

电力机车丛书

受电器



安孝廉 编 · 中国铁道出版社

TM922.6
21

电力机车丛书

受 电 器

安孝廉 编

中 国 铁 道 出 版 社

1984年·北京

C1-5

电力机车丛书

受 电 器

安孝廉 编

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 张贵珍 封面设计 刘景山

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 850×1168 1/32 印张: 4.25 字数: 105 千

1984年5月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—5,000册 定价: 0.85元

内 容 提 要

本书为一本系统阐述受电器的书籍。书中除较详细的介绍受电弓的一般结构、调整、使用和维护方面的基本知识外，还介绍了四腕菱形双臂受电弓和普通单臂受电弓的基本设计计算公式。此外，还定性地分析了弓线受电系统的工作过程。对工矿电力机车用的侧臂受电器和城市电车用杆式集电器、弓形集电器和地下铁道电动车辆用的轨道受电器等也作了简单介绍。

本书可供从事电力机车、动车设计、制造和运用现场的技术人员和工人学习，也可供有关学校教学参考。

1981年

目 录

第一章	概 述	1
一	定义和基本要求	1
二	受电器的种类	2
第二章	受电弓的工作和良好受流对受电弓的要求	8
一	受电弓的工作	8
二	高速运行条件下弓线振动的分析	17
三	良好受电对受电弓的要求	25
第三章	受电弓的基本结构和它的作用	29
一	弓 头	29
	(一) 滑板 (亦称接触板)	29
	(二) 滑板托架	36
	(三) 滑板固定	39
	(四) 弓头支持装置	39
二	框 架	45
	(一) 四腕菱形双臂框架和二腕菱形双臂框架	45
	(二) 单臂框架	48
	(三) 四腕交叉形双臂框架	49
	(四) 双层框架	49
三	底 架	52
四	传动机构	52
第四章	受电弓的设计计算	59
一、	受电弓设计的原始条件	59
二、	双臂受电弓的设计计算	59
	(一) 归算质量计算	60

	(二) 结构尺寸的选择	64
	(三) 升弓弹簧和静压力特性的计算	68
三	单臂受电弓的设计计算	71
	(一) 弓头运动轨迹的计算	71
	(二) 升弓时所需转矩的计算	73
	(三) 升弓弹簧的计算	77
	(四) 归算质量计算	80
	(五) 接触压力	83
第五章	受电弓的试验装置	86
一	国产SS ₁ 受电弓试验台	86
二	受电弓压力特性自动测定装置	89
三	受电弓归算质量的测量	90
四	受电弓综合试验台	92
五	受电弓的其他试验设备	97
第六章	其他受电器	98
一	杆式集电器	98
	(一) 对杆式集电器的基本要求	98
	(二) 杆式集电器的压力特性曲线	98
	(三) 杆式集电器的结构	101
	(四) 杆式集电器的自动升降装置	109
二	弓形(环状)集电器	111
三	侧臂受电器	113
四	轨道受电器	116
第七章	受电弓的调整、使用和维护	120
一	受电弓的调整	120
二	受电弓的使用	123
三	受电弓的维护	124
四	受电弓的参数	124

第一章 概 述

一、定义和基本要求

受电器是装设在电力机车或电动车辆上的一种从一根或几根接触导线（或受电轨）上受取电流的专门装置。其工作的最大特点是动接触。

对受电器工作的基本要求是接触可靠、磨损小。为此，必须保证受电器和接触导线（包括受电轨）之间有一定的互压力。互压力过大会引起接触导线和受电器接触元件之间的机械磨损增加；互压力过小会使接触电阻增加，甚至接触不可靠，造成受电器与接触导线脱离，即所谓的“离线”。

“离线”是衡量受电器动态性能的重要指标。一般将“离线”分成小离线、中离线、大离线和连续离线四种。小离线是一次离线时间在 0.01s 以内，中离线是一次离线时间在 $0.01\sim 0.1\text{s}$ 之间，大离线是一次离线时间在 0.1s 以上。一般说来，中、小离线不妨碍电力机车或电动车辆的运行，但会造成受电器接触元件和接触导线的局部磨损。电压较高时还会造成对通讯和电视的杂音干扰。大离线和连续离线会使电力机车或电动车辆的正常供电受到破坏，并可能导致车内电气设备产生危险的过电压。

