

为立体交叉。车辆基地出入线与正线为平面交叉，连接简单，渡线短，工程造价低。它的主要缺点是平面有敌对交路，车辆段向正线取送列车的能力低，因此采用该出入线时要验算通过能力。当车辆基地出入线长，可在道岔后部增设安全线，如图 2.1.9 (a) 中虚线所示，将出段列车预先行驶到安全线道岔前端待命。车辆基地出入线与正线为立体交叉，出入段列车与正线列车没有敌对交路，取送列车能力大，使用灵活。通常将出入线与折返线合并设置，则使用更为方便，只是工程较复杂，造价较高。

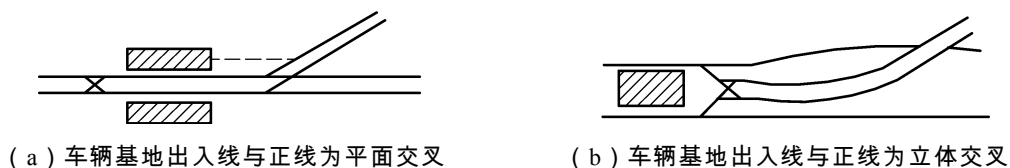


图 2.1.9 车辆基地出入线的典型形式

2.1.4 线路平面设计

1. 技术标准

(1) 曲线半径

曲线半径 (见图 2.1.10) 宜按标准从大到小合理选用。实际工作中，最大半径一般很少超过 3 000 m。400 m 以下的曲线半径轮轨磨损大、噪声大，应尽量少用，尤其位于两站中间更应少用。《地铁设计规范》(GB 50157—2013) 规定曲线最小半径如表 2.1.5 所示。

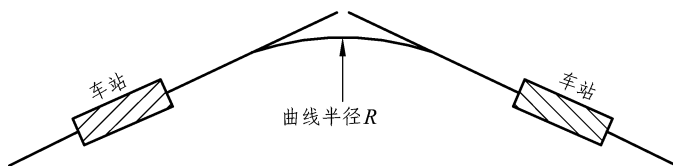


图 2.1.10 地下铁道曲线连接示意图

表 2.1.5 圆曲线最小曲线半径

单位：m

线 路	A 型车		B 型车	
	一般地段	困难地段	一般地段	困难地段
正 线	350	300	300	250
出入线、联络线	250	150	200	150

车场线	150	—	150	—
-----	-----	---	-----	---

车站站台宜设在直线上。当设在曲线上时，其站台有效长度范围的线路曲线最小半径应符合表 2.1.6 的规定。

表 2.1.6 车站曲线最小半径

单位：m

车 型		A 型车	B 型车
曲线半径	无站台门	800	600
	设站台门	1 500	1 000

折返线、停车线等宜设在直线上。困难情况下，除道岔区外，可设在曲线上，并可设缓和曲线，超高应为 0~15 mm。

(2) 曲线连接

在正线上当曲线半径等于或小于 2 000 m 时，圆曲线与直线间应根据曲线半径及行车速度设置缓和曲线。复曲线上两圆曲线的曲率差大于 1/2 000 时，应设置中间缓和曲线，其长度应根据计算确定，但不应小于 20 m。缓和曲线采用三次抛物线。

配线上是否设缓和曲线，无严格要求，联络线及车辆段出入线，一般应设缓和曲线，车场线上不设缓和曲线。

正线及配线上两缓和曲线尾端的圆曲线、不设缓和曲线的圆曲线，最小长度一般不应小于 20 m。困难条件下，不得小于一个车辆的全轴距。

正线、联络线、车辆基地出入线上，两相邻曲线间，无超高的夹直线最小长度应符合表 2.1.7 所示。道岔缩短渡线，其曲线夹直线可缩短为 10 m。

表 2.1.7 夹直线最小长度

单位：m

正线、联络线、出入线	一般情况	$\lambda \geq 0.5 V$	
	困难时最小长度 λ	A 型车	B 型车
		25	20

2. 线路平面位置选择

(1) 线路位于道路规划红线范围内

地铁位于城市规划道路范围内，是常用的线路平面位置，对道路红线范围以外的城市建

筑物干扰较小。图 2.1.11 为地铁线路的三种代表位置。

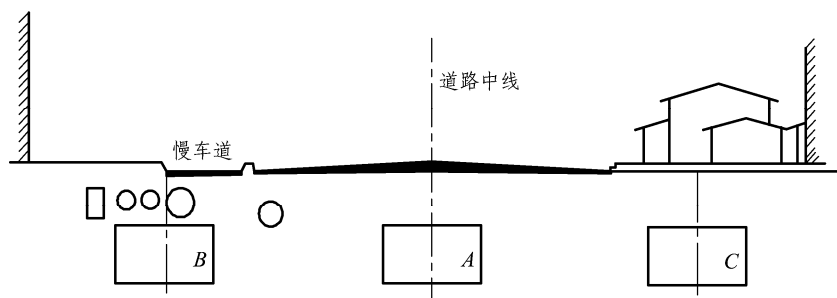


图 2.1.11 地下铁道线路设置位置示意图

① 如图 2.1.11 中的 A 位：地铁线路居道路中心，对两侧建筑物影响较小，地下管网拆迁较少，有利于地铁线路裁弯取直，减少曲线数量，并能适应较窄的道路红线宽度。缺点是当采用明挖法施工时，破坏了现有道路路面，对城市交通干扰较大。

② 如图 2.1.11 中的 B 位：地铁线路位于慢车道和人行道下方，能减少对城市交通的干扰和对机动车路面的破坏。

③ 如图 2.1.11 中的 C 位：地铁线路位于待拆的已有建筑物下方，对现有道路及交通基本上无破坏和干扰，地下管网也较少，但房屋拆迁及安置量大，只有与城市道路改造同步进行时，才十分有利。

(2) 线路位于道路范围以外

在某些有利的条件下，地下线置于道路范围之外，可以达到缩短线路长度，减少拆迁，降低工程造价的目的。这些条件是：

- ① 地质条件好，基岩埋深很浅，隧道可以用矿山法在建筑物下方施工；
- ② 城市非建成区或广场、公园绿地（耕地）；
- ③ 老街改造区，可以同步规划设计，并能按合理施工顺序施工。

除上述条件外，若线路从既有多层、高层房屋建筑下面通过时且造价高昂，选线时要尽量避免。

(3) 地铁与地面建筑物的安全距离

为了确保地铁施工时地面建筑物的安全，地铁与建筑物之间应留有一定距离，即安全距离。安全距离与施工方法、施工技术水平有密切关系。采用放坡明挖法施工时，其距离应大于土层破坏棱体宽度。北京地铁一期工程采用工字钢加护板支护，深水泵降低地下水位的明挖法施工，由于护板与土层之间有孔隙，施工过程中，在距基坑边 10 m 左右的地面，平行线路方向出现明显的裂缝；而在上海地铁一期工程施工中，由于采取了适当的措施，在距基坑边 2 m 以外的地面、房屋基本上没有受到损坏。

(4) 线路位置比选

线路位置比选包括直线位置和曲线半径比选，比选内容为：

① 线路条件比选：包括线路长度、曲线半径、转角等。对于小半径曲线，在拆迁数量、拆迁难度、工程造价增加不多的情况下，宜推荐较大半径的方案，若半径大于或等于 400 m，则不宜增加工程造价来换取大半径曲线。

② 房屋拆迁比较：包括拆迁房屋数量、质量、使用性质、拆迁难度等的比较，质量差的危房可以拆。住宅房屋易拆迁，办公房次之，工厂厂房难拆迁；学校、医院等单位，一般要邻近安置；商贸房屋的搬迁，在市场经济的条件下，拆迁难度大。

③ 管线拆迁比较：包括上下水管网、地下地上电力线（管）、地下地上通信电缆线（管）、煤气管、热力管等的数量、规格和费用，拆迁难度比较。大型管道改移费用高，下水管改移难度大。

④ 改移道路及交通便道面积比较：包括施工时改移交通的临时道路面积及便桥，恢复被施工破坏的正式路面及桥梁等。

⑤ 其他拆迁物比较：不属于上述拆迁内容的其他拆迁。

⑥ 地铁主体结构施工方法比较：包括施工的难易度、安全度、工期、质量等方面的综合分析评价。

3. 车站站位选择

车站站位选择原则有：① 方便乘客使用；② 与城市道路网及公共交通网密切结合；③ 与旧城房屋改造和新区土地开发结合；④ 方便施工，减少拆迁，降低造价；⑤ 兼顾各车站间距离的均匀性。

一般车站按纵向位置分为跨路口、偏路口一侧、两路口之间三种，按横向位置分为道路红线内外两种位置选择，见图 2.1.12。

(1) 跨路口站位

跨路口站位如图 2.1.12 (a) 所示。车站站位跨主要路口，并在路口的各个角上都设有出入口，乘客从路口任何方向进入地铁均不需过马路，增加乘客安全，减少路口的人、车交叉；与地面公交线衔接好，乘客换乘方便。

(2) 偏路口站位

偏路口站位如图 2.1.12 (b) 所示。车站不易受路口地下管线影响，减少车站埋深，方便乘客使用，减少施工对路口交通的干扰，减少地下管线拆迁，降低工程造价。缺点是乘客集中于车站一端，降低地铁车站的使用效能，增加运营管理上的困难。将车站出入口伸过路口，或增加路口过街人行道（天桥），并与地铁出入口连通，或者将车站设计成上下两层式，可以改善偏路口车站的功能。

(3) 站位设于两路口之间

站位设于两路口之间如图 2.1.12 (c) 所示。当两路口都是主路口且相距较近（一般小于 400 m），横向公交线路及客流较多时，可将车站设于两路口之间，以兼顾两路口。

(4) 道路红线外侧站位

道路红线外侧站位如图 2.1.12 (d) 所示。一般在有利的地形条件下采用。当基岩埋深浅、区

间可用矿山法暗挖、道路红线外侧有空地或危旧房区改造时，地铁可以与危旧房改造结合，将车站建于红线外侧的建筑区内，可以少破坏路面，少动地下管线减少交通干扰，充分利用城市土地。

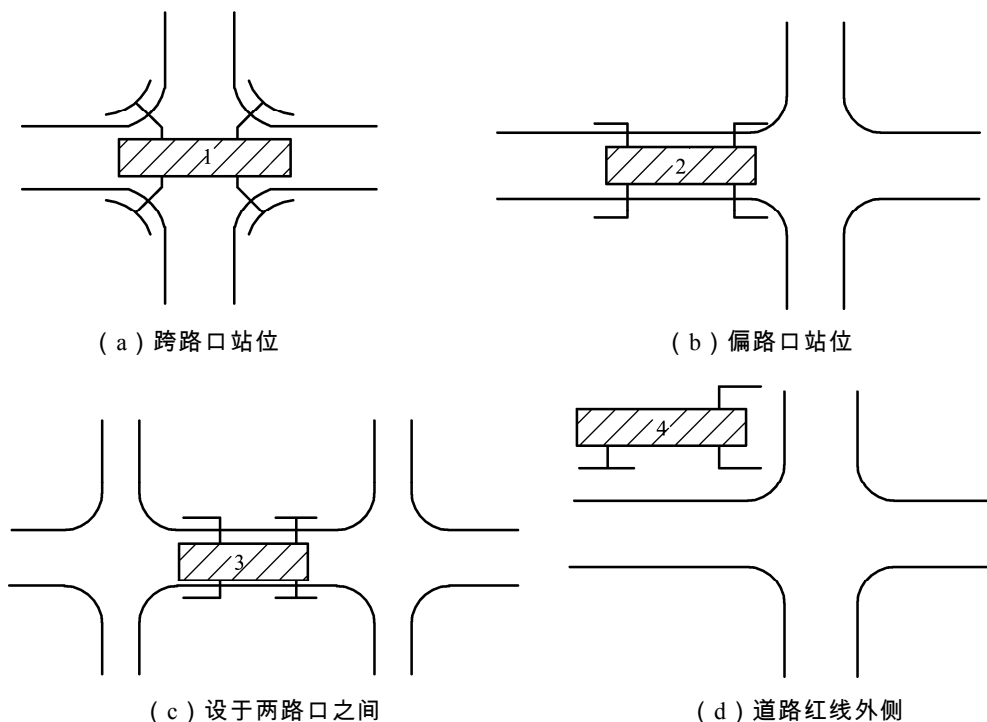


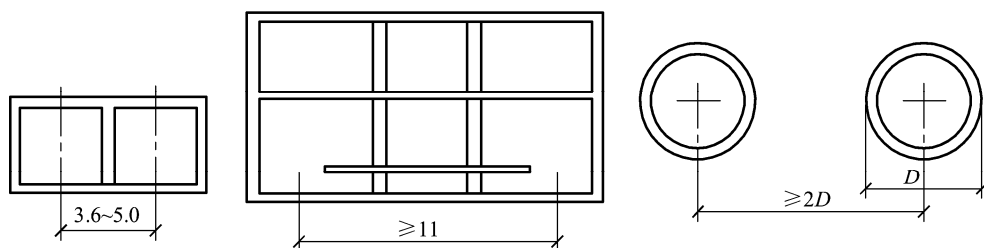
图 2.1.12 车站与路口位置关系

4. 左右线路的位置关系

地铁线路不论是在地下、高架或地面，左线与右线一般并列于同一街道范围内。在左右线并列条件下，依照两线间距离的大小与轨面高差有各种组合形式。

(1) 左右线等高并列平行

左右线等高并列平行形式如图 2.1.13 所示。图 2.1.13 (a) 为线间距离为 $3.6 \sim 5.0$ m，适用于区间矩形隧道结构，做口明挖方法施工或顶管法施工的线路；图 2.1.13 (b) 为线间距离在 11 m 及以上，适用于车站矩形框架隧道结构；图 2.1.13 (c) 为左右线分开，线间距离宜大于 $2D$ (D 为隧道开挖直径)，困难情况下，采取土壤加固措施后，最大可降至 $1.4D$ ，适用于单线单洞圆形或马蹄形隧道结构，盾构法施工或矿山法施工的线路上。



