

市内电车架空网

張应祥編著

电工技术丛书



上海科学技术出版社

电 工 技 术 分 类

市内电车架空网

张应祥 编著

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本書詳細地介紹市內電車架空網的結構、設計和施工、
保養方面的實際技術問題，內容以無軌電車架空網為主，對
有軌電車方面的特有問題，也作了扼要的敘述。

本書可供公共交通部門的技術人員及熟練技工參考。

電 工 技 術 文 庫 市 內 電 車 架 空 網

張 應 麟 編 著

上海科學技術出版社出版

(上海瑞金二路450號)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

新華書店上海發行所發行 各地新華書店經售

商務印書館上海廠印刷

開本 787×1092 1/32 印張 6 10/32 插頁 1 字數 140,000

1963年2月第1版 1963年11月第2次印刷

印數 601—1,100

統一書號：15119·1705

定 價：(十二) 0.76 元

編者的話

现代生产技术的发展,在于利用动力能源,在于采用先进技术,使整个生产过程向全盘机械化和自动化的道路迈进。

电能是主要的动力能源,广泛地应用于一切生产技术部門和人类生活方面,而且一切现代科学技术几乎沒有一門不与电能有密切的关联。电能之所以成为主要动力能源是在于控制和变换方便,輸送、分配、計量基本上不受空間、時間、环境条件的重大影响和限制。远在1883年間,恩格斯对于电能远距輸送的实验曾作了預見性的論断:“……这个实验彻底地把工业几乎由所有的地域条件的限制中解放出来,同时也使利用最遙远的水力成为可能。”^①

近年以来,从事于工业、农业技术工作的同志提出了迫切需要有一套一般技术水平的、較完整的、反映现代电工技术成就的专业图书。处在今日祖国工农业生产和科学技术事业史无前例的蓬勃发展的新时代里,他們提出这样的要求是完全可以理解的。

同时,在历年以来社会主义建設的过程中,广大电工技术人員、生产工人、教学和研究人員等,通过实践,积累了丰富的經驗、掌握了新的理論。根据这些成果,出现了理論結合实际、反映大跃进成就的新著作,这些都是值得介紹和交流的珍貴資料。

① 馬克思恩格斯全集(俄文版)第27卷,第289頁。

根据多方面的需要，按照新型电工技术图书创作的可能性，我們組織电工技术作家，成立了《电工技术文庫》編輯委员会，从事編写一套旨在符合广大讀者要求的、以一般电工技术人員和有經驗的技术工人为主要对象的、以結合我国生产实践为主要內容的、以反映现代电工技术为方向的《电工技术文庫》。

我們的愿望是：在今后全国电气化的伟大事业中，这一套《电工技术文庫》能够起着一定的作用。

电工技术文庫編輯委员会

1962年6月

前 言

随着我国社会主义建设事业的飞跃发展，城市交通亦相应地前进。全国各大城市均先后出现了无轨电车路线。由于有轨电车噪声大，需要经常开挖路面保养路轨，维护费用高，遇有车辆事故整个交通被阻塞，所以城市交通发展的趋势是：有轨电车用于联络卫星城市或郊区，市区中心原有的有轨电车轨道已经或将逐步拆迁而以无轨电车代替。

从电车架空网结构来讲，无轨电车方面比较复杂。只要了解无轨电车架空网，有轨电车方面自可触类旁通。因此本书的内容，着重于无轨架空网的设计、架设、抢修和养护。对于有轨电车，则在适当情况下，作补充说明。全书共分三部分：首先介绍供电系统及集电装置，并叙述供电电缆故障测定方法；其次详细讨论架空网构成的各个部分及其设计方法；最后叙述架空网施工与养护工作。

在领导的支持和关怀下，本书得在最近完成。在编写过程中，还得到上海公交公司电车轨道所架空队老师傅和技术科同志很多宝贵的意见，在此一并致谢！

拙著脱稿后，虽经数次校阅，但因著者能力有限，不免有遗漏或欠妥之处，敬祈读者批评指正。

张应祥

1962年写于上海市公用事业研究所

目 录

前言

第一章 饋电与集电装置	1
1-1 电力供应系統	1
1-2 饋电	2
1-3 集电装置	30
第二章 架空网及其設計	40
2-1 架空网的一般知識	40
2-2 电杆	42
2-3 触綫	52
2-4 悬吊方式与悬吊配件	64
2-5 枢纽設備	94
2-6 信号設備	116
2-7 架空网設計	121
第三章 施工与維護	161
3-1 配备	161
3-2 新建工程施工程序	170
3-3 搶修	182
3-4 保养	188
3-5 調換架空設備	189
附录	192
1 架空工安全操作参考規則	192
2 电杆工安全操作参考規則	193
参考文献	196

