

# 铁路全封闭声屏障吸声板安装施工技术研究

王 龙

(中铁十二局集团第一工程有限公司,陕西 西安 710038)

**摘 要:** 针对铁路全封闭声屏障吸声板在安装施工中易与其他工序发生交叉、吸声板尺寸误差难以控制、施工工期紧张等问题,提出了基于改良型安装台车的全封闭声屏障吸声板安装施工工艺。以津兴铁路固永特大桥为工程实例,设计了一种改良型吸声板安装台车,使全封闭声屏障小型构件安装、钢拱架检查检测、整改验收工作不受架设单线箱梁作业制约,并对铁路全封闭声屏障吸声板安装施工技术进行了研究,提出了相应的施工注意事项。研究提出的全封闭声屏障吸声板安装施工方法在提高施工精度和效率、降低施工成本和交叉作业风险上实施效果显著,可为类似工程施工提供参考。

**关键词:** 铁路;全封闭声屏障;吸声板;安装;施工技术

**中图分类号:** U24

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2024)10-0229-05

## 0 引言

截至 2022 年底,我国高速铁路运营里程已达到 4.2 万 km。相关研究表明,高铁运行会产生较大噪声,给周边的环境带来了严重的影响<sup>[1]</sup>。目前,设置声屏障是控制交通噪声的重要措施之一,国内外对穿过市区、居民区的公路、铁路两侧常设置声屏障来降低噪声对环境的影响。

声屏障根据结构形式可以分为直立式声屏障、整体弧形声屏障、半封闭声屏障和全封闭声屏障。相比于直立式声屏障,全封闭声屏障可以更有效地屏蔽各种噪声源的传播。但是全封闭声屏障由于钢结构骨架高度和跨度更大,在金属吸声板安装工艺方面比直立式声屏障更加困难和复杂。同时声屏障吸声板的安装质量对铁路安全运营有着较大的影响,国内多处已经运营的铁路由于声屏障吸声板安装不到位,安装过程不严格,导致部分吸声板脱落,给铁路线路正常运行造成很大的风险。

高速铁路全封闭声屏障吸声板安装施工一般采用小型升降机、门式脚手架等措施。小型升降机的使用受桥面挡砟墙内侧施工影响,门式脚手架不受其影响但是作业时线路上需要限高,限制了部分车辆和设备如运梁车等通行,上下运输材料需人工传递,

费时费力。此外,吸声板施工易和其他工序发生交叉,尤其是其作业时运输单线箱梁,采用现有脚手架无法作业导致浪费工期。所以此方法受限制,造成工期紧张,不适用于津兴高铁全封闭声屏障吸声板安装施工。

沈琦<sup>[2]</sup>提出并设计了一种铁路工程声屏障吸声板简易吊装龙门,解决了有砟轨道铺设后声屏障吸声板吊装、施工组织的难题。李诚钰等<sup>[3]</sup>提出了一种钢轨走行设备,并用于运营地铁高架桥梁声屏障施工中。余奋亿等<sup>[4]</sup>结合广州凤凰山隧道全封闭声屏障工程施工,探讨了渐变段大跨度全封闭声屏障安装工艺及线形控制措施。刘鹏<sup>[5]</sup>围绕地铁高架桥运营展开了系统性的开发并提出一套具有可行性声屏障安装施工技术。

综上,当前研究就铁路全封闭声屏障吸声板施工技术所开展的研究工作还较少。本文以津兴铁路固永特大桥全封闭声屏障为工程背景,针对吸声板安装施工中存在的易与其他工序发生交叉、吸声板尺寸误差难以控制、施工工期紧张等亟待解决的问题,提出了基于改良型安装台车的铁路全封闭声屏障吸声板安装施工技术。

