

城市快速轨道交通

〔苏〕K·Θ.亚历山大H.A.鲁德涅娃

钱治国 边 克 李凯文 高 健 译

张叔君 校

中国城市规划设计研究院交通所
中国城市规划设计研究院情报所

内容提要： 本书根据苏联国内和国外经验，研究了快速轨道交通—地铁、城郊铁路引线和径线、快速有轨电车的特点及其在组织居民出行和节约乘车时间方面所起的作用。叙述了综合解决城市各功能区的布置和快速轨道交通系统的建设及有效地利用该系统影响区内用地的原则。提出了快速轨道交通车站和枢纽在形成公共—交通中心方面所起的作用及其紧凑规划的方法。

本书可供从事城市建设和城市客运交通工作的建筑师和专家参考。

目 录

序言	(1)
第一章 城市规划结构中的快速轨道交通	(4)
第一节 城市空间交通规划的不等价性	(5)
第二节 快速轨道交通的结构形成作用与城市规划	(10)
第三节 世界一些城市快速轨道交通系统的建设特点	(11)
第二章 利用快速轨道交通的市内出行速度、距离和时间	(27)
第一节 市内出行速度	(27)
第二节 快速轨道交通的简单出行效益	(30)
第三节 缩短快速轨道交通乘车时间的潜力	(32)
第四节 利用快速轨道交通和接运交通的混合出行	(34)
第三章 快速轨道交通车站合理步行区及其城市建设组织	(38)
第一节 快速轨道交通车站公众合理步行区的形成	(39)
第二节 步行到站距离与市内出行的可行速度	(41)
第三节 地区的功能规划组织	(44)
第四节 允许时限内的出行距离	(49)
第四章 快速轨道交通车站的合理步行区	(52)
第一节 城市快速轨道交通和各种非快速交通的协调	(53)
第二节 快速交通网的密度及其合理交通区	(55)
第三节 快速轨道交通车站的接运距离及合理交通区的形成	(57)
第四节 快速轨道交通线路在城市建设中的重要性	(61)
第五节 城市快速轨道交通的服务水平	(64)
第五章 车站和枢纽规划与节约出行时间	(71)
第一节 车站的规划、埋深及站内时间	(71)
第二节 快速轨道交通换乘枢纽的布置和换乘时间	(76)
第三节 候车时间	(82)
第四节 地铁与铁路之间的换乘枢纽	(82)
第五节 城市客运中快速轨道交通与非快速交通之间的协调枢纽	(84)
结 论	(87)

序 言

结合城市各区之间、城市和组群居民点体系之间的市内区域性道路与交通规划实现城市的综合发展是极其重要的城市建设问题。作为城市居民生活环境的整个城市要切实地发挥作用，很大程度上取决于城市道路——交通系统的完善程度。

苏共二十六大极为重视交通问题并指明了制定长期综合纲要的必要性，根据这个纲要将加强各种交通的协调发展。“1981——1985年和到1990年苏联经济与社会发展的基本方针”强调“发展交通的主要任务是充分和及时地满足国民经济和居民的乘车需要，提高交通系统的工作效率和质量。”为此所面临的任务是：

改善各种交通的协调运营及其与国民经济其它部分的相互作用；

大力改善各种交通的服务质量；

保证交通安全，降低交通车辆对周围环境的有害影响。

苏共中央九月全会（1983年）指出：“经济部门的首要问题是努力提高劳动生产率……目前，在科技革命的条件下，这个问题不仅对国内建设，而且在国际上都具有特殊的意义。”

因此，改善城市居民的交通服务质量具有重要意义。不能容忍由于交通服务落后，机构不完善造成交通疲劳而导致的劳动生产率下降。这一问题对大城市来说尤其严重。

在巨大城市的城市客运交通系统中，被统称为快速轨道交通的地铁、城郊铁路、以及众所周知的快速有轨电车，起着主导作用。

这些系统的改善，首先是地铁的改善，将大大地有助于解决增加职工的空闲时间，减少交通疲劳，保障交通安全，保护自然环境等一系列社会问题。

自从以列宁命名的首批莫斯科地铁线路建成以来，已过去大约50年了。只有现在才可以充分地评价1931年联共（布）中央关于修建莫斯科地铁的决议具有何等的远见，它不仅为莫斯科，而且为其它城市快速轨道交通的发展奠定了基础。

如果不迅速地发展快速轨道交通系统就很难为莫斯科和其它特大城市不断增加的居民彻底改善居住条件，而改善居住条件与扩大城市建成区有关。从1935年批准的莫斯科第一个改建总体规划开始，到后来的所有城市总体规划都贯彻这条原则。

制约城市用地发展的一个重要因素是城市居民每天的市内出行所消耗的时间。当步行和马车运输作为唯一的交通方式时，最大的城市用地直径很少超过4—5公里（例如花园环路内的莫斯科）。由于铁路的出现，才有可能开发过去因交通不便而难以到达的城郊地区。

由于城市土地价格高，最初的铁路车站通常建在“步行——马车”时代建筑密集的老城外圈区，采用尽端式形式。由于车站、市中心和外圈区之间仍然采用费时的步行或马车运输，从而降低了城郊客运铁路的运营效率。因此，1863年伦敦建成了世界上第一条长6.5公里，设有9个车站的城市地下铁路（Subway），其中四个车站位于火车站附近。由地铁公司修建的这条线路多次延长之后，到1884年已与目前的长20.9公里，设置27个车站的“内环线”合拢，其中10个地铁车站设在火车站附近。这条线路保证了火车站与伦敦各市区之间相当便利、快速的交通，所以，尽管火车用蒸气机车头牵引，使烟气弥漫了隧道，其使用还是极为普遍的。世界上第一条电力地铁线路始建于1890年的伦敦，而原有环路的电气化直到1905年才实

现(图1)。

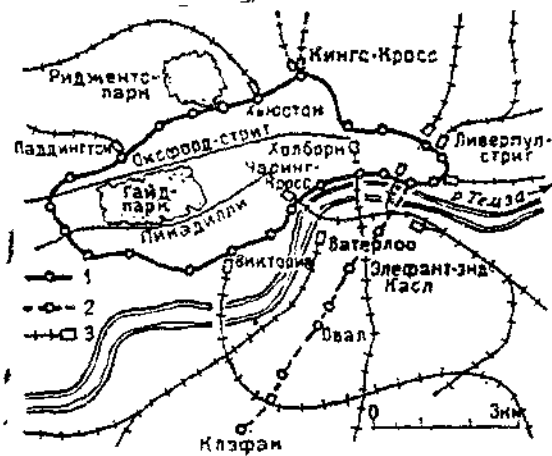


图1.伦敦最初的地铁线路;

