地铁屏蔽门电磁锁的优化改进

郝伟[1]，刘军[2]，刘雄心[1]，马宁[1]，管伟[1]
1．北京市地铁运营有限公司机电分公司　北京　100043
2．大连科技学院　辽宁大连　116000

摘要：为了解决电磁锁不解锁、不落锁以及电磁铁的衔铁不动作等现象，并同时能保障安装及检修方便，把两个锁片安装在滑动板的外侧，便于观察和处理故障；加宽了电磁锁锁片之间的距离，使得屏蔽门上的锁销更容易进入电磁锁的锁片空隙，并给调节工作带来方便。改进后使电磁锁的锁闭和开锁始终处于正常状态，保障了列车正常运行。

关键词：屏蔽门；电磁锁；左锁片；右锁片；前置

1　序言

由于北京地铁8号线现有屏蔽门的电磁锁的左锁片和右锁片都安装在滑动板的内侧，所以当电磁锁发生故障时，不容易观察故障现象且需要把电磁铁拆卸下来才能进行修配。左锁片和右锁片之间的空间非常狭小，使得在运行一段时间后，屏蔽门上的锁销容易和锁片产生剐蹭，产生开锁和锁闭故障，给乘客的乘降带来不便。

2　改进内容

为了解决上述问题，我们对原电磁锁进行了改进设计[1]，把两个锁片安装在滑动板的外侧，便于观察和处理故障；加宽了电磁锁锁片之间的距离，使得屏蔽门上的锁销更容易进入电磁锁的锁片空隙，并给调节工作带来方便；同时能够对电磁铁的安装位置更方便地进行调节，使得电磁铁的衔铁在竖直方向上能够更轻松地对滑动板进行拉拽。根据不同需要，设计了4个技术改进方案，具体如下。

（1）技术改进方案1　锁片前置式电磁锁结构包括固定板、转轴、左侧锁片、右侧锁片、滑动板、T形座、电磁铁、两个调节座、两个行程开关和连接板[2]，如图1所示。

转轴安装在固定板的前下方[3]，左侧的锁片、右侧的锁片都可以绕着转轴转动。滑动板安装在固定板的前方，左侧的锁片和右侧的锁片都分别安装

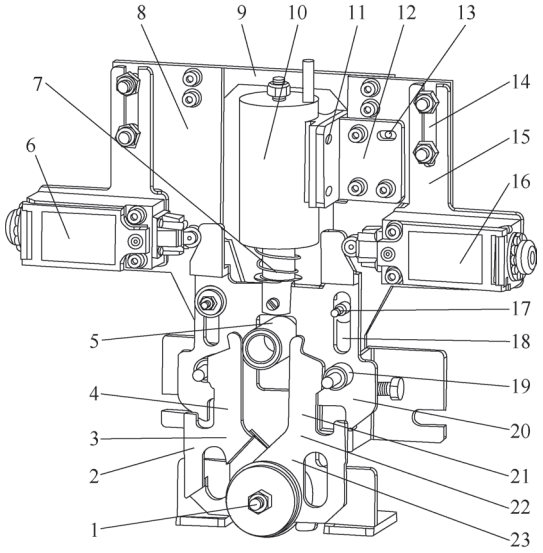

图1　电磁锁整体结构轴测图

1—转轴　2—第一最远左平面　3、22—锁片　4—第一左锁片　5—限位柱　6、16—行程开关　7—衔铁　8—固定板　9—连接板　10—电磁铁　11—第一长孔　12—T形座　13—第二长孔　14—大长孔　15—调节座　17—导柱　18—长槽　19—挡柱　20—滑动板　21—第一右锁片　23—第一最远右平面

在滑动板的前方，左侧的锁片为第一左锁片，右侧的锁片为第一右锁片，第一左锁片安装在滑动板的前方，第一右锁片安装在第一左锁片的前方，第一左锁片在远离转轴的方向上，向着远离滑动板的一侧弯折并形成弯折部，第一左锁片的弯折部远离滑动板的第一最远左平面，与第一右锁片远离滑动板