## 1 工程背景

### 1.1 工程概况

天津至北京大兴国际机场铁路固永特大桥有 31 孔箱梁上部设置全封闭声屏障,全长 941.7 m,声屏

收稿日期: 2023-09-25

作者简介: 王龙(1988—),男,助理工程师,从事施工安全管理工。

障区域铁路设计时速 250 km/h。

声屏障主要受力构件为弧形钢拱架,每 2 榀拱架间有 48 块金属复合吸声板,顶部开口位置不设吸声板。吸声板由预留的活动挡板处通过插入固定挡板和拱架外侧翼缘板组成的 H 型槽内,形成吸、隔声系统。吸声板共计 23 510 块,边框采用铝合金材料,内部填充轻质且耐候性良好的吸声材料,板重量较轻,厚度为 140 mm,除拱架顶部特殊位置,宽度采用同一种宽度,宽度不大于 500 mm,特殊位置宽度不应小于 350 mm。钢拱架与吸声板之间用三元乙丙橡胶管状胶条弹性密封,吸声板间以及板与钢结构其他接触面均设置减震橡胶板,每块板均有防坠落安全绳串联固定。钢拱架顶部设有沿线路方向左右对称布置的两条维修通道,声屏障线路区段概貌如图 1 所示。



图 1 津兴铁路全封闭声屏障概貌

## 1.2 亟待解决的问题

(1)因为声屏障基础和钢拱架安装施工会存在误差,所以每 2 榀拱架顶部、腰部及底部的间距均需实际测量。结合实测间距,吸声板长度需根据板的设计伸缩空间和插入拱架槽内深度确定。吸声板型号众多,如何准确测量制定每块板的长度,并正确安装至相应位置,保证在列车运行时带来的风动和震动不使板前后滑动从而脱出拱架,是吸声板施工的关键点。因此吸声板实际尺寸采集方案必须切实可行,且能保证数据精度符合设计和规范要求,以避免铁路运营后因板滑落产生安全事故。

(2)全封闭声屏障吸声板全部使用防坠落安全绳串联,完成后需安装活动挡板和固定螺栓。小型构件安装工作量大,且容易遗漏。安装和检查人员需要一个稳定可靠的多层操作平台,以满足其在拱架任一部位进行长时间作业,能自由上下各层平台,防止出现因小型构件安装不牢固且有遗漏导致坠落造成人员或设备伤害。

(3)弧形拱架槽内尺寸误差、板间橡胶件压缩量、板安装时产生的轻微变形都会使吸声板安装时板间

缝隙控制不一,会导致拱架顶部吸声板最终水平位置不一致,与活动挡板存在空隙或超出设计位置。拱架顶部位置的板宽度如果按设计加工会存在尺寸偏差风险。顶部吸声板宽度的测量制定方法必须解决偏差问题,避免板宽度不足从空隙中滑出挡板,或宽度过大与挡板冲突而无法安装。

(4)桥梁线路位于城区内,两侧高楼密集,上跨 3 条主要城市道路,且桥梁平均高度 10 m,拱架高度约 9 m,吸声板安装时使用的小型工具及材料可能存在掉落伤人风险。作业区域内存在交叉作业车辆和人员,空间受限,安全风险高。使用的操作平台需要做好防护措施,以减小高空作业安全风险,并且平台还可以与其他施工同时进行,互不干扰,以更好地提高施工效率。

(5)吸声板数量、规格型号多,需同时多工作面共同作业。有砟轨道桥面铺设道砟后安装台车桥面行走不便,需在上砟前完成吸声板安装施工,工期压力较大,所以安装台车走行装置需要改进,使其不受道砟限制,上砟后也可以施工,以延长可施工时间。

## 2 总体施工方案

吸声板使用自制的台车安装,台车可于桥梁梁面上自由滑动,工人在台车上将吸声板插入 H 型拱架的槽内,每榀吸声板穿入防坠钢丝绳由上往下通过活动挡板处槽口下滑至设计位置。吸声板全部插入后安装活动挡板和固定螺栓。

台车采用工字钢和角钢等钢材焊接制成,下部带有滚轮和制动装置;防坠落安全绳由拱架腹板上预留的孔位穿过形成闭环,尾部使用卡扣锁紧;活动挡板由安装螺栓采用防松动螺母和开口销固定在拱架预留位置上。津兴铁路全封闭声屏障吸声板施工流程图如图 2 所示。

