

摘要：该文基于重庆轻轨 2 号线工程，通过对重庆市单轨交通结构形式适应性分析，对现有单轨交通结构形式适应性的合理性给出指导性意见，可供类似工程参考。

关键词：单轨交通；适应性；交通形式

0 前言

重庆市根据山城的地理特点、道路条件、客流预测以及经济发展水平等综合因素，城市轨道交通规划在制式的选择方面经过多年的、多方案、多层次比选论证，在我国首次采用了跨座式单轨交通，作为重庆市城市轨道交通线网的基本制式之一。

1 重庆市城市发展概况

重庆市位于中国西南部、长江上游，东邻湖北、湖南，南接贵州，西靠四川省的泸州市、内江市、遂宁市，北边与陕西省以及四川省的广安和达州地区接壤。市域面积 8.24 万 km²，主城区面积 2 616 km²，可建城市面积为 978 km²，到 2020 年重庆市主城区的用地规模为 605 km²，远景为 730 km²。市境内以长江干流为轴线，众多支流汇入。地势沿河流、山脉起伏，形成南北高、中间低，构成以山地、丘陵为主的地形状态，且地形高低悬殊，地貌结构分明。东部、东南部和南部地势高，大多是海拔 1 500 m 以上的山地；西部地势低，大多是海拔 300~400 m 的丘陵。山地占幅员面积的 75%以上；丘陵面积占 18%以上；平坝面积占 2.4%。重庆市区和城镇都沿河两岸，依山而建，因此，重庆成为著名的“山城”。

2 跨座式单轨交通适应性分析

2.1 国家对城市轨道交通的有关规定和要求

(1) 根据《城市快速轨道交通工程项目建设标准》的规定，城市轨道交通主要按远期单向高峰小时运能进行分类（见表 1）。

(2) 根据国务院办公厅《关于加强城市快速轨道交通建设管理的通知》要求：轨道交通建设必须“量力而行，有序发展”，与城市经济发展水平相适应，故要求申报地铁和轻轨项目的城市及申报的线路必须具备以下基本条件，见表 2。

表 1 各级线路相关技术特征

线路运能分类	地铁		轻轨
	I (高运量)	II (大运量)	III (中运量)
单向运能 / (万人次 / h)	5~7	3~5	1~3
列车最大长度 / m	185	140	100
线路形式 (市中心区)	全封闭	全封闭	半封闭 / 全封闭
最高速度 / (km/h)	≥ 80	80	60~80
旅行速度 / (km/h)	30~40	30~40	20~30/30~40
适用城市市区 人口规模 / 万人	>300	>200	>100

(注：1.“半封闭型线路”系指当轨道交通地面线路为专用道，其中部分路口设平交道口；2.“适用城市的市区人口规模”，系指人口规模能达到或超过此限的城市，其快速轨道交通线网中的主干线，可能达到相应的运量等级。)



表2 国家对城市轨道交通建设条件的要求

类型	地方财政收入	三年平均地方税收收入	国内生产总值	城区人口规模	线路单向高峰小时客流
地铁	≥ 100 亿	≥ 90 亿	1 000 亿以上	300 万以上	3 万人次/h 以上
轻轨	≥ 60 亿	≥ 55 亿	600 亿以上	150 万以上	1 万人次/h 以上

(3) 重庆市主城区及其核心城区的人口及经济情况(见表3)。

表3 2000~2002年重庆市有关经济数据表

序号	项目	2000年	2001年	2002年	备注
1	地方财政收入 一般预算收入	104	126	157	三年年均完成地方 税收61亿 元
2	国内生产总值	1 590	1 750	1 971	
3	年均完成地方 税收收入	50	60	73	

从表3中可得出以下结论:

a.在2 616 km²的主城区远期规划面积730 km²,人口755万人。2000年建成区面积已达240.7万 km²,人口475.5万人,具备建设任何类型的轨道交通的条件。

b.重庆市近三年平均地方税收为61亿(小于90亿,大于55亿),地方财政收入104~157亿(大于100亿)。国内生产总值1 750亿(大于1 000亿要求),具备修建轻轨的财政条件。

