

成都地铁规划

黄成程 王莹 李冬冬

电子科技大学自动化工程学院 四川成都 642350

摘要: 本文解决的是成都市地铁规划问题,目的是让整个地铁线网覆盖率达到最大、出行总耗时和地铁系统总费用最小以及运营收益最大。为了使线网覆盖率达到最大,本文首先归纳了在地铁规划图中所有地铁线路相交的情况,发现在原有规划中地铁线基本上都是两两相交与中端或者两端,并且地铁线相交点即乘客换乘点有部分处在客流量非常大的地方如天府广场、春熙路等等,这样会造成网络瓶颈。为了解决这一问题,本文总结归纳了两线、三线以及四线相交的情况,提出了解决网络瓶颈、达到最大覆盖率的方案。为了解决地铁线路规划问题,本文将成都市按照交通区位划分为 43 个区域,构建邻接交通大区矩阵并进行一定的修正,构建修正邻接矩阵。根据主城区交通大区距离矩阵,分别计算交通大区区位重要度、交通大区交通重要度、交通大区交通综合重要度。通过编程搜索得出成都地铁的大致走势图。在模型评价中,我们举例分析了我们的设计,在与原有的地铁线路对比中呈现了一定的优化。在工业发展,环境保护、产业布局方面,我们在采集数据时就综合考虑了这些点,我们在附录中的交通大区的中心点坐标可以体现,因为这些点是在这些区域内会综合考虑了学校,工厂以及旅游景点的位置而设定的。在最后,我们通过模型的结构以及对最新的地铁规划进行相应的剖析向相关部门提出了一些建议。

关键词: 地铁规划;覆盖率;交通大区;综合重要度;最短路径搜索算法

一、 问题重述

如今,成都市人口在急剧增加,大量流动人口涌进城市,人员出行和物资交流频繁,使成都市交通面临严峻的局势,成都市普遍存在着道路拥挤、车辆堵塞、交通秩序混乱的现象。如何解决城市交通问题已成为成都市民普遍关注的焦点和大众的迫切呼声。

城市交通是保持城市活力最主要的基础设施,是城市生活的动脉,制约着城市经济的发展。为了缓和与改善城市交通紧张局面,不是仅仅靠拓宽马路就能解决的。现代城市需要一个与现代化生活相适应的现代化交通体系,要形成一个与城市发展布局高度协调的综合交通格局。

目前,成都市的若干条地铁已经开始开工建设,人们关注地铁是否途径自己工作或生活的地方。众所周知,地铁的通车对人们的出行、方便人民生活作用很大。事实上,地铁规划的合理性及与城市现代化建设规划密切关联,优化地铁规划及建设对一个现代化城市交通、文化、体育以及促进经济均衡发展等各方面都

会起到重要的作用。

二、问题分析

根据查找相关资料，与一个城市的地铁有关的各种因素包括建设成本，长期效益、人口居住密度、人流量大小、工业发展、环境保护、产业布局等。在充分了解成都各区县（特别是我校周边，即高新西区）的城市建设现状及长远发展规划的基础上，对成都地铁规划进行研究，提出以下问题。

（一）问题 1 的分析

大运量、高速度独立专用地铁的城市地铁交通虽已具备了大城市公共交通系统骨干运输方式的条件，但单一的轨道交通路线难以达到骨干要求，地铁交通系统必须形成网络才能起到骨干作用。

所以，把整个地铁交通系统设计成线网构架为后续可实施规划提供了基础依据。线网构架规划强调规划方向的科学性和公正性、线网结构的层次性、稳定性与灵活性。从线网本身技术特点来看，要求成网后的乘客换乘次数不能太多，否则与其他交通方式相比失去竞争力。再则，地铁交通线网覆盖域尽可能大以吸引更多乘客。

问题 1 的分析以地铁交通线网为研究对象，从单纯的几何、数学等角度对线网的换车情况、覆盖情况进行描述和优化，寻找地铁交通线网构成的一般规律。可以说此分析是对地铁交通线网网内关系的统筹和优化，对设计与规划的调整具有重要意义。

（二）问题 2 的分析

成都市在国家层面上来说是一个国家历史文化名城和旅游城市中心，在区域层面上来说是四川省省会、西部重要的城市。

为了将整体简化，现把成都市主城区划分为 43 个区域（每个区域的中心的坐标见附件 1），构建邻接交通大区矩阵并进行一定的修正，构建修正邻接矩阵。根据主城区交通大区距离矩阵，分别计算交通大区区位重要度、交通大区交通重

要度、交通大区交通综合重要度。

三、模型假设

- 1、假设论文中采集的数据真实可靠
- 2、结合交通模型，假设成都市人口出行强度增长速度将逐渐下降而趋于平稳。
- 3、远景年成都市地铁交通线网全部建成后，假设其占公交方式的出行比例应在 50%左右。
- 4、假设各交通大区仅把离心方向的交通大区作为其邻接大区
- 5、假设每条地铁线的运载能力相同
- 6、假设每个交通区域的人口密度分布满足均匀分布
- 7、假设政策规划可由交通区分区形式体现
- 8、当乘客到达某一目的地有两种以上相同路程的路径时，假设走每条路的概率相同
- 9、假设乘客乘车地点在各个交通区域的中心位置

四、定义与符号说明

C_{i-j} : i 线至 j 线任意两点间的换乘次数 (i, j=1,2,3……7)

M : 合适的换乘站数

M_n : n 条线路的 M 值

A_i : 第 i 条线路吸引区的覆盖强度，分本线吸引和经换乘吸引两大方面；本线吸引覆盖强度为 1，经 n 次换乘后的的覆盖强度为 $1/n$

AA : 线网吸引区覆盖强度

N : 线路总条数

五、模型的建立与求解

(一) 问题 1

1、指标分析

(1) 换乘次数——任意两点间的最大换乘次数 C

$$C = \max \{ \min (C_{i-j}) \}$$

如图 1 所示，此线网上任意两点间一次换乘都可到达，故 $C=1$

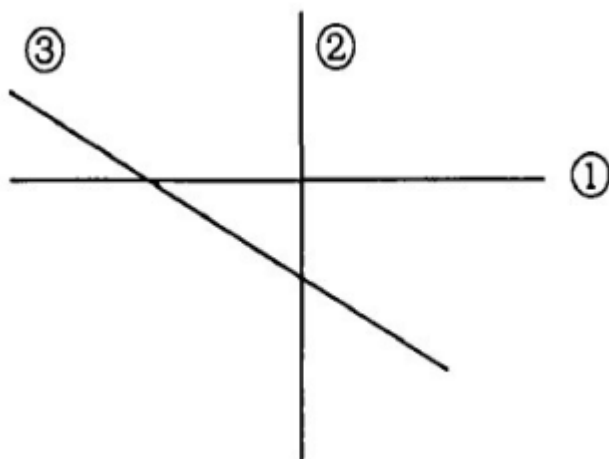


图 1 三点交叉线网

(2) 换乘站的负荷（合适的换乘站数 M ）

线网中换乘站数太多，工程费用增加；换乘站数太少则换乘站的负荷过重。对中小型线网，线路数量=1~4 条线，在尽量保证 $C=1$ 的前提下 M 与 n 有如下关系：

