

铁路工程设计技术手册

《线路》 第二、三篇

牵引计算及行车组织

铁道部第一设计院主编

人民铁道出版社

铁路工程设计技术手册

《线路》 第二、三篇

牵引计算及行车组织

铁道部第一设计院主编

人 民 铁 道 出 版 社

1978年·北京

前 言

在伟大领袖毛主席的无产阶级革命路线指引下,我国铁路建设事业有了飞速的发展。广大铁路工人、干部、工程技术人员遵照伟大领袖和导师毛主席“自力更生”,“艰苦奋斗”的教导,在党的领导下,成功地建成了许多里程很长、技术复杂的铁路,并在航空勘测、牵引动力、新型轨下基础、无缝线路、机械化养路以及其他新技术方面,都取得了可喜的成果。

为了总结以往的经验,不断提高线路设计工作水平,迎接铁路建设新的跃进,更好地为社会主义革命和社会主义建设服务,根据铁道部的指示编写线路手册。线路手册共分七篇三十一章,前面写了绪论,后面列有附录,主要是供铁路线路设计工作者参考。

线路手册由第一设计院主持,第二、三、四设计院,西南交通大学,长沙铁道学院,兰州铁道学院等单位参加共同编写。在编写过程中,得到铁道部科学研究院、铁道兵、各工程局、各铁路局和各机车工厂的大力支持,提供了许多宝贵资料和意见,在此表示感谢。

由于我们水平有限,手册中难免有错误之处,请批评指正。

目 录

第二篇 牵引计算

第五章 常用机车主要技术数据和牵引力	2.2
第一节 常用机车主要技术数据表及牵引特性曲线图	2.2
一、主要技术数据表及牵引特性曲线图	2.2
二、机车有关数据的依据	2.13
第二节 内燃机车牵引力	2.14
一、内燃机车牵引力的形成	2.14
二、粘着牵引力	2.14
三、内燃机车牵引力	2.16
四、传动装置牵引力	2.18
五、内燃机车的牵引特性	2.20
第三节 燃气轮机机车牵引力	2.21
一、燃气轮机机车主要组成部分及其牵引力的形成	2.21
二、燃气轮机机车牵引特性	2.21
第四节 电力机车牵引力	2.22
一、电力机车牵引力的形成	2.22
二、牵引电动机牵引力	2.22
三、韶山 ₁ 型电力机车的牵引特性	2.22
第五节 蒸汽机车牵引力	2.23
一、蒸汽机车牵引力的形成	2.23
二、汽缸牵引力	2.23
三、锅炉牵引力	2.23
四、各主型蒸汽机车的牵引特性	2.23
第六章 机车与车辆运行阻力	2.24
第一节 单位基本阻力	2.24
一、机车单位基本阻力	2.24
二、车辆单位基本阻力	2.24
第二节 列车单位附加阻力	2.27
一、单位坡道阻力 w	2.27
二、单位曲线阻力 w_c	2.27
三、隧道附加单位空气阻力 w_a	2.28
四、列车单位起动附加阻力 w_s	2.29
第七章 列车制动力	2.29
第一节 空气制动	2.29
一、基本原理	2.29
二、摩擦系数	2.29
三、闸瓦压力	2.30
四、列车制动率	2.31
第二节 电阻制动	2.33
一、基本原理	2.33
二、电阻制动的使用	2.34
第三节 液力制动	2.38
一、液力制动装置简要结构	2.38
二、液力制动基本原理	2.39
三、液力制动特性曲线	2.39
四、机车液力制动力曲线	2.39
五、液力制动力的应用	2.39
第八章 列车重量、编挂辆数及长度	2.42
第一节 牵引重量计算	2.42
一、按列车等速运行条件计算	2.42
二、按动能闯坡的条件计算	2.42
第二节 牵引重量的检算	2.43
一、起动条件的限制	2.43
二、到发线有效长度限制	2.44
三、车钩强度限制	2.45
四、长大下坡道上受列车制动条件的限制(按常用制动计算)	2.46
五、列车通过隧道的速度要求对牵引定数的限制	2.49
六、严寒地区牵引重量的确定	2.51
七、旅客列车牵引重量的确定	2.51
第三节 列车牵引辆数、长度及净载重计算	2.51
一、货物列车牵引辆数	2.51
二、货物列车长度	2.51
三、货物列车净载重	2.51
四、旅客列车和货物列车牵引辆数和长度表	2.52
第九章 列车运行速度、时间、距离的计算	2.52
第一节 纵断面坡段组合	2.52
一、坡段组合的条件	2.53
二、坡段组合计算	2.53
第二节 列车运动方程	2.54
一、合力	2.54
二、列车运动方程	2.54
三、用列车运动方程式进行牵引计算	2.54
第三节 列车运行速度、时间、距离的图解法	2.55
一、单位合力曲线图	2.55
二、图解法用比例尺	2.65
三、图解方法	2.65
四、图解法的综合运用	2.66
第四节 解算运行速度、时间、距离的注意事项	2.68
一、各种限速	2.68
二、图解时应注意的问题	2.69
三、图解法 $V-S$ 图上必要的标记和符号	2.70
第十章 能耗量、机械功及电机温升	2.70
第一节 内燃机车燃油消耗量计算	2.70
一、图解分析法	2.70
二、垂直线图解法	2.71

三、均衡速度法	2.72
四、高温及高海拔地区内燃机车 柴油机功率降低时的油耗折 算	2.73
第二节 电力机车耗电量计算	2.73
一、列车在运行中的耗电量计算	2.73
二、给电停站及在站段线上单机 走行耗电量	2.76
三、均衡速度法求站间耗电量算例	2.76
第三节 蒸汽机车耗水量、耗煤量计算	2.77

一、耗水量计算	2.77
二、耗煤量计算	2.79
第四节 牵引机械功与阻力机械功	2.82
一、基本公式	2.82
二、机械功求算方法	2.82
第五节 电机温升检算	2.85
一、电机绕组最大允许温升	2.85
二、计算电机温升的基本公式	2.85
三、电机温升垂直线图解法	2.85

