

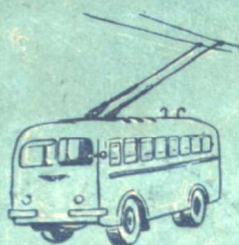
87.391

YFL

无轨电车的构造和计算

И.С. 葉佛連莫夫 著
苏联 В.Л. 馬尔柯夫尼柯夫

北京市交通运输局 译
基本建设工程处設計室



人民交通出版社

1970
第11

上海电车的制造和修理

上海电车公司修理部
上海电车公司制造部

上海电车公司修理部
上海电车公司制造部



上海电车公司修理部

无轨电车的构造和计标

И.С. 葉佛連莫夫 著
苏联 В.Л. 馬尔柯夫尼柯夫
北京市交通运输局
基本建设工程处設計室 譯

人民交通出版社

內 容 簡 介

本書闡述了关于确定无軌电車質量的参数、无軌电車的運動理論原理、机械設備（牽引傳動和制動裝置）和部分电气設備的構造和計算。

本書供从事无軌电車設計、制造和运营的工程技術人員使用。

无軌电車的構造和計算

И. С. ФРЕМОВ и В. Л. МАРКОВНИКОВ

ТРОЛЛЕИБУСЫ

КОНСТРУКЦИЯ
И РАСЧЕТ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ И СУХОПУТНОГО ТРАНСПОРТА
Москва 1954

本書根据苏联机械工业出版社1954年莫斯科俄文版本譯出

北京市交通運輸局 譯
基本建設工程处設計室

*

人民交通出版社出版

（北京安定門外和平里）

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号

新 華 中 店 发 行

人民交通出版社印刷厂印刷

*

1959年11月北京第一版 1959年11月北京第一次印刷

开本：850×1168 1/32 印張：10 插頁2

全書：337,000字 印数：1—800册

統一書号：15044-3026

定价(11)：2.36元

目 录

前 言.....	5
緒 論.....	6

第一篇 无軌电車的一般特性及理論

第一章 苏联无軌电車运输和无軌电車車輛的发展.....	10
1. 无軌电車运输发展簡述.....	10
2. 无軌电車同他种运输車輛的比較.....	11
3. 苏联无軌电車質量的发展.....	14
第二章 无軌电車主要参数.....	23
1. 无軌电車的容量及車身布置.....	24
2. 无軌电車的重量指标及軸負載分布.....	27
3. 无軌电車的外形尺寸指标和内部尺寸.....	29
4. 无軌电車的通过性和机动性.....	33
5. 无軌电車的牽引特性和制动特性.....	34
6. 电耗率.....	35
第三章 无軌电車运动理論基础.....	36
1. 車輪的滚动.....	36
2. 无軌电車运动方程式.....	39
3. 无軌电車的轉弯运动.....	42
4. 牽引力和运动阻力.....	44
5. 車輪和道路之間的附着力及其附着系数.....	47
6. 作用在无軌电車軸上的法綫反作用力的确定.....	49
7. 无軌电車的穩定性.....	54
第四章 无軌电車在不同运动状态时所产生的內力及其 与外力的关系.....	61
1. 牽引状态时的运动.....	61

2. 制动状态时的运动.....	64
第五章 无軌电車在站距內的运动曲綫图及交通速度.....	67

第二篇 机械設備构造

第一章 牵引传动.....	72
1. 无軌电車牵引傳动的总布置.....	72
2. 万向傳动軸的构造.....	74
3. 減速器和差速器的构造.....	78
第二章 前桥与后桥.....	86
第三章 制 动 装 置.....	101

