

* * * * *
 * 磁 力 拖 动 运 输 小 车 *
 * 试 验 报 告 *
 * * * * *

薄 不 设 计 院

一 九 七 七 年 四 月

磁力拖动运输小车试验报告

一、前言

在全国人民热烈欢庆华国锋同志任中共中央主席、中央军委主席，热烈欢庆以华国锋主席为首的党中央一举粉碎王、张、江、姚、“四人帮”反党集团篡党夺权阴谋的伟大胜利的大好形势下，我既试验室、四室、五室、六室同志在院党的核心组关怀下，以阶级斗争为纲，抓革命、促生产，积极开展科学试验工作。组成了以工人为主体的有干部和技术人员参加的三结合试验小组。以大庆工人阶级为榜样，发扬自力更生、艰苦奋斗的精神，自行设计、试制了运输小车试验装置。经过五个多月的努力及八二一厂的支持，终于使磁力拖动运输小车试验获得成功。运输小车能平稳地运行，较正确地自动停靠各站，基本上满足了使用要求。这一试验的成功，改进了运输小车的拖动方式，提供了安全生产、安全维修等新的技术措施，同时进一步甩掉了多年未苏修在这方而遗留下来的陈旧设备。

磁力拖动运输小车是为联系工作箱、热室的运输通道服务的。过去苏修的设计是靠钢丝绳直接拖动运输小车在通道内来回运送物品，钢丝绳易断，检修时，检修人员要直接接触Ⅰ区，不利于安全检修。近年来部内一些兄弟单位曾着手改进，取得了一定的成绩。我既学习了兄弟单位的经验后，提出了磁力拖动运输小车试验。磁力拖动运输小车由物料小车（上车）和牵引小车（下车）两部分组成，即在运输通道内只放置结构简单的带永磁体的物料小车，而在通道底板（不锈钢）的介面也就是在Ⅱ区装上带永磁体的牵引小车。控制牵引小车的运动来带动在运输通道内的物料小车的运行，这样把复杂的传动系统从Ⅰ区搬到Ⅱ区，确保了检修的安全。

运输小车的磁性材料是实现磁力拖动的关键之一。在试验过程中

得到了四机部磁性材料研究所的大力支援。该所的新科研成果稀土钴磁性材料磁力比普通永久磁铁的一倍以上，长期使用不退磁，而且体积小，满足了本试验的要求，为磁力拖动运输小车的试验成功提供了有利条件。

本试验的成果将应用于 $\#50$ 工程的设计中，并在以后的实践中进一步考验。

二 试验目的和要求

为改进在联系装置、工作箱的运输通道上物料小车的拖动方式，以利安全维修，故着手关于磁力拖动方式的试验。

要求：

1. 试验应达到物料小车能承载一定重量（现使用要求定为 10 公斤）。

2. 物料小车运行速度为 $10 \sim 12$ 米/分，运输通道长在 20 米以上。

3. 物料小车运行应平稳（不使液体物料洒漏）。

4. 小车控制分散在各操作位置进行，停站应准确（误差在 10 厘米以内）。

三 磁力拖动试验

1. 试验装置

如图1：表示出磁力拖动方式的示意图。物料小车（即上车）和牵引小车（即下车）上各装设永磁体（即磁钢）八块。借上、下车上布置的磁钢的互相吸引力，使两车在钢丝绳牵引下一起动作。

试验是在田角铁支架上铺设不锈钢板、长 10 米的假想运输通道上进行的。上车除滚动轴承外全用不锈钢制成。其结构简单，仅由一块物料托板和四个车轮组成。上车托板下面排列有八块磁钢。上车

直接在三毫米厚十米长的不锈钢板的假想运输通道上运行，无专门运输轨道。下车全由碳钢制成，由一车架和四个车轮组成。在车架上同上车对应的排列着极性相反的八块磁钢。运输通道底板下面架有两条为下车运行的槽钢导轨。通过电动捲筒带动 $\phi 2.5$ 钢丝绳来牵引下车，牵引速度为18米/分。

