG Jun-xi¹, ZHANG Ling-song^{1, 2}, WANG Chao-jun¹, REN Ping¹,
LIU Yong-sheng¹, ZHANG Wan-you²

(1. Electrochemical Research Group, Shanghai University of Electric Power, Key Laboratory of
State Power Corporation of China, Shanghai 200090, China
2. College of Chemical Engineering, Northeast Dianli University, Jilin 132012, China)

Abstract Recent progresses of the research on recycle waste Mn-Zn batteries are introduced and recycling technology and the utilization approach are discussed. The trend of the research and its application are discussed systematically.

Key words waste batteries; recycle; reuse

从人们意识到废旧电池的危害性和资源性, 进而研究其回收再利用方法, 已有近 20 年的历史, 关于废旧电池回收利用的研究和报道也逐渐深入和拓宽, 在实际生产中也作了一些尝试。由北京科技大学和河北易县共同投资的东华鑫馨废旧电池再生处理厂于 2001 年 6 月建成投产, 成为我国首家废旧电池回收厂。该处理厂设计年处理废旧电池 3 000 t, 其工艺通过物理分解、化学提纯、废水处理, 可以获得铁皮、锌皮、铜针等, 最后通过电解加工获得高质量的锌、锰产品, 还可回收汞及

铁红等副产品^[1]。辽宁省辽阳市一项电池回收工艺最近也通过了辽宁省科技厅组织的科技成果鉴定^[2]。所以, 废旧电池回收是一项热门的课题。

1 废旧锌锰电池的处理技术

1.1 废旧锌锰电池的组成及特点

锌锰电池主要有糊式和碱性两种, 目前糊式电池由于其性能差和不利于环保等缺点正逐步被淘汰, 但国内市场上还大量存在这种电池, 而且国

收稿日期: 2007-02-27(特约稿)

作者简介: 张俊喜(1969-), 男, 教授, 山西汾西人, 研究方向为材料化学、电化学的研究和应用。

基金项目: 上海市基础重点项目(06JC14033); 上海市重点学科建设项目(P1304)。

内很多电池厂也仍然在生产这种电池;碱性电池则以其优异的放电性能受到人们的欢迎,是电池行业中最有发展前景的产品之一. 2003年,欧美等发达国家锌锰电池的碱性化率已经达到 90%以上,日韩两国也达到 70%以上,我国仅为 20%,不发达国家则一般为 5%^[3]. 因此,碱性电池是废旧锌锰电池回收处理的重点和难点.

糊式电池的主要成分有锌皮、二氧化锰粉、碳棒、 $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{ZnCl}_2$ 电解液、纸、沥青,以及正负极铜帽、铁片、热塑工艺的塑料包装皮等;碱性电池的主要成分为镀镍铁皮、二氧化锰、石墨正极环、锌粉、铜钢合金负极集流体、 KOH 电解液和隔膜,以及不干胶工艺的 PVC 包装膜等. 放电完毕后,电池中部分有效成分发生化学反应,二氧化锰转化为更低价的氧化物,其中最主要是 +3 价的 $\text{MnO}(\text{OH})$,单质锌转变为 ZnO . 电池中的金属及金属化合物等都是回收利用的主要对象.

另外,废旧电池中的主要有害物质为汞等重金属,汞在废旧电池中的形态是由电池制造工艺决定的,为了减缓锌片(粉)的腐蚀,延长电池的寿命,添加了少量汞使锌片(粉)汞齐化;在糊式电池制造过程中,为了防止电解液载体糊不变质,需要添加一定量的氯化汞起到防腐作用^[4]. 在废旧锌锰电池的回收过程中,尤其要注意回收工艺各阶段中汞的形态,并施以相应的措施来防止汞的流失,避免造成回收中的二次污染. 因此,从无害化的角度考虑,锌锰电池也可分为含汞、低汞以及无汞电池,这样分类便于规范电池生产厂家对不同危险级别的电池采取不同的安防措施,保障回收安全,也便于回收厂的综合回收. 据中国电池工业协会统计,目前我国 3 000 多家电池生产厂家中,只有 30%左右可以生产低汞、无汞电池,即便是低汞,也含有相当数量的汞,且市场上还充斥着不少假冒伪劣电池. 我国金属资源严重匮乏,汞已经全部依赖进口,所以不论从无害化、还是资源化角度,均应充分考虑废旧电池中汞的处理.