“离线”不只和受电器的性能有关，还和接触导线的张力、材质、表面状况和悬挂及架设方式有关。在接触网（或受电轨）和受电器结构相同的情况下，机车速度愈高，离线的可能性愈大。因此，受电器的性能在一定的程度上也限制着电力机车或电动车辆的运行速度。

受电器动态性能不仅反映在一次离线的持续时间上，还反映在离线出现的频繁程度上，即所谓的“离线率”。离线率通常是

以一定运行区段的离线时间（或离线走行距离）之和与该运行区段全走行时间（或全走行距离）之比的百分数表示。

显然，“离线”和“离线率”只是反映受电器和接触导线脱离及脱离程度这样的极端情况，而不能反映促使接触电阻明显增大的小接触压力和促使强力机械磨耗及可能引起滑板拉槽的过大接触压力。所以，仅仅用“离线”和“离线率”来衡量受电器的动态性能是不够完备的。鉴于上述理由，不少国家对受电器的动态性能又作了必要的补充。譬如，采用受电器运动部分的动态当量质量和实际动态总压力之比来衡量受电器的动态性能。比值小表示达到大的加速和迅速通过接触导线不平处的能力大，比值小表示接触系统惯性力及惯性力的影响小。

二、受电器的种类

随着电力机车和电动车辆的发展，受电器也在不断地发展和改进。目前广泛使用的受电器有受电弓、杆式集电器、弓形集电器、侧臂受电器和轨道受电器等五种。

1. 受电弓

受电弓是受电器中最复杂的一种。由于它电 流 容 量 大、坚固、绝缘性能和动态性能都比较好，所以被广泛使用于各种电力机车、电动车辆以及有轨电车上。受电弓的形式非常繁多。按其传动方式分为弹簧上升式和空气上升式；按照臂杆的形式又可分为单臂受电弓和双臂受电弓。双臂受电弓还可细分为四腕菱形双臂受电弓、二腕菱形双臂受电弓和四腕交叉形双臂受电弓；按照使用的速度还可分为高速受电弓和一般速度用受电弓；按使用场合分，有直流受电弓和交流受电弓；按受电弓框架的层数又可分为单层受电弓和双层受电弓（亦称字母弓）等等。图 1—1 是国产 TSG1 型单臂受电弓。图 1—2 为我国 6Y₂ 型电力机车所使用的 M7 型四腕菱形双臂受电弓。