$$M_n = M_{n-1} + (n-1) \quad n \leq 4$$

(3) 线网吸引区覆盖强度 AA

$$AA = \sum_{i=1}^n A_i / n$$

如上图 1 所示 ① 号线吸引区的覆盖强度 1，经 ② 号线一次换乘的覆盖强度为 0.5，经 ③ 号线一次换乘的覆盖强度为 0.5，故

$$A_1 = 1 + 0.5 + 0.5 = 2$$

同理可得 $A_2 = 2, A_3 = 2$ ，故线网覆盖强度：

$$AA = (A_1 + A_2 + A_3) / 3 = 2$$

显然如果将上图改成三条不相交的线，每条的两侧吸引区只被本线吸引，无法转到其他线路，AA 将等于 1，远不如相交的三条线。

上述三个指标基本可以对小型路网加以覆盖和区分，对高级线网尚需添加其他网络特性。

2、分析线网网络形态

(1) 两线线网

两线构成的线网型式主要有如图 2 所示的 A、B、C、D、E 五类：

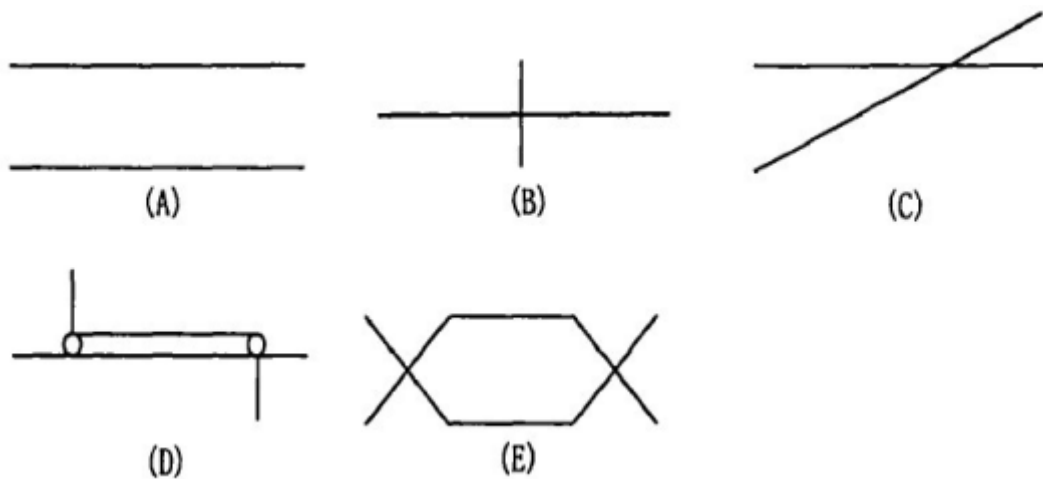


图 2 两线构成的线网型式

(A) 为不相交的两条线，无需换站，C 不存在

$$M=0, AA=1$$

此类结构在地铁规划中不存在

(B) 为两段在中段相交，若客流量最大时，换乘量过于集中，可能造成网络瓶颈。

$$C=1、M=1、AA=1.5$$

此类结构存在于 12 号线交于天府广场、13 号线交于省体育馆、14 号线交于骡马市、17 号线交于成都南站、23 号线交于春熙路、25 号线交于中医附院、34 号线交于红星路、67 号线交于金象花园

(C)为两段在一端相交，对左端或右端折角客流乘车距离大大增加。

$$C=1、M=1、AA=1.5$$

此类结构存在于 15 号线交于火车北站、16 号线交于人民北路、24 号线交于中医附院、26 号线交于牛王庙、27 号线交于黄忠小区、35 号线交于高升桥、36 号线交于李家沱、37 号线交于太平园、45 号线交于中医附院、46 号线交于玉双路、47 号线交于金沙车站、56 号线交于沙湾、57 号线交于神仙树

(D) 为 (B) 的特殊处理，将一个过分集中的换乘站分散为两个，并可实现平面换乘，大大方便乘客。

$$C=1、M=2、AA=1.5$$

(E) 为两端相交的两条线，分散了换乘量，对折角客流也有利。

$$C=1、M=2、AA=1.5$$

当规划线网远期也仅两条线，且客流量不大时，它的基本形式是“十”字型；为了分散换乘量，按照城市布局的条件，推荐采用 (D)、(E) 形式。

(2) 三线网络

三线构成的线网型式主要有如图 3 所示的 A、B、C、D、E、F 六类：

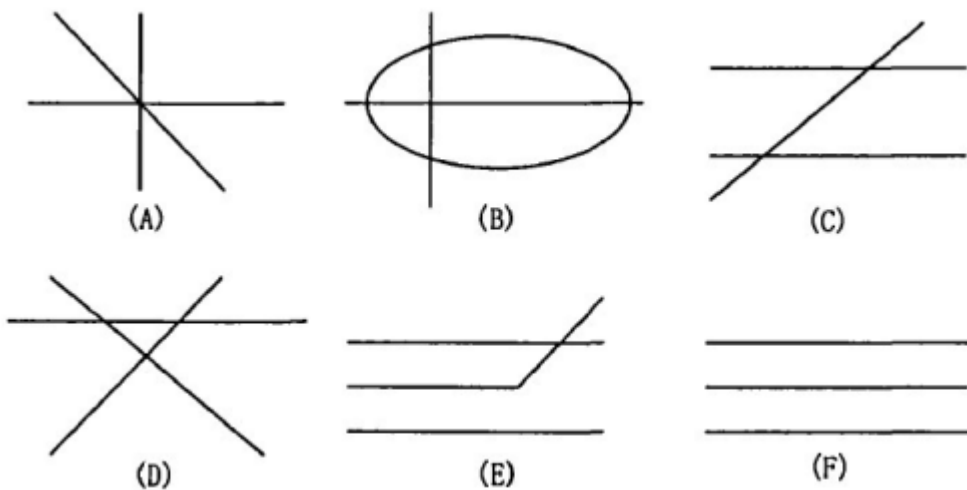


图 3 三线构成的线网型式

(A) 为三线交于一点，换乘量太集中，换乘站可能成为线网瓶颈，一般避免这样配置。

$$C=1、M=1、AA=2$$

此类结构存在于 245 号线交于中医附院

(B) 为十字加环线，一般情况下不宜采用环线。

$$C=1、M=5、AA=2$$

(C) 为两线并行于第三线相交。

$$C=2、M=2、AA=1.89$$

(D) 为三角形线网，此线网克服了 (A) 型线网换乘量过于集中的缺陷。

$$C=1、M=3、AA=2$$

(E) 为两线相交与第三线不相交

$$C=1、M=1、AA=1.33$$

(F) 为三线均不相交，线间不可能直接换乘，此线网的覆盖强度最弱。

$$C=0、M=0、AA=1$$

三线网络的最理想状态是三角形，即 (D) 型线网结构，它可以保证 $C=1$ ，而 M 为 3 也是合适的。一般不采用十字加环即 (B) 型，其原因主要有一下三点：