1 2 目前废旧锌锰电池的处理方法及存在问题

从工艺流程上讲,废旧电池的回收利用一般包括:破碎预处理;有效物质分解提纯处理;有害物质无害化处理.

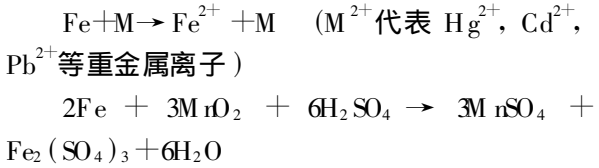
1 2 1 破碎处理

无论采用何种方法,废旧电池的回收处理都

首先要进行破碎处理,破碎的效果直接决定了后期处理的效率,甚至可能决定后期的处理工艺方法. 早期通常采用人工破碎分离方法,即将废旧锌锰电池进行分类后,用简单的机械将电池剖开,人工分离各种物质,并作相应回收处理. 但因分解效率低、经济效益低等缺点现已很少采用. 目前一般采用机械破碎,最常用的是链式、锤式、鄂式等破碎机,这些方法对糊式电池的破碎很有效果,但对于碱性电池效果不佳,主要原因是碱性电池的铁壳和正极环与锌筒相比具有相当的硬度和韧性. 所以需要研制开发一种有效的电池破碎方法,使废电池得到充分的破碎,便于后期的处理. 成肇安设计了一种碾压式破碎机^[5],使破碎效果有所改进.

1 2 2 有效物质分解提纯处理

目前的处理方法主要有湿法、干法、干湿结合法等. 通常的湿法处理主要指酸浸,另外还有一些新兴的湿处理法,例如碱浸和生物选冶等. 酸浸的基本原理是电池中的主要成分都能溶于酸,其化学反应方程一般为: $\text{M} + 2\text{nH}^+ \rightarrow \text{nH}_2 + \text{M}^{n+}$, $\text{M}_\text{x}\text{O}_\text{y} + 2\text{yH}^+ + \text{还原剂} \rightarrow \text{xM}^{n+} + \text{yH}_2\text{O}$; 对于酸浸工艺研究的报道也比较多,各种工艺方法大同小异,主要是还原剂选择的不同. 目前的还原剂主要有 ZnS 、 FeS_2 、 Fe 粉、 H_2O_2 等. 以 ZnS 、 FeS 为还原剂的优点是 MS (M 代表 Zn 和 Fe)来源广,大量闪锌矿、硫铁矿都可供使用. 缺点是反应速度低和反应温度高,浸出温度一般为 $90\text{ }^\circ\text{C}$ ^[6],这个温度下浸液会大量蒸发流失,需不断补充还原矿石,杂质也随之进入,对下一步净化过程造成困难,反应过程中还可能产生 H_2S 造成二次污染,而且反应中有硫单质生成. 反应中生成的 HgS 进入浸渣,如果不对残渣做进一步的除汞处理、而是采用焚烧或者填埋的话,汞的无害化处理仍然没有彻底进行. 以铁粉为还原剂对电池中重金属及 MnO_2 进行还原反应的方程式为^[7]



其原理以及优缺点和 ZnS 、 FeS_2 相近. H_2O_2 作为还原剂也有相关报道,一般是将电池充分破碎后,分离出其中的正极材料,然后用双氧水在酸性条件下浸取,该法反应速度快、效果好,且没有

二次污染,但由于双氧水本身的分解比较严重,而且在批量处理废旧电池时无法做到对电池精细的破碎分离,因此溶液中会有大量过渡金属铁、锰、铜的离子存在,它们都是双氧水分解的催化剂^[8],这样就会消耗大量双氧水,而其中发挥还原作用的只占很少比例,使成本上升。

