

地铁钢弹簧浮置板顶升施工技术及影响因素分析

周洪波

中铁十二局集团第三工程有限公司

摘要: 随着近些年我国各大城市经济水平的快速提升,各城市人口数量不断激增,造成了各城市交通的拥堵。地铁成了解决城市拥堵的首选交通方式,随之而来也使地铁建设获得了空前发展。虽然地铁给城市带来了极大的便利,但是随之而来地铁运行所产生的噪音与振动对城市居民生活产生了一定的影响,降低了城市居民的生活质量,为了解决噪音与振动问题,设计普遍采用了中等减振道床和钢弹簧浮置板道床两种方式,以此来达到减振目的。两种道床方式中,钢弹簧浮置板道床减振效果最佳,但其施工难度较大,主要是钢筋绑扎复杂、运输困难、轨排铺设对位难度大、钢弹簧浮置板顶升精度难以掌握。下文笔者就结合多年工作实践经验,对钢弹簧浮置板施工中浮置板顶升技术操作特点和施工过程中所存在的问题及改善措施进行分析说明。

关键词: 地铁施工; 钢弹簧浮置板顶升; 影响因素

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.19.039

随着科学技术不断发展,大量的施工机械设备投入到工程建设中,施工水平与工艺不断提升,钢弹簧浮置板顶升施工工艺与水平也不断地发展与进步,不仅能够促进施工效率的不断提升,而且在保证施工安全与施工质量的前提下,促进了施工单位获得更加丰厚的经济效益。

一、钢弹簧浮置板道床的相关概述

(一) 特性

钢弹簧浮置板整体道床是地铁行业广泛采用的一种新型高等级轨道隔振主流技术,是将具有一定质量的钢筋混凝土道床板浮置于特定刚度的阻尼弹簧隔振器上,构成经典的“质量-弹簧”隔振系统,具有三维弹性和稳定性,且能抑制和吸收固体声传导,从而减少轨道交通对周边环境的振动和噪声影响。

钢弹簧浮置板通过内置的隔振器“浮置”于下部结构上方,可以自由振动。隔振器分为外套筒及内套筒两部分,外套筒浇筑于混凝土道床板中,将钢弹簧浮置板及车辆的荷载传给内套筒,内套筒承受荷载,依靠自身的变形及阻尼吸收振动能量,从而达到减震的效果。

(二) 钢弹簧浮置板顶升组成构件

钢弹簧浮置板通过内置的隔振器“浮置”于下部结构上方,可以自由振动。钢弹簧隔振器主要由外套筒和内套筒两部分组成。外套筒是圆柱形筒体,是钢弹簧浮置板与隔振器内套筒之间力的传递装置,钢弹簧隔振器内套筒内含钢弹簧和阻尼剂,是隔振器的核心部件。如

图1所示。

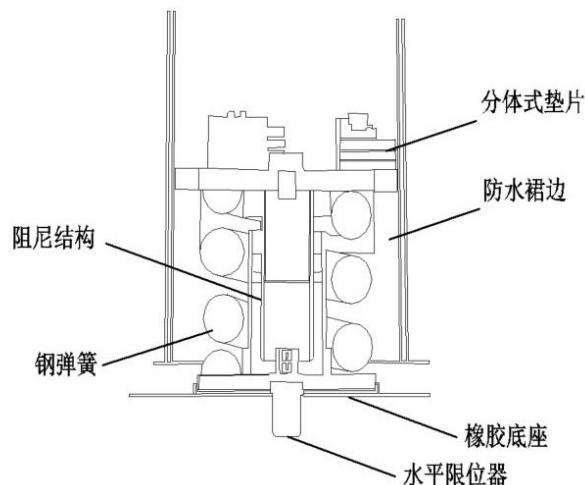


图1: 钢弹簧隔振器内套筒图组件

二、影响钢弹簧浮置板顶升的因素

(一) 钢弹簧浮置板道床混凝土浇筑

钢弹簧浮置板道床混凝土浇筑是保证钢弹簧浮置板顶升的重要一步,同时也是无法进行整改及修复的步骤,若出现错误,只能对钢弹簧浮置板道床破除,现对混凝土浇筑时注意事项进行详述:

