

摘要 道岔系统是保证中低速磁浮列车安全运行的重要转线系统。根据工程实际,对道岔系统的总体结构、组成及功能进行研究,详细分析道岔基础、轨排、接触轨、供电、控制系统,并提出工程实际中的设计计算方法和部分数据,论述道岔系统的设计思路、设计原则,以及工程实际中存在的问题。

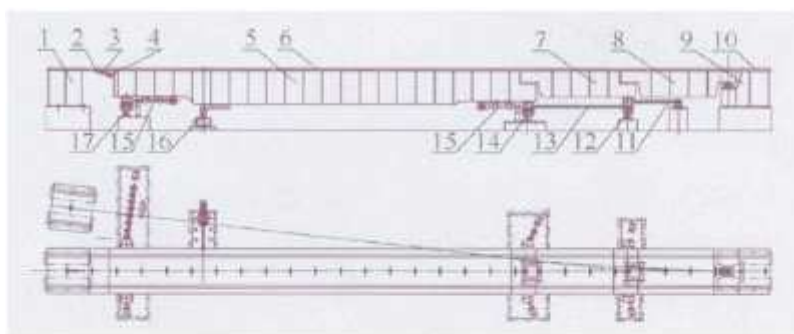
关键词 中低速磁浮 轨道交通 道岔 系统工程

道岔系统是中低速磁浮交通系统的一个重要组成部分,运输业务中的列车到发、会让、越行、车辆摘挂、车辆整修,都须依靠道岔实现。在相同侧向过岔速度下,中低速磁浮道岔与传统的铁路道岔区别为:传统铁路道岔仅转动尖轨和心轨,基本轨保持不动,而中低速磁浮道岔则是3段钢梁一起移动;传统铁路道岔的安装方法与正线铺轨敷设基本一致,而中低速磁浮道岔则须另设基础及相关配套设施。中低速磁浮道岔由液压或电动机械驱动钢梁整体转辙,使磁浮列车在缓和的近似圆曲线的折线上通过。

中低速磁浮道岔系统工程包括:道岔、道岔基础、轨排、接触轨、供电、控制系统。

1 道岔

道岔的主要结构体是道岔钢梁,为箱形结构,共有3段。钢梁与钢梁之间分别由十字销连接,每段钢梁两端均有台车支撑,驱动装置位于道岔主动钢梁的下方。当驱动装置推动梁体横向移动时,梁下的台车沿着轨道移动,实现转线,道岔(单开)的组成详见图1。



1—1号垛梁;2—主动梁竖向锁定槽;3—移动端连接轨;4—移动端轨道连接装置;5—主动梁;6—F轨;7—2号从动梁;8—1号从动梁;9—2号垛梁;10—连接轨;11—2号从动梁定心装置;12—1号台车;13—主动梁定心装置;14—2号台车;15—锁紧装置;16—驱动装置;17—3号台车

图1 道岔组成

2 道岔基础

2.1 载荷分析

2.1.1 道岔基础所承受的载荷

(1)恒载:包括道岔设备自重、轨道重量、连接件重量、道岔横移滑道重量、驱动设备重量、道岔基座自重、不均匀沉降。

(2)活载:包括车辆载荷、离心力、导向力、转辙反力。

(3)附加力:包括制动力(牵引力)、风载荷、温度力。

(4)特殊载荷:包括紧急制动、养护引起作用力、施工载荷、地震力。

2.1.2 道岔一般存在的几种工况

(1)道岔空载,驱动装置带动道岔梁,驱动台车改换线路。



(2)车辆加速通过道岔,道岔锁定牢固,此时考虑风载。

(3)车辆在道岔上紧急制动,道岔锁定牢固,此时考虑风载。

2.1.3 道岔基础载荷组合

(1)主力组合:恒载+活载+导向力+离心力,恒载+转辙作用力。

(2)附加组合:恒载+制动力+导向力+离心力+风载荷,恒载+导向力+离心力+风载荷。

(3)特殊载荷组合:恒载+活载+地震力(恒载包括结构自重、二期恒载、支点不均匀沉降)。

2.2 载荷计算

2.2.1 恒载

道岔钢梁自重根据其结构尺寸及支承类型进行计算。唐山中低速磁浮试验线道岔钢梁自重为 2.25 t/m,各支点力依次为:1号垛梁 6t、1号台车 12t、2号台车 35t、3号台车 30t、2号垛梁 3t。上述各支点预埋钢板及附件的重量为:1号垛梁 2t、1号台车 4t、2号台车 3t、3号台车 4t、2号垛梁 2t。驱动设备主要有 1号铰轴、2号铰轴、驱动装置,自重均为 2t,预埋钢板及附件的重量分别为 0.5、1.5、1.0t。道岔基座的重量根据尺寸进行计算,容重取 2.5 t/m³。道岔基础不均匀沉降控制在 7~10mm,道岔各基础的沉降不均匀时产生附加力,不均匀数值按相邻差值 1 cm 考虑。

