

南京信息职业技术学院

# 毕业设计论文

作者 李慧 学号 51651P06

系部 通信学院

专业 城市轨道交通运营管理

题目 城市轨道交通再生制动逆变回馈系统优化设计

指导教师 孙玥

评阅教师 \_\_\_\_\_

完成时间：2019年5月7日

# 毕业论文中文摘要

题目：城市轨道交通再生制动逆变回馈系统优化设计

**摘要：**当前城市轨道交通都是采用的不可控的二级管整流器的牵引供电系统，完成能量在交流电网到直流牵引网之间的单向流动。列车可以在站台发生制动，是因为列车上的发动机产生的制动能量，使列车可以发生制动。目前大多数的列车是采用的电阻制动方式，这种制动方式缺点在于剩余的全部能量都会被电阻消耗，而且还不能再生制动循环利用，还会对通风散热系统造成负担。本文设计了再生制动逆变回馈系统，在逆变回馈式牵引供电系统原理下，采用再生制动技术在城市轨道交通方面也是很有必要的。

**关键词：**城市轨道交通，再生制动，逆变回馈，控制策略

## 毕业论文外文摘要

Title: Optimization design of urban track regenerative braking inverter feedback system

**Abstract:** at present, the traction power supply system of uncontrollable secondary rectifier is adopted in urban rail transit to complete the one-way flow of energy between the ac power grid and the dc traction network. The train can brake at the platform because the braking energy generated by the engine on the train enables the train to brake. At present, most of the trains adopt the resistance braking method. The disadvantage of this braking method is that all the remaining energy will be consumed by the resistance, and the regenerative braking cannot be recycled, which will also cause a burden on the ventilation and heat dissipation system. In this paper, regenerative braking inverter feedback system is designed. Based on the principle of inverter feedback traction power supply system, regenerative braking technology is also necessary in urban rail transit.

**Keywords:** Urban rail transit, Regenerative braking, Inverter feedback, Control strategy

# 目录

第一章 引言 .....	1
1.1 本文研究的内容和意义.....	1
1.2 城市轨道交通牵引供电系统简介.....	1
1.3 城市轨道交通再生制动能量利用技术现状.....	2
第二章 系统结构与工作原理 .....	6
2.1 系统结构介绍.....	6
2.2 系统工作原理.....	8
第三章 控制策略研究 .....	11
3.1 控制系统优化设计.....	11
3.1.1 逆变回馈机组投切原则 .....	11
3.1.2 整流机组与逆变回馈机组联合控制策略 .....	12
3.2 逆变回馈机组控制系统优化设计.....	12
结论 .....	13
致谢 .....	13
参考文献 .....	14

# 第一章 引言

## 1.1 本文研究的内容和意义

随着我国社会主义市场经济的快速发展，城市轨道交通以其大载客量、快捷、准时、安全、环保等优点成为了在公共交通中不可缺少的一部分，也是一个城市现代化的重要标志之一。由于这种交通工具需要频繁的进行制动和启动，而之前的牵引供电变电站，在列车再次制动时剩余能量不能合理的使用，反而都浪费了。针对这一点这篇文章主要研究的是轨道交通再生制动能量回馈技术，将再生制动时产生的剩余能量能够合理利用，并且达到节约能源，保护环境的目的。这样优化就可以把列车上的制动电阻拆卸下来，使列车可以变得轻量化。在制动方面可以提高列车的运力，稳定直流电网，减少在空气中的制动，使隧道内的灰尘减少，提高乘客的舒适度。最主要的是可以减少车辆的维修次数，增加列车的寿命。

在目前城市轨道交通车辆再生制动能量回收系统已得到初步商业化应用的前提下，很多专家还在不断地做各种新的研究。由于电阻制动占电制动比例约为 40%，因此城市轨道交通车辆的电阻制动能量回收是非常必要的。然而，从当前国内外电阻制动研究状况来看，大部分制动能量回收研究均针对车辆的再生制动过程展开，较少涉及车辆的电阻制动过程。