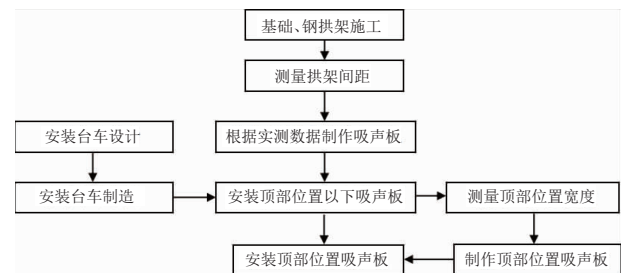


图 2 津兴全封闭声屏障吸声板施工流程图

## 3 全封闭声屏障吸声板安装施工工艺

### 3.1 改良型吸声板安装台车设计

为达到工程施工要求,克服既有设备存在的相

关问题,如小型升降机的使用受桥面挡砟墙内侧施工影响、门式脚手架作业时线路上需要限高的问题,本文提出了基于改良型安装台车的吸声板施工工艺。全封闭声屏障安装台车主要扩大了底层框架的净高和内侧宽度,将台车运行线路改为电缆槽内,以满足下部穿行作业车辆和运输单线箱梁的需求,同时上部安装电动卷扬机便于吊装吸声板等材料,节省人工上下传递工料的时间。装置可实现与单线运梁车同步作业,不占用梁面空间,运输单线箱梁从台车下方通过,同时也不受有砟轨道铺设道砟施工干扰,台车可前后移动,工人在台车上作业省时省力。

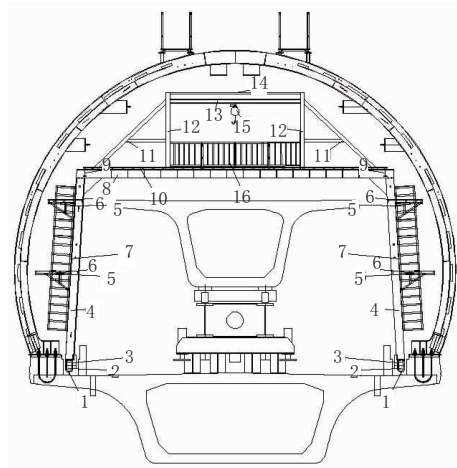
吸声板安装台车主要由滑动装置、钢结构框架、工作平台、爬梯、防护栏杆、吊装材料装置等部分组成。框架结构由槽钢、工字钢、角钢及钢板组成。其他作业出车辆可从台车下方通过,不占用桥梁表面空间,台车可前后移动,工人通过爬梯上下各层平台施工作业,上部安装电动卷扬机便于吊装吸声板等材料。安装台车的结构示意图如图3所示。

### 3.2 测量拱架间距

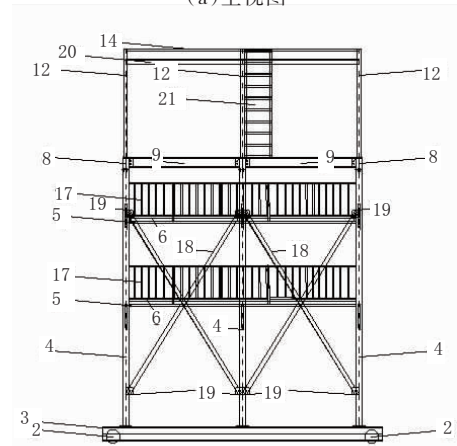
待拱架之间的系杆和支撑安装完成后,拱架整体连接稳固,间距不会发生变化,开始测量拱架间距如图4所示。

标准段拱架间距测量:标准段拱架设计中心间距为2 000、1 580 mm,但是基础预埋螺栓施工、拱架加工和安装时都会产生误差,所以需要实测其间距。采用移动剪叉式升降车或吸声板安装台车人工分别测量弧形拱架左右两侧底、中、顶三个部位间距。根据测得的数据建立台账,每2榀拱架分两侧底与中、中与顶间共4个区段排布出吸声板长度和位置,单个区段为12块吸声板。因拱架加工和安装过程中产生的钢结构变形或误差,如果相邻区段间距差值,或实测间距与设计数值误差大于±5 mm,应在底与中、中与顶间各加密测量数据。每个区段中间处增加测量拱架间距,即单个区段变成6块吸声板,以此方式加密测量,直至数值误差小于±5 mm。

