

文章编号:1006-2106(2006)05-0091-06

城市轨道交通高架线的设计研究*

方昌福** 胡京涛 陈罄超

(铁道第二勘察设计院, 四川 成都 610031)

摘要:研究目的:针对深圳地铁3号线高架线路比重大的特点,提出高架线路应重点研究的几个课题,以解决高架线路设计关键技术问题。

研究方法:结合城市规划、高架线周边环境、结构体系等进行综合技术对比分析。

研究结果:通过深圳地铁3号线高架线路设计中对高架桥梁、车站站台型式、减震降噪等课题的研究,探索城市轨道交通高架线路设计的经验和相关技术措施。

研究结论:城市轨道交通高架桥梁的选型除满足结构受力要求外,还应结合城市规划、城市景观统一考虑,通常应选择箱形梁。高架车站站台的型式从运营、体量等方面考虑,一般宜选择岛式站台。高架线路的减震降噪要从结构、轨道、声屏障等方面采用综合措施。

关键词:轨道交通;高架桥梁;车站站台;减震降噪

中图分类号:U212 **文献标识码:**A

Research on Elevated Line Design of Urban Rail Transit

FANG Chang - fu, HU Jing - tao, CHEN Qing - chao

(The Second Survey and Design Institute of China Railway, Chengdu, Sichuan 610031, China)

Abstract: Research purposes: Based on the characteristic of large proportion of the elevated line in Shenzhen metro line 3, this paper puts forward several topics to be researched emphatically on the elevated line to solve the key technological issues for elevated line design.

Research methods: The paper contrasts analysis of integrated technology which will be carried out in combination with the city planning, circumjacent environment and structural system, etc.

Research results: Through the study for topics on the elevated bridge, station platform type, decreasing vibration and noise reduction, etc., this paper researches the design experiences and relative technical measures for elevated line of urban rail transit.

Research conclusions: For the type selection of elevated bridge of urban rail transit, in addition to meet the strained requirement of structure, it is also considered unitedly in combination with city planning and cityscape. Generally, the box girder is selected. For the type of elevated station platform, considering operation and mass, etc., the island platform is selected generally. For the decreasing vibration and noise reduction of elevated line the integrated measures are adopted on these aspects, such as structure, track and acoustic barrier, and so on.

Key words: rail transit; elevated bridge; station platform; decreasing vibration and noise reduction

深圳地铁3号线是深圳市轨道交通线网中沿东部发展轴上的一条骨干线路,是连接罗湖与龙岗的主干

* 收稿日期:2006-06-15

** 作者简介:方昌福,1963年出生,男,高级工程师。

线。线路起于特区内的红岭中路站,止于特区外龙岗中心城的龙兴街站,全长 32.817 km,其中地面及高架线路长 24.298 km,占线路全长的 74 %。因此,高架线路的设计是这条轨道交通线路研究的重点。下面就高架桥梁选型、车站站台型式和高架线路噪声防治等问题进行探讨。

1 高架桥梁选型及景观设计

高架线路以其投资经济、施工周期快捷、运营成本低、良好的线路适应性等优点,逐渐在城市轨道交通建设中得到越来越广泛的运用。但城市中的高架桥梁结构,必须在保证功能要求、结构安全、耐久性的前提下,满足城市规划和城市景观的需要。

1.1 高架桥结构选型

高架结构选型应从结构受力合理、使用安全可靠、维护方便、投资经济合理、施工便捷等方面考虑。特别应控制结构变形,保证梁体足够的刚度,结合轨道结构形式、扣件调整量要求、基础形式等因素确定合理的变形控制值。

1.1.1 高架桥梁型选择

目前,根据城市轨道交通的特点,高架区间桥梁型式的几种主要形式,如图 1 所示。

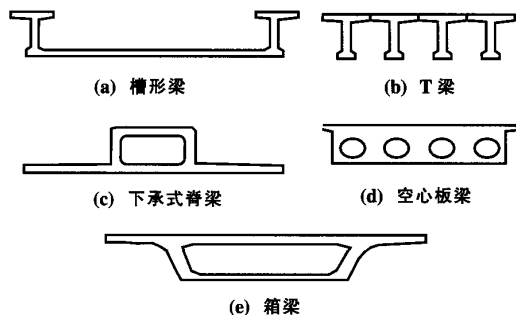


图 1 高架桥梁断面型式图

1.1.1.1 箱梁

箱梁是目前城市轨道交通采用比较广泛的梁型结构,其特点是:建筑高度适中,工程量较省;适用性好,既可用在直线地段,也可用于曲线、变宽、出岔地段;整体受力性能好,结构后期变形较小;外观线型流畅、美观;设计、施工经验成熟,既可采用现浇法施工,也可采用预制、吊装法施工。