第三篇 行 车 组 织

第十一章 车站分布	3.1
第一节 分布原则	3.1
第二节 分布的步骤和方法	3.1
一、分布的步骤	3.1
二、分布的方法	3.1
第三节 列车技术作业对区间距离 的影响	3.10
一、区段站	3.10
二、给水站	3.10
三、凉闸站	3.10
四、一般列检所（风闸试验所）	3.10
五、补机站	3.10
六、补煤站	3.11
七、换班站	3.11
八、避难线	3.11
九、电力牵引区段接触网维修	3.11
十、隧道通风	3.11
第十二章 单线区间通过能力和输送能力	3.12
第一节 单线区间通过能力	3.12
一、计算原则	3.12
二、计算方法和计算公式	3.12
三、列车技术作业对区间通过能 力的影响	3.14
第二节 单线区间输送能力	3.17
附录 新建铁路通过能力图图式	3.18
第十三章 加强既有线通过能力和输 送能力的措施	3.19
第一节 既有线技术改造设计的基 本原则	3.19
第二节 技术改造措施及其适应范围	3.19
一、改变信联闭设备	3.19
二、改变牵引种类和机车类型	3.20
三、改建既有线或增建第二线	3.20
第三节 双线区间、设有双线插入 段区间和单双线区间的平 行运行图通过能力	3.22
一、自动闭塞双线区间的通过能力	3.22
二、非自动闭塞双线区间的通过能力	3.22
三、非自动闭塞双线区段使用补 机时区间通过能力	3.23

四、设有双线插入段时的通过能力	3.23
五、单双线区间的通过能力	3.23
第四节 双线区间输送能力	3.24
附录 改建铁路或增建第二线通过 能力图图式	3.25
第十四章 机车交路的选择	3.26
第一节 机车交路选择的主要原则 和注意事项	3.26
一、机车交路选择的主要原则	3.26
二、注意事项	3.26
第二节 机车交路类型、运转制和 出乘方式	3.26
一、机车交路类型	3.26
二、运转制	3.30
三、出乘方式	3.30
第三节 机车交路长度	3.30
一、影响机车交路长度的因素	3.30
二、机车交路长度计算	3.31
第四节 机车交路方案比选	3.35
第五节 机车交路设计的步骤与方法	3.35
一、新建铁路机车交路设计的步 骤与方法	3.35
二、改建铁路机车交路设计的步 骤与方法	3.35
第十五章 铁路运输系统行政区 划分及调度区划	3.36
第一节 铁路运输系统行政区划分	3.36
一、车务段划分原则及标准	3.36
二、列车段及客运段的划分原则 及标准	3.36
第二节 调度区划分原则及标准	3.36
一、调度区划分原则及标准	3.36
二、调度台管辖范围的划分	3.36
附录 运输部门组织定员	3.37
一、铁路分局定员标准及组织机构	3.37
二、货物列车乘务组定员的计算	3.37
三、旅客列车乘务组定员的计算	3.37
四、车站等级查定标准的规定	3.37
五、车站轮班制人员的班制	3.38
六、车站生产定员标准	3.38

第二篇 牵引计算

我国铁路牵引动力正向内燃和电力牵引迅速发展，牵引计算有关数据，经过试验，正在逐步积累。《蒸汽机车牵引计算规程》（简称《牵规》下同），因只适用于蒸汽机车并存在较多问题，已不能满足设计要求，修改《牵规》尚需一段时间才能完成，为满足设计方面急需，本篇根据下列原则和资料进行编写。

机车主要技术数据是根据截至1975年11月为止的资料。机车试验方面，采用机车工厂提供的资料和部75年编发《机车概要》中所列的资料。内燃、电力机车的粘着系数和阻力，采用试验求得的或工厂提供的公式。

内燃、电力多机牵引和推送补机的机车牵引力，根据编制《规范》时采用的数值，即每台前部机车的计算牵引力均取为100%，对于推送补机均取为95%。蒸汽机车多机牵引和推送补机的机车牵引力按《牵规》第32条规定。

隧道内空气附加阻力采用凉风垭试验公式；小半径曲线粘着系数降低值、隧道内粘着系数降低

值、内燃牵引隧道功率降、蒸汽牵引隧道的通过速度等问题，均按《规范》和编制《规范》时采用的数值；内燃机车高原功率降低收集了有关资料，供设计时参考。

车辆比是根据原交通部（73）交铁基字2145号文规定。

机车车辆每轴闸瓦压力表采用《规程》的第九表；列车计算制动率按《规程》规定选用 $\beta_i = 0.22$ 及0.25两种。受计算制动率限制的长大下坡道最大允许速度根据《规程》第十，十一表取定。同时将1966年铁道部科学研究院修改1960年《规程》的五、六、七表的试验资料列入手册内作为注，供参考。