关于碱浸的报道并不多,重庆钢铁研究所研制了废旧干电池的碱性浸出技术(碱性浸液为氢氧化钠和一种添加剂),使用该方法浸出后,锌、铜进入溶液中,氧化锰、乙炔黑以粉状物存在,汞以 HgS 的形式存在;通过物理分级,可分别回收铁壳、塑料、纸、石墨等物质;再经过滤,含锌的浸出液经净化后,即可制得纯净的锌产品。固体物中含有大量的锰粉(MnO_2),通过化学洗涤后,经焙烧即可再生 MnO_2 ^[9]。

中科院的杜竹玮、李浩然等在 2005 年报道了利用微生物还原浸出法回收废旧电池粉末中的金属锰^[10],其基本原理为微生物利用 MnO_2 作为代谢呼吸链最终电子受体,传递氧化有机物产生的电子,在介质中还原溶浸二氧化锰,从而使其中的锰得到回收。它最大的优点就是微生物对环境友好,并可以实现有机废物与废旧电池的综合治理,其难点是微生物的选育和驯化,因为必须首先得到对重金属及其离子具有强耐受能力的微生物。作为一种新型、环保的处理方法,希望微生物还原浸出法能为废旧电池的回收再利用独辟蹊径。

干法分为常压冶金法和真空冶金法。常压冶金法的基本原理是利用各种金属不同的沸点,随着焙烧温度的提高,各种金属先后挥发出来,再分级冷凝混合蒸汽,使金属相互分离,从而再生其中的有用金属。一般冶炼厂中通常只需增加一些设备即可完成废旧电池部分有效物质的回收^[11]。瑞士巴特列克公司采用此法回收废旧电池,一年可加工 2 000 t 废电池,获得 780 t 锰铁合金,400 t 锌合金以及 3 t 汞^[12-13]。真空冶金法是将电池在真空中焙烧到一定温度,由于在真空中金属的沸点和熔点会降低,从而达到节约能源的目的,其原理与常温冶金法基本相同。引言中提到的国内首家废旧电池回收厂便是采用真空冶金的方法。干湿结合法则是将干法和湿法的优点结合,先用焙烧处理回收低沸点金属,再用湿法处理高沸点金属。瑞士 Recycle 公司即利用此法处理废旧电池。对高温负压热处理产生的废气和废渣分别进行处

理:废气冷凝后离心分离,置换所含的微量汞;废渣破碎后水洗,清洗水经沉淀可去除氧化锰,再部分结晶回收碱金属。国内中南大学冶金科学与工程系的陈伟良和蔡丽园等也作了相关的研究和报道^[14]。另外,还有关于将电池粉料作为煤粉助燃剂的报道,研究表明电芯对无烟煤的助燃效果明显,而对烟煤的助燃效果并不显著^[15]。这种方法可能仅限于碳性电池,对于碱性电池则不适用。

湿法和干法各有优缺点:湿法工艺流程长、相对干法效率低,但得到的产品纯度高^[11],附加值也相应提高;而干法具有设备简单,工艺流程短等优点,但是能源消耗大,在焙烧过程中更容易产生二次污染。不论是湿法、干法还是干湿结合法均有一定的可行性,但并不成熟,也不够完善,有待于进一步研究。以目前的处理方法,考虑其回收成本和再利用所创造的收益,湿法回收应该是目前最有效的方法。

1.2.3 电池中汞的无害化处理

废旧电池中有毒有害物质的处理工作与其他处理步骤是环环相扣的,即有毒有害物质的去除是在其他各个步骤中同时完成的。在上述各种电池回收方法中,汞的无害化回收过程也有一定差异。

