

电气化铁道设计手册

牵引供电系统

铁道部电气化工程局电气化勘测设计院 编

中国铁道出版社

1988年·北京

编 者 的 话

根据我国铁路电气化事业近年来迅速发展的需要，我院在总结我国电气化铁道牵引供电设计工作经验的基础上，编写了本手册。

从实际需要出发，本手册力求比较系统地介绍牵引供电设计的内容，除了必要的设计原则、依据和有关公式外，还较多地编入了工程技术人员常用的计算表格、曲线和例题。

关于 AT ($2 \times 25\text{kV}$) 供电方式和电气化铁道高次谐波的影响等是近几年来工程中出现的课题，本手册也作了较详细的介绍。

本手册的主要编写和审定是缪耀珊、曹东白同志。参加本手册编写工作的还有：田汝霖、李如霜、李起学、吴天汉、吴光皋、赵乾钊、赵清润、徐敦清、梁志忠等同志。参加审阅工作的有范守忠、杨白同志。吴光皋同志对本手册通篇进行了整理工作。此外，武翠芳、黄承辉和刘月华等同志参加了本手册的校对工作。

本手册可供从事铁路电气化事业的工程技术人员和高、中等院校师生参考。

在编写过程中，承蒙有关兄弟单位的大力协助和支持，在此表示感谢。由于编写水平有限，其中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

铁道部电气化工程局电气化勘测设计院

1987年6月

内 容 简 介

本手册是电气铁道设计手册中的一种，是根据我国电气铁道牵引供电系统设计经验及实际需要编写的。全书共分十一章，详细介绍了设计中常用的牵引供电系统供电方式及实用电气计算方法；分析了电气化铁路对电力系统负荷、功率因数和高次谐波的影响、计算方法和补偿措施；叙述了电气化铁路对通信线路的影响、计算方法和防护措施等。对于在京秦电气化铁路牵引供电系统设计中第一次采用的AT供电方式也用专门的章节作了介绍。手册为牵引供电系统设计提供了较为全面的资料，是广大牵引供电系统设计工作者有参考价值的工具书。

可供电气化铁道牵引供电系统设计、施工、运营及其他有关人员使用。

电气铁道设计手册

牵 引 供 电 系 统

铁道部电气化工程局电气化勘测设计院编

责任编辑 孙燕澄 封面设计 翟 达

中国铁道出版社出版、发行

北京顺义燕华营印刷厂印

开本：787×1092毫米 $\frac{1}{16}$ 印张：24.25 字数：581千

1988年12月第1版第1次印刷

印数：0001—3000册 定价：8.00元

序 言

自1956年铁道部在第一设计院首次成立动力电气科开展铁路电气化设计项目以来，已经过去了三十一年。现在，全国四个铁路勘测设计院都成立了电气化设计处（所），电气化工程局设有电气化勘测设计院，某些铁路局的设计事务所也配有电气化专业设计人员。整个电气化勘测设计队伍随着国家铁路电气化事业的发展不断壮大，并在实践中积累了经验，提高了技术业务水平。截止1985年，设计并修建投产了电气化铁路达4400多公里。

铁路电气化的设计是一项涉及面广、综合性强的系统工程，必须在统一的设计规范和规则的指导下，优化设计、提高质量、降低造价，发挥更大的投资效益，这是广大设计工作者努力的目标。电气化工程局电气化勘测设计院担负了投产电气化铁路中78%的设计任务，这支设计队伍不但具有丰富的设计经验，较高的技术水平，而且积累了大量的宝贵资料。1983年他们编写出版了电气化铁道设计手册《接触网》，为广大的接触网设计工作者提供了有参考价值的工具书。现在，电气化勘测设计院缪耀珊、曹东白等同志编写的《牵引供电系统》设计手册的出版，这又是一件值得庆贺的好事。

《牵引供电系统》设计手册详细介绍了目前设计中常用的牵引供电系统供电方式及实用电气计算方法，分析了电气化铁路对电力系统负序、功率因数和高次谐波的影响、计算方法和补偿措施，叙述了电气化铁路对通信线路的危险电压、杂音影响的计算方法和防护措施等。特别是自1979年我们在京秦电气化铁路牵引供电系统设计中第一次采用AT供电方式后，AT供电方式的特点和优越性开始引起广大铁路电气化工作者的兴趣。电气化勘测设计院在总结京秦AT供电方式设计经验的基础上，编写了AT供电方式的专门章节，为普及AT供电方式的原理、结构和计算方法做了有益的工作。应该指出，设计手册《牵引供电系统》中多数实用计算方法和经验数据都是经过现场测试和运营验证的，因而是比较可信的。