近年来，城市轨道交通工程理论的成熟与车辆部件生产精度的提高，使得关于城市轨道交通车辆制动能量回收方面的研究和应用取得了显著的成就，并具有良好的研究和市场发展前景。

本文主要是对城市轨道交通再生制动逆变回馈系统展开的仿真研究。主要介绍了再生制动逆变回馈系统的结构和工作原理，对比分析了晶闸管再生逆变器和四象限整流器这两种逆变装置之间的优缺点，以及工作原理。这些逆变装置都要比之前使用的不可控的二极管整流器的牵引供电系统要更加的优化。列车可以有效的快速产生制动，并且利用率更高、系统动态响应快和直流电压稳定性好等特点。

## 1.2 城市轨道交通牵引供电系统简介

牵引供电系统在城市轨道交通中主要是为列车提供电能，他主要包括牵引变电所和牵引网这两个方面，其中牵引变电所将高压变成适用于轨道交通的低压，电流通过馈电线传送到接触网上，接触网根据轨道的走向设定的特殊供电线路方式，列车通过受电弓和接触网之间的相互连接获得电能。牵引变电所中的电能是通过走行轨中的回流线将轨道电能回流到牵引变电所中的，如图 1-1 所示。

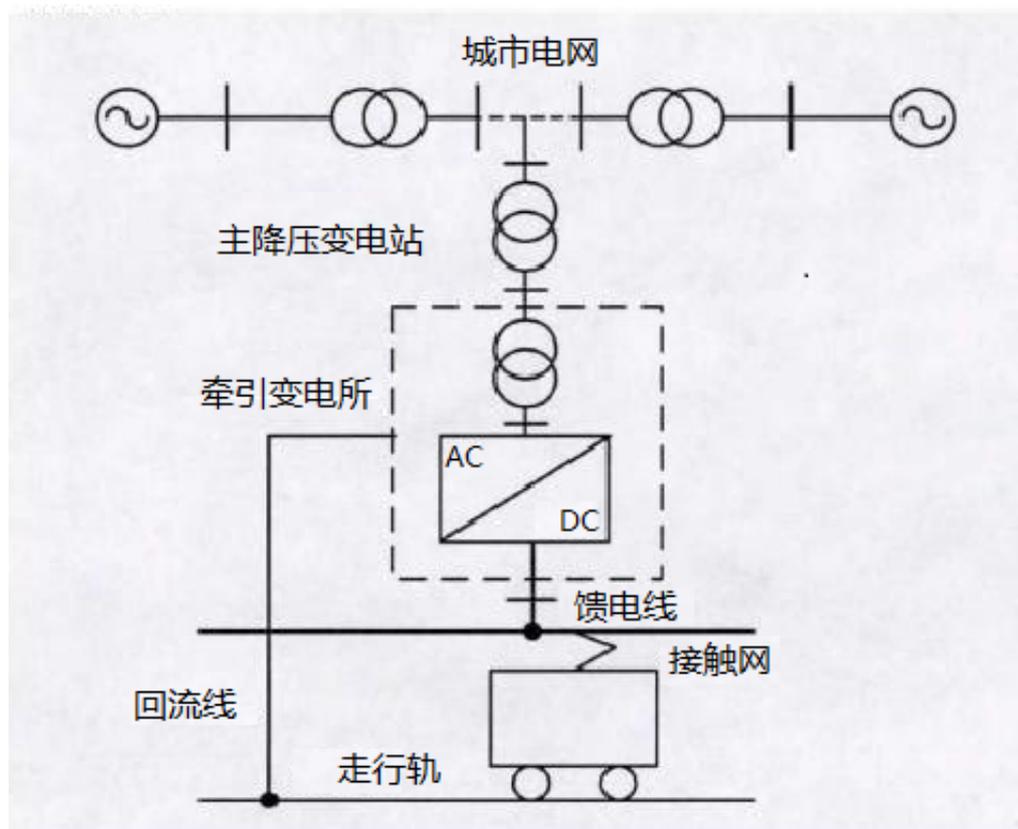


图 1-1 城市轨道交通牵引供电系统

牵引网在轨道交通供电系统中最直接为列车供电的供电设备，牵引网包括：接触网、馈电线、和回流线等。牵引变电所和接触网之间是由馈电线连接的，将列车所需要的高电压降为低压整流馈送到接触网。牵引变电所和轨道之间是由回流线连接的，在轨道中通过回流线将电流回流到牵引变电所上，已实现整个电路的正常运行，为列车提供电能。