干法处理主要利用了单质汞的挥发性和高温下汞化合物的热分解性质,通过加热来使电池中各种形态的汞以汞蒸汽的形态从电池体系中分离出来,最后在烟道尾部采用冷凝装置,并可加入高锰酸钾、次氯酸钾等吸收剂,或者加入充氯活性炭、载银活性炭、多硫化钠焦炭等吸附剂来加强汞的脱除^[16],最终使汞得到消除和回收。这种方法主要是利用汞的物理性质,因此对于处理不同含汞量电池的分类没有什么要求。

湿法处理一般是设法使汞形成可溶性盐,与其他不溶性物质分离,经过滤后再对其进行去除和回收。汞难溶于盐酸和稀硫酸,而易溶于热的浓硫酸,放出 SO_2 ,极易溶于硝酸^[17],因此对于汞的处理通常要加入硝酸,并且溶液要保持酸性,否则汞会以沉淀形式析出。待溶解完毕后经过过滤,然后采用金属还原法(向溶液中加入铁、锌等粉末)除汞,或者加入硫化物沉淀剂使其得到消除和回收。选择除汞方法需要考虑溶液中汞的含量和汞的种类。金属还原法效率高,对无机汞溶液的处理很有效,但脱汞不完全,需要和其他方法如离子交

换法等结合使用,因此,采用此法时在预处理中对不同含汞量电池的分类是必要的.沉淀法也可以快速除去大量的重金属离子,但受沉淀剂和环境条件的影响,出水往往达不到排放标准^[18].

总的来说,目前的除汞方法都还有很多不足,仍需要科研人员做大量工作,例如目前新兴的微生物法以其效率高、成本低、选择性高、适用条件广等特点正逐步受到人们的重视.

2 废旧电池的回收利用途径

2.1 废旧电池有效成分的分类回收

早期通常是采用简单的人工破碎分离后得到各种不同的金属、塑料、碳棒等材料,然后送到相应的加工厂作为原材料进行再利用.这种方法虽然简单但是效率低,耗费大量人力,而且工作人员的安全得不到保障.后来人们又分别利用火法实现电池中的有效成分的分类回收,得到锌、铁、锰等,并将它们作为其他工业生产的原材料进一步加工;利用湿法将电池溶解后采用不同的分离净化处理得到相应的材料,目前湿法处理中常采用的分离净化技术有电积法、离子交换树脂分离法、萃取法、结晶分离法等.例如德国马格德堡附近兴建的一个“湿处理装置”,可将除铅蓄电池外的各种电池溶解于硫酸,然后借助离子交换树脂从溶液中提取各种金属物^[14].清华大学黄莺等报道了溶剂萃取法提取废旧碱性电池中金属成分的方法^[19].这种方法是萃取选矿技术演变而来,其原理一般为首先采用一种对电池中有效物质有选择性的萃取剂,使金属离子从溶液相进入萃取剂相,然后再用反萃取剂对其进行反萃取,最终使该金属进入反萃取相以得到回收,萃余液回用.目前常用的萃取剂主要为酸性磷氧类萃取剂,如Cyanex272和二(2-乙基己基)磷酸(D2EHPA).还有一些报道是将废旧锌锰电池制备成饲料添加剂、硫酸锌-硫酸锰复合肥等^[20].这些方法虽然是重要的再利用途径,但是得到的产品价值较低,成本却不低,从经济角度可能很难维持电池回收厂的正常运营.