运输通道采用不锈钢板的目的，主要在于它不导磁或在强磁场作用下仅有一点弱磁性，这样就不影响上、下车的磁刀。所以在实用中应对所用不锈钢板进行选择，以达不导磁的要求。试验时采用的不锈钢板为10Y18Ni9Ti，呈现一点弱磁性。

2. 永磁体的选择

经反复摸索证明采用普通永久磁铁的效力不大。后发现国产XG-15型永久磁体（即磁钢）是一种强磁性的新材料，其磁力性能比普通磁铁大一倍多，而且磁性长期使用不减弱。由有关兄弟单位的协助，选定了每块尺寸为 $24.0 \times 24.0 \times 3.6$ 毫米的磁钢。其排列情况和布置尺寸详见图2。八块磁钢排在一块夹偏碳钢板上（其作用为减少磁阻）。上、下车上磁钢的气隙 $\Delta g = 15.6$ 毫米（平均值），见图1。在这样的排列时，试验中轻放了48.7公斤的重量（包括上车自重5.8公斤）。这就充分满足了技术要求（即15公斤的负载）。

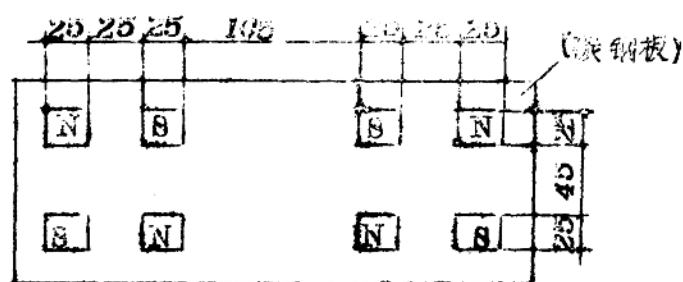


图2 上车(或下车)磁钢块排列情况

XG-15型永磁体的技术性能如下：

剩磁感应强度 B_r	8000 高斯
矫顽力 H_c	7000 奥斯特
磁能积 $(BH)_{max}$	15×10^6 高·奥
比重 γ	$8.1 \sim 8.2$ 克/厘米 ³
化学成分	钕、镨、钴
(注：出厂价格	2000元/公斤)

此种永磁体按每两块对应组合的磁力性能测试曲线见图3。横坐标为气隙 L_g ，纵坐标为磁感应强度 B_g 。 B_g 表示气隙中间点实测的磁感应强度。气隙与磁感应强度的变化关系见上面一条 $B_g - L_g$ 曲线；而 L_g/a 的比值与磁感应强度的变化关系则见下面一条曲线 $B_g - L_g/a$ 。

上述曲线可用下列公式计算，以供参考。

$$\text{即 } B_g = B_r \left(1 - \frac{L_g}{\sqrt{L_g^2 + a^2}} \right) \text{ (高斯)}$$

B_g — 不同气隙 L_g 时的磁感应强度 (高斯)

B_r — XG-15型永磁体的剩磁感应强度 (高斯)

L_g — 气隙 (厘米)

a — 磁体直径或短边长 (厘米)