从现在来看，大多数国家都是使用的将区域电网的高压电降压整流为 750V、1500V 或是轨道通用的 600V 的电压。根据我国《城市轨道交通直流牵引供电系统》(GB/T10411-2005)规定, 直流牵引供电系统标称电压采用 750V 和 1500V 两种。第三轨受流方式大多数采用的是 750V 等级电压, 而架空式接触网采用的是 1500V 等级的电压。其中 750V 的电压允许的波动范围在 500~900V, 1500V 的波动范围在 1000V~1800V, 每一种供电方式都有它的优缺点, 可以根据实际情况进行选择。这些供电方式再技术上可以共生存在也可以独立存在, 这篇文章主要探讨的是 DC1500V 这种类型牵引供电系统。

### 1.3 城市轨道交通再生制动能量利用技术现状

目前, 节能环保, 低碳生活是大家共同呼吁的口号, 作为城市轨道交通, 也要积极响应, 建设低碳型的交通基础设施使用节能环保的设备是轨道交通不可推卸的责任。由于地铁站与站的建设不得超过 2km, 需要频繁的到站停车和制动, 而列车制动时产生的再生制动能量可以达到牵引能量的 40%以上。这些可以循环利用的再生制动能量是相当可观的, 在保证列车安全运行的情况下, 也要做到节能环保。城市轨道交通列车在制动时一般采用电气制动和空气制动, 其中最主要的还是采用电气制动, 列车制动是电力牵引传动系统进行制动, 使牵引电机中由动能转化为电能, 并通过馈线回流到直流牵引电网。这种制动方式不仅减少列车在制动时摩擦造成的损耗, 还节约回收了剩余的动能。在列车频繁的制动下, 这些可在回收的再生制动的能量数量是很大的。

从现在来看, 我们可以借鉴国外一些国家的例子, 学习他们的经验, 成熟运用这一技术。除了电阻式制动方式外, 目前, 再生制动能量回收技术主要有飞轮储能、逆变回馈这两种再生制动技术。现在传统的二极管不可控整流供电系统与可再生制动的牵引供电系统存在较大的区别, 又称新型城市轨道交通供电系统。下面对这两种再生制动能量技术分别做了相应的介绍。

飞轮储能式供电系统主要由电网, 电动机, 轴承, 飞轮, 发电机, 负荷等结构构成, 这种制动方式是高速转动的飞轮中储存电能转变的动能, 这种飞轮储能式供电系统有高速和低速两种形式, 高速飞轮储能的要求要比低速储能式的要求要高因为高速运转会导致轴承的摩擦力变大, 减少飞轮储能的寿命, 所以在材料的选择和其他方面的要求要很高。其飞轮储能式供电系统原理如图 1-2 所示。