曲线段拱架间距测量:津兴铁路全封闭声屏障位于线路包含直线和曲线段,曲线半径3 500 m,箱梁在制梁场预制,采用曲梁直做,为标准段拱架间距测量方法。当采取曲梁曲做时,声屏障曲线内侧基础必须根据曲线半径适当调整位置,使拱架间距从箱梁横向一侧到另一侧呈扇形,所以间距测量点必须加密,由每12块吸声板改为每6块吸声板为一个区段,两侧共计最少为8个区段。单个区段两端实测数



(a)主视图



(b)侧视图

注:1—钢轨轨道;2—滚轮;3—框架底座;4—底层框架立柱;5—立柱平台牛腿支架;6—立柱花纹钢板平台;7—底层框架楼梯;8—底层框架横梁;9—底层框架纵梁;10—底层框架花纹钢板平台;11—顶层框架立柱斜支撑;12—顶层框架立柱;13—顶层框架横梁;14—顶层框架花纹钢板平台;15—电动卷扬机及台车移动控制系统;16—顶层平台防护栏杆;17—底层立柱平台护栏;18—底层框架斜支撑;19—底层立柱支撑连接板;20—顶层框架纵梁;21—顶层平台楼梯。

图3 安装台车结构示意图



图4 拱架间距测量

值变化超过5 mm时应加密测量。方式采取标准段拱架间距加密测量方法,如区段数值变化超过5 mm,每块吸声板位置应单独测量,每块吸声板长度按照各自实际尺寸单独制作安装。

桥梁伸缩缝处拱架间距测量:考虑梁端位置可能产生的误差,无论线路位于直线或曲线段,桥梁伸缩缝处均采用曲线段拱架间距测量方法。

### 3.3 量测吸声板尺寸

吸声板长度根据拱架间距、是否位于桥梁伸缩缝位置等信息确定,还应考虑板与拱架翼缘板最小搭接长度和桥梁伸缩量确定。根据实测的拱架间距,去除设计要求的限位板与腹板距离、吸声板的伸缩空间,得出吸声板加工长度。

一般位置,即每孔简支梁除去伸缩缝位置处,吸声板与拱架限位板两侧应有 25 mm 的空隙以满足吸声板因列车运行时产生气动力或震动导致的滑动,即伸缩空间,当板一侧顶到限位板时,另一侧与拱架翼缘板的重合部分,即搭接长度还应满足大于 50 mm,以防止板滑出拱架槽内脱落。

简支梁伸缩缝位置,吸声板与拱架限位板两侧有 30 mm 的伸缩空间,板一侧顶到限位板另一侧与拱架翼缘板搭接大于 75 mm。

吸声板宽度除拱架顶部特殊位置外,宽度采用同一种宽度,一般位置采用 500 mm;拱架顶部特殊位置板宽度需要实际测量后制定,但其不应小于 350 mm,不大于 500 mm,且保证与顶部活动挡板贴紧无空隙。

测量的钢拱架实际间距建立数据台账,依据测得数据和设计要求确定板的尺寸,确定每 2 榀拱架间板的安装尺寸和位置台账,现场应严格按照台账安装。

对于拱顶部位吸声板宽度,每 2 榀拱架间顶部单侧均预留 2~3 块吸声板不安装,根据吸声板宽度不大于 500 mm 且不应小于 350 mm 的要求,测量已安装吸声板边到拱顶活动挡板之间的距离,依据测量数值平均分配到剩余的吸声板宽度,以减少异型尺寸板的数量,便于生产。但是拱顶两侧应各最后预留 1 块板不制作,其余板全部安装后,再次测量其到活动挡板之间的距离,根据结果来调整板的宽度,以避免吸声板最终水平位置与活动挡板间存在空隙或超出挡板位置。

