

1.2 米迴旋加速器磁铁线圈检修

中国科学院原子能研究所迴旋加速器检修组†

中国科学院原子能研究所 1.2 米迴旋加速器运行了七年之后, 由于磁铁线圈漏水于 1964 年底被迫停机。本文主要介绍 1.2 米迴旋加速器检修磁铁线圈的工作经验, 它是在不动磁铁大梁的情况下从两磁极间一组一组更换磁铁线圈的, 并在较短的时间内完成了检修任务。

一、引言

1964 年底运行人员发现磁铁绕组绝缘监视仪表上指示有 1 毫安的泄漏电流, 一周之后, 泄漏电流达到 12 毫安。打开绕组四周护板检查, 发现下绕组七组线圈绝缘和层间的绝缘纸垫均严重受潮, 水不停的滴下来。后来用水压测试方法检查出第一与第五组(从上往下数)有漏水现象, 试验结果见下表:

水 压 测 试 结 果

组 别	初 水 压	经 t 时间, 分	t 后 水 压
1	4.0	10	1.5
2	4.1	10	3.8
3	4.1	10	3.9
4	4.1	10	4.0
5	4.1	10	3.5
	4.1	10	2.2
6	4.1	10	2.4
	4.4	10	4.2
7	4.4	10	4.3

最后决定更换第 1 组与第 5 组线圈。

二、检修方案的考虑

1. 磁铁绕组的结构

为了便于说明问题, 先介绍一下磁铁绕组结构和特点(见图 1)。

磁铁绕组是由线圈内墙骨架、上盖板、下盖板等组成的, 共有 7 组线圈串联相接, 以直流电源供电, 电压为 77 伏时, 电流约 400 安培。而冷却水是以并联方式流过 7 组线圈的。每组线圈重 720 公斤, 用 330 米长的 M₁ 牌号 $\varnothing 20 \times 5$ 紫铜管绕制而成。每组分两层, 每层 24 匝, 总共 48 匝。两层厚度为 46 毫米, 线圈内径为 $\varnothing 160$, 外径为 $\varnothing 2670$ 。紫铜管外表面涂一层 5031 号绝缘漆, 然后再以 0.2 毫米厚黄蜡布带和 0.22 毫米浸有绝缘漆的白布带各一层作为匝

† 本文由佟以臣同志执笔。

间绝缘。在沿线圈圆周方向上,有十二处用白布条扎成,宽约120毫米的绑带(参看图2)。

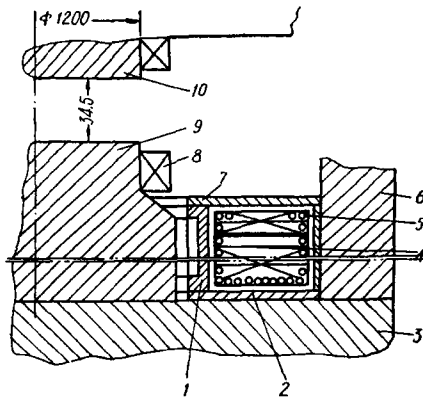


图1 绕组结构示意图

1—内墙骨架; 2—下盖板; 3—下梁;
4—绝缘纸层; 5—线圈水管; 6—
侧梁柱; 7—上盖板; 8—附加绕组;
9—下铁芯; 10—上铁芯。

上盖板由黄铜材料制成厚度为24毫米,外径 $\phi 3065$,内径 $\phi 1476$,重量980公斤。下盖板:材料为3号钢,厚度24毫米,外径 $\phi 3065$,内径 $\phi 1476$,重量915公斤。内墙骨架材料为3号钢,重量330公斤,高度为338毫米,外径 $\phi 1594$,内径 $\phi 1474$ 。



图2 两组备用线圈

内墙骨架与线圈内径用厚8毫米的电工纸层隔开,使它们比较好地配合起来。上下盖板与内墙骨架用M20螺钉连结。整个绕组共重7440公斤,总高度为380毫米。

2. 方案考虑

通过领导干部、技术人员、工八三结合设想了许多问题,研究了几种解决办法,归纳有以下三种检修方案:

- (1) 拆除磁铁大横梁、上磁铁线圈、铁芯,从下铁芯中整个吊出下绕组;
- (2) 从两磁极间隙中(345毫米)一组一组的拆除与安装线圈;
- (3) 从两磁极间隙中先拆走下绕组的内墙骨架,再一组一组的拆走线圈。

经过分析,第一种方案拆卸部件多工作量大,化费时间长,施工比较麻烦,而且会给下一步调整磁场造成很多不利因素。我们认为这不是多快好省的办法,所以没有采用。

第二种方案我们认为比较可行的,如果线圈内径不是与内墙骨架相配很紧的话,那么一组一组地起出线圈是完全可以做到的。如果线圈与内墙骨架配合很紧,以致无法起出线圈来,或者最靠近内墙骨架的一两匝线圈扎固绑带崩裂松散时,就不能采取这一方案,而应采用第三种方案。第三种方案比较麻烦,因为下绕组总高度为380毫米,而两极间距只有345毫米,所以也要先按第二种方案拆卸上盖板(厚24毫米)然后拆走内墙骨架,最后再一组一组地取出线圈。