- 1.中心环路(1863——1884年); 2.伦敦南线(1890年); 3.铁路和车站。

为快速轨道交通系统的建立奠定基础的
第二大城市是柏林。在柏林为了使铁路的12条放射线的尽端式车站与市中心和迅速开发的城市外围用地连接起来,建成了长15公里,设11个车站的市内铁路径线和长39公里,最初设16个车站的环行铁路(1877——1885年)(图2)整个铁路不采用隧道形式,全是地上的,铺设在石砌的高架桥上,路堤上和路堑内,不与其它铁路线和城市街道平交。这条铁路网已于1924——1929年实现了电气化,目前正发挥着区域快速地铁的作用。

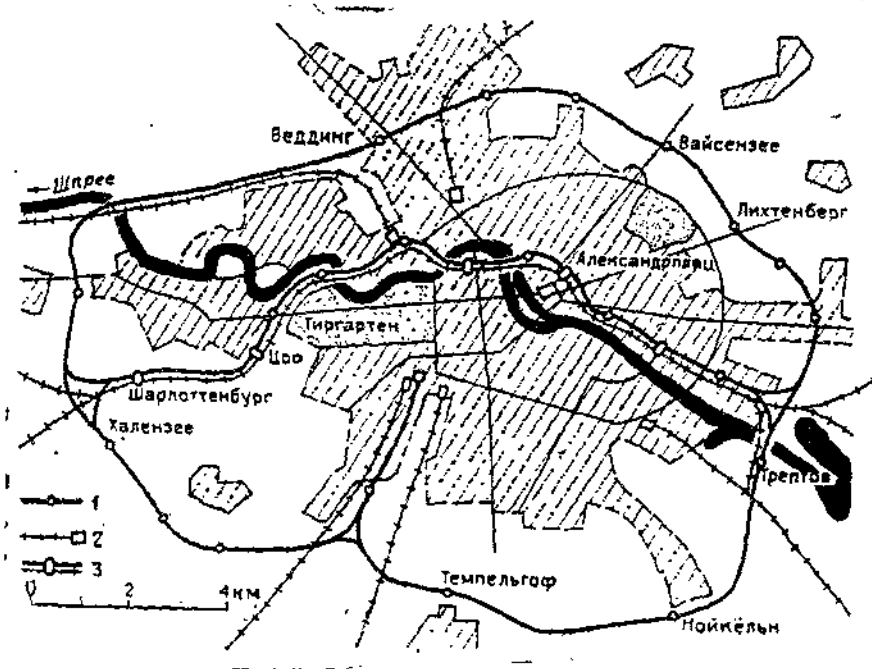


图2.柏林市内铁路和环行铁路(1877——1886年)

- 1.市内铁路; 2.对外铁路和车站; 3.市内铁路和对外铁路之间的换乘车站。

除了承担区域、城郊运输职能的铁路外,又出现了主要承担市内快速客运交通的地铁。
1896年欧洲大陆的第一条地下电力地铁线路在布达佩斯兴建以后,1900年巴黎也随即建成了地铁(图3),直到1902年柏林才出现了第一条地下电力地铁线路。

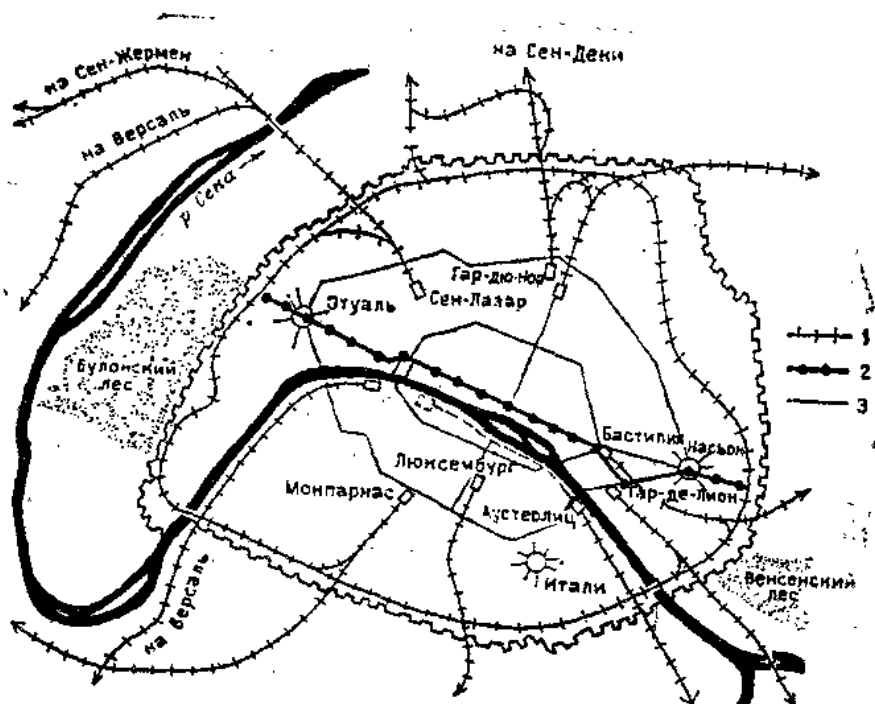


图3.巴黎第一条地铁线路

1. 铁路; 2. 地铁; 3. 主要干道。

铁路与地铁之间区域交通与市内交通的分工原则，目前仍然是多数特大城市快速轨道交通的特点。交通的技术进步，其中包括提高交通的可行速度，可以在同样时间内缩短更大的交通距离，同时在不丧失城市的社会与功能统一的前提下，为城市用地的发展创造条件。这一过程的进一步发展提出了不断改善整个城市规划结构，尤其是改善其道路—交通系统的问题。

城市人口数量的增加是苏联城市发展的明显标志。1926年到1979年城市人口占总人口的比重由18%提高到62.5%。据1980年初统计全国百万人口以上的城市有21个。50万人口以上的大城市正急剧地发展。这类城市的数目在1959到1979年间增加了72%，而这期间其人口却增长了100.5%。特大城市人口集中的速度也相当高。如果说1926至1979年期间城市人口增长5.5倍的话，那么50万人口以上的城市的人口则增长了11倍。

由于新建住宅主要建在空地上，所以，许多大城市的用地近10—20年几乎增加了1倍。城市生活居住用地规模每五年平均增加20%。

随着大城市用地的增加，在其发展和改造过程中用地结构发生重大变化。这表现在中心区居民减少，工作岗位过剩；在城市中间地带各区内形成新的住宅群，并且外围区住宅迅速增加。