有关新规定及新资料在手册中均注明来源，没有新的资料及依据时则仍按《牵规》进行编写。

注：①《蒸汽机车牵引计算规程》系铁道部于1957年以铁机运余（57）字第242号文公布的。

②《机车概要》系原交通部机车车辆局编，1975年人民铁道出版社出版。

第五章 常用机车主要技术数据和牵引力

第一节 常用机车主要技术数据表及牵引特性曲线图

一、主要技术数据表及牵引特性曲线图

常用机车主要技术数据表及机车牵引特性曲线

图, 分别按内燃、电力、蒸汽机车列于表 5—1 ~ 5—4, 图 5—1 ~ 5—15。

内燃机车主要技术数据

表 5—1

项 目		机 型	东 风	东 风	东 风	北 京	东方红	东方红	东方红	4000马力 燃气轮
用 途		单 位	货 运	客 货 运	调 车	客 运	客 货 运	专用线及 调 车 用	客 运	货 运
基 本 数 据	构造速度	公里 小时	100	货100 客120	95.3	120	货100 客140	64	140	100
	计算速度	”	18	货21.9 客26.3	10.3	26.3	货25 客35	17.25	19	27.5
	起动牵引力	公 斤	30800	货42100 客35100	30000	24500	货47328 客33702	19800	25000	42100
	计算牵引力	”	19400	货30800 客25700	20350	15950	货28200 客20000	11700	15400	32100
	机车总重	吨	126	138	113	92	138	60	84	138
	计算长度	米	16.9	21.1	16.3	15.4	23.1	13.1	17.3	21.1
	手柄挡位	位	16	16	16	16	16	16	16	16
机 车 车 体	轴 式		3.—3.	3.—3.	3.—3.	2'—2'	3'—3'	2'—2'	2'—2'	3.—3.
	动轴轴重	吨	21	23	18.8	23	23	15	21	23
	固定轴距	毫 米	4200	3600	4200	2000	4050	2400	3100	3600
	最大高度	”	4775	4725	4607	4478	4690	4307	4516	4700
	最大宽度	”	3307	3308	3374	3300	3375	3179	3105	3106
	动轮直径	”	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
	司机室数	端	1	2	1	2	2	1	1	2
柴 油 机	柴油机型号		10L207E	16V240 ZL	6L207E	12V240 ZL	16V200 ZL	12V180 ZL	12V175Z	
	冲程数		2	4	2		4	4	4	
	柴 油 机 功 率	小 时	马 力	2000	4000	1200	3000	2×2500	1350	2×1000
		持 续	”	1800	3600	1080	2700	2×2250	1250	2×910
		装 车	”	1800	3300	1080	2700	2×2250	1250	2×910
	增压方式 (有无中冷)		无增压	废气涡轮 (有)	无增压	废气涡轮 (有)	同 左	同 左	废气增压 (无)	
	额定转速	转/分	850	1100	850	1100	1500	1500	1500	
	最低工作转速	”	400	450	400	425	750	800	800	
传动方式			电	电	电	液	液	液	液	电

续上表

项 目		机 型	东 风	东 风 ₄	东 风 ₂	北 京	东 方 红 ₄	东 方 红 ₂	东 方 红 ₁	4000马力 燃气轮
燃气 轮主 机	型 式									单轴开口 简单循环
	功 率	马 力								4500
	透平前燃气 温 度	℃								760
	压气机压比	大气压								6
	额定转速	转/分								7900
	最低工作转速	”								5925
	发电机型号		ZQFR 1350	TQFR -3000	ZQFR -750					TQFR- 3000
发 电 机	功 率	千伏 安		2985						2985
		千瓦	1350		750					
	额定电压	伏	550	438	305					438
			820	613	650					613
	额定电流	安	2460	3936	2460					3936
			1650	2805	1154					2805
	电流制		直 流	交 直 流	直 流					交直流
电 动 机	电动机型号		ZQDR -204	ZQDR -410	ZQDR -204					ZQDR -410
	功 率	千 瓦	204	410	204					410
	额定电压	伏	275	550	275					550
			410	770	410					770
	额定电流	安	820	800	820					800
			550	570	550					570
	磁场削弱级数		2	2	2					2
燃 料	磁场削弱程度	%	53	60	44					60
			35	43	29					43
变扭器数量		个				2	2×2	2	3	
制动方式			空制、电制	空制、电制	空 制	空制、液制	空制、液制	空 制	空 制	空制、电制
电、液力制 动 功 率		马 力	1200	3000		1840	2×1500			3000
燃 料	燃料油贮量	公 斤	5400	9000(升)	4000	4600	8000	2000	4000	9500
	燃料油消耗率	克/马力 小时	175	155	175	155	175	175	170	286 (重油)
通过最小曲 线 半 径		米	145	145	80	125	125	100	145	125
制造工厂			大 连	大 连	戚墅堰	二 七	戚墅堰	431	四 方	长 春

注：表中额定电流及额定电压栏分子为持续速度时，分母为最高速度时。

韶山₁型电力机车主要技术数据

表 5 — 2

项 目			单 位	韶山 ₁ (SS ₁ —1092)
基 本 数 据	构 造 速 度		公里/小时	95
	计 算 速 度	小 时 制	”	46.6
		持 续 制	”	48.9
	起 动 牵 引 力		公 斤	54000
	计 算 牵 引 力	小 时 制	”	33700
		持 续 制	”	29500
	机 车 总 重		吨	138
计 算 长 度		米	20.4	
机 车 体	轴 式			3。—3。
	动 轴 轴 重		吨	23
	固 定 轴 距		毫 米	4600
	最 大 高 度 (落弓位)		”	4783
	最 大 宽 度		”	3104
	动 轮 直 径		”	1250
	司 机 室 数		端	2
工 作 电 压 (受电弓处)		最 高	伏	27500
		额 定	”	25000
		最 低	”	19000
调 压 方 式				低压侧 (调压33级)
机 车 轮 周 功 率		小 时 制	千 瓦	4200
		持 续 制	千 瓦	3780
牵 引 电 机	额 定 电 压		伏	1500
	最 高 电 压		”	1600
	持 续 电 流		安	450
	小 时 电 流		”	500
	最 大 电 流		”	750
	持 续 功 率		千 瓦	630
	小 时 功 率		”	700
制 动 方 式				空制、电阻制动
电 阻 制 动 功 率			千 瓦	3500
工 作 环 境 温 度			℃	± 40
通 过 最 小 曲 线 半 径			米	125