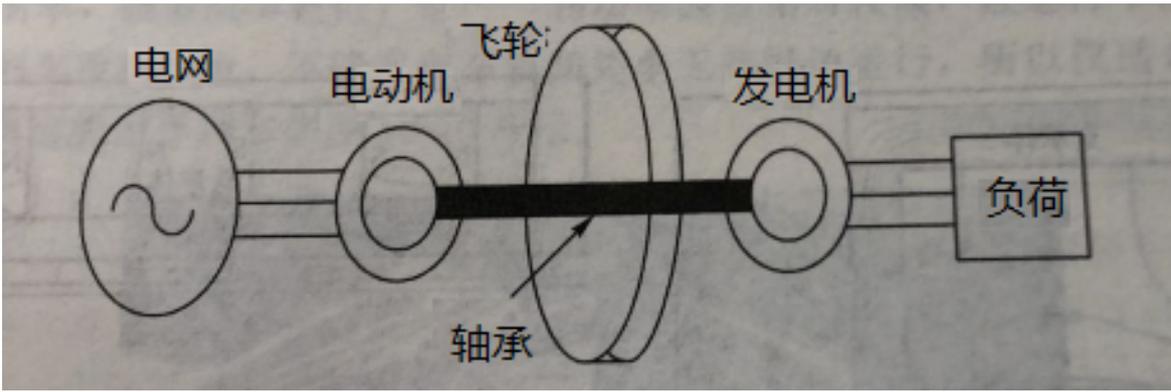


图 1-2 飞轮储能式供电系统原理

飞轮储能式供电系统的功率密度已大于 5 kW/kg, 能量密度已超过 20 Wh/kg, 储能效率在 90%以上, 输出的持续时间可达数小时, 工作过程中无噪声, 无污染, 维护简单, 且可连续工作, 通过积木式组合方法, 容量可以达 MW 级。

