

苏联 阿·阿·康格維奇等著

矿山电机車电磁鋼軌制动器的計算、設計与試驗

王善富譯

煤炭工業出版社

內 容 提 要

这本小册子包含着俄文蘇聯國立煤炭工業科技書籍出版社1957年出版的“**矿山運輸問題**”(Вопросы рудничного транспорта)論文集中的兩篇文章。在第一篇“**矿山电机車電磁鋼軌制動器的計算與設計**”一文中，簡述了日本及西歐各國矿山电机車上應用電磁鋼軌制動器的經驗，完成了在不同條件下矿山列車必需的制動力的計算并且研究了電磁鋼軌制動器的設計和計算問題。在第二篇“**電磁鋼軌制動器的試驗**”一文中，敘述了作者們在莫斯科彼得羅夫斯克矿业學院矿山運輸實驗室進行的電磁鋼軌制動器試驗的方法，並列舉了所獲得的試驗結果。

本書可供矿山机电、運輸人員以及設計研究人員閱讀。

А.А.Рангелюч др

РАСЧЕТ, КОНСТРУИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЛЬСОВОГО ТОРМОЗА
ДЛЯ РУДНИЧНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Углетехиздат Москва 1957

根據蘇聯國立煤炭技術書籍出版社1957年版譯

1187

矿山电机車電磁鋼軌制動器的計算、設計與試驗

王 善 富 譯

*

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可証出字第084號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新华書店發行

*

開本 787×1092 公厘 $\frac{1}{32}$ 印張 $1\frac{3}{4}$ 字數31,000

1959年5月北京第1版 1959年5月北京第1次印刷

統一書號：15035·809 印數：0,001—3,000冊 定價：0.25元

在这全面大跃进的年代里，~~发展工业~~工业建设社会主义的重大历史使命。在采矿工作的每一环节上大闹技术革命是每个采矿工作者神圣而光荣的任务，也是我们党非常关怀和重视的事。

电磁钢轨制动器的应用，将会给矿山电机车运输带来一个新的跃进。

这种首先出现在城市电车上的电磁钢轨制动器用到矿山电机车上，则在规定的运行速度情况下可以增加列车的牵引定额；或者，在规定的列车牵引定额同时保持保安规程规定的紧急制动时的制动距离情况下可以提高运行速度。此外，电机车装备钢轨制动器，扩大了它在具有困难线路纵断面巷道中运输的使用界限。这是已为理论与实践所证明了的。

电磁钢轨制动器与其他装于矿山电机车的制动工具不同之点，或者说这种装置的优越性及其所以具有发展的前途，在于它所创造的制动力与电机车粘着重量完全无关，而且在理论上是没有限制的。

现在，在其他一些国家的矿山运输实践中，这种钢轨制动器已被成功地采用了，我国煤矿亦方在采用，当然缺点和问题也并不是没有的。

这里翻译的两篇文章——矿山电机车电磁钢轨制动器

的計算与設計，电磁鋼軌制动器的試驗，是苏联学者根据自己的研究和总结了国内外发表的有关資料而写成的。从这里，我們可以了解鋼軌制动器的实际应用情况、动作原理及其显示的优越性，并获得設計和計算制动器时所需的資料。

譯 者

矿山电机車

电磁鋼軌制动器的計算与設計

[苏联] 技术科学副博士·講師A.A. 康格維奇
技术科学副博士·講師B.A. 穆尔津

1. 問題 狀 况

在井下机車运输中，列車的全部制动工具照例是集中在机車上的。

成批国产的电机車均装設帶手动或手动及气力传动裝置的剛瓦式制动器。在接触式电机車上，除此之外，并有电阻制动。

对于上述各种类型的制动器，都須遵守粘着定律，即由此等制动器所实现的制动力不可以超过制动軸輪与鋼軌之間的粘着力，亦即

$$B_0 \leq 1000 P_r \psi, \quad (1)$$

式中 B_0 ——使用制动工具（按利用粘着力原理作用的）所实现的机車制动力；

P_r ——电机車制动重量；

ψ ——粘着系数。

企图增加制动力到粘着力极限之外，則将出现强制滑动现象，此时，制动效果降低了并且增加鋼軌与輪箍的磨損。同时开动若干利用粘着力原理作用的制 动 器（带手

动、气力或液压传动装置的闸瓦式的及电气的），并不能改变这一情况——总的制动力不可以超过由（1）式确定的数值。

保安规程规定，在紧急制动时列车要在40公尺长的距离上停住。

初步计算表明，甚至沿着具有正常纵断面的巷道运输时，国产的接触式电机车也总没有足够的制动能力以使重列车在40公尺长的距离上停车。如果列车运行速度很大以及当沿着具有困难纵断面特别在重车方向有很长的大曲率的下坡道的巷道进行运输时，则问题就更严重了。

