

精心设计、注重细节、  
确保城市轨道交通可持续发展

刘志义

2009.10



# 目 录

## 一、概述

## 二、精心设计、注重细节

(一) 在设计实践中总结经验、不断创新

(二) 作好接口设计和管理

(三) 作好综合管线设计

(四) 作好细节设计可以提高工程品质

(五) 减振降噪不可忽视



## 一、概述

城市轨道交通的发展在我国方兴未艾，截止2008年底我国已有10个城市拥有29条城市轨道交通运营线路，运营里程达776公里；到2020年前，我国建成和在建的城市轨道交通线路将达到158条，总里程超过4190公里。

目前已获批准建设城市轨道交通的城市有：上海、北京等24个城市；

正在报批的城市有：东莞、南宁等7个城市；

正在筹备建设的城市有：济南、兰州等6个城市。

建设规模之广泛，投资规模之巨大在世界地铁建设史上也是罕见的。



设计是一切工程的龙头，是实现系统功能、保证工程质量的先决条件。目前城市轨道交通设计存在一些重要问题，主要表现在以下几方面：

### 1、线网规划滞后：

近十年来，我国经济蓬勃发展，城市建设日新月异，城市总体规划思路和规划方案经常调整，随之城市轨道交通线网规划也在不断变化。要上马的项目进度很快，形成建设超前规划滞后的局面。设计与规划脱节，在建工程多变，引起设计原则或设计内容的不协调，影响工程质量甚至造成废弃工程。



## 2、设计规范还不够完善：

目前一些设计内容无章可循、无法可依，设计者只能借鉴各城市相似条件的相关专业设计作参考，完成设计任务。这样的设计随意性较大，科学性、严谨性不足。因为没有统一的、明确的标准，对设计的评价也只能靠评审专家个人经验和偏好来判断，由于专家们对同一问题的认识不尽相同，往往不能取得共识形成结论意见，最终交由业主决断。这就给设计的科学合理性、严谨性带来潜在的危害。

## 3、必要的设计周期得不到保障：

工程安排紧，给设计留的时间少，必要的设计时间得不到保障，其后果是设计粗糙，设计者没有仔细思考和雕琢的时间，造成设计细节考虑不周，往往出现各设计接口的不协调，降低工程质量。



## 二、精心设计、注重细节

城市轨道交通是庞大的系统工程，它含盖了从土建工程的线路、轨道、建筑、结构到机电系统的通信、信号、供电、动力照明、通风空调及各其他机电设备系统

城市轨道交通的设计理念应该以人为本，人性化的设备和服务在设计中要得到充分体现。这就要求设计者在设计细节方面下工夫，把人性化的设计充分体现出来。



一个好的城市轨道交通工程应该这样界定：“比较恰当的满足所有外部约束条件，系统内部各子系统及各环节能按照运营程序协调动作，以较小的代价安全、高效地完成运输任务的工程。”充分体现绿色、环保、以人为本的设计理念。

要打造这样的工程必须有好的设计；没有好的设计绝不可能有好的工程。多年来为作好城市轨道交通工程设计，我们走过一些弯路，也积累了一些好的经验。

下面谈一点个人认识，有用的东西供“地铁人”分享，不对的东西请大家批评，也可作为共享资源共勉之。



## （一）在设计实践中总结经验、不断创新

《旋喷桩内插型钢工法》就是在设计实践中产生的。

《旋喷桩内插型钢工法》是对《型钢水泥土复合挡土墙工法》（简称为SMW工法）的革新。从设计实践中提出课题，并进行研究。于2005年~2006年，首次将研究成果应用于上海轨道交通8号线中兴路车站3、4号出入口过西藏北路工程实施中，从计算模型、基坑深度、旋喷工艺、管线保护、监控量测等几个方面做了大量的深化和改进工作，在取得了巨大的成功。在总结成功经验的基础上，编写完成“旋喷桩内插型钢工法”，完成了从科研成果到成熟施工技术的转化。