当上盖板拆除后,我们发现线圈与内墙骨架配合得不很紧,所以就采用了第二种方案。

三、取出线圈

首先把四个起子(见图3)固定在黄铜盖板上(借用原上盖板装吊耳的螺钉孔),然后用4个千斤顶(油压5吨)顶起来,当超过下极面一定高度时,架好钢轨滚出盖板(图4)。然后用带尖的木楔子从两组线圈层间绝缘夹层中楔入。我们楔线圈的木楔子有长650毫米、宽50毫米、厚度为15和20毫米两种。表面涂蜡以减少摩擦。木楔子除了从两组线圈层间绝缘夹层中楔入外,还要沿圆周平均分布8—10处同时楔入楔子,并且要楔到底,否则就会使靠近内墙骨架的几匝线圈不能同时被提升。用木楔子提升线圈的情况见图5。先用厚15毫米的木楔子楔



图 3 起子和木楔子

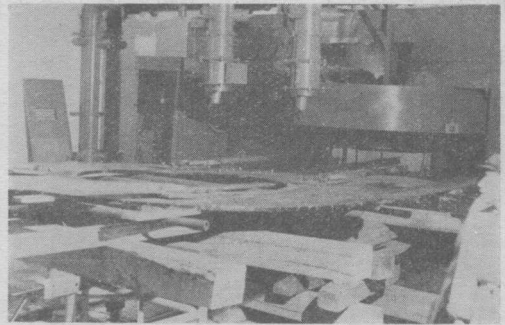


图 4 滚运盖板

入,在厚 15 毫米木楔子旁边再楔入厚 25 毫米,这时可以拔出厚 15 毫米的木楔子,把它楔在厚 25 毫米楔子的上面。这时线圈已被二种木楔子升高 40 毫米,在此间隙中,放入二层每块厚 15 毫米、宽 100 毫米、长 600 毫米左右的木板,木板表面也要涂蜡,沿线圈四周要平均放置 7—8 处。然后在两木板间再打入木楔子,如此反复就可使线圈提升到所需要的高度。

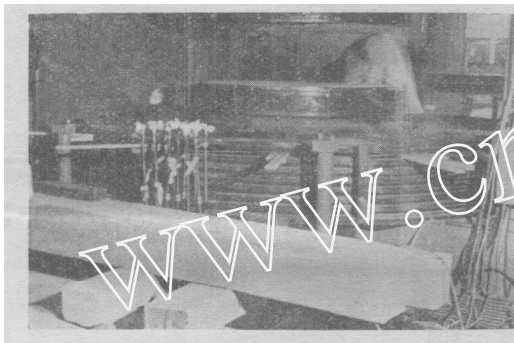


图 5 用木楔子升起线圈的情况

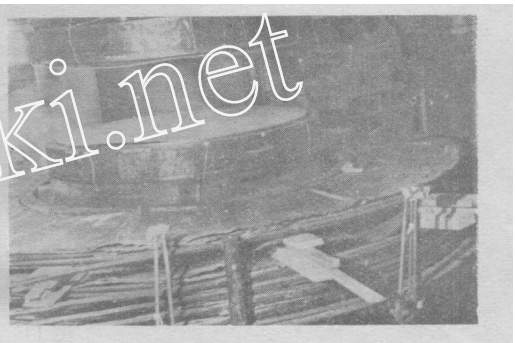


图 6 用木板木楔子起线圈

图 6 是用木板木块升起线圈的情况。当线圈升高至下磁极面时,装上吊卡工具(图 7)并卡紧夹子(图 8)以防松散,然后用二根槽钢穿入吊卡工具的吊环内再用千斤顶顶槽钢使线圈升高。到达一定高度时,架好钢轨运出线圈。图 9 是滚运线圈的情况。

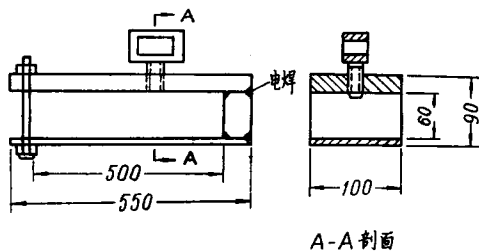


图 7 吊卡工具

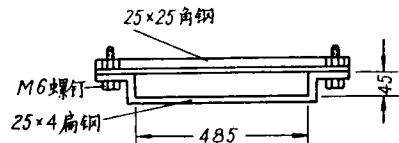


图 8 卡紧夹子

上述过程主要应注意两个问题,一是不使线圈变形和松散,一是不得损坏线圈铜管和外表的绝缘层。

从第二组线圈开始,我们改用吊链(神仙葫芦)代替千斤顶。它工作平稳、高低调动范围大,效率可以提高一倍多。方法如下:用木楔子提升线圈至 100 毫米左右时,用两根厚木板和两根槽钢将线圈夹紧(见图 10)。然后用四个吊链吊住槽钢,就可使线圈吊起。我们利用磁铁大梁作支承,上面放二根槽铁并绑架牢固,然后将吊链吊在槽钢一端,这样四个吊链一齐操作,