(a) (b) (c)

图 2.1.13 左右线等高并列平行的位置关系 (单位: m)

(2) 左右线上下重叠

明、暗挖法施工均可采用,适用于狭窄的街道下方布置线路,见图 2.1.14。

(3) 左右线既不等高并列平行,又不上下重叠,但保持一定距离

采用暗挖法施工,适用于较窄的街道下方布置线路,香港地铁港岛线常有这种线路布置形式,由于上下行站台不等高,增加了车站的提升设备和高度,对乘客使用也欠方便,见图 2.1.15。

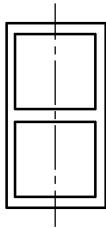


图 2.1.14 左右线上下重叠的位置关系

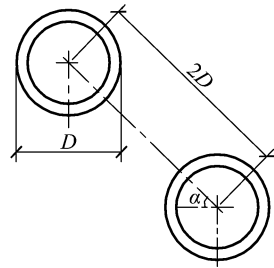


图 2.1.15 左右线上下错开的位置关系

2.1.5 线路纵剖面设计

线路纵剖面设计的一般原则:①纵剖面设计应保证列车运行的安全、平稳及乘客舒适坡段应尽量长;②线路纵剖面要结合不同的地形、地质、水文条件、线路敷设方式与埋深要求、隧道施工方法、地上地下建筑物与基础情况、线路平面条件等,进行合理设计;③尽量设计成符合列车运行规律的节能型坡道。车站一般位于纵剖面的高处,区间位于纵剖面的低处。除车站两端的节能坡道外,区间一般宜用缓坡,避免列车交替使用制动和给电牵引。

1. 技术标准

(1) 最大坡度

① 区间线路。

地铁由于高密度行车和大运量,为保证行车安全与准点,设计原则要求列车在失去部分(最大可以达到一半)牵引动力的条件下,仍能用另一部分牵引动力,将列车从最大坡度上启动,因此最大坡度阻力及各种附加阻力之和,不宜大于列车牵引力的一半。

苏联的地下铁道设计规范(1981年7月1日起执行)规定的地下线段以及隐蔽地面线段的坡度不大于40‰,而敞开的地面线段的纵坡度则不大于35‰。法国巴黎市区地铁线路最大坡度为40‰,地区快车线最大坡度为30‰,困难地段的坡度还可大一些。香港地铁用英国技术于20世纪70年代建成,线路最大坡度为30‰,个别地段允许超过。

综合上述各种因素，我国《地铁设计规范》规定，正线上最大坡度不宜大于3‰，困难地段可采用3.5‰，在山地城市的特殊地形地区，经经济技术比较，有充分依据时，最大坡度可采用4‰；联络线、出入线的最大坡度宜采用4‰。

② 车站线路及配线。

车站宜布置在纵断面的凸形部位上；车站站台范围内的线路应设在一个坡道上，坡度宜采用2‰，当具有有效排水措施或与相邻建筑物合建时，可采用平坡；具有夜间停车功能的配线，应布置在面向车挡或区间的下坡道上，隧道内的坡度宜为2‰；道岔宜设在不大于5‰的坡道上，在困难地段应采用无砟道床，尖轨后端为固定接头的道岔，可设在不大于10‰的坡道上。

(2) 最小坡度

对于最小坡度，由于排水的需要，《地铁设计规范》规定宜采用3‰，困难条件下可采用2‰。

(3) 坡段长度

《地铁设计规范》规定，线路纵向坡段长度不宜小于远期列车长度，同时应满足两相邻竖曲线间的夹直线坡段长度不宜小于50m的要求。

(4) 坡段连接及竖曲线

《地铁设计规范》规定，两相邻坡段的坡度代数差等于或大于2‰时，应设圆曲线形的竖曲线连接，此要求比市郊铁路高，因为地下铁道的道床多为混凝土整体道床，其弹性变形量比碎石道床小得多。竖曲线的半径不应小于表2.1.8的规定。

表 2.1.8 竖曲线半径

单位：m

线 别		一般情况	困难情况
正 线	区 间	5 000	2 500
	车站端部	3 000	2 000
联络线、出入线、车场线		2 000	

车站站台有效长度内和道岔范围内不得设置竖曲线，竖曲线离开道岔端部的距离应符合表2.1.9的规定。

表 2.1.9 道岔两端与平、竖曲线端部的最小距离

项 目	至平面曲线端或竖曲线端	
	正 线	车场线

道岔型号	60 kg/m-1/9	50 kg/m-1/7
道岔前段/后端	5/5 (m)	3/3 (m)

2. 影响纵剖面设计的因素

纵剖面设计除考虑设计原则与标准、埋设方式、线路平面条件、结构类型外，下列因素也影响纵剖面设计，而且须在设计过程中逐一考虑。

(1) 覆土厚度

在浅埋地下线中，往往希望隧道结构尽量贴近地面，但受各种因素限制，因此需要确定最小覆土厚度。地铁隧道结构顶板顶（防水保护层外）至地面间的最小厚度，除应考虑通过地下的管道及建筑物的要求外，还应根据下列因素来确定：

- ① 当地下线位于道路下方时，应考虑道路路面铺装的最小厚度要求，一般为 0.2~0.7 m。
- ② 当地下线位于城市公园绿地内时，考虑植被的最小厚度要求，可与城市规划及园林部门协商，一般草坪 0.2~0.5 m，灌木 0.5~1.0 m，乔木 1.5~2.5 m。
- ③ 在寒冷地带应考虑保温层最小厚度要求，可与通风采暖专业人员协商。
- ④ 当地下线位于经常水位下方时，可与隧道专业协商隔水层厚度要求，一般为 1 m 左右。
- ⑤ 在地下铁道作为战时人防工程时，应考虑防空工程的最小覆土要求。

(2) 地下管线及建筑物

一般以改移地下管线较为适宜。工作中可与市政有关部门协商，下水管线与地下线纵剖面设计矛盾最突出，是纵剖面设计的重点。

地铁车站（包括车站出入口、通风道等）上方的地下管线，其横越管线宜改至车站两端区间，平行管线宜平移出车站范围，减小车站埋深。即使改移管线在经济上不太合算，也宜改移管线，以方便乘客出入和节省运营费。只有地下管线无法改移时，才考虑地铁车站加大埋深或移动站位。

地下隧道结构以明挖法通过地下管线或地下构筑物时，隧道与管道（构筑物）之间是否留土层，应根据地铁隧道结构受力要求确定，若无要求，可以不留土层，甚至两者共用结构。但对下水管线应有严格防水措施，严防污水渗入地铁结构内。对于大型管线或地下构筑物，应考虑隧道结构施工及管道悬吊施工操作的需要。

地下隧道以暗挖法通过地下构筑物、楼房基础（包括基础桩）时，两结构物之间应保持必要的土层厚度，其最小厚度在上海地铁按 2 m 考虑。

(3) 地质条件

当地下线路遇到不良地质条件时（主要是淤泥质黏土及流砂土层），应尽量考虑躲避；若躲避有困难时，应采取工程措施。

(4) 施工方法

地下线采用明挖法时,为减少土方开挖量,车站与区间线路埋深越浅越节省工程造价,线路纵剖面主要坡型是车站位于低位,区间位于高位,即所谓凹形坡。当采用暗挖法时,一般应选择较深的好地层,线路纵剖面主要是凸形坡,车站位于纵剖面高处。

(5) 排水站位置

地下线排水站主要是排除隧道结构渗漏水 and 冲洗水,设于线路纵剖面的最低点,困难条件下,允许偏离不超过 10 m。排水站位置受很多因素制约,区间排水站要选择出水口的位置,为了检修,往往要求与区间通风道结合在一起;车站端部排水站受车站平面位置制约,至车站中心的距离往往是定数,因此纵剖面设计要考虑排水站的设置位置。

(6) 防洪水位

在有洪水威胁的城市中修建地铁时,纵剖面设计要满足防洪要求。地面线路基、地下线的各种出地面口部,应按 100 年一遇的洪水位设计。

2.2 地下铁道车站建筑设计

2.2.1 地铁车站建筑设计的基本组成

地下铁道车站是地下铁道的交通枢纽,主要承担乘客上下车、候车和集散的作用,同时也是布置运营管理和技术设备的场所,是地下铁道设计中技术要求最复杂的部位,不仅结构功能复杂,而且技术要求难度较大,造价通常为同长度区间隧道的 3~10 倍。因此,地下铁道车站设计是一项十分重要的技术环节。

地下铁道车站由车站主体(站台、站厅,生产、生活用房),出入口及通道,通风道及地面通风亭等三大部分组成。地下铁道车站的总体功能布置如图 2.2.1 所示。

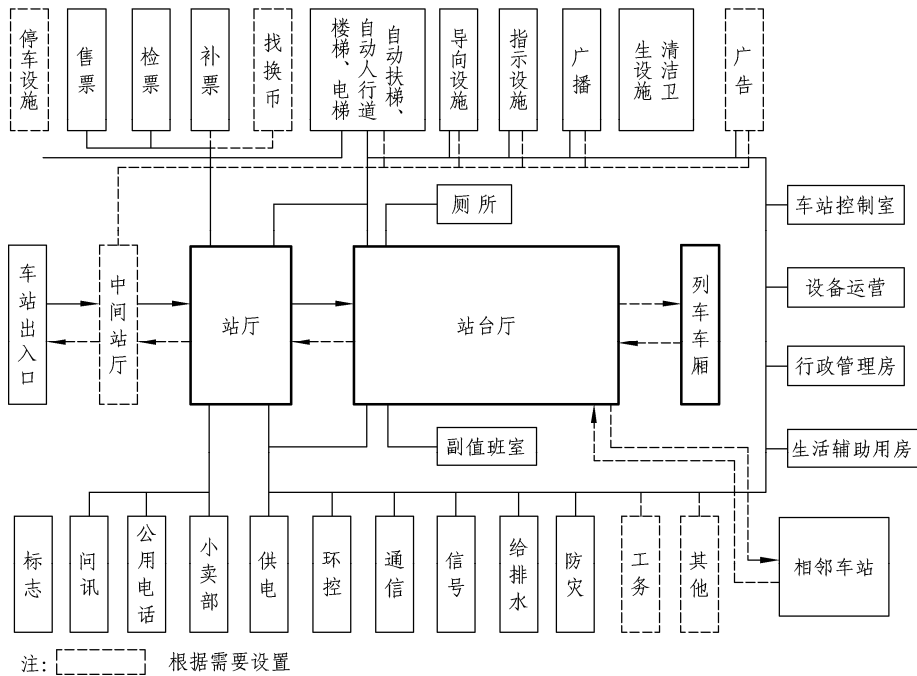


图 2.2.1 地铁车站功能分析图

车站建筑一般包括供乘客使用、运营管理、技术管理和生活辅助四大部分。

① 乘客使用空间：在车站建筑组成中占有很重要的位置，它是车站中的主体部分，此部分的面积占车站总面积 50% 左右。主要包括站厅、站台、出入口、通道、售票处、检票口、问讯、公用电话、小卖部、楼梯及自动扶梯等。