## （二）作好接口设计和管理

城市轨道交通工程各子系统与外部约束条件之间形成众多界面。两个及其以上系统或专业的公共界面就是接口，仅对工程技术接口而言，接口的数量与子系统或外部条件的个数是乘数关系。城市轨道交通工程的工程技术接口非常多，如果设计考虑不周，造成的后果将很严重。可能造成功能缺失、工程返工、延误工期、增加成本、降低质量，甚至影响安全运营。工程接口的管理包括以下方面：

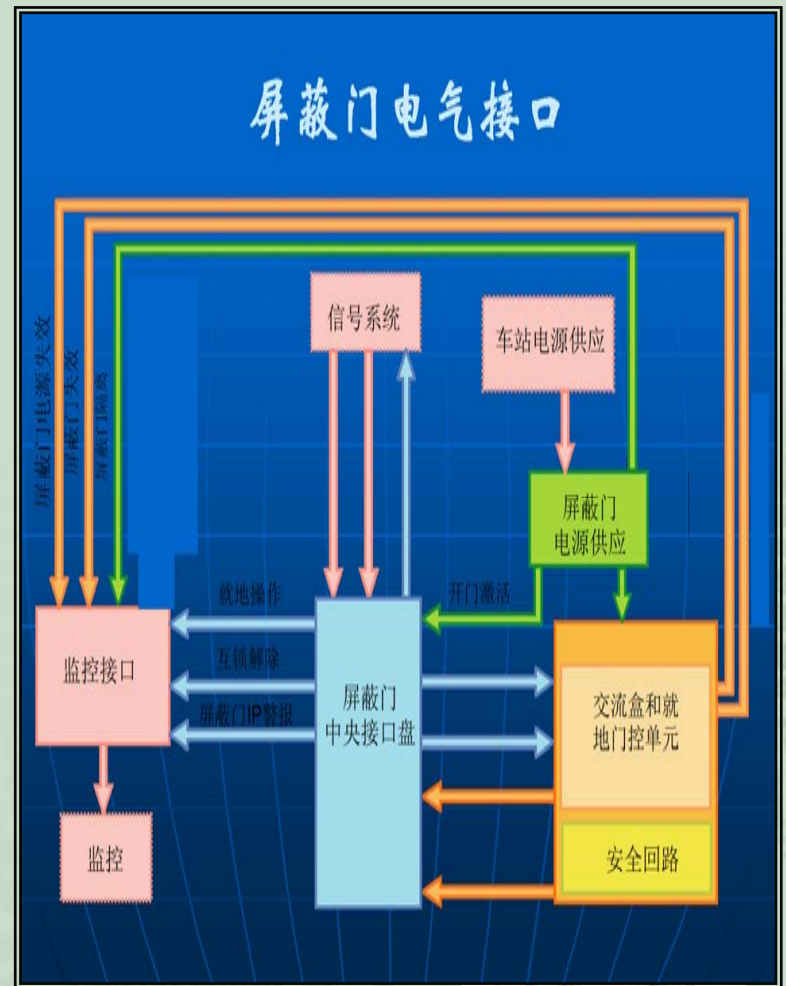


## 1、技术要求

(1) 设计接口的技术要求。

(2) 工程接口的技术要求。

(3) 合同约束。设计和承包、承建单位，对接口任务都应在与业主签订的总包、分包、承建、承包合同中明确, 各方的职责、权力和义务、奖罚均受合同约束。



## 2、接口风险及其防范

设计风险：

(1) 设计风险中由于基础资料的原因产生的接口风险。

(2) 由于设计文件的原因产生的接口风险。

(3) 施工过程中的设计风险是施工期间设计变更。预防措施：检查修改图纸是否有配套、有无漏缺项、是否延误工期。针对以上各工作时段的风险和危害, 业主和各参建施工单位均须认识到接口工作的重要性和影响。