第三篇 机械設備計算

第一章 无軌电車牵引传动承受負載的求法.....	110
1. 牵引傳动計算的任务.....	110
2. 牵引傳动傳遞的旋轉力矩.....	111
3. 現行的牵引傳动負載的求法.....	111
4. 按牵引电动机起動冲击力矩計算牵引傳动强度法.....	113
5. 无軌电車牵引傳动冲击力矩.....	134
6. 有方向軸的牵引傳动負載.....	138
7. 无軌电車在站道上行駛时牵引傳动的負載及交通速度.....	143
8. 无軌电車牵引傳动的其他負載.....	149
9. 上述牵引傳动强度計算法的分析及减小作用負載的方法.....	151
10. 关于无軌电車牵引傳动負載的实驗資料.....	163
11. 无軌电車牵引傳动計算法总结.....	173
第二章 制 动 装 置 的 計 算.....	176
1. 制 动 效 率 計 算 和 各 車 輪 上 制 动 力 的 分 配.....	177
2. 制动器上力的相互作用.....	181
3. 制动器摩擦系数与制动傳动机构中的損失.....	185
4. 制动器主要尺寸的选择.....	196
5. 制动器動作時間.....	199
6. МТБ-82Д 无軌电車制動系統主要参数的确定.....	205
第三章 輪載軸承使用寿命的驗算.....	212

第四篇 牵引电动机及其起动和速度調節

第一章 牵引电动机的构造	215
1. 牵引电动机的工作条件及基本要求	215
2. 牵引电动机的功率	216
3. ДК-202Б 牵引电动机的构造	220
第二章 牵引电动机的起动及速度調節	224
1. 牵引电动机的起动	224
2. 无軌电車行駛速度的調節	230
第三章 起动电阻和調速电阻的計算	234
1. 起动电阻图解計算法	234
2. 起动电阻解析計算法	237
3. 起动电阻的热計算	238
4. 混激电动机調速电阻的計算	240
第四章 电制动	243
1. 再生制动	243
2. 电阻制动	247

第五篇 无軌电車电气设备

第一章 电气操縱系統	251
1. 操縱系統概說及其分类	251
2. 直接操縱系統	252
3. 使用单动式接触器的間接操縱	254
4. 使用联动式接触器的間接操縱	258
5. 无軌电車自动操縱系統	260
第二章 无軌电車电气设备的保护	266
1. 无軌电車电气设备保护概說	266
2. 过負載和短路的保护	267
3. 升压和降压的保护	271
4. 漏电保护	273
5. 因无軌电車电气设备工作而产生的无线电干扰的防止	275
第三章 电气連接綫路图	279

1. 电气线路图概說	279
2. МТБ—82Д无軌电車的电气线路图	281
3. МТБ—82Д无軌电車的电线安裝	289
第四章 集电器和起动电阻的构造	293
1. 集电器的一般特性	293
2. 杆式集电器的构造	293
3. 集电器头子的构造	299
4. А. М. 吉姆斯柯夫集电器头子的构造	301
5. 起动电阻的一般特性	304
6. 帶式費黑拉尔起动电阻的构造	305
第五章 无軌电車的电器构造	311
1. 单动式电磁接触器	311
2. 电磁接触器的計算	316
3. 操縱控制器的构造	321
4. 繼电器及自动开关的构造	323
5. 接触器底板, 調速电阻及附加电阻的构造	354
参考書目	349

前 言

本書供从事无軌电車設計、制造和运输工作的工程师及技术員使用。目前在城市交通方面尚无关于无軌电車的系統著作，故本書对研究城市交通問題的技术学院大学生亦有所帮助。

本書对研究无軌电車制造問題的某些科学机关也有一定的帮助。

为了簡縮本書的篇幅，書中只对无軌电車有特殊意义的材料作了較詳細的闡述。属于他种运输(汽車和有軌电車)的較一般性問題，則在参考書目中給以引注；如果这样有碍于清晰闡明問題，則簡縮地予以敘述。

編写本書时遇到很大的难题，就是在无軌电車上結合着汽車和电車这两种运输車輛的理論和构造，因而同各种科技領域发生了关系。某些問題对电車专家是熟知的，但对汽車专家却是生疏的，反之亦然，这对于某些問題的闡述方法必然产生一定的影响。