② 运营管理用房：为了保证车站具有正常运营条件和营业秩序而设置的办公用房。主要包括站长室、行车值班室、业务室、广播室、会议室、公安保卫、清扫员室。

③ 技术设备用房：为了保证列车正常运行、保证车站内具有良好环境条件及在事故灾害情况下能够及时排除灾害的不可或缺的设备用房。主要包括环控房、变电所、综合控制室、防灾中心、通信机械室、信号机械室、自动售检票室、泵房、冷冻站、机房、配电以及上述设备用房所属的值班室、FAS、BAS、AFC 室、工区用房、附属用房及设施等。

④ 辅助用房：为了保证车站内部工作人员正常工作生活所设置的用房。主要包括厕所、更衣室、休息室、茶水间、盥洗室、储藏室等。

2.2.2 地铁车站总平面布局及车站平面构成

1. 车站总平面布局

车站建筑总平面布局主要解决在车站中心位置及方向确定以后，根据车站所在地周围的环境条件、城市有关部门对车站布局的要求，依据选定的车站类型，合理地布设车站出入口、

通道、通风道等设施，以便使乘客能够安全、迅速、方便地进出车站。同时还要处理地铁车站、出入口及通道、通风道及地面通风亭与城市建筑物、道路交通、地下过街道或天桥、绿地等的关系，使之相互协调统一。

车站建筑平面布局的影响因素很多，设计中所遇到的问题也很复杂，有时受到客观条件的限制使方案很难达到理想的效果，而车站出入口的设置对车站总平面设计较为关键。其注意的基本原则有：

(1) 车站出入口、地面通风亭位置的选定

① 车站出入口的位置，一般都选在城市道路两侧、交叉路口及有大量人流的广场附近。出入口宜分散均匀布置，出入口之间的距离尽可能大一些，使其能够最大限度地吸引更多的乘客，方便乘客进入车站，如图 2.2.2 所示。

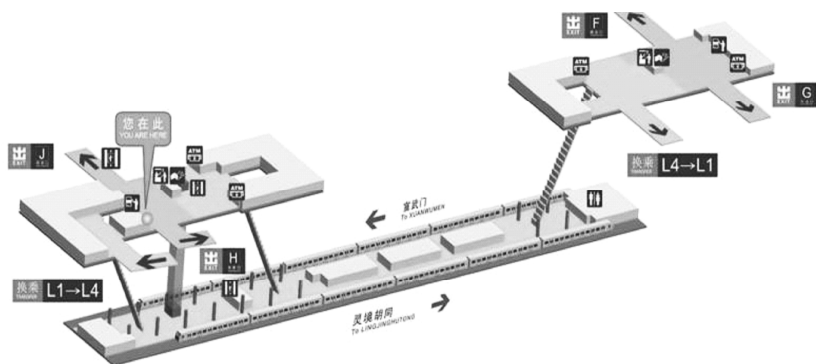


图 2.2.2 地铁车站分散均匀布置

② 单独修建的地面出入口和地面通风亭，其位置应符合当地城市规划部门的规划要求，一般都设在建筑红线以内。如有困难不能设在建筑红线以内时，应经过当地城市规划部门的同意，再选择其位置。地面出入口的位置不应妨碍行人通行。

③ 车站出入口宜设在火车站、公共汽车站、电车站附近，便于乘客换车。车站出入口与城市人流路线有密切的关系。应合理组织出入口的人流路线，尽量避免相互交叉和干扰。车站出入口不宜设在城市人流的主要集散处，以便减小出入口被堵塞的可能，如图 2.2.3 所示。



图 2.2.3 广州东站地铁站出入口布置

④ 车站出入口应设在比较明显的部位，便于乘客识别，如图 2.2.4 所示。

⑤ 车站出入口和地面通风亭不应设在易燃、易爆、有污染源并挥发有害物质的建筑物附近，与上述建筑物之间的防火安全距离应符合有关规范的规定。

⑥ 车站主要出入口应朝向地铁的主客流方向。大商场、大型公交车站、大中型企业、大型文体中心、大居住区等都是地铁乘客的主要来源地和主客流方向，如图 2.2.5 所示。

⑦ 有条件时，车站出入口可以与附近的地下商场等建筑物相连通，方便乘客购物和进入车站。车站出入口也可设在附近建筑物的首层，对乘客进、出车站十分方便。



图 2.2.4 广州地铁中大站 A 出入口



2.2.5 广州地铁体育西路站出入口布置

(2) 车站出入口与城市过街地道、天桥、下沉广场相结合

当地铁车站出入口位于城市过街地道、天桥附近时，为了方便乘客，节约投资，可以将两者合并在一起修建。这种合建的地铁车站出入口兼城市过街道的位置，一般宜设在车站的端部，这样布置可以不致影响车站的管理和对站内人流路线的干扰。从总的方面看，与城市过街地道、天桥结合的车站出入口，对城市建设和地铁运营都是有利的。

地铁车站出入口修建在城市下沉广场附近时，车站出入口可以直接设在下沉广场内，如下沉广场内设有商业网点，对乘客会十分方便。

(3) 远、近工程应统一规划，统一设计

在进行车站建筑总平面布局时,应根据车站远期发展的需要,结合地区条件和具体情况,采取一次建成或者分期实施的方式修建。远、近期工程应统一规划、统一设计。

2. 车站平面构成

地铁车站的平面基本由站厅、出入口、站台、辅助用房四部分组成,如图 2.2.6 所示。

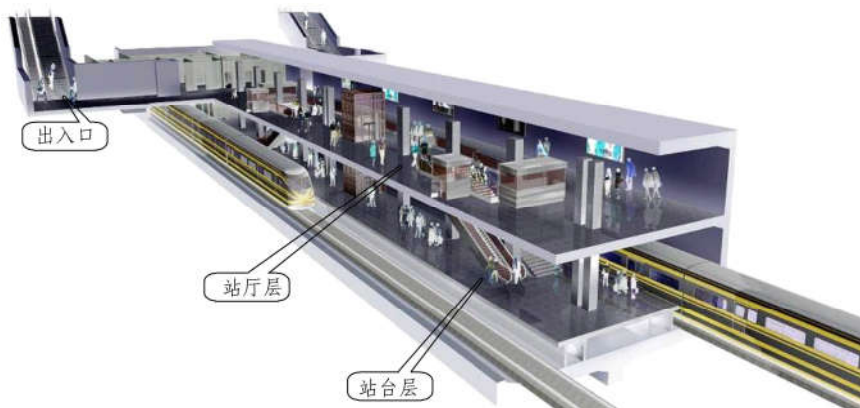
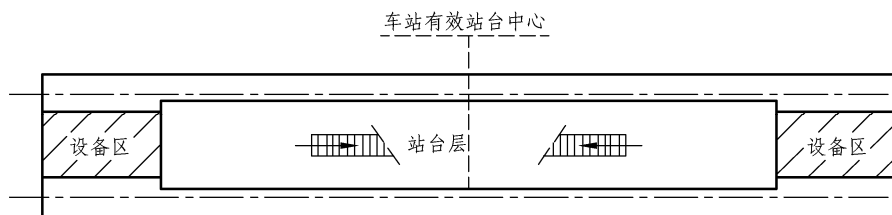


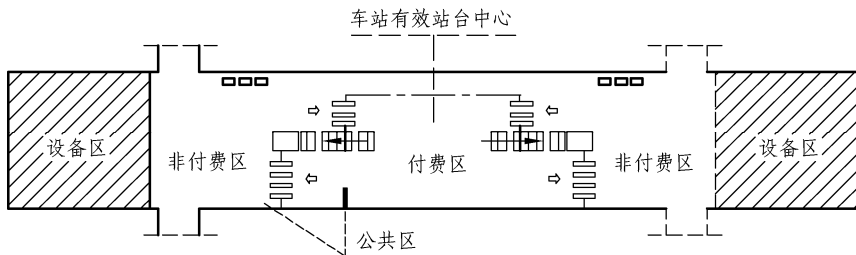
图 2.2.6 车站平面组成示意图

① 地面站厅或出入口:是地下铁道与地面的联络口,供乘客进、出车站用,还具有组织和分配人流的作用。

② 站厅层:立面位于站台与地面之间,一般在中二层部分,供售票、候车、小卖等用。侧式站台埋深较浅时,无法设中间站厅,可设地面站厅或以出入口代替中间站厅的作用。典型的车站站厅层布置如图 2.2.7 所示。



(a) 站台层示意图



(b) 站厅层示意图

图 2.2.7 站厅层平面面图

③ 站台：供乘客乘降，分散上、下车客流。

④ 辅助用房：为保证地下铁道正常运行，除设置供乘客乘降用的站台外，还应有高压配电、低压配电、变压器室、牵引变电室、风机室、广播室、主副值班室、继电器室、信号工区及驻站通讯引入室、仓库、厕所、污水泵房、服务人员休息室等辅助用房，如图 2.2.8 所示。

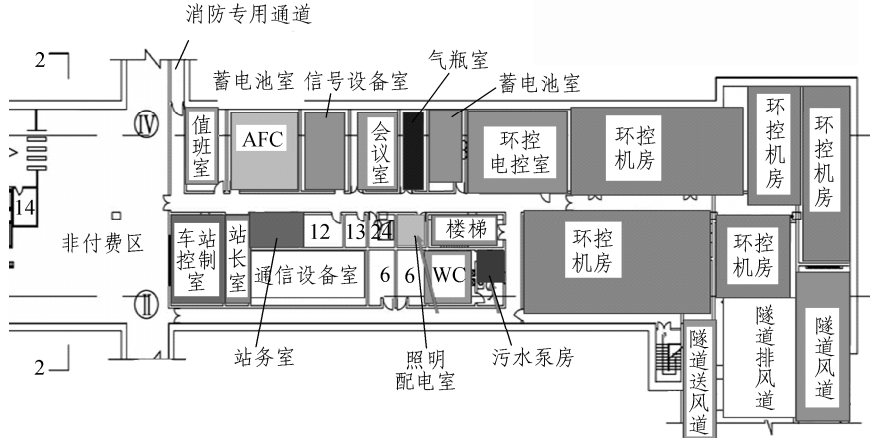


图 2.2.8 车站辅助用房布置

2.2.3 车站建筑设计

1. 车站规模

车站规模主要指车站外形尺寸大小、层数及站房面积多少。车站规模主要根据本站远期预测高峰小时客流量、所处位置的重要性、站内设备和管理用房面积、列车编组长度及该地区远期发展规划等因素综合考虑确定。其中客流量大小是一个重要因素。

车站规模一般分为 3 个等级。在大城市中，车站规模按 3 个等级设置；在中等城市中，其规模可以设为两个等级。车站规模等级适用范围，见表 2.2.1。

表 2.2.1 车站规模等级适用范围

规模等级	适用范围
特级站	客流量大于 5 万人车站规模可列为特级站
一级站	客流量 (3~5) 万，适用于客流量大，地处市中心区的大型商业中心、大型交通枢纽中心、大型集会广场、大型工业区及位置重要的政治中心地区
二级站	客流量 (1.5~3) 万，适用于客流量较大，地处较繁华的商业区、中型交通枢纽中

	心、大中型文体中心、大型公园及游乐场、较大的居住区及工业区
三级站	客流量小于 1.5 万，适用于客流量小，地处郊区各站

注：客流量特别大，有特殊要求的车站，其规模等级可列为特级站。

车站规模的大小，将直接影响到地铁工程造价的高低。规模太大，则不经济；规模太小，又不能满足运营的需要和远期的发展，造成使用上的不便及改建的困难。因此，在确定车站规模等级的时候，应谨慎研究和考虑。

2. 站厅层设计

站厅的作用是将由出入口进入的乘客迅速地、安全地、方便地引导到站台乘车，或将下车的乘客同样地引导至出入口出站。对乘客来说，站厅是上下车的过渡空间。乘客在站厅内需要办理上下车的手续，因此，站厅内需要设置售票、检票、问讯等为乘客服务的各种设施。站厅内设有地铁运营、管理用房，如图 2.2.9 所示。站厅又具有组织和分配人流的作用。



图 2.2.9 地铁站厅层

(1) 站厅的位置

站厅的位置与人流集散情况、所处环境条件、车站类型、站台形式等因素有关。站厅设计的合理与否，将直接影响到车站使用效果及站内的管理和秩序。站厅的布置有以下 4 种，见图 2.2.10：

