

基于北京东六环项目浅谈泥水处理系统减振降噪

谷凤彩

中铁十四局集团大盾构工程有限公司

摘要: 本文基于北京东六环项目,旨在详细介绍针对目前隧道工程中泥水盾构在地理环境复杂、场地狭小情况下产生的振动和噪声问题,并针对此问题提出减振降噪处理措施。该研究旨在满足绿色环保施工的要求。通过对东六环项目中泥水分离设备进行分析 and 探讨,本文为类似的泥水盾构项目提供了可借鉴的经验,并强调了该处理措施的推广应用价值。

关键词: 泥水分离设备; 减振降噪; 脱水筛; 隔音; 高度集成化; 隔振

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.22.061

一、引言

目前,在隧道施工过程中,面对复杂的地理环境(包括地层复杂、穿江跨海、下穿轨道高铁、城区建筑复杂、人口密集居民区等),泥水加压盾构法被广泛选择作为施工企业在复杂环境下的首选工艺,尤其是大直径泥水盾构项目的需求正快速增长。然而,泥水分离设备作为泥水盾构的主要处理工艺之一,其旋流筛分过程主要依赖振动脱水,而振动所产生的噪声问题近年来一直是困扰城市施工,特别是居民区、学校等敏感区的难题。因此,在东六环项目中,本文针对此问题进行了针对性的减振和降噪处理,以满足环保施工的要求。

二、工程概况与泥水处理系统设备配置

东六环(京哈高速-潞苑北大街)改造工程第2标段勘察项目位于北京市通州区,南起于北运河北侧,北至潞苑北大街,设计里程范围LYK8+880~LYK16+000,线路全长7.2km,设计为高速公路,设计速度80km/h。

本项目盾构区间里程LYK8+800~LYK13+840为大盾构段,盾构法施工,长度为5040m,隧道直径15.4m。隧道主要穿越地层为中砂、粉细砂与粉质黏土复合地层。

通过对具体地质条件进行详细研究,包括各种黏土和岩层的颗粒特性等,特别是在不同推进参数下考虑排泥状态和泥浆中颗粒的情况^[1],我们从地层和盾构机参数的角度出发,对泥水分离设备的配置进行参数优化,以满足特定项目的需求^[2]。

在本项目中,泥水处理设备采用一套由三川德青公司制造的ZX-3000泥水处理系统,其泥浆处理量为3000m³/h。该设备的基底为钢筋混凝土基础,高度超过地面500mm。设备由以下几层组成:底层为钢结构水箱(高度为3米),第二层为各种泥浆槽体(高度为3米),第三层为各类振动筛(高度为3米),第四层为旋流器组(高度为3米)。设备的占地尺寸约为32000*9150*12000mm,所有框架间均采用高强度螺栓连接。该设备的重量为600吨。本文的重点是减振和降噪处理,其中振动主要由泥水分离设备的振动筛产生。我们为此配备了3台14kW(2*7kW)预筛和6台22kW(2*11kW)脱水筛,分别用于大尺寸固相的固液分离和

脱水处理。

三、减振降噪方案

结合前期方案沟通,基于类似项目的经验,我们计划将投入东六环项目的泥水分离设备实现高度集成化和模块化。具体措施包括隔音和减振装置的模块化设计,以减少设备转场时的重复建设,从而降低施工成本。

(一) 振动、噪声来源

振动电机是振动筛的主要动力源,也是设备的关键组成部分。它提供振动力,驱动振动筛进行工作。

减振弹簧用于支撑振动筛的刚性结构,使物料能够在筛网上保持向前运动而不会对振动筛造成损伤。同时,减振弹簧能够吸收振动和冲击的能量,实现隔振效果。作为振动筛中不可或缺的零部件,减振弹簧起到至关重要的作用。

振动筛的运行以及渣浆泵电机的工作会产生振动和噪声。此外,物料与管路、筛机的碰撞和摩擦也会产生噪声。为了减少振动传递和噪声产生,我们将从振动源入手,同时考虑设备的隔声措施。

(二) 减振措施

1. 弹簧改进

经过对实验室数据的比对,我们决定将钢丝弹簧替换为稳定性更佳的减振支撑系统,以应用于本项目中。新的系统在理论上具有更高的减振效率,预计可达到90%,对于抑制设备振动将产生积极的影响。

2. 基础减振

经实验测得,设备产生的低频振动可能通过空气或地基传递,对附近建筑物造成影响,引发振动或噪声污染问题。为解决这一问题,我们采取了二次隔振措施,在泥水分离设备与地基之间安装了减振器,以进一步减少振动传递。