1.1.1.2 槽形梁

槽形梁的特点是:建筑高度低,便于与城市道路间立体交叉,降低线路标高,节约工程投资;断面利用率较高,两侧主梁可兼起防噪、防护等作用。但该梁型施工复杂,造价较高,且设计、施工国内经验少,适用于较小跨度和车站内的桥梁,以单线梁分修为宜。

1.1.1.3 空心板梁

预应力混凝土空心板梁一般在高架线路道岔区采用。在高架线路道岔区,线路走向及道岔布置的方式多样,结构受力工况较多、分析较复杂,采用整体预应力混凝土空心板梁,有利于结构整体受力,也便于道岔布设位置的灵活调整,同时还能提高结构为满足线路和道岔布设造成异形结构的适应性。但空心板梁结构体量较大,下部需要采用门式框架结构,对下部空间的影响较大,城市景观效果较差。同时,采用现浇施工,其浇筑量较大,需要严格控制工序才能保证施工质量。

1.1.1.4 下承式脊梁

该梁型建筑高度即为挑臂板的厚度,不受跨度改变的影响,为定值,易于线路的线型布置;建筑高度低,便于降低线路标高,减少工程量;结构上需要的部分也可兼做它用,如脊梁、边梁可防噪,脊梁顶可用做检修通道等;造型独特,具现代感;可采用预制杆件拼装施工,快速,干扰少。但在我国无先例,设计、施工经验少。

1.1.1.5 T形梁

T形梁的建筑高度最高,每线 2 片 T 梁,受力清晰,设计、施工经验相当成熟。但不利于城市道路之间的立体交叉,线路标高较高;一般需要就近预制,所需预制场地在城市内受到限制;桥梁底部呈网格状,美观性最差;特别是 2 片 T 梁间铰接,整体受力性能差。

通过对以上梁型的综合比选,箱梁结构在 20 ~ 30 m 桥梁跨度中是最优的结构形式,通过对其断面形式的优化处理,完全能够满足城市高架轨道交通各方面的要求。

1.1.2 高架桥墩型选择

高架墩台除应有足够的强度和刚度,避免在荷载作用下的过大位移外,其造型应能使上部结构与下部结构协调一致,轻巧美观,与城市环境和谐、匀称。在墩台选型上,一般应服从梁部型式,同时,要充分考虑少占地、道路交通、通视等要求。通常有:板式墩(T形、倒 T 形墩)、Y 形墩、圆柱墩、双柱墩等基本型式及其变型。

1.1.2.1 板式墩

板式桥墩是目前广泛采用的下部结构,能适用于各种上部梁型的需要,特别是线间距较小的结构。墩身矩形截面能充分利用其良好的截面特性,满足结构的刚度要求。其墩身一般采用独柱式,和梁部能较流畅的顺接,可提高整体的景观效果,降低对城市视线的阻隔。

1.1.2.2 Y形墩

Y 形墩主要用于轨道线间距较大的桥梁地段,特别是岛式车站站台两端。通过横梁支撑分修的左、右

线梁,中部仍可采用独柱,减少下部占地。

1.1.2.3 圆柱墩

墩形采用圆形的截面,柔和的外部曲线可降低土建结构的生硬和刻板。但上部需设置墩帽,对城市景观有一定的影响,在截面刚度控制下较矩形墩尺寸会有所增加,经济性较差。

1.1.2.4 双柱墩

适用于并置单线梁、道岔区地段的下部结构。受力明确,整体稳定性、承载能力较好,墩柱尺寸可以做纤细,材料利用率较高,但对下部空间占据较大,整体景观性较差,会有凌乱的感觉。