① 环内“十”字线上的两点间，通过中心比走环线节省时间，且一次换乘；

② “十”字线上的两点分别在环内和环外，一般情况下仍以通过中心换乘为最佳，节省时间，且一次换乘；

③ “十”字线加环线形态，增加了换乘站数量，又不易分散中心点的换乘负荷，并且环上的流量较小。

(3) 四线网络

四线构成的线网型式主要有如图所示的 A、B、C、D、E、F 六类：

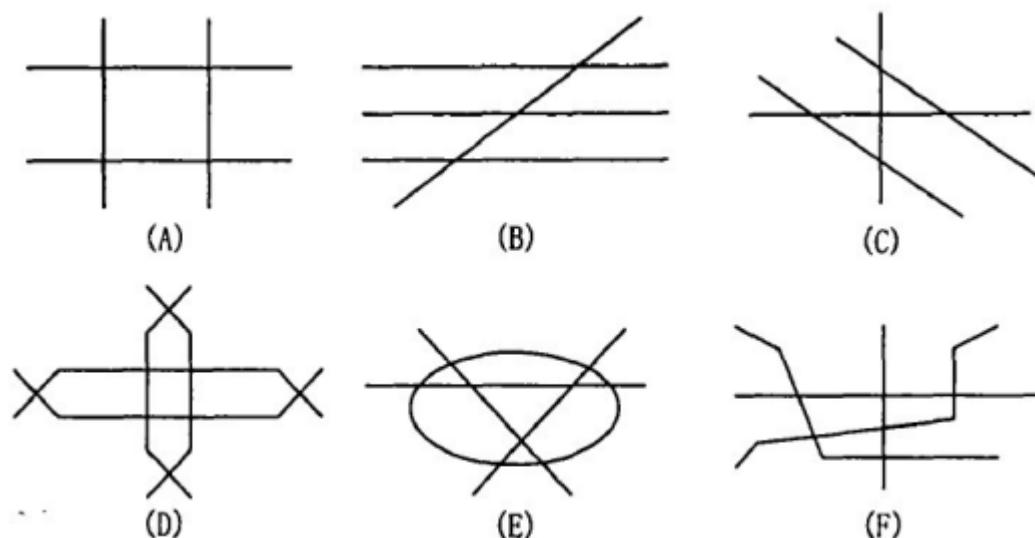


图 4 四线构成的线网型式

(A) 为井字形线网型式，线网覆盖强度较低，但换乘站少，对于客流量中等的线网有采用价值。

$$C=2、M=4、AA=2.33$$

(B) 此线网型式为三线与一线相交。

$$C=2、M=3、AA=2.99$$

(C) 此线网型式为两平行线路与十字线路相交。

$$C=2、M=5、AA=2.415$$

(D) 此方案换乘机动性最强，但换乘站太多。

$$C=1、M=8、AA=2.5$$

(E) 换乘站太多且过于分散，环线的作用不大。

$$C=1、M=9、AA=2.5$$

(F) 线路两两相交一次，换乘次数为 1，此方案为四线线网较好的型式。

$$C=1、M=6、AA=2.5$$

(二) 问题 2

1、成都市城区远景年人口规模

根据成都市人口政策、人口现状及发展趋势，城市环境资源（土地资源、水资源等）的合理容量，城市化发展水平等因素，经过数据分析结合运用决策论，

推定远景年成都市人口为 1582 万，其中实际居住人口 1437 万、流动人口 145 万。

表 1 主城区实际居住人口

范围		面积 Km^2	实际居住人口（万）
主城区		1069.19	1582
	中心城区	539.13	910.6
	周边组团	530.06	671.3
	华阳	87.47	158.7
	新津	159.47	159.2
	双流	112.20	126.3
	龙泉	67.60	80.1
	温江	49.01	62.1
	郫县	54.31	84.9

表 2 主城区流动人口

范围		总量（万）	旅业（万）	换乘（万）	当日往返（万）
主城区		145	42.1	27.6	75.3
	中心城区	101.5	29.5	19.3	52.7
	周边	43.5	12.6	8.3	22.6

	组团				
--	----	--	--	--	--

2、成都市城区远景年出行总量

远景人口中中心中心城区的实际居住人口出行强度确定为 2.70 次/人·日，外围组团出行强度为 2.50 次/人·日；流动人口中，旅行人口出行强度为 4.00 次/人·日，换乘人口出行强度为 3.00 次/人·日，当日往返人口出行强度为 2.50 次/人·日，由此可以算出：

主城区出行总量为：

$$2.70 \times 910.6 + 2.50 \times 671.3 + 42.1 \times 4 + 27.6 \times 3 + 75.3 \times 2.50 = 4576 \text{ 万次/日}$$

中心城区出行总量为：

$$2.70 \times 910.6 + 29.5 \times 4 + 19.3 \times 3 + 52.7 \times 2.50 = 3952 \text{ 万次/日}$$

3、地铁交通占交通方式出行量的比例

地铁交通占公交方式出行量的比重，与城市道路网状况、常规公交网密度、常规公交服务水平、地铁交通线网密度、运送速度及车站分布有关。根据远景年成都市相适应的交通发展战略，远景年成都市地铁交通线网全部建成后，其占公交方式的出行比例应在 50%左右。

4、运用交通区位法则规划成都市地铁交通线网

(1) 邻接交通大区矩阵

根据成都市主城区交通大区分布图，构建邻接交通大区矩阵。把成都市城区划分为 43 个区域，如下图 5：

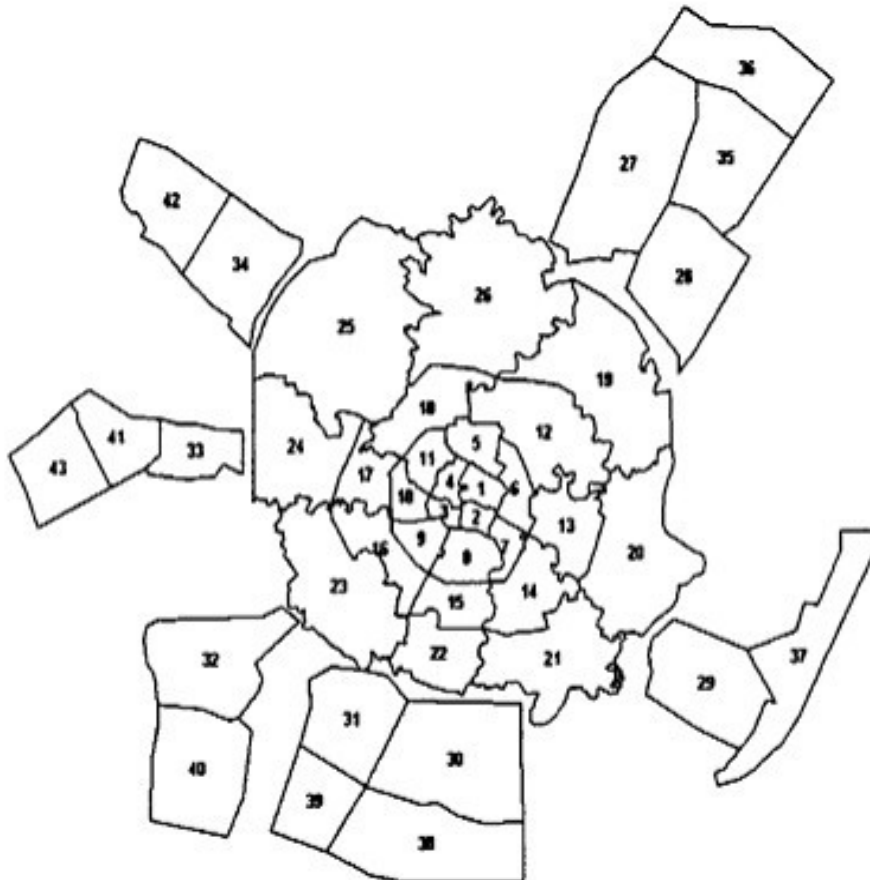


图 5 成都市城区的 43 个交通大区图

根据成都市中心城区的形态和外围组图的布局结构，对邻接交通大区进行修正，各交通大区仅把离心方向的交通大区作为其邻接大区，构建修正邻接大区，成都市主城区修正邻接交通大区关系如下表 3 所示：

表 3 成都市主城区修正邻接交通大区关系

交通大区	邻接交通大区	交通大区	邻接交通大区
1	2、4、5、6	23	31、32
2	1、3、4、6、7、8	24	33
3	2、4、8、9、10	25	34
4	1、2、3、5、10、11	26	27
5	12、18	27	35、36
6	12、13	28	27、35
7	13、14	29	37
8	14、15、16	30	38
9	16	31	39
10	16、17	32	40
11	18	33	41
12	19、20、26	34	42
13	20	35	36
14	21	36	—
15	21、22、23	37	—
16	23	38	—
17	24	39	—
18	25、26	40	—
19	27、28	41	43
20	29	42	—
21	29、30	43	—
22	30、31	—	—

5、交通大区区位重要度

根据主城区交通大区距离矩阵，计算各交通大区至所有其他大区的距离之和，将距离之和最小者视为区位最重要的交通大区。区位重要度记为各交通大区距离之和的倒数与所有交通大区距离之和倒数加总后的比值，各交通大区区位重要度计算结果如下表 4 所示（程序见附录）：

表 4 各交通大区区位重要度

交通大区	区位重要度	交通大区	区位重要度
1	0.031005497	23	0.025697023
2	0.031163744	24	0.024253282
3	0.031590633	25	0.022999388
4	0.031483674	26	0.022477719
5	0.029828768	27	0.015276748
6	0.029288331	28	0.016795578
7	0.029439724	29	0.016407657
8	0.030323709	30	0.021156049
9	0.031024297	31	0.021214769
10	0.030919571	32	0.019363578
11	0.030631305	33	0.019835993
12	0.02706713	34	0.016938947
13	0.02606023	35	0.013606060
14	0.026394552	36	0.011516523
15	0.028128202	37	0.012904680
16	0.028868451	38	0.017485584
17	0.028799954	39	0.017929707
18	0.028495111	40	0.017032410
19	0.021999271	41	0.015795522
20	0.021803863	42	0.014912674
21	0.022588024	43	0.014022386
22	0.025473677	—	—

