

大型铝电解槽槽壳位移研究^①

伍洪泽

(中南工业大学资源环境与建筑工程学院, 410083)

摘 要 为了测定铝电解槽槽壳位移随时间的变化规律和为计算槽壳内壁的受力大小提供位移向量, 用自行研制的位移传感器和机械式位移计对某厂大型铝电解槽进行现场测试, 采集了大量实测数据。由所得的位移特征曲线可知, 槽壳大面中部最大位移为 18.5 mm, 小面中部最大位移为 12.0 mm。

关键词 铝电解槽 位移传感器 机械式位移计 法向位移

提高铝电解槽结构的寿命以及对槽壳结构优化设计的研究, 是当今铝工业发展中的一个重要课题。在进行上述研究时, 必须对槽壳在生产过程中的位移进行量测, 以便找出位移随时间的变化规律, 为反求槽壳内壁的真实受力大小提供位移向量。我们承接了某厂大型铝电解槽槽壳的“力场”研究, 自行研制了防磁式位移传感器和机械式位移计^[1], 并用上述仪器进行现场量测, 采集了大量测试数据, 为槽壳应力计算及结构优化设计提供了可靠依据。

1 槽壳位移测量原理

槽壳上任一点 A 视为刚体位移, 它有六个位移分量^[2], 即 u_A , v_A , w_A , θ_{xA} , θ_{yA} , θ_{zA} , 为了能量测这些位移分量, 可在槽壳上的 A 点焊一根测量刚性棒 AA', 在棒上的不同方位布置位移传感器, 如图 1 所示。若在 x 方向(沿槽壁纵向) 布置有 X_1 、 X_2 两个传感器, 此两个传感器主要感受 x 方向的位移信息, 而对其他方向的位移信息不敏感, 这样, 当某时刻由两传感器测得的位移为 δ_{x_1} 和 δ_{x_2} 时, 则由几何关系很易得到 θ_{yA} 和 u_A :

$$\theta_{yA} = \frac{\delta_{x_2} - \delta_{x_1}}{l_2 - l_1}$$

$$u_A = \frac{\delta_{x_1} l_2 - \delta_{x_2} l_1}{l_2 - l_1}$$

而与 Z 方向(垂直于槽壁) 一致的传感器 Z_1 测得的位移 δ_{z_1} 则直接给出槽壳 A 点的法向位移 w_A , 且 $\theta_{zA} = 0$ 。

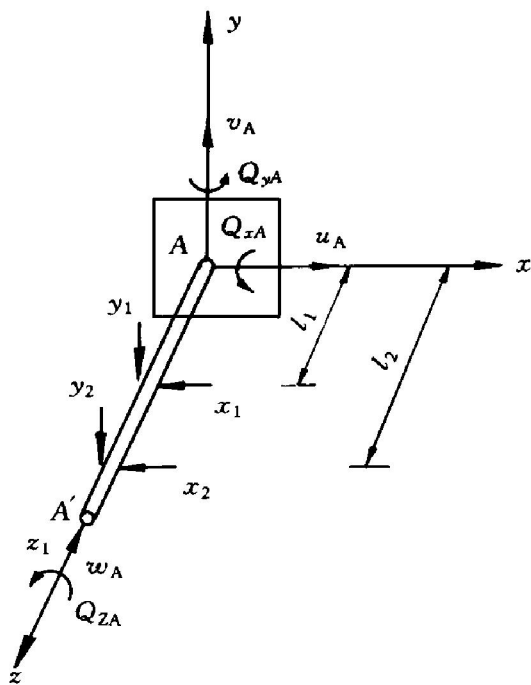


图1 刚体上 A 点位移传感器布置示意图

2 位移传感器

2.1 位移传感器构造

位移传感器设计成双悬臂梁式, 材料为弹簧钢, 为防磁场干扰, 顶杆和支座均采用黄铜

① 收稿日期: 1996-12-20; 修回日期: 1997-02-13 伍洪泽, 男, 59岁, 副教授

制作。外壳用铝板做成盒式, 顶杆行程 10mm, 在悬臂梁弹簧钢片固定端粘贴四片常温(或高温)应变片, 采用全桥接线, 以提高灵敏度并实现温度自补偿^[3]。位移传感器结构及应变片接线如图 2(a)、(b)所示。