蒸汽机车主要技术数据

表5—3

项 目	机 型	单 位	机 车 类 型								
			前 进 QJ	菲 德 FD	建 设 JS	解 放 JF 现	解 放 JF	解 放 JF ₀	上 游 SY	人 民 RM	胜 利 SL
基 本 数 据	计算遮断比		0.65	0.65	0.65	0.70	0.75	0.75	0.60	0.65	0.70
	计算供汽率	公斤/米 ² ·时	75	65	75	65	55	55	60	65	55
	构造速度	公里/小时	80	85	85	80	80	80	80	110	100
	计算速度	”	27.5	23	25	21	15	15	23.4	28	23
	模数牵引力	公 斤	33300	34010	25500	24050	24050	20000	20475	18050	16900
	起动牵引力	”	27600	27000	22500	21150	21650	17450	17550	16400	15200
	计算牵引力	”	23500	22500	19000	19500	19400	16000	14900	14500	13200
	粘着重量	吨	100.5	104	79.3	82.3	79.9	64.1	61.5	63.1	62.2
	计算重量	”	200	235	170	170	150	140	140	170	160
	计算长度	米	26.0	29	23.4	22.6	22.6	21.2	21.5	23.3	22.6
机 车 车 体	轴 式		1-5-1	1-5-1	1-4-1	1-4-1	1-4-1	1-4-1	1-4-1	2-3-1	2-3-1
	动轴轴重	吨	20.1	20.8	19.81	20.6	19.98	16.15*	15.38	21.04	21.18*
	固定轴距	毫 米	6400	6500	4419	4419	4419	4410	4410	3660	3660
	最大高度	”	4790	4800	4760	4780	4780	4244	4446	4790	4622
	最大宽度	”	3375	3250	3332	3050	3050	2995	3266	3240	3202
	动轮直径	”	1500	1500	1370	1370	1370	1370	1370	1750	1750
锅 炉	总蒸发传热面积	米 ²	269.01	295.16	186.62	197.6	208	172.42	161.3	193.26	193.26
	炉床面积	”	6.8	7.04	5.09	5.09	5.09	4.57	4.57	4.84	4.84
	蒸汽压力(表压)	公斤/厘米 ²	15	15	15	14	14	14	14.5	15	14
	焚火方式		机 械	机 械	机 械	机 械	人 工	人 工	人 工	机 械	人 工
	注水器及预热		混合给 水加热器	同 左	同 左	普通注 水器	同 左	同 左	同 左	混合给水 加热器	普通注 水器
汽 机	汽缸个数及直径	毫 米	2×650	2×670	2×580	2×580	2×580	2×530	2×530	2×570	2×570
	轱辘行程	”	800	770	710	710	710	710	710	660	660
煤 水 车	容水量	吨	40	44	35	30	24	24	25	35	30
	容煤量	”	14.5	22	15	14	9.6	9.6	9.5	15	14
	轴 数	轴	4	6	4	4	4	4	4	4	4
通过最小曲线半径		米	145	150	145	145	145	125	125	145	145

注：平均轴重中带*符号者为最大轴重

常用机车各种速度下牵引力表

表 5—4

牵引种类	机车类型	在下列速度（公里/小时）下的牵引力 F_j （公斤）																	
		V_j	10	20	30	40	50	51.2	56.4	60	61.6	70	80	90	95	100	110	120	
内燃机车	东风	19400	30800	17600	11750	8900	7050			5800		5000	4300	3650		3050			
	东风 ₁	30800	38200	33500	22750	17300	13900			11400		9700	8300	5600		4000			
	东风 ₂	20350		11600	7800	6000	4700			3800		3200	2800	2550					
	东方红 ₁	15400	20000	14900	10600	7300	6300			5300		4500	3750	3400		3100			
	东方红 ₂	11700	15450	10600	7300	5250	4450			3700									
	东方红 ₃	28200	38100	31450	25400	20400	16150			12900		11600	10350	9200		8350			
	北京	15950	21150	17900	14900	12450	10300			8400		7050	6350	5800		5250	4750	4400	
	4000马力燃气轮	32100	38200	36700	28800	22200	17800			15000		12700	10800	9600		9000			
电力机车	韶山 ₁	m 小时33700 持续29500	43900	40100	37500	35200	28000	25000	19200	15850	14550	10100	7350	5850	5250				
		S ₁						30800	24250	20500	19300	13850	10000	7650	6750				
		S ₂							28300	24100	22600	17000	13050	10500	9400				
		S ₃									25900	19230	15000	12050	10750				
蒸汽机车	前进	23500	26100	24650	22400	18500	15550			13300		11450	10000						
	菲德	22500	26400	23200	18800	15100	12500			10500		9100	8100						
	建设	19000	21500	19800	17000	13900	11550			9950		8700	7650						
	解放现	19500	21000	19750	15900	12750	10450			8750		7400	6250						
	解放	19400	20800	16750	12850	10200	8300			6950		5900	5000						
	解放 ₂	16000	16600	14000	10700	8500	6800			5400		4200	3350						
	上游	14900	16800	15350	12400	9600	7800			6600		5700	4700						
	人民	14500	15950	15150	14000	11600	9900			8500		7400	6400	5500		4800	4200		
	胜利	13200	14200	13450	11250	9150	7650			6550		5700	4950	4350		3900			