6、交通大区交通重要度

将出行密度最大者视为交通最重要的交通大区，交通重要度记为各交通大区出行密度与所有交通出行密度之和的比值，（算法较简单，使用 SPSS 软件计算得到的数据），各交通大区交通重要度计算结果如表 5 所示：

表 5 各交通大区交通重要度

交通大区	交通重要度	交通大区	交通重要度
1	0.072299349	23	0.004381529
2	0.150450742	24	0.005637507
3	0.063693626	25	0.002993931
4	0.087690991	26	0.006206201
5	0.062679479	27	0.010472116
6	0.035969493	28	0.001618751
7	0.04490049	29	0.009906972
8	0.047890741	30	0.015263768
9	0.036752696	31	0.010958776
10	0.04085032	32	0.008609824
11	0.054001239	33	0.00899615
12	0.0146084	34	0.009082216
13	0.013579953	35	0.006442211
14	0.012630248	36	0.006150759
15	0.02482734	37	0.00693345
16	0.01671192	38	0.00992126
17	0.015897321	39	0.006778911
18	0.021820065	40	0.004453129
19	0.001649261	41	0.01110124
20	0.004420183	42	0.011632322
21	0.002964955	43	0.006346213
22	0.009823967	—	—

7、交通大区交通综合重要度

交通大区的交通综合重要度为各交通大区的区位重要度与交通重要度的加权和，成都市主城区各交通大区的区位重要度与交通重要度的权重均取为 0.5，计算结果如表 6 所示：

表 6 交通综合重要度数据表

交通大区	交通综合重要度	交通大区	交通综合重要度
1	0.051652423	23	0.015039276
2	0.090807243	24	0.014945395
3	0.047642129	25	0.01299666
4	0.059587332	26	0.01434196
5	0.046254123	27	0.012874432
6	0.032628912	28	0.009207165
7	0.037170107	29	0.013157315
8	0.039107225	30	0.018209909
9	0.033888497	31	0.016086772
10	0.035884946	32	0.013986701
11	0.042316272	33	0.014416071
12	0.020837765	34	0.013010581
13	0.019820092	35	0.010024135
14	0.0195124	36	0.008833641
15	0.026477771	37	0.009919065
16	0.022790185	38	0.013703422
17	0.022348638	39	0.012354309
18	0.025157588	40	0.01074277
19	0.011824266	41	0.013448381
20	0.013112023	42	0.013272498
21	0.01277649	43	0.0101843
22	0.017648822	—	—

将以上数据按照综合重要度由大到小进行排序如表 7，以及绘制的交通大区综合重要程度柱形图如图 6。

由数据可知综合重要度较高的几个交通区位是 2,4,1,3,5,11,8。特别是交通区 2，综合重要度要高出其它交通区的一半左右甚至更高。

表 7 排序后的综合重要度数据表

排名	交通大区	交通综合重要度	排名	交通大区	交通综合重要度
1	2	0.090807243	23	24	0.014945395
2	4	0.059587332	24	33	0.014416071
3	1	0.051652423	25	26	0.014341960
4	3	0.047642129	26	32	0.013986701
5	5	0.046254123	27	38	0.013703422
6	11	0.042316272	28	41	0.013448381
7	8	0.039107225	29	42	0.013272498
8	7	0.037170107	30	29	0.013157315
9	10	0.035884946	31	20	0.013112023
10	9	0.033888497	32	34	0.013010581
11	6	0.032628912	33	25	0.012996660
12	15	0.026477771	34	27	0.012874432
13	18	0.025157588	35	21	0.012776490
14	16	0.022790185	36	39	0.012354309
15	17	0.022348638	37	19	0.011824266
16	12	0.020837765	38	40	0.010742770
17	13	0.019820092	39	43	0.010184300
18	14	0.019512400	40	35	0.010024135
19	30	0.018209909	41	37	0.009919065
20	22	0.017648822	42	28	0.009207165
21	31	0.016086772	43	36	0.008833641
22	23	0.015039276	—	—	—