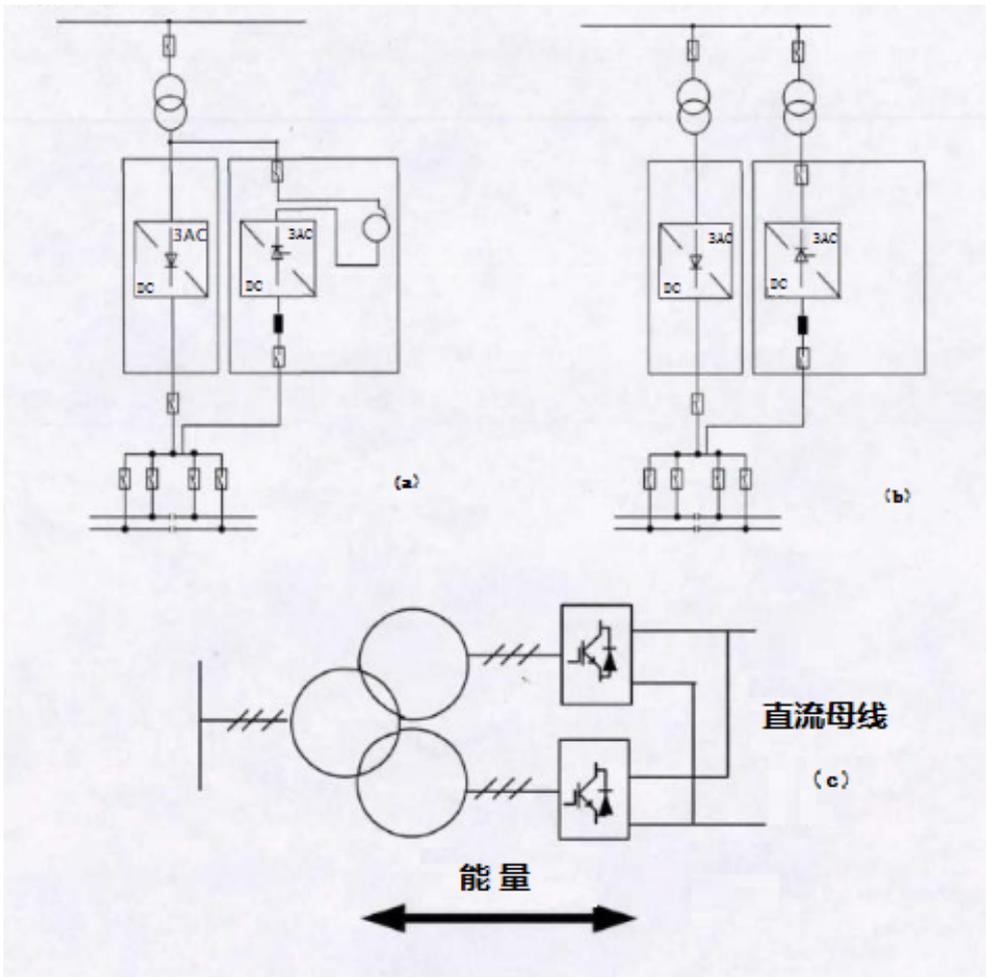


图 1-3 逆变回馈式牵引供电系统原理

逆变回馈式牵引供电系统原理如图 1-3 所示。逆变回馈式能量吸收装置一般由大功率晶闸管或 IGBT 构成三相有源逆变器，该装置的交流侧接至变电所交流电网上，直流侧接至整流机组直流母线输出侧。当有机车制动时，引起牵引网压升高，装置启动，从直流侧吸收电流，反馈制动能量至交流侧电网。逆变回馈装置的另一种结构类型是能量逆变装置与整流相结合的方式，即该装置即起到整流又起逆变的作用。根据牵引供电系统能量流动情况，当有机车需要取流，没有能量需要逆变时，工作在整流状态；当有机车制动且能量不能被别的机车完全吸收时，则工作在逆变状态。一般根据网压的大小来切换工作状态。这种装置结合了整流和回馈系统，但成本较高。价格昂贵，一般基于 IGBT 方案。目前已有应用的晶闸管式的逆变回馈装置组成部分主要包括：逆变变压器、晶闸管变流器、交流断路器、平衡电抗器、直流快速断路器、直流电压变换器、电动隔离开关、和调节控制柜等。正常运行情况下，该装置是直接反馈制动能量给交流电网，因此不需要储能设备，也不需要制动电阻，对车站隧道内温升产生的影响程度较小，比较适宜应用在大功率制动的场合，并且要求在所内安装的情况下采用这个方案。

上图中的 (a)、(b) 和 (c) 三种设备采用了不同的连接方式，图 (a) 这种设备采用的逆变器通过隔离变压器和牵引变压器连。这种连接方式的设备在 ABB 公司中有所使用。图 (b) 这种设备采用的逆变器通过升压后直接与中压环网相连。在西门子图 (a) 和图 (b) 这两种设备都有使用。但图 (c) 这种设备还在研究阶段，还没有成熟的产品在使用。

通过表 1-1 可以看出电阻耗能型的设备要比飞轮储能和逆变回馈的优点要多，这种类型的设备寿命长，维修量小，价格低等特点正好满足了国家提倡的节约电能合理利用等特点，而且这类设备在地铁领域发展的相对成熟，大多数地铁都是采用的这种制动方式，但是这种制动存在很大的弊端，这些弊端会使能量不能循环利用造成大量的浪费。但是逆变回馈系统中的再生制动，恰好填补了一缺点，国外一些国家在这方面有很多的研究，他们的这一类的产品发展的也很成熟，但我们国家在这一块领域还处于刚起步阶段，所以我们对于这一块的技术要加快速度追赶。

表 1-1 再生制动技术应用现状

项目	飞轮储能	逆变回馈	电阻耗能
寿命	较长	较长	较长
维护量	较小	小	小

项目	飞轮储能	逆变回馈	电阻耗能
技术特征与要求		直接应用大功率场合，集成在牵引变电所内	直接应用大功率场合，集成在牵引变电所内

	单个功率最大为250kv，须多个组合，对轴真空及转动轴有较高要求		
成本	较低	较高	较低
回馈方向	直流电网	交流电网	无能量回馈
对电力系统的谐波影响	无	向中压环网回馈时有一定谐波污染（晶闸管逆变器）	无
节能系统	好	好	没有
应用实例	德国、香港电力系统、纽约、香港地铁、内地无	轨道交通，天津地铁正在试运行	重庆的轻轨、广州地铁3号线、天津地铁2号线、首都厂线
生产厂商（采购条件）	英国 UPT9(国内外均较难)	日本日立、德国西门子、国内尚不成熟	国内成熟

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/718107060126006101>