2.2 废旧电池有效成分的整体转化利用

将废旧电池整体转化最早由日本提出,TDK公司和Namu Kōhsan公司使用废干电池再生料

作生产偏转线圈磁心原料.在这种工艺中,废干电池中的Fe Mn Zn不是变成金属而是变成ZnO、MnO、Fe₂O₃.通过磁性分离、焙烧和筛分方法减少杂质含量,尤其是采用多次焙烧法可有效降低杂质含量,得到的再生料可用作偏转线圈磁心的原料^[14].除日本学者外,很多人也在进行关于将废旧锌锰电池整体转化为磁性材料的研究^[21-22],如上海电力学院的张俊喜、河南师范大学的席国喜等人也正在进行这方面的研究^[23-26].这种方法一般首先使用酸溶解废旧锌锰电池,过滤后加入铁粉、锌粉,以调节溶液中Fe Mn Zn 3种离子的浓度比,而且加入铁粉、锌粉还可以中和过量的酸,置换出溶液中的汞以达到除汞的目的,最后采用一定的结晶工艺和焙烧工艺得到锌锰铁氧体前躯体.这种再利用途径将废旧电池处理一气呵成,省去了各种金属的分离提纯操作,使成本有所降低,最后得到的高性能磁性材料产品附加值高、利润可观,但是此种技术在国内仍然处于试验室研究阶段,在制备工艺等方面还有很多难题需要克服.这种综合利用方法的提出为废旧锌锰电池的再利用提供了一个良好途径,是未来的一种发展方向和趋势.

3 废旧电池回收利用的政策及建议

3.1 回收管理政策

从1980年开始,欧盟有些国家在法律条文中涉及含有危险物质(汞、镉和铅)的电池的管理.通过对电池中有害物质含量的限定和电池包装明确标识的方式来加强对电池的管理.1991年欧盟出台了《废旧电池管理导则(Directive 91/157/CEE)》并在1998年进行了修正(98/101/EC).它要求各成员国对各种类型的含有危险物质的电池进行回收,明确规定在含有危险物质的电池上作统一的标示,使含有危险物质废旧电池易于被区分出来,便于消费者分类收集,防止进入生活垃圾中^[27-28].欧盟自2000年1月1日起禁止生产含汞量大于0.000 5%的普通电池和大于2%的纽扣电池.与此同时,欧盟正在起草一部新的导则,其中的规定将更加明细和严格.欧盟各国依据该导则,结合本国实际制定了相应的法规,其中尤以德国最为严格.美国、日本的相应政策跟欧盟也大致相同,对于电池,从生产、销售到回收、再利用都

作出了严格和明确的规定。

我国最新的废旧电池回收政策《废电池污染防治技术政策》于 2003 年 11 月正式公布。该政策相对于前一版本作出了一些调整,澄清了人们在废旧电池处理上的一系列认识误区。这一政策禁止对已收集的各种废电池进行焚烧处理,并规定停止生产含汞量大于 0 000 1% 的碱性锌锰电池,新生产的无汞、低汞电池(汞含量低于 0 000 1%)已不属于危险废物,可以不回收。不难看出,这只是一中缓解回收压力的方法,主要是因为目前国内还没有一种环境友好、技术经济上又可行的回收方法,毕竟废旧电池是一种宝贵的资源,从资源化的角度考虑,是很有必要对其进行回收的。

由于社会经济、技术水平的相对落后,与国外相比,我国的电池回收政策还有很多不足,很多地方的管理还不够严格、详尽,所以我们要与时俱进,不断学习外国成熟先进的管理办法,适时修订和完善我国的相关规定。

3 2 建 议

作为一种生产活动,废旧电池的回收再利用既要考虑技术经济的可行性,更要考虑环境可持续发展的可行性,因此它需要相应的政策法规保护、支持和监督。相关部门可以借鉴国外先进的政策,结合我国情况制定更加完善的废旧电池回收再利用制度,建立相应的法律法规和基金,使废旧电池的回收再利用责任化,积极普及废旧电池回收再利用方面的知识,使废旧电池回收全民化;大力支持新型环保电池材料的开发,从根本上解决废旧电池的无害化,鼓励废旧电池回收再利用技术的研究,更好地完成废旧电池的资源化。

电池生产开发厂商应该在电池的生产开发过程中充分考虑电池的回收再利用问题,采用更加环保的电池材料和包装材料,并在电池包装上明确标明电池性能、有毒物质含量等。目前碱性锌锰电池外包装均采用 PVC 不干胶粘贴工艺,该工艺虽然在电池生产中易于实现自动化,但却给回收再利用带来很大麻烦,因为 PVC 材料本身不易降解,在干法处理中 PVC 的燃烧加热有可能产生氯化氢、氯气等有毒物质^[29],湿法中 PVC 又会对电池的溶解起到很大的屏蔽作用,使电池的溶解效果和效率都受到影响。同时以目前的技术,废旧电池还是分类回收效果更好,因此电池厂商可以采