2.2 跨座式单轨交通的特点

作为城市客运交通工具的跨座式单轨交通与城市一般客运交通相比,具有以下一些特点:

(1) 行驶速度快、运量大

跨座式单轨交通是立体型交通,不会受地面其他交通工具和行人的干扰,因此可以快速行驶,车辆运行的最高速度可达80 km/h,平均运速为30~45 km/h,约为地面公共电车、汽车的1倍,与地铁及轻轨等城市轨道交通速度相当。

跨座式单轨交通的车辆体形大小和编组节数,依据客运的需求和行车密度选定,单节车辆的长度通常在6~16 m之间,一般采用2~3辆联结。用作城市主要客运交通工具时,车辆长度一般为8~16 m,采用4~8节车编组。单向每小时动量为10 000~30 000人次,介于公共电车、汽车和地铁运量之间。

(2) 能够爬陡坡、转急弯

单轨交通由于车辆采用橡胶车轮,具有较强的爬坡能力,最大坡度可达10%,车辆能够通过的最小平面曲线半径为30 m,这是一般钢轮钢轨轨道交通无法达到的。单轨交通具备的这种能行驶于陡坡急弯上的能力,可以广泛适应城市中复杂的地形和弯曲的道路条件,从而能避免许多房屋、管道的拆迁,减少工程费用和缩短建设工期,因此特别适合重庆这样山高陡坡、道路曲折的山城,能在地上建设运量大、速度快的轨道交通。

从工程角度来说,轨道交通能爬陡坡、拐急弯,为经济合理地选择线路创造了有利条件,但是如果线路陡坡和急弯过多,不仅乘客乘坐感到不舒适,同时列车的平均速度也会降低下来,而且还将增加能耗,



加快轮胎磨损，增大了运营成本，因此在实际工程中很少采用大坡度、小半径的极限允许值。为保证行车平稳、乘车舒适和保持有较快的运行速度，在单轨交通正线上通常选用的最大坡度不超过**6%**，最小平面曲线半径不小于**100 m**。

(3) 建设工期短、造价低

单轨交通结构构造比较简单。跨座式单轨交通的混凝土支柱通常都采用现场浇筑，但主要部件轨道梁则在工厂预制，现场架设安装。

跨座式单轨交通通常是全部或基本采用高架结构，而且主体结构仅为支柱支承的两条带形的轨道梁。因此无论是工程材料用量和施工安装费用与城市其他轨道交通相比都较低。根据日本统计资料，跨座式单轨交通每千米造价为**82**亿日元（北九州、小仓线），而普通地铁每千米造价为**230**亿日元（有乐町线），即跨座式单轨交通造价约为地铁的**1/3**。

重庆单轨交通较新线每千米造价为人民币**2.47**亿元，而在此时建成的上海地铁**2**号线每千米造价为**6.53**亿元，北京地铁复八线为**5.61**亿元，即跨座式单轨交通造价约为地铁的**1/2.5**，由于重庆跨座式单轨交通是在山城修建，有的支柱高大，工程比较复杂，且有两段含有三座地下车站的隧道工程，因此推算一般条件下修建单轨交通，其造价比例还会降低，约与日本统计资料相近。

(4) 占地面积少、空间体型小

跨座式单轨交通高架结构的支柱，由于承受的荷载比其他轨道交通相对要小，柱径一般为**1.0~1.5 m**，占地面积不大，通常又设置在城市道路中央隔离带内，对地面交通和景观影响都较小。有的城市如马来西亚的吉隆坡和我国的重庆市，布以灯饰、广告及垂直绿化等，使柱体更似街景的有机组成。跨座式单轨交通区间双线轨道结构约为**5 m**，地铁与轻轨高架结构的宽度约为**9.0~10.0 m**，墩柱直径一般不小于**2 m**，跨座式单轨交通的工程体量与之相比相对较小。地铁与轻轨以及城市公路跨越上空的高架桥均是整体板块，而跨座式单轨交通仅为两条带形的纵梁，体形显得通透轻巧。