2. 杆式集电器

杆式集电器是一种装设在车辆顶盖上，从上部架空接触导线

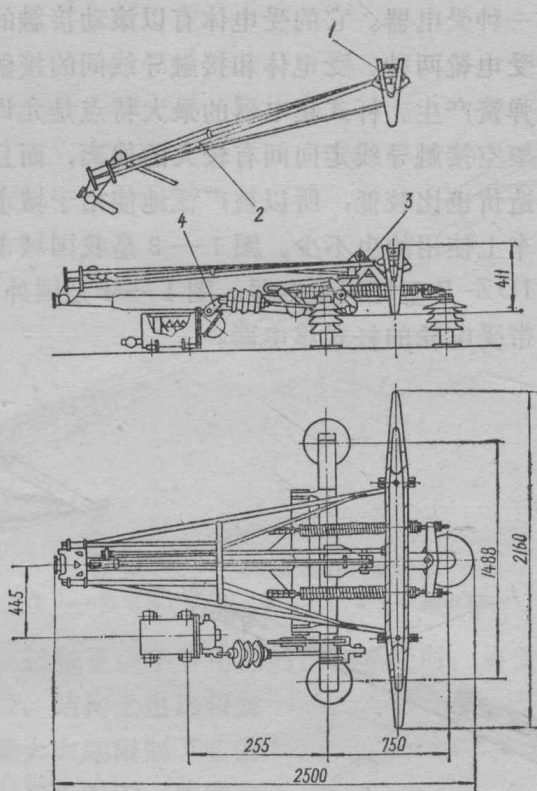


图 1—1 TSG1 型受电弓

1 —— 弓头；2 —— 框架；3 —— 底架；4 —— 传动机构。

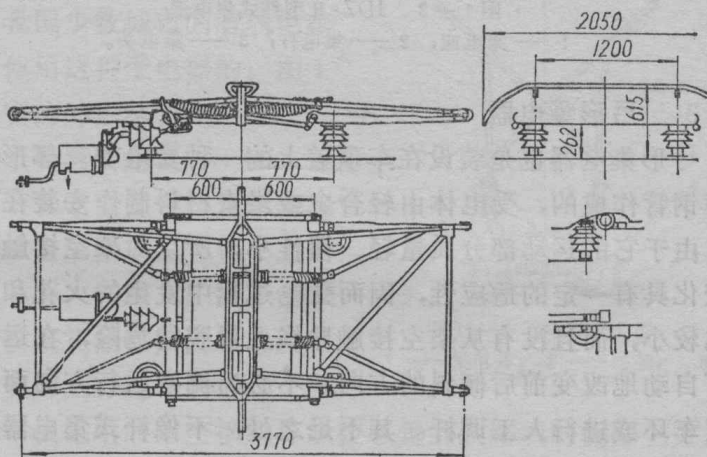


图 1—2 M7 型受电弓

受取电流的一种受电器。它的受电体有以滚动接触的受电轮和以滑动接触的受电靴两种。受电体和接触导线间的接触压力由安装在基座上的弹簧产生。杆式集电器的最大特点是允许电动车辆的走行轨迹和架空接触导线走向间有较大的偏离，而且绝缘处理容易。另外，造价也比较低，所以被广泛地使用于城市无轨电车上，有轨电车上使用的也不少。图1—3是我国城市无轨电车上广泛使用的JDZ-II型杆式集电器。图1—4是国外目前还在使用中的一种带受电轮的杆式集电器。

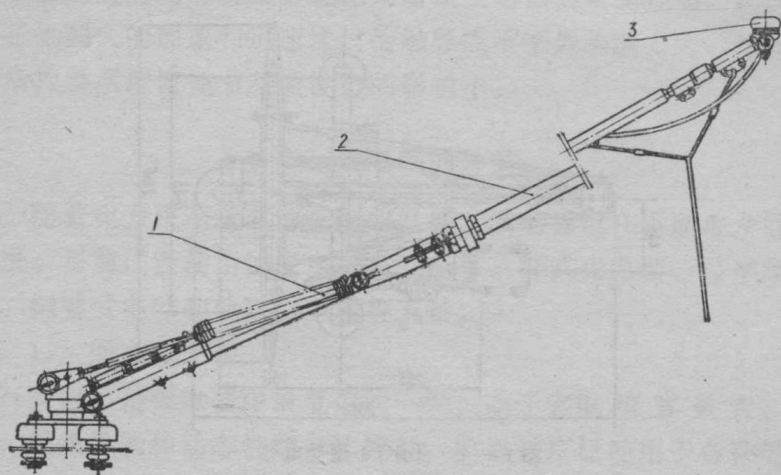


图1—3 JDZ-II型杆式集电器
1——集电座；2——集电杆；3——集电头。

3. 弓形集电器

弓形集电器也是装设在车顶盖上的一种受电器。环形框架是由薄钢管作成的，受电体由轻合金或炭素材料制作安装在环的顶部。由于它的运动部分质量轻、惯性小，所以对架空接触导线高度变化具有一定的适应性，因而受电过程中发生的火花和电磨损都比较小，而且没有从架空接触导线上顶脱的危险，在运行终端还可自动地改变前后倾斜的方向，不必为调换运行方向而专门设置回车环或进行人工调杆。其不足之处：不像杆式集电器那样允许车辆运行轨迹和架空接触导线走向间有较大的偏离，并且当使