便能将线圈吊起来了。此时应卡好线圈卡紧夹子，架好钢轨，运出线圈。图 11 是用吊链吊起线圈的情形。



图 9 滚运线圈

图 10

1—槽钢；2—木板；3—螺柱螺母；
4—卡紧夹子；5—枕木。

图 11 用吊链吊线圈

四、线圈烘干与安装

由于线圈受潮，并且在拆卸、吊运线圈过程中有局部绝缘损伤，因此在安装线圈之前必须进行烘干和修补绝缘。

1. 线圈烘干和局部绝缘修补

除第一与第五组线圈外，其他都要进行烘干。我们把线圈放在室内搭起的帆布棚子里，将五组线圈分为二堆，一堆为三个，另一堆为两个，每组间用枕木垫起来，枕木放置法见图 10。烘干时，五组线圈串联起来，通电加热烘干。最初通电流 100 安培、电压 16 伏，以后逐渐升高到电压 21 伏、电流 140 安培。烘干 48 小时，并用电风扇吹走潮气，烘干温度实测 61℃，最后检查线圈上下层局部绝缘电阻为无穷大。

修补绝缘是将局部碰坏擦伤的地方，用白布带塞紧涂上一层黄立干漆，根据碰伤情况补一层或两层，在室内经过三小时左右便干燥了。

2. 线圈安装

安装线圈主要解决二个问题：

- 1) 线圈与内墙骨架配合即要紧密而又容易安装。
- 2) 保证安装精度，即同心度和圆周方向定位的问题。原来内墙骨架外围有一层厚 8 毫米的电工绝缘纸层已经严重受潮，这次也取掉了。我们采用八根导向木板（见图 12）固定在内墙骨架上，它既起着导向作用，同时又起定线圈同心度的作用。导向木板是用五合板做成的，它

富有弹性,一端削尖表面涂蜡,图 13 就是内墙装上导向木板的情况。

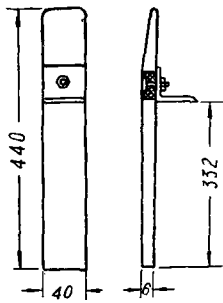


图 12 导向木板

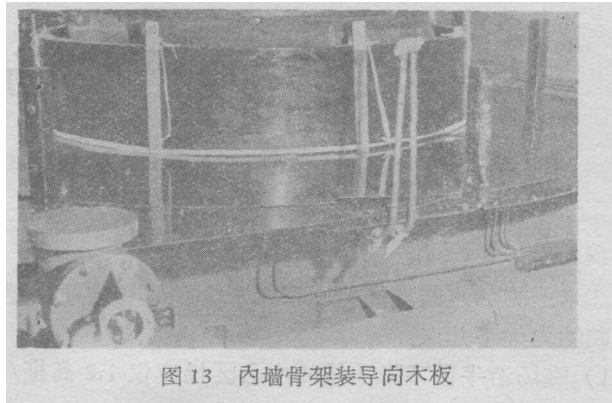


图 13 内墙骨架装导向木板

线圈安装也是用四个吊链将线圈从两极间距中安装进去的。在线圈滚运到两极间之前要大致确定线圈圆周方向位置。首先将槽钢、木板大致垂直于线圈的进出铜管,并与端头保持一定的距离,然后把线圈夹紧就可吊装,这样也就大致定了周向位置。同时利用垂挂吊链可以转动的特点,调整线圈位置使铜管进出口排列整齐,达到较精确的圆周方向定位。然后就可以使线圈沿着八根导向木板滑下去。

线圈每组之间要放二层绝缘纸垫,我们用的是厚浸蜡处理过的电工纸,总厚度约为 0.5 毫米(见图 14)。两层绝缘纸接缝要交错放置。靠近上下盖板的一面都放有一层浸蜡处理的夹布胶木板。七组线圈装好后,就可拔出八根导向木板,在此间隙中放入 2 毫米厚的经过浸蜡处理的夹布胶木板,它可以弯成弧形,然后再在夹布胶木板与内墙骨架中间打入十六根导向木板,这样线圈与内墙骨架配合就紧密了(二者间隔也为 8 毫米)。最后装好上盖板。

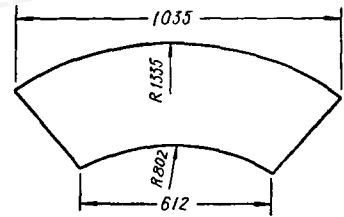


图 14 绝缘纸垫