饋电与集电装置

1-1 电力供应系統

城市电車的運轉，全靠外部輸送电流于電車上的电动机，因此需要多种的电气設備来組成电力供应系統。

首先，电厂发出的三相 50 赫交流电流，由于輸电技术上的需要，通过升压变电站将电压升高，經高压电纜或架空电綫送至用电地区后，由降压变电站把电压降低，然后再由整流站将交流电变成 550~600 伏的直流电送到電車架空网上(图1-1)。这样从电厂一直到架空网組成電車的一个电力供应系統。通过这个系統電車得到电源。

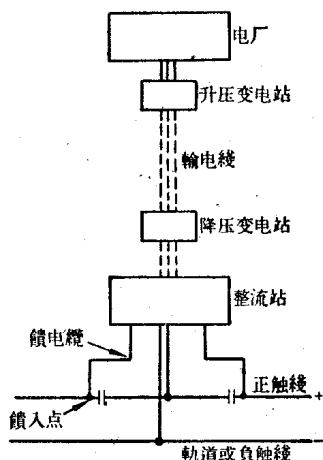


图 1-1 电力供应系統

电力供应系統可以分为交流与直流两部分，跟城市電車直接有关的，主要是整流站以后的直流部分。

由整流站发出的电流，通过饋电綫将电流分配到各处的架空网上(图 1-2)。車輛上的集电装置，沿着架空网的触綫行走，不断地从触綫上获得电流輸送给車輛的电动机。最后电流經過軌道或負触綫再回到整流站。从电流整流站发出再回

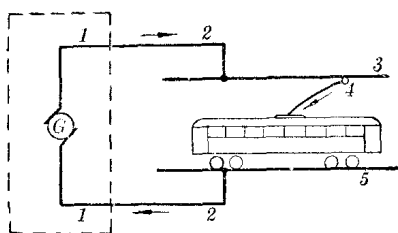


图 1-2 直流饋电系統

1. 整流站； 2. 饋电纜； 3. 架空网；
4. 集电装置； 5. 軌道

到整流站，这样一个直流电的饋电系統，可以分为整流、配电、架空网、集电装置四个步骤来说明。

我們首先概略地叙述一下四个步骤及其相互关系，然后着重研究架空网。

1-2 饋 电

一、整流設備

如上所述，将电厂的交流电经过升压和降压处理，并由整流站变成 550~600 伏的直流电后，再送到架空网。这个办法的优点，可减少直流饋电电纜长度；同时，在整流站前采用高压交流电，可减少綫路上的损耗。在采用 550~600 伏电压时，一般整流站供应电流区域为 2~3 公里半径的圓周。当然这个半径数值，还要看用电量的多寡而定。

当交流电送至整流站时，先到高压配电装置部分 *E* (图 1-3)，经过閘刀→油开关→閘刀→交流組合汇流排→閘刀→油开关到达整流設備 *F*，再经过变压器→整流器到直流配电装置 *G*，经过直流总开关 *C*→閘刀→正直流汇流排→閘刀→饋綫开关→正饋电纜(直流出綫) 4 接架空网。回到整流站的电流经負饋电纜(直流进綫) 5→閘刀→負直流汇流排→变压器中性点。