我希望，有关单位能加快电气化铁路各专业设计手册、施工手册的编写和出版工作，为我国的电气化铁路建设提供宝贵的资料和经验。

铁道部电气化工程局总工程师 王泳焜

1987年6月

目 录

第一章 概 述	(1)
第一节 电气化铁道.....	(1)
第二节 电力牵引与其他牵引方式的比较.....	(3)
第三节 牵引供电系统.....	(9)
第四节 既有铁路电气化方案可行性研究.....	(12)
第五节 设计阶段、内容和文件审批.....	(13)
第六节 设计文件组成与内容.....	(15)
第二章 交流电气化铁道技术经济指标的概略计算方法	(17)
第一节 电力牵引用电量.....	(17)
第二节 供电臂最大电压损失.....	(19)
第三节 对电力系统的负序影响.....	(22)
第四节 对通信线路危险影响的范围.....	(23)
第五节 接触导线截面的选择.....	(25)
第六节 技术经济指标.....	(27)
第七节 运营费用和回收期.....	(34)
第三章 牵引供电系统接线	(37)
第一节 电力系统的供电方式.....	(37)
第二节 牵引变电所主接线.....	(38)
第三节 牵引变压器接线方式.....	(43)
第四节 开闭所和分区亭主接线.....	(44)
第五节 AT所主接线.....	(46)
第六节 牵引网的供电方式.....	(43)
第四章 牵引供电系统有关供电臂的电流计算	(48)
第一节 列车电流的平均值和有效值.....	(48)
第二节 供电臂电流的平均值和有效值.....	(50)
第三节 供电臂瞬时最大电流和最大有效电流.....	(58)
第四节 牵引网短路电流.....	(59)
第五节 牵引网干扰电流.....	(65)
第六节 供电臂最大电流.....	(68)

第五章 牵引网阻抗	(70)
第一节 概 述	(70)
第二节 牵引网中各“导线一地回路”的自阻抗和互阻抗	(72)
第三节 单线区段牵引网阻抗	(74)
第四节 复线区段牵引网阻抗	(87)
第六章 变压器容量计算	(100)
第一节 计算条件	(100)
第二节 变压器过负荷能力	(101)
第三节 备用方式	(104)
第四节 计算容量的确定	(106)
第五节 校核容量与安装容量的确定	(108)
第六节 牵引变压器经济运行与容量确定	(109)
第七章 电压损失和电能损失	(113)
第一节 概 述	(113)
第二节 牵引网电压损失	(113)
第三节 牵引变压器电压损失	(120)
第四节 电力系统电压损失和牵引供电系统的电压水平	(123)
第五节 改善供电臂电压水平的方法	(123)
第六节 牵引供电系统的电能损失	(131)
第七节 减少牵引供电系统电能损失的措施	(136)
第八章 交流电气化铁道对电力系统的影响及补偿措施	(142)
第一节 负序概念	(142)
第二节 牵引负荷对电力系统的负序影响	(145)
第三节 牵引变压器接线方式对负序电流的影响	(147)
第四节 负序影响计算	(152)
第五节 减少负序影响的措施	(164)
第六节 谐波基本概念	(168)
第七节 谐波对电力系统的影响及其标准	(178)
第八节 谐波影响计算及其减少的措施	(182)
第九节 牵引网高次谐波谐振和分布	(187)
第十节 功率因数和力率标准	(189)
第十一节 并联电容无功补偿	(194)
第九章 对通信线路的影响	(209)
第一节 概 述	(209)
第二节 影响的允许标准	(212)