1. 钢弹簧浮置板道床混凝土浇筑遵循“宁少勿多,宁停工不浇筑”原则

钢弹簧浮置板混凝土作业前要综合考虑搅拌站任务量、施工人员体力、天气情况,从而确定当日的混凝土浇筑任务量,量力而行,以少为主,保证混凝土浇筑连续,绝不出现断缝,以免顶升造成板块断裂。

钢弹簧浮置板混凝土作业前对机械设备进行全面检修,机械设备不得带病作业,混凝土浇筑作业时若无法修理好,宁可停工也不得进行混凝土浇筑作业,以免钢弹簧浮置板浇筑混凝土中途时机械设备出现故障,确保施工安全以及混凝土浇筑连续。

2. 混凝土质量与方量估算

进行混凝土浇筑时,试验员必须在搅拌站对混凝土质量进行实时监控,确保混凝土质量,避免混凝土离析或水灰比过低,造成混凝土无法施工,影响钢弹簧浮置板混凝土浇筑的连续性。

钢弹簧浮置板混凝土浇筑时,考虑到土建结构与设计存在误差,从而会造成混凝土估方错误,现场技术人员进行最后估方时要遵循“多估少用”原则,即最后估方要多估0.5-1方,避免因缺方,造成补方浪费时间,

从而保证钢弹簧浮置板浇筑连续。

3. 施工现场盯控

钢弹簧浮置板进行混凝土浇筑时，技术人员必须在现场进行实时盯控，主要盯控浮置筒、观察筒水平与高低位置。

钢弹簧浮置板进行混凝土浇筑时，由于混凝土冲击力较大，会造成浮置筒、观察筒水平位置上的移动，若不及时将浮置筒与观察筒位置恢复，可能会造成后期钢弹簧浮置板顶升作业时，无法安装内套筒；此外钢弹簧浮置板道床进行混凝土浇筑时，可能会造成浮置筒与观察筒上浮，该情况也会影响后期钢弹簧浮置板内套筒的安装，故现场进行混凝土浇筑时，技术人员要进行实时盯控，一旦发现水平与高低位置发生变动，要及时安排施工人员进行调整恢复。

(二) 基底高程与平整度

钢弹簧浮置板基底高程与平整度如果无法满足设计要求，对后期钢弹簧浮置板顶升会造成严重影响，并对工程整体质量与安全造成严重损害。

1. 基底高程

基底高程过高会造成顶升时没有预留量，若不对此进行处理，钢弹簧浮置板与基底会密贴，从而无法起到减振降噪效果，长期运行道床结构稳定型也会降低，影响其运行安全。若对此情况进行处理，则需对钢弹簧浮置板道床地段前后进行顺坡，顺坡长度也许从几十米到几百米不等，会造成严重的经济损失；基底高程过低，会造成顶升高度超过设计高度，道床整体重心过高，从而会降低道床稳定性，影响其运行安全。

2. 基底平整度

基底面平整度会影响到钢弹簧浮置板道床使用寿命。外套筒位置处基底面若不平整，当列车运行时，力的传递会产生不均，会在外套筒处产生局部应力，从而破坏道床；外套筒外位置不平整，尤其是突出部位，若超出设计高程，顶升后，突出部位将存在局部应力，不仅会影响钢弹簧浮置板减振效果，也会降低其使用寿命。

(三) 钢弹簧浮置板外套筒位置

外套筒与钢轨的相对位置要进行严格把控，如外套筒侵入钢轨轨底量过大，则会导致内套筒安装困难，需拨移钢轨，造成人力、财力的浪费，该影响对后期运营阶段的检修、二次顶升带来极大的不便。

(四) 作业面清理

顶升作业前需将钢弹簧浮置板道床板间伸缩缝清理干净，内套筒安装前，检查筒内基底平整度，不满足要求的需打磨平整，将打磨碎屑全部清出。使用湿抹布将基底表面擦拭干净，确定无粉尘残留；顶升作业后再将钢弹簧浮置板道床伸缩缝及道床与基底之间采用密封条

进行密封处理，以免钢弹簧浮置板顶升进入工作状态后其他杂物进入到板底缝隙内。

(五) 钢弹簧浮置板道床养护

钢弹簧浮置板道床混凝土浇筑后，要根据设计要求对其进行28d养护，28d养护期结束后，由试验员对道床混凝土强度进行现场检测，强度达到设计要求时，方可进行钢弹簧浮置板顶升作业。钢弹簧浮置板道床养护期间每天由专人对其洒水养护，技术人员对其每天进行检查。