2.2 位移传感器标定

对所用位移传感器在常温下进行了逐个标定。在行程 10 mm 范围内, 线性输出符合要求。表 1 为 00[#]、01[#]、25[#] 传感器标定结果。

2.3 位移传感器布置与安装

考虑到槽壳的纵向位移和横向位移极小, 所以仅在电解槽对称线和四分之一槽壳外壁上沿 Z 方向布置位移传感器 A、B、C、D、E 五组, 并在电解槽对面对称线上亦布置一组(F 组)位移传感器, 以校验槽壳位移的对称性, 将安装位移传感器的钢架焊固在槽底不变形的工字钢横梁上, 每组又按上、中、下安装三个位移传感器, 布点位置见图 3。

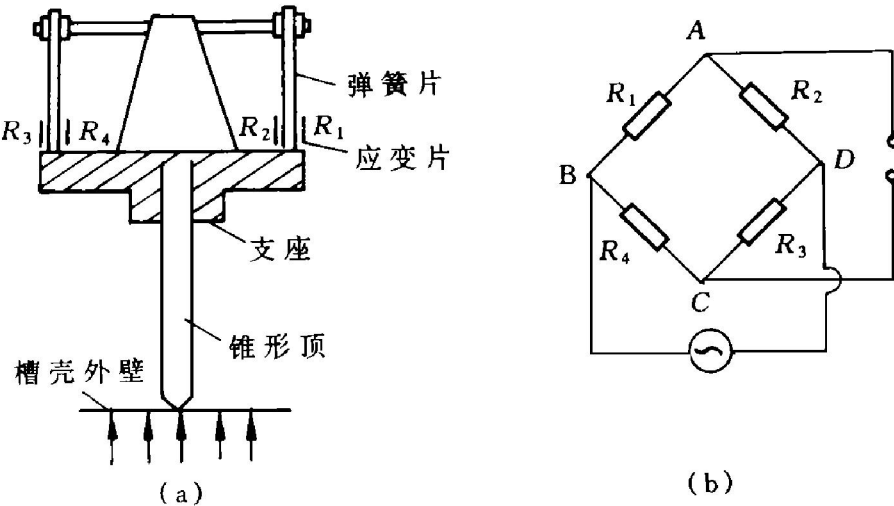


图 2 位移传感器结构示意图

表 1 00[#]、01[#]、25[#] 传感器标定结果

1/100 表位 移量/mm	00 [#]		01 [#]		02 [#]	
	应变仪读数 ϵ / 10^{-6} mm	差值 / 10^{-6} mm	应变仪读数 ϵ / 10^{-6} mm	差值 / 10^{-6} mm	应变仪读数 ϵ / 10^{-6} mm	差值 / 10^{-6} mm
1	55	345	50	338	32	385
2	400	481	388	358	417	371
3	881	477	746	357	788	359
4	1358	477	1103	355	1107	364
5	1835	470	1458	346	1511	363
6	2305	471	1804	353	1874	363
7	2776	476	2157	347	2237	367
8	3252	477	2504	352	2604	362
9	3729	467	2856	362	2966	366
10	4196	476	3218	361	3332	362
11	4672		3579		3694	
平均 $\epsilon/10^{-6}$ mm		475		354		364

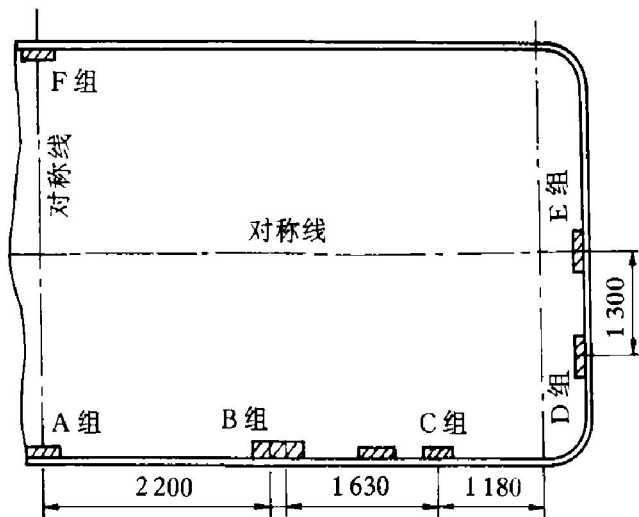


图 3 位移传感器及位移计布点位置

3 机械式位移计

为了防止在恶劣工况下位移传感器可能出现的失效，并考虑到位移传感器长期测量稳定性受到限制，以及为了比较、补充和延续槽壳位移测量，我们在位移传感器布点的附近还采用了机械式位移计测量位移。即在槽壁上各测点处焊接一个小铁环和安装一个小滑轮，在铁环上拴一根镍铬丝，其下吊一重物，镍铬丝的上端通过小滑轮，再在槽壳的底架和镍铬丝上分别设置标志零点，通过测量镍铬丝上标志点的上升或下降的距离来测量槽壳外壁的法向位移。