第三节	危险影响计算	(215)
第四节	杂音干扰影响计算	(219)
第五节	互感系数	(223)
第六节	屏蔽系数	(227)
第七节	大地导电率	(233)
第八节	减少对通信线路影响的措施	(235)
第九节	吸流变压器 (BT) 供电方式	(238)
第十节	进一步改善吸一回方式防护效果的措施	(250)
第十一节	防干扰设计计算举例	(253)
第十二节	吸一回装置对牵引供电系统的影响	(260)
第十三节	吸一回装置的接线和接入牵引网时应注意的问题	(262)
第十章	2×27.5 kV AT牵引供电系统	(264)
第一节	AT牵引供电系统的构成	(264)
第二节	AT牵引网	(269)
第三节	AT供电系统的电气计算	(272)
第十一章	基础资料	(303)
第一节	电力机车	(303)
第二节	行车组织	(314)
第三节	有线通信	(338)
第四节	铁路信号	(343)
第五节	概率计算	(347)
第六节	牵引供电系统的电气计算方法	(354)
第七节	钢轨和地中电流	(359)
附 录		
附1	电力系统各元件参数的基准值和标么值	(361)
附2	常用基准值 ($S_j=100\text{mVA}$)	(361)
附3	电抗标么值和有名值的换算公式	(361)
附4	各类元件的电抗平均值	(361)
附5	三卷变压器、自耦变压器、分裂线圈变压器及分裂电抗器的 等值电抗计算公式	(362)
附6	网络变换基本方法的公式	(363)
附7	汽轮发电机的电抗标么值 ($S_j=100\text{mVA}$)	(364)
附8	同期调相机的电抗标么值 ($S_j=100\text{mVA}$)	(364)
附9	110kV及以下双卷变压器电抗标么值 ($S_j=100\text{mVA}$)	(365)
附10	154及220kV双卷变压器电抗标么值 ($S_j=100\text{mVA}$)	(365)
附11	110及220kV三卷变压器电抗标么值 ($S_j=100\text{mVA}$)	(366)
附12	154kV三卷变压器电抗标么值 ($S_j=100\text{mVA}$)	(366)

附13	220kV自耦变压器电抗标么值 ($S_j=100\text{mVA}$)	(367)
附14	架空线路每公里的平均电抗标么值 ($S_j=100\text{mVA}$)	(368)
附15	LGJ型导线的电阻及正序电抗表 (Ω/km)	(368)
附16	LGJQ与LGJJ型导线的电阻及正序电抗表 (Ω/km)	(369)
附17	LGJ及LGJQ型双分裂导线的电阻及正序电抗表 (Ω/km)	(369)
附18	LJ与TJ导线架空线路的电阻及正序电抗表 (Ω/km)	(369)
附19	钢线电阻和内感抗 (Ω/km)	(370)
附20	各种硅钢片的磁化曲线	(370)
附21	对数运算	(370)
附22	复数运算	(371)
附23	双曲函数运算	(372)
附24	双曲函数和自然指数函数的计算表	(373)
附25	对称分量基本关系表	(374)
附26	近似公式误差表	(375)
附27	二项系数 C_n^m 表 ($C_n^m=C_n^{n-m}$)	(376)
附28	电气化铁道牵引供电系统常用图形符号	(376)

第一章 概 述

第一节 电气化铁道

我国的干线电气化铁道均采用单相工频交流制，额定电压为25kV。

电气化铁道使用的电力机车所需的电能是由电力部门通过牵引供电系统获得的。

完成对电力机车供电的属于铁路部门管辖的装置称为电气化铁道牵引供电系统。它由牵引变电所（包括分区亭、开闭所、AT所）、馈电线、接触网、钢轨和回流线等组成。

电力部门管辖的电力系统与牵引供电系统是在牵引变电所高压进线的门型架处分界。

图1-1-1表示电力牵引的输、供电系统的组成。

电气化铁道的设施，除牵引供电系统外，还包括电力机务段（必要时单独设架修段或定修段，或与内燃、蒸汽机务段合并）、供电段和电力调度所等。

电力机务段是担负管内电力机车的运行、维修和管理的基层单位，包括机务本段和折返段。

电力机务本段可以分为定修段和架修段，一般设置于枢纽编组站内。定修段设有全部运转的整备设备，定期对机车进行预防性检修。架修段在定修的基础上，对机车进行扩大修理（架车修理），使机车在规定的检修周期内，处于正常磨损限度以内和具有良好的部件性能。机务折返段设有机车折返整备设备，一般设置在区段站内和局分界处。

机车交路是机车固定担当运输任务的周转区段，是设置机务段的重要依据。

常用的机车交路见表1-1-1。

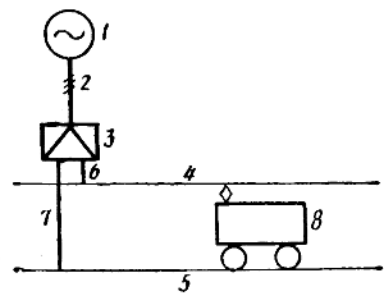


图1-1-1 电力牵引的输、供电系统示意图

1—发电厂（或变电站）；2—输电线；3—牵引变电所；4—接触网；5—钢轨；6—馈电线；7—钢轨回流线；8—电力机车。

常用机车交路

表1-1-1

交路类型	单回式	肩回式	半循环式	全循环式	混合式
图 例					
说 明	机车每次返回本段所在站均入段作业	同单回式	机车第1次经过B不入段，第2次才入段	除需要检修外整备作业全部在站上(站有整备设备)	同单回式