尤其当这两門科学在无軌电車上是相互密切結合和彼此直接影响的一些問題，例如：无軌电車的運動理論、牽引傳動的工作条件及其他一些問題，更屬如此。

但在个别情况下却与上述方法相反，有一些問題与其他专业有关，但在該专业中又未詳細論述，为了充分闡明其与該专业的相互关系，不得不作較詳細的敘述。

書中对决定无軌电車質量的参数給以系統敘述，并闡明无軌电車運動理論基础、机械設備和部分电气設備的构造及計算。

对无軌电車气动設備和低压电气设备，本書不予敘述，因为这些設備同应用在他种城市交通車輛上設備沒有区别。在其他技术書籍中已有詳尽介紹。

作者在編写本書时，尽可能广泛地反映无軌电車制造企业的生产經驗和运营企业的使用經驗以及本人对无軌电車运输問題的經驗。

作者特別着重敘述无軌电車基本参数的确定、无軌电車運動理論、牽引傳動构造与計算等問題。因为这些問題的系統闡述还是第一次，而且牽引傳動至今是无軌电車构造中最易受损伤的部分。

本書材料的作者分工如下：

И. С. 叶佛連莫夫——第一篇第 1、2、3 章；第四、五篇全部。

В. Л. 馬尔柯夫尼柯夫——第一篇第 4、5 章；第二、三篇全部。

緒 論

經過了幾個五年計劃的時間，我們社會主義城市的面目已經變得難以使人辨識，城市的居民增加了很多，市區也大大擴展，公共設施有了很大的改進。

一個現代化的城市，不可設想，它設有公共交通車輛。特別是居民眾多的城市，在那里，各市區之間的距離達許多公里，更加需要公共交通車輛。黨和政府對城市交通業提出了重大而光榮的任務——以迅速、便利和廉價的交通工具保證城市居民的交通。城市電氣運輸在完成這項任務方面有着極其重大的責任，特別是無軌電車。

無軌電車在蘇聯獲得了巨大的發展，沒有一個資本主義國家的這種新型城市交通車輛能有這樣快的發展速度。

應用電能牽引的理想，遠在一百多年前，就已在俄國首先產生。

著名的俄國科學院院士B. C. 雅柯比，在1834年發明了第一個磁電發動機。1838年，雅柯比應用這種電動機驅動帶有划水輪的船航行。在1838年這一年中，他制成功的世界上的第一只電船完成了載運14位乘客沿涅瓦河的逆流航行。當時是使用化學電瓶作直流電動機的電源。

俄國科學家B. C. 雅柯比的發明，創立了應用電氣牽引的開端，並揭示出建立城市電氣交通運輸的可能。

1880年，俄國工程師Ф. А. 皮洛次基第一個在彼得堡城一個鐵路馬車上安裝了直流電動機。當時，電源設在相距一公里多遠的地方，電動機通過鐵軌來供給電流。一根鐵軌作連接電源正極的導線；而另一根作連接電源負極的導線。1880年8月22日皮洛次基的電車在彼得堡尖格卡爾巷和包洛特街地區進行了試驗。由於這些首創的電氣運輸車輛活動範圍有限，且不經濟，因此未能廣泛應用於電氣牽引上。為了發展電氣運輸，必須集中生產電能和長距離輸送電能。

1891年基輔開始有了電氣運輸，1899年莫斯科第一條電車路綫——彼得洛夫公園到布太爾哨所通車。繼之在俄國其他許多城市建立了電氣運輸。

電氣運輸進一步的發展，要求研究電氣牽引的理論問題和培養精通的專家。

1907年，彼得堡技术学院A.B.烏利方姆教授开始設立了电气牵引課程，而到1908年Г.И.都別利洛姆工程師編写了关于城市电气铁路的第一部教科書。1912年，彼得堡技术学院建立了俄国第一所电气牵引實驗室，而A.B.烏利方姆教授編写出俄国第一部电气牵引理論教科書。虽然俄国科学家在电气技术和电气牵引方面起了重要的作用，但革命前經濟落后的俄国不可能保証电气运输迅速发展。在偉大十月社会主义革命前，經濟和技术落后的俄国唯一电气运输車輛就是有軌电車，但就这也沒有获得应有的发展。

经过1914~1917年的帝国主义战争和以后的国内战争，俄国的城市运输遭到十分严重的破坏，城市运输进入了低潮。

年輕的苏維埃共和国重新恢复了城市电气运输，接着以史无前例的速度发展了城市电气运输。

1920年，苏联科学家遵照符·伊·列宁的創議并在他的领导下制定出宏偉的苏維埃俄国电气化計劃。1920年末，全俄苏維埃第八次代表大会通过这个計劃。全俄国家电气化委员会的計劃，除規定了俄国一般电气化之外，还規定了运输业普遍电气化。