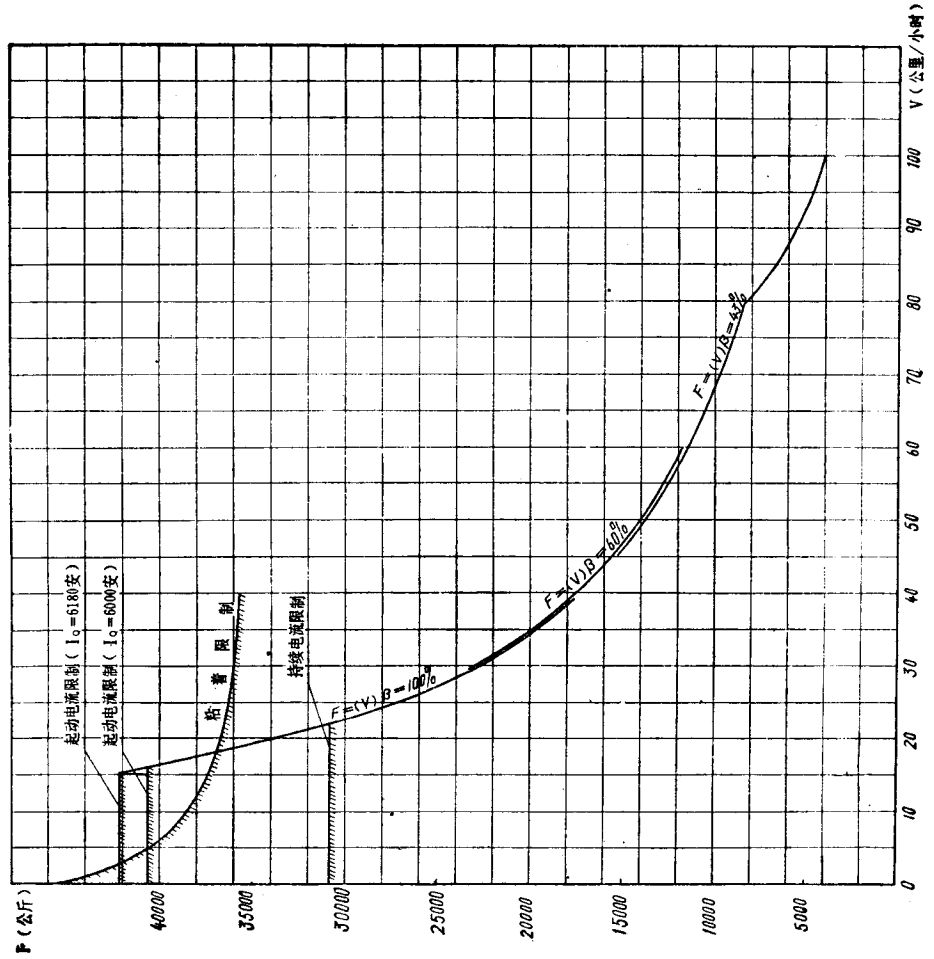


图 5-2 东风4型内燃机车牵引特性曲线

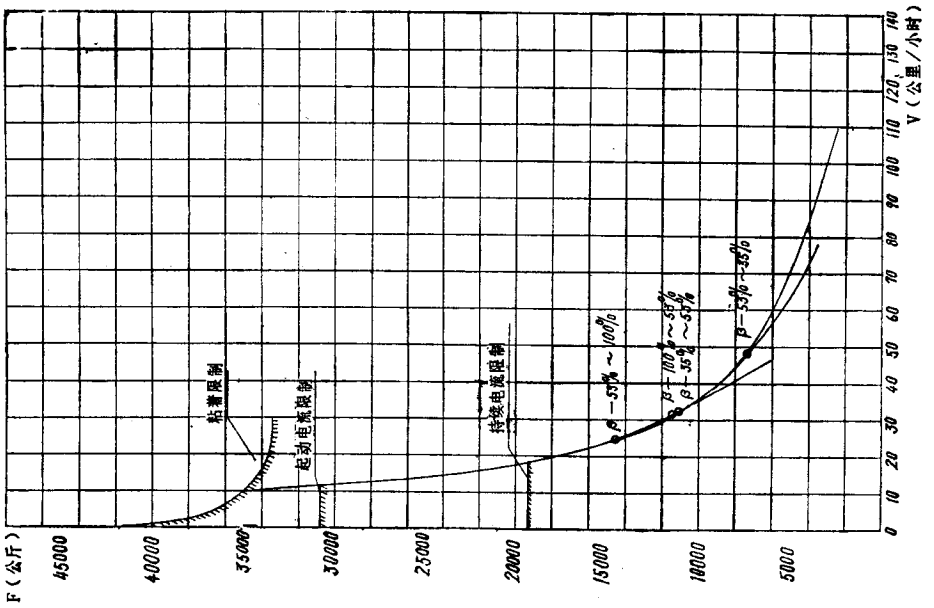
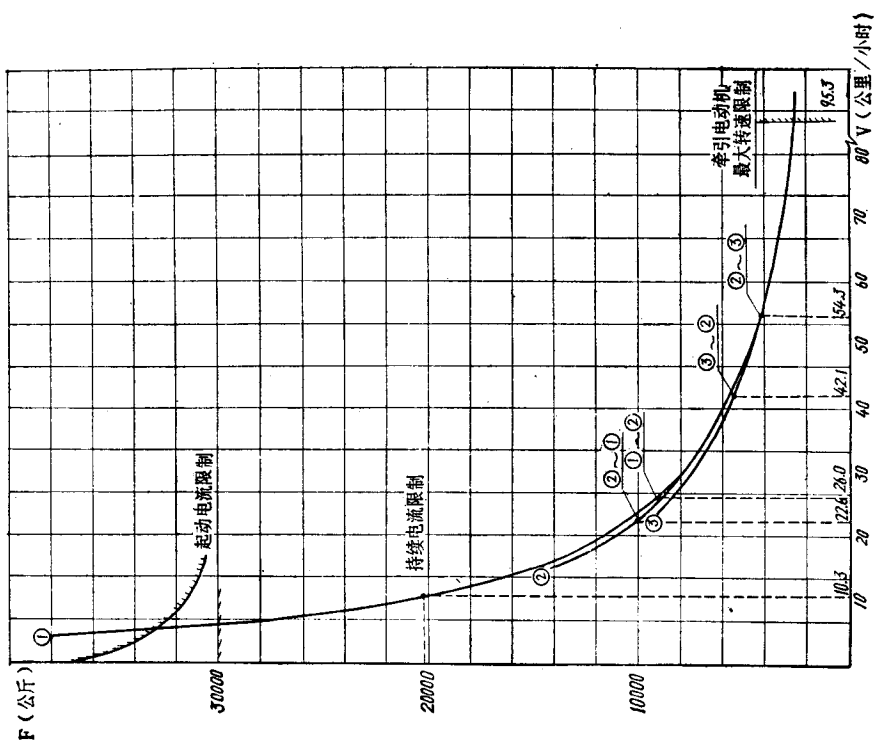
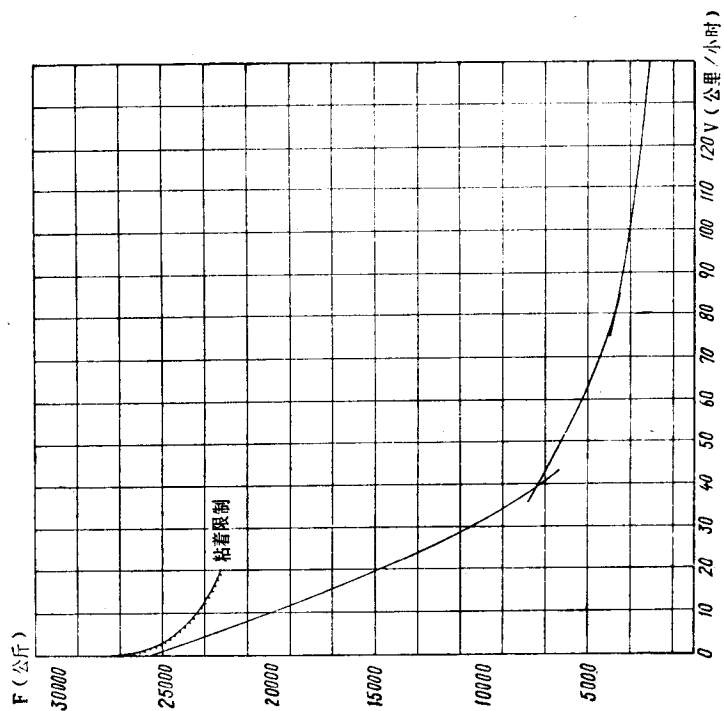