通过理论计算和模拟实验,我们确定单组设备需要配置9个减振块,单套3000方设备需要配置27个减振块,以实现二次隔振效果。同时,在设备和基础之间安装橡胶垫减振器,即在基础与基座之间引入隔振橡胶垫,将原本的刚性连接转化为弹性连接。这样的设计可以减少低频振动的传输,隔断高频激振力的传输,并具备自身的减振作用,从而有效地抑制设备噪音的产生。

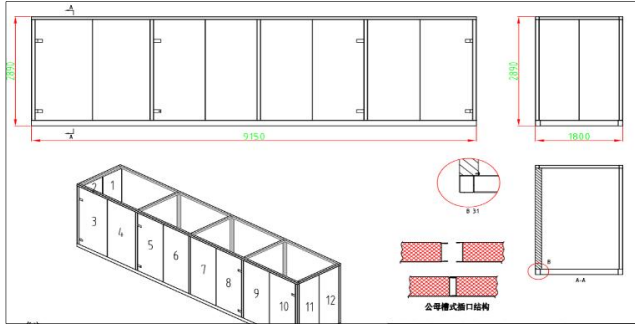
3. 隔声措施

经过在其他项目工地的设备噪声测试,我们发现设备筛机附近的噪声水平为90分贝。为解决这一问题,在设备上进行了常规的岩棉板包封处理后,距离设备15米处的噪声水平降至75分贝。值得注意的是,噪声经过空气传播后,会对附近居民区的门窗产生振动,进而影响居民的日常生活。

针对工地的调研结果显示,通过两次包封处理后,噪声已经达到标准要求。然而,这种包封处理方式存在高昂的成本以及低重复利用率的问题。鉴于东六环项目

的需求，我们需要重新优化设计，实现设备的高度集成模块化、减振和隔声。

东六环项目的模块集成式隔音方案如下：设备将被高度集成为各个模块结构，其中包括隔声板和设备单个框架的高度集成。



1) 采用吸声量大、吸声系数高的吸声隔声板，其平均隔音量应大于等于30dB，平均吸声系数为0.84。

2) 考虑到施工现场的实际情况和要求，使用镀锌钢板（进行表面喷塑处理）、玻璃棉和方管（H钢），对其进行表面防腐和防锈处理，以确保产品在10年内不会腐蚀、变形，并且吸声和隔声效果不会降低。

3) 为了提升美观性，产品表面进行喷塑处理，并提供多种色彩组合选择，以与周围环境协调一致，保持统一的色调。

4) 采用装配式施工方式，以提高工作效率并降低维修难度，从而缩短施工时间。

5) 采用复合吸隔声板之间的嵌口设计，整体外部采用钢构框架，并使用螺栓进行紧固连接，以方便拆卸、易于维修和更新。

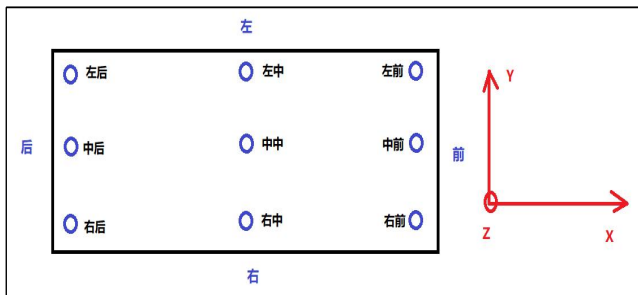
6) 为了确保安全性，复合吸隔声板的外板采用焊接工艺，并且面板进行翻边与外板相扣铆接固定，以防止二次损伤，避免人员和财产的损失。内部采用超细玻璃棉，由于其高熔点和不可燃性，完全符合环保和防火规范要求。