在苏联若干煤区中，例如，在沃尔斯克、伊尔库斯克、新沙赫亭斯克（顿巴斯）以及第聂伯河沿岸煤区和莫斯科近郊煤田等，由于煤产地的特殊矿山地质条件，运输巷道往往不得不以带有30—50%或更大的坡度掘进。为了电机车沿这样的巷道安全行驶，就需相当大地提高列车的制动能力。

矿山列车的制动能力可用下面方法来提高：

1) 列车牵引部分（矿车）装设闸瓦式制动器；

2) 应用电磁钢轨制动器，它或安在电机车上或安在一辆专门装设制动器的矿车上。

当然，可以从大大地减小列车牵引定额及其运行速度方面设想，但是，这在技术上和经济上并非经常是合理的，特别假如电机车是服务于主要货流量的话。

所以在电机车上安装电磁钢轨制动器来提高制动力的方法值得特别注意。这种制动器的特点及其所以有前途在

于它所产生的制动力与电机车的重量无关，而且在理論上是沒有限制的。

鋼軌制動器自1900年就开始在英国、德国、非洲，稍后也在美国的电车上順利地采用着。鋼軌制動器推广得如此迅速，及至1910年，英国就已有10,000輛左右的电车装設了鋼軌制動器。

在我們國家（苏联），到1941年，在文尼察与庫尔斯克城的电车上采用了鋼軌制動器。于1955年，里加車輛制造工厂出产了一批裝有“季諾莫”工厂产的鋼軌制動器的电车。在莫斯科以阿帕科夫命名的电车库里所进行的PB3單車輛的試驗，确証了鋼軌制動器动作的高度可靠性和有效性。

日本于第二次世界大战前夕首次在矿山电机车上应用了鋼軌制動器。近年来，在其他一些国家（美国、德国、法国），矿山电机车也装备了鋼軌制動器。

在苏联，关于必需制制裝以鋼軌制動器的矿山电机车的这一問題是于1949—1950年提出的，但是，迄今它还没有获得实际的准許。

本文根据作者們所进行的研究以及本国和外国文献中发表的材料总结，阐述了矿山电机车用电磁鋼軌制動器的計算和設計的基本問題。

2. 鋼軌制動器在矿山电机车上实际应用的若干資料

装設鋼軌制動器的“米埃克”型矿山电机车（日本）的全貌如图1所示。

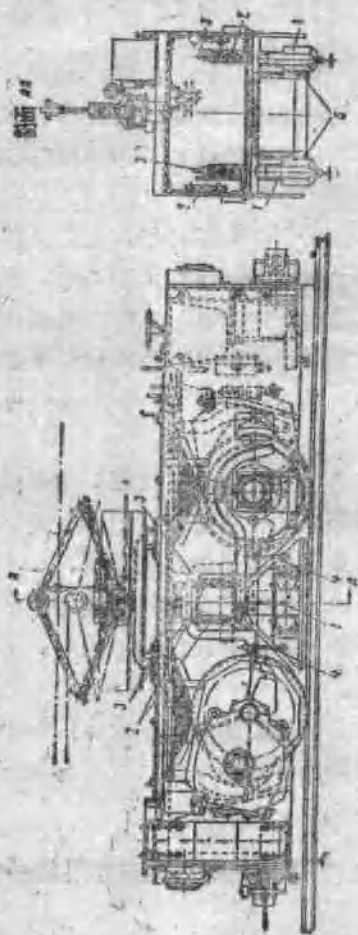


图 1 表梁式电动机的“水塔”型 S 型架梁式电动机

1—电动机；2—螺旋弹簧；3—销钉；4—吊杆；5—卡箍；6—导木。

两个制动器 1 以四根螺旋弹簧 2 挂到电机車下垫弹簧的部分上。悬挂是借助于吊杆 4 及安在銷釘 3 上的卡箍 5 来实现的，銷釘则固定于車架构件上。

鋼軌制动器闭合时，制动力就通过导木 6 传至电机車架上。两个制动器每个加于鋼軌的压力达4000公斤。

“米埃克”型电机車的技术特征

粘着重量 (吨)	8
軌距 (公厘)	610
軸距 (公厘)	1600
电动机数目	2
一台电动机功率 (馬力)	45
电压 (伏特)	250
工作速度 (公里/小时)	13
控制器	鼓形，直接操纵
制动工具	电磁制动器，电

