doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2010.01.003

广州市轨道交通接触网形式选择

靳守杰 何治新
(广州地铁设计研究院有限公司 广州 510010)

摘 要 介绍广州市轨道交通接触网系统的应用情况、设计原则、技术参数,通过对柔性架空接触网、刚性架空接触网、接触轨 3种形式在广州市轨道交通的应用情况,说明这 3种形式的技术成熟可靠,应结合城市规划、安全防护、经济投资、运营方式、线路特征等进行合理选择,并提出广州市轨道交通接触网形式选择的原则。

关键词 广州市 城市轨道交通 刚性架空接触网 柔性架空接触网 接触轨

中图分类号 U223;U231+.8 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2010)01-0011-04

1 广州市轨道交通建设概述

广州市轨道交通自 1997年 1号线运营开通至今,已建成开通 4条线路,总里程 116 km。到 2010年广州亚运会开幕时,广州市轨道交通线网运营总里程将达 237 km。根据规划,至 2020年广州市将建成 16条线路,线网总计达 658 km。

广州市轨道交通建设在系统制式选择方面,采取充分体现适应性、可靠性、经济性、创新性的原则,根据不同线路的特点,针对性地对系统制式进行选择。在接触网形式选择方面,以适应线路特点、保证可靠运营为前提,不断追求技术进步,在国内轨道交通领域屡屡取得开创性成果。其中,2003年 6月开通的广州市轨道交通 2号线首期工程,是我国第 1条采用架空刚性接触网的地铁线路,开通至今未发生弓网事故。2006年 12月开通的广州市轨道交通 4号线(新造—黄阁段)工程,是我国第 1条采用 DC 1500V接触轨的地铁线路,开通至今系统运行正常。

收稿日期:2009-12-24

作者简介:靳守杰,男,副院长,高级工程师,从事城市轨道交通供电系统设计及技术研究工作,jinshoujie@dtsjy.com

广州市轨道交通在接触网系统研究和应用领域积极开展技术革新,推动了我国城市轨道交通接触网技术的进步。刚性架空接触网和 DC 1500V接触轨技术,在其他城市轨道交通中的迅速推广应用,极大地推动了设备国产化进程和我国相关产业的发展。

通过对各种接触网形式的应用,在城市轨道交通接触网形式选择方面,总结出了适合广州市轨道交通建设的原则和标准。

2 城市轨道交通接触网

接触网是沿轨道交通线路安装的向电力机车供电的特殊形式输电线路,它是城市轨道交通所特有的向电力机车或电动车组提供电能且无备用的供电设备。

2.1 接触网电压等级

城市轨道交通接触网系统一般采用直流供电,目前世界各国城市轨道交通的供电电压大都在 DC 600~3 000 V之间。我国 GB 50157—2003《地铁设计规范》将 DC 750V和 DC 1500V列为轨道交通直流牵引供电系统的标准电压等级。

2.2 接触网类型

接触网按安装位置的不同可分为接触轨和架空接触网。

2.2.1 接触轨

接触轨是沿轨道线路敷设的附加导电轨,从电动客车转向架伸出的受流器通过与接触轨接触而取得电能。根据接触位置分为上接触式、下接触式和侧接触式。

接触轨具有供电距离较长,结构紧凑、安装空间小,维护简便、运营费用低,使用寿命长,对城市景观无影响等特点。

2.2.2 架空接触网

架空接触网的悬挂类型分为柔性悬挂和刚性悬挂。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2.2.1 柔性架空接触网

柔性架空接触网又可分为简单悬挂和链形悬挂。简单悬挂结构简单，支柱高度低，支持装置承受的负荷较轻，弛度大，弹性不均，在城市轨道交通车辆段和停车场多采用此种类型；链形悬挂承力索悬挂于支柱的支持装置上，接触线通过吊弦悬挂在承力索上，可使整个跨距内接触线对轨面保持一致，悬挂线弹性均匀。

2.2.2.2 刚性架空接触网

刚性悬挂采用铝合金汇流排夹持铜导线的方式，设计简单，施工便利；汇流排载流截面大，大大降低了回路电阻，无需辅助馈电线，使得其结构简单紧凑，可节省隧道净空，并节省投资；导电铜线不受张力，应用可靠，耐磨性好；接触网系统零部件少，大大降低了维护成本。

3 广州市轨道交通接触网形式

3.1 接触网形式选择情况

目前，广州市轨道交通已投运线路和在建线路中，除了珠江新城旅客自动输送系统工程（APM）之外，牵引供电电压制式均采用 DC 1500V，接触网的形式有柔性架空接触网、刚性架空接触网和接触轨 3种形式，详见表 1。