机务段配属机车台数在考虑了运用机车、检修机车和备用机车后，可按下式估算

$$n_g = \frac{L_j (N_k + N_h)}{250 \sim 325} \quad (1-1-1)$$

式中 L_j ——机车交路距离 (km)；

N_k 、 N_h ——旅客列车和货物列车的对数 (对/天)。

机务段一般按一台机车配备20名左右生产人员考虑。

供电段是铁路电气化区段牵引供电系统基层运营单位，担负管内除电力机车以外各种电气设备的维修管理工作，如牵引变电所、开闭所、分区亭、AT所、接触网、馈电线、回流线、吸流变压器、自耦变压器、以及电力变压器等供电设备的运营、管理和维修。此外还负责管内有关设备材料的供应和零部件的检修配制等。

供电段通常每个铁路分局设一个，但管辖范围超过五百正线公里者，可增设一个。供电段址一般设于枢纽站、区段站或分局所在地。

供电段及下设单位情况

表1-1-2

名称	供电段 段部	供电 领工区	牵引变电所		开闭所	分区亭	接触网工区
			单线	复线或 单线双机			
管辖 范围(km)	300~500	100	50~60	40~50	枢纽或区段站	设于两同 相馈电臂间	20~40
定员(人)	100~150	3	12		4	4	16~32
投资(万元)	150~200	0.3	100~120		10~15	6~7	10
占地(m ²)	13000	20	4000~5000		200	600	800