对图2的磁体排列情况，就上、下车磁力拖动效果进行了测试，其数据见表1。

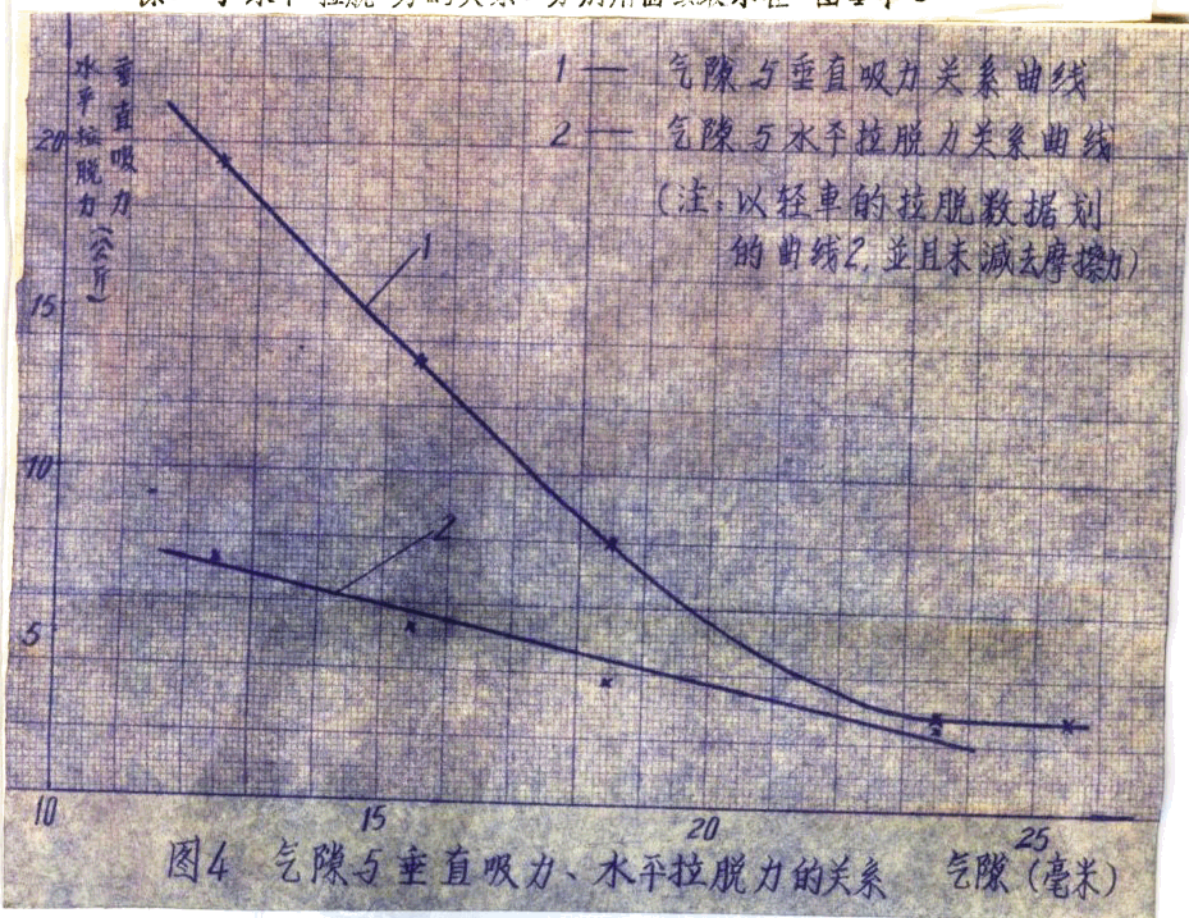
表 1

气隙(毫米)	12.5	15.0	18.5	23.5	25.5
水平拉脱力(公斤)					
空车(自重9.55公斤)	7.44	6.30	5.79	2.58	—
重车(总重43.1公斤)	8.10	6.78	4.95	3.06	—
垂直吸力(公斤)	19.50	12.60	8.10	2.80	2.90*

* 此项由于测量条件限制该数值不准确,按理应比气隙为23.5毫米时小些。

表中垂直吸力系指上、下车的磁体在不同气隙时相互间的垂直吸引力。而水平拉脱力系指上车或下车固定后,在小车运动方向相互间的吸引被水平外力拉脱的拉脱力。

为了较清楚地表明不同气隙与垂直吸力的关系,以及不同的气隙,与水平拉脱力的关系,分别用曲线表示在图4中。



通过表1和图4的曲线可见。气隙增加时，垂直吸力或水平拉脱力均相应减小。所以气隙是应考虑的一个主要因素。设计和使用时，应适当减小气隙。本试验中由于制造条件所限制（如通道底板不平直和下车导轨不平直），气隙在15~16毫米之间变动，不能再小了。