- ① 站厅位于车站一端：这种布置方式常用于终点站，且车站一端靠近城市主要道路的地面车站。
- ② 站厅位于车站两侧：这种布置方式常用于侧式车站。客流量不大时多采用。
- ③ 站厅位于车站两侧的上层或下层：这种布置方式常用于地下岛式车站及侧式车站站台的上层，高架车站站台的下层。客流量较大者多采用。

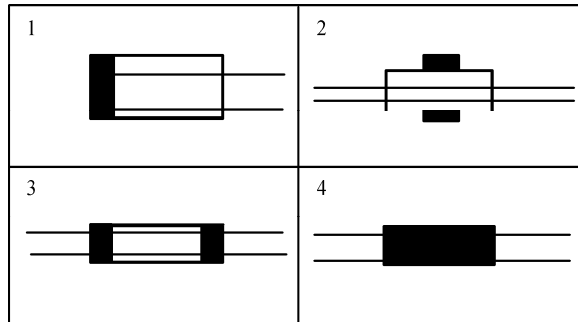


图 2.2.10 车站站厅布置示意图

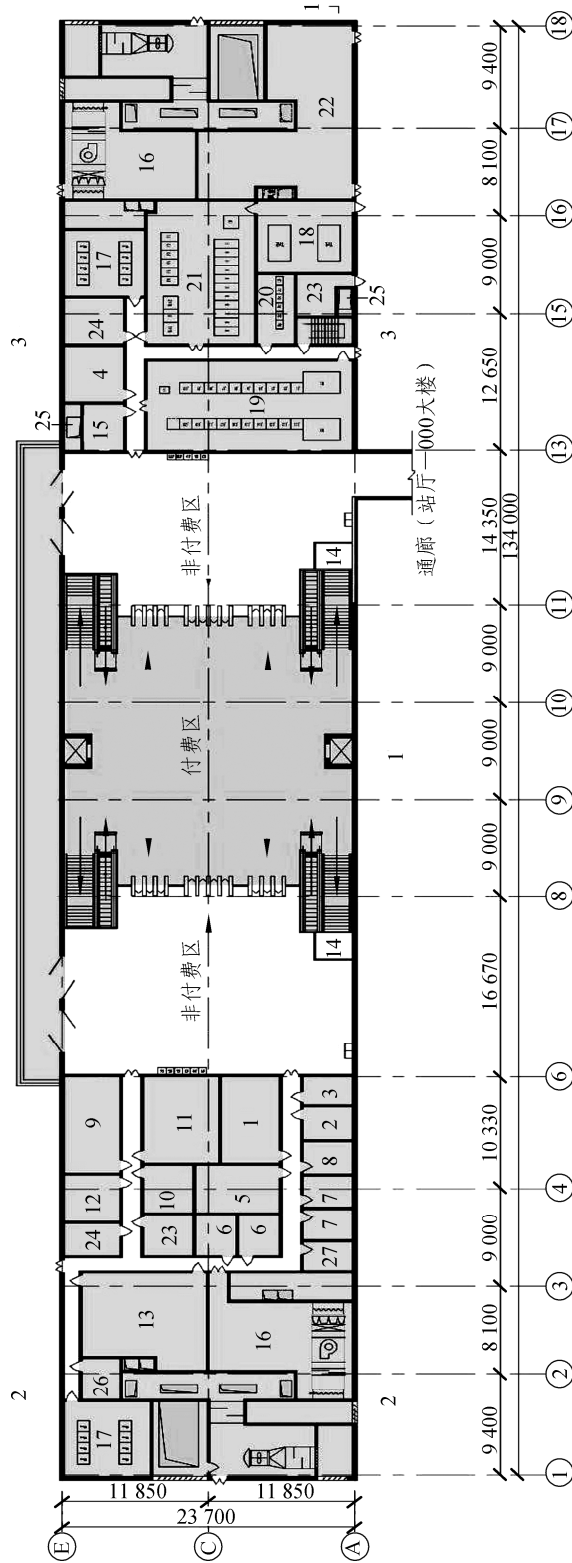
1—站厅位于车站一端；2—站厅位于车站两侧；3—站厅位于车站两端的上层或下层；4—站厅位于车站上层

④ 站厅位于车站上层：这种布置方式常用于地下岛式车站和侧式车站。适用于客流量很大的车站。

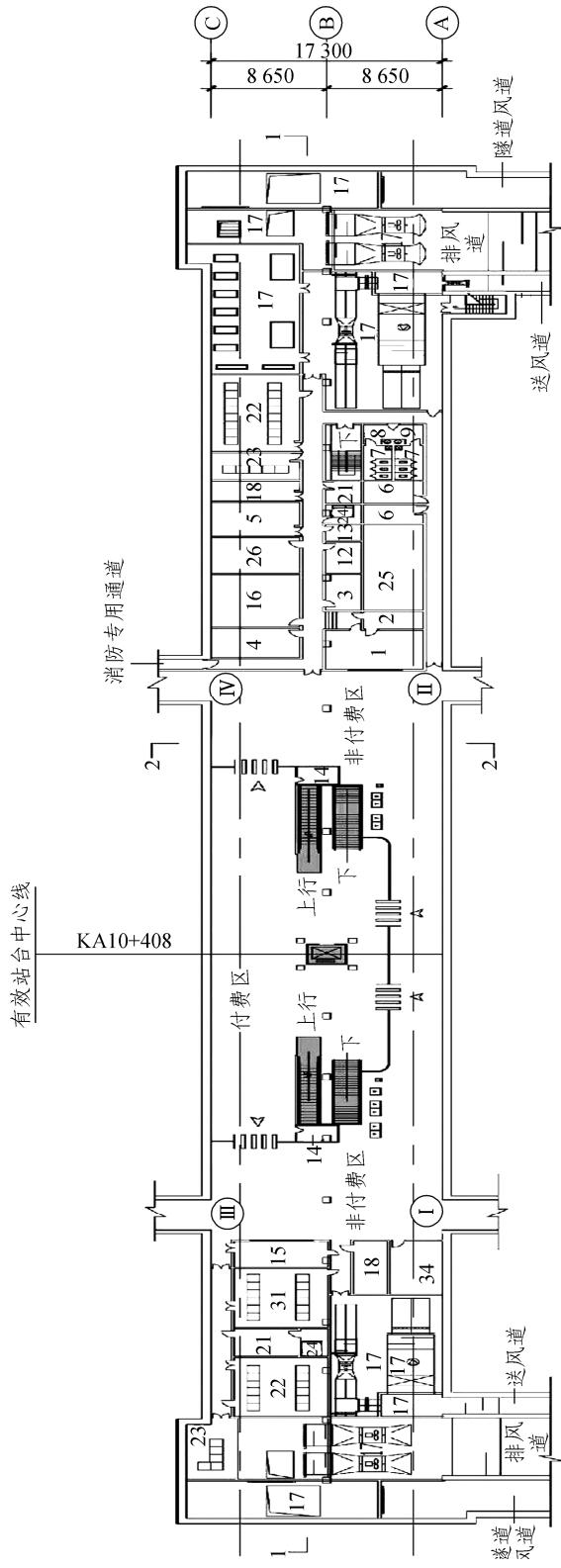
(2) 站厅层设计

根据车站运营及合理组织客流路线的需要，站厅划分为付费区及非付费区两大区域。付费区是指乘客需要经购票、检票后方可进入的区域，然后到达站台。非付费区也称免费区或者公用区，乘客可以在本区内自由通行。付费区与非付费区之间应分隔。

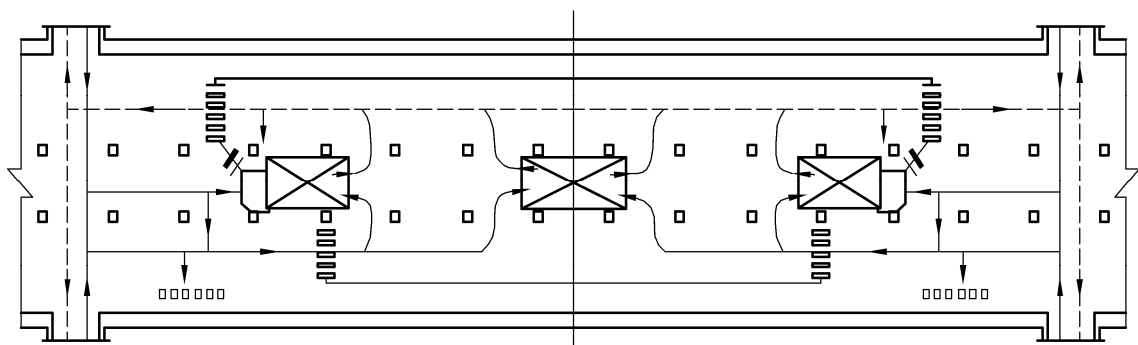
由于地铁车站一般修建在城市主要道路下面，站厅还具有过街通道的功能。因此，为了便于各个出入口的联系和穿行，可以在站厅的一侧或双侧设置通道。由此，也可以将站厅层分为 3 类，见图 2.2.11：



(a) 站厅层不能穿行 (单位: mm)



(b) 站厅层单侧可以穿行 (单位: mm)



(c) 站厅层双侧可以穿行 (附客流方向)

图 2.2.11 站厅层设置形式

- ① 站厅层不能穿行。
- ② 站厅层单侧可以穿行。
- ③ 站厅层双侧可以穿行 (附客流方向)。

3. 站台层设计

站台层是供乘客上、下车及候车的场所，站台层布设有楼梯、自动扶梯及站内用房，如图 2.2.12 所示。站台主要尺寸按下列方法确定。



图 2.2.12 广州地铁大学城站站台层

(1) 站台长度

站台长度分为站台总长度及站台有效长度两种。站台总长度是根据站台层房间布置的位置以及需要由站台进入房门的位置而定，是指每侧站台的总长度。站台有效长度是指远期列车编组总长度与列车停站时允许停车距离不准确值之和，站台有效长度也称为站台计算长度，它是供乘客上、下车的有效长度，也是列车停站位置。站台有效长度 (计算长度) 按照下式计算：

$$L = s \cdot n + \delta \quad (2.2.1)$$

式中 L ——站台有效长度 (m);

s ——列车每节长度 (m);

n ——列车的节数 ;

δ ——列车停车误差, 当无站台门时应取 1 ~ 2 m ; 有站台门时应取 ± 0.3 m 之内。

(2) 站台宽度

站台宽度主要根据车站远期预测高峰小时客流量大小、列车运行间隔时间、结构横断面形式、站台形式、站房布置、楼梯及自动扶梯位置等因素综合考虑确定。为了保证车站安全运营和安全疏散乘客的基本需要, 我国《地铁设计规范》(GB 50157—2013) 中规定了车站站台的最小宽度尺寸, 见表 2.2.2。

表 2.2.2 车站各部位的最小宽度 (GB 50157—2013)

车站站台形式		最小宽度/m
岛式站台		8.0
岛式站台的侧站台		2.5
侧式站台 (长向范围内设梯) 的侧站台		2.5
侧式站台 (垂直于侧站台开通道口设梯) 的侧站台		3.5
站台计算长度不超过 100 m 且楼、扶梯不伸入站台计算长度	岛式站台	6.0
	侧式站台	4.0
通道或天桥		2.4
单向楼梯		1.8
双向楼梯		2.4
与上、下均设自动扶梯并列设置的楼梯 (困难情况下)		1.2
消防专用楼梯		1.2

站台至轨道区的工作梯 (兼疏散梯)	1.1
-------------------	-----

在确定站台宽度设计时, 不仅考虑车站的上下车客流, 还要考虑车站的结构差异, 岛式和侧式车站站台宽度的计算见下式:

岛式站台宽度:

$$B_d = 2b + n \cdot z + t \quad (2.2.2)$$

侧式站台宽度:

$$B_c = b + z + t \quad (2.2.3)$$

$$b = \frac{Q_{\text{上}} \cdot \rho}{L} + b_a \quad (2.2.4)$$

$$b = \frac{Q_{\text{上,下}} \cdot \rho}{L} + M \quad (2.2.5)$$

式中 b ——侧站台长度 (m), 见图 2.2.13, 取公式 (2.2.4) 和公式 (2.2.5) 计算结果的较大值;

n ——横向柱数 (m);

z ——柱子宽度 (含装饰层厚度) (m);

t ——每组楼梯与自动扶梯宽度之和 (含与柱子间所留空隙) (m);

$Q_{\text{上}}$ ——远期或客流控制期每列车超高峰小时单侧上车设计客流量 (人);