直流总开关如遇直流部分发生事故时，能自动脫扣，自动合閘三次。超过此数如故障仍未解除，則停在脫扣位置。饋

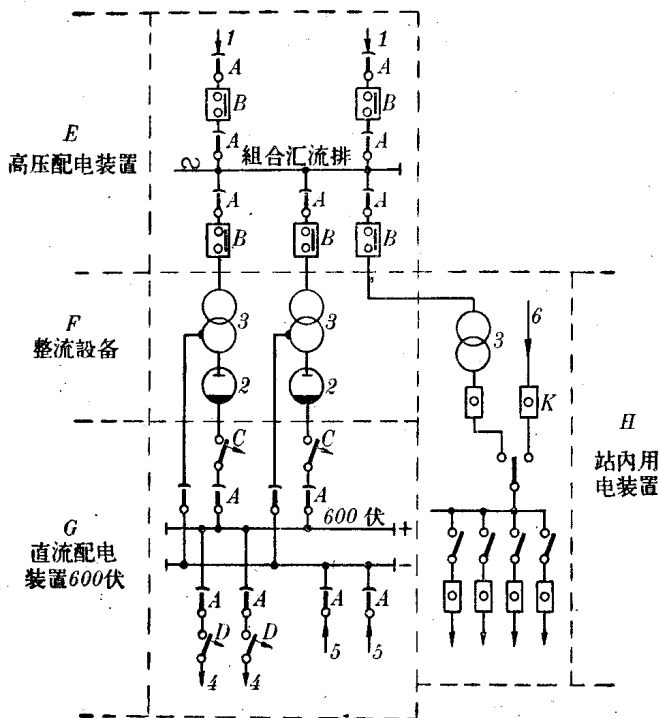


图 1-3 整流站电力联接原则简图

- A. 断路器； B. 油开关； C. 直流总开关(自动重合闸)； D. 馈线开关(过载自动重合闸)； K. 熔断丝
 1. 交流进线； 2. 整流器； 3. 站内降压变压器； 4. 直流出线； 5. 直流进线； 6. 备用电进线

线开关运行方式与直流总开关相同，但只在架空网负荷过载或馈电缆、架空网发生事故时，始发生作用。

整流设备至少两套，其中一套备用。整流站内另有一交流电源供应站内用电，当交流电源发生故障时，另有直流电源供站内照明设备等之用。

一般，架空网上发生重大停电事故，多为架空人员不明整

流站运行情况，以致工作和整流站配合不当所引起。因此架空人員对整流站的有关知識，实应有所了解。

整流站交流变直流的设备有三种：电动发电机组、旋轉变流机(或简称变流机)及水銀(汞弧)整流器。前两种是老式的设备，后一种现在普遍采用，故将作比較詳細的叙述。

1. 电动发电机组 应用交流电动机轉动直流发电机，发出直流电。电动机可为同步式和感应式，应用比較普遍的为同步式。发电机可采用复激式。机组的优缺点如下：

(一)优点：

(1) 机组的交流电与直流电无直接关系，在电气方面比較簡單；

(2) 对設計高压的直流比較容易；

(3) 比較旋轉变流机整流的情形好；

(4) 供应直流电时，能够发出交流电，对电力的再生方面，非常便利；

(5) 功率因数高。

(二)缺点：

(1) 装置的价格高及占用的面积大；

(2) 效率等于电动机的效率与发电机的效率之积，約为75%，比旋轉变流机及整流器差。

2. 旋轉变流机 有六相和三相两种，其优缺点如下：

(一)优点：

(1) 效率可高至90%；

(2) 占地位小；

(3) 购置費比較低。

(二)缺点：

(1) 交流与直流两端互相关联，結構較复杂；

- (2) 整流效果不太好;
- (3) 电压較高的变流机制造比較困难, 最高不超过 1500 伏。
- (4) 不是完全可以反向应用。

3. 水銀整流器 现在普遍采用, 分玻璃与鉄壳两种。一般需 200 千瓦以下电力时, 可采用玻璃水銀整流器; 200~6000 千瓦时, 則都采用鉄壳水銀整流器。

整流器为接近真空 (1/100 毫米水銀柱高度) 的玻璃泡或鉄筒。其底部有水銀, 上部有一根或六根鉄质或石墨电极。这些电极可与交流发电机或与星形六相变压器的次級綫圈相接。由水銀(正极)出来的綫与星形綫圈中性点(負极)相接, 組成直流的电路(图 1-4)。电流在电路上的方向, 为由水銀流向中性点。图 1-5 为六极风冷式玻璃水銀整流器的外貌。

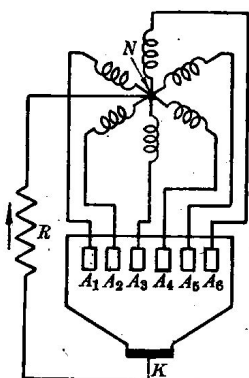


图 1-4 六极水銀整流器

K. 在整流器外为阳极;

N. 中性点或負极;

R. 电阻



图 1-5 六极风冷式玻璃水銀整流器

玻璃泡的质量是由电流强度来决定。普通玻璃用于弱电流,优质的派勒克斯玻璃用于中等的电流,石英玻璃则用于强电流。整流玻璃泡的寿命是很难确定,一般可使用10,000~100,000小时,最好的保养方法是不要过载。