由于开发新的用地而引起的城市用地的扩大，继而引起市区乘车距离的扩大，其中包括上班路程及其所消耗的时间的增加导致必须在全国特大城市开展地铁的建设。从1955年开始列宁格勒、基辅、梯比利斯、巴库、哈尔科夫、塔什干和埃里温都建了地铁；明斯克、高尔基、新西伯利亚、古比雪夫、斯维尔德洛夫斯克和第聂伯彼得洛夫斯克正在建设；里加、奥姆斯克、阿拉木图、顿河罗斯托夫、彼尔姆、乌法和切利亚宾斯克正在设计和准备建地铁。

除此之外，列宁格勒、基辅、诺沃波洛茨克和伏尔加格勒已有了快速有轨电车，而里沃夫、萨拉托夫、克里沃罗格和其它一些城市的快速有轨电车线路正在设计和建设之中。

从目前运营的和正在建设的地铁数量、地铁的建设和技术改善，从地铁在改善城市居民生活条件方面所起的作用看苏联都居领先地位。

本书作者在把快速轨道交通作为调节出行时间消耗及保留城市用地和社会一功能的统一最积极的手段来研究的同时，更注重研究促进快速轨道交通在城市客运系统中顺利实现其优越性的城市建设和交通规划方面的条件和因素。

首先必须对“快速轨道交通”概念本身作出准确的不是笼统的，而是适合城市实际条件（以及城郊条件）的解释。原因是，快速轨道交通目前不是速度最快的交通，只是超过一般火车速度的交通。在城市和郊区车站间距不大的条件下，不论从乘车的舒适度，还是从生理方面考虑允许加速和减速时，行车速度实际上不可能达到80——120公里/小时。称这种交通是快速的，首先因为它是独立的，不受任何其他交通与行人的干扰。从城市建设角度来看，快速轨道交通的确是快速的，乘客如果使用快速轨道交通不但乘车所消耗的时间最少，更主要的是，“从门到门”，从家到工作地点所消耗的出行时间都将是最低的。快速轨道交通在城市居民中的声誉主要取决于它在城市建设中发挥的效率。

快速交通的概念本身与“速度就是节约时间”这一合理提法是分不开的。社会学的综合研究除阐明节约出行时间外，还阐明了评价城市建设具体情况的其它一些标准，如评价用地的质量和整治的标准、用地的功能使用的多样性标准等，但由此未必能得出：“时间，作为一个不变量，将逐渐降低自身作用”的结论。

在计算城市交通与评价交通系统效率时，鉴于由一昼夜的时间计划（安排）硬性规定的界限，将保留节约时间这一因素的主导作用。要取得这一效率在于综合地最优化地解决快速轨道交通与其它非快速城市交通的规划、与通往车站的步行道路的规划、与有效地和多功能地利用快速轨道交通影响区内的用地等一系列问题，而这个问题首先与城市和整个城镇集聚区的规划结构有关。

这些问题将以快速轨道交通与城市规划结构（第一章）的相互联系开始的本书各章中得到研究。在利用快速轨道交通时（第二章）对市内出行速度、距离、时间问题的叙述揭示了不论在提高单纯利用快速轨道交通，还是利用快速轨道交通和其它城市交通组成的混合交通中快速轨道交通发挥的城市效益问题以及在提高这一效率中城市建设要素的作用。

书中揭示了节约步行到车站和利用其它交通工具到车站的时间，以及节约换乘枢纽和车站范围内的换乘时间对于有效地利用快速轨道交通的重要性。在最后几章中研究了快速轨道交通车站的合理步行（第三章）和交通服务范围（第四章）的形成和组织问题及其空间一规划的处理（第五章）。

第一章

城市规划结构中的快速轨道交通

城市居民为社会生产物质和精神财富的劳动活动是城市产生和发展的基础。城市中集中了居住、休息和娱乐与文化工作场所。如果这些构成城市的主要功能在城市空间中 没有多种形式的分布，如果不给居民提供方便省时的出行条件，那么，这种城市生活将是不可想象

的。从步行林荫道到公共客运交通主要干道的交通道路系统是城市规划结构最重要的、不可分割的要素。如果最初设计阶段，主要交通道路系统的间距和布局结构取决于各功能区用地的选择和相互布置的话，那么，在城市进一步发展过程中，这些交通干线的发展将反过来影响城市规划结构的发展。

市内出行需要消耗时间。在一些城市，尤其是大城市，出行距离早已不按公里计算，而按分钟衡量，为节约每一分钟必须提高各种交通速度。

城市规划师们很早就对这个问题予以关注，所以，通过总结积累的理论知识和设计研究经验，包括对“城市、城市交通规划的现状、城市和城镇集聚区交通速度”综合问题的设计研究经验而得出的某些原则是很有意义的。

城市在各阶段的历史发展特点是由城市的发展与交通工具的技术条件的辩证关系决定的。在此Ле корбюзье断言，“任何一个城市的发展都不可能比其交通发展的更快”。

在交通系统的发展与居住区和工业区布局之间保持平衡发展的条件下，城市用地的增加是与交通速度的发展成比例的。平衡发展的特点是按居民出行时间消耗确定空间布局常数的稳定性。

用“到达主要交通枢纽的难度”的综合指标评定的城市交通规划状态的易变性比较小，与人口和用地的增加相比可保障交通系统的发展。只有当城市居民的出行速度提高相当快的情况下，城市的统一才可能保持在允许的水平上。

在集约化地开发城市外围区时，提高中心区的建筑密度，同时把占地多的市政—仓库区、工业企业等规划结构要素迁移到郊外，这是由作为复杂的自组织系统的城市力求提高其职能效益决定的。

交通标准是城市各种用地的经济和建设评价方法中的一条主要标准。用公众集散场所交通可达性的总和（并按承担职能的形式）及其相互联系所表示的这些交通标准是就居民居住的主要社会——建设条件对城市和城镇集聚区进行系统分析评价的不可分割的一部分。

许多研究资料证实昼夜总出行时间消耗相当稳定（大城市——指劳动出行时间，其余城市是所有的出行时间）。

在广泛的社会——经济领域中列举的这些原则可作为研究特大城市快速轨道交通和规划结构相互制约发展的前提。

第一节

城市空间交通规划的不等价性

应当给城市居民提供舒适的居住条件，其中包括提供到主要的劳动和非劳动场所的便利条件。而不根据居住区在城市中的位置。但是，实现这一要求与城市用地的不等价发生矛盾，表现在远离市中心的城市用地其可达性也随之降低。交通只能帮助克服，减轻这一矛盾，但不能完全消除这一矛盾。