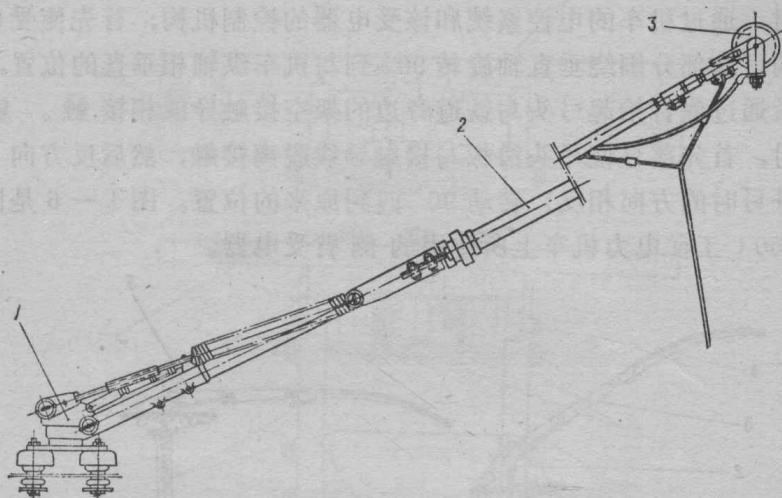


图 1—4 带集电轮的杆式集电器

1 —— 集电座； 2 —— 集电杆； 3 —— 集电轮。

用在二根架空接触导线不等电位的供电系统时，将受电体作成在电上彼此绝缘，结构上也比较复杂，所以这就大大地限制了它的使用范围。一般仅限于一些有轨电车和一些小型工矿电力机车上使用。我国少数城市的有轨电车上也有使用这种受电器的。图 1—5 是它的外形结构。

4. 侧臂受电器

侧臂受电器是专门用于运行在露天矿区的工矿电力机车上的一种受电器。在露天矿区，由于大型电铲或其他机械设备需要经常在车辆的上方进行作业，所以，机车供电用的架空接触导线被移置到铁路线的侧旁上方。侧臂受电器就是为适应此工况而设计制造的。不工作时，它处于机

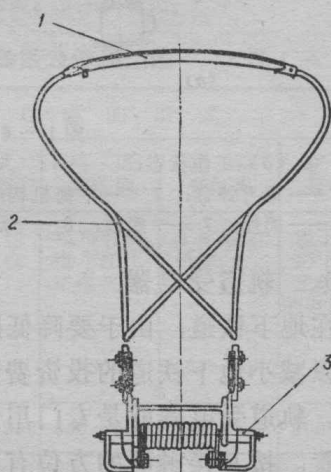


图 1—5 弓形集电器

1 —— 集电体； 2 —— 弓架； 3 —— 底座。

车的纵轴方向，并缩回到机车车辆的尺寸限界范围内。需要工作时，通过机车的电控系统和该受电器的控制机构，首先使受电器的可动部分围绕垂直轴旋转 90° 到与机车纵轴相垂直的位置，然后通过侧臂抬起弓头与铁道旁边的架空接触导线相接触。复原时，首先落弓使弓头滑板与接触导线脱离接触，然后反方向（和升弓时的方向相反）转动 90° 回到原来的位置。图 1—6 是国产 150 t 工矿电力机车上所使用的侧臂受电器。

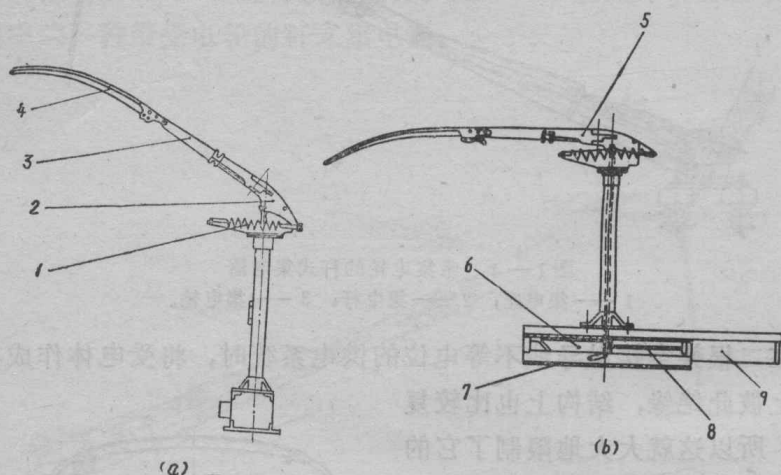


图 1—6 侧臂受电器

(a) 工作状态；

(b) 不工作状态。

- 1 —— 提升弹簧； 2 —— 平衡机构； 3 —— 杆； 4 —— 滑板； 5 —— 吊臂；
6 —— 摇拐； 7 —— 底板； 8 —— 活塞杆； 9 —— 传动风缸。