图 5-1 东风4型内燃机车牵引特性曲线

图 5—3 东风₄型内燃机车牵引特性曲线图 5—4 东方红₄内燃机车4201~4274特性曲线

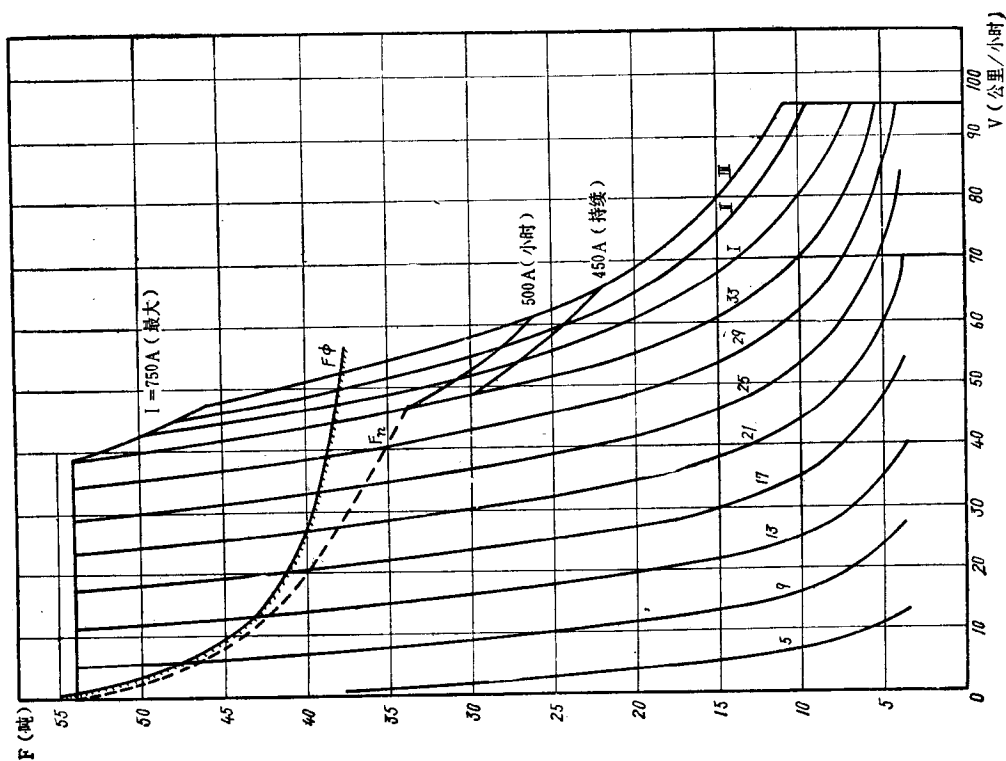


图 5—6 韶山型电力机车牵引特性曲线

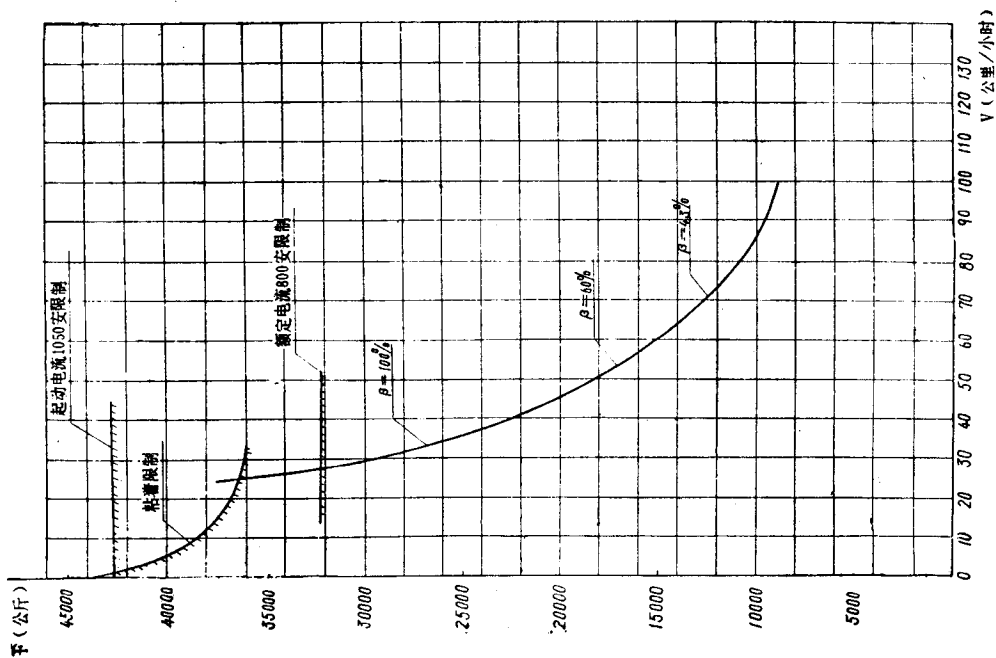


图 5—5 4000马力燃气轮机车预期牵引特性曲线图(平原地区)