目前，研究人员和设计师们可借助仪器并根据城市用地开发的速度和质量论述实际存在的所有城市用地空间不等价的问题。这就是图表分析的研究和设计方法，它利用影响城市空间不均的两组因素：即规划和交通因素。第一组因素（规划因素）及其“居民及其吸引中心距主要交通枢纽的距离”的综合指标主要代表城市的测量比例。首先，交通系统使城市空间测量比例变成时间比例，并且，交通——规划“乘车距离”（第二组因素）的形成有别于城

市规划要素的测量距离。

利用这二组因素来研究一些城市的空间特点。从莫斯科个别一些区的交通可达性的角度对莫斯科用地进行评价表明，外围区与工作场所（12—20公里）的距离超过城市平均距离（10.4公里）的0.2—1倍，城市中心区的居民与其工作地点的距离超过平均距离0.6—2倍。

外围区与市中心的距离影响快速轨道交通线路上的乘车距离。莫斯科外围居住区的居民乘地铁的平均距离为13—15公里（市内平均乘车距离为10公里），基辅9—10公里（市内平均乘车距离7.2公里），列宁格勒8.5公里（市内平均乘车距离6.1公里）。对莫斯科、列宁格勒、巴库、古比雪夫市居民出行情况的调查表明，外围居住区的居民到该区以外工作的劳动人口的比重比市中心区高0.5—0.7倍。

特大城市外围居住区居民乘车到主要设施的加权平均时间消耗相当多，超过市内平均时间消耗的0.2—0.5倍。

乘车距离如此之远，而由此产生的外围区居民乘车到市中心和工作地点的时间消耗不仅说明市中心有多种劳动和非劳动设施，而且说明这些设施在外围区非常缺乏，尤其在外围区建成后的最初年代。显然，大城市快速轨道交通的乘车距离现在大，今后仍将很大。这里有一系列原因，其中一条主要原因是：调整居民的居住地点的同时，工作单位在城市中较均衡分布的趋势进展缓慢；专业一体化的不断提高和新的行业的出现促使甚至在居住区工作单位密集条件下的大部分职工仍需保持远距离的劳动出行；大多数家庭都有从事不同工作的几个职工；中心区改造不力并且大部分新的住宅建设分布在外围区的空地上，这证明了在粗放地利用不断扩大的城市用地。

在设计中也反映出特大城市居民远距离乘车的趋势。根据交通计算，到1990年高尔基市23%居民的乘车距离将达到10公里以上，古比雪夫—18公里以上；这个城市63.5%的居民到2000年将迁移到外围区。在建有地铁的城市中，随着地铁线路的延伸，城市平均乘车距离不断增加。

与此同时，从具体地铁车站*i*发车的几组乘客的平均乘车距离*i'*，随发车站距中心枢纽*i_н*（*i*）的距离而增加。在研究城市——交通预测时从使用该公式的角度出发研究该公式*i' = f(i_н(i))*及其参数与地铁建设特点的关系很有意义。莫斯科、列宁格勒和其它一些城市1954—1976年期间有关地铁的一系列调查资料表明了这种关系的特点并以下列函数式表示：

$$i' = a + b i_{\text{н}}(i) \text{ 公里}$$

从表1和图4看，随着地铁网的发展参数值*a*增加，当相关系数*r*的高值不变时*b*减少。参数*a*是理论上的，根据函数确定的，确切地说*i_н*(*i*) = 0时从中心枢纽发车的乘客的平均乘车距离。这个参数的直线函数与地铁网总长度*L_{сн}*有关，从莫斯科来看，*a* = 1.76 + 0.032*L_{сн}*公里，相关系数 *r* = 0.997。参数*b*表示函数对横坐标轴的斜率，即随着地铁网的发展，斜率减少，其中包括由于值*a*的提高而减少。

对列宁格勒（1972年和1976年），基辅（1973年）和巴库（1968年和1975年）地铁的调查分析表明这些关系式具有相同特点，但是参数*a*、*b*的形式还有另外一些规律性。例如，列宁格勒在地铁网的长度为40.1公里和终点站之间的平均距离7.42公里时，这些参数值为 *a* = 5.06公里、*b* = 0.592；莫斯科市这些参数值可能相当于地铁网长度100公里左右和终点站的平

均距离10公里左右。换句话说，在地铁网发展的可比条件下，列宁格勒从市中心起的理论上的平均乘车距离大约比莫斯科多2公里。

看来，列宁格勒地铁从市中心起的平均乘车距离比莫斯科长，原因是两个城市的地铁有差别，列宁格勒市中心区车站埋设深，车站布置的密度较低（图5）。因此，列宁格勒地铁与莫斯科相比，较少用于短途乘车，尤其是在中心区。可以假定，为市中心区服务的地铁车站服务范围的具体特点影响着函数 $a=\phi(L_{ck})$ 的参数形成。另外，列宁格勒市中心非快速公共交通服务质量比莫斯科好，这对地铁的平均乘车距离也有一定影响。1975年巴库市相关系数 r 的迅速减值（见表1）表明了从外围车站开始的平均乘车距离除与外围车站至中心枢纽的距离有关外，还与其他因素有关。因此，除了城市规划结构的原则上不同外，当地铁埋设浅和车站布置比较密时，开辟从大片居住区与劳动场所密集的地区通过的新的外围地铁地段也是其中一个因素。基本上可以肯定，地铁的乘车距离与地铁网的建设特点——总长度、终点站距市中心的距离，以及为市中心区服务的车站的可达性（车站的埋设深度、布置密度）之间存在密切的和稳定的联系。在综合制定快速轨道交通的设计方案和快速轨道交通影响区用地规划时，利用这些关系的可能性是很显然的。把不同城市的建设情况做一下比较来进一步研究地铁运营是合理的，由此可能对参数 a 、 b 形成的规律性和影响地铁乘车距离变化的其它因素等目前尚未解决的问题找到答案。