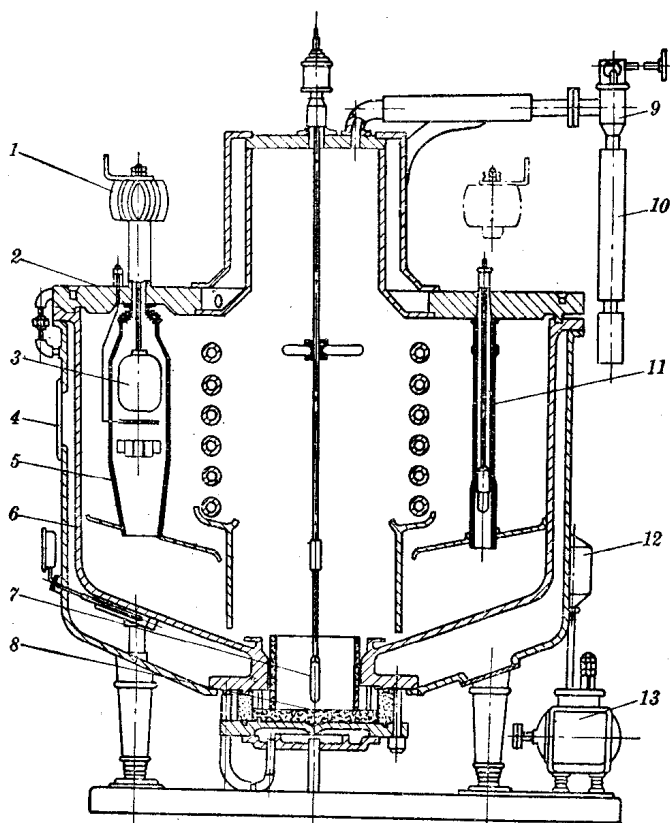


图 1-6 铁壳水银整流器

- 1.阳极散热器; 2.阳极板; 3.阳极; 4.孔盖; 5.阳极套;
6.铁壳; 7.点弧极; 8.水银阴极; 9.主阀; 10.水银扩散
泵; 11.励弧极; 12.防止倒流阀; 13.真空油泵(初级泵)

鉄壳整流器(图 1-6)是一鋼质有盖容器,分里外两层。有六个电极通盖子上面。电极都是用石墨及某种特殊装置而构成,与盖子絕緣。在容器里层下面盛滿水銀(負极)而与容器絕緣。整个整流器密封。在阳极附近装置着維持电弧的两个电极(励弧极)。它是由補助单相交流供应电能,是要負极附近有正常的电弧,使整流器能够发生整流作用。在盖子上面有一圓筒,为冷却水銀气体之用。圓筒上有一綫圈,另一根鉄棒穿心而过,插到水銀上面。当補助电流通过綫圈而鉄棒被吸引上升离开水銀面时,便可发生电弧而开始整流。

用水通过冷却圓筒与容器的夹层,吸收着整流器的热量而排送到整流器外面,以便降低它运行时的温度。另外有两真空泵保持整流器內的气压約 0.01 毫米水銀柱。用水散热装置与真空泵是整流器管理最麻煩的部分。玻璃泡整流器及某种型式的鉄壳整流器只用电风扇散热,在设备上及保养上就简单得多了。

(一)整流器的优点:

(1) 效率高,由图 1-4 知整流设备包括整流器和变压器。就整流器來說,它的效率等于直流电压跟直流电压加整流器电位降之比。整流器电位降为正极、負极与电弧电位降的和,其平均值約 20 伏左右。可用下列公式来表示:

$$\eta = \frac{V}{V + 20}。$$

式中 η —效率; V —直流电压。

由上式得知:直流电压愈高,則效率愈大。因此,只以整流器本身而論,效率可能由 110 伏的 85% 到 750 伏的 98%。可是整个整流设备的效率,因为有变压器的損耗,所以比整流器单独的效率要低些。