的第一最远右平面在同一个平面内。T形座安装在固定板上，电磁铁安装在T形座上，T形座与电磁铁相连接的一侧至少开一个第一长孔[4]，T形座与固定板相连接的一侧至少开一个第二长孔。固定板上安装有限位柱，限位柱安装在转轴的上方，限位柱呈中空圆环柱状，滑动板在远离固定板的一侧安装有两个挡柱，两个挡柱在水平方向上相向设置，滑动板的底部向前后两侧延展，滑动板的上端向着远离固定板的一侧弯折。两个调节座安装在固定板的上端并左右对称，调节座的上端沿竖直方向开有大长孔，两个行程开关对应安装在两个调节座上。连接板安装在固定板上，固定板上安装有两个导柱，在滑动板上对应开有两个长槽，导柱伸入长槽中，导柱呈阶梯圆柱状，导柱远离固定板的一端制有外螺纹，外螺纹上安装有防松螺母[5]。滑动板和固定板之间隔有第一小圆环，滑动板外侧隔有第二小圆环，第二小圆环的外侧安装有圆形垫圈[6]，导柱穿入第一小圆环、第二小圆环和圆形垫圈。

（2）技术改进方案2　如图2所示，右侧的锁片为第二右锁片，安装在滑动板的前方。左侧的锁片为第二左锁片，安装在第二右锁片的前方，在远离转轴的方向上向着远离滑动板的一侧弯折并形成弯折部，第二右锁片弯折部远离滑动板的第二最远右平面，与第二左锁片远离滑动板的第二最远左平面在同一个平面内[7]。

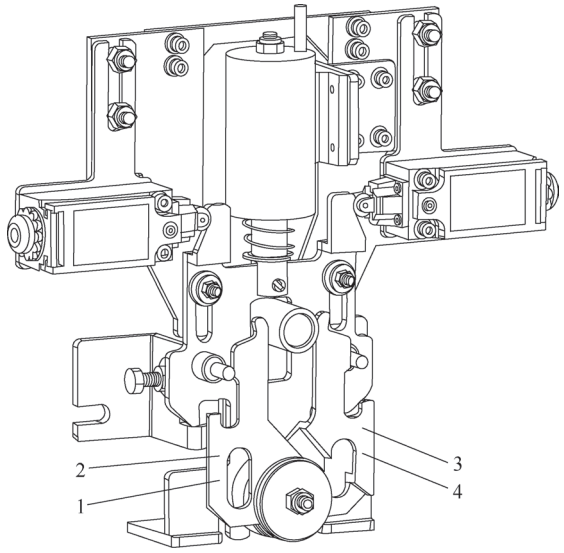

图2　电磁锁的第二右锁片发生弯折

1—第二最远左平面　2—第二左锁片　3—第二右锁片
4—第二最远右平面

（3）技术改进方案3　如图3所示，左侧的锁片为第三左锁片，安装在滑动板的前方。右侧的锁片为第三右锁片，安装在第三左锁片的前方。第三左锁片和第三右锁片相互平行，呈平面状且不弯折[8]。

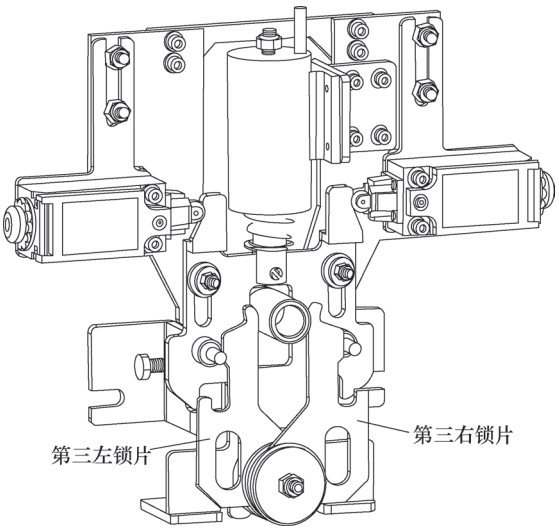

图3　第三右锁片安装在第三左锁片的前方

（4）技术改进方案4　如图4所示，右侧的锁片为第四右锁片，第四右锁片安装在滑动板的前方，左侧的锁片为第四左锁片，第四左锁片安装在第四右锁片的前方，第四左锁片和第四右锁片相互平行[9]，第四左锁片和第四右锁片呈平面状且不弯折。