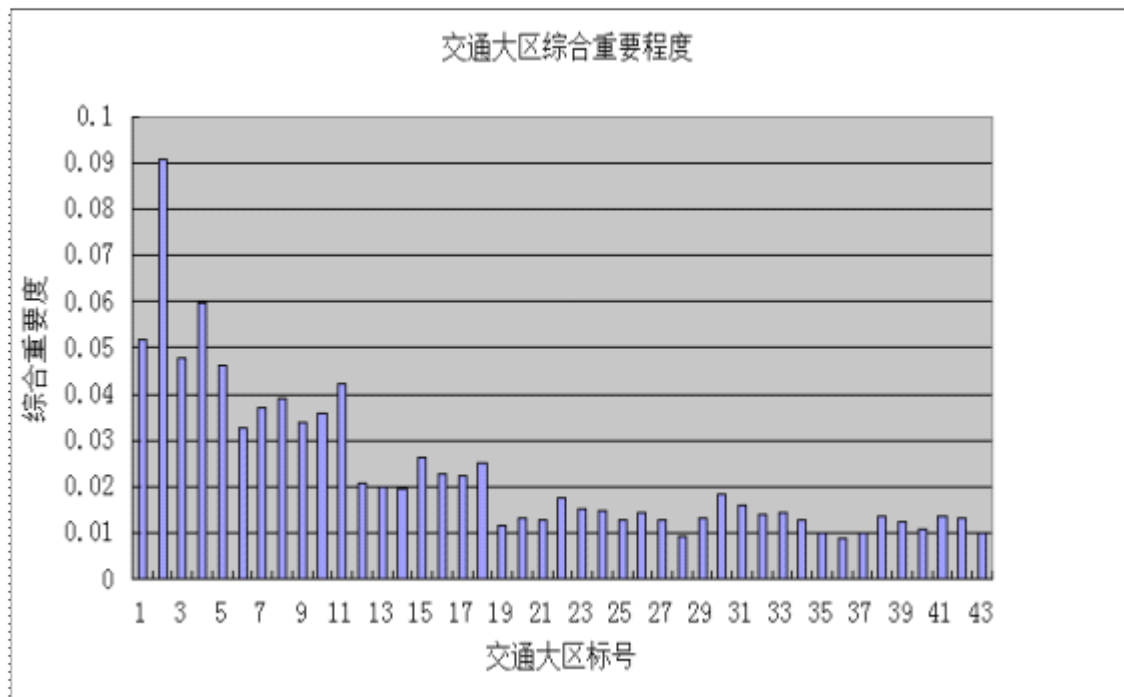


图 6 交通大区综合重要程度柱形图

8、轨道交通线路走向搜索

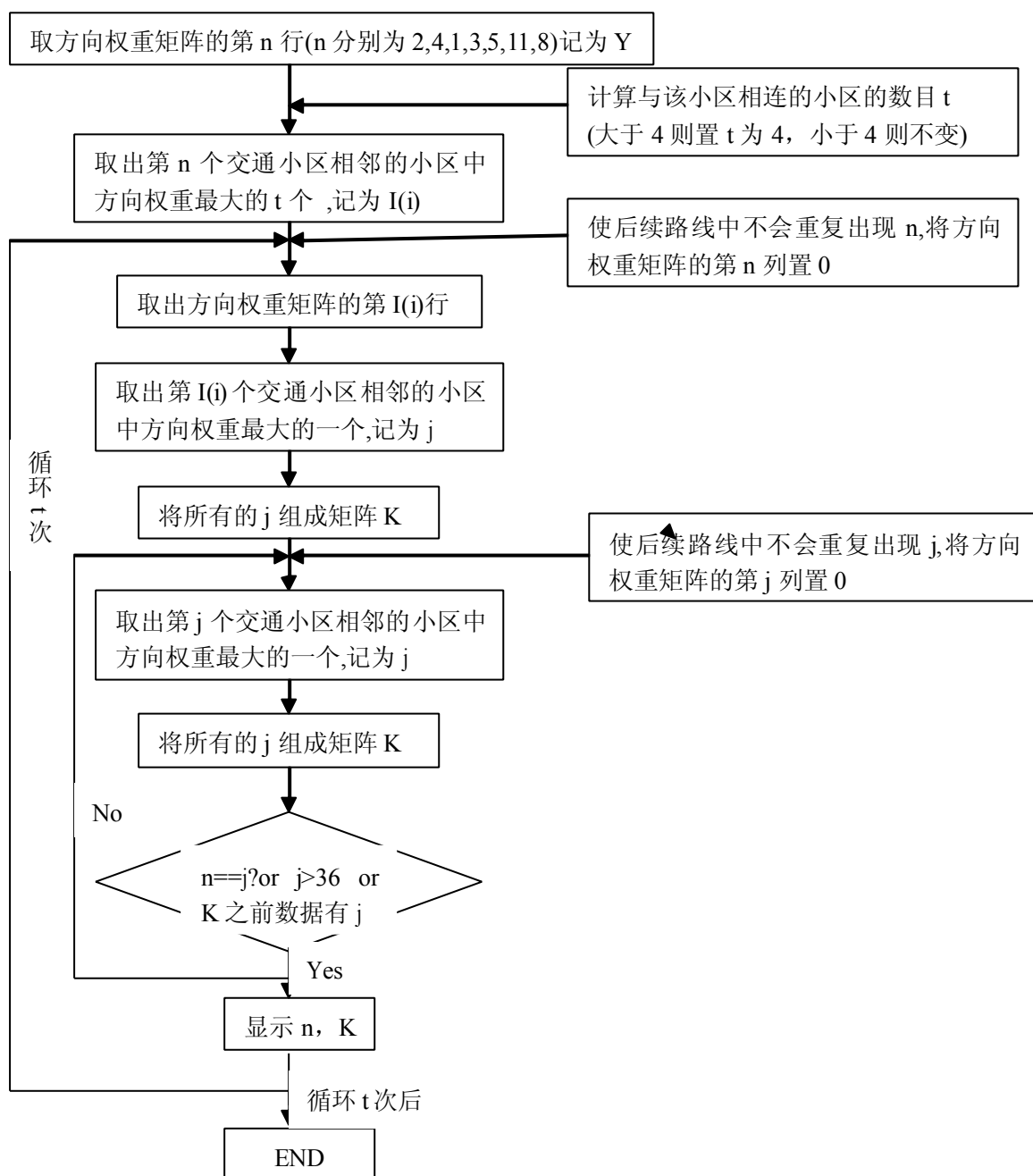
计算各交通大区邻接交通大区搜索方向权重(被搜索交通大区交通综合重要度与该邻接交通大区距离比值)，计算结果如表 8 所示：

表 8 成都市主城区交通大区搜索方向权重

交通区号	搜索方向权重				
1	2	4	5	6	/
	0.0547499	0.0338626	0.0214049	0.0142848	/
2	1	3	4	6	7
	0.0311425	0.0254784	0.0269449	0.009632	0.0157037
3	2	4	8	9	10
	0.0485625	0.0395294	0.0143957	0.0211967	0.0162053
4	1	10	11	/	/
	0.015734	0.0129551	0.0200036	/	/
5	12	18	/	/	/
	0.0069163	0.0053859	/	/	/
6	12	13	/	/	/
	0.0059809	0.0049629	/	/	/
7	13	14	/	/	/
	0.0053776	0.0059459	/	/	/
8	14	15	16	/	/
	0.0041073	0.0095059	0.0042085	/	/
9	16	/	/	/	/
	0.0070506	/	/	/	/
10	16	17	/	/	/
	0.0064703	0.0074006	/	/	/
11	18	/	/	/	/
	0.0096399	/	/	/	/
12	19	20	26	/	/
	0.0021816	0.0015537	0.0025563	/	/
13	20	/	/	/	/
	0.0028734	/	/	/	/
14	21	/	/	/	/
	0.0031139	/	/	/	/
15	21	22	23	/	/
	0.0018091	0.0054454	0.0019015	/	/
16	23	/	/	/	/

	0.0043179	/	/	/	/
17	24	/	/	/	/
	0.0030155	/	/	/	/
18	25	26	/	/	/
	0.0022085	0.0016234	/	/	/
19	27	28	/	/	/
	0.0012661	0.0012544	/	/	/
20	29	/	/	/	/
	0.0013098	/	/	/	/
21	29	30	/	/	/
	0.0013641	0.0016079	/	/	/
22	30	31	/	/	/
	0.0038033	0.0018972	/	/	/
23	31	32	/	/	/
	0.0029766	0.001918	/	/	/
24	33	/	/	/	/
	0.0027447	/	/	/	/
25	34	/	/	/	/
	0.0014568	/	/	/	/
26	27	/	/	/	/
	0.001232	/	/	/	/
27	35	36	/	/	/
	0.00171	0.000942	/	/	/
28	27	35	/	/	/
	0.0018282	0.0014894	/	/	/
29	37	/	/	/	/
	0.0013176	/	/	/	/
30	38	/			/
	0.0028861	/	/	/	/
31	39	/	/	/	/
	0.0022043	/	/	/	/
32	40	/	/	/	/
	0.0026654	/	/	/	/
33	41	/	/	/	/
	0.0021904	/	/	/	/
34	42	/	/	/	/
	0.0037024	/	/	/	/
35	36	/	/	/	/
	0.0015093	/	/	/	/

选取交通综合重要度最大的前 7 个交通大区作为搜索原点(按交通大区总数的 16%选取), 即交通大区 2,4,1,3,5,11,8 作为搜索原点, 分别向各自修正邻接交通大区搜索, 搜索方向为方向权重最大的前 4 个修正邻接交通大区;由非搜索原点交通大区向修正邻接交通大区搜索的方向为方向权重最大的那个交通大区(由不同交通大区搜索至同一大区, 则其中一个大区的搜索方向为方向权重次大的那个交通大区, 连续两次搜索的交通大区已被搜索过, 则不再向前搜索), 直至被搜索的交通大区为边界交通大区为止, 环线为搜索原点。搜索过程中不作反方向搜索、不作重复搜索, 其搜索算法如下(程序代码见附录):



搜索结果如下所示:

- 1) 2 — 4 — 3 — 4
- 2) 2 — 3 — 9 — 16 — 23 — 32 — 40
- 3) 2 — 8 — 15 — 22 — 31
- 4) 2 — 7 — 14 — 21 — 29
- 5) 4 — 11 — 18 — 25 — 34 — 42
- 6) 4 — 5 — 12 — 26 — 27 — 35
- 7) 4 — 10 — 17 — 24 — 33
- 8) 4 — 1 — 6 — 13 — 20
- 9) 1 — 5 — 12 — 26 — 27
- 10) 1 — 6 — 13 — 20 — 29
- 11) 3 — 9 — 16 — 23 — 31
- 12) 3 — 8 — 15 — 22 — 30
- 13) 5 — 12 — 26 — 27 — 35
- 14) 5 — 18 — 25 — 34 — 42
- 15) 11 — 18 — 25 — 34 — 42
- 16) 8 — 15 — 22 — 30 — 38
- 17) 8 — 16 — 23 — 31 — 39
- 18) 8 — 14 — 13 — 21 — 29 — 37

将搜索线路依次连接，形成地铁交通线路走向基本构建，如图 7 所示：



图 7 地铁交通线路走向基本构建

为了满足规划时起止站点的需求，即 1 号线北起大丰镇，南止于新会展中心；2 号线西起郫县郫筒镇，东止于龙泉镇；3 号线起点为新都，往西南方向最终至双流；4 号线东西走向，起点十陵、终点温江；5 号线起点火车北站豆腐堰附近，往西走一段后，南至华阳；6 号线规划起点位于一环路西北桥附近，南下出三环后分为两支线，分别到达双流机场和华阳；7 号线规划为环状走向，起点在三环路沙湾北延线附近，最终到达龙潭。我们初步将七条地铁线路规划如下：