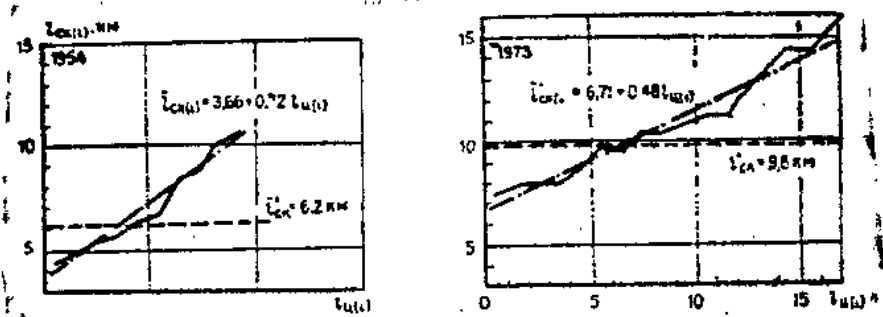


图4、莫斯科地铁、平均乘车距离 i'_{ck} (ck) 和发车站 $l_u(i)$ 至中心枢纽距离之间的关系。

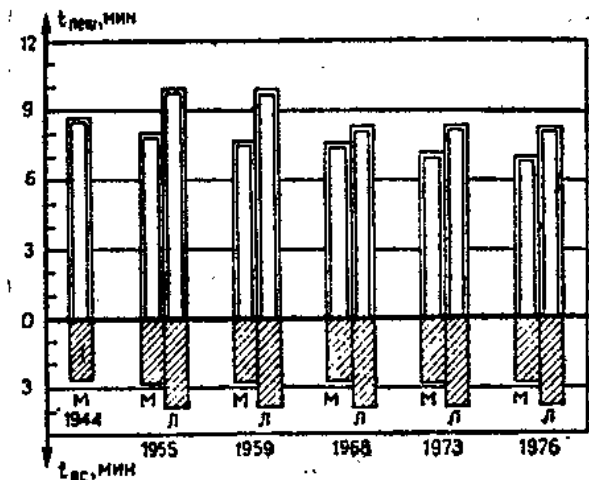


图5、莫斯科和列宁格勒地铁

在市中心区步行到达车站 t_{nem} 和下列站台 t_{BC} 的平均时间。

从终点站起的乘车距离与终点站至中心枢纽距离的关系。

表 1

城 市	调查 年代	地铁网长 度 L_{ck} (公里)	终点站的 平均距离 ikc (公里)	参 数		相关 系数 r	平均乘车距离		
				a公里	b		中心枢纽 的平均运 距 im 公里	沿地铁网 的平均运 距 ick 公里	终点站 ikc 的平 均运距 公里
莫 斯 科	1954	55.3	6	3.66	0.719	0.99	4.1	6.2	8
	1959	74	8.09	4.11	0.693	0.97	5.2	7	9.7
	1964	96.1	10.35	4.72	0.567	0.97	5.9	7.9	10.6
	1968	122.5	12.59	5.44	0.488	0.97	6	8.6	11.6
	1973	148.1	13.21	6.71	0.475	0.98	7.6	9.8	13
列 宁 格 勒	1972	40.1	7.43	5.4	0.46	0.91	6.2	7.5	8.8
	1976	52.6	8.92	5.71	0.466	0.97	7.03	8.4	9.9
巴 库	1968	8.5	2.82	2.66	0.379	0.82	2.79	3.4	3.7
	1975	15.7	5.15	4.52	0.25	0.57	5.43	5.8	5.8
基 辅	1973	18.2	9.11	5.55	0.359	0.77	6.57	7.4	8.8

除距市中心较远的地区的乘客乘车距离远外，城市用地的不等价相当明显地反映在居民出行的指标上，该指标说明居住区建设状况的特点。无数研究表明，一个城市范围内的居民出行和市内乘车时间消耗正发生相当大的变化。如果根据所有城市、所有出行目的、所有阶层的居民来看居民由外围向市中心的出行次数增加的话，那么时间消耗的变化趋势则具有相反的特点，即时间消耗由市中心向外围区增加。除此之外，对于外围区的居民来说，平均劳动出行距离长，短距离步行量和往返系数小，出行范围更窄，昼夜都有人光顾的市区较少。

所以，巨大城市和特大城市设计中的一个主要原则是制定可能缓和不同市区不等价的交通——规划方案。在实施这项方案中起重要作用的将是快速轨道交通。

迫使必须发展高速度和大运量的城市交通的因素可归纳为反映城市发展各个方面的这样几类因素。

城市建设因素：在城市用地发展和距市中心区较远用地扩大的条件下，保持特大城市的统一性；

社会因素：依靠减轻交通服务的不等价来缩短各城区居民的乘车时间，减少交通疲劳，提高居住的舒适水平；

交通因素：消除超过街道和道路负荷能力的汽车交通并挖掘非快速客运工具潜在的运输能力；

生态因素：通过降低污染空气和产生噪音的汽车交通强度的办法健全城市环境；

经济因素：在车站的步行到达范围内，通过用地的多层利用与提高建筑密度，达到城市用地利用的集约化。较为合理地利用电力资源（与非快速交通相比）。

有必要简短地论述一下快速轨道交通的社会效益和建设效益问题，从地铁来看，它在保障城市统一性中所起的作用不仅表现在本身的运行速度快，而且表现在大大提高了整个公共客运交通系统的平均行车速度。表2 中全国七个特大城市的统计数字明显反映出 1970 —

1980年十年间这一效益的不断提高。

地铁在城市客运系统中所发挥的效益

表2

	莫斯科		列宁格勒		基辅		塔什干	哈尔科夫	梯比利斯		巴库	
	1970	1979	1970	1979	1970	1979	1979	1979	1970	1979	1970	1979
地铁在城市客运交通中的比重%												
乘客载运量	35.8	40.9	18.7	23.8	12.7	18.3	9.5	19.4	22.4	29.6	18.4	24.8
运营量 ΔP_m	50.5	64.9	30.1	37.4	20.2	30.2	10.1	29.6	20.4	24.8	23.4	30.2
运营速度公里/小时												
城市客运中非快速交通的加权平均速度	18.3	18.4	16.8	17.4	16.9	17.8	18	18.3	16.3	16.9	16.2	17.1
地铁的加权平均速度	40.5	41.2	39.4	39.9	38	40	42	40.4	38.2	39	38.2	39.6
包括地铁在内的城市客运系统加权平均速度	29.5	33.2	23.6	25.8	21.2	24.5	20.4	24.8	20.8	22.5	21.4	23.8
地铁在提高城市客运系统加权平均运营速度上的效益 $\Delta V_a(m)\%$	161	180	141	148	125	137	113	136	128	133	132	139

注：效益 $\Delta V_a(m)$ 用城市客运交通中非快速交通的加权平均运营速度的%表示，加权按运营量进行计算。

地铁在提高整个公共客运交通系统加权平均的可行交通速度方面所发挥的效益与地铁占总运营量中比重的增加密切相关(图b)；这些指标之间的功能关系用回归方程式 $2m=98.7+1.31\Delta P_m$ 和相关系数 $r=0.978$ 表示。随着地铁网的发展及其影响区内城市建成区用地规模的扩大，地铁运营比重 ΔP_m 的提高势必要求提高地铁的普及率(图7)。