$Q_{\text{上,下}}$ ——远期或客流控制期每列车超高峰小时单侧上、下车设计客流量 (人);

ρ ——站台上人流密度 ($\text{m}^2/\text{人}$), 取 ($0.33 \sim 0.75$) $\text{m}^2/\text{人}$;

L ——站台计算长度 (m);

M ——站台边缘至站台门立柱内侧距离 (m), 无站台门时, 取 0;

b_a ——站台安全防护带宽度 (m), 取 0.4, 采用站台门时用 M 替代 b_a 值。

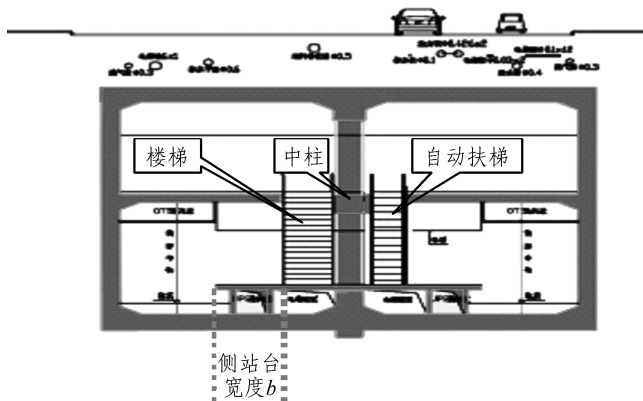


图 2.2.13 岛式车站站台布置

(3) 站台高度

站台高度是指线路走行轨顶面至站台地面的高度。站台实际高度是指线路走行轨下面结构底板面至站台地面的高度，它包括走行轨顶面至道床底面的高度。站台高度的确定，主要根据车厢地板面距轨顶面的高度而定，如表 2.2.3 所示。

表 2.2.3 车站各部位的最小高度

名 称	最小高度/m
地下站厅公共区（地面装饰层面至吊顶面）	3
地下车站站台公共区（地面装饰层面至吊顶面）	3
高架车站站厅公共区（地面装饰层面至梁底面）	2.6
地面、高架车站站台公共区（地面装饰层面至风雨棚底面）	2.6
站台、站厅管理用房（地面装饰层面至吊顶面）	2.4
通道或天桥（地面装饰层面至吊顶面）	2.4
公共区楼梯和自动扶梯（踏步面沿口至吊顶面）	2.3

4. 车站主要设施

(1) 客流通道口

客流通道口主要位于站厅层的公共区，分左右两侧布置，有利于地面道路出入口的均匀布置。有时车站位于地面十字交叉道路的下面，站厅通道通常以通向地面道路交叉口的 4 个方向布置，如图 2.2.1 所示 4。通道口的通行总宽度必须大于站台至站厅楼梯（包括自动楼梯）的总宽度，以利于灾变时的紧急疏散。根据地铁设计规范规定，通道口最小宽度不能小于 2.4 m。

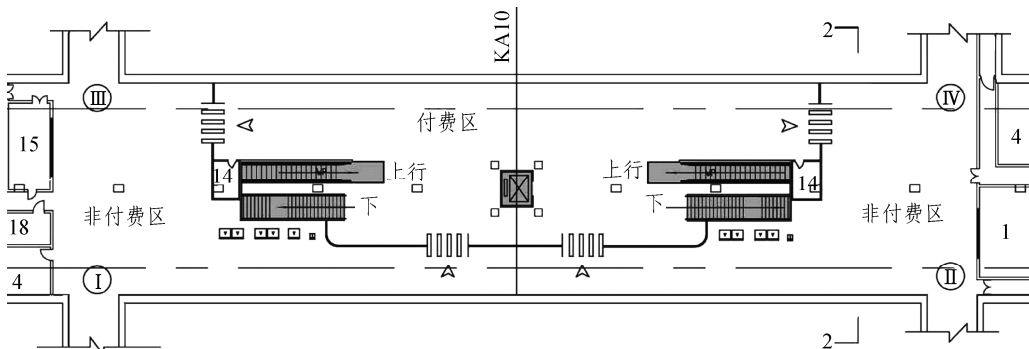


图 2.2.14 地铁车站客流通道口布置

(2) 楼梯、自动扶梯和电梯

地铁车站竖向交通形式主要有楼梯、自动扶梯和电梯，如图 2.2.15 所示。除设在出入口内的楼梯和自动扶梯外，站厅层至站台层供乘客使用的楼梯和自动扶梯应设在付费区内。楼梯、自动扶梯的最大通过能力见表 2.2.4。站厅与站台联系的上下楼梯、自动扶梯要根据客流量和车站规模进行设计。



图 2.2.15 地铁车站楼梯、自动扶梯的布置

① 自动梯台数：

$$n = \frac{NK}{n_1 \eta} \quad (2.2.6)$$

式中 N ——预测的上行与下行的出站客流量 (人/h)；

K ——超高峰小时系数，选用 1.2~1.4；

n_1 ——每小时输送客流的能力 (人次/h)，见表 2.2.4；

η ——自动梯的利用率，选用 0.8。

② 楼梯宽度：

$$m = \frac{N'K}{n_2 \eta} \quad (2.2.7)$$

式中 N' ——预测的上行与下行的进站客流量 (人/h)；

K ——超高峰小时系数，选用 1.2~1.4；

n_2 ——楼梯的通行能力 (人次/h)，见表 2.2.4；

η ——楼梯的利用率，选用 0.7。

③ 楼梯宽度安全疏散时间验算。

提升高度不超过三层的车站，乘客从站台层疏散至站厅公共区或其他安全区域的时间，应按下式进行验算：

$$T = 1 + \frac{Q_1 + Q_2}{0.9[A_1(N-1) + A_2B]} < 6 \text{ min} \quad (2.2.8)$$

- 式中 Q_1 ——远期或客流控制期中超高峰小时 1 列进站列车的最大客流断面流量 (人)；
 Q_2 ——远期或客流控制期中超高峰小时站台上的最大候车乘客 (人)；
 A_1 ——一台自动扶梯通过能力[人/(min·m)]，取 8 100 人/(min·m)；
 A_2 ——疏散楼梯 (上行单向) 的通过能力[人/(min·m)]，取 3 700 人/(min·m)；
 N ——自动扶梯数量；
 B ——疏散楼梯总宽度 (m)，每组楼梯的宽度应按 0.55 m 的整倍数计算；
 1 ——人们遇灾变时所需的反应时间 (一般为 1 min)。

车站楼梯的安全疏散时间我国规定不超过 6 min，而法国则规定不超过 5 min，因此不同的国家对其规定并不相同。

表 2.2.4 车站各部位的最大通过能力

部 位 名 称		最大通过能力/(人次/h)
1 m 宽楼梯	下行	4 200
	上行	3 700
	双向混行	3 200
1 m 宽通道	单向	5 000
	双向混行	4 000
1 m 宽自动扶梯	输送速度 0.5 m/s	6 720
	输送速度 0.6 m/s	≤8 190
售票口	人 工	1 200
	自 动	300
检票口	人工检票口	2 600
	自动检票机	三杆式 1 200

		门扉式	1 800
		双向门扉式	1 500

(3) 售、检票设施

售、检票设施是指乘客使用的售、检票系统，如图 2.2.16 所示。全国地铁车站售、检票可分别按通过的人数来计算，地铁规范对售、检票设施的最大通过能力的规定见表 2.2.4。



(a) 检票机



(b) 自动售票机

图 2.2.16 地铁检票、售票设施

① 售票。

人工售票亭、自动售票机(台)数：

$$N_1 = \frac{M_1 K}{m_1} \quad (2.2.9)$$

式中 M_1 ——使用售票机的人数或上行和下行上车的客流总量(按高峰小时计)；

K ——超高峰系数，选用 1.2~1.4；

m_1 ——售票每小时售票能力，见表 2.2.4。

② 进出站检票口。

检票口检票机台数：

$$N_2 = \frac{M_2 K}{m_2} \quad (2.2.10)$$

式中 M_2 ——高峰小时进站客流量(上行和下行)或出站客流量总量；

K ——超高峰小时系数，选用 1.2~1.4；

m_2 ——检票机每台每小时检票能力，见表 2.2.4。

(4) 地铁车站出入口设计

① 出入口的设置。

a. 出入口数量：浅埋地下车站不宜少于 4 个，深埋车站不应少于 2 个，车站出入口至少为 2 个。

b. 出入口宽度：出入口宽度按车站远期预测超高峰小时客流量计算确定：

$$B_{in} = \frac{QKb_n}{C_t N} \quad (2.2.11)$$

式中 B_{in} ——出入口宽度 (n 表示出入口序号) (m)；

Q ——车站高峰小时客流量；

K ——超高峰系数 ($K = 1.2 \sim 1.4$)；

b_n ——出入口客流不均匀系数 ($b_n = 1.1 \sim 1.25$, n 表示出入序号)；

C_t ——通道通过能力，见表 2.2.4；

N ——出入口数量。

c. 出入口楼梯宽度计算：

$$B = \frac{QKT}{C}(1+a_b) \quad (2.2.12)$$

式中 B ——出入口楼梯宽度 (m)；

Q ——车站高峰小时客流量；

K ——超高峰系数 ($K = 1.2 \sim 1.4$)；

T ——列车运行间隔时间；

C_t ——楼梯通过能力，见表 2.2.4；

a_b ——加宽系数，采用 0.15。

② 出入口口部设计。

a. 简单出入口：不设其他房间的出入口，仅供乘客出入车站，不设售检票设施。

b. 地面站厅：将车站的一部分用房如售检票设施、地面通风亭与出入口组合在一起修建。

2.3 地下铁道构造设计

2.3.1 地下铁道车站构造设计

1. 明挖法施工的车站构造设计

明挖车站可采用矩形框架结构或拱形结构。车站结构形式的选择应在满足功能要求的前提下，兼顾经济和美观，力图创造出与交通建筑相协调的气氛。

(1) 矩形框架结构

矩形框架结构是明挖车站中采用最多的一种形式，根据功能要求，可以设计成单层、双

层、单跨、双跨或多层多跨等形式。侧式车站一般采用多跨结构；岛式车站多采用三跨结构，站台宽度 $\leq 10\text{ m}$ 时站台区宜采用双跨结构，有时也采用单跨结构；在道路狭窄的地段修建地铁车站，也可以采用上、下行线重叠的结构，图 2.3.1 为典型明挖矩形框架结构断面图。

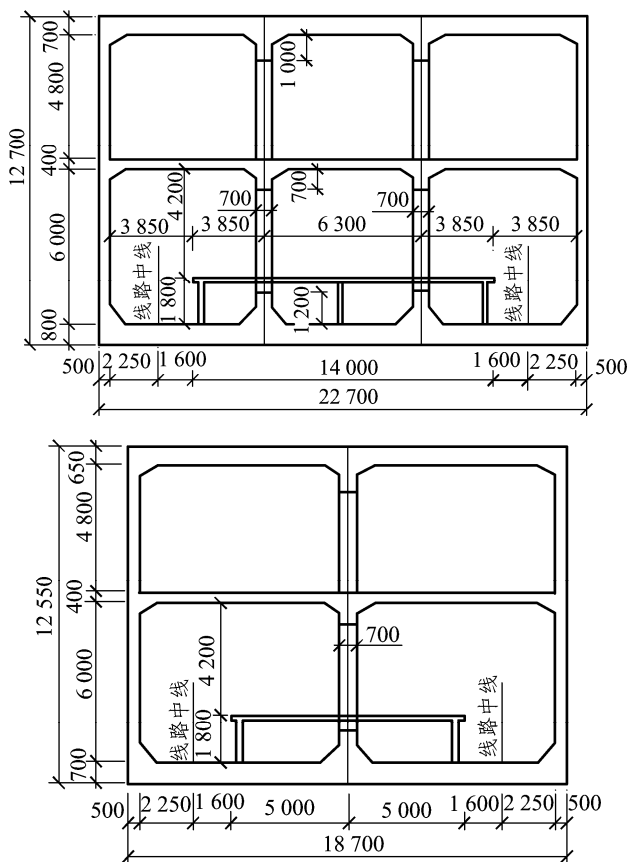


图 2.3.1 典型明挖主体结构断面 (单位: mm)

现代城市的发展对地下铁道提出了新的要求，在很多情况下地铁车站不再是一个单纯的交通性建筑，与城市其他构筑物或建筑物合建的例子越来越多。这时车站结构又是这些结构物的基础或基础的一部分，或者成为集交通、餐饮娱乐、购物于一体的地下综合体。这时应统一规划、统一设计、统一施工，这样不仅可节约建设资金，而且也可减少施工对城市产生的负面效应。