地铁一号线：26—18—5—4—3—8—15—22—30—38

地铁二号线：42—34—25—18—11—4—2—7—14—21—29—37

地铁三号线：36—27—26—12—5—4—3—9—16—23—32—40

地铁四号线：41—33—24—17—10—3—1—6—13—20

地铁五号线：26—18—11—4—3—8—16—23—31—39

地铁六号线：31—22—15—8—14—7—2—4—5—18

地铁七号线：25—18—11—10—9—3—2—8—14—13—20

六、模型的评价与改进方向

1、模型的评价

为了将整体简化，现把成都市主城区划分为 43 个区域，构建邻接交通大区矩阵并进行一定的修正，构建修正邻接矩阵。根据主城区交通大区距离矩阵，分别计算交通大区区位重要度、交通大区交通重要度、交通大区交通综合重要度。这样，能够更好地体现所有地铁线路的大体走势，方便规划以及修正。此模型也存在一定的不足：对成都进行的 43 个区域的划分过于粗糙，并且以点代面的方法使得在规划地铁线路时有几条线路会存在线路部分重叠状况，而在实际中这些线路不一定是重叠的。

与现有的地铁线路规划进行对比与分析：下面是现在地铁最新的规划图，如图 8。

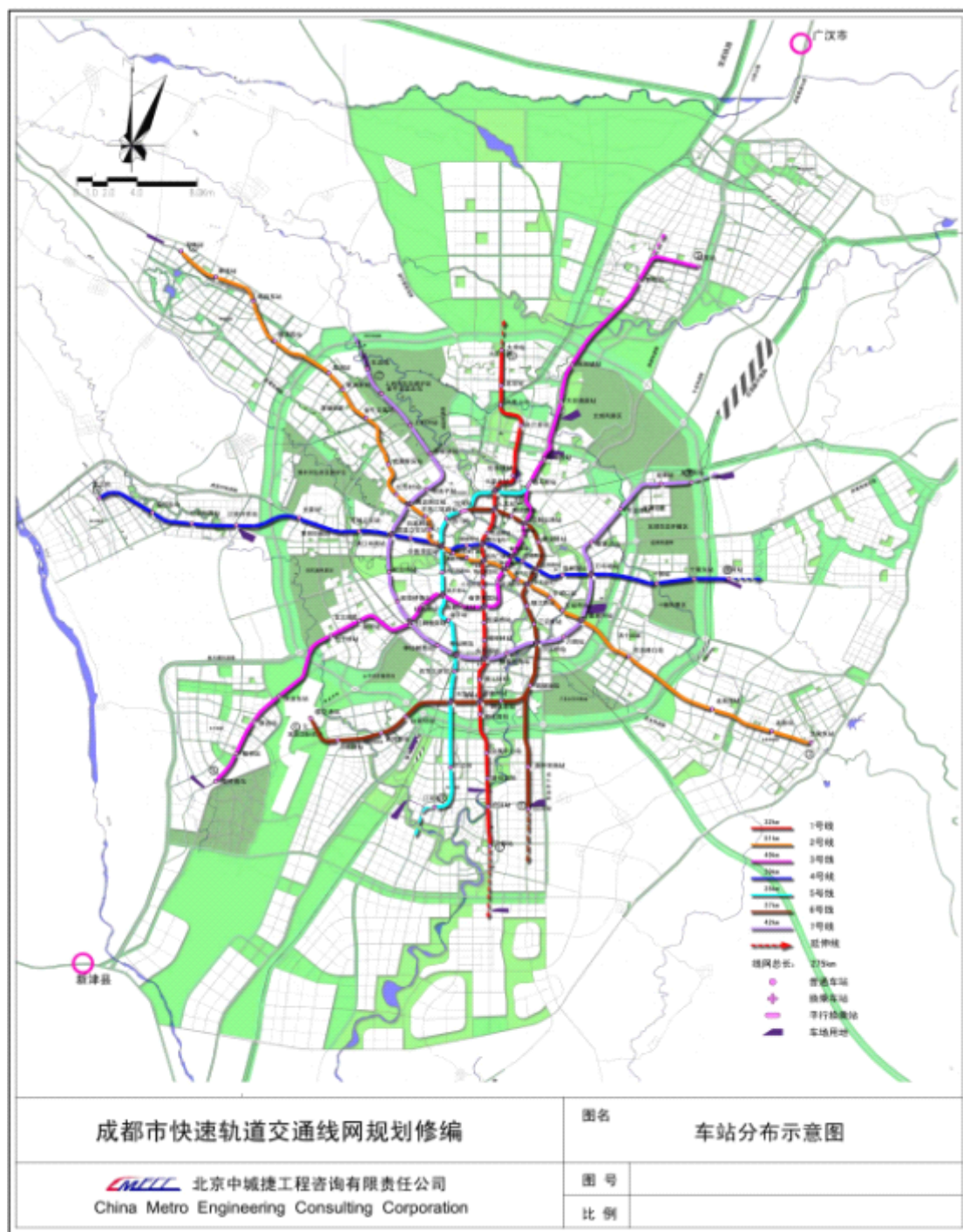
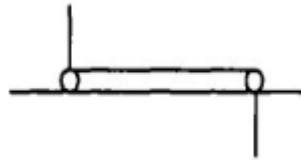


图 8 地铁最新的规划图

我们发现，我们建立的地铁线路模型与最新的规划轨道是相似的，特别是地铁一线路和地铁二线路，基本上是走相同的路径。说明最新的地铁轨道规划是有科学依据的，是非常合理的。

举个例子：

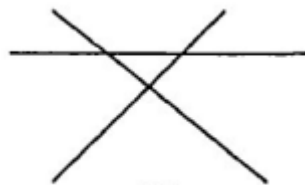
我们设计的地铁 3 号线与地铁 1 号线的关系满足下面的（D）模型：



(D)

那是因为地铁一号线和地铁三号线都通过了节点 4 和 3。又根据上面.章节分析线网网络形态中两线线网的讨论分析，我们了解，(D) 模型是为了分散换乘量，按照城市布局的条件设计的，换乘站的负荷量和线网覆盖率都非常优秀，很适合采用。

最新设计的地铁线路规划图中，地铁 1,2,3,号线或者地铁 2,4,7 号线，或者地铁 1,4,6 号线，或者地铁 3,5,7 号线，或者地铁 2, 3,5 号线等等采用的都是以下 (D) 模型：



(D)

又根据上面章节分析线网网络形态中三线线网的讨论分析，我们了解，(D) 为三角形线网，此线网克服了三线交于一点型线网换乘量过于集中的缺陷。 $C=1$ 、 $M=3$ 、 $AA=2$ ，(D) 模型是最理想的三线线网模型。

我们设计可以去克服原有设计的不足,例如:



我们由上图可以发现：在中医学院站，地铁 2,4,5 号线路相交，并且这三条线路只有一个交点，是前面的讨论的（A）模型，为三线交于一点，换乘量太集中，换乘站可能成为线网瓶颈，一般避免这样配置。可以将地铁 4 号线的路线修改为：……—>成温立交站—>白果林站—>西门站—>顺城街站—>……，这样，原先的（A）模型就变成了（D）模型，是最理想的三角形线网结构。

我们的设计路线是：

地铁二号线：42—34—25—18—11—4—2—7—14—21—29—37

地铁四号线：41—33—24—17—10—3—1—6—13—20

地铁五号线：26—18—11—4—3—8—16—23—31—39

可以发现，二号线走向为—4—2—，四号线走向为—3—1—，五号线走向为—4—3—，此时就恰好构成了三角形，即为（A）模型。满足设计需求。

并且我们此次设计在采集数据时综合考虑了应符合如建设成本，长期效益，人口密度，工业发展，环境保护、产业布局等等的需求，在选取中心点位置坐标时考虑了站点周围的布局，如教育机构，工厂，旅游景点等等，所以说我们的设计是考虑的比较周全的。