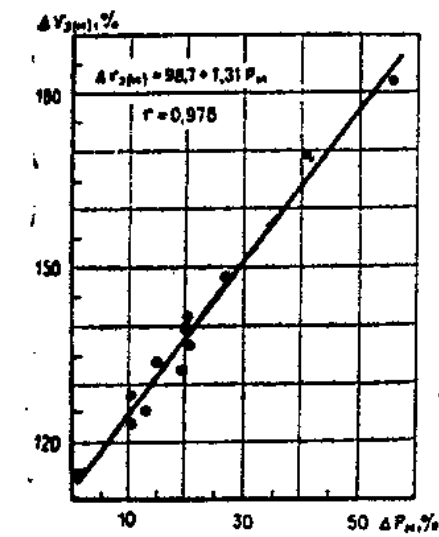


图6、地铁在提高城市客运交通系统的平均运营速度的效益 $\Delta V_a(M)$ 及其在总运营量比重 ΔP_m 之间的关系

快速轨道交通成为积极影响特大城市结构——功能发展的最重要的城市建设要素。这里有三个方面的观点至关重要：

快速轨道交通网的系统形成作用——快速轨道交通作为整个城市客运系统形成基础和骨架并按城市客运的快速和非快速交通协调运营的原则发挥作用。

快速轨道交通线路的功能规划作用——快速轨道交通作为其线路影响区内城市用地的交通规划布局核心。

快速轨道交通车站的结构形成作用——快速轨道交通车站是大量吸引居民的中心和社会、生产，文化和商业职能集中的地方，这势必在其基础上形成相邻用地的规划结构中占有重要位置的综合性的公共——交通中心和枢纽。

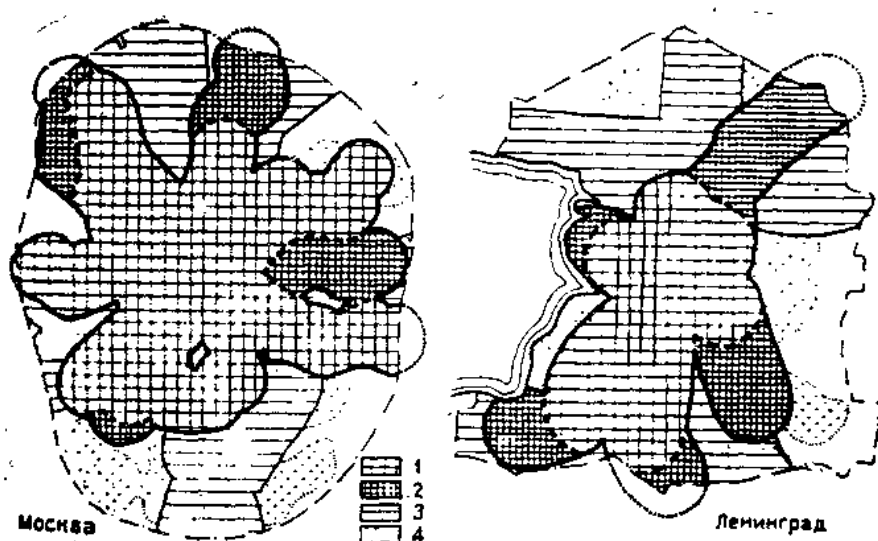


图7、莫斯科和列宁格勒

1970——1980年间快速轨道交通影响区的发展。

1. 1970年地铁的影响区；2. 1980年以前地铁影响区增加的用地；3. 城市铁路影响区；4. 快速轨道交通影响区以外的居住区。

第二节

快速轨道交通的结构形成作用与城市规划

从城市建设意义上说研究快速轨道交通的结构形成作用、城市规划结构和快速客运交通的相互影响等问题都有特殊的意义。其中包括：

城市结构的规划——交通干线的发展方向应与快速交通、主要是轨道交通线路相吻合、确切地说,不仅要确定空间发展方向,而且要确定某一规划发展方向的开发顺序,直至确定各类工作单位、服务设施等的建设地点；

在同时进行城市规划结构和各种客运交通设计时,按快速轨道交通网所允许的密度和选线及其发展阶段的规定探索解决问题的方法；

从数量上确定由“交通难度”指标表示的城市空间和交通规划布局的紧凑性。影响城市各点之间交通难度的一个主要参数是包括快速交通在内的城市交通系统可行交通速度。

快速轨道交通车站促进综合的公共——交通中心和换乘枢纽形成的同时,将成为它们的主要结构部分。快速轨道交通车站在规划、功能和布局方面具有特殊的作用,因为它是吸引居民的核心,在车站地区集中了社会、生产、行政和文化生活职能。当城市主要结构要素(住宅、工作单位、公共设施等)分布不均时,快速轨道交通车站周围就要形成各种职能和人流高度集中的地带。

由于快速轨道交通的放射线和径线的出现及其影响区内用地的集约化利用,在消除用地不等价的背景下,在从中心到外围的同心圆地区范围内,在交通系统的快速线路方向的影响下,迅速出现了空间的扇形划分。

反过来说,为了合理地使用快速轨道交通,必须具备有助于个别线路合理负荷的一定的

城市建设先决条件，同时考虑个别线路负荷的不均衡、昼夜间客流分配等也是非常重要的。例如，在城市的一侧集中布置工业的话，在快速轨道交通高峰时刻就会出现异常紧张的状况。

城市功能——规划结构和快速轨道交通系统的相互制约决定了在城市设计过程中必须研究这些问题，以保证快速轨道交通的研究在城市设计的不同阶段的连续性。

目前，分阶段进行城市设计的方法已趋于成熟，利用这一方法在城市总体规划的交通设计阶段研究城市的交通系统及其分系统（长期预测）、综合交通方案（近期预测）和城市各种用地的详细规划和建筑设计方案。

但是，在实际制定这些设计方案时，往往对设计中的快速轨道交通构筑物（尤其是地铁）由于造价高昂、长久耐用，以致将来实际上很难进行重大改造的特点估计不足。因此必须在设计的最初阶段以超过一般情况下编制总体规划与综合交通方案的设计期限与设计深度的城市建设预测数据对快速轨道交通设计进行论证。已建成的快速有轨交通线是未来十年规划结构的固定要素，它就是按这一要素设计完成的。

同时，在城市建设计划方面必须绝对保证在时间与空间上综合实施城市设计方案，以避免特大城市的大片居住区与工业区建成之后，而设计规定的快速轨道交通线路与车站却不能及时投入使用的现象。例如，从交通系统发展前景看，敖德萨总体规划的城市预测缺乏长期性，因此，对计划人口（以及用地发展）估算过低，并由此得出了快速有轨电车作为主要公共客运交通工具的结论。实际上城市的发展速度比较快，在制定综合交通方案之前（1975年）人口和用地已超过1980年总体规划所规定的指标，因此必须开始设计地铁以取代尚未实施的快速有轨电车计划。