### 3、工程技术接口的建议

鉴于工程接口是极为重要的工作，建议今后要加强以下几方面的工作。

(1) 尽早成立接口管理机构, 由业主直接领导管理, 制定并批准设计、工程接口的管理程序及办法, 把实现接口管理的制度化、规范化和科学化。使该机构成为强有力的接口体系管理指挥机构。

(2) 业主主持设计、施工的协调会形成机制, 加快推进机电设备招投标的过程, 以解决设备、土建设计协调配合的问题; 减少由于预留、预埋不匹配, 造成土建施工完后, 又重新开孔和埋设连接件, 甚至重新进行结构设计。



(3) 总体设计单位加强对技术接口的管理工作, 明确哪些应在初步设计或施工图设计阶段解决, 哪些在设备招投标后解决, 哪些在确定承建、承包商后由设计协调明确任务。招投标文件中明确的事项, 投标人作出实质性响应。

(4) 由业主或业主授权的机构负责编制设计接口、工程接口手册, 明确各专业、各系统的接口任务。

(5) 加强管理, 对承建商、系统承包商的承诺要监督落实, 要求承包商要在组织、技术、设备、人员上予以保证。



### （三）作好综合管线设计

地铁工程最为突出的一个特点是空间狭小，设备系统众多。在地铁设计和施工中，各种管道交叉纵横，互相干扰一直是困扰着设计和施工人员的主要问题之一。地铁综合管线设计不仅仅是解决各专业管线干扰和交叉，还需要解决所有管道安装后，仍然满足设备维护和检修的需求。以下几张照片，就是设备难以检修的例子，这种例子在地铁车站中是普遍存在的，留下了永久的设计缺憾。

对综合管线进行规划，对有限的空间进行充分、合理的利用，保证各专业、各系统工艺流程合理、顺畅、检修方便，是非常迫切和重要的。





如图：一端是风机，一端是桥架，空调机组的检修门无法打开，滤网无法抽出清洗。





如图：下面为风管，侧面为桥架，风机P-2无法维修。



## 1、综合管线内容

综合管线应包含以下专业：

- 环控通风系统（包括车站公共区通风空调系统、设备及管理用房通风空调系统、空调冷冻水和冷却水系统）；
- 动照系统；
- 供电系统；
- 电力设备监控系统（SCADA）；
- 防灾报警系统（FAS）；
- 给水、排水、消火栓灭火及气体灭火系统；
- 弱电系统（包括通信、信号、自动售票（AFC）、综合监控（ISCS）、乘客资讯（PIS）、设备监控（BAS）、安防）；
- 其它：人防、屏蔽门、接触网等。

## 2、管线与管线相对位置布置

- 管线相对位置宜按照电管在上，风管在中，水管、气管在下的原则布置。
- 在管线相碰处应按照下列原则处理：小管径的让大管径的；软管让硬管；弱电让强电；压力管让自流管；工程量小让工程量大的。
- 供电管线与其他系统管线间距不应小于0.15m，其他各类管线间距不应小于0.20m。电缆桥架上部至顶棚或其他障碍物不应小于0.30m，电缆桥架与一般工艺管道平行最小净距0.40m。强电与弱电电缆桥架平行敷设时，应尽量不小于0.5m的间距，强电与弱电电缆桥架交叉敷设时，应保持不小于0.2m的间距。