阻制动及手动闸瓦式制动器

五台“米埃克”型电机車在“南薩哈林”矿井大約工作了10年。1950年，一台这样型式的电机車投入了生产。該电机車是在长1600公尺平均坡度16.6%（重車方向下坡）的巷道中来往行駛的。长960公尺最严重一段的平均坡度为25.6%。在个别地段，坡度达到59%。

沿这个巷道，电机車带着由20个載重量1.5—1.8吨的矿車組成的車組来往行駛着。

薩哈林管理局工作人員曾指出，电机車在沿重車方向具有急陡下坡道的巷道运输时，鋼軌制动器是高度可靠的而行駛是安全的。

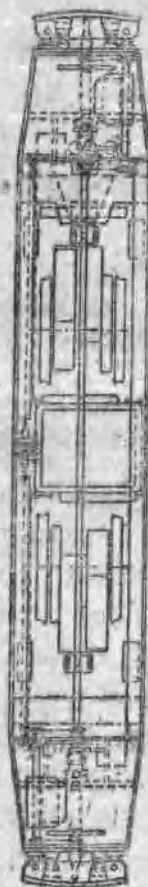
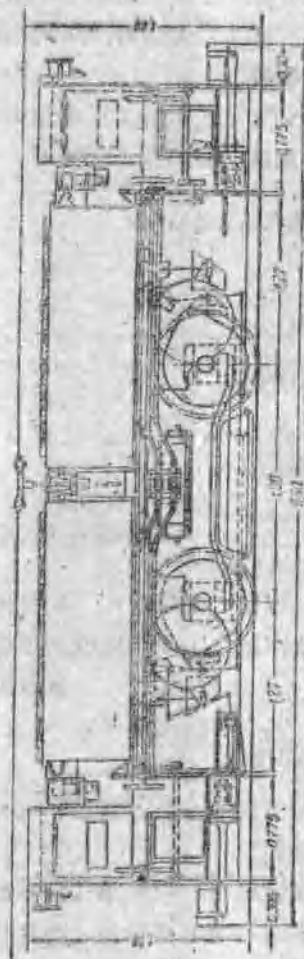


图 2 被设绝缘制动器的 AEG 系列出的 D 地接触-制动地式电动机

图2所示为德国AEG公司出的16吨蓄电池—接触式电机车。电机车有两台功率28瓩的牵引电动机。控制器与集电器处在电机车的中部。轴距为1800公厘。除通常的设备外，电机车尚有两个钢轨制动器（图3），每个制动器加于钢轨的压力为5500公斤。

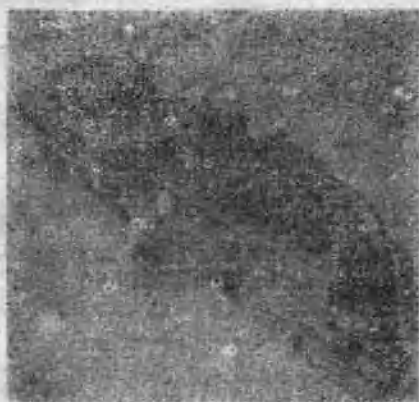


图3 AEG公司出的电磁钢轨制动器

钢轨制动器悬挂在电机车两轴之间没有弹簧垫的部分上，这样，它对钢轨总有同一的位置。在此情形下，线路的不良状况对制动器动作的影响较之将制动器悬挂在有弹簧垫的部分时要小。

图4说明钢轨制动器动作的有效性。

从图4可知，当制动初速度为5公尺/秒和制动距离为50公尺时，若只使用手动制动器，允许的车组重量乃等于80吨，而当同时使用手动制动器与钢轨制动器时，则允许的车组重量为125吨。