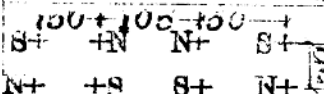
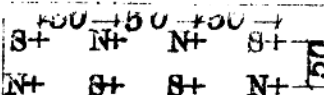
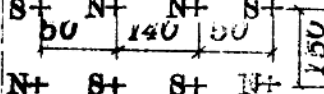
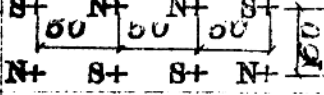
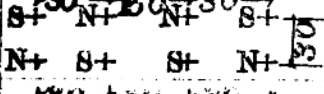
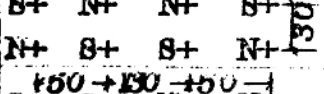
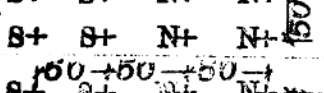
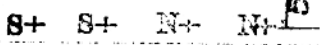
在一定的气隙条件下，即有一定的水平拉脱力。这个力主要平衡上车总重量产生的惯性力和车轮磨擦力，以防止上、下车拉脱。但考虑上车平稳运行的要求，水平拉脱力一般较大。如本试验中，按43.1公斤的上车重量和18米/分车速考虑惯性力不是很大，而气隙15.5毫米的水平抗拉脱能力则为5公斤左右。其目的在于迅速平衡惯性力的影响，以达到运行平衡的要求。实际效果表明上车在启动时，液态物料晃动不明显，而到站停车时晃动较大。至于一定气隙时水平拉脱力的计算公式，我们现在还未能摸索到，而且拉脱力要多大才能迅速平衡一定的惯性力等的精确规律也有待继续工作。目前仅能得出气隙与水平拉脱力大致呈现直线关系的概念，而随着排列方式的不同水平拉脱力大小也在变化（见表2），即排列不好就不能达到一定的磁体一定的气隙时应有的抗水平拉脱的能力。对表2中各种磁体在平面上的排列情况的效果作比较时，估计排列的好坏在于是否减弱了上、下车磁体相互吸引能力。相应就减弱了水平拉脱力。不过，从表2的各种情况看来，一般排列时效果相差不大。除序号6—8、11、13五种情况外，其余多数都可采用。这样就便于设计时因结构尺寸限制，可酌情选用某种合适的磁体平面布置方案。

3. 几点说明

第一、采用XG-15型磁性材料主要优点是磁性强、体积小而且长期使用不退磁。这样就可使小车结构小巧和维修少。缺点是成本高和性脆怕强力碰击。性脆的缺点可用环氧树脂固定磁体块来保护。在特点化学介质条件下工作时，可用薄不锈钢板保护磁体。而磁体在强辐照情况下磁性不受损失，这已经为磁性材料所的试验情况肯定了。..6..

第二、上车运行不设专门导轨，也不要再在车托盘上附加导轮，其运行主要靠下车控制。这点在试验中是得到证明的。另外，磁体块在小车上的排列时不一定对称布置，可以排偏，只要上、下车磁体对应即可，并不影响拖动效果。

第三、目前仍不能提出根据所需的小车承载重量，既有一定尺寸磁体的计算公式或规律，主要是未找到水平拉脱力与一定气隙和磁感应强度间的函数关系，以及水平拉脱力与不同排列磁体的影响规律。所以有待继续进行工作。

表2		磁体的各种平面排列方案的水平拉脱力(公斤)								备注
序号	排列草图	空隙(毫米)		12.5		15.0		18.0		
		空	重	空	重	空	重	空	重	
1		7.33	7.82	4.94	6.70	3.21	3.72	较好		
2		7.41	-	4.67	5.38	2.95	3.24	较好		
3		7.70	3.27	5.42	6.33	3.31	3.63	好		
4		7.13	7.49	5.36	6.13	3.31	3.68	较好		
5		6.10	7.53	4.05	5.20	2.46	3.09	较差		
6		4.55	5.05	3.63	4.34	2.3	2.93	差		
7		5.48	-	-	-	-	-	差		
8		5.31	6.01	-	-	-	-	差		