本工程结合上部梁型,经综合比选,采用板式桥墩是区间墩形的最优选择。

1.2 高架桥景观设计

城市轨道交通高架结构的景观是高架敷设方式选择的几个基本制约因素之一。城市轨道交通高架结构对城市空间的景观影响是无法避免的,而市民对这样的景观影响也只有被动的接受。因此,只有减少高架结构对城市景观的影响,降低对视觉障碍和视觉心理上的空间分割,才能做到与城市景观的协调,甚至可以成为城市现代化的一道交通建筑风景线。

首先,结合本线特点及周边环境情况,在高架线的景观定位上突出“绿色、环保、生态”的特色,突出轨道交通线的整体效果和沿线景观的“符号意义”,提高本项目的城市可识别性和可意象性。

其次,为达到上述定位并尽量改善高架桥对城市空间的分隔,采取了以下处理措施:

1.2.1 合理选择线路高度

本线基本位于道路中央分隔带上,从行人的视觉分析出发,确定合理的构筑物高度,既能满足结构下部的采光,又能减少道路压抑感,同时还能满足工程投资的合理性,是城市景观研究的重点。

通过分析,当视觉长度和高度比例 $D/H=3$ 时,其视觉感是比较舒适的,而这样确定的轨道高度约 10 ~ 12 m,工程也是经济合理的。

1.2.2 减小桥面宽度

上部构筑物宽度的增大,势必造成空间的压抑和采光的影响,对城市空间的通透性造成破坏,这是高架构筑物对景观的最大负面影响。

紧凑的桥面布置,就能降低桥面不必要的宽度,最大限度减少对空间的占据。设计时,充分利用限界的空隙部分,对区间综合管线进行整合、优化,如图 2 所示。

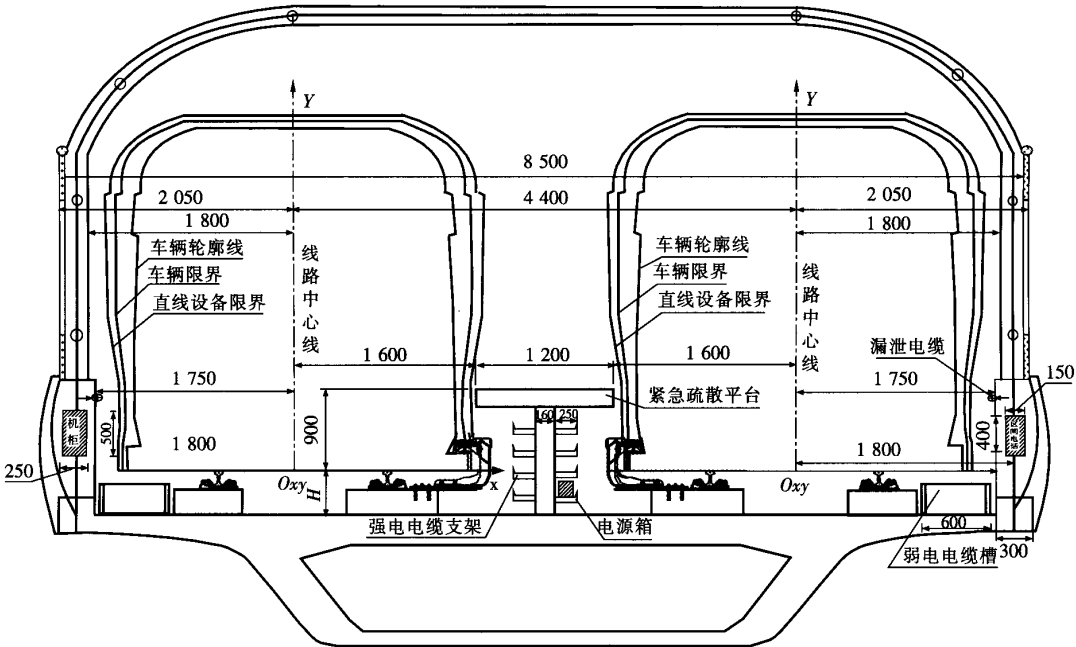


图2 高架桥梁综合管线布置图(单位:mm)

1.2.3 采用三轨供电

采用了附设在承轨台边的接触轨供电,没有上部接触网,将高架桥梁上林立的立柱和架空接触网线取消,还空间以整洁、清爽。

1.2.4 高架桥梁设计充分体现结构的统一性、连续

性、简洁性和均衡性。

全线高架桥梁标准跨度 30 m,桥面宽度 9 m,在结构上基本满足宽:高:跨 = 1:1:3 的视觉空间舒适度要求。梁高按等高设计,保证空间立面线条的均衡,保证视觉的连续性。