5. 轨道受电器

在地下铁道，由于要降低隧道高度，尽可能缩小隧道截面积，以减小地下铁道的投资费用，绝大多数都采用了第三轨供电方式。轨道受电器就是专门用于此种供电方式下的电动车辆的集电装置。按其接触面的方位有上面接触式、下面接触式和侧面接触式等。上面接触式又可细分为自重型和弹簧型。前者由自重生接触压力，后者由弹簧产生接触压力。图 1—7 是国产 QND1—2 型轨道受电器的外形结构。

表 1—1 列出各种受电器的主要参数和使用范围。

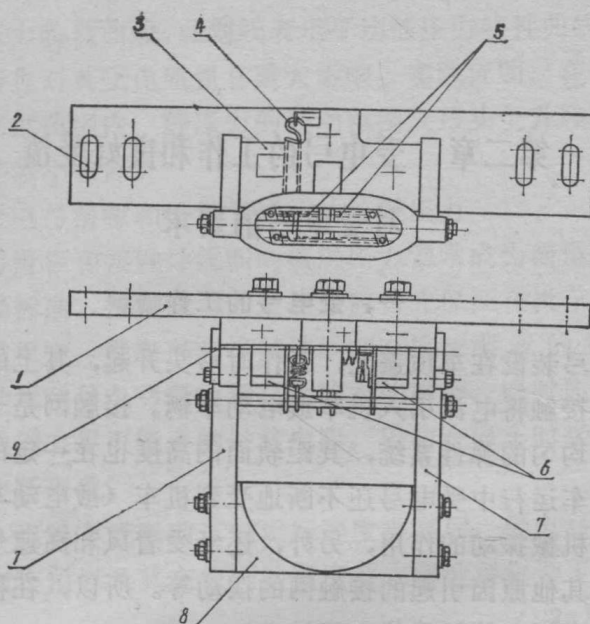


图 1—7 QND1-2型受电器

- 1 — 底板；2 — 安装孔；3 — 底座；4 — 拉力弹簧；5 — 扭簧；
6 — 限位件；7 — 横臂；8 — 接触板；9 — 转轴。

各种受电器的主要参数及使用范围

表 1—1

参 数 项目	受 电 器 的 型 式				
	受 电 弓	杆 式 集 电 器	弓 形 集 电 器	侧 臂 受 电 器	轨 道 受 电 器
使用范围	电力机车 电动车辆 有轨电车的 上部受电	城市有轨 和无轨电 车	城市有轨 电车和工 矿电机车	工矿电力 机车	地下铁道 用下面第 三轨供电 的电动车辆
在一个受电器上的最大 受取电流 (A)	1500~3000	200	350	1000~1500	2000
最高电压 (V)	25000~ 35000*	550~1200	550~750		900~1200
最大允许速度 (km/h)	200以上	100	70	35**	120
控制方式	手 控 距离控制	手 控	手 控	距离控制	手 控 距离控制
和接触导线的互压力 (N)	45~137	58.8~ 176.6	58.8~73.5	54~100	98.1~ 294.3

注：* 个别有50000V；** 实际运行速度 ≤ 35 km/h。

第二章 受电弓的工作和良好受流

对受电弓的要求

一、受电弓的工作

受电弓装设在车顶盖上，工作时弓头升起，其上的滑板与接触导线相接触将电流引入机车或电动车辆。接触网是一个质量和弹性都不均匀的弹性系统，其距轨面的高度也在一定的范围内变化着，机车运行中受电弓还不断地受到机车（或电动车辆）和轮轨传来的机械振动的作用，另外，还经受着风和高速气流的动力作用以及其他原因引起的接触网的摆动等。所以，在机车整个运行过程中滑板和接触导线之间的接触压力是在不停地变化着。

1. 受电弓的静压力特性曲线

当机车或电动车辆运行速度较低时，动力作用和气流作用的影响很小。通常把受电弓上下均匀、缓慢运动时的滑板和接触导线间的接触压力称作受电弓的静压力。受电弓静压力相对于受电弓的弓头工作高度变化的曲线称作受电弓的静压力特性曲线。图2—1所示为我国生产的TSG1型单臂受电弓的静压力特性曲线。其中纵坐标表示受电弓弓头的工作高度，横坐标表示对应工作高度下的静态接触压力，带向上箭头的为弓头上升时的静压力特性曲线，带有向下箭头的为弓头下