(六) 水害影响

水害一直是影响土木工程的重要危害之一，对于钢弹簧浮置板来说，水害造成的后果更为严重，不仅影响施工阶段，更加影响后期运营阶段。水对于钢弹簧浮置板最大的危害就是淹没钢弹簧浮置板内套筒，造成内套筒的构件因浸泡而损坏，而更换内套筒所造成的代价也是相当巨大，除了昂贵的内套筒组件、更换所需的人工、时间外，对钢弹簧浮置板频繁的顶升，会造成钢弹簧浮置板道床疲劳破坏，影响钢弹簧浮置板道床使用寿命。然而，水害的影响不仅作用于地下段钢弹簧浮置板道床，同样也作用于高架段钢弹簧浮置板道床。

1. 地下段水害对钢弹簧浮置板道床顶升影响

地下段隧道结构主要有矩形隧道、马蹄形、圆形隧道三种形式，其中矩形隧道与马蹄形隧道钢弹簧浮置板道床形式相同，水沟均设置在钢弹簧浮置板边墙挡块外侧，且水沟形式为明沟，只要保持各废水泵房正常抽水，一般情况下不会出现积水。圆形隧道钢弹簧浮置板道床水沟设置在道床基底中心，相比矩形隧道及马蹄形隧道钢弹簧浮置板结构发生水害可能性更大，尤其是圆形隧道废水泵房处钢弹簧浮置板道床，随时存在积水的可能。图2为圆形隧道钢弹簧浮置板结构断面图；图3为矩形隧道钢弹簧浮置板结构断面图。

现对圆形隧道废水泵房处钢弹簧浮置板道床进行分析。首先，无法及时观察积水情况。圆形隧道钢弹簧浮置板道床水沟设置在钢弹簧浮置板道床底部，水沟形式全部暗沟，除了每块钢弹簧浮置板设计3个观察筒外，无法对暗沟进行观察。所以当积水浸泡钢弹簧浮置板内外套筒时，若不打开观察筒查看，从表面无法判断是否积水，所以不论在施工阶段还是运营阶段，智能抽水系统水泵及限位器要放置泵房较低处，确保泵房内水面高度不会超过进水管，保证钢弹簧浮置板道床下暗沟无积水；其次，钢弹簧浮置板道床基底暗沟坡度设置。钢弹簧浮置板道床为保证其排水顺畅，其基底在个别地段需要设置反坡从而保证排水流畅，因此基底浇筑前，排水沟沟底高程要进行测量复核，浇筑后要进行复测，对水沟坡度不符合要求，或局部过低易积水处要进行打磨或修补处理，从而保证排水顺畅。

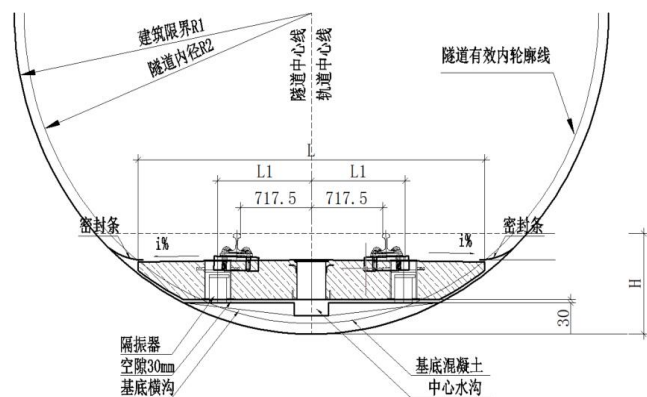
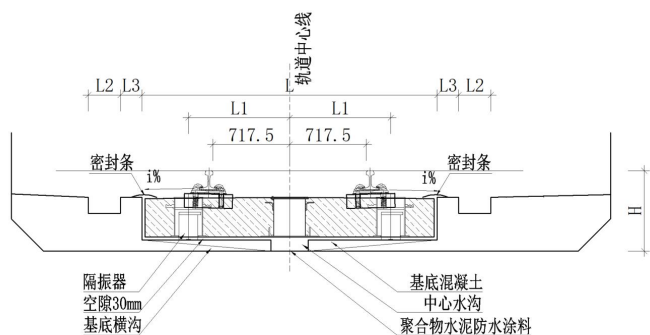