吸声板应尽量减少异型宽度的加工,当预留吸声板边到拱顶之间的距离大于 1 000 mm 时,宜按 3 块板平均宽度生产吸声板。当预留吸声板边到拱顶之间的距离小于 1 000 mm 时,宜按 2 块板平均宽度生产吸声板。

### 3.4 安装吸声板

吸声板安装在钢结构安装调整完成后进行,如

图 5 所示,安装前复核相邻拱架间距和吸声板尺寸,并在板上做好安装位置标记,根据排布好的台账插入吸声板,防止安装过程中将尺寸相近的吸声板混装,导致部分吸声板插入深度或伸缩空间不足。

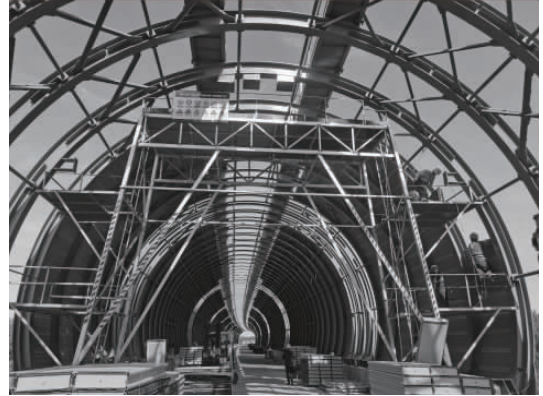


图 5 吸声板安装

吸声板采用吊车运至梁面上,吊装时注意板的成品保护。安装前检查板间和板侧面的橡胶件是否齐全牢固。工人在移动台车上将吸声板插入 H 型拱架的槽内,每榀单元板穿入直径 8 mm 的防坠落钢丝绳后,由上往下通过拱架腰部和顶部的活动挡板处槽口分别下滑至要求位置,部分歪斜的单元板可用小撬杠或橡胶锤调整,保证板间密贴。安装时注意吸声板与拱架翼板间的管状三元乙丙橡胶件是否错位或掉脱。

防坠落钢丝绳根据拱架腹板预留的孔位穿过,绕腹板一圈后将腹板两侧吸声板串联,尾端用卡扣锁紧,每榀拱架半侧分为底、中、顶三个闭环。活动挡板处预留的槽口应在吸声板安装完成后封闭以防止吸声板脱出,方式为在拱架腹板预留孔处安装活动挡板。活动挡板用 M12 的 A4-80 不锈钢开口销螺栓配防松动螺母固定至拱架腹板上。

屏障安装过程中不得出现缝隙,以避免影响声屏障的隔声降噪功能<sup>[6]</sup>。上下两块吸声板左右偏差不得大于 2 mm,相邻两块吸声板之间的高度偏差不得大于 2 mm。上下板缝前后侧差不得大于 1 mm。

### 3.5 封闭屏体底部空隙

由于桥面电缆槽竖墙混凝土施工产生的误差,吸声板安装后,屏体底部与竖墙间会产生空隙。空隙虽然不会影响吸声板安装,但会导致降噪效果不能达到设计要求,需要增加角钢或钢板进行封堵。

在竖墙上相应植入 3 根 M20 化学锚栓,注意锚栓位置避开竖墙混凝土断缝。根据测量的缝隙尺寸制作角钢封堵,每根锚栓配套防松动螺母、普通螺母及平垫圈固定角钢。

角钢应进行防腐处理,底部配套5 mm厚的三元乙丙橡胶垫。角钢高度以超出吸声板底边3~5 mm为原则,角钢与吸声板间隙以2~3 mm为原则,不得与吸声板接触。角钢与拱架柱脚底板冲突处,应做切割处理,以现场测量尺寸为准,伸入底板长度不宜小于150 mm。