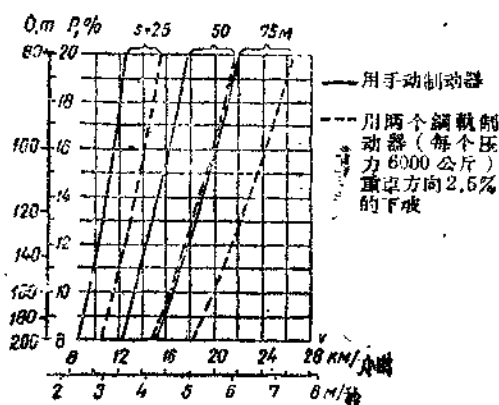


图 4 在不同的制动距离及制动初速值时 16 吨电机车

按制动所许可牵引的车组重量

Q —列车牵引部分重量； P —机车重量，按车组重量百分数计；

V —速度； S —制动距离。

在生产的条件下，对钢轨制动器的试验表明，当列车重量对电磁钢轨制动器加于钢轨的总压力之比为 10.5，及电机车的最大速度为 4 公尺/秒时，平均制动距离为 100 公尺。这正符合于制动滑铁和钢轨的摩擦系数为 0.08 时的制动计算值。

德国专家们认为，钢轨制动器的制动力受到机车结构特点（轴距）的限制，因而钢轨制动器只可用作辅助的制动工具。

为了使钢轨制动器用作主要的制动工具，可以把它们安装在与电机车永久联结的单独的制动车辆上。但是，应用牵引的制动车辆是有缺点的，不便接在弯道中并且必须

需完成复杂的调车作业。

在法国阿尔顿公司应用电磁钢轨制动器的资料中谈到，该制动器的滑铁由活节闸瓦构成，因而保证滑铁在轨道不平的情况下得以更好地与钢轨贴合，并且表明此种制动器不仅可能用作辅助的，而且亦可用作主要的制动工具。这种型式制动器如图 5 所示。

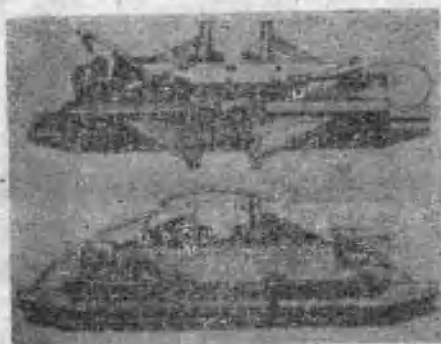


图 5 兹尔登-莫诺勒型电磁钢轨制动器

3. 钢轨制动器所需制动力的计算

对于重列车在下坡道上制动时期，列车运行的方程式如下：

$$(P + Q_{rp}) \left(w_{rp} - i - \frac{(1 + \gamma) 1000}{g} i_r \right) + B = 0, \quad (2)$$

式中 P ——电机车重量 (吨)；

Q_{rp} ——列车牵引定额，即重车组重量 (公斤)；

w_{rp} ——单位运行阻力 (公斤/吨)；

γ ——由綫路坡度所生附加运行阻力(%)；

g ——9.81(公尺/秒²)；

$(1+\gamma) \approx 1.075$ ——考虑列車迴轉部分慣性的系数；

i_r ——列車制动减速度(公尺/秒²)；

B ——列車制动力(公斤)。

假定在制动时期列車以等减速度运行，

$$i_r = \frac{v_u^2}{2l_r}, \quad (3)$$

式中 v_u ——制动初速度；

l_r ——制动距离。

列車牽引定額決定于外部运行阻力及为粘着条件所制約的电机車牽引力。在矿山运输实践中，当正常的綫路縱断面^①时重列車重量与电机車粘着重量之比，即称之为列車牽引定額系数：

$$k_{a.u} = \frac{Q_{rp}}{P}, \quad (4)$$

該系数通常在5—10范围内。

按粘着許可的牽引定額系数在重車方向为：

$$k_{a.u} = \frac{1000\psi}{i_p + w_{rp}} - 1 \quad (5)$$

而在空車方向为：

$$k_{a.u} = \left(\frac{1000\psi}{i_p + w_{op}} - 1 \right) \frac{1+k_r}{k_r}, \quad (6)$$

① 正常的概断面系指具有这样特征的概断面：重車方向为上坡道并且坡度不超过平衡坡度。

式中 w_{rp} ——重矿車运行阻力 (公斤/吨);

w_{np} ——空矿車运行阻力 (公斤/吨);

k_1 ——串車系数^①;

i_p ——計算坡度 (%)。

按公式(5)及(6)所得的值应取較小的。

制动初速度取决于很多因素,并且可能在很大范围内变动。最大速度受着运行安全条件的限制。作为計算的制动初速度,通常是采取电机車的长时速度。运行速度的限制乃由司机以改变控制器位置、周期地切断电动机和預行制动列車实现之。