结合“一线一景”的定位,区间结构均采用上承式结构,让空间线路视觉简洁。

1.2.5 细节的处理

通过对结构细部的处理,如:取消墩柱外侧的裸露排水管,采用内置处理,减少结构表面凌乱的附属结构;结构表面的圆弧处理,减少土建结构的生硬外观;高架结构外部绿化处理,满足“绿色、环保、生态”的总体定位要求等。

最后对高架结构进行景观灯饰设计、局部小品设计的后期处理。

通过以上综合措施,可以实现与周边城市景观相协调,形成一条具有个性的城市轨道交通高架线路。

2 高架车站站台型式选择

高架车站采用岛式站台还是侧式站台是业界非常关注的问题,也是高架车站设计争论的焦点之一,通过对国内外高架车站的分析比较,站台选型应从以下几方面考虑:

2.1 功能要求

2.2.1 客流分布特征

城市轨道交通在早、晚高峰时段的客流特征一般均呈现出明显的潮汐现象,也就是说高峰时某个方向的客流会非常拥挤,而另一个方向的客流又相对较少,在这种情况下岛式站台比侧式站台能够更好地适应这种客流分布特征的要求,大大提高站台利用率,有效地控制车站规模。

2.1.2 结构受力要求

岛式站台中部设置自动扶梯,有利于“桥一建”合一高架车站框架结构受力,而侧式站台两侧设置自动扶梯,会导致悬臂加大,结构受力较差,势必导致结构体量加大,影响城市景观。

2.1.3 站台布置要求

岛式站台一般通过2组楼扶梯与站厅层相连,四周透空,采光、通风及景观视线效果得到有效保证,整个站台空间宽敞、完整。而侧式站台的2个站台分离,无法连通,不利于客流高峰拥挤时的互补。

2.1.4 站厅布置要求

站厅公共区一般设置2个非付费区,分别位于车站中部两端,2个非付费区通过通道连通。岛式站台的付费区位于站厅中间,两端头分别设置一组楼扶梯,满足站台层与站厅层的垂直交通要求,引导性强,既便于识别又使进出站客流有一定缓冲空间,而且可满足人流过街的功能要求。侧式站台站厅层由于楼扶梯沿车站外侧分别设置,其布置势必导致非付费区不能连通或者付费区分离,同时乘客需在站厅选择好方向,以

万方数据

免上错站台。

2.2 景观要求

2.2.1 结构断面型式比较

岛式站台与侧式站台相比,其车站总宽度要小。同时,建筑高度控制构件(站台雨篷)由车站外侧转移到内侧,可以减小车站的体量感及其对邻近空间造成的压迫感。

2.2.2 桥梁线型比较

岛式车站两端桥梁需设置“喇叭口”,其梁部采用单线箱梁,下部采用Y型板式独柱墩,可降低对城市景观的影响。侧式站台车站线路与区间一致,不需设置区间“喇叭口”,桥梁造型较好。

2.3 经济分析

2.3.1 楼扶梯配置比较

岛式站台车站为一个站台,一般只需配置两组楼、扶梯和一部电梯,即可满足车站紧急疏散的需要。而侧式站台车站由于两个站台不能连通,每个站台需要分别设置两组楼、扶梯和一部电梯,相对来说规模较大,电梯、扶梯配置较多,增加工程投资和建成后的运营成本。

2.3.2 车站轨行区结构比较

岛式站台车站可采用单线槽形梁,结构受力较好、设计可靠、易于施工,能提高结构的可靠度。侧式站台车站采用双线槽形梁,由于底板较宽,剪力滞效应影响较大,结构受力较差,会增加施工难度,结构可靠度降低。

2.4 综合比选

通过以上分析,岛式站台更加注重“以人为本”,优先考虑了方便乘客,保证客流组织顺畅,为乘客提供优质的服务及发挥有效率的运营管理。从站厅与站台之间的楼、扶梯布置来看,采用岛式站台可以优化楼、扶梯及电梯布置,减少设备及土建投资,不单降低初期建设成本,长期运营中还可节约大量电能,降低运营成本。

