

3
高等学校教学用书

內 燃 机 車

总体与机械部分

铁道部教材編輯組选編

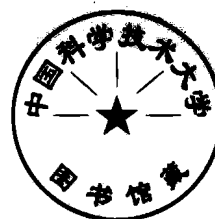
人 民 鐵 道 出 版 社

高等学校教学用书

內 燃 机 車

总体与机械部分

铁道部教材編輯組选編



人 民 鐵 道 出 版 社

一九六一年·北京

本書系根据1960年铁道部文教局制訂的“內燃機車总体与机械部分”教学大綱編写的。

本書內容共包括五篇。第一篇是总論，简单叙述了機車的基本构造及其参数的确定；第二、三篇中，主要叙述機車走行部分、車架及車体的构造，并叙述了主要零、部件的强度計算；第四篇是叙述輔助裝置的构造及作用；第五篇是介紹機車总体的設計原則及其布置方案。最后，在附篇中对煤气內燃機車及燃气輪機車也加以简单的介紹。

本書作为內燃機車专业教学用書，亦可供铁路工程技术人员学习和参考之用。

本書系由唐山铁道学院主編，上海交通大学协編。

高等学校教学用书
內 燃 机 車

总体与机械部分
铁道部教材編輯組选編
人民铁道出版社出版
(北京市霞公府17号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第010号

新华书店科技发行所发行

各地新华书店經售

人民铁道出版社印刷厂印

书号1816 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $12 \frac{3}{4}$ 字数360千

1961年9月第1版

1961年9月第1版第1次印刷

印数0,001—750册 定价(10) 1.70元

目 录

第一篇 总 論

第一章 內燃機車的优越性及其发展	1
§ 1. 內燃機車的优越性	1
§ 2. 內燃機車发展簡史及現况	2
第二章 內燃機車基本构造与分类	2
§ 1. 內燃機車基本构造	2
§ 2. 內燃機車的分类	3
第三章 內燃機車主要参数	5
§ 1. 列車阻力	5
§ 2. 機車輪周牽引力、粘着系数	6
§ 3. 內燃機車主要参数的确定	7

第二篇 機車走行部分

第一章 走行部分的构造作用	11
§ 1. 機車走行部分的任务与組成	11
§ 2. 轉向架的分类	11
§ 3. 普通轉向架构造作用示例	12
§ 4. 轉向架构架的构造	13
§ 5. 輪对	15
§ 6. 軸箱	19
§ 7. 軸箱定位形式	22
§ 8. 心盘与旁承	26
§ 9. 彈簧装置	31
§ 10. 彈簧装置与心盘旁承的关系	41
§ 11. 橫动装置	42
§ 12. 基础制动装置	49
§ 13. 液压减振器	54
§ 14. 橡皮元件的设计計算	57
§ 15. 傳动机构	68
第二章 機車振动	78
§ 1. 引起機車振动的原因和機車的振动形式	79
§ 2. 无阻尼的車輪荷重系統的自振	79
§ 3. 采用鈹簧或干摩擦的車輪荷重系統的振动	80
§ 4. 具有液压减振器的車輪荷重系統的振动	83
§ 5. 機車在两系彈簧上的浮沉振动	86
§ 6. 機車在两系彈簧上的点头振动	88
§ 7. 機車的伸縮振动	90
§ 8. 輪对和轉向架的蛇行运动	91
§ 9. 機車車体的滚动和移摆	93
§ 10. 機車車体的搖頭	95
§ 11. 改善機車水平振动的措施	95
§ 12. 機車的动力作用及运行品質	96
第三章 曲綫通过	98