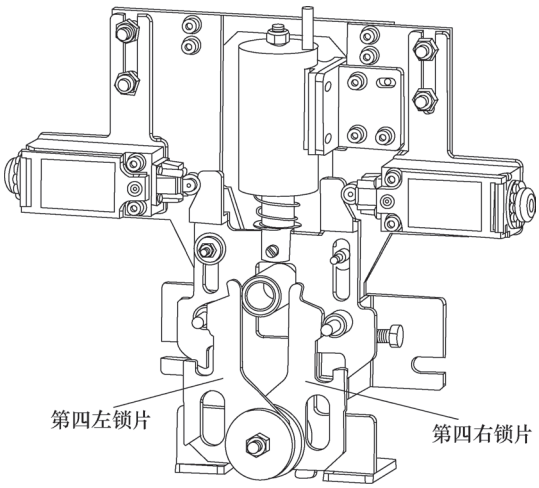

图4　第四左锁片安装在第四右锁片的前方

固定板和滑动板之间隔有第一大圆环[10]，第一大圆环的材料为聚四氟乙烯，第一大圆环穿在转轴中。滑动板和左锁片之间隔有厚圆环，厚圆环的材料为聚四氟乙烯，厚圆环穿在转轴中。左锁片和右锁片之间隔有第二大圆环，第二大圆环的材料为聚四氟乙烯，第二大圆环穿在转轴中。连接板和固定

板之间采用4个M4×10mm螺钉进行联接。

限位柱呈中空圆环柱状，是为了减轻固定板的质量。第一小圆环和第二小圆环的材料为聚四氟乙烯，圆形垫圈的材料为不锈钢。安装第一小圆环和第二小圆环的目的是防止滑动板在上升和下降的过程中发生歪斜，避免行程开关的滚轮与滑动板不接触的现象发生。T形座设置第一长孔和第二长孔，以便于电磁铁的调节。调节座上设置大长孔，以便于行程开关在竖直方向上进行调节。电磁铁的衔铁与滑动板相连接。屏蔽门系统中的左滑动门上安装有左锁销，右滑动门上安装有右锁销。

3　锁片前置式电磁锁的动作顺序

电磁锁锁闭动作顺序为：关门时，左滑动门上的左锁销撞击左锁片，左锁片顺时针转动到达锁闭工作位，左锁销进入到左锁片的左锁钩中，与此同时，右滑动门上的右锁销撞击右锁片，右锁片逆时针转动到达锁闭工作位，右锁销进入到右锁片的右锁钩中。这时滑动板上的两个挡柱摆脱左锁片和右锁片的支撑，滑动板自由下落到达锁闭工作位。此时电磁锁处于锁闭状态，两个滑动门关闭，如图5所示。

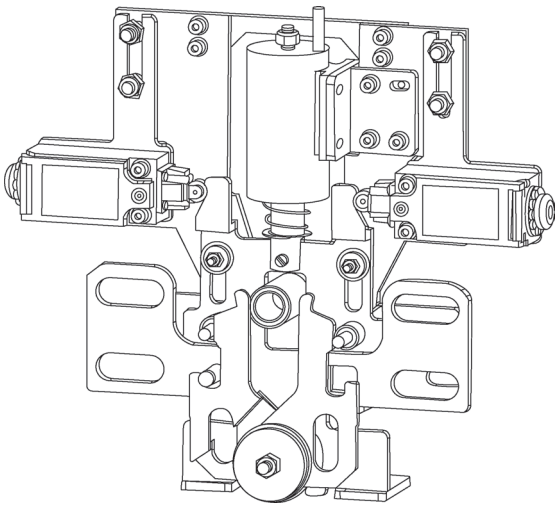

图5　电磁锁处于锁闭状态示意

电磁锁解锁动作顺序为：开门时，电磁铁得电吸合，衔铁带着滑动板上升到达解锁工作位，这时左锁销向左运动，带着左锁片逆时针转动一定角度后，被左侧的锁柱挡住并到达解锁工作位，左锁销从左锁片的左锁钩中脱出，与此同时，右锁销带着右锁片顺时针转动一定角度后，被右侧的锁柱挡住并到达解锁工作位，右锁销从右锁片的右锁钩中脱出。此时电磁锁处于解锁状态，两个滑动门打开，如图6所示。