从景观的角度看,岛式站台车站的两端区间需布置过渡段,区间体量稍有增加,但车站体量小,且通过建筑上的细部处理,协调车站与过渡段的衔接,可以大幅降低高架结构体量对周边环境及行人的压迫感,整体上的优化调整亦是接受的。

综合分析,高架车站站台的型式采用岛式站台更加有利。

3 高架线降噪对策研究

城市轨道交通高架线对穿越环境的影响,主要是列车运行时轮轨不平顺引发的振动噪声和机械噪声,

因而对于高架轨道交通系统的减振降噪措施主要集中于降噪方面。

深圳地铁3号线高架段基本沿改建后的深惠路中央绿化带布设,随着深惠路改扩建工程的完成及周边城市环境的改善,轨道交通所产生的噪声不可避免的将对沿线的居民生活带来影响,因此地铁3号线高架段的降噪措施能否最大限度减少轨道交通对周边环境的“噪声污染”,是本线成功的关键之一。

3.1 噪声源

地铁列车运营时产生的振动和噪声,均来自于轮轨系统中各结构不同频率的振动。这些振动,一部分通过空气或周边结构物的反射,以噪声的形式扩散;另一部分,主要是低频振动,则通过轨道结构向轨下基础及周边结构物传播,一列地铁列车通过时在建筑物上引起振动的持续时间大约为10 s。按高峰时1 h通过30对列车计算,振动作用持续的时间可以达到地铁总工作时间的15%~20%。因此,地铁运行中对环境产生的影响不能忽视。

轨道交通噪声源分析如下:

3.1.1 列车轮轨噪声由轮轨相互摩擦、撞击作用所致。尤其以列车车轮经过钢轨缝隙处因冲击产生的噪声最为强烈。轮轨噪声辐射表现在以下3方面:

(1) 列车行驶于弯道或轨道硬弯处,由切削和摩擦发出的“啸叫声”。

(2) 车轮经钢轨接头处的“撞击声”,这种噪声随着长轨的使用将有所减小。

(3) 车轮与钢轨接触的不平顺所产生的冲击振动和噪声。

3.1.2 列车牵引电机、传动装置及空调风机运行噪声,当列车速度很高时,牵引电机及传动装置噪声级明显升高。

3.1.3 气动噪声,当列车行驶时车身推动周围空气产生空气动力性噪声。

3.1.4 桥梁结构噪声,列车通过高架桥时,因车轮和轨道表面不平顺,产生振动,并向桥梁各构件传递振动动能,激发梁部、墩台等振动,形成二次辐射噪声。

3.1.5 车辆段作业,如列车进出及试车时运行噪声、夜间洗车噪声和检修设备产生的噪声等。

3.2 减振降噪对策研究

3.2.1 香港地铁综合降噪措施调研

香港高架轨道交通线在其强大经济基础条件下,为减少列车运行对环境的影响采取了一系列的综合降噪措施。如图3所示,香港西铁的减震降噪措施为:在车辆下部设隔声裙,轨道线路两侧设隔声屏障,在轨道旁设吸(隔)声矮墙,采用浮置板道床、轨道减振器及

万方数据

各类减振器扣件等,将距轨道线路中心线25 m处的噪声等效声级降到了61 dBA,号称是世界上“最宁静”的地铁。

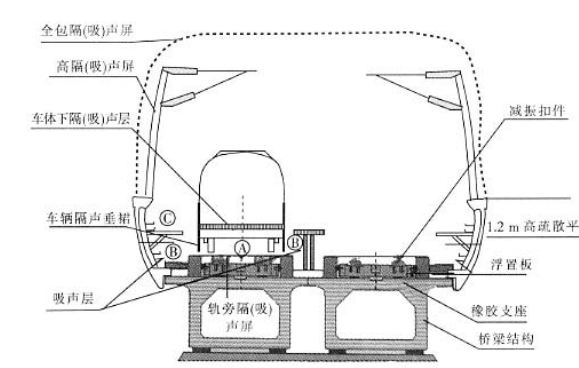


图3 香港西铁高架线路减震降噪措施图

3.2.2 全线高架综合降噪措施

根据上述分析,考虑到工程经济性及工程实施难度,本线的减震降噪主要采取了以下噪声控制措施,如表1所示。

表1 深圳市地铁3号线噪声控制措施

| 项目 | 控制措施 | 降噪效果/dBA |
|--------|------------|----------|
| 声源降噪 | 车轮踏面修态 | 2~5 |
| | 磨整钢轨 | 1~3 |
| | 焊接长钢轨 | 2~5 |
| | 弹性钢轨扣件 | 3~6 |
| | 盘式制动 | 11 |
| 传播途径降噪 | 绿化带(30 m宽) | 3~5 |