表 1 广州市轨道交通投运及在建线路接触网形式

序号	线路	牵引供电电压制式	运行情况	牵引网	
				正线	车辆段 停车场
1	1号线	DC 1500V	投运	柔性架空接触网	柔性架空接触网
2	2号线	DC 1500V	投运	刚性架空接触网	柔性架空接触网
3	3号线	DC 1500V	投运	刚性架空接触网	柔性架空接触网
4	4号线	DC 1500V	投运	接触轨	柔性架空接触网
5	5号线	DC 1500V	投运在即	接触轨	柔性架空接触网
6	6号线	DC 1500V	在建	接触轨	柔性架空接触网
7	7号线	DC 1500V	在建	刚性架空接触网	柔性架空接触网
8	2/8号延长线	DC 1500V	在建	刚性架空接触网	柔性架空接触网
9	3号线延长线	DC 1500V	在建	刚性架空接触网	柔性架空接触网
10	9号线	DC 1500V	在建	刚性架空接触网	柔性架空接触网
11	APM	AC 600V	在建	接触轨	接触轨
12	13号线	DC 1500V	在建	刚性架空接触网	柔性架空接触网

3.2 接触网形式选择原则

柔性架空接触网、刚性架空接触网和接触轨 3种形式，经过广州市轨道交通的工程实践证明，均为成熟、安全、可靠的系统。具体形式的确定应结合城市规划、线路特征、行车组织、运营管理、线网资源等方面的因素统筹考虑，可适当选用。

根据接触网悬挂方式的特点，柔性架空接触网适用于地面线路和高架线路，刚性架空接触网适用于地下线路，接触轨适用于地上及地下线路。

根据广州市轨道交通设计、建设、运营的经验，接触网形式的选择宜遵循以下原则：

1）对于正线以地下敷设方式为主且对景观要求不高的线路，接触网在正线地下部分采用刚性架空接触网，在地面和高架部分采用柔性架空接触网，在车辆段和车场采用柔性架空接触网。

2）对于正线以高架敷设方式为主且对景观要求较高的线路，接触网在正线全线采用接触轨，车辆段和停车场采用柔性架空接触网或接触轨。

3.3 接触网主要设计原则

接触网系统的设计应遵循以下原则：

1）应具备安全、可靠的性能，满足列车最高行驶速度的运营要求。

2）应持续地向列车提供电能，且具有良好的弓网关系。

3）应满足车辆在地下隧道、地面及高架区段的运行要求，保证在广州气候环境条件下正常运行。

4）安装形式应满足地下隧道、高架桥梁等空间的要求。

5）接触网设备及零部件应具有耐腐蚀性好、寿命长、少维修的特点。

6）接触网设备及零部件在满足技术要求的前提下，应采用国产设备。

7）接触网设备除与机车车辆有相互作用的设备外，在任何情况下不得侵入设备限界，以确保行车安全。

8）应充分考虑城市的景观协调。

3.4 接触网主要技术参数

3.4.1 刚性架空接触网

3.4.1.1 接触悬挂类型及导线组成

接触网总截面应能够满足在最大允许磨耗条件下最大持续载流量的要求。广州市轨道交通刚性架空接触网在地下正线、渡线、存车线、折返线及出入段线等处均采用架空 Π 型刚性悬挂类型，导线组成（线路允许最高运行速度 120 km/h）为汇流排 +接触线 +架空地线（1×PAC110+1×CTAH150+1×JT120），汇流排外形见图 1。

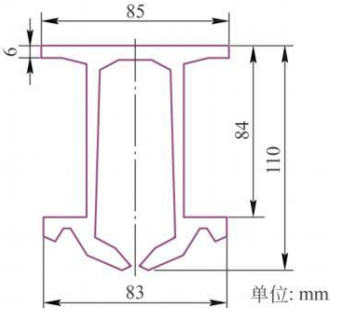

图 1 汇流排外形

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.4.1.2 接触线高度

接触线高度的选择应根据机车受电弓的工作高度范围、最佳工作状态、对地的绝缘距离等因素综合确定。地下隧道区段，悬挂点接触线距轨面的高度为4 040 mm，最低不小于 4 000 mm。

3.4.1.3 跨距及拉出值

刚性悬挂跨距一般为 6～10 m，曲线地段应根据线路情况和相邻跨距，保证刚体的平整，适当缩小。刚性悬挂在悬挂点的拉出值应根据汇流排的走向、线路情况和受电弓滑板的工作范围而定，其最大值为 200 mm。