2.2.2 活载

唐山中低速磁浮试验线道岔按下列数据考虑:列车梁上静态载荷取 22.9 kN/m;列车冲击系数取 1.2;列车在岔线上时,按其位于曲线上,应考虑列车竖向静活载产生的离心力;侧向导向力按竖向力的 20%进行考虑;转辙反力取 19.6 kN,作用于驱动装置基座的顶部。

2.2.3 附加力

唐山中低速磁浮试验线道岔设计列车制动力取 6.5 kN/m;风力按《铁路桥涵设计规范》的规定计算,基本风压 600 Pa;温度变化根据施工场地的位置来确定,适当保留余量;地震力按《铁路工程抗震设计规范》的规定计算;当采用高架基础时,需考虑道岔基础梁收缩引起的外力。

2.3 基础设计

道岔部分的基础形式应具有足够的承载力和刚度,防止道岔部分产生过大的变形,影响道岔的正常工作。根据线路纵断面的布置,一般有两种形式的基础,一种为直接支承于地面的落地式基础,一种为支承于高架桥上的高架形式。

对于落地式基础,基础的布置可完全按照上部道岔设备进行设置,对于配电箱、相关导线等可在地面进行布置。落地式基础根据上述的计算载荷直接进行各个独立基础的设计,设计中主要考虑各基础的刚度,满足基础顶面纵横向位移,各基础的沉降满足道岔钢梁的变形要求。一般情况下对道岔范围内的地基进行整体处理,保证其变形一致。

对于高架形式基础,不但要满足上部道岔设备的要求,还要满足下部作为桥梁的要求。在桥面布置上,需要考虑配电箱、导线的布置,还要考虑检修人员在高空作业的活动空间,以及泄水管、栏杆等设施。高架式道岔基础支承于一个整体的桥面之上,整个下部为一个独立的桥梁。

2.4 基础设计须遵循的原则

(1)道岔基础的截面形式根据跨度不同采用实体板截面或箱梁截面,推荐采用实体板截面。对于跨度组合,应综合考虑道岔基础上道岔设备的布置以及基础周围地物的影响,使结构的受力最合理。

(2)道岔基础在静活载作用下竖向挠跨比不大于 1/6 500,梁端竖向转角不大于 1.0‰。

(3)对于基础考虑不均匀沉降时,其不均匀沉降应控制在 7~10mm。

(4)道岔基础的布置应综合考虑上部道岔、桥面排水、人行道栏杆等。

(5)在综合考虑道岔设备的构造及施工要求后,采取合理的连接方式及施工顺序。一般道岔设备与基础连接均采用支墩过渡的方式,支墩与上部预埋件连接采用多次浇注的方式,以满足施工精度和预埋件的安装。一般在支墩浇注部分第一次浇注时,固定预埋钢板的支撑角;在二次浇注时,固定预埋钢板的地脚螺栓和剪力钉。

(6)道岔基础宽度较大,且形状不规则,预埋道岔连接件较多,不适宜预制,最简单的办法就是现场浇注。

(7)基础支墩施工必须结合道岔设备的安装要求。

(8)道岔基础计算时,加载点应置于最不利位置。

3 轨排



轨枕和 F 轨合称轨排。道岔垛梁通过连接轨与线路区间轨排(磁浮列车的走行轨道)连接。当道岔置于直线位时,道岔的线形为理想直线;当道岔处于侧向位时,道岔导曲线部分为道岔设备梁形成折角来拟合平面圆曲线,两端无缓和曲线。道岔位于直线位及侧向位时,垛梁及道岔设备上的轨排均为直线。道岔轨排设计的关键是轨排接头设计,主要包括道岔设备梁关节处接头、垛梁与道岔设备梁接头、垛梁与线路区间邻接轨排接头。

道岔轨排设计主要考虑磁浮车辆通过时稳定性要求及邻接轨排的热胀冷缩要求,具体设计形式需根据磁浮车辆的结构确定。

4 接触轨

接触轨是附着在道岔设备梁上的供电装置。根据中低速磁浮道岔的运营工况,接触轨需满足材料特性要求、精度要求及支架装置要求。

材料特性主要指材料的柔韧性、抗疲劳性。在道岔实际运营过程中,接触轨需弯折几万次甚至十几万次,且不产生疲劳损伤和影响受流等问题。

精度要求包括限界定位精度、扳动对接精度。限界定位精度是指在道岔扳动的前后过程中,道岔区接触轨局部区段横向定位尺寸变化不超过 10mm,为此需要采用限位装置,同时保证接触轨在纵向(沿线路方向)伸缩能够畅通无阻,限位装置目前比较常见的形式是采用滑轮限位导向。扳动对接精度是指道岔梁与梁对接后横向的尺寸偏差范围,如果该偏差值过大,受电靴容易被击伤,甚至造成飞靴等严重后果,根据唐山中低速磁浮试验线的工程经验,采用不大于 4mm 的偏差值即能满足要求。