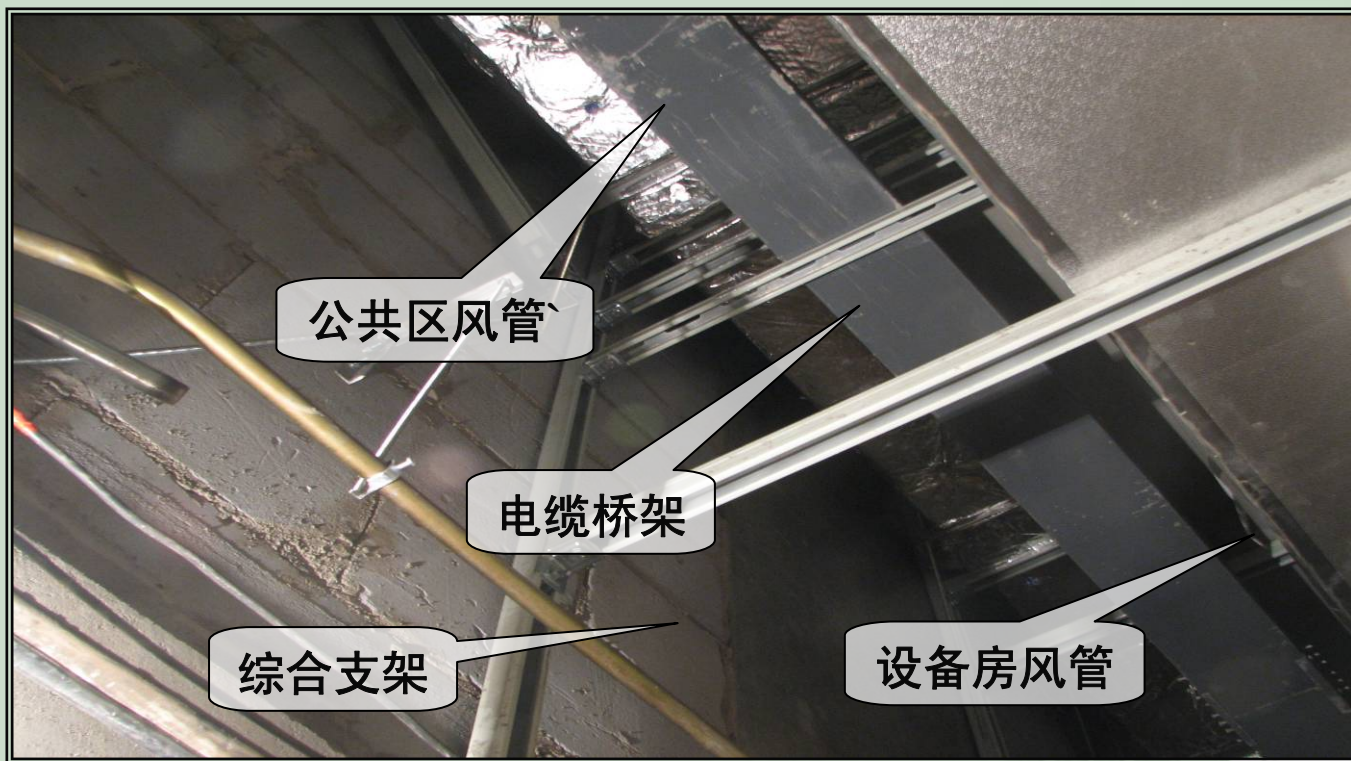


- 弱电各系统桥架应合理综合，信号、通信电缆应共用桥架；BAS、安防等系统应共用桥架，弱电系统桥架宜共用支架。通号电缆桥架与其它弱电系统共用桥架时，通号电缆桥架建议设置在最下层。
- 强电系统主桥架布置宜简洁，桥架应共用支吊架，宜在走道，或一般房间内布置，不宜通过通信机械室、信号机械室、车控室、公网通信机房、警用通信机房。桥架吊支架要注意接地。
- 环控大系统风管通过岛式站台楼梯处应根据实际风量核算风道断面，并宜靠轨道一侧布置。



### 3、管线与设备相对位置

管线不宜布置于高低压变电所、牵引变电所开关柜正上方，进出风口不能开设于开关柜正上方。



#### 4、管线与土建相对位置

- 轨底排热风管穿越站台板下站台时，不应占用通信机械室、信号机械室、车控室、环控电控室、高低压变电室、气瓶间等设备用房的面积，如确实需要，应与相关专业协商解决。
- 水管不应穿过高低压变电室、牵引变电室、变压器室等房间；不宜穿过通信机械室、信号机械室、车控室、环控电控室、AFC设备用房、照明配电室、蓄电池室，并不应走在控制箱及配电箱上。专用局机房内不得设置各类水管（包括消防管、污水管）。
- 高低压供电系统电缆不宜穿越弱电系统的设备用房。
- 避免管线与人防门附近的其它设备（如防火卷帘门）位置的冲突及在人防门框墙上重复开洞。