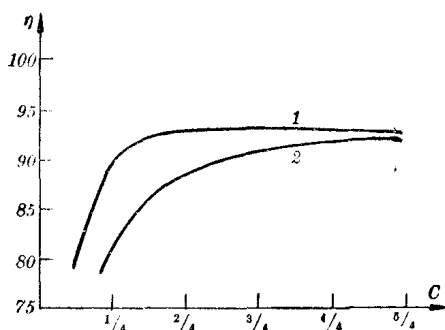


图 1-7 整流器与变流机效率的比较曲线

η , 效率; C , 负荷; 1, 整流器; 2, 变流机

图 1-7 为同样电力的整流器与变流机的效率比较图。

(2) 在低负荷时, 比较变流机的效率高。

(3) 与变流机比较, 整流器不需要整流环, 在短路时无冲击力。所以整流器特别适合应付瞬时的过大的负载或短路。

(4) 启闭容易, 无轴承及整流铜环, 因此所需维护人员较少, 可应用继电器来控制高压开关, 并可远程控制, 比较变流机的自动装置容易安装。

(5) 相同的电力, 电压在 400 伏以上的整流器比变流机体积小, 因此占地少。

(6) 整流器运行中清静无声, 不妨碍环境安静, 可以装设在城市中心。

(7) 无旋转部分, 没有震动, 因此不需要底脚。

(8) 起动简单。

(9) 整流器在直流方面电压数值不受限制, 故无串联的必要, 一般均为并联, 且可与变流机并联。

(二) 整流器的缺点:

(1) 在使用开始前及使用停止后, 需要一定操作程序。

(2) 有发生逆弧现象,通常不能反向应用。

(3) 发出的直流有交流的波动,有影响电话綫的可能性。

(三) 水銀整流器的特殊装置: 水銀整流器直流方面的电压是波动电压,加之电車的負荷时刻在变动,于是綫路上的电压变动也很大,成为周波的电压,因感应作用而可能影响附近电话綫,故有应用滤波装置的必要。图1-8所示就是此类装置。

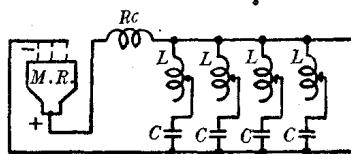


图 1-8 整流站的特殊装置

M.R. 水銀整流器; R_c 綫圈;

L. 电抗器; C. 电容器

(四) 整流站建站的注意: 整流站有集中制和分散制。集中制是整个市区只有一两个整流站,直流电全部由一两个站用饋电綫送到各用电区。这个方法需要很多的电綫,设备費用高。分散制就是将市区分为若干供电区,在每一个供电区設立一个整流站,供应电流。一般都应用这个办法。在建立分散制的整流站时應該注意到:

(1) 整流站应設在每一区負荷的重心上。

(2) 为了市民安全,一般均采用 600 伏电压。

(3) 整流站虽分为若干小站,但是应考虑各小站能互相救急。

(4) 根据計算,确定饋电綫的綫径及其最大的負荷和温升。正負綫各应成对的放置,以便在发生故障时,能救急或測定故障。

(5) 应注意提高设备的效率、降低建設費用及保养費用;并应尽量采取自动化及半自动化的装置。

(6) 应考虑故障的急救办法,安全运用的特殊装置,如連鎖开关等。

(7) 除对防火、防水、排气、防鼠应注意外,还应考虑国防上的要求。

(8) 如靠近河边及沿海地带,应考虑涨水及潮汛的水位。

(9) 如供应有轨电车的电流应考虑适当的归线数量,以免散流腐蚀地下管线。

(10) 变压器及高压油开关以装置于室外为佳。

二、配电

直流电流由整流站的正汇流排通过正馈电缆送到电车的正触线;回到整流站的电流,则由负触线或轨道经负馈电缆到负汇流排。馈电缆与触线所起的作用,就是“配电”。

馈电缆有地下电缆和架空电缆两种。在馈电缆出入口的地方设有馈电箱,以便控制电流的进出。另外还有避雷装置,用来防避雷害,保护配电设备。

1. 配电方式 在说明馈电缆和触线的配电之前,我们首先介绍一下触线布置的情形:

第一种有轨电车路线(图1-9)。这种配电方式的电流途径是:

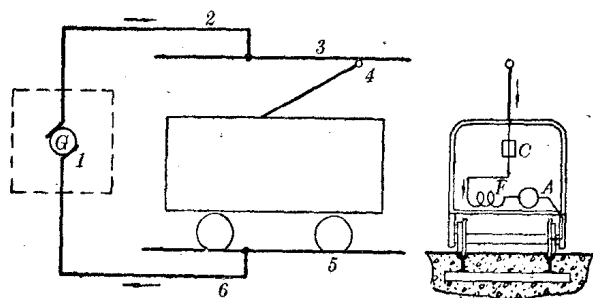


图 1-9 有轨电车路线

- A. 电动机; C. 控制器; F. 磁场线圈;
1. 整流站; 2. 正馈电缆; 3. 架空触线; 4. 集电装置; 5. 轨道; 6. 负馈电缆