图2: 圆形隧道钢弹簧浮置板结构断面图



矩形隧道钢弹簧浮置板结构断面图

2. 高架段水害对钢弹簧浮置板道床顶升影响

高架段钢弹簧浮置板结构形式相比地下段钢弹簧浮置板结构形式来说比较简单,但钢弹簧浮置板道床内套筒也存在被水淹没的情况存在,主要有3种情况:

(1) 高架段桥梁梁面粗糙不平造成积水

土建施工单位进行桥梁施工时,桥梁梁面施工平整度差,造成梁面部分过低,造成积水,从而漫过钢弹簧浮置板道床基底,浸泡内套筒底部,对钢弹簧浮置板道床顶升施工造成一定影响,但该影响只是暂时性,只要轨道施工单位进行及时抽排水,待进行梁面防水保护层施工后,可以弥补梁面过低而造成的积水问题。

(2) 机电施工单位影响

机电施工单位进场施工后,需要在桥梁防撞墙侧面进行钻孔安装设备,因使用水钻孔所产生的泥浆会流到桥面,形成挡水坎或沉积使水面升高造成积水,从而流入到钢弹簧浮置板基底面上,浸泡内套筒底部。所以当机电施工单位进行高架段施工时,轨道施工单位要事先与机电单位进行沟通,并定期对高架段钢弹簧浮置板进行检查,防止水害的发生。

(3) 桥梁面保护层高低不平

桥面防水保护层浇筑后,可能会出现桥梁两端泄水孔处保护层标高比桥梁中部高,造成桥梁中部出现积

水,甚至浸泡钢弹簧浮置板道床内套筒。故在进行高架段钢弹簧浮置板地段桥面保护层施工时,须保证桥梁泄水孔处为桥面最低点,保证桥面排水顺畅,无积水现象。

三、钢弹簧浮置板顶升作业具体过程

(一) 顶升设备及人员

钢弹簧浮置板顶升所使用顶升设备必须使用生产厂家专用液压千斤顶,隔振器安装及顶升全过程必须有专业安装工程师进行现场指导。

(二) 内套筒安装

内套筒为隔振器的核心部件且结构特殊,必须保证现场存放、搬运时轻拿轻放,严禁内套筒倾倒、倒置。安装水平限位器时要注意平纵曲线线路要素,当曲线及坡度 $\geq 20\%$ 直线地段隔振器全部安装水平限位器,坡度 $< 20\%$ 直线地段隔振器间隔安装水平限位器。

(三) 顶升作业

考虑到钢弹簧浮置板道床和剪力铰的受力,顶升应按照从钢弹簧浮置板一端向另一端依次进行的顺序,分4个循环进行顶升,单次顶升的高度不得大于12mm,每次顶升完成后,测量钢弹簧浮置板道床的顶升高度,并将测量结果作为下一循环顶升高度的依据,第4次循环根据测量结果由安装工程师确定放入调整垫片。

(四) 密封处理

顶升结束后,进行密封处理是非常重要的步骤,不仅能做到成品保护,还能延长其使用寿命。

内套筒密封,在阻尼弹簧隔振器组件顶板中心螺孔处拧入M20螺栓(带密封垫片),实现开放式“潜水钟”机理的气闭防水,避免水等其他液体进入阻尼套筒内;内套筒密封后,进行外套筒封盖,避免杂物进入弹簧隔振器引发故障,封盖后需将封盖上塑料薄膜撕除。

安装密封条,钢弹簧浮置板道床顶升到位后,清理钢弹簧浮置板道床与隧道壁或挡墙间杂物,安装密封条,将密封条进行充分固定,并注意要留有适量的伸缩余量。

结束语

钢弹簧浮置道床的顶升作业直接影响钢弹簧浮置道床系统的质量和运营状态,是钢弹簧浮置道床施工的关键环节。因此,顶升作业时严格遵守顶升要求,尤其对于顶升细节要着重关注,从而保证后期列车运行安全和施工质量的百年要求。

参考文献

- [1] 雷升祥. 地铁施工手册[M]. 人民交通出版社股份有限公司, 2019. 11.
- [2] 袁杰. 城市轨道交通安装工程施工图集-铺轨工程[M]. 中国建筑工业出版社, 2018. 6.