四、现场检测

(一) 减振器布置

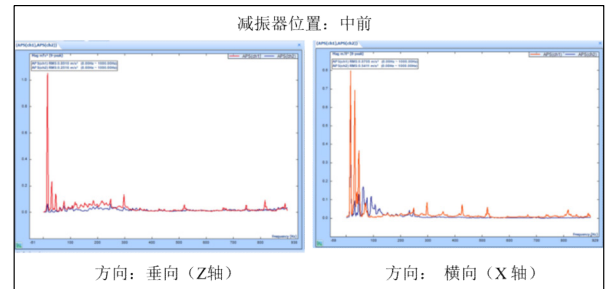
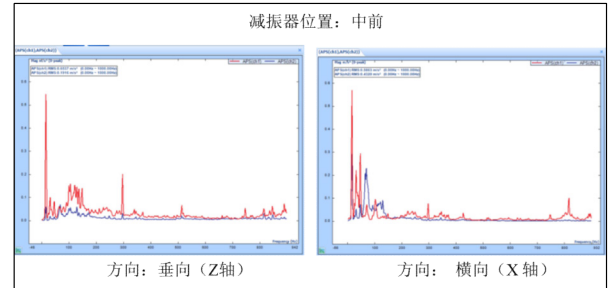
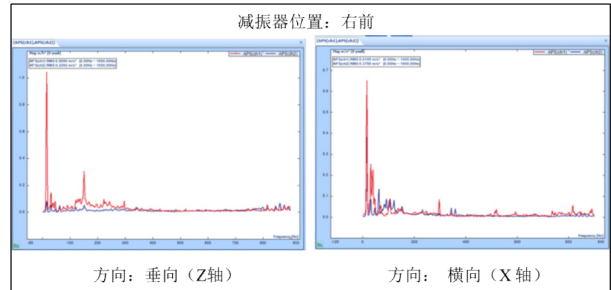
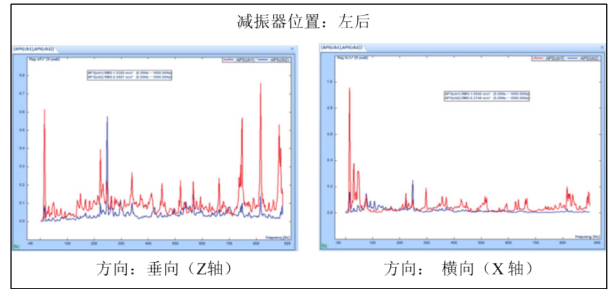
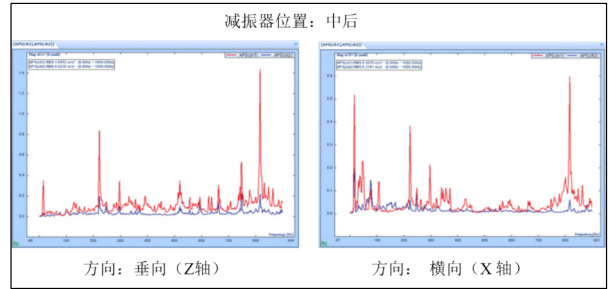
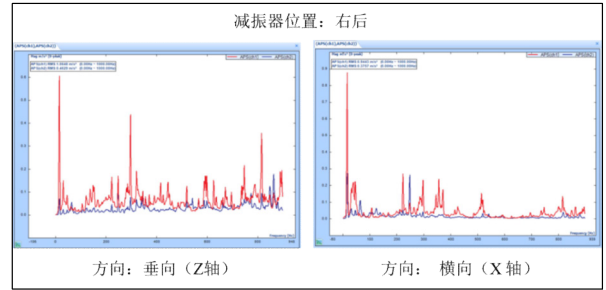
减振器的布置见下图，其中红色表示输入（减振器上方：悬置前）

蓝色表示输出（减振器下方：悬置后）



(二) 测试结果

不同减振器位置与测试结果如下图：



减振效率可计算如下：减振效率=（悬置前振动 - 悬置后振动）/悬置前振动 × 100%。

考虑到测点在设备的宽度方向（Y轴）找不到，无法进行测试。但是减振器在X轴方向的刚度与Y轴方向的刚度相同，X轴的数据已经测得，因此可以参考X轴数据来推测Y轴数据的差异应该不大。

在被隔振设备的中间排减振器处，测试人员无法进入，因此无法采集数据，但可以参考两边的减振器测试数据。

根据以上数据，实测数据隔振率如下表所示：

测试位置	垂向 (Z轴) : m/s ² (rms)			前后方向 (X轴) : m/s ² (rms)		
	悬置前	悬置后	减振率 (%)	悬置前	悬置后	减振率 (%)
右后	1.0648	0.4629	56.5	0.9443	0.3757	60.2
中后	1.9653	0.5235	73.4	0.9279	0.3191	65.6
左后	1.5382	0.6887	55.2	1.0542	0.3749	64.4
右前	0.9090	0.2292	74.8	0.6109	0.3799	37.8
中前	0.6537	0.1916	70.7	0.5863	0.4320	26.3
左前	0.8910	0.2516	71.8	0.8705	0.5411	37.8