3.2.2.1 桥梁噪声防护措施

采用钢筋混凝土梁,桥梁支座采用盆式或板式橡胶支座以阻隔固体噪声的传播。

3.2.2.2 轨道、车辆声学性能要求

钢轨铺设无缝线路,并全线采用分开式弹性扣件,以减少轮轨冲击所产生的噪声。同时要求所购置的车辆,除具有良好的机械性能外,还应按照声学指标严格控制其声学性能。在经济技术可行的条件下应优先选择噪声振动防护措施较先进的车辆,如车辆采用弹性阻尼车轮(可降低噪声0~6 dBA),盘式制动(可降低噪声11 dBA)、空气弹簧二系悬挂结构、下部设隔声垂裙等,则可从声学上有效地防止高架和地面段轨道交通噪声向外辐射。

3.2.2.3 加强车辆、线路维护

在地铁运营计划中,特别强调运营期间应加强线路与车辆的维护、保养,定期旋轮和打磨钢轨,保持车轮圆整和轨道平顺,比不打磨钢轨噪声降低1~5 dBA。

3.2.2.4 声屏障

为减少高架轨道交通噪声对周边环境的污染,全

线高架桥两侧均设有 1.5 m 高的吸声挡板(矮声屏障),并在左右线间 1.3 m 高疏散平台下设置双面吸声板,以有效减少列车通过非敏感区域的噪声影响。

对于《环评报告》中列为敏感点的区域,由于受轨道交通噪声影响较大,设置 2~4 m 高的声屏障进行降噪,以保证列车运行时达到国家环保要求。另外,考虑到 3 号线沿线将来有可能因规划条件变化而出现环境要求较高的建筑区域,为此全线高架段均预留今后加高声屏障的条件。

3.2.2.5 轨道减噪措施

对噪声的有效防治手段除声屏障外,在轨道系统中还采取了减振降噪措施。

对于列车通过非敏感区域的地段,轨道采用分开式弹性扣件,可减少轮轨振动引起的噪声 3 dB 左右。

对于《环评报告》中所列为敏感点的区域,由于受到轨道交通噪声影响较大,同时考虑工程造价及轨道施工方便采用轨道减振器扣件,可降低轮轨振动噪声 8 dB 左右。同时,考虑到车站工作人员在列车长期运行的振动条件下工作,在所有车站均铺设轨道减振扣件,以改善其工作环境条件。

经过以上各种综合降噪措施的实施,轨道交通的噪声可得到有效控制,3 号线建成后将为深圳市民提供一个经济、便捷、环保的轨道交通。

4 结 论

通过对深圳地铁 3 号线高架段的设计研究和分析,我们认为城市轨道交通高架线的设计尤其要重视以下几点:

(1) 城市轨道交通高架桥梁的选型除满足结构受力要求外,还应结合城市规划、城市景观统一考虑,通常宜选择箱形梁,桥梁跨度要与道路宽度相协调。

(2) 高架车站站台选型要满足运营功能要求,从运营、乘客使用、建筑体量等方面综合分析考虑,一般宜选择岛式站台。

(3) 高架线路的减震降噪是城市轨道交通成败的关键之一,要从结构、轨道、声屏障等方面采用综合措施,使之成为“经济、便捷、环保”的城市轨道交通工程。


参考文献:

[1] 铁道第二勘察设计院. 深圳市地铁 3 号线工程初步设计[R]. 成都:铁道第二勘察设计院,2005.
[2] 铁道第二勘察设计院. 减振降噪综合措施研究[R]. 成都:铁道第二勘察设计院,2004.
[3] 铁道第二勘察设计院. 高架段环境保护与减振降噪综合措施研究[R]. 成都:铁道第二勘察设计院,2005.