在五年計劃年代里，城市电气运输有非常巨大的发展。甚至在偉大卫国战争时期內，也經常关心居民交通的改善。

苏联城市经过社会主义改造后，除了扩展有軌电車运输和大大增加公共汽車以外，还大力发展了新型的城市电气运输——无軌电車和地下铁道。

1931年，联共（布）中央委员会和中央监察委员会六月全会通过关于莫斯科建設地下铁道的決議。党的这个決議在很短的时间內就实现了：1935年5月15日，世界上优良的地下铁道——莫斯科地下铁道第一列車开始通車。自第一列車通車起，经过十八年，地下铁道的路綫长度增长約4倍之多，而車站由13个增加到42个。

无軌电車是苏联最年輕的城市电气运输車輛。

1882年，第一輛用两根接触綫供电的无軌电气运输車輛（见图1）制成：因它有某些缺点，例如行駛速度小和机勃性差，使集电困难，故开始并未得到什么大的发展。

近二、三十年来，由于接触网路特殊部件（交叉接綫器、分岔接綫器等）結構的改进和集电器有很大改进，无軌运输車輛較广泛地采用起来。

近几年来，苏联无軌运输发展速度更快。1938年11月为庆祝偉大十月社会主义革命十六周年紀念，以基洛夫命名的基納莫工厂、雅洛斯拉夫汽車制造厂、莫斯科汽車制造厂和汽車拖拉机研究所共同合作，第一次制造出二輛

ЛК 型无軌電車，并在莫斯科列宁格勒大街上运行。图 2 和图 3 是 ЛК 型无軌電車的外形和內貌。

苏联共产党和政府很重視苏联无軌電車的发展。联共（布）第八次党代表大会決議中指出：必須扩大莫斯科、列宁格勒、基輔及其他大城市的无軌電車运输，并相应地提高无軌電車的生产。

目前，苏联有35个以上城市已建立无軌電車运输，在城市乘客运输中，无軌電車占有重要的地位。

除有軌電車、地下鉄道和无軌電車是应用最广的公共交通工具外，尚有他种城市电气运输車輛。

1881年，制造出一种車輛，車上設有用电瓶帶动的电动机，叫做电瓶車。

但因电瓶重量大，外形尺寸大，活动范围有限和車速較低（14～20公里/小时），这种无軌电气运输車輛沒有获得广泛采用。以后的电瓶車改进很大，动力性能提高，但毕竟发展有限。

最近，联合形式的无軌运输得到了应用，具有內燃机和电机（包括直流发电机和牽引电动机）的公共汽車即屬此类。这种公共汽車可叫做电动公共汽車。在公共汽車上使用电机是为了改善內燃机的工作条件，保証更平稳地加速和調速。第一輛电动公共汽車出厂于1946年，由莫斯科汽車制造厂制造。

有个別車，既可用內燃机帶动，也可用由接触网路供电的牽引电动机牽引。这种两用車叫做无軌電車—公共汽車。在接触网路上时，无軌两用車用牽引电动机驅動；不在接触网路上时，則使用內燃机行駛。

1943年，試制出若干运貨用的无軌两用車。其中一些現在仍在使使用。每輛无軌两用車必須有两套設備，其构造及保养均較复杂，因此使这种运输的发展受到限制。

1944年，由工程师И.С.叶佛連莫夫、B.Л.馬尔柯夫尼柯夫和H.В.巴克創議并进行設計，在莫斯科試制出一种无軌电瓶車。平时，无軌电瓶車同无軌電車一样，可在接触网路上行駛；但它装备有电瓶，以便不在接触网路上时在15～20公里的范围内活动。无軌电瓶車的特点是牽引电动机可由接触网路供电，也可由电瓶供电，并且不論停車或行車时，电瓶均由接触网路进行充电。試制成的这种无軌电瓶車已經成功地使用了十年；一直沒有更換設備及电瓶。現在仍在繼續运输貨物。