基辅市由于通往阿巴罗尼居住区的地铁线建设落后不得不修建总体规划没有考虑的有轨电车线路。而哈尔科夫地铁的修建改变了总体规划规定的住宅建设用地的开发顺序。

这些例子证明了可能发生的意外情况将导致在进一步设计，或在实施过程中改变城市总体规划中的城市建设与交通方案。因此，近几年提出了关于改善城市交通系统设计的建议，归纳如下：

调整和明确制定城市设计各阶段的交通设计任务以保证设计方案的继承性。在编制总体规划时应结合其他类型的交通与城市的功能分区把确定快速轨道交通线路方向和布置车站以及标定深埋和浅埋的线路长度作为主要任务。在制定综合交通方案时，确定计划期和第一期快速轨道交通的线路方向和车站的位置；

设计过程中应包括“交通——规划”的反馈，通过反馈可以从设计初期开始就根据交通标准对规划方案进行评定；

在城市交通系统的远期设计方案中研究由于城市建设和经济状况的改变而改变规划文件中主要规定的实施阶段和顺序的可能性；

在制定大型规划区城市建设综合方案的实施顺序时应研究快速轨道线路的同时或超前建设的可能性。

第三节

世界一些城市快速轨道交通系统的建设特点

为了正确地评价苏联地铁所取得的成就和它在城市建设发展中的作用，有必要概括地回顾一下城市快速轨道交通系统发展情况，因为在设计和建设首批莫斯科地铁线时，曾经认真

地研究并批判地掌握了这些城市的经验。

如上所述，1863年在出现电力牵引以前的二十多年里，第一条主要采用隧道形式的市内铁路在伦敦建成了。最初，按开始建设和经营这条铁路的公司名字命名为地下铁路，以后开始有了巴黎等许多国家的地铁，其中包括苏联地铁。

不论在伦敦，还是在世界其它城市电力牵引出现以前，没有建过更长的城市地下铁路，原因是由机车牵引的火车沿中心环路地下铁路线行驶时，由于烟雾弥漫了隧道（尽管有通风井），通行极为不便。1880年以前伦敦中心区以外的城市地上铁路——“中环”和“外环”线及将两环之间和城郊铁路连接起来的一些线路有了一定的发展。

1890年伦敦建成了世界上第一条长约6.5公里，设有8个车站的地下电力铁路。这条线路从中心环路马纽敏特车站为起点，通过捷姆扎下的隧道，一直向南延伸到克莱法姆区。这条线路是采用伦敦地铁隧道的主要构筑方式——暗挖式建成的，最大深度约20——30米，内径为3.8米的圆形单线隧道。目前伦敦拥有8条支线和大量交叉点的遍及整个伦敦的地下铁路网，1979年地铁网的总长达到414公里，其中250公里建在地上，有278个车站。最长的线路由北向南延伸35公里，由西向东延伸56公里。将中心区与大伦敦外围区连接的不出大伦敦城范围的放射线路决定了整个网络的结构（图8）。

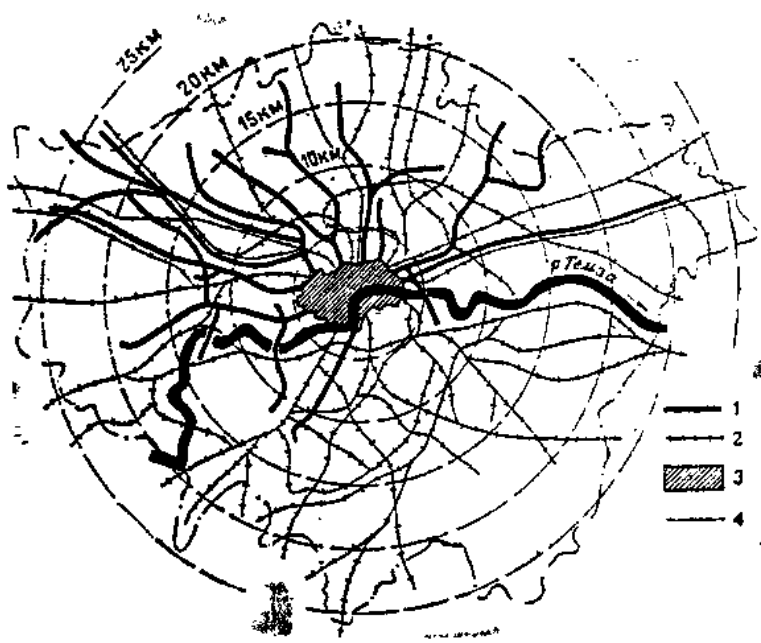


图8、大伦敦市
快速轨道交通线路网

1. 地铁；2. 铁路；3. 中心区；4. 大伦敦市界。

在伦敦中心区所有线路都设在地下。设有55个车站的65公里地铁线路（该线路密度每平方公里用地2.1公里，车站密度1平方公里用地1.8个车站）穿过中心环路以内的面积约30平方公里的用地。中心区主要线路方向与主要干道：牛津街，皮克的里，荷尔波尔，里特仁兹街的方向一致；车站以及21个换乘枢纽布置在主要广场、交通中心、公共和商业中心下面（图9）。伦敦地铁地下车站最初用电梯与地面相通，后来采用升降梯。在伦敦出现了最早的与地下步行隧道相连的地铁入口的地下前厅，它不仅使乘客，而且使步行者免于必须穿过交通

繁忙的街道。

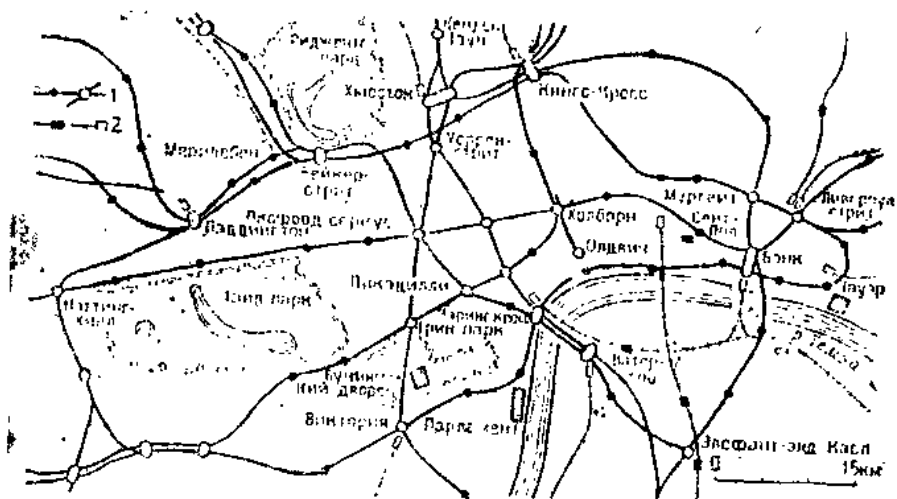


图9、伦敦市中心区快速轨道交通线路网

1.带中转站和换乘枢纽的地铁；2.带中转站和火车站的铁路。

巴黎快速轨道交通系统的发展与城市的历史发展特点密切相关，第一次世界大战以前，巴黎一直以周围的城堡作为该市的行政界限，市界内的城市用地不超过80平方公里。电力牵引出现后提出了构筑地铁的问题，以地铁作为不超出这个行政界限的纯市内交通工具。