(5) 乘行安全、舒适

跨座式单轨交通为立体型交通，不会因与其他交通系统交错而危及安全。跨座式单轨交通的车辆由于有两侧稳定轮夹行于轨道梁上，因此，无脱轨危险。走行轮、导向轮、稳定轮均配有辅助车轮，当充气轮胎爆裂或泄气时，可保证行驶车辆安全。在雪天，跨座式单轨轨道梁面窄小积雪易于清除。此外，跨座式单轨交通车辆和道岔系统均有保证安全的自动保护和自动控制系统，可严防意外发生。

由于车辆采用充有惰性气体的橡胶车轮，转向架又配有空气弹簧，因此，乘坐很舒服。同时，跨座式单轨交通基本多为高架结构，车厢视野开阔，乘客可凭窗远眺，观赏城市市容和周边景色。

(6) 对环境污染少

现代跨座式单轨交通均采用电力牵引，不会产生废气污染周边环境。高架线路的结构顶部仅为两根细长的纵梁，透空性好，不会像地铁、轻轨和公路的板块式高架桥，影响地面机动车废气的排散和地面绿化采光，被折返的各种回声也会增强噪声污染，而且宽大的形体可能给城市景观带来一定的负面影响。

由于跨座式单轨交通采用胶轮车辆，产生的噪声和振动都较小，车辆行驶振动激发梁柱形成的二次辐射的噪声也很小。

跨座式单轨交通的噪声源主要是电动机，据日本对北九州跨座式单轨交通在列车运行时实测结果，当车速为**60 km/h**时，距轨道中心**10 m**，离地面高**1.2 m**处，噪声值为**74 dB**。在相似条件下，我国重庆跨座式单轨交通噪声实测值为**68~72 dB**。

(7) 对居民正常生活干扰少

许多城市交通的高架桥，由于大型的实体结构遮挡日光，以及车辆运行产生的电磁波和夜间头灯强光照射等都会给沿线居民正常生活带来影响，而跨座式单轨交通在这些方面干扰影响相对较小。

日照问题，由于现代城市快速发展，城市建筑的高度与密度都在增加，人们对生活质量要求也越来越高，日照的影响已成为人们十分关注的问题，有些国家和地区已制定出法规或规定，根据建筑物使用性质规定了相应的日照时限，如上海市规定幼儿园、医院冬至日的日日照不少于**3 h**，德国、美国规定居住建筑每天日照不少于**2 h**。



单轨交通由于高架线路仅为两条轨道梁，不仅体型小，而且分开搁置，与城市其他高架交通柱体相对粗大上部又为板式桥面结构相比，对日照的影响要小得多（见图1）。

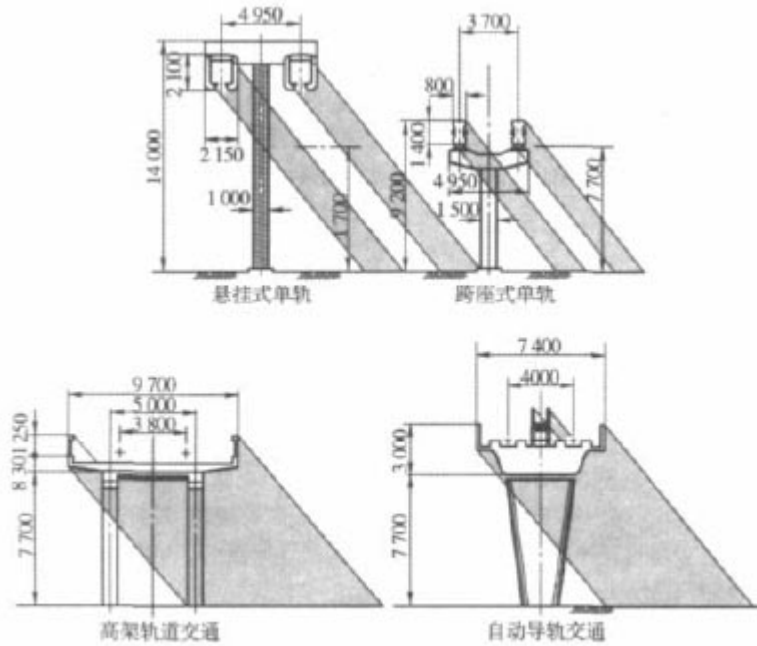


图1 日照影响示意图(单位:mm)