(2) 拱形结构

一般用于站台宽度较窄的单跨单层

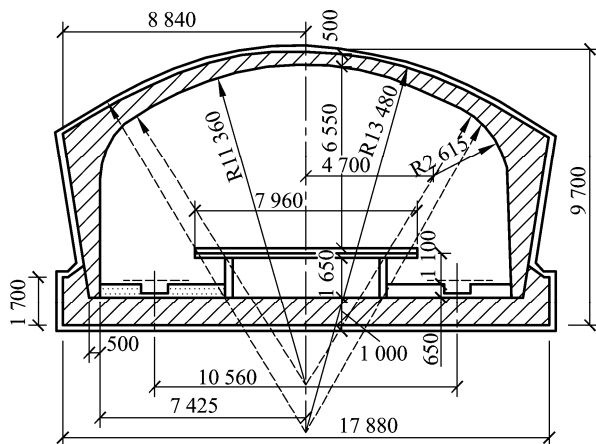


图 2.3.2 明挖拱形车站横断面 (单位: mm)

或单跨双层车站，可以获得良好的建筑艺术效果。莫斯科地铁在拱形覆土较薄的车站中采用的一种断面形式。结构由拱形顶板的变截面单跨斜腿刚架和平底板组成，墙角与底板之间采用铰接，并在其外侧设有与底板整浇的挡墙，用以抵抗刚架的水平推力。图 2.3.2 为拱形车站的横断面。

2. 盖挖法施工的车站结构设计

盖挖车站基坑开挖与结构浇注顺序的不同，有 3 种基本的施工方法：盖挖顺作法、半逆法和逆作法。从结构观点看，盖挖顺作法与明挖法并无不同，而半逆作法则与逆作法相近。图 2.3.3 示出了国内外一些典型盖挖逆作法车站的横断面。上海地铁 1 号线淮海路下面的常熟路站是我国首次用逆作法施工的地铁车站，地下连续墙既是基坑的侧壁支护，又是主体结构结构的侧墙，槽段之间采用十字钢板接头防渗抗剪，中间竖向临时支撑系统采用 H 型钢立柱和钢管打入桩基础。永安里站在我国首次采用桩墙组合结构作为车站永久结构的侧墙。天安门站边墙灌注桩和中间立柱均采用条形基础，不仅较常规方法缩短了桩长，避免了水下成桩的困难，而且减少了施工占路时间。比利时安特卫普地铁车站是在暗挖的导洞内用顶管法修建顶板及人工开挖的边墙后，再用连续墙法修建地下水位以下的墙体。

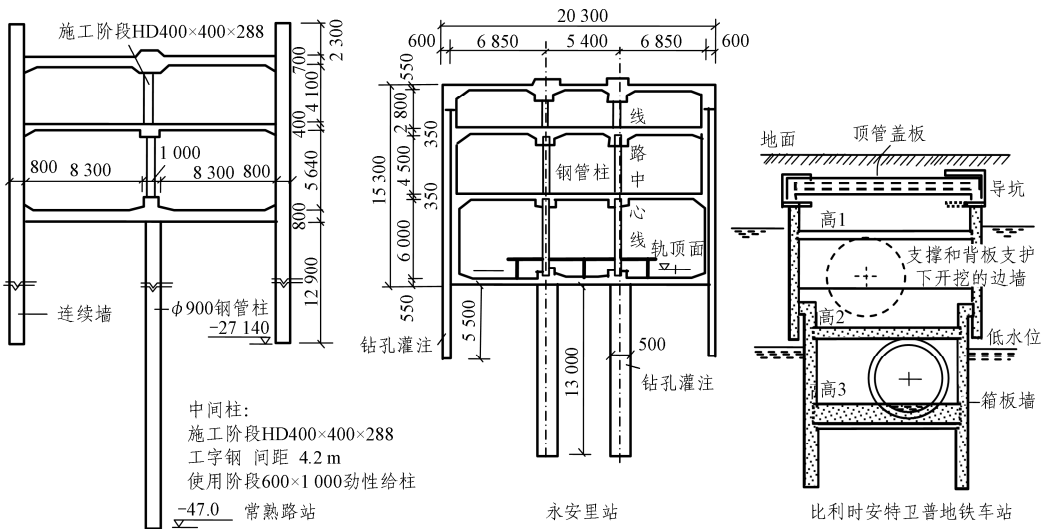


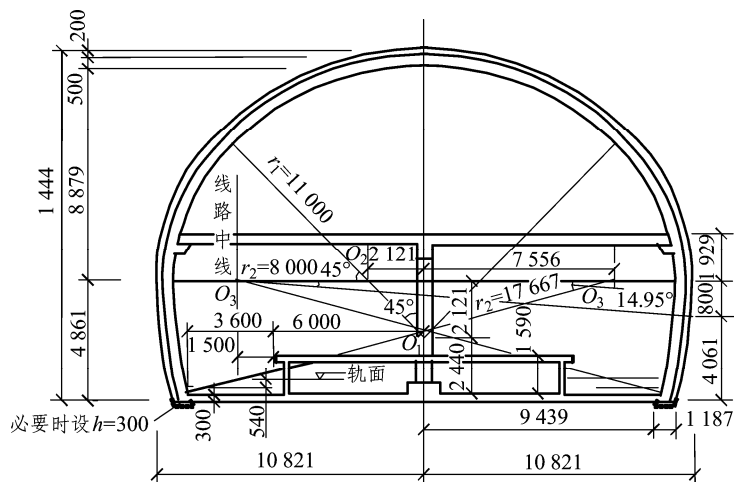
图 2.3.3 盖挖逆作法车站结构实例 (单位: mm)

3. 矿山法施工的车站结构设计

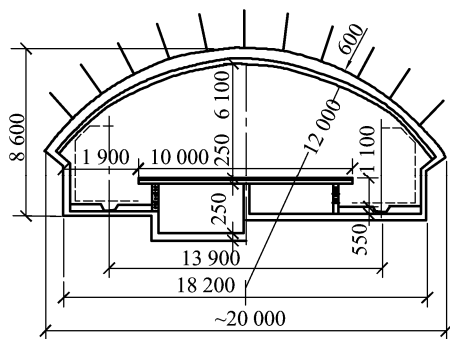
矿山法施工的地铁车站，视地层条件、施工方法及其使用要求的不同，可采用单拱式车站、双拱式车站或三拱式车站，根据需要可做成单层或双层。此类车站的开挖断面一般为 $150 \sim 250 \text{ m}^2$ ，由于断面较大，开挖方法对洞室稳定、地面沉降和支护受力等有重大影响，在第四纪土层中开挖时常需要采用辅助施工措施。

(1) 拱车站隧道

拱车站隧道如图 2.3.4 所示。这种构造形式由于可以获得宽敞的空间和宏伟的建筑效果，在岩石地层中采用较多；近年来国外在第四纪地层中也有采用的实例，但施工难度大、技术措施复杂、造价也高。



(1) 重庆朝沙线地下轻轨车站



(2) 大拱脚、薄边墙单拱车站

图 2.3.4 重庆地铁单拱车站方案 (单位: mm)

(2) 双拱车站隧道

双拱车站有两种基本形式，即双拱塔柱式和双拱立柱式。

双拱塔柱式车站：这种车站两个主隧道之间间隔一定距离开有横向联络通道，双层车站还可在其中布置楼梯间。两个主隧道的净距一般不小于 1 倍主隧道的开挖宽度。图 2.3.5 示出了青岛地铁国棉九厂站的横断面。该站埋置于坚硬完整的花岗岩地层中(局部有破碎带)，无地下水，上覆岩石厚度 9~11 m，采用复合式衬砌。横通道净宽 4.5 m，中心间距 21~23 m。

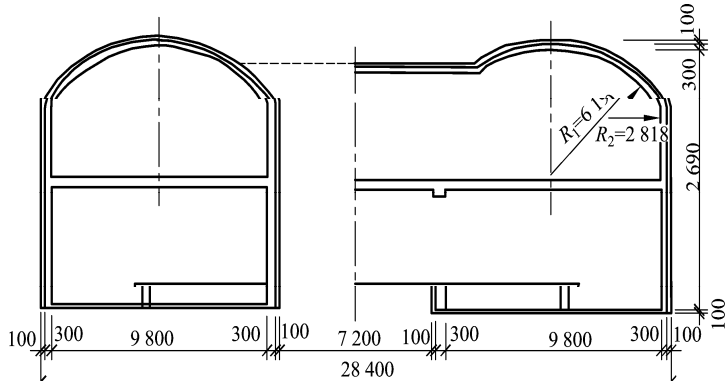


图 2.3.5 青岛地铁国棉九厂站 (单位: mm)

双拱立柱式车站: 双拱立柱式车站早期多用于石质较好的地层, 图 2.3.6 示出了纽约地铁车站的实例。随着新奥法的出现, 这种形式近年来在岩石地层中已经逐渐被单拱车站取代。

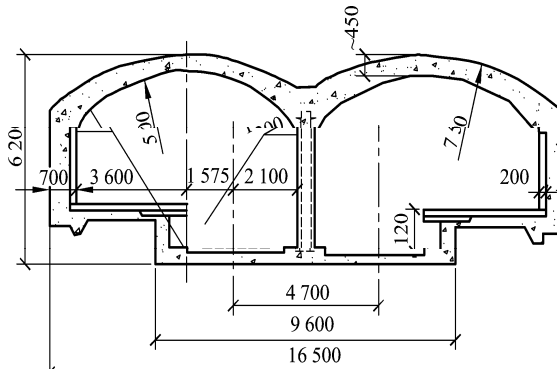


图 2.3.6 双拱立柱车站实例 (单位: mm)

(3) 三拱车站隧道

三拱车站亦有塔柱式和立柱式两种基本形式, 但三拱塔柱式车站现已很少采用, 土层中大多数采用三拱立柱式车站, 见图 2.3.7。

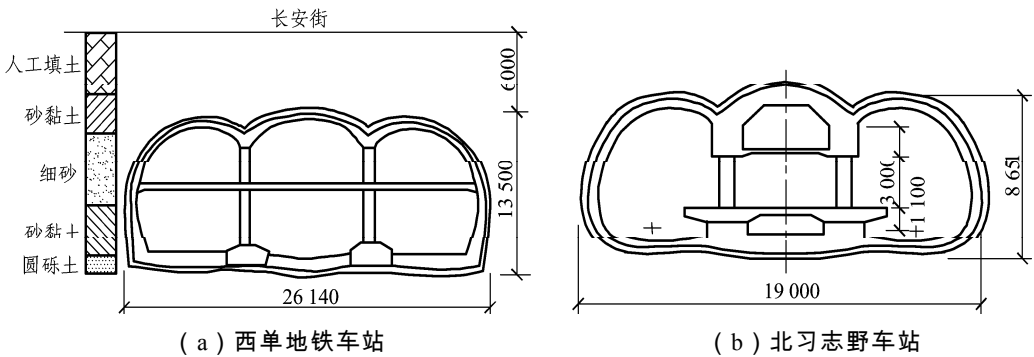


图 2.3.7 三拱立柱式车站实例 (单位: mm)

4. 盾构法施工的车站构造设计

盾构车站的结构形式与所采用的盾构类型、施工方法和站台形式等关系密切。传统的盾构车站是采用单圆盾构或单圆盾构与半盾构结合或单圆盾构与矿山法结合修建的。单圆盾构可以是两台平行作业，也可利用一台在端头井内折返。近年来开发的“多圆盾构”等新型盾构，进一步丰富了盾构车站的形式。盾构车站的站台有侧式、岛式及侧式与岛式混用（称为复合式）的3种基本类型。盾构车站的结构形式可大致分类如下：

(1) 由两个并列的圆形隧道组成的侧式站台车站

如图2.3.8所示。每个隧道内都设有一组轨道和一个站台。两隧道的相对位置主要取决于场地条件和车站的使用要求，一般多设于同一水平，乘客从车站两端或车站中部夹在两圆形隧道之间的竖井（或自动扶梯隧道）进入站台；在两个并列隧道之间可以用横向通道连通，两隧道之间的净距应保证并列隧道施工的安全并满足中间竖井（或斜隧道）的净空要求。