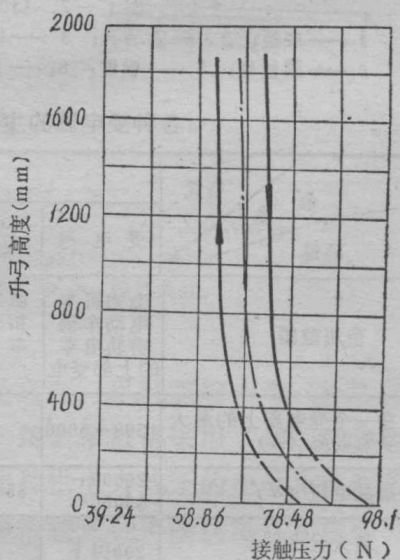


图2—1 受电弓的静压力特性曲线

作高度，横坐标表示对应工作高度下的静态接触压力，带向上箭头的为弓头上升时的静压力特性曲线，带有向下箭头的为弓头下

降时的静压力特性曲线,点划线表示平均静压力特性曲线。受电弓的静压力特性对其受电质量有重大影响。实践证明,在受电弓的弓头工作高度范围内,静压力的波动范围及弓头上升和下降时的静压力之差愈小愈好。

2. 受电弓滑板和接触导线间的接触压力

受电弓滑板和接触导线间的接触压力常常成为衡量受电质量的一个重要标准。接触压力的最佳值应首先保证在机车或电动车辆的运行过程中,受电弓和接触导线间有比较满意的接触。其次,接触导线和受电弓滑板都有比较小的磨损。同时还要使滑板和接触导线间有尽可能小的过渡电阻,以防在停车时接触导线过热或产生烧断现象。

可是,当机车或电动车辆运行速度提高后,受电弓和接触导线间的动力作用以及其在空间的高度变化就变得复杂了。

首先,接触网的高度和弹性以一定的频率 $\omega = \frac{2\pi V}{L}$ 变化。

变化的频率 ω 由机车或电动车辆的运行速度 V 和接触网的跨距 L 所决定。为了方便,这里仅以简单悬挂为对象,并且不考虑接触导线的摆动和机车或电动车辆振动的影响等。于是,弓线间的动态作用力可用图 2—2 来进行分析。图中,接触导线以幅值为 e 的正弦波振动。 $\underline{m}$ 和 $\underline{M}_c$ 分别表示受电弓的弓头和活动框架部分的归算质量。它们之间用刚度为 K 的弹性系统连接起来。升弓弹簧的抬升力 F_s 通过 $\underline{M}_c$ 和 $\underline{m}$ 传递给接触导线。