根据第六项减振器效果的实测结果可以得出以下结论：减振器下方均表现出良好的减振效果（在距离设备50米处的后期振动测试无法检测到振动传递）。

以下是针对具体情况的几点观察：

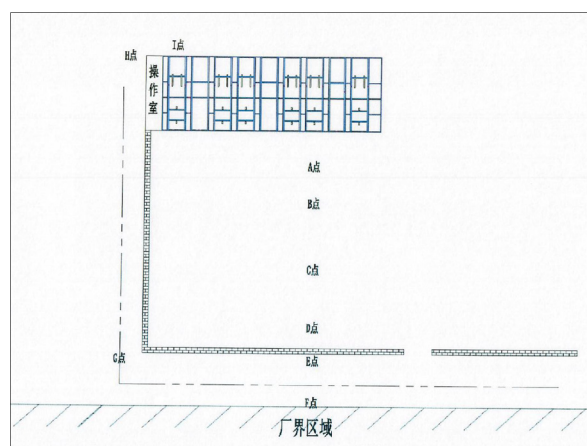
1) 钢筋网上的加速度比横梁上的振动大，这是由于钢丝网的强度较低，相对于横梁而言。因此，在后期可以考虑将钢筋网改为刚性较强的铁板。

2) 减振器上方的钢筋网、横梁以及机器支腿等相对于刚性连接均有所放大。一般情况下，加减振器后设备的加速度会比刚性连接时更大，因为加减振器采用了软性连接。这种软性连接会导致设备产生的振幅通常比硬性连接时更大。

3) 设备按照约150000Kg（具体准确数据难以估计）进行设计，配备了9个减振块。设备的固有频率与振动筛的固有频率较为接近，这可能导致干涉现象的发生，从而造成箱体薄弱处的焊缝在前期工作时易发生开裂现象。

2、噪声检测

根据东六环项目现场，我们选取了多个点位进行噪声检测，检测点位分布示意图如下：



各点噪声数据如下：

主要仪器设备	AWA5636 声级计				检测地点	室外
检测环境条件情况	大气压: 101.5KPa 风速: 1.2m/s					
监测点位置	主要声源	未开启设备 Leq[dB(A)]		开启设备 Leq[dB(A)]		评价
		昼间	夜间	昼间	夜间	
内部噪音		51.3	---	85.7	---	
5米处A		57.2	---	71.3	---	
10米处B		57.2	---	68.5	---	
20米处C		57.2	---	67.1	---	
30米处D		57.2	---	68.4	---	
35米处E		59.4	---	63.8	---	
45米处F		60.1	---	61.2	---	
侧面点G		60.1	---	61.2	---	
侧面点H		57.2	---	66.5	---	
侧面点I		57.2	---	71.3	---	

根据数据分析，可以得出以下结论：在东六环场地环境下，未开启设备时的噪音水平符合《声环境质量标准》第4类标准^[3]，即昼间不超过70分贝，夜间不超过55分贝。开启设备后，A-F噪声逐步降低，满足排放标准。然而，在A点区域，即振动筛渣料落料处，噪音泄漏问题比较严重。考虑到环境噪音数据，如果设备在闹市区，距离50米处的噪音水平为61分贝，可能会引发噪声扰民问题。

综上所述，根据环境噪声数据评估，在东六环场地环境下，未开启设备时的噪音水平满足标准。然而，考虑到A点区域的噪音泄漏和设备在闹市区的情况下，距离50米处的噪音水平为61分贝，可能会对居民造成噪声扰民问题。

五、最终效果评价及建议

结合东六环项目，减振措施的效果符合要求。考虑到设备负载的变化（如地层、掘进参数等的变化），需要增加减振块的数量以进行二次隔振。此外，可以进一步设计在振动筛下方安装减振器，而公共底座则不再安装减振器，这可能会进一步降低施工成本。

在后续进行复杂环境施工，特别是在老旧小区附近施工时，需要特别关注隔声房的细节处理。例如，对振动筛的落料口进行特殊设计，对框架间进行密封处理，以减少声音泄漏。

在施工前期，与施工方和业内专家进行充分沟通，包括地基处理和加装施工边界隔声屏障等，确保可行方案的制定和实施。

参考文献

[1] 张冰. 地铁盾构施工 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
 [2] 潘冰霞, 李结元. 浅谈泥水盾构施工技术[J]. 工程技术, 2016 (06): 44-48.
 [3] 声环境质量标准: GB 3096-2008 [S] 2013年版. 北京: 中国环境科学出版社出版

作者简介: 谷凤彩 (1977-), 男, 山东聊城人, 本科学历, 工程师, 从事设备技术研究。