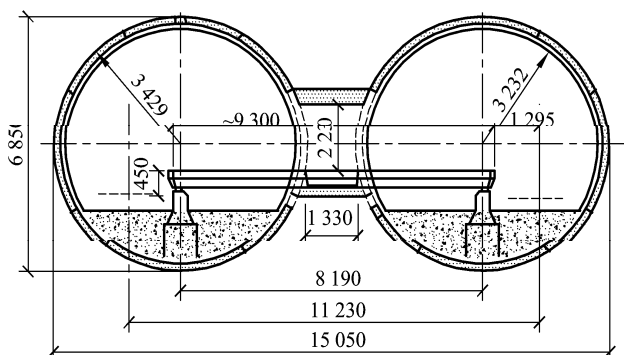


图2.3.8 伦敦地铁盾构车站（单位：mm）

(2) 由3个并列的圆形隧道组成的三拱塔柱式车站

如图2.3.9所示。两侧为行车隧道并在其内设置站台，中间隧道为集散厅，用横通道将3个隧道连成一个整体。乘客从中间隧道两端或位于车站中部的竖井（或斜隧道）进入集散厅。此种形式的车站在苏联的深埋地铁中采用较多。

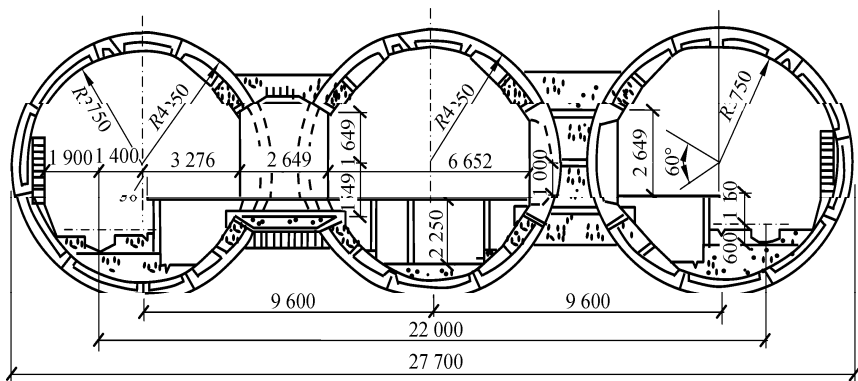


图2.3.9 基辅地铁三拱塔柱式车站（单位：mm）

(3) 柱式车站

传统立柱形车站为三跨结构，先用单圆盾构开挖两旁侧隧道，然后施工中间站厅部分，将它们连成一体。中间站厅视施工方法的不同，可以是拱形的或平顶的。两旁侧隧道的拱圈及中间隧道的拱圈（或平顶）支承在纵梁及立柱上。这种形式的车站也被称之为眼镜形车站，是一种典型的岛式车站（见图 2.3.10），乘客从车站两端的斜隧道或竖井进入站台。站台宽度应满足客流集散要求，一般不小于 10 m，站台边至立柱外侧的距离不小于 2 m。

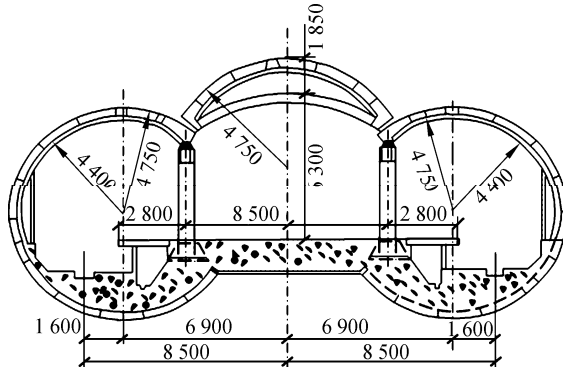


图 2.3.10 莫斯科地铁三拱立柱岛式车站（单位：mm）

图 2.3.11 为日本东京地铁 7 号线白金车站采用的盾构车站断面。车站隧道用三圆盾构修建。三圆盾构到达车站端头并后拆去其中央部分即形成两个开挖区间隧道的普通盾构。

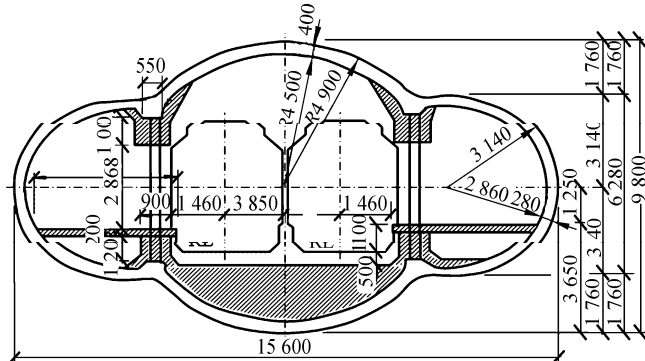


图 2.3.11 东京地铁 7 号线白金台侧式车站（单位：mm）

2.3.2 区间隧道构造设计

地下铁道区间隧道衬砌结构与构造主要取决于隧道的用途、沿线地形、地物、水文地质、工程地质条件、施工方法、环境要求、维修管理、工期要求及投资高低等因素。

1. 明挖法修建的隧道构造设计

明挖法施工的隧道结构通常采用矩形断面，一般为整体浇注或装配式结构，其优点是其内轮廓与地下铁道建筑限界接近，内部净空可以得到充分利用，结构受力合理，顶板上便于敷设城市地下管网设施。

(1) 整体式衬砌结构

结构断面分单跨、双跨等形式，见图 2.3.12。由于其整体性好，防水性能容易得到保证，故可适用于各种工程地质和水文地质条件，但施工工序较多，速度较慢。

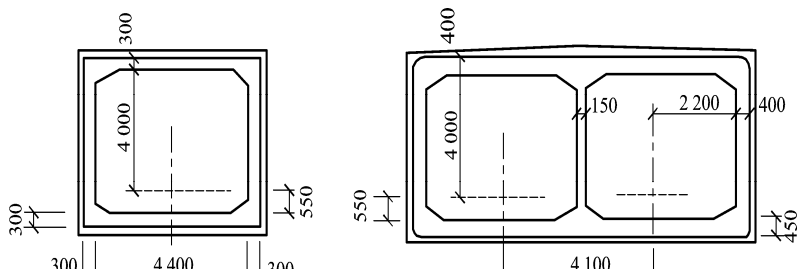


图 2.3.12 明挖法修建的整体式衬砌结构形式 (单位: mm)

(2) 预制装配式衬砌

预制装配式衬砌的结构形式应根据工业化生产水平、施工方法、起重运输条件、场地条件等因地制宜选择，目前以单跨和双跨较为通用，见图 2.3.13。装配式衬砌整体性较差，对于有特殊要求（如防护、抗震）的地段要慎重选用。

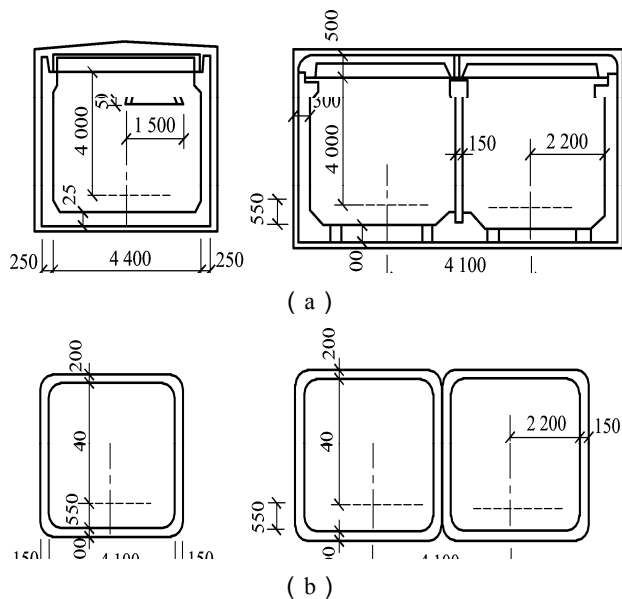


图 2.3.13 明挖法修建的装配式衬砌结构形式 (单位: mm)

(3) 区间喇叭口隧道

喇叭口衬砌通常都采用整体式钢筋混凝土结构，图 2.3.14 表示非对称形喇叭口结构。

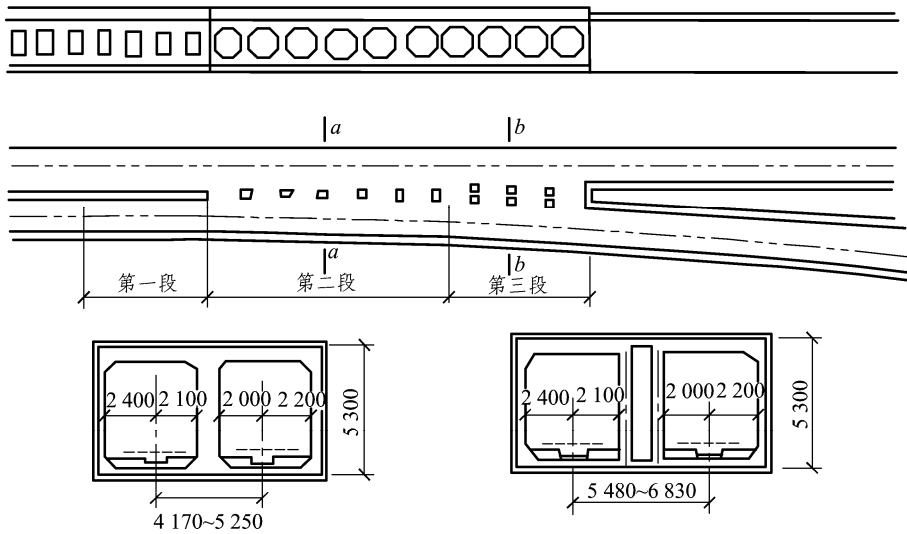


图 2.3.14 非对称形的喇叭口结构 (单位: mm)

2. 矿山法修建的隧道构造设计

地下铁道区间隧道采用矿山法施工时, 一般采用拱形结构, 其基本断面形式为单拱、双拱和多跨连拱, 见图 2.3.15。前者多用于单线或双线的区间隧道或联络通道, 后两者多用在停车线、折返线或喇叭口岔线上。

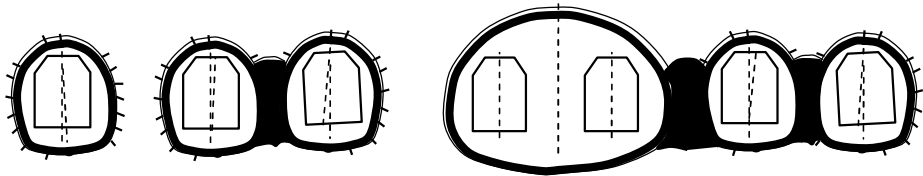


图 2.3.15 矿山法修建的衬砌结构形式

根据上述对隧道衬砌结构的基本要求以及隧道所处的围岩条件、地下水状况、地表下沉的控制、断面大小和施工方法等, 可以采用基本结构类型及其变化方案。

(1) 衬砌的基本结构类型——复合式衬砌

这种衬砌结构是由初期支护、防水隔离层和二次衬砌所组成。图 2.3.16 为北京地铁单线区间隧道的复合式衬砌。外层为初期支护, 其作用为加固围岩, 控制围岩变形, 防止围岩松动失稳, 是衬砌结构中的重要承载单元。一般应在开挖后立即施作, 并与围岩密贴。所以, 最适宜采用喷锚支护, 根据具体情况, 选用锚杆、喷混凝土、钢筋网和钢支撑等单一或并用而成。

内层为二次衬砌, 通常在初期支护变形稳定后施作。因此, 它的作用主要为安全储备, 并承受静水压力, 以及围岩蠕变或因围岩性质恶化和初期支护腐蚀后所引起的后续荷载, 并提供光滑的通风表面。故一般采用模注混凝土, 但也可采用喷混凝土。