9	$\begin{array}{cccc} 8+ & +N & N+ & 8+ \\ N+ & +S & S+ & N+ \end{array}$	$\begin{array}{c} 70 \\ 70 \end{array}$	0.520.83	-	-	-	-	较差
10	$\begin{array}{cccc} 8+ & +N & N+ & 8+ \\ N+ & +S & S+ & N+ \end{array}$	$\begin{array}{c} 40 \\ 40 \end{array}$	7.77.8508	-	-	-	-	好
11	$\begin{array}{cccc} 8+ & +N & N+ & 8+ \\ N+ & +S & S+ & N+ \end{array}$	$\begin{array}{c} 31 \\ 31 \end{array}$	40.3	-	-	-	-	差
12	$\begin{array}{cccc} 8+ & +N & N+ & 8+ \\ N+ & +S & S+ & N+ \end{array}$	$\begin{array}{c} 60 \\ 60 \end{array}$	7.033.23	-	-	-	-	较好
13	$\begin{array}{cccc} 8+ & +N & N+ & 8+ \\ N+ & +S & S+ & N+ \end{array}$	$\begin{array}{c} 51 \\ 51 \end{array}$	4.18	-	-	-	-	差
14	$\begin{array}{cccc} 8+ & +N & N+ & 8+ \\ N+ & +S & S+ & N+ \end{array}$	$\begin{array}{c} 51 \\ 51 \end{array}$	3.41 3.41 5.08 5.08 4.40 4.40	-	-	-	-	好

四、电气控制

磁力拖动运输小车经试验证明可以实现以后，为了达到自动停车、换向和正反转的目的，采用晶体管无触点接近开关装备了一套简单的控制线路。（见图5）

下面简要说明这套控制线路和试验过程中的一些情况：

1. 小车控制元件

小车到站、停车等的控制元件，采用JZ 1-24型晶体管无触点接近开关（1-4 JX）。输出端接JZB-1型小型直流中间继电器（1-4 JJ）。由于条件所限，现有JZB-1型继电器额定电压为12伏，接近开关输出 ≈ 22 伏，经测定应在继电器线圈回路中串入330欧姆碳膜电阻相互配合使用。

接近开关的动作片为18×3毫米的长条铁片，当铁片到达接近开关感应面距离为 ≤ 2.5 毫米时，JZB-1型继电器能可靠动作，但是在试验中发现当直流电源刚接通时，所有接近开关都发出一个短促的信号，使JZB-1型继电器瞬时动作一次，紧接着立即返回原位。经分析认为，这是由于电流刚接通时，接近开关内部的被检测元件上的电压不可能突变而使三极管导通，相当于动作片“接近”使试验设备响一样。

2. 小车换向

所谓换向就是当小车向前行走经过本站时，控制线路要为小车向后行走回到本站作好准备。反之，当小车向后行走经过本站时，控制线路要为小车向前行走回到本站作好准备。因此采用了具有“停电记忆”特性的JZ8中间继电器来实现换向要求。

为了使JZ8继电器能可靠吸合或释放，加入了“保证换向环节”，如图6如果1ZJ、2ZJ用0Q、0Y的常开接点代替，则小车刚到

站时， NJJ 要合上。同时， OQ 或 OH 要打开（停车），没有足够的时间使 NXJ 线圈（吸合线圈或复位线圈）通电而可靠动作。现改用 $1ZJ$ 、 $2ZJ$ 的常开触点，而 $1ZJ$ 、 $2ZJ$ 是 OQ 、 OH 的接点经过 $1 \sim 1.5$ 秒延时以后动作的，这就使 NJX 的线圈能有足够的时间通电，动作就十分可靠了。