将表达式(3)和(4)代入表达式(2),則得列車所需制动力的計算公式:

$$B = P(1 + k_{n,n}) \left(i + 55 \frac{v_n^2}{l_r} - w_{rp} \right). \quad (7)$$

假如列車除装备普通的制动工具外,还装备鋼軌制动器的話,則在同时使用这些制动器时所可实现的总的制动力为:

$$B = B_0 + B_n, \quad (8)$$

式中 B_n ——鋼軌(磁力)制动器的制动力。

設計的鋼軌制动器应当实现的最小制动力:

$$B_{n, \text{min}} = B - B_{0, \text{max}}.$$

将公式(7)中的 B 代入最后一式,并設 $B_{0, \text{max}} = 1000 P \psi$ 和估計到矿山电机車的全部重量 P 与制动重量 P_x 相等,

① $k_r = \frac{\text{矿車自重}}{\text{矿車載重}}$ 。——譯者註

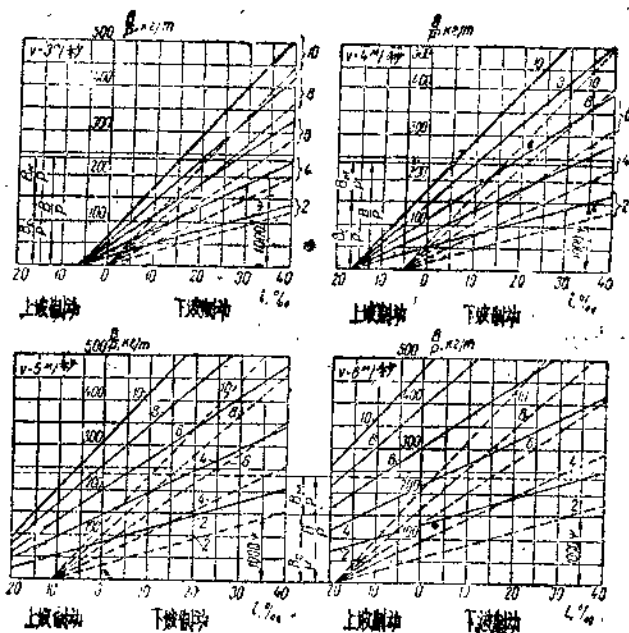


图 6 电机車 1 吨重量所需制动力与线路坡度关系图表

即得:

$$B_{\text{м. н. н.}} = P \left[(1 + k_{\text{в. н.}}) \left(i + 55 \frac{v_{\text{н.}}^2}{l} - w_{\text{т. п.}} \right) + 1000 \psi \right]. \quad (9)$$

按方程式(7)求得的关系 $\frac{B}{P} = f(i)$ 示于图 6。

图表是就制动初速度为 8、4、5 和 6 公尺/秒及牵引定额系数为 2、4、6、8 和 10 完成的。实线表示在保安规程规

定的40公尺制动距离时的关系 $\frac{B}{P} = f(i)$ ，而虛綫則表示制

动距离为80公尺时的关系 $\frac{B}{P} = f(i)$ 。

縱坐标之差

$$\frac{B}{P} - 1000 \psi = -\frac{B_{\text{н}} \cdot \mu_{\text{н}}}{P} \quad (10)$$

滿足方程式(9)，即表明为要列車在40和80公尺距离上停車，必須实现多大附加制动力（属于电机車一吨重量）。

繪制图表时，取 $w_{\text{cp}} = 6$ 公斤/吨和 $\psi = 0.15$ 。当粘着系数为其他值时，图表仍系正确，但是在此情形下，应根据采用的粘着系数值將截縱坐标 1000ψ 的直綫向上或向下移动。

由图表可見，在正常的綫路縱断面及3公尺/秒以上速度时，就需要补充的制动力。

譬如，当制动距离40公尺及速度5公尺/秒时，要 $Q_{\text{н}} = 10P$ ($k_{\text{н}} = 10$) 的重列車在10%的下坡道上停止，則电机車一吨重量需要补充的制动力为 $425 - 150 = 275$ 公斤。为了該列車在5%的上坡道上停止，电机車一吨重量应具有补充的制动力 $255 - 150 = 105$ 公斤。

4. 軛的結構

軛(图7)是由其上纏以磁化綫圈2的鉄心1和两块极板3所构成，极板3在与鋼軌接触地点乃系可更換的滑