桥梁伸缩缝处增加1块40 mm厚的L型钢板封堵梁缝,角钢与钢板接触面焊接牢固。此处锚栓应全部位于梁缝的一侧,且与梁体固定端方向相同,以保证梁体伸缩。

### 3.6 施工注意事项

拱架安装完成后应及时安装支撑和维修通道。支撑和维修通道采用焊接连接,吸声板与支撑焊接位置近,维修通道焊接点位于吸声板上方,进行焊接作业会烧伤吸声板。所以应当合理制定施工计划,每2榀拱架安装完成后立即进行此区间支撑和维修通道的焊接施工,确保所有焊接作业在吸声板施工前完成。

吸声板安装时应注意:

(1)所有的吸声板应有防坠落安全绳连接构造。安全绳选取免维护结构,安全绳锁扣设置位置均应在吸声板和拱架腹板间,不得外露,防止卡扣松脱影响行车安全。安装过程中严格控制,保证每一块吸声板必须穿入防坠落安全绳,同时安全绳仅为保险措施,不得拉紧受力,防止因吸声板长时间滑动造成安全绳受力损伤或松脱。防坠落安全绳两边卡扣必须上紧,卡扣外安全绳预留足够长度。

(2)吸声板安装时应互相密贴无异物,严格控制使板间无缝隙,防止留存缝隙,导致列车运行后长时间震动造成板下沉引起的顶部活动挡板处空隙过大,顶部吸声板易横向倾斜滑出活动挡板造成安全事故。

(3)吸声板长度和宽度应严格按照现场实测数据进行生产和匹配安装,否则可能导致列车运行期间声屏障的连续振动,以及由于列车高速运行的空气动力时空力引起的动态载荷的影响而导致的振动增加<sup>[7]</sup>,致使吸声板脱出引发安全事故。顶部最后1块吸声板靠近活动挡板端应加工成平面,贴紧挡板避免出现缝隙。

(4)活动挡板固定螺栓在购买前应结合拱架腹板及两侧活动挡板厚度、螺母及垫片数量、开口销位置等计算出螺栓正确长度。安装后应严格检查开口销两脚是否分开且掰至正确角度。

(5)因吸声板为铝合金边框,所以运输、存放及安装吸声板时,应轻拿轻放,注意保护,避免造成其变形或防腐层破损。

## 4 结 语

本文以津兴铁路固永特大桥全封闭声屏障为工程案例,设计了一种改良型吸声板安装台车,并研究提出了基于改良安装台车的铁路全封闭声屏障吸声板安装施工技术,得到主要结论如下:

(1)设计改进了吸声板安装台车结构,内部空间满足运梁和其他作业车辆通过需求,尤其是下方可运输7.3 m宽单线箱梁,使全封闭声屏障小型构件安装、钢拱架检查检测、整改验收工作不受架设单线箱梁作业制约,减少交叉施工带来的成本和安全隐患增加,节省工期20 d。

(2)提出的铁路全封闭声屏障吸声板安装施工技术,可有效控制吸声板安装尺寸误差、缩短施工工期,克服了既有施工技术中吸声板安装施工中易与其他工序发生交叉、吸声板尺寸误差难以控制、施工工期紧张等问题,可为类似工程施工提供借鉴和参考。

### 参考文献:

- [1] 宣晓梅.高速铁路噪声负外部性表征分析与控制策略研究[D].北京:中国铁道科学研究院,2021.
- [2] 沈琦.铁路工程声屏障施工技术研究与应用[J].广东建材,2021,37(10):73-75.
- [3] 李诚钰,王婷,郝卫涛,等.浅谈一种钢轨走行设备在运营地铁高架桥梁声屏障施工工法的应用[J].中国设备工程,2021(20):235-237.
- [4] 余奋亿,邱妍辉.高速公路渐变段大跨度全封闭声屏障工程施工[J].公路与汽运,2022(5):41-43,66.
- [5] 刘鹏.营业线地铁降噪直立声屏障安装技术研究及应用[J].科学技术创新,2021(15):109-110.
- [6] 周洁.轨道交通U型槽全封闭声屏障的施工方法[C]//中国城市科学学会数字城市专业委员会轨道交通学组.智慧城市与轨道交通2022.中国城市出版社,2022:108-111.
- [7] 杜立.论铁路声屏障现存主要问题[J].云南水力发电,2020,36(9):260-262.