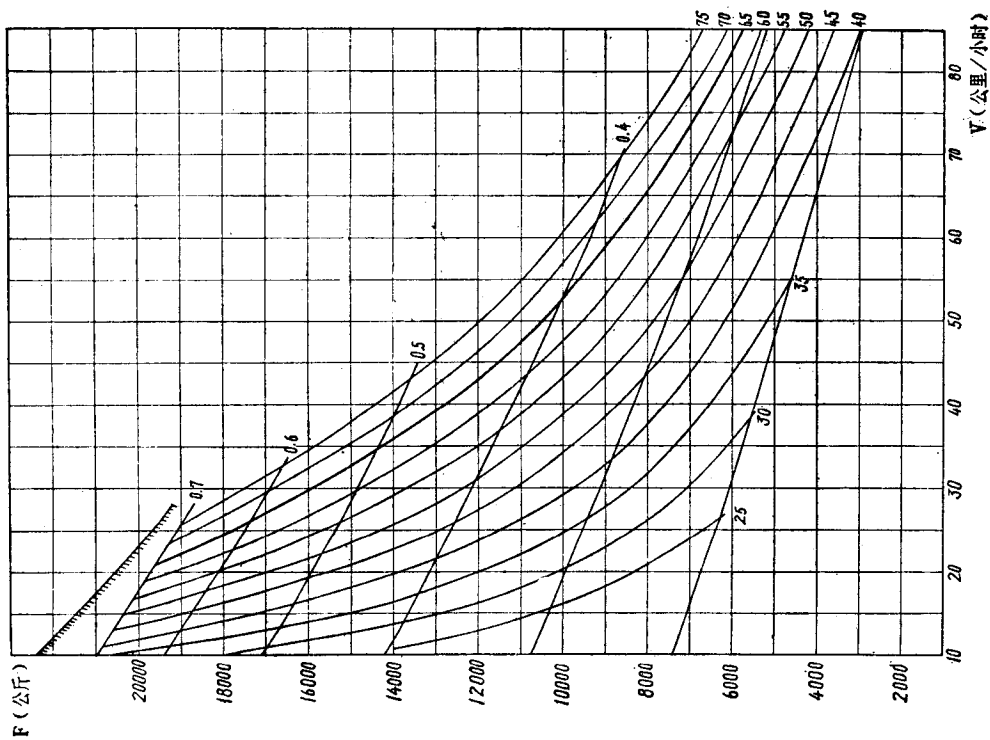


图 5-7 解放型 (现代) 机车轮周牵引力按不同速断比和不同供汽车与速度 V 的关系曲线

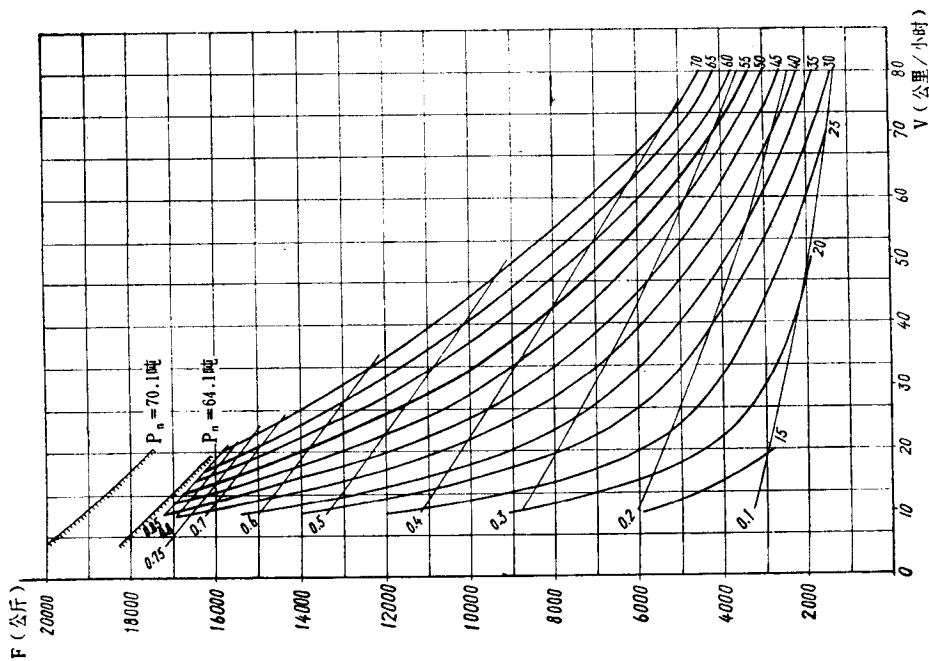


图 5-8 解放型机车轮周牵引力按不同速断比和不同供汽车与速度 V 的关系曲线

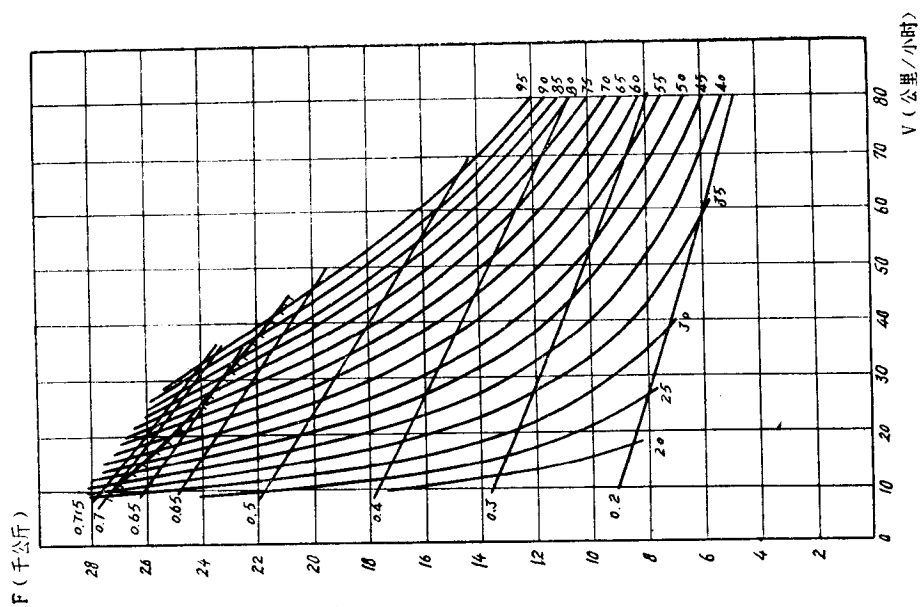


图 5—10 前进型机车轮周牵引力 F 按不同速断比和不同供汽率与速度 V 的关系曲线