用不同颜色的外包装以利于分类回收。

4 结 束 语

废旧电池的回收是一项利国利民的事情,从国内的情况来看,它对环境的污染已经相当严重,因此对废旧电池的治理已经刻不容缓。科研工作者应为环境保护工作作出自己应有的贡献,与全国人民共同努力,使我们的生活环境越来越好。

参考文献:

- [1] 新闻报道[JOL]. 再生资源研究, 2001 (3): 42 http://www.cycl.net/gb/cydggn/content_461712.htm.
- [2] 废旧电池无害化处理再利用[JOL]. 再生资源研究, 2006 (1): 34. <http://202.120.121.201/asp/Detail.asp>
- [3] 杨林. 全球无汞碱锰电池锌粉现状与发展趋势[J]. 电池世界, 2005 (4): 10-12.
- [4] 张俊喜, 王丽萍. 废旧干电池回收利用工艺研究[J]. 中国资源综合利用, 2002 (7): 15-17.
- [5] 成肇安. 一种废旧干电池的破碎装置[P]. 中国专利: CN03220536.8 2004-04-14.
- [6] 吴积权. 硫铁矿(FeS_2)与二氧化锰矿浸出的工艺实践[J]. 中国锰业, 2004 22(3): 40-42.
- [7] 刘西德, 孙学军, 曹彦宁, 等. Fe 粉还原废旧电池制取 MnSO_4 的研究[J]. 化学工程师, 2002 (5): 71-72.
- [8] 盛亮, 杨淑慧. 铁离子对过氧化氢催化分解的影响[J]. 黑龙江造纸, 2006 34(2): 11-12.
- [9] 严逊. 废旧干电池湿法回收工艺和汞的无害化处理[J]. 重庆科技学院学报: 自然科学版, 2006 8(1): 40-45.
- [10] 杜竹玮, 李浩然. 微生物还原浸出法回收废旧电池粉末中的金属锰[J]. 环境污染治理技术与设备, 2005 6(9): 62-64.
- [11] 蓝嗣国, 殷惠民. 废旧干电池的几种综合利用方法[J]. 环境科学动态, 2000 (4): 30-33.
- [12] 国外废电池回收利用方面的状况[N]. 中国青年报, 2001-10-02(4).
- [13] 废电池的无害化处理[J]. 试剂与精细化学品, 2006 (6): 2-3.
- [14] 王慧, 饶应福. 废旧电池回收利用技术[J]. 矿山环保, 2003 (4): 30-32.
- [15] 王万顺, 沈峰满. 废旧电池对煤粉助燃作用的研究[D]. <http://202.120.203.253/8089/instdatabase=cddb&fn=cddbntop=1&fn=369451>
- [16] 姚青, 张晓东. 废干电池回收利用中汞的治理技术[J]. 中国资源综合利用, 2005 (12): 4-6.
- [17] 陈寿椿. 重要无机化学反应[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984 56-65.
- [18] 唐宁, 柴立元, 闵小波. 含汞废水处理技术的研究进展[J]. 工业水处理, 2004 (8): 5-8.
- [19] 黄芑, 秦炜, 戴猷元. 溶剂萃取法提取废旧碱性电池中的有价成分[J]. 化工环保, 2002 22(4): 221-224.