图1-1-2和图1-1-3分别表示电气化铁道沿线的设施分布情况和铁路局对电气化铁道的管理系统。

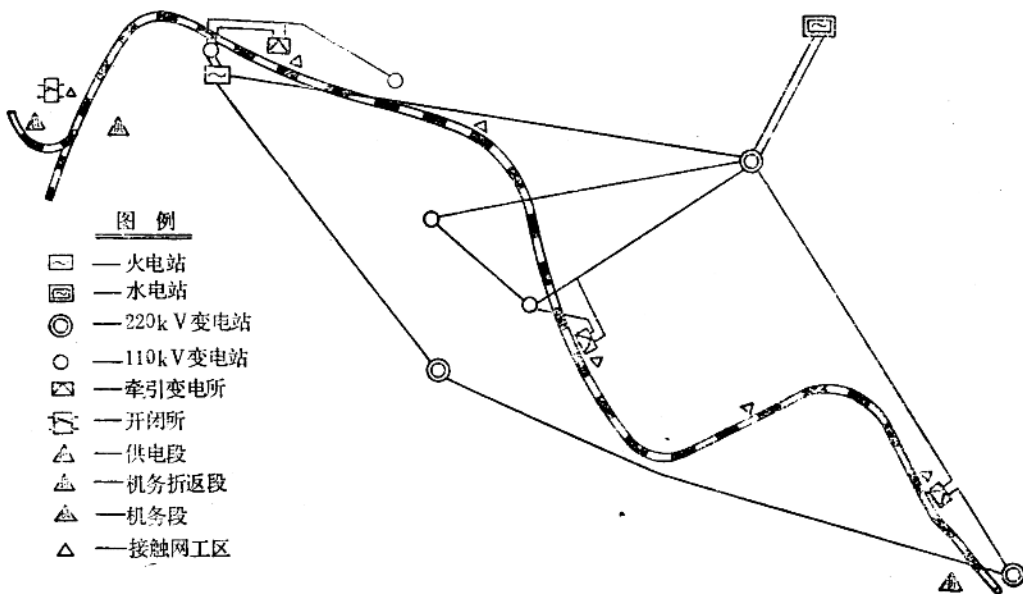


图1-1-2 电气化铁道沿线的设施分布

跨越几个铁路局的电气化铁道，对供电设施一般以局分界处为界进行分开管理，接触网

在此处设置电分段。电力机车的交路不受铁路局界的限制。

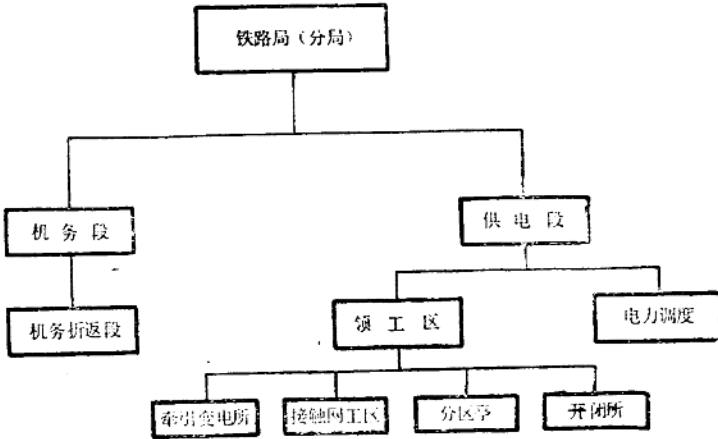


图1-1-3 铁路局对电气化铁道的管理系统

第二节 电力牵引与其他牵引方式的比较

目前在世界各国、特别是一些主要的工业发达国家都在大力发展电气化铁路。我国现有的电气化铁路的运营实践表明，它比其他牵引方式有较好的经济技术效果。因此，当前我国已经把电力牵引作为今后铁路牵引动力改造的主要方式。下面从技术和经济效果两方面，将电力牵引和其他牵引方式作一比较。

一、技术方面

(一) 牵引重量 (见表1—2—1)

计算牵引重量(t)

表1—2—1

机型 \ 坡道(%)	东风	东风 ₁	北京	东方红<4>	韶山1	FD	前进	建设	解放
4	3600	5700	2330	5100	5500	4040	4100	3350	3550
6	2550	4100	1670	3700	4100	2360	2950	2400	2500
9	1750	2350	1160	2500	2900	1960	2050	1650	1700
12	1300	2150	880	1950	2250	1460	1550	1250	1300
20	750	1300	510	1150	1350	820	900	700	700
30	450	800	320	750	850	480	500	400	450

根据表1—2—1的比较表明，在相同线路条件下，电力机车与东风₁型内燃机车牵引重量大致相同，比其他类型内燃机车提高50%以上，比蒸汽机车提高40~50%以上。

提高牵引重量，意味着在相同线路通过能力下，可提高线路输送能力。

对于电力牵引而言，制造大功率电力机车并不困难，因而电力机车更适合牵引重载列车。

(二) 运行速度 (见表1—2—2)

提高运行速度，不但可以较大地提高线路通过能力，而且可以缩短旅客旅行时间，加速机车车辆的周转和货物的输送。

列车运行速度

表1—2—2

坡道运行速度 (%)	牵引重量(t)		3500						2400—2650					
			东风 ₄		韶山1		前进		东风 ₄ (2650)		韶山1(2650)		建设(2400)	
	单机	双机	单机	双机	单机	双机	单机	双机	单机	双机	单机	双机	单机	双机
15	/	21.2	/	46.9	/	/	/	/	/	28.8	/	51.7	/	/
12	/	26.3	/	50.4	/	/	/	/	/	34.9	/	54.5	/	26.1
9	/	33.5	/	54.1	/	34.1	24.5	44.1	48.4				/	36.6
6	25	45.5	49.2		/	50	34.1	57.7	53.1				25.2	51.2
4	33.1	57.7	53.1		34.5	65.2	44.4	71.5	58.2				37.2	65.2
0	69.8	80	69.8	80	69.8	80	80	80	80	80	80	80	80	80
0以下	相 同						相 同							

从表1—2—2可以看出，电力机车的运行速度要比其他类型机车高。此外，电力机车不需要加水、上煤，机车整备时间短，起动时间短（电力机车为1min、内燃机车为2min、蒸汽机车为3min）。电力机车还增加了一种有效的制动手段——电气制动，因而弥补了空气制动在高速行车时制动力迅速降低的缺点，使得列车能以较高的速度在长大下坡道上安全运行，并大大减少了闸瓦和轮缘的磨耗。

(三) 线路通过能力和输送能力（见表1—2—3和表1—2—4）

某单线区段（限坡12%）通过能力和输送能力比较

表1—2—3

指 标	单 位	非德型蒸汽机车	东风型内燃机车 (双节)	韶山1型电力机车
平行能力/非平行能力	对	37.7/26.4	37/25.5	48/35.4
以蒸汽牵引为100	%	100	97	124
以内燃牵引为100	%	103	100	138.2
输 送 能 力	10 ⁴ t/年	765.6	837	1548
以蒸汽牵引为100	%	100	109	202
以内燃牵引为100	%	91.6	100	185

某复线区段（限坡12%）通过能力比较

表1—2—4

指 标	单 位	非德型蒸汽机车	韶山1型电力机车
自动闭塞追踪间隔	min	19	8
平 行 能 力	对	144	180

由于电力机车能多拉快跑，因此电力牵引能够显著地提高线路通过能力和输送能力。这对挖掘既有线路的运输潜力，特别是提高某些“咽喉”地段的通过能力和输送能力有着明显的效果。