(编辑 马 丽 赵立兰)

下 期 要 目

| 题 目 | 作 者 |
|----------------------------|--------------|
| 大直径超前管幕施工沉降试验研究 | 马锁柱 |
| 客运专线超大断面隧道不同工法引起地表变形数值分析 | 刘建平,罗琼,孙兆远,等 |
| 青藏铁路开心岭 1#特大桥桩基、承台施工技术 | 罗育桂 |
| 青藏铁路多年冻土区水害类型及防治措施 | 胡德辉,熊治文,何建军 |
| 浅析 FIDIC《施工合同条件》中买卖双方的不平等性 | 印江涛,张先进 |

作者: [方昌福](#), [胡京涛](#), [陈磬超](#), [FANG Chang-fu](#), [HU Jing-tao](#), [CHEN Qing-chao](#)
作者单位: [铁道第二勘察设计院](#), [四川](#), [成都](#), [610031](#)
刊名: [铁道工程学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年, 卷(期): [2006 \(5\)](#)
被引用次数: [3次](#)

参考文献(3条)

1. [铁道第二勘察设计院](#) [深圳市地铁3号线工程初步设计](#) 2005
2. [铁道第二勘察设计院](#) [减振降噪综合措施研究](#) 2004
3. [铁道第二勘察设计院](#) [高架段环境保护与减振降噪综合措施研究](#) 2005

本文读者也读过(10条)

1. [张毅](#), [张三明](#) [轨道交通高架线路对沿途景观的影响——以杭州地铁一号线为例](#) [期刊论文] - [城市问题](#) 2003 (5)
2. [范征](#), [赵启儒](#) [轨道交通高架区间桥梁结构选型的探讨](#) [期刊论文] - [铁道标准设计](#) 2006 (12)
3. [周新六](#), [徐正和](#) [面向21世纪发展的上海市轨道交通明珠线](#) [期刊论文] - [城市轨道交通研究](#) 2000, 3 (4)
4. [田品华](#), [程振廷](#), [Tian Pinhua](#), [Cheng Zhenting](#) [武汉轨道交通1号线一期工程车站及高架线设计](#) [期刊论文] - [现代城市轨道交通](#) 2004 (5)
5. [张音波](#), [麦志勤](#), [陈新庚](#), [许慧华](#), [Zhang Yinbo](#), [Mai Zhiqin](#), [Chen Xingeng](#), [Xu Huihua](#) [城市快轨交通高架结构与城市景观协调性研究](#) [期刊论文] - [都市快轨交通](#) 2007, 20 (2)
6. [尹强](#) [地面及高架地铁车站设计中若干问题的探讨](#) [会议论文] - 2001
7. [李团社](#), [Li Tuanshe](#) [城市轨道交通高架敷设方式与城市发展](#) [期刊论文] - [都市快轨交通](#) 2010, 23 (3)
8. [潘成松](#), [PAN Cheng-song](#) [浅谈深圳地铁3号线高架段桥梁总体设计](#) [期刊论文] - [山西建筑](#) 2009, 35 (11)
9. [余凤翔](#) [城市轨道交通高架桥设计上两个特殊问题的探讨](#) [期刊论文] - [铁道工程学报](#) 2001 (2)
10. [杨易](#), [金新阳](#), [王敏远](#), [余保红](#), [Yang Yi](#), [Jin Xinyang](#), [Wang Minyuan](#), [Yu Baohong](#) [深圳地铁环境噪声与声屏障降噪数值模拟研究](#) [期刊论文] - [城市轨道交通研究](#) 2010, 13 (2)

引证文献(3条)

1. [李文博](#) [西安城市轨道交通线网敷设方案分析](#) [期刊论文] - [铁道工程学报](#) 2012 (12)
2. [潘成松](#) [浅谈深圳地铁3号线高架段桥梁总体设计](#) [期刊论文] - [山西建筑](#) 2009 (11)
3. [孙明](#), [高兴](#) [津滨轻轨预留车站\(滨海大学站\)建筑设计](#) [期刊论文] - [铁道工程学报](#) 2011 (4)

引用本文格式: [方昌福](#), [胡京涛](#), [陈磬超](#), [FANG Chang-fu](#), [HU Jing-tao](#), [CHEN Qing-chao](#) [城市轨道交通高架线的设计研究](#) [期刊论文] - [铁道工程学报](#) 2006 (5)