苏联城市电气运输发展中所获得的巨大成就，是基于整个国民經济的增

长和壮大，首先是基于苏联机器制造业的增长和壮大。这些成就的取得，是由于以各经济部门计划化为基础的社会主义经济制度，以及党和政府对居民需要的不倦的关怀。

1945年，现代化全金属无轨电车和有轨电车的生产组织起来了。在战后五年计划的时期里，苏联城市运输中补充了新型的、舒适的有轨电车和无轨电车。

在充满资本主义矛盾的资产阶级国家中，其城市运输则是另外一种情景。由于各运输公司间的无情竞争，各种运输发展很微小，处于冷落萧条的境地。到经济危机时，乘客运输急剧下降。

只有在社会主义计划经济的条件下，才能保证国民经济各部门的经济技术不断进步，其中城市运输也是如此。苏联工程师和技术员、构造师和工人革新者们不断地改进着有轨电车和无轨电车。

苏联共产党和政府对人民和对改善苏联城市公共设施的经常关怀，要求进一步在技术上改进城市电气运输车辆。

第一篇 无軌电車的一般特性及理論

第一章 苏联无軌电車运输和

无軌电車車輛的发展

1. 无軌电車运输发展簡述

无軌电車是一种沒有軌道的运输車輛，它用牵引电动机带动，电源由牵引发电站通过滑行导綫（接触网路）供給。

无軌电車是以汽車及铁路电气機車的构造部件及总成相互結合而成的。全部行車部件、牵引傳动、操縱机构、悬挂系統以及車架等均与公共汽車的一样。牵引电动机、电操縱系統和高压电器等皆与铁路电气機車的电气设备很相似。

由于汽車运输的发展和城市公共設施的日益完善，需要節約汽油和采用在行駛速度及机动性上均比有軌电車为大的运输車輛。这就使某些城市电气运输所起作用的比重有所变化。除汽車运输和地下铁道有增长之外，无軌电車运输迅速发展起来了。在巨型城市中心区有軌电車大部分被无軌电車取而代之。

城市乘客运输量变化的詳情可參見莫斯科1934到1953年的发展事例。

設莫斯科每年乘客运输总量为100%，每年各种車輛运输所占的比例数字見表1。

表1中的数据說明除地下铁道的乘客运输增加外，无軌电車的运输比重也急剧上升，其运输乘客量約达莫斯科公共运输总乘客量的18%（按“无軌电車”一書：目前（1933年）无軌电車运输占全莫斯科乘客运输总数的20%以上，在苏联其他城市內占15%左右——譯者）。

如前所述，在1933年苏联制造出了最初的两輛无軌电車；到1934年末苏联拥有50輛ЛК无軌电車，而到1936年，列宁格勒，基輔，罗斯托夫——頓河以及偉比里斯都开辟了无軌电車运输。到1941年2月1日苏联总计有近900輛的无軌电車。

莫斯科逐年乘客运输比重（以百分比計） 表 1

年 代	有軌電車	无軌電車	公共汽車	地下鉄道
1934	95.12	0.29	4.59	—
1935①	92.14	0.39	4.96	0.01
1936	86.88	1.31	6.62	5.13
1937①	80.08	2.94	9.04	7.04
1938	75.6	6.2	9.2	9.0
1939①	71.6	8.1	7.4	12.9
1940	69.8	7.6	8.3	14.3
1941①	71.5	8.1	7.8②	12.6
1942	76.0	8.2	1.1②	14.7
1943①	64.2	9.5	0.0②	28.7
1944	60.2	9.2	0.6②	29.0
1945①	56.6	9.4	2.4	31.6
1946	54.2	9.3	5.6	30.4
1947①	52.8	11.5	6.9	23.3
1948	54.8	12.6	8.2	24.4
1949①	50.9	14.4	10.0	24.7
1950	44.9	17.4	11.5	26.2
1951②	40.1	20.3	13.2	26.4
1952①	38.4	19.7	14.2	27.7
1953①	36.6	20.3	14.6	23.4