同时，电力牵引尚可广泛地运用于高速的大运量复线区段。

(四) 能源消耗

电力牵引由电力系统供应电力，因而能源可来自多方面（如水力、煤和油等火力、原子

能)，并可综合利用。特别是在水力资源丰富的地区，由于可获得廉价的电力，采用电力牵引经济效果更为显著。

内燃牵引需要柴油，蒸汽牵引需要优质煤。不仅如此，内燃和蒸汽牵引的效率比电力牵引低，因而相对燃料消耗比电力牵引高（见表1—2—5）。

万吨公里标准煤燃料的消耗量 (kg)

表1—2—5

限坡%	内燃机车		电力机车	蒸汽机车
	东风 ₄	东风		
4	46	56	48	68
6	52	64	53	82
9	60	76	58	120
12	80	100	65	160
20	120	140	95	250
30	160	188	148	430

注：1kW·h折合0.5kg煤，1kg柴油折合2kg煤计算。

(五) 其他方面

采用电力牵引，不仅改善了运营人员，特别是司机的劳动条件，而且改善了旅客的旅行条件。可以大大减少对环境的污染，在高海拔地区，电力牵引的出力不受影响。所有这些都是其他牵引方式不能相比的。

铁路电气化还为铁路沿线的工农业生产提供了电力的可能，可促进工农业生产的发展。电力牵引的缺点是不如其他牵引方式灵活，同时对铁路沿线的通信线路产生干扰。

二、经济方面

经济效果主要从一次投资和运营成本两方面比较。

实现电力牵引所需要的电气化工程一次投资较大，但是由于电力牵引的运营费用低（主要是省燃料，减少机车维修人员和机车维修成本），因此一次投资费用往往可在近期内收回，线路运量越大，回收期越短。

表1—2—6为某单线区段（全长197km）的一次投资和运营成本的比较（运输工作量为303000×10⁴t·km），其回收期为8.8年。

某单线区段的经济比较 表1—2—6

	电力牵引	内燃牵引
一次投资(万元)	(包括电气化工程18.6万元/km, 电力机车125万元/台, 共30台) 7470	(包括机务段改建550万元/段, 内燃机车110万元/台, 共38台) 4700
运营成本(万元/年)	688	1003

电力牵引和其他牵引方式的综合比较 表1—2—7

比较	技术方面					经济方面		
	牵引重量	运行速度	线路通过能力	能源消耗	其他	一次投资	运营成本	一次投资回收期
电	重	高	大	少	1.改善劳动条件 2.减少环境污染 3.提供地区电力 4.不够灵活 5.对通信线干扰	大	低	运量大的区段回收年限少
内、蒸	轻	低	小	多	/	小	高	/

综合以上比较结果，汇总于表1—2—7。

三、三种牵引方式比较的有关数据 (见表1-2-8~16)

单线区段不同限坡的输送能力 (10⁴t/年)

表1-2-8

限坡%	蒸汽机车	内燃机车	电力机车
4~6	1200—1500	1500—1600	1600—1700
9	900—1100	1300—1400	1500—1600
12	600—800	1000—1100	1300—1400
20	400—500	700—800	1100—1200
30	250—300	500—600	800—1000

机车购置费 (万元)

表1-2-9

机车类型	电力机车			内燃机车			蒸汽机车			
	韶山1型	东风 ₄ 型	东风 ₁ 型	东风 ₁ 型	东方红 ₁ 型	前进型	建设型	解放型	人民型	上游型
机车价格 (万元)	125	145	85	85	27	23	23	22	20	
厂修价格 (万元)					5.20	3.70	3.70	3.40	3.20	

列车牵引万吨公里运营费 [元/(10⁴t·km)]