巴黎第一条地铁线路沿香榭丽舍大街由西向东长约10公里（后来加长了），建于1900年。目前有不同方向的13条地铁线穿过城市，随着巴黎与其郊区的迅速发展，许多地铁线路延伸到郊区。1975年地铁总长达181公里，有350个车站，站与站之间的平均间距0.54公里。这条地铁网（主要是地下，不太长的一段为地上）的特点是其地铁线路密度（每平方公里1.8公里）和车站密度（1平方公里3.7个车站）是世界最高的。仅1975年的一年运载量就达到10.554亿人次（图10）。

城市地铁线路向巴黎城镇集聚区的不断延伸不仅受其运营能力小的制约（长度有限的车站只能容纳65米的五节车厢），而且受运行速度低的制约（每小时22——25公里），这可能导致远距离的乘车时间过长。

所以，为向距市中心半径50公里范围内的巴黎地区提供令人满意的交通服务，目前正在城郊电气化铁路的基础上建设新的区域快速地铁系统（РЭМ），城市范围内运营的城郊电气化铁路二条是地下的，一条是地上的，车站数量有限（与城市地铁相比），并在城市外围区引出12条线路（图11）。按运营能力区域快速地铁超过城市地铁1倍以上，区域快速地铁列车实现每小时运行速度40——50公里。城市范围内的区域快速地铁车站是城市地铁和区域快速地铁线之间的换乘车站。区域快速地铁除利用原有的铁路外，还铺设了一些新线，其中有的线路通往巴黎大区正在建设的新的卫星城：埃夫里、塞尔吉、蓬图瓦兹，圣康坦昂伊夫林，马恩拉瓦雷、默伦塞纳尔。1980年以前长约10公里，设有6个车站的东西向城市地下快

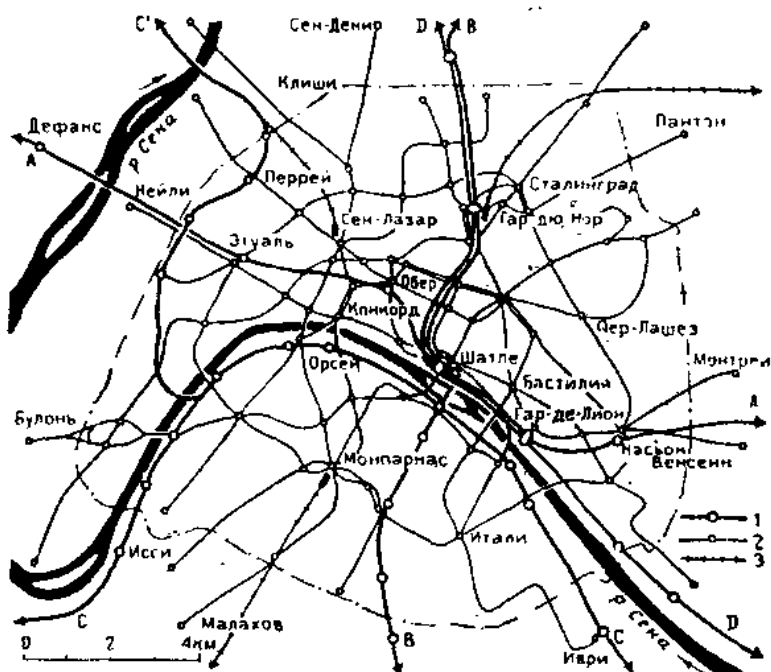


图10、巴黎、市内快速轨道交通线路网

1.区域快速地铁 (РЭМ, A、B、C、D线)；2.城地铁市；3.其它铁路。

快速地铁线投入运营,从城市平面的位置看,它是与第一条地铁线路平行的第二条同样的快速地铁线路,它减轻了第一条地铁线路的负担。通往圣日耳曼昂莱、布瓦西——圣莱热、马恩拉瓦雷等城郊地铁线从东、西两侧并入径线。与东西向地铁在夏特莱中心车站相交的通往郊区的南北径线的南线正在运营之中。在沿塞纳河左岸穿过巴黎的城郊线路改建和连接郊区线路的基础上建成的地上“左岸”城市径线也已竣工。这条径线通往凡尔塞和埃当普方向的城郊线路。1985年以前计划完成南北径线的建设并从南面与里昂线相连,从北面与奥贝尔·拉维里线相连。

巴黎区域快速地铁系统的结构形成的意义在于该系统使城镇集聚区各部分之间以及与巴黎之间在时间消耗上彼此接近。由于区域快速地铁系统考虑了新的一些卫星城的布置从而保证了与巴黎中心区众多地点的直达和无换乘的交通联系,同时大大减少了一些老式尽头车站附近换乘不便的现象。巴黎地铁和快速地铁系统的实现是解决特大城市及其城镇集聚区交通——规划基础设施上比较先进的一例。

前面已经提到,早在1870——1880年在柏林就已建成了地上的市内——郊区铁路网,成为后来区域快速地铁的基础 (德语称 РЭМ 为 S—Bahn)。柏林第一条电力牵引的市内地铁线路建于1902年。这条线路净空小 (车厢宽2.26米,长12.83米),线路长约9公里,主要架设在建筑红线宽度不少于30米的街道上的金属高架桥上,只有线路的尾端修筑很短一段隧道。1920年初净空小的线路网的个别地段得到了发展,其总长已达46.2公里。这些线路的车站最早是单侧式的站台,后来改为长110米的岛式站台。从1912年开始在建设地铁新线时,不再建净空小的线路,而建净空较大的线路 (车厢宽2.62米,长18.4米);南北长约10公里的净空大的线路建于1924年。这条线上的车站采用长130米的岛式站台。到1939年柏林地铁网总长达80.1公里,设有103个车站,其中17个车站组成8个换乘枢纽。在此之前地铁网由5条