① 系譯者按本書作者的另一著作“无軌電車”一書补充的。

② 在1941到1945年期間的公共汽車运输減少系因战事需要調出汽車之故。

最近几年，苏联各城市的无軌電車比战前增加了好几倍。

苏联在无軌電車运输的发展速度和无軌電車車輛的增加及其构造的改进方面均居世界第一位。

2. 无軌電車同他种运输車輛的比較

无軌電車运输发展的迅速及其乘客运输比重的增长是因为它較之有軌電車和公共汽車具有优越之点。但它也有缺点。

无軌电車較之有軌电車优越之点

1. 无軌电車裝有气压輪胎，能在瀝青路或石条路上行駛，不需要專門的道路构筑物和设备。有軌电車則需要付出大量金錢用在道路构筑物及其修理和保养方面。

2. 无軌电車行駛时无噪声，对于改善城市条件是一个非常重要的优点。此外，可使乘客感到舒适。有軌电車尽管有了許多技术改进，但行駛时仍有噪声。

3. 无軌电車行駛时能向两侧离开接触导线的中心线达4.5公尺，可对前面行駛或停止的其他車輛超车。也就是說，它比有軌电車有較大的机动性。有軌电車如有一輛受到耽擱，則迫使后面的其他有軌电車也誤点。

4. 无軌电車能直接开到人行道旁，乘客在站上上下車較方便和安全。而有軌电車在轨道旁上下車，需要穿过大街，对乘客不太安全。

5. 无軌电車比有軌电車能通过較小半徑的弯道。

6. ① 无軌电車采用双线系供电，沒有接地电流。而有軌电車是单线供电，有較大的接地电流，使地下的貴重金屬建筑物的寿命很快减短。

无軌电車較之有軌电車所具有之缺点

1. 无軌电車有两个构造相当复杂的集电器，有时发生集电器脱线的情況（特别是在交叉点及分岔点），从而延誤了无軌电車的行駛。虽然在改进集电条件方面已做了巨大努力，并已取得成就，但这种故障仍然出現。

2. 无軌电車的电耗率比有軌电車大，乘客运输成本也較高。有軌电車运输的成本是每人公厘5~6戈比，而无軌电車是7~8戈比。

3. ① 无軌电車的运输量較有軌电車小。

无軌电車較之公共汽車优越之点

1. 无軌电車消耗的电能取自利用泥炭、煤炭或其他固体燃料而发电的总发电站或水力发电站。而公共汽車使用的則是稀缺燃料——汽油及他种液体燃料。

2. 无軌电車比較卫生，它不产生污染空气的排洩物，这在改善城市条件

① 按原作者“无軌电車”（苏联俄罗斯联邦共和国公用事业部出版社1954年版）一书补充——譯者。

方面有很大意义。而公共汽车排出相当多的燃烧生成物，污染城市空气。

3. 无轨电车行驶无噪声。虽然公共汽车的消音器构造大有改进，但与无轨电车相比，行驶时仍有较大噪声。

4. 无轨电车的牵引电动机比内燃机工作可靠，且保养工作较少。

5. 无轨电车的乘客运输成本比公共汽车低。

例如，无轨电车的乘客运输成本是每人公里 7~8 戈比，而公共汽车是 11~12 戈比。

无轨电车较之公共汽车所具有的缺点

1. 由于无轨电车需要变电站及接触网路，无轨电车企业需要大量投资。

2. 无轨电车受接触网路限制；故与公共汽车相比机动性较小。若接触网路上无电，无轨电车便得停止行驶。

3. 在接触网路交叉点和汇集点有特殊部件，使无轨电车在这些地方的行驶速度低于公共汽车。

4. 接触网路布满城市街道及广场，使之杂乱不整洁。

选择与设计某一种运输时应考虑其容量、运输量、交通速度以及其他指标。

车的容量通常根据座位数和可站立人数而确定。平均站立人数以每平方公尺车厢空地 3~5 人来计算。

现代车辆平均容量为：

双轴有轨电车	50~80人
四轴有轨电车	90~110人
两轴双轴有轨电车	100~160人
单层无轨电车	40~70人
双层无轨电车	70~100人
公共汽车	15~75人

运输量除与容量有关外，还取决于行驶速度和行车频率。行车频率即行车次数，或每小时单向行驶过的车数。

最好的行车频率为：有轨电车每小时单向通行 90 次，无轨电车 110 次，公共汽车（在一个路线上行驶）120 次。

由此可知，运输车辆的容量、行车频率和行车速度等决定运输量。

各种运输车辆每小时单向可运输的最大乘客量为：

有轨电车	8000~12000人
无轨电车及公共汽车	4000~10000人