- 防火阀等需要检修维护的部件不宜放于设备用房内。
- 风管穿墙及楼板与建筑结构专业配合，减少与构造柱及圈梁冲突现象。
- 管道在结构板上的预留孔洞的尺寸，应比管道边长大100mm（一边50mm）为宜。
- 按风机和其他空调通风设备的基础高度，要求土建专业考虑留出装修层的厚度。
- 穿越风亭到地面的水管、穿越混凝土墙上的管道、安装在侧墙上的组合式及单体风阀，要求土建专业在侧墙预留孔洞。
- 建筑平面图应明确表示出防火门及设有防静电地板的区域。
- 站厅层地面装饰高度应满足预埋信号电缆槽高度（100mm）的要求。
- 大型设备运输路径范围内不允许设置任何管线。



## 5、管线标高布置

- 风管标注管底标高，水管标注管中心标高，标高不含保温层厚度。
- 风管布置考虑消防对档烟垂壁的要求（挡烟垂壁设置应满足由结构板底延续至回风口底标高下不小于500mm）尽量靠近结构顶面布置，管顶距结构顶面距离100mm。（上部考虑留有布置照明线管的空间）。
- 设计标高应充分考虑管道支吊架的位置，风管（水管）管底标高至吊顶上表面的间距不应少于200mm（保温、垫木、支架、装修龙骨）。
- 无特殊要求时，公共区吊顶标高为3.00m，风管（水管）底标高不应低于3.25m。垂片式吊顶，应另加垂片的高度。特殊造型吊顶，应与装修配合确定，但不应低于以上数值。



- 出入口通道吊顶标高不低于2.40m，风管（水管）底标高不应低于2.60m。垂片式吊顶，应另加垂片的高度。特殊造型吊顶，应与装修配合确定，但不应低于以上数值。出入口吊顶内净高不低于250mm。
- 设备区走廊吊顶高度大于2.30m，风管（水管）底标高不应低于2.40m。
- 站台层风管穿越屏蔽门端门位置时，管底标高不应小于3.20m。
- 高低压变电室、牵引变电所管道下净高不应低于3.5m，困难时不应低于3.30m。
- 通信机械室、信号机械室、车控室、公网通信机房、警用通信机房等设有防静电地板的设备用房管线布置应满足房间净高要求（防静电地板面至房间吊顶底部的高度）。
- 管线布置应充分考虑管道支吊架、保温层厚度、吊顶龙骨安装空间的要求。



## 6、综合管道支架的布置

在以往的综合管线设计中，我们往往只强调管线、设备之间的相互关系，而忽视管道支吊架的设置。由于管线错综复杂，导致管道支架无法安装的事情在地铁施工中非常普遍。综合管线应该增加管道综合支吊架设计。特别是在设备用房走廊、环控机房等管线密集处，应通过采用综合支吊架解决管道安装的难题。



## 7、开发三维综合管线设计

随着设计经验的积累，人们已经越来越意识到综合管线的重要性，并对管线综合给予了高度重视。但在工程实施过程中，管线问题仍然不能避免，综合管线图，更如同一本天书，令人头晕眼花，难以指导工程的实施。开发三维设计软件，更新设计手段，使综合管线设计得到重大突破，是我们综合管线专业面临的挑战。目前三维管线的设计软件已经成功应用于航天、化工等领域，希望通过地铁设计者的共同努力，使它能尽快应用到地铁设计中，提高地铁设计水平。