2、模型的改进

拟合城市出行总量距离分布时，建成区面积及城市用地结构形态参数的取值对最终结果的影响较大，参数取值须进一步细化研究。

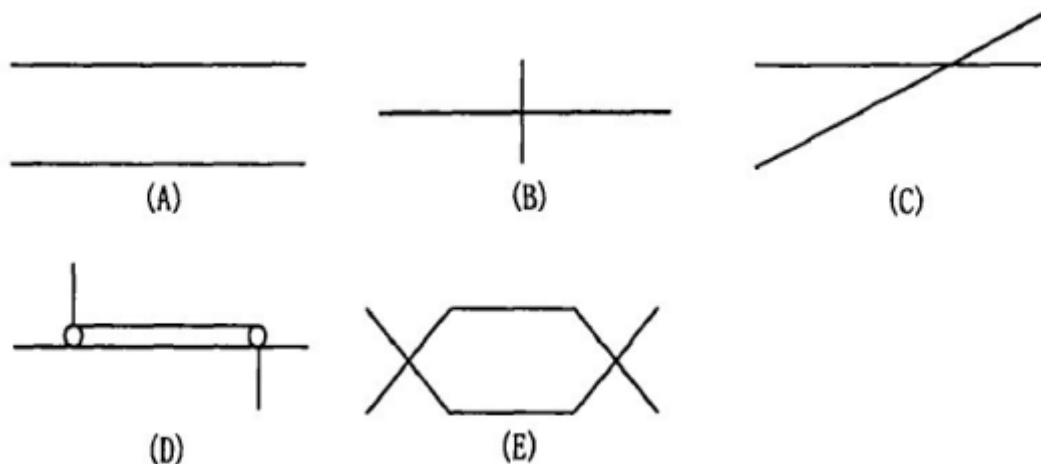
并且在数据采集上，如果条件允许，我们可以去采用问卷调查的形式，了解各个地区的人们对于地铁的各种看法，对设置站点的需求，对地铁路线的建议，最后做一个数据统计，使得我们的路线尽最大的努力满足人们出行的需求。

环线、并线、分歧线、半径线等特殊线路规划中定性分析过于定量论证，其作用分析及设置条件缺乏理论支持，主观影响较大。

如果在时间充足、资源充分以及详细了解整个成都各区域划分的情况下，可以对区域进行进一步的细分，确保结果的准确性以及数据的完善性。

七、向相关部门的建议

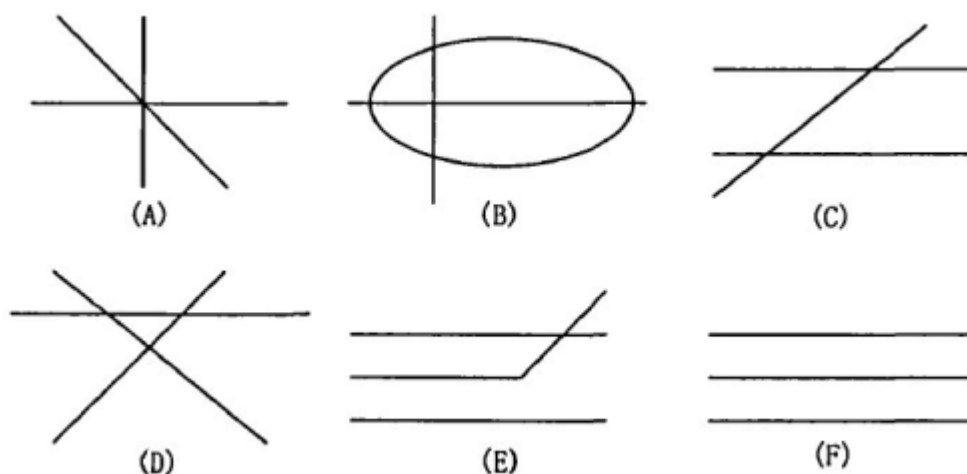
1、



在题目所给的地铁规划图中，两条地铁的相交形式基本上都是上图所示的（B）、（C）构建方法。其中 12 号线和 23 号线以（B）的形式分别相交与天府广场和春熙路，众所周知的是，天府广场和春熙路都属于成都客流量较大、换乘量过于集中的地方，这样 12 号线和 23 号线在中段处相交很有可能造成网络瓶颈。

（B）只适用于客流量不大的情况时，采用“十”字型。为了解决此很有可能发生的网络瓶颈问题，建议采用上图所示的（D）构建方式（即为（B）的特殊处理形式），将一个过分集中的换乘站分散为两个，并可实现平面换乘，大大方便乘客。

1.



在题目所给的地铁规划图中，245 号线以上图所示的（A）形式交于中医附院（ $C=1$ 、 $M=1$ 、 $AA=2$ ）。为三线交于一点，换乘量太集中，换乘站可能成为线网瓶颈，一般避免这样配置。建议采用（D）三角形线网型式（ $C=1$ 、 $M=3$ 、 $AA=2$ ），此线网克服了（A）型线网换乘量过于集中的缺陷。三线网络的最理想状态是三角形，即（D）型线网结构，它可以保证 $C=1$ ，而 M 为 3 也是合适的。

2、地铁一号线建议不拐弯去麓山国际，很浪费资源，毕竟那里属于富人区，家家户户都有私家车。修建地铁的目的当然就是为所有广大群众服务的，要从到整体的利益出发。

3、五大花园是成都标准的人口聚集地，应该设立一个站台。

4、既然地铁都已经拉到了新都，为何不再建长一点拉到清白江去呢？毕竟清白江是成都很重要的一个工业区，其中很多职工家住成都，上班地点在清白江，所以给出行带来了很大的不便。所以建议把天回镇-新都-清白江线连通。

5、从目前地铁规划图看，认为最大的不足就是是成都东北角：建设路片区出现了很大的空白地带，这可是成都第二大商区以及第二大商务中心，它将辐射整个城东，甚至是成渝、成南、成绵方向。建设南路、桃溪路上的八里小区是东门最大的社区，人口居住最密集。建议进行修订，至少应将二环路串起来，从八里小区经过，这样可以解决广大群众的出行，从而缓解地面交通压力。

6、团结大学城，在团结路口方圆 2km 以内有八所大学：成都理工广播影视学院，川师成都学院，四川科技学院、五月花学院、西华大学、成都信息工程学院、成都技师学院等。团结大学城，这么多人的出行如果没有地铁很不方便。

7、龙泉汽摩城那里应该有个站，因为那里有西博院，龙华，恒大绿洲，人品密集，也有汽车工业城，应该涉及到。

八、结论

轨道交通线网合理规模与布局方法一直是城市轨道交通线网规划理论研究和实践的一个重要课题，也可以说是一个关键的问题。本文立足于成都地铁交通规划建设的现实，借鉴相关理论方法及经验教训，按照城市交通可持续发展的原则要求，着眼于城市交通的远景目标，通过定性研究和定量分析，明确地铁规划建设的必要性及其与城市发展的良性互动关系，提供一套确立成都地铁交通线网

合理规模与布局方法的基本思路和技术路线。

本文引用换乘次数、换乘站负荷、线网吸引区覆盖强度三项指标对轨道交通中小型线网形态进行分析,指出三角形路网可作为路网构成的基本单元。对轨道交通线网中环线、并线、分歧线、半径线等特殊线路的作用及其设置条件进行分析论证。

此外,采用交通区位法规划轨道交通路网:基于交通需求的快变性与路网供给慢变性这两种背反特性间的均衡难题,遵从哈肯慢变量支配快变量的伺服原理,探索轨道交通线网布局的本体性或内源性,寻求轨道交通线网格局的主贡献(支配)因素,以(节)点代面(域)、以(结)点代网(络)、节点与结点重合,使交通供需空间达到均衡、主次等级间达到统一为布局思路目标,通过构建邻接矩阵、边界交通小区(中区、大区)矩阵、交通综合重要度赋值,定义搜索方向权重与搜索方法、按出行期望经路图调整搜索线路走向等程序,对轨道交通线网进行布局规划。