§ 1. 曲綫几何通过	98
§ 2. 曲綫动力通过	105
第四章 轉向架設計及車軸强度計算	111
§ 1. 轉向架构架的設計原則	111
§ 2. 构架材料技术条件	111
§ 3. 轉向架构架的强度計算	111
§ 4. 車軸强度計算	135
§ 5. 几种轉向架的簡介	139
第三篇 機車車架与車体	
第一章 機車車架	145
§ 1. 機車車架基本构造	145
§ 2. 機車車架强度計算	146
第二章 機車車体	149
§ 1. 機車車体基本构造	149
§ 2. 機車車体的强度計算	151
§ 3. 機車車体的隔热、隔音和防腐	154
§ 4. 車鉤緩冲器	156
§ 5. 機車車体流綫化	159
第四篇 輔助裝置	
第一章 輔助系統	161
§ 1. 潤滑油系統	161
§ 2. 燃料系統	163
§ 3. 水系統	165
第二章 散热器及冷却風扇	168
§ 1. 散热器	168
§ 2. 冷却風扇	170
第五篇 機車总体	
第一章 总 述	174
§ 1. 机械傳动、液力傳动及电傳动內燃機車的比較	174
§ 2. 內燃機車設計原則及步驟	175
§ 3. 內燃機車总体布置	177
§ 4. 內燃機車机器室的通风和旅客列車的采暖	181
第二章 介紹几种型式的內燃機車	182
§ 1. 介紹苏联 TЭ3 型电傳动內燃機車及其改进情况	182
§ 2. 介紹苏联 TЭ10、TЭ50 和 TЭП60 电傳动內燃機車	184
§ 3. 介紹苏联 ТГ102 液力傳动內燃機車	185
附 篇 煤气內燃機車及燃气輪機車的介紹	
I、煤气內燃機車的介紹	187
§ 1. 固体燃料在內燃機車中的应用	187
§ 2. 煤气內燃機車裝置及其試驗結果	188
II、燃气輪機車的介紹	190
§ 1. 燃气輪機車主要特性	190
§ 2. 燃气輪機車裝置概述	193
§ 3. 自由活塞燃气发生器燃气輪機車	195
§ 4. 燃燒固体燃料的燃气輪機車	200

第一篇 总 論

第一章 內燃機車的优越性及其发展

§ 1. 內燃機車的优越性

現代鉄路上使用的牽引動力主要有三種：蒸汽機車、內燃機車和電力機車。

蒸汽機車的应用已經有一百多年的历史，它从問世以来，对社会发展起了巨大的作用。由于在結構上进行了不断的改进，它已經成为一种成熟的牽引動力。其优点是构造簡單，制造成本低，适用于煤藏丰富的国家和地区。其主要缺点是經濟性太低，特别是同新型牽引動力——內燃機車和電力機車相比，这一缺点就更显得突出，而必然代之以新型牽引動力。

電力機車与蒸汽機車相比有許多优点，其中主要的优点是：

首先電力機車的热效率可达15~18%（利用水力发电的電力機車效率可达60%左右）。在电气化的鉄路上燃料消耗可降低 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{2}{3}$ ，而且在热电站里还可以利用低质燃料，为国家节省大量燃料。

其次是使用電力牽引时，鉄路的运输能力一般要比蒸汽牽引高0.5倍以上，特別在坡道比較大的綫路上，電力牽引的运输能力更高。

再是与蒸汽牽引相比，電力牽引的营运費用，包括机务部門和電力部門在內，可减少50%左右。在貨运繁忙的綫路上，電力牽引每总吨公里的成本比蒸汽牽引低20~25%。

最后是在電力機車上，乘务人員的劳动条件要比蒸汽機車好得多。

但是，采用電力牽引时也存在着一一定的缺点和問題，主要是电气化鉄路需要有大型热力或水力发电站和接触网，在基本建設方面需要更多的勞力、資金和有色金属。

內燃機車与蒸汽機車相比也有許多显著的优点，而与電力機車相比，則各有其所长。使用內燃機車的优点：（1）內燃機車的热效率可达24~30%，在各类機車中其效率最高的；（2）內燃機車整備距离长，在修時間少，因而运用效率高；（3）內燃機車的单位馬力自重小，用于牽引的功率增多；（4）內燃機車整備设备简单，維修費用少，同时內燃機車可以多机牽引、集中操縱，因此可以减少乘务人員等。