#### （四）作好细节设计可以提高工程品质

随着轨道交通建设的蓬勃兴起，轨道交通人性化设施也倍受人们的关注。良好的细节设计及人性化实施已成为城市轨道交通先进形象的体现。



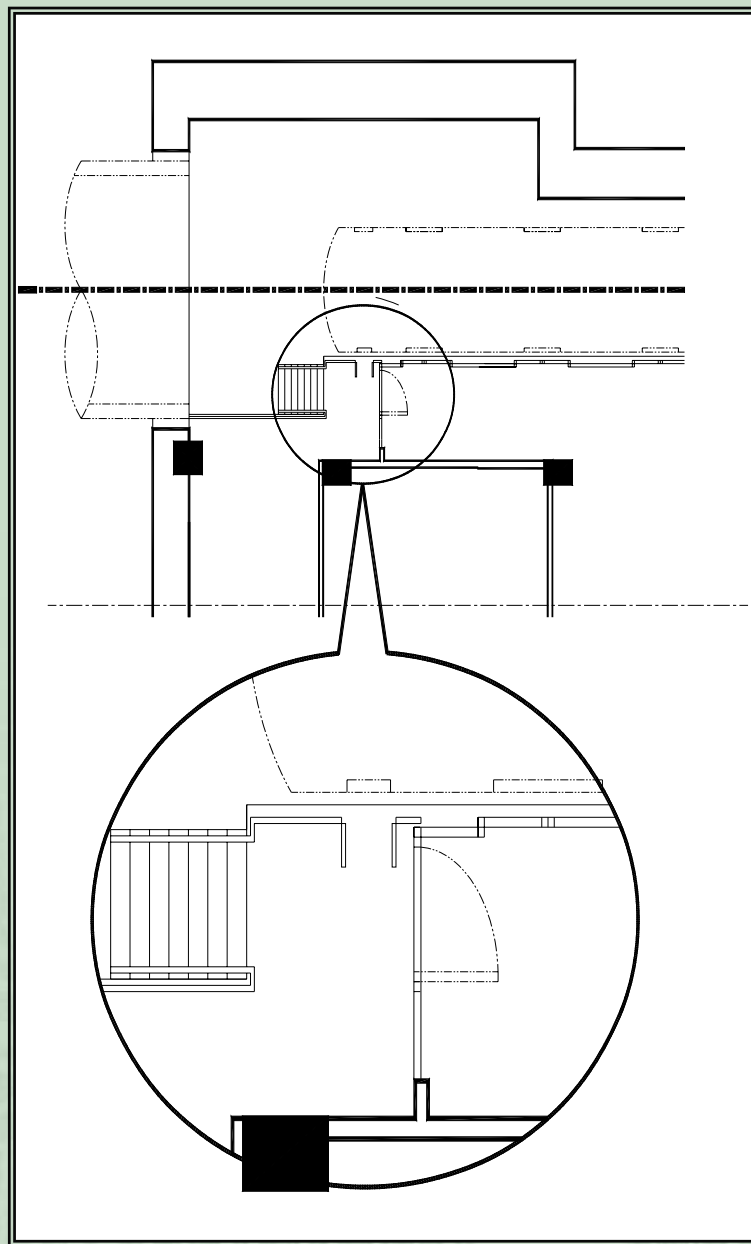
## 1、细节设计体现人性化

**实例 1** 站台层设备用房外小平台栏杆与屏蔽门端门间的关系：

按通常大多数车站的做法，在屏蔽门端门至站台有效长度端的范围（即司机驾驶室门所对应范围内）的护栏设置开口。

当遇区间乘客疏散的情况，乘客需通过小平台进入车站时，极易发生因乘客拥挤而在此处被挤下站台的可能。

建议设计小平台的栏杆直接延伸至屏蔽门端门，在对应司机驾驶室门的范围，设置向站台内单向开启的栏栅门。



## 实例 2 换乘车站的防火区划分。

当采用上下层站台与站台换乘（十字、T字、L型、通道换乘等）时，建议在换乘通道中设置防火卷帘的一侧，设制一扇防火平开门，目的是当灾情发生时，有人员进入通道及通道内已有的人员，能通过平开放火门疏散到非灾情发生的防火分区；同理，当采用换乘楼梯换乘时，在其口部设置防火卷帘处，宜同时设置防火平开门，以便于已经进入换乘楼梯的人员尽快疏散到非灾情发生的防火分区。