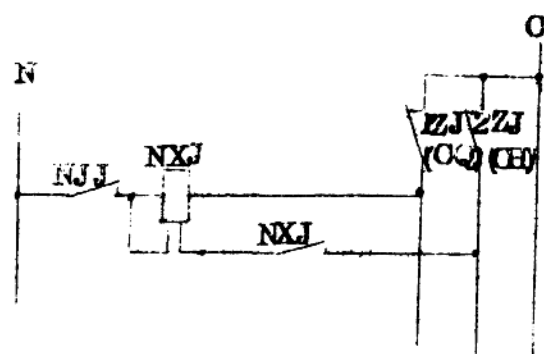
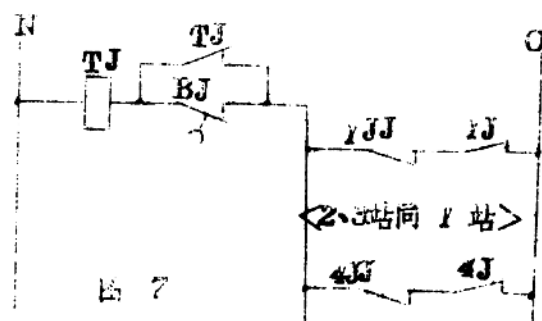


图 6

3.小车的停车

小车到站时，借助于安装在各站的接近开关，可以断升向前或向后行走的接触器使小车停车，但是由于小车的惯性，不可能停得十分正确，使铁片正好位于接近开关上，往往要冲过一段距离，冲过后 $1JJ$ 又要释放，小车又可能前跑或来回作往复运动。为了使小车一旦到达指定站可靠停车而不再开动，加入了 $1J$ 停车闭锁环节，如图7

所示，起动时 $1J$ 闭合， $1J$ 动作，其常闭接点延时打开。在 $1J$ 动作后， $1J$ 的常开接点使 $1J$ 自保持，到站后， $1JJ$ 常闭接点打



开， $1J$ 断电，自保持解除。此时，即使由于惯性，小车冲过使 NJJ 常闭接点再次接通， $1J$ 也不会接通了。

4.小车的启动和停车准确性问题

由于条件的限制，在试验中采用电气制动，制动时由于其他原因，尚有5~4厘米的惯性误差，为了减少误差，把动作片由一块改为三块，动作片间的距离接近小车惯性误差距离，两端的两块铁片发停车信号，中间的铁片反映停车的正确性，基本上解决了停准的问题，即使不准，利用点车按钮，点1~2下就可停准。

5. 小车的换向失误保护

如果小车换向系统失灵，小车就不能自动开到指定站，所以必须设置小车的换向失误保护。在图5中如果某站换向失误，则当小车开到下一站时，该两站黄色信号灯发亮，一站失误，两站灯亮。如何来判断是那一站换向失误呢？要视小车的惯性量来定，小车往前，后面那个站失误，小车在后，前面那个站失误。

6. 存在问题

(1) 停车正确性问题，除了消除电气方面的误差外，还应设法消除机械方面的误差，在机械误差减小后还是采用一块铁片作为动作片较好。

(2) LJ1-24型接近开关动作距离太小，以后应使用动作距离较大的接近开关。

(3) 信号灯闪烁次数太多，寿命短，应采用常亮型的信号灯，而且电阻还应选大些。

(4) 电机过负荷保护没有做。

7. 主要设备的技术数据

序号	符号	名称	型号及规格	数量
1	D	三相交流电动机	J02-12-4~380/220V 0.8KW 2.00A	1
2	1-4 XJ	换向中间继电器	JZ8-44JP/4 ~220V	4
3	1-4 JJK QJK, HJK	接近开关	LJ1-24-24V 动作距离 2.5mm	6
4	1-4 JJ QJJ, BJJ	直流中间继电器	JRXB-1-12V	6

五 今后方向

磁力拖动运输小车试验，虽初步获得成功，但拖动方式不完善和在结构上、系列上还有细致的工作要做。

从安全维修角度和生产操作考虑，无论走往下车牵引方面或自动控制方面都还需进一步改进。

因此，我院有关部门正积极开展新的试验工作，以求能供磁力拖动牵引小车磁力拖动物料小车的试验准备工作，并打算开发无触点逻辑线路控制技术解决物料小车运行的自动控制方式。