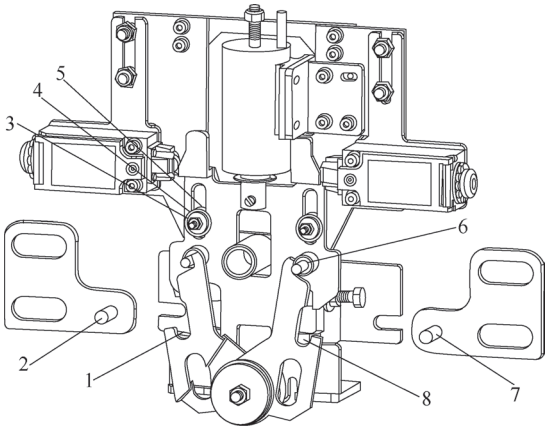

图6　电磁锁处于解锁状态示意

1—左锁钩　2—左锁销　3—圆形垫圈　4—第二小圆环
5—第一小圆环　6—挡柱　7—右锁销　8—右锁钩

4　工作原理

关门时，左锁片顺时针转动到达锁闭工作位，与此同时，右锁片逆时针转动到达锁闭工作位，滑动板自由下落到达锁闭工作位。开门时，电磁铁得电吸合，衔铁带着滑动板上升到达解锁工作位，这时左锁片逆时针转动到达解锁工作位，与此同时，右锁片顺时针转动到达解锁工作位。把左锁片和右锁片安装在滑动板的外侧，便于修配电磁锁的故障；加宽左锁片和右锁片的距离，可以使得锁销更容易进入电磁锁的左锁片和右锁片的空隙；用T形座来调节电磁铁的位置，可以使衔铁运动自如不卡滞。

5　重要零部件的加工优化设计

在以往的电磁锁设计中，常常忽视升降板上部滑道曲线的设计，结果给行程开关造成了很大破坏，产生了很大的噪声且降低了行程开关的寿命。可以采用组合型运动规律对滑道曲线进行优化设计，具体可采用变形余弦加速度曲线。变形余弦加速度曲线是余弦加速度与等速规律组合。

设升降板的最大行程为M（mm），在某时刻t升降板的行程为m（mm），升降板运动时，行程开关滚轮的最大位移为h（mm），行程开关的滚轮在某时刻的位移为S（mm），速度为v（mm/s），加速度为a（mm/s^2），跃度为j（mm/s^3）。图7所示为

推程期余弦加速度与等速规律组合而成新的运动线图，加速度曲线分三段。第一段（0～$M/4$）：由周期等于M、幅值等于R的余弦函数的第一象限曲线组成。第二段（$M/4$～$3M/4$）：由幅值等于零的水平直线段组成。第三段（$3M/4$～M）：由周期等于M、幅值等于R的余弦函数的第二象限曲线组成。这几段曲线首尾相连无断点，拼接成的加速度曲线无突变。