- [20] 崔培英,曹彦宁.利用废旧电池制备锌锰复合微肥的研究[J].化学世界,2003 44(1): 53
- [21] Rozman M, Drofenik M. Hydrothermal synthesis of manganese zinc ferrites[J]. J Am. Ceram. Soc, 1995 78(9): 2 449-2 455.
- [22] C C B M. de Souza J A S Ter6rio Simultaneous recovery of zinc and manganese dioxide from household alkaline batteries through hydro-metallurgical processing[J]. J Power Sources 2004 136 191-196
- [23] 张俊喜.利用废旧干电池制备 Mn-Zn 铁氧体前躯体的研究[J].上海电力学院学报,2005 21(2): 150-152
- [24] 席国喜,张存芳,路迈西.废旧碱性电池共沉淀法制备锰锌铁氧体的研究[J].人工晶体学报,2006 35(2): 373-377
- [25] 彭长宏,慕思国,白本帅,等.废锌锰电池制备锰锌铁氧体共沉淀粉料研究[J].环境工程,2005 23(5): 80-82
- [26] 成肇安,张晓东,黄燕飞,等.废干电池生产锰锌铁氧体的工艺研究[J].中国资源综合利用,2004 (12): 10-13.
- [27] Paul M eiler EU to make battery recycling a must[N]. I DG News Service Brussels Bureau 2006-05-04
- [28] Hilary Stone Effects of amendments to the Basel convention on battery recycling[J]. Journal of Power Sources 1999 78 251-255
- [29] 陈伟.不干胶标签材料的分类及选用[J].今日印刷,2005 (1): 69-70.

(上接第 140 页)

以选择显示通频、1 倍频、2 倍频和 1/2 倍频的振幅。被监测轴瓦振信号的振幅值以棒状图的形式在棒图上显示,并在相应棒图下部以数字形式显示。显示以每秒一次的速度刷新。当工况正常时,棒和数字的颜色为绿色;在报警状态下变为警告色黄色;如果发生了故障,则变为醒目的红色。

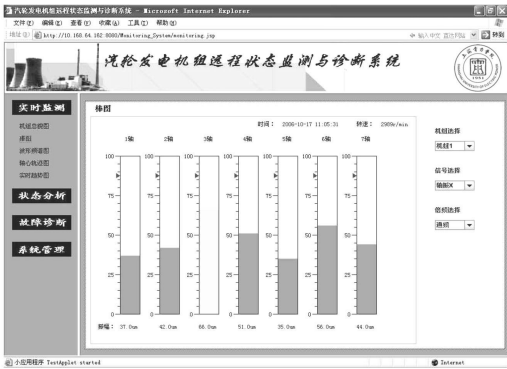


图 5 系统棒图

限于本文篇幅,系统其他功能显示效果就不逐一列举了。

5 结束语

汽轮发电机组远程状态监测系统是计算机技术、网络技术等技术综合产生的系统,随着这些技

术的发展,系统的成本将大大降低,使用将越来越方便,发挥的作用也将越来越大。目前,本系统已在实验室局域网系统中初步实现,相信随着系统的不断完善和改进,在实际运用中将对大型发电机组运行状态的远程在线监测提供一个良好的技术解决方案,使上层管理人员、远程诊断专家和现场运行人员充分掌握发电机组的运行状态,从而提高电力企业的生产效率和经济效益。

参考文献:

- [1] 杨涛,黄树红,高伟,等.网络化汽轮机组远程监测及故障诊断系统的研究[J].动力工程,2004 24(6): 840-844
- [2] 杨光,杨拥民,袁杰红,等.基于 B/S 模型的设备远程诊断系统的研究[J].测控技术,2001 20(6): 16-18.
- [3] 盛兆顺,尹琦岭.设备状态监测与故障诊断技术及应用[M].北京:化学工业出版社,2003
- [4] 耿文琅,朱晓东.汽轮发电机组振动监测与诊断系统的发展[J].汽轮机技术,2003 45(2): 71-72
- [5] 邓宏贵,罗安,刘雁群,等.电力关键设备远程监测与故障诊断系统的研究[J].电网技术,2003 27(5): 51-54.
- [6] 汪江,王青华,陆颂元.基于 Internet 的大型发电机组远程状态监测与故障诊断技术的若干问题[J].汽轮机技术,2004 46(1): 1-5.
- [7] 张浩,茅大钧,王建峰,等.大型电站生产过程信息采集与远程监测关键技术[J].上海电力学院学报,2006 22(2): 101-104.