表1-2-10

牵引重量 (t)	3600			3400			3200			3000			2800			
	内	电	蒸	内	电	蒸	内	电	蒸	内	电	蒸	内	电	蒸	
限坡 (%)	4	19.1	19.9	10.9	18.9	20	10.8	19.1	20.2	10.7	19.2	20.6	10.6	19.3	20.9	10.6
	6	25.1	24.4		24.8	25		24.9	25.4		25.1	25.9		25.2	25.2	15
	8								30.3		31.3	30.8		31.3	31.4	
	10															
	12															
	15															
	20															
牵引重量 (t)	2600			2400			2200			2000			1800			
	内	电	蒸	内	电	蒸	内	电	蒸	内	电	蒸	内	电	蒸	
限坡 (%)	4	19.6	21.1	10.8	19.9	21.4	10.9	20.2	21.5	11.1	20.7	21.7	11.4	21.4	22.2	11.7
	6	25.4	26.6	14.5	25.6	27.1	14.4	25.7	27.1	14.3	26.1	27.4	14.3	26.5	28.2	14.2
	8	31.4	32		31.7	32.3		31.8	33.2	18.6	32.2	33	17.8	32.4	34.1	17.8
	10		36.6		38	37.3		38.1	38.1		38.3	38		38.7	39.2	
	12								43.2		44.7	44.1		45	45.1	
	15														53	
	20															

注: 内燃机车为东风₄型, 电力机车为韶山1型, 蒸汽机车为前进型。

某单线区段(全长97km)

机车及乘务人员 表1—2—11

指 标	蒸汽牵引	内燃牵引	电力牵引
需用机车台数	40	38	30
以蒸汽为100%	100	95	75
以内燃为100%	/	100	约50
乘务人员数(人)	1251	816	648
以蒸汽为100%	100	65	52
以内燃为100%	/	100	80

某单线区段(全长197km)

运营支出构成 表1—2—12

牵引类型	蒸汽牵引	内燃牵引	电力牵引
其他(%)	13.9	13.3	17.3
机车维修(%)	24.2	29.4	10
供电系统维修(%)	/	/	18
燃料消耗(%)	61.9	57.3	54.7
单 价	煤: 55元/t	油: 350元/t	电: 8分/(kW·h)

铁路设计方案比选用运营支出定额

表1—2—13

支 出 定 额	牵 引 种 类 及 机 型								
	内 燃			电 力		蒸 汽			
	东风	东风	东方红1 (客)	韶山1 (货)	韶山1 (客)	前进	建设	解放	人民(客)
1. 与能量消耗有关的支出定额									
与耗油耗电耗汽有关的支出费用	耗油元/t			耗电元/(kW·h)		耗汽元/t			
	63.58	45.63	87.83	0.00081	0.00193	0.48	0.52	0.48	0.66
与机车牵引机械功有关的支出费用	元/(10 ³ t·km机车牵引机械功)								
	8.32	4.75	50.28	10.68	25.55	8.91	8.34	8.70	15.96
与阻力机械功有关的支出费用	元/(10 ³ t·km阻力机械功)								
	56.05	48.89	70.36	52.84	67.48	59.52	59.01	59.42	65.96
燃料费及电能单价	元/标准柴油t			元/(kW·h)		元/换算煤t			
	300			0.08		50			
2. 与时间消耗有关的支出定额									
与机车小时有关的支出费用	元/机车小时								
	4.81	6.29	5.05	3.76	3.86	1.05	0.90	0.90	0.85
机车(单节)乘务组小时工资(重联补机加倍)	元/单节机车乘务组小时								
	1.04					1.36			
列车乘务小组小时工资	元/列车乘务小组小时								
	0.46	14.10	0.46	14.10	0.46				14.10
与车辆小时有关的支出费用	元/千车辆小时								
	128.50	563.27	128.50	563.27	128.50				563.27

主要支出科目运营费定额

表1—2—14

支出科目	计算单位	内 燃			电 力	蒸 汽		
		东风 ₄	东风	东方红 ₁	韶山1	前进	建设解放	人民
机车修理费	元/机车公里	0.547	0.53	0.555	0.275	0.16	0.14	0.12
机车基本折旧费	元/机车小时	4.19	3.23	3.23	3.26	0.77	0.66	0.63
机车基本折旧费	万元/(台·年)	3.66	2.84	2.84	2.86	0.674	0.575	0.55
机车上燃料费	标准燃料元/t	2.05			/	0.941		
机车油脂照明费	元/机车公里	0.055			0.033	0.044		
机车整备及整备设备维修费	元/机车公里	0.032			0.016	0.044		
机车乘务组经费	元/机车乘务组小时	1.04			1.04	1.36		
机车乘务组经费	元/(组·年)	2540			2540	3324		
货车基本折旧费	元/(10 ³ h·车)	64.75			64.75	64.75		
货车基本折旧费	元/(辆·年)	547			547	547		
货车修理费	元/车辆小时	0.172			0.172	0.172		
货车修理费	元/(辆·年)	1509			1509	1509		
货物列车乘务组经费	元/(列车乘务小时·组)	0.46			0.46	0.46		
货物列车乘务组经费	元/(组·年)	1120			1120	1120		
燃料电力费	元/(t·kW·h)	300 (工业价格)			0.06—0.08	50 (换算煤价)		
燃料电力费	/	415 (商业价格)			/	/		
接触网维修费	元/(运营组·年)	/			6970	/		
牵引变电所维修费	元/(所·年)	/			45330	/		
蒸汽机运输水费	元/(t·水)	/			/	0.11		