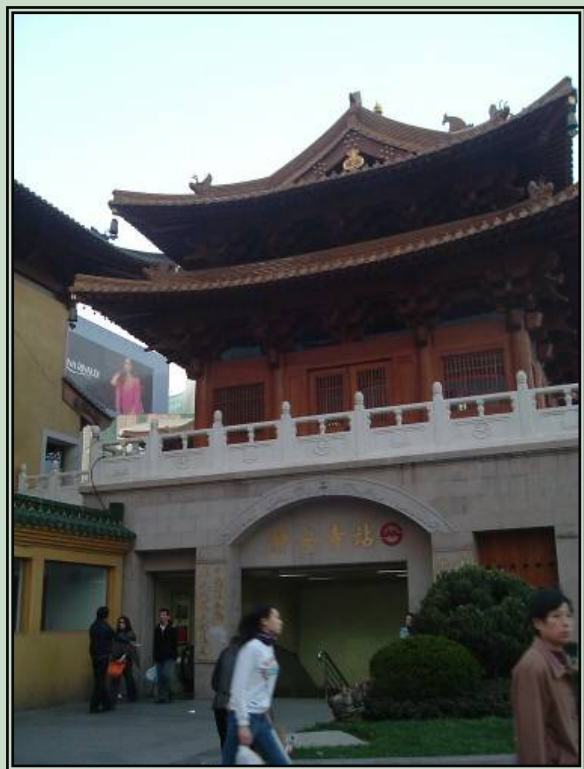


### 实例 3 地铁站出入口

独立式出入口布置在城市道路的一侧，平行或垂直布置，通常以平行布置的居多。有盖的独立式出入口的造型灵活多变，可以通透轻盈，亦可如雕塑一般凝重。



地铁出入口通常位于城市的重要地带。造型应当与周边的环境有更好的协调关系。如重要的历史文物前，标志性建筑门前的地铁出入口应弱化。设计方案在难以协调环境的困境下，可以选择无盖出入口，回避与环境的冲突。



在国外许多城市则大胆进行独立式出入口的方案征集，选择一些建筑大师的作品，创造出独具魅力的城市标志点，成为该城市记忆的象征。

20世纪初在巴黎，埃克托尔·吉马作为新艺术运动的先驱，把铁艺和磨沙玻璃等现代材料用在出入口中，形成巴黎独特的地铁文化，现在的巴黎还是以此为荣。

可以从右图巴黎出入口的图片上看出，出入口的宽度不宽，其风格与周边环境协调一致。



## 2、细节设计降低工程投资

**实例 1：**车站土建施工要预留设备安装的沟、槽、管、洞，以免设备安装时，重新开洞。延长工期和增加投资，但往往在设备投标尚未完成时沟、槽、管、洞的位置和大小难以确定。因此，设计者必须了解各种设备的型号、要求，对沟、槽、管、洞作出包容性设计。同时，也在招标文件中提出要求，就可避免施工中沟、槽、管、洞的大量返工

**实例 2：**地下区间每超过600米要设置一条联络通道，联络通道通常是采用暗挖法进行。因此，在设置联络通道处二线间距应尽可能缩小，以节省投资和保证安全。



### 实例3： 关于管理用房区内站厅和站台间的封闭楼梯间门的开启方向

按《地铁设计规范》规定：“管理用房区应有一个安全出口通向地面，该区内的  
人行楼梯应为封闭楼梯间。”