3.4.1.4 侧面限界

直线段：支柱的侧面限界一般为 2 300 mm，具体根据限界专业所提要求进行计算而定。

曲线段：根据限界专业所提要求进行计算而定。

3.4.1.5 锚段长度和锚段关节

刚性悬挂通过单独机械分段的汇流排组成，其锚段长度一般为 200～250 m。刚性悬挂机械分段主要有两种形式：一种是膨胀关节式机械分段，其适应运营速度为不小于 100 km/h的线路；另一种为锚段关节式机械分段，其适应运营速度为小于 100 km/h的线路。

3.4.1.6 汇流排、接触线坡度及最小弯曲半径

刚性悬挂汇流排高度变化时，为保证滑动面的平整度，其坡度变化不应大于 2‰。汇流排的弯曲半径影响接触线的嵌入，没有机械预弯的汇流排最小半径为80 m，有机械预弯的汇流排其最小半径为 45 m。

连接每一段的汇流排及终端，形成刚性悬挂整个锚段，汇流排中间接头的机电性能与汇流排相一致，其导电率不得低于汇流排。汇流排终端用于刚性悬挂锚段关节、电分段、线岔等处，保证机车受电弓平稳过渡。其截面尺寸、机电性能与汇流排完全一致，终端 1 500 mm 的长度内向上翘起 70 mm，制造长度为 7 500 mm。

3.4.1.7 中心锚结及悬挂支持装置

刚性悬挂在机械分段的中部应设中心锚结，中心锚结采用 V型拉线绝缘棒方式。刚性悬挂采用的支持装置形式主要有垂直悬吊安装、平腕臂安装和绝缘棒安装。采用垂直悬吊作为汇流排安装的主要方式，在净空较低的区段可采用绝缘棒安装方式。垂直悬吊安装如图 2所示。

3.4.2 接触轨

3.4.2.1 接触受流方式

接触轨采用下部接触受流方式，典型区段安装见图 3。

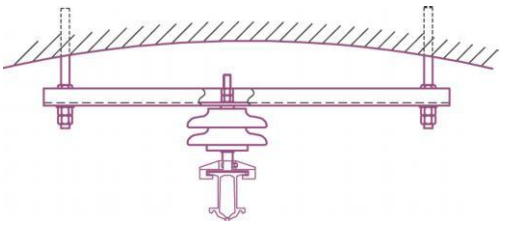

图 2 刚性悬挂垂直悬吊安装

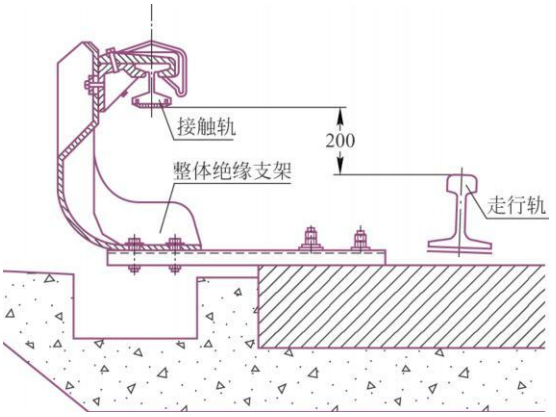

图 3 接触轨典型区段安装

主要由接触轨、整体绝缘支架和防护罩等构成，整体绝缘支架安装在轨道整体道床或轨枕上。

3.4.2.2 安装位置

在设置疏散平台的线路，接触轨在区间安装于疏散平台的对侧，在车站范围安装于站台的对侧，以远离人员活动区域，保证人身安全。

接触轨中心至线路中心的水平距离为 1 510 mm，接触轨的受流面距走行轨轨顶面的垂直距离为 200 mm。在圆曲线及缓和曲线上，接触轨安装根据曲线情况与走行轨保持一致。

3.4.2.3 制造参数

接触轨单位制造长度一般为 15 m。当线路的曲线半径大于 190 m时，钢铝复合轨可以在施工现场直接打弯；当线路的曲线半径小于或等于 190 m时，钢铝复合轨则需要在工厂加工预弯。

3.4.2.4 接触轨接头、端部弯头及跨距设置

接触轨接头分为正常接头和膨胀接头两种。

正常接头采用铝制鱼尾板进行各段导电轨的固定而不预留温度伸缩缝，要求接头与支持点的距离不小于 600 mm；温度伸缩接头，在隧道内接触轨自由伸缩段长度按约 90 m考虑，地面及高架桥上接触轨自由伸缩段长度按约 75 m考虑。

在接触轨断轨处设置端部弯头，弯头长约 5.2 m，坡度为 1∶50。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