4 槽壳位移特征曲线

经过 48d 的现场实测和 1 年零 3 个月的监测，采集了大量位移数据。测点位移数据参见文献[1]。位移特征曲线见图 4~ 6。

5 结果分析

由图 6 可以得出槽壳位移的 4 个阶段：

- (1) 线性位移阶段：铝电解槽在通电 7 d 内，槽壳位移与时间呈线性关系。
- (2) 快速位移阶段：启动后的 5 d 内，槽壳

位移仍呈直线，但斜率远大于通电阶段，变形速率快，每天有 1~ 2 mm 的位移量。

- (3) 慢速位移阶段：启动 5 d 后的 15 d 内，位移速率明显减少，每天只有 0.2~ 0.3 mm 的

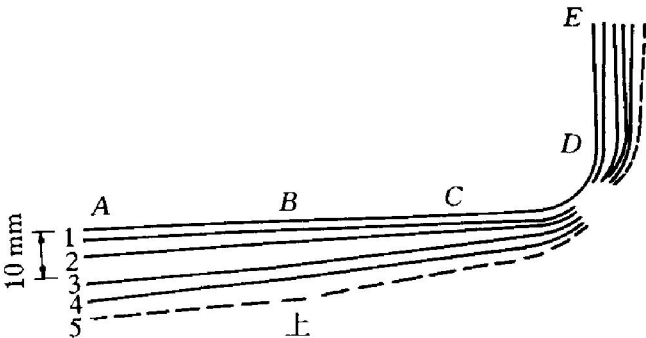


图 4 槽壳水平截面位移图

1, 2, 3, 4, 5 分别表示 4、8、12、47、454 d 位移曲线

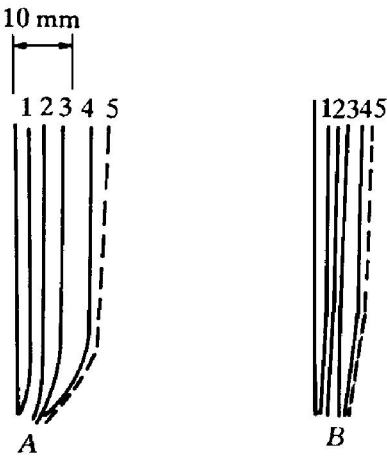


图 5 大面、小面中截面垂直位移图

1, 2, 3, 4, 5 分别表示 4、8、12、47、454 d 位移曲线

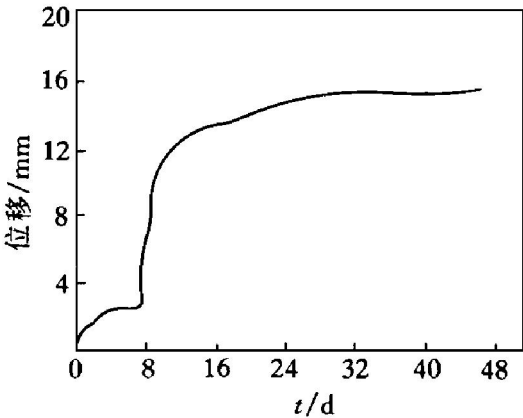


图 6 大面中截面 A 上位移与时间关系图

位移量。

13.66 mm)。

(4) 基本稳定阶段: 启动 30 d 后, 位移基本稳定, 1 a 内的累计位移量为 4~ 6 mm。

参考文献

由图 4、图 5 可知:

(1) 大面中部最大位移约为 18.50 mm。

1 伍洪泽等. 中国有色金属学报, 1996, 6(2): 23- 27.

2 王尤甫. 弹性理论. 北京: 科学出版社, 1979: 78- 86.

(2) 小面中部最大位移约为 12.00 mm, 均小于设计许可值(大面为 36.36 mm, 小面为

3 佟景伟、伍洪泽等. 实验应力分析. 长沙: 湖南科技出版社, 1983: 95- 100.

DISPLACEMENT STUDY ON THE SHELL OF AN ALUMINIUM ELECTROLYZER

Wu Hongze

*College of Resource Environment and Civil Engineering,
Central South University of Technology, Changsha 410083*

ABSTRACT In order to measure the change rule of the shell of an aluminium electrolyzer and provide the displacement vector for calculating the stress on inner shell, the displacement sensor and the mechanical displacement instrument have been made and have been gotten a lot of results. From the displacement curve formed by these results, it can be known that the largest displacement of the central part of big shell surface was 18.5 mm and that of small shell surface was 12.00 mm.

Key words aluminium electrolyzer displacement sensor mechanical displacement instrument normal displacement

(编辑 吴家泉)