在初期支护和二次衬砌之间一般需敷设不同类型的防水隔离层。

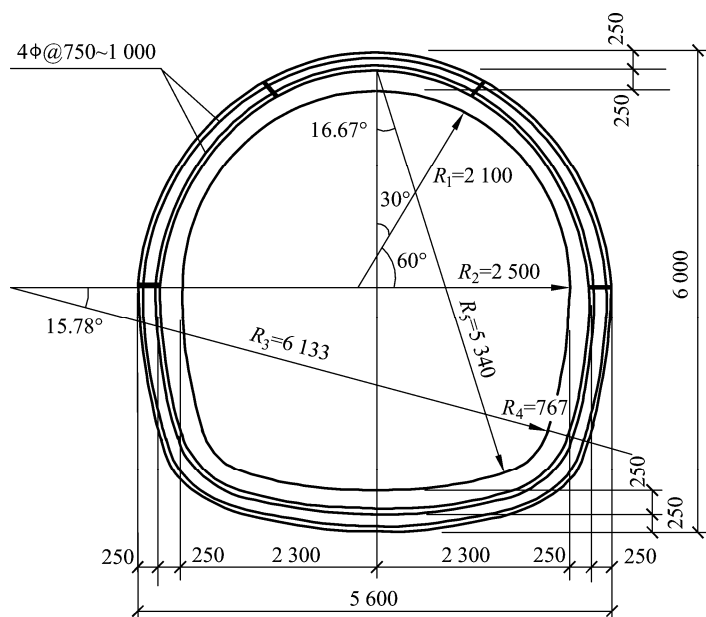


图 2.3.16 复合式衬砌构造 (单位: mm)

(2) 衬砌结构的变化方案

在干燥无水的坚硬围岩中, 区间隧道衬砌亦可采用单层的喷锚支护, 不做防水隔离层和二次衬砌, 但此时对喷混凝土的施工工艺和抗风化性能都应有较高的要求, 衬砌表面要平整, 不允许出现大量的开裂。

当岩层的整体性较好、基本无地下水、防水要求不高, 从开挖到衬砌这段时间围岩能够自稳, 或通过锚喷临时支护围岩能够自稳时, 可采用单层整体现浇混凝土衬砌或装配式衬砌, 不做初期支护和防水隔离层。为适应不同的围岩条件, 整体式衬砌可做成等截面直墙式和等截面或变截面曲墙式, 前者适用于坚硬围岩 (IV类以上), 后者适用于软弱围岩。

一般要求在衬砌做好后向衬砌背后注浆, 充填空隙, 改善衬砌受力状态, 减少围岩变形。同时衬砌混凝土本身需有较高的自防水性能。

矿山法可用来修建折返段等特殊地段的隧道。

3. 盾构法修建的隧道构造设计

盾构法修建的隧道衬砌有预制装配式衬砌、预制装配式衬砌和模注钢筋混凝土整体式衬砌相结合的双层衬砌以及挤压混凝土整体式衬砌三大类, 见图 2.3.17 及图 2.3.18。

(1) 制装配式衬砌

预制装配式衬砌是用工厂预制的构件 (称为管片), 在盾构尾部拼装而成的。管片种类按材料可分为钢筋混凝土、钢、铸铁以及由几种材料组合而成的复合管片。

按管片螺栓手孔成形大小, 可将管片分为箱形和平板形两类, 如图 2.3.19 和图 2.3.20 所示。平板形管片是指因螺栓手孔较小或无手孔而呈曲板形结构的管片。由于管片截面削弱较

少或无削弱，故对千斤顶推力具有较大的抵抗力，对通风的阻力也较小。无手孔的管片也称为砌块。现代的钢筋混凝土管片多采用平板形结构。

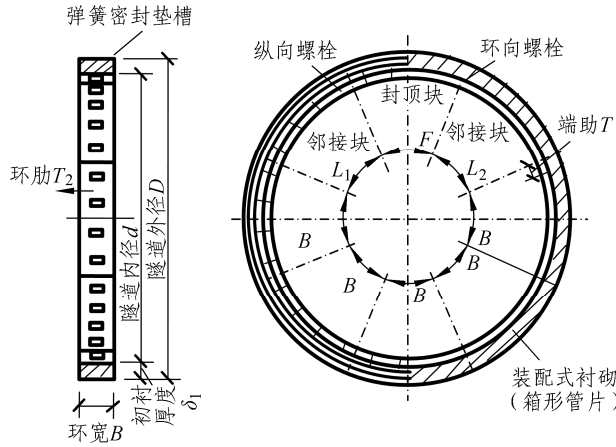


图 2.3.17 单层装配式衬砌圆环的构造图

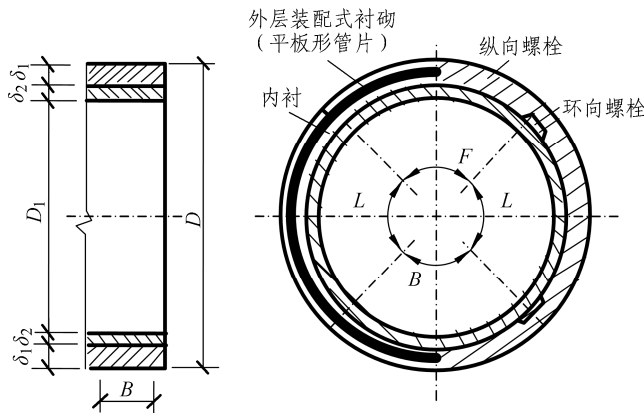


图 2.3.18 双层衬砌圆环构造图

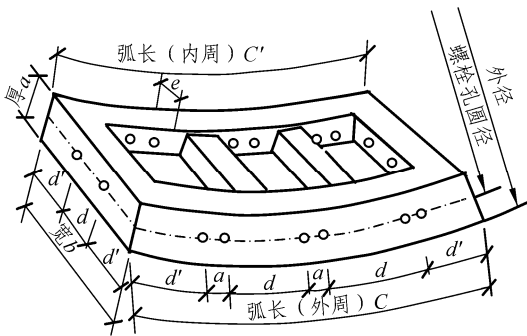


图 2.3.19 箱形管片

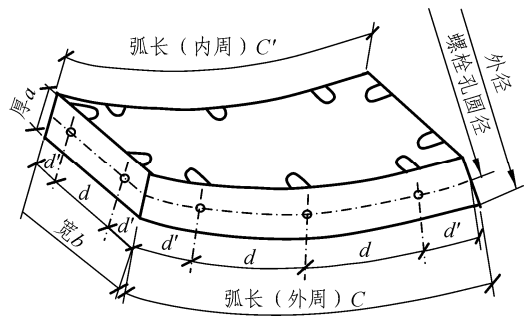


图 2.3.20 平板形管片

衬砌环的组成，一般有两种方式：一种是由若干标准管片(A)、两块相邻管片(B)和

一块封顶管片(K)组成;另一种是由若干块A形管片、一块B形管片和一块K形管片构成,见图2.3.21,相邻管片一端带坡面,封顶管片则两端或一端带坡面。从方便施工、提高衬砌环防水效果角度看,第一种方式较好。

衬砌环的拼装形式有错缝和通缝两种,见图2.3.22。错缝拼装可使接缝分布均匀,减少接缝及整个衬砌环的变形,整体刚度大,所以是一种较为普遍采用的拼装形式。但当管片制作精度不够高时,管片在盾构推进过程中容易被顶裂,甚至顶碎。在某些场合,例如需要拆除管片修建旁通道处或某些特殊需要时,则衬砌环通常采用通缝拼装形式,以便于结构处理。

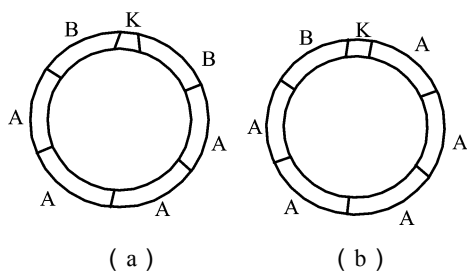


图 2.3.21 管片分块方法

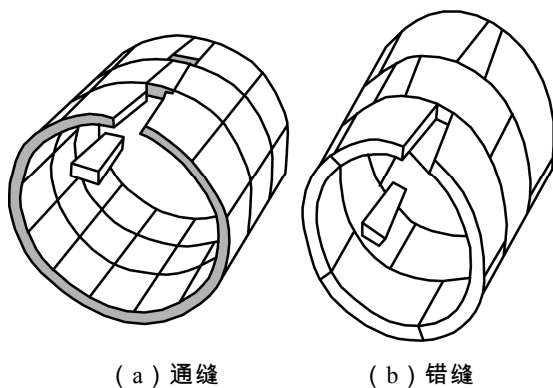


图 2.3.22 管片拼缝形式

(2) 双层衬砌

为防止隧道渗水和衬砌腐蚀,修正隧道施工误差,减少噪声和振动以及作为内部装饰,可以在装配式衬砌内部再做一层整体式混凝土或钢筋混凝土内衬。根据需要还可以在装配式衬砌与内层之间敷设防水隔离层。国内外在含地下水丰富和含有腐蚀性地下水的软土地层内的隧道,大都选用双层衬砌,即在隧道衬砌的内侧再附加厚250~300mm的现浇钢筋混凝土内衬,主要解决隧道防水和金属连接杆件防蚀问题,也可使隧道内壁光洁,减少空气流动阻力。

(3) 挤压混凝土整体式衬砌

挤压混凝土衬砌(Extrude Concrete Lining,简称ECL)就是随着盾构向前推进,用一套衬砌施工设备在盾尾同步灌注的混凝土或钢筋混凝土整体式衬砌,因其灌注后即承受盾构千斤顶推力的挤压作用,故有此称谓。

挤压混凝土衬砌可以是素混凝土或是钢筋混凝土,但应用最多的是钢纤维混凝土。

挤压混凝土衬砌一次成型,内表面光滑,衬砌背后无空隙,故无须注浆,且对控制地层移动特别有效。但因挤压混凝土衬砌需要较多的施工设备,而且混凝土制备、配送、钢筋骨架等工艺较为复杂,在渗漏性较大的土层中要达到防水要求尚有困难。故挤压混凝土衬砌的应用尚未广泛。

4. 特殊地段隧道构造设计

(1) 沉埋结构

地下铁道穿越江、河、湖、海时，往往采用预制沉埋法施工，这一方法的要点是先在干船坞或船台上分段制作隧道结构，然后放入水中，浮运至设计位置，逐段沉入到水底预先挖好的沟槽内，处理好各节段的接缝，使其连成整体贯通隧道。

沉埋结构横断面有圆形和矩形两大类，断面形状要从空间的充分利用和结构受力合理两方面综合考虑。当隧道位于深水中（大于 45 m），管段承受较大的水压时，其相应的内力较大，采用圆形或接近圆形的断面比矩形断面更为有利；当水深在 35 m 之内时，可用矩形断面，水深介于 35~45 m 时，要进行详细对比予以选择。

每节沉管的长度依据所在水域的地形、地质、航运、航道、施工方法等方面的要求确定，一般为 60~140 m，多数在 100 m 左右，最长的已达到 268 m。

断面尺寸根据使用要求、与其他交通结构合建要求、埋深、地质条件、施工方法等确定。

管段结构构造除受力要求外，还应考虑管段浮运、沉没、波浪力、基础形式及地基性质的影响。

沉管段结构的外轮廓尺寸还要考虑浮力设计中既要保证一定的干舷，又要保证一定的安全系数。沉管结构混凝土等级一般为 C30~C50，采用较高的等级主要是抗剪的需要。沉管结构中不容许出现通透性裂缝，非通透性裂缝的开展宽度应控制在 0.15~0.2 mm，因此不宜采用 III 级或 III 级以上的钢筋。

当隧道的跨度较大，或者水、土压力较大（300~400 kPa）时，顶、底板受到的弯矩和剪力很大，也可采用预应力结构。一般为简化施工，尽量采用普通钢筋混凝土结构。

沉管段连接均在水下进行，一般有水中混凝土连接和水压压接两种方式。按变形状况可分为刚性接头和柔性接头，对于地震区的沉管隧道宜采用特殊的柔性接头，这种接头既能适应线位移和角变形，又具有足够的轴向抗拉、抗压、抗剪和抗弯强度。

管段沉放和连接后，应对管底基础进行灌沙或以其他方法予以处理。

(2) 顶进法施工的区间隧道结构

浅埋地下铁道线路在穿越地面铁路、地下管网群、交通繁忙的城市交通干线、交叉路口及其他不允许挖开地面的区段时，常采用顶进法施工。

顶进法施工一般分为顶入法、中继间法和顶拉法三种，各种方法对其相应结构及构造有不同要求。

顶进法施工的区间隧道结构形式根据工程规模、使用要求、工程地质情况、施工方法合理选用，一般多选用箱形框架结构。其正常使用阶段的结构强度可参照明挖框架结构设计，垂直荷载应注意地面动载的影响，对施工阶段的结构强度，要验算千斤顶推力的影响及顶进过程中框架可能受扭的应力变化，在刃角、工作坑、滑板、后背等设计中除强度、刚度、稳定性满足要求外，还应考虑施工各阶段的受力特性及构造措施。