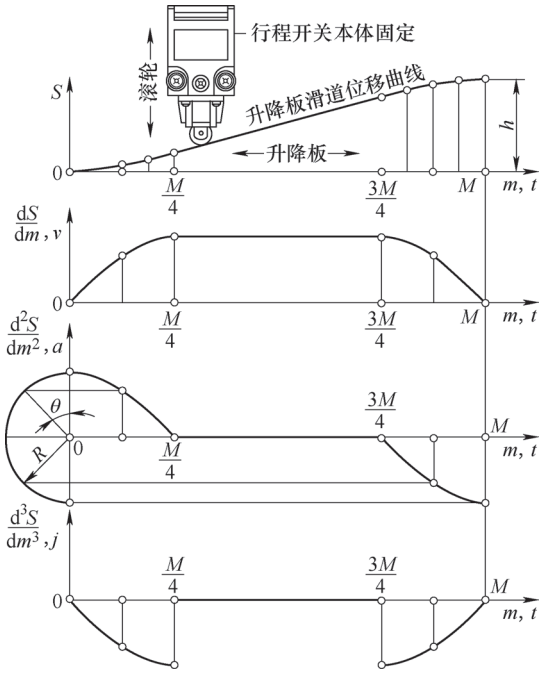

图7　余弦加速度与等速规律组合（推程）

第一段曲线中滚轮在某时刻的位移是S_1，加速度在余弦单位圆上对应角度为θ（弧度制）。从第一段曲线上可以得出

$$\theta/(\pi/2)=m/(M/4) \tag{1}$$

$$d^2S_1/dm^2=R\cos\theta \tag{2}$$

由式（1）可得$\theta=2\pi m/M$，代入式（2），可得出类加速度方程曲线为

$$d^2S_1/dm^2=R\cos(2\pi m/M) \tag{3}$$

将式（3）积分，得出类速度方程曲线为

$$dS_1/dm=\int R\cos(2\pi m/M)\,dm \tag{4}$$

进一步解得

$$dS_1/dm=C_1+RM\sin(2\pi m/M)/(2\pi) \tag{5}$$

将式（5）积分，得出位移方程曲线为

$$S_1=\int[C_1+RM\sin(2\pi m/M)/(2\pi)]\,dm \tag{6}$$

进一步解得

$$S_1=C_2+C_1m-RM^2\cos(2\pi m/M)/(4\pi^2) \tag{7}$$

式（5）～式（7）中C_1和C_2为常数，组合型加速度的其他段曲线推导略。由图7可以看出，本文所构建的变形余弦加速度曲线、速度曲线和位移曲线连续，跃度曲线没有无穷大阶跃断点，既避免了刚性冲击，也避免了柔性冲击，不会给行程开关带来冲击性损害，可以推广使用到很多需要特殊要求的机械设计中。

6　结束语

对原电磁锁改进后，把左锁片和右锁片都安装在滑动板的外侧，使得电磁锁发生故障时修配更加方便；加宽了锁片之间的距离，使得屏蔽门上的锁销更容易进入电磁锁的锁片空隙，使得调节工作更加方便，减少了开锁和锁闭故障；能够对电磁铁的位置进行更加准确的调节，使得电磁铁的衔铁在竖直方向上更轻松地对滑动板进行拉拽，使电磁铁的衔铁不再卡滞，并使电磁锁的锁闭和开锁始终处于正常状态，保障了列车正常运行。

参考文献：

[1] 陈观生. 热回收式热泵热水器的试验开发[J]. 流体机械，2006（9）：59-60，85.

[2] 苏生，寿青云，李小飞，等. 空气源热泵热水器的优化设计选择[J]. 流体机械，2006（10）：79-81.

[3] 喻健良，闫兴清，刘明，等. 顺次及交叉加载方案下螺栓弹性交互作用规律[J]. 压力容器，2011，28（10）：1-8.

[4] 樊高定，江斌，陈则韶，等. 一种直热式冷暖空调热水三用机的研究[J]. 流体机械，2007（7）：47-51，39.

[5] 成大先. 机械设计手册[M]. 3版. 北京：化学工业出版社，1993.

[6] 徐灏. 机械设计手册[M]. 2版. 北京：机械工业出版社，2000.

[7] 王金诺，于兰峰. 起重运输机金属结构[M]. 北京：中国铁道出版社，2002.

[8] 王遐. 随车起重机行业扫描[J]. 工程机械与维修，2006（3）：68-71.

[9] 卢章平，张艳. 不同有限元分析网格的转化[J]. 机械设计与研究，2009，25（6）：10-14.

[10] 桥斌. 国内外随车起重机的对比[J]. 工程机械与维修，2006（7）：91-92.

MW 20240618