接触轨跨距一般为 3～5 m,在电分段、膨胀接头、端部弯头及道岔处相应减小。

3.4.2.5 断轨和锚结的设置

接触轨断口有电气分断和电气不分断两种形式,在断轨处接触轨端部设置端部弯头。电气不分断形式设置在道岔、地下车站人防门、防淹门、接触轨换边等处。断轨设置应结合对车辆提出的要求,保证车辆运行中牵引和辅助用电不间断,保证运营安全和服务水平。

锚结一般设置在两膨胀接头之间的中部。正常情况下锚结设置一组,在大坡度区段的上坡起始端、坡顶、下坡终端等处选用特殊的锚结装置。

3.4.3 柔性架空接触网

3.4.3.1 悬挂点处导线高度

导线距轨面高度一般为 4 800 mm,接触线坡度变化按行车速度的变化确定,最大不大于 10‰。

直线段支柱侧面限界一般为 2 300 mm,曲线段根据限界要求进行计算确定。

3.4.3.2 参数设置

最大跨距不大于 50m,直线拉出值 ±200 mm,曲线拉出值不大于 250 mm。锚段长度一般不大于 1 500 m,当一个锚段内有较长的小半径曲线时,锚段长度可适当缩小,每个锚段两端设补偿下锚;当锚段长度小于 750 m时,一端设硬锚,另一端设补偿下锚。

接触悬挂类型及导线组成见表 2,接触网的主要线材张力一般为 12 kN。

表 2 接触悬挂类型及导线组成

区段	悬挂类型	导线组成 (承力索+接触线+架空地线)
出入段线(地面)	简单链型悬挂	2×JT150+2×CTAH150(120)+1×JT120
试车线	简单链型悬挂	2×JT150+2×CTAH150(120)+1×JT120
车场线	补偿简单悬挂	1×CTAH150(120)+1×JT120

4 结论与建议

广州市轨道交通在接触网形式的选择上,采用了 DC 1500V柔性架空、刚性架空和接触轨 3种类型。这 3种接触网形式在设计、建设、运营方面均取得了成功,并积累了丰富经验。

城市轨道交通线路无论采用架空接触网还是接触轨,应从城市规划、景观布局、城市轨道交通技术状况、安全防护、经济投资、运营方式以及线路特征等方面进行综合考虑,选择适合城市轨道交通线路的接触网形式。

参考文献

[1] 中铁电气化局集团有限公司.电气化铁道接触网 [M].北京:中国电力出版社,2004.

[2] GB 50157—2003地铁设计规范 [S].北京:中国计划出版社,2003.

[3] 广州地铁设计研究院有限公司.广州市轨道交通三号线工程可行性研究报告 [R].广州,2001.

[4] 广州地铁设计研究院有限公司.广州市轨道交通四号线工程可行性研究报告 [R].广州,2005.

[5] 北京城建设计研究总院有限责任公司.青岛市轨道交通一期工程牵引供电系统制式分析报告 [R].北京,2009.

(编辑:郝京红)

Selection of Overhead Catenary System for Guangzhou Urban Rail Transit

Jin Shoujie He Zhixin

(Guangzhou Metro Design & Research Institute Co., Ltd., Guangzhou 510010)

Abstract: This article introduces the application situation, principles of design, technical parameters etc. of Guangzhou urban rail transit overhead catenary system. Three forms of contact systems, i.e., rigid overhead catenary system, flexible overhead catenary system and conduct rails have been applied to Guangzhou urban rail transit. They are mature reliable technologies and should be selected according to urban planning, safety protection, economic investment, operation, line characteristics and so on. The principles for selecting Guangzhou urban rail transit overhead catenary system are summarized.

Key words: Guangzhou city; urban rail transit; rigid overhead catenary system; flexible overhead catenary system; conduct rail

我国 2015年城市轨道交通总投资将达 9 886亿元

据住房和城乡建设部消息,根据初步统计,截至目前,全国已有 25个城市的轨道交通近期建设规划获得国务院批复。到 2015年前后,全国将建设 87条地铁线路,总里程 2 495 km,总投资 9 886亿元。截至 2009年 11月,北京、上海、广州、武汉等 19个城市共有 57条、1 400 km地铁线路同时在建,福州、昆明、大连、青岛等已获批准的城市于近期开始首条地铁线路的建设。

国务院批准地铁建设有 3项指标——城市人口超 300万人、GDP超 1 000亿元、地方财政一般预算收入超 100亿元,目前全国有近 50个城市达标,我国轨道交通建设未来发展有着巨大潜力。另外,一个国家轨道交通建设的发展,与其城市化水平紧密相关。我国城市化率已由 1979年的 17.9%提高到 2008年的 45.68%,预计到 2020年将达到 60%。

摘编自 www.chinametro.net 2010-01-08/2009-12-09

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net