支架装置要求体现在接触轨支架在道岔区的线路布置,以及支架装置的结构设计。线路布置依据跨距和锚段设置原则,跨距不大于 3m 道岔区锚段的设置原则与普通地段有所不同,主要体现在道岔区的始端和末端。在道岔始端锚段不可以分段,应连续过渡跨接,这主要是考虑到此处是道岔钢梁及接触轨扳动的起始点,如果该处分段,则接触轨受电面在此处就会形成折线,而非连续平滑的曲线,不利于车辆受流,当道岔钢梁在道岔区段多点分段,利用折线构成线路时,接触轨在道岔梁每个折点处的处理方式都应参考其在道岔起点处的设计方案,即锚段分段避开折点处设置,但是如果在道岔末端时,锚段就必须分段,并通常利用该机械分段做电气绝缘分段,与道岔末端固定垛梁对接。道岔区的支架装置结构设计与普通地段不同,主要区别在于对接接触轨限位固定方式的不同,一般地段的固定方式采用扣件连接,即在满足横、竖方向限位的同时,能够保证轨在纵向随温度变化伸缩时不造成卡滞,但在道岔区段如果支架装置依然采用扣件方式对接接触轨限位固定,那么道岔钢梁在扳动过程中,接触轨随之位移,极易形成硬点,造成接触轨伸缩不畅,而且道岔区段接触轨引起伸缩的因素除了温度变化因素外,还有位移变形产生的伸缩,当形成硬点对局部伸缩造成制约后,就会对道岔区段的接触轨造成系统破坏。因此,道岔区的支架装置结构设计的核心关键,就是在保证对接接触轨限位的同时,使其在纵向伸缩不受卡滞。

5 供电

道岔电源采用两路三相五线制,AC380V 50Hz;容许电压波动 AC380V±10%。电气控制柜内设 TN-S 供电系统限压型电涌保护器,防护雷击电磁脉冲所产生的三相电源过电压;电涌保护器失效后,应能自动脱离电源。

6 控制系统

6.1 信息传输

中低速磁浮交通运行控制系统向道岔送出转辙命令信号、现场授权信号、DC24 电源(3A)和信号专用线路;道岔向运行控制系统送出位置表示、集中状态、现场状态、故障 4 类信号。运行控制系统使用的电缆芯线数量和道岔控制装置使用的端子数量详见表 1。



表 1 电缆芯线数和控制装置端子数

| 序号 | 名称 | 芯线数 / 个 | 端子数 / 个 |
|----|-------------------------|---------|---------|
| 1 | 道岔转辙命令 | 4 | 4 |
| 2 | 道岔表示命令 | 4 | 4 |
| 3 | 现场授权信号 | 2 | 2 |
| 4 | 集中状态信号 | 2 | 2 |
| 5 | 现场状态信号 | 2 | 2 |
| 6 | 故障信号 | 2 | 2 |
| 7 | 电话 | 2 | 2 |
| 8 | 运控系统向道岔提供 DC24V 电源 (3A) | 6 | 2 |
| 9 | 备用 | 4 | 2 |

6.2 应答器布置

中低速磁浮道岔不同于传统道岔,道岔转换时采取“整体移梁”的方式。对于道岔区环线及其匹配箱的安装方式,考虑到道岔来回扳动,可将环线匹配箱固定于垛梁基础上,铺设时考虑电缆富裕量。在岔区外侧设置有源应答器,用于完成列车经过道岔区时的完整性检查,应答器位置与车载应答器的安装位置有关,考虑到列车正反方向来回运行,应答器距道岔两端的距离应大于列车长度与保护距离之和。

7 结语

目前,中低速磁浮交通在国内处于试验阶段,而道岔系统存在以下问题需要进一步研究。

(1)道岔生产厂家少,且只有单开道岔(唐山中低速磁浮试验线已设置)相对较成熟,而单开道岔无法满足磁浮交通的运营需求,故应加强多开道岔、交叉渡线等形式的研究开发。

(2)由于道岔的主动梁较长,其侧向位远端固定垛梁与直线位的垂直距离较大,同时还需满足设计模数和安全距离的要求,使得道岔的适应能力较低,对磁浮线路设计,特别是场、段道岔区的布置影响较大,需要进一步优化。

随着城市轨道交通的不断发展,中低速磁浮交通也将得到较大幅度的推广,道岔设备国产化越来越得到各相关部门的重视。根据国内开发磁浮道岔的实际情况,道岔设备的国产化仍需社会各方面的支持和帮助,选择合适的国产化项目,确定正确的发展目标,从易到繁,鼓励设计研发能力强的企业创造中低速磁浮交通产业业绩。道岔系统是中低速磁浮交通的一个重要组成部分,建议项目业主争取研发的优惠政策,早日生产出能适合中低速磁浮运营要求的各类道岔。

参考文献

- [1]吴祥明.磁浮列车[M].上海:上海科学技术出版社,2003.
- [2] GB 50157—2003 地铁设计规范[S].北京:中国计划出版社,2003.
- [3] Q/CYBGMJ001—2008 中低速磁浮交通设计规范[S].北京:中国科学技术出版社,2008.
- [4]尹力明,罗昆.常导中低速磁悬浮列车道岔参数计算[J].铁道建筑技术,2002(5).
- [5]聂绍富.重庆跨座式单轨交通道岔国产化实践[J].都市轨道交通,2008,21(4).