附录

1、 43 个区域的中心坐标

1: 30.666857,104.079494	2: 30.652385,104.075632
3: 30.65497,104.056406	4: 30.667816,104.061213
5: 30.685902,104.083443	6: 30.672024,104.102497
7: 30.64633,104.099236	8: 30.634367,104.071426
9: 30.643672,104.046192	10: 30.659621,104.034004
11: 30.680292,104.044647	12:30.702877,104.107819
13:30.65209,104.137001	14:30.622255,104.118805
15:30.610141,104.06456	16:30.632595,104.015121
17:30.675125,104.008255	18:30.703173,104.039154
19:30.741836,104.141464	20:30.663313,104.182663

21:30.587682,104.133224	22:30.585908,104.046021
23:30.618414,103.982849	24:30.682802,103.957443
25:30.744196,104.000702	26:30.753048,104.110565
27:30.82796,104.175797	28:30.771929,104.209442
29:30.584726,104.233475	30:30.546887,104.025421
31:30.574677,103.958817	32:30.589455,103.914871
33:30.688707,103.903198	34:30.780188,103.917618
35:30.827371,104.236908	36:30.877476,104.254761
37:30.583544,104.311752	38:30.507259,104.007568
39:30.525005,103.967056	40:30.555166,103.901825
41:30.691069,103.83934	42:30.799064,103.887405
43:30.668628,103.801575	

2、各交通大区区位重要度程序代码

%交通大区区位重要度

clc,clear

```

datas=[30.666857,104.079494;30.652385,104.075632;30.65497,104.056
406;30.667816,104.061213;30.685902,104.083443;30.672024,104.10249
7;30.64633,104.099236;30.634367,104.071426;
30.643672,104.046192;30.659621,104.034004;30.680292,104.044647;30.
702877,104.107819;30.65209,104.137001;30.622255,104.118805;30.610
141,104.06456;30.632595,104.015121;

```

```

30.675125,104.008255;30.703173,104.039154;30.741836,104.141464;30.
663313,104.182663;30.587682,104.133224;30.585908,104.046021;30.61
8414,103.982849;30.682802,103.957443;
30.744196,104.000702;30.753048,104.110565;30.82796,104.175797;30.
771929,104.209442;30.584726,104.233475;30.546887,104.025421;30.57
4677,103.958817;30.589455,103.914871;
30.688707,103.903198;30.780188,103.917618;30.827371,104.236908;30.
877476,104.254761;30.583544,104.311752;30.507259,104.007568;30.52
5005,103.967056;30.555166,103.901825;

```

```

30.691069,103.83934;30.799064,103.887405;30.668628,103.801575];

```

```

R=6400;%地球半径

```

```

theta=datas(:,1)*pi/180;

```

```

fai=datas(:,2)*pi/180;

```

```

x=R*cos(theta).*cos(fai); %将经度和纬度转换成直角坐标系内的坐标

```

```

y=R*cos(theta).*sin(fai);

```

```

z=R*sin(theta);

```

```

Op=[x,y,z];

```

```

d=zeros(43,43);

```

```

d=R*acos(Op*Op'/(R*R));%计算每个交通区中心之间的相互距离

```

```

for i=1:43 %将各个交通区到自己的距离置 0

```

```

    for j=1:43

```


X;X;X;X;X;X;X;X;X;X;X;X;X;X;X;X;X];%将综合重要度转变为 43*43 矩阵

Q=X./d;%方向权重

S=zeros(43,43);

S(1,2)=1;S(1,4)=1;S(1,5)=1;S(1,6)=1;S(2,1)=1;S(2,3)=1;S(2,4)=1;S(2,6)=1;S(2,7)=1;S(2,8)=1;

S(3,2)=1;S(3,4)=1;S(3,8)=1;S(3,9)=1;S(3,10)=1;S(4,1)=1;S(4,2)=1;S(4,3)=1;S(4,5)=1;S(4,10)=1;S(4,11)=1;

S(5,12)=1;S(5,18)=1;S(6,12)=1;S(6,13)=1;S(7,13)=1;S(7,14)=1;S(8,14)=1;S(8,15)=1;S(8,16)=1;

S(9,16)=1;S(10,16)=1;S(10,17)=1;S(11,18)=1;S(12,19)=1;S(12,20)=1;S(12,26)=1;S(13,20)=1;

S(14,21)=1;S(15,21)=1;S(15,22)=1;S(15,23)=1;S(16,23)=1;S(17,24)=1;S(18,25)=1;S(18,26)=1;S(19,27)=1;S(19,28)=1;

S(20,29)=1;S(21,29)=1;S(21,30)=1;S(22,30)=1;S(22,31)=1;S(23,31)=1;S(23,32)=1;S(24,33)=1;S(25,34)=1;S(26,27)=1;

S(27,35)=1;S(27,36)=1;S(28,27)=1;S(28,35)=1;S(29,37)=1;S(30,38)=1;S(31,39)=1;S(32,40)=1;S(33,41)=1;S(34,42)=1;

S(35,36)=1;S(41,43)=1;%交通小区相邻矩阵,相邻为 1,不相邻为 0

M=S.*Q;

for n=[2,4,1,3,5,11,8] %分别计算以第 n 个交通小区为原点出发的走向

M=S.*Q;

```

Y=M(n,:); %取出 M 的第 n 行

[o,p]=find(S(n,:)==1);%计算与该小区相连的小区的数目

t=size(o);

if t(2)>=4 %若数目大于 4 则使 t=4

    t=4;

else

    t=t(2); %否则 t=t 的列数

end

for i=1:t %取出第 n 个交通小区相邻的小区中方向权重最大的 t 个

    [C,I(i)]=max(Y);

    Y(I(i))=0;

end

M(:,n)=0; %使后续路线中不会重复出现 n

for v=1:t %分别寻找第 I (v) 个交通小区接下来走的路线

    j=I(v);K=j;

    H=M(j,:);%取出 M 的第 I (v) 行

    [C,j]=max(H);%取出第 I (v) 个交通小区相邻的小区中方向

权重最大的 1 个

    M(:,j)=0; %使后续路线中不会重复出现 I (v)

    K=[K,j]

    length=size(K);

```



```

while ~((n==j)|(36-j<0)) %当没有出现重复计算的小区并且小
区仍非边界小区时循环

    H=M(j,:);%取出 M 的第 j 行

    [C,j]=max(H);%取出第 j 个交通小区相邻的小区中方向
权重最大的 1 个

    M(:,j)=0; %使后续路线不重复出现第 j 个交通小区

    for i=2:length(2)

        if find(K(i)==j) %若发现有重复的小区则退出循环
(大的 While 循环)

            j=43;

            break

        else K=[K,j];%否则将算出的小区编号记入 K 中

        end

    end

    length=size(K);

end

a = sprintf('%d %d ', n,K);%将所得的路线显示出来

disp(a)

end

end

```

参考文献:

- [1]王忠强,高世廉,降金琦. 轨道交通路网规划若干问题探讨 [J]. 西南交通大学学报, 1999, 34(3):369~373.
- [2]王忠强. 城市轨道交通系统路网规划 [D]. 西南交通大学博士学位论文, 1999:50.
- [3]陈旭梅,童华磊,高世廉. 城市轨道交通线网规模影响因素分析 [M]. 中国铁道科学, 2001, 22(6):59~62.
- [4]吴小萍,陈秀方. 城市轨道交通线网规划理论方法研究进展 [M]. 中国铁道科学, 2003, 24(6):111~117.
- [5]毛保华,姜帆,刘迁,魏怡,李夏苗,许红. 城市轨道交通 [M]. 科学出版社, 2001:80~85.
- [6]成都市快速轨道交通线网规划修编. 北京中城捷工程咨询有限责任公司. .2004:128~135.
- [7]周干峙. 发展我国大城市交通研究 [M]. 中国建筑工业出版社, 1997:1~6.
- [8]王忠强,黎青松,陈旭梅. 轨道交通路网基本图式研究 [J]. 西南交通大学学报, 2000, 35(3):288~292.