一般的理解为，封闭楼梯间防火门应朝向疏散方向（即朝外）开启。正式的规范解释是：“管理用房设一个直通地面的出口，同时在该区内设置一处到达站台层的封闭楼梯，主要目的是供消防人员无阻挡进入站厅层和站台层或达到区间实施救灾，因为一旦车站火灾时，乘客从各出入口向外疏散时，消防人员无法在出入口通道逆向进入车站。至于站台层站厅层设备区内的管理人员，可随乘客进行疏散。”按上述的规范解释，可以明确封闭楼梯间门的开启方向应朝向消防进攻方向开启，即向内开启。



## （五）减振降噪不可忽视

### 1、我国在轨道交通振动噪声控制方面主要存在问题

#### （1）轨道交通减振降噪设计无法满足环境要求。

国家环评标准滞后，国家关于振动、噪声的标准已大大滞后于现实发展要求。轨道交通设计单位仅凭环评报告采取减振降噪措施，如地下线路轨道设计仅考虑振动超标，实际上地铁穿越建筑物、居民楼，地铁运营产生的低频噪声对居民生活影响更大；在高架线路近仅增设声屏障等设备，而对高架桥的结构噪声辐射治理措施不足。由于国外公司减振产品价格昂贵，在规划中普遍存在能省则省的心理，未将减振降噪措施纳入。



## (2) 轨道振动和噪音污染引发群众强烈不满

轨道交通产生的过量噪声和振动严重影响轨道沿线人们的正常生活，甚至危害身体健康。在上海、北京等城市因轨道振动和噪音污染引发的群体性事件也呈高发、多发态势，甚至一个以维护自身休息权、健康权和财产权等为诉求的新利益群体正在轨道交通线附近形成。

北京、上海市政府每年接到大量投诉地铁振动噪声来信，已经发生多次居民阻止轨道交通工地施工、一些市民到市政府集体上访，甚至采用更极端的手段表示抗议。

## (3) 既有线路减振降噪后期改造费用巨大

轨道交通竣工投入使用后，轨道交通减振降噪后期改造费巨大，已经在一些城市得到验证。目前全国地铁建设如不在建设中采取合理减振降噪措施，运营以后的改造成本会是“天文数字”。



#### (4) 轨道结构形式与减振降噪措施无明确规定

目前，轨道交通正处于快速发展时期，往往有多家设计单位参与轨道交通总体设计、轨道结构设计、环境评估等工作，在轨道结构选型和减振技术应用方面不同设计单位在相同条件下方案不一，甚至在一条线就采用了多种扣件形式等，个别减振效果听信供货厂家一面之词，国外一些减振产品处于垄断经营导致价格昂贵，这不利于轨道的设计施工、养护维修和投资控制。



## 2、加强设计工作注意细节，作好减震降造

(1) 国内外对轨道交通减振降噪已经形成较为成熟的解决方案。香港西铁在轨道、桥梁、声屏障、车辆采取综合技术成为世界上最安静的高架轨道交通，上海、北京、广州等在建线路在经过敏感建筑物（医院、学校、居民楼等）采用自主开发的浮置板轨道，降低了工程造价。打破国外公司技术垄断，采用后，地铁穿越居民楼，列车运行居民没有感觉。

(2) 在轨道结构设计选型时等尽量减少种类，采用尺寸标准尽量统一，这样有利于施工、维修，降低工程造价。在上海地铁就出现过不同轨道设计单位即使都是弹性支承块采用的尺寸不同，都要重新开模具生产；在一条轨道线中出现5~6种轨道扣件类型，这样对施工和今后维修都带来很大麻烦。

(3) 结合工程建设加强轨道交通振动噪声的前期研究咨询，支持设计工作，避免设计院仅凭环评报告采取措施的不足。



前段时间我和我的同仁、朋友利用工作之余编写了一本《地铁设计实践与探索》，对地铁设计施工方面发现的问题提出了自己的看法及建议，在铁道出版社大力支持下现已出版。希望对从事地铁建设管理、设计、施工等方面的各位同仁有些启发和借鉴，今天讲的也只是这本书的一小部分，不当之处敬请各位领导、同仁批评指正！



谢谢！