我国铁路机车车辆运用指标情况

表1—2—15

项 目	年 度 单 位	蒸 汽 机 车			内 燃 机 车			电 力 机 车			
		74	75	76	74	75	76	74	75	76	
货 运 机 车	日车公里	km	379	383	376	376	396	389	442	446	451
	日产量	10 ⁴ t·km	68.9	70.1	68.1	33.6	37.4	41.0	74	78	75
	技术速度	km/h	43.9	43.7	43.4	41.6	42.1	43.7	49.3	49.1	49.8
	检修率	%	11.0	10.5	/	19.1	17.8	/	7.5/10.1	5.3/9.0	/
货 运 列 车	平均总重	t	1997	2012	1998	1257	1304	1368	1762	1859	1827
客 车	技术速度	km/h	50.4	49.7	49.3	59.1	59.3	49.3	55.5	56.4	56.2
	旅行速度	km/h	39.6	39.1	38.6	49.2	49.1	38.6	42.0	43.5	44.2
万吨公里燃料消耗量	kg/(10 ⁴ t·km)	123	121	/	48	44	/	130/165	117/166	/	

内燃、电力、蒸汽机车定检公里和检修停时

表1—2—16

牵引种类	项 目	修 理				
		厂 修	架 修	大定修(电) 大轮修(内)	小定修(电) 小轮修(内)	中 检
电力机车	定检公里(10 ⁴ km)	80—96	20—24	10—12	2.5—3.6	0.8
	检修停时(天)	20	7	3	12h	4h
内燃机车	定检公里(10 ⁴ km)	60 调小4~6年	20 1.5~2年	10	2 1~2月	0.75~10
	检修停时(天)	30	7	5	2	12h
蒸汽机车	定检公里(10 ⁴ km)	27—29 调小3~4.5年	9—13 1—1.5年	/	洗修0.8—1.0 1月	0.4—0.5 半 月
	检修停时(天)	25	3	/	18h	4—6h

第三节 牵引供电系统

一、牵引变电所

牵引变电所的作用是将110kV三相高压电转换为27.5(或55)kV单相电,并供电牵引网。此外,有少数牵引变电所还需担负地区动力负荷。

(一)在采用集中供电方式(每个牵引变电所单独完成所辖供电臂的供电任务)的牵引变电所中通常设置两台变压器。

在采用分散供电方式(每个牵引变电所除了在正常时完成所辖供电臂的供电任务外,尚能在事故或检修的情况下承担相邻变电所所辖供电臂的供电任务,即越区供电)的牵引变电所中,可设置一台变压器。

(二)变压器事故或检修时,集中供电方式一般采用移动(或固定)备用变压器(移动变压器一般每个供电段设置一台,当供电段所辖牵引变电所数目在5~7个以上时,可设置两台),采用移动备用变压器时,牵引变电所应设置专用岔线,对无条件设置专用岔线的个别变电所,则采用固定备用变压器。电气化区段具备公路检修条件采用固定备用变压器时,变电所中设置的两台变压器,可一台工作,一台备用,变电所中不必设置专用岔线。

(三)牵引变电所由电力系统供电。由于电气化铁道为一级负荷,因此必须要求电力系统可靠地向牵引变电所供电。

对于集中供电方式,牵引变电所要求有两回路进线。该两回路进线应来自不同的电源点(当来自同一电源或中心变电所时,该两回路进线应引自分段母线上不同分段的出线间隔)。

对于分散供电方式,在牵引变电所中只设置一台变压器时,可采用一回进线,但相邻两变电所的进线也应来自不同的电源点。

(四)变压器的接线方式,目前采用的有三相Y/Δ-11接线、单相V/V接线、单相接线以及三相一两相斯科达接线等四种。

(五)牵引变电所的馈线数目一般按如下原则考虑:单线区段采用两回;复线区段采用4回;牵引变电所所在车站股道超过6股时,应考虑设单独馈电线;在枢纽站(或区段站)的到发场以及电力机车机务段和折返段应设置单独馈电线;对支线一般也应设单独馈电线。

(六)为了改善牵引供电系统的供电质量,减少牵引负荷对电力系统的影响(功率因数