电磁波影响,主要指车辆运行和其他系统产生的电磁辐射对人体健康及沿线居民使用家用电器的影响。据日本羽田线单轨交通对电磁波干扰的实验,电视天线放在离行驶列车5m远的地方,当列车通过时证实无影响。根据我国地铁高架线路电磁污染分析,电磁辐射场强,均远低于标准限值,不会对人体健康产生影响,也不会影响沿线居民收看电视,故单轨交通产生的电磁波不会影响居民健康与正常生活。

单轨交通区间线路仅为两条细长的梁,无人员行走,列车夜晚行驶时,头灯点亮非照明需要而只是一种标识,亮度不大,对沿线居住的居民不会有明显影响。

但是,单轨交通也有一些重要缺点。

首先,列车在空中行驶,在区间万一发生故障,虽然事故列车可采用其他动力车牵至邻近车站,或采用本线或相邻线路列车将乘客接走等方式解救乘客,但救援工作毕竟复杂,而且乘客只能被动等待救援。不过由于当代发达的技术,安全保障系统一般都很可靠,正常状态下事故发生的几率是极小的,日本单轨交通运行40a,从未发生过重大安全事故。

其次,单轨交通的道岔系统构造比较复杂。特别是跨座式单轨道岔形体比较笨重,转换一次道岔的时间一般均需10s以上,而且列车沿须减速通过道岔,降低了列车平均运速和延长了折返时间,使增加行车密度受到了制约。单轨交通的行车间隔难以低于2.5min,增加动量只能加大列车编组。

采用橡胶车轮在混凝土梁上行驶的单轨交通,其滚动摩擦阻力约为钢轮的5~8倍,线路通常又有较大的坡度,帮能耗相对较高。同时,单轨交通受轮胎承载力的限制,每一橡胶车轮的承载力不超过5.5t,每轴双轮承载力为11t,而通常采用四轴车,总载重为44t,载客量和车辆长度均受到一定的限制。同时胶轮耐磨性差,使用寿命比钢轮短。

胶轮行驶磨耗下的橡胶粉尘,及集电器与导电轨滑行摩擦产生的金属粉尘,对大气也会产生微量的污染。

单轨车在空中行驶,若发生车辆部件脱落会危及地面安全,必须在车辆构造上要严防部件可能的松脱。

此外,跨座式单轨交通的车站,站台面距轨道梁底板较高,为防止乘客失足跌落摔伤,需要采取安全防护措施。



综上所述,结合重庆市的地理位置、重庆的地形特点和经济发展情况,综合比较跨座式单轨交通的优缺点,与其他轨道交通形式进行综合比较后,认为跨座式单轨交通这种形式符合重庆的当地情况,是可行的。

3 结论

本文通过介绍单轨交通的发展简况、单轨交通适用范围及重庆市的发展简况,提出了城市公共交通面临的主要问题。通过重庆市的地理位置、经济发展现状、城市公共交通发展中面临的问题,综合分析考虑跨座式单轨交通的优缺点,最后确定出符合重庆发展和城市现状的轨道交通形式。

参考文献

- [1]周庆瑞,金锋.新型城市轨道交通[M].北京:中国铁道出版社,2005.
- [2]都市交通研究会.新しい都市交通システム[M].日本:山海堂,1997.
- [3]HITACH.The Role of Straddle Type Monorail[R].
- [4]铁道部第二勘测设计院.重庆市较场口——新山村线一期工程总体设计[Z].2002.
- [5]重庆市轨道交通总公司.重庆市轻轨交通较新线技术资料[Z].2004.