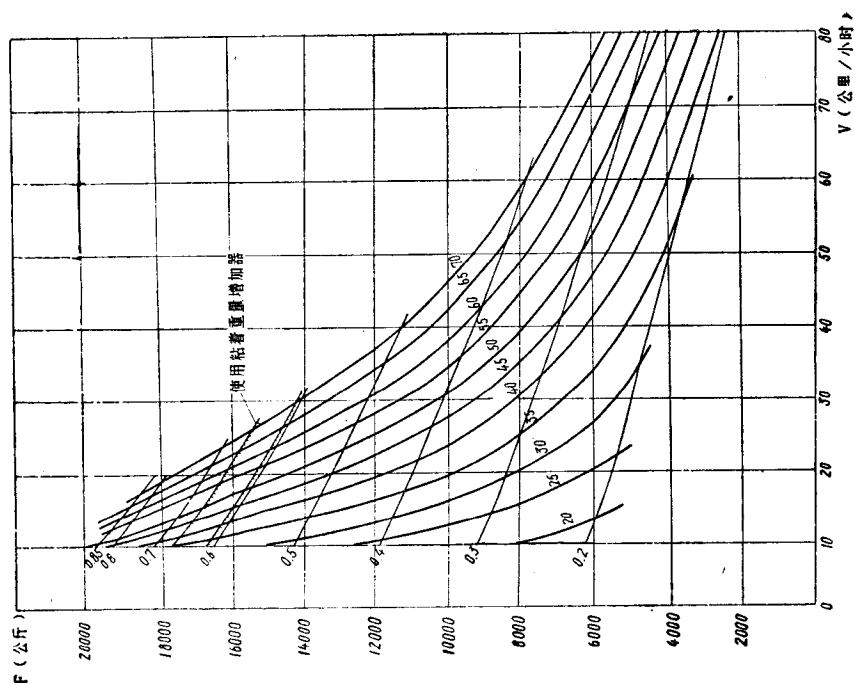


图 5—9 上游型机车轮周牵引力 F 按不同速断比和不同供汽率与速度 V 的关系曲线

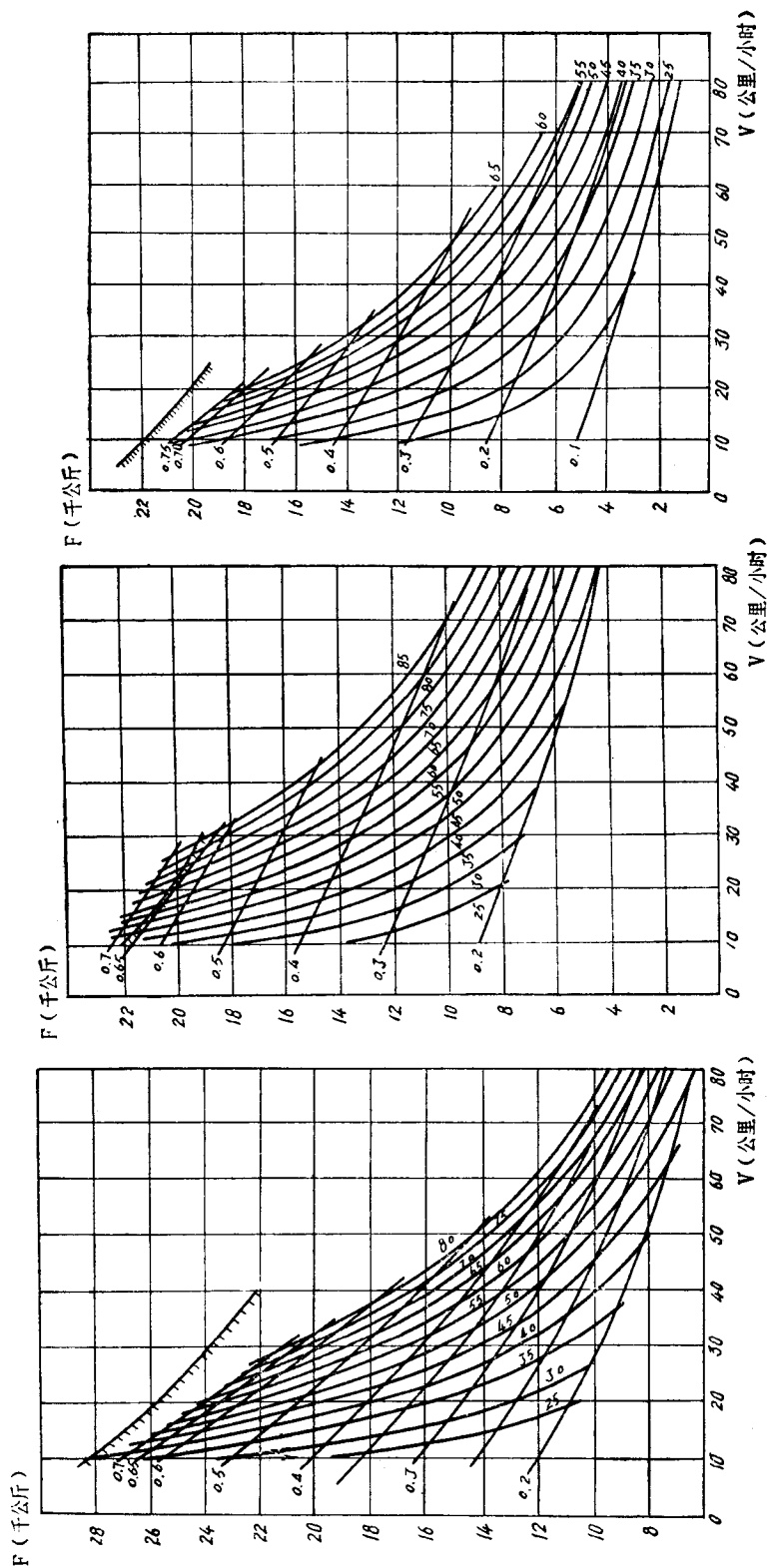


图 5-11 FD 型机车轮周牵引力 F 按不同遮断比和不同供汽车与速度 V 的关系曲线

图 5-12 建设型机车轮周牵引力 F 按不同遮断比和不同供汽车与速度 V 的关系曲线

图 5-13 解放型机车轮周牵引力 F 按不同遮断比和不同供汽车与速度 V 的关系曲线