如果取 t 瞬间接触点处接触导线的振幅值为 e_t , 则可得

$$\text{振幅} \quad e_t = e \cdot \sin \omega t \quad (2-1)$$

$$\text{速度} \quad V_t = e \omega \cdot \cos \omega t \quad (2-2)$$

$$\text{加速度} \quad a_t = -e \omega^2 \cdot \sin \omega t \quad (2-3)$$

若用 T 表示以速度 V 通过跨距 L 所需的时间,即 $T = \frac{L}{V}$ 。于是,

接触导线振动的频率又可表示为 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 。

由于正负交替变化的垂直加速度,组合质量 $\underline{M}_t$ 上将产生一

个附加的惯性力 $F_d = \pm M_t \cdot \omega^2 \cdot e$ 。它与受电弓的抬升力 F_s 相叠加，使接触压力有如下的变化

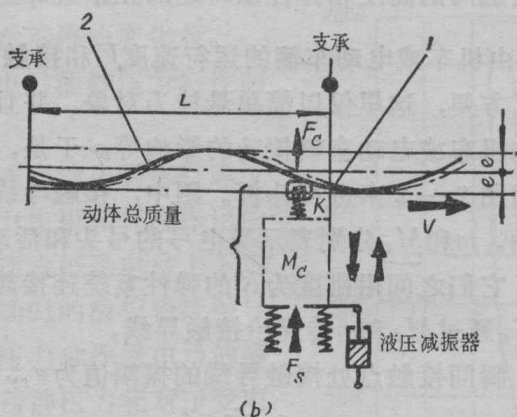
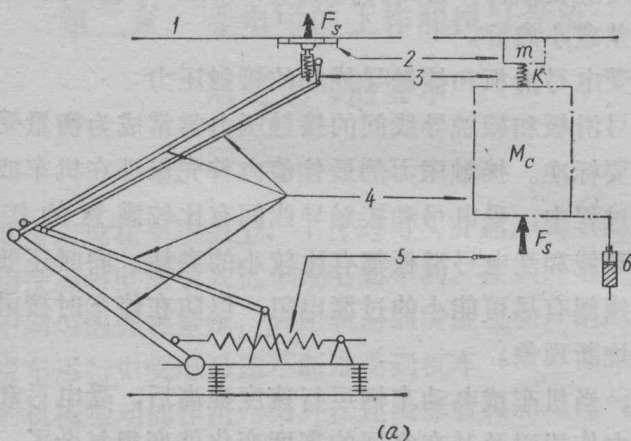


图 2—2 受电弓——接触网受电系统和它的动力学分析图

(a) 受电系统

1 —— 接触导线；2 —— 质量为 m 的弓头；3 —— 刚度为 K 的弓头弹簧；4 —— 动态归算质量为 M_c 的框架；5 —— 升弓弹簧作用力 F_s ；6 —— 液压减振器。

(b) 动力学分析图

1 —— 正弦波；2 —— 接触导线在受电弓作用下的细小振动。

$$\text{向下时} \quad F_{c1} = F_s + M_t \omega^2 e \quad (2-4)$$

$$\text{向上时} \quad F_{c2} = F_s - M_t \omega^2 e \quad (2-5)$$

由(2—5)和(2—6)式可以看出:负加速度使接触压力逐渐减小,当减小到 $F_{c2}=0$ 时,则发生离线,并产生电弧;而正加速度使接触压力增加,有利于受流,然而却使接触网承受愈来愈大的压力。

惯性力 $\pm M_1\omega^2e$ 正比于受电弓运动部分的质量和接触导线在受电弓作用下的变形幅值,并与车辆运行速度 V 的平方成正比。因此,要获得好的受电弓——接触网受电系统,或者为了提高受电系统的使用速度,就必须研究如何降低 e 和 M_1 。除此之外,由于接触网和受电弓单独也都是一个弹性系统,都有自己的振动固有频率,为了尽可能避免在运行速度范围内产生谐振,有必要考虑阻尼方面的有关问题。

应该承认受电问题是个极为复杂的问题。用图2—2所示的动力学分析图分析,虽然具有模拟性质和较大的近似性。然而用这种简单、直观的方法,如定性分析受电弓的工作过程却能为我们提供一个大致方向。正因为这样,国外通常把正弦或接近正弦波形的垂直振动作为实验室考核受电弓受电适用速度的一种手段或标准。图2—3是韶山1型电力机车受电弓在弹性简单悬挂钢铝接触导线下,以80km/h速度运行时的弓头滑板行走轨迹。

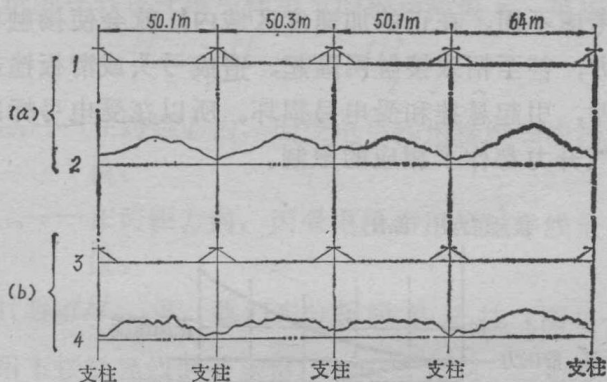


图2—3 受电弓滑板实际行走轨迹

(a) 有吊弦; (b) 无吊弦。

- 1 —— 有吊弦悬挂; 2 —— 相应于1悬挂下的轨迹; 3 —— 无吊弦悬挂;
4 —— 相应于3悬挂下的轨迹。