表1—1

各种機車若干指标的比較

指 标	蒸 汽 机 車	內 燃 机 車	电 力 机 車
效 率	5~7%	24~30%	15~18%
水 耗 量	100%	0.05%	—
对綫路的作用	100%	80%	80%
加燃料間距离 (公里)	150~200	800~1200	—
加水間距离 (公里)	70~100	1500~2000	—
修 理 費	100%	80%	50%
制 造 費	100%	250~300%	200~240%
鉄路投資費	100%	140%	300%
活动范围	有某些限制(煤水设备)	不受限制	有 限 制

綜合以上各点可見，使用內燃機車的經濟性是十分显著的。根据苏联的經驗，使用內燃機車时机务費用可节省50~60%，鉄路运营費用可节省25%左右。

現將各种機車若干指标的比較列于表 I—1 中，以供参考。

§ 2. 內燃機車发展簡史及現况

很早以前人們就試圖把內燃机用作鉄路的牵引动力，但是由于內燃机的特性不能直接滿足機車牵引特性的要求，傳动裝置的問題长期未能解决，因而，內燃機車未能早日获得发展。直到1924年，苏联首先試制成功了世界上第一台內燃機車（Ш^м—1型）。这台Ш^м—1型機車具有电机单独驅動的十条动軸，发动机額定功率1000馬力，重180吨。虽然这台機車笨重，但为后来实际采用電傳動的內燃機車打下良好的基础。

大約与Ш^м—1型內燃機車同时，苏联还制造两台內燃機車，其中一台是Э^м—2型電傳動內燃機車；另一台是Э^м—3型机械傳動內燃機車。根据Э^м—2型內燃機車試用的結果表明，電傳動內燃機車优点很多，于是决定成批制造，并以1931年格洛綿工厂制造的 Э^м—9型內燃機車（軸式为2—5—1、功率为1200馬力），作为主型貨运內燃機車。

苏联在卫国战争以后生产了ТЭ1型內燃機車（軸式3.—3.、電傳動、1000馬力、重121吨）。1946年生产了ТЭ2型內燃機車〔軸式2(2.—2.)、電傳動、2000馬力、重174吨〕。1953年生产了ТЭ3型內燃機車〔軸式2(3.—3.)、電傳動、4000馬力、重252吨〕。最近苏联又进行了ТЭ3型內燃機車的改造工作，并且成功地制造了一批新型內燃機車：单节3000馬力電傳動的貨运內燃機車ТЭ10、ТЭ50和单节3000馬力客运內燃機車ТЭП60。

苏联已經从1956年起停止蒸汽機車的生产，到1960年底，苏联鉄路已有 $\frac{1}{2}$ 左右的运量是由電力機車与內燃機車担任牵引。根据七年計劃的規定，到1965年时，電力機車和內燃機車牵引的綫路总长度将达10万公里，担任总貨运量的85~87%，其中內燃牵引与電力牵引各占一半。

关于我国機車的发展，在解放以前，鉄路工厂只能进行一些修修配配工作，根本談不上機車的制造。解放后，随着工农业的日益发展，要求鉄路完成越来越大的运量，要求在建筑新綫的同时，对整个鉄路部門逐步进行技术改造。而牵引动力的技术改造又是整个鉄路部門技术改造中帶有关键性的一环。在党的领导和总路綫的光輝照耀下，我国機車制造业有了飞跃的发展，不但自己能够制造新型蒸汽機車，而且在1958年大跃进以后，在蒸汽機車制造工厂、甚至在修理工厂的技术基础上，制造出內燃機車和電力機車。从此，开始了我国牵引动力技术革命的序幕。

我們相信，在党的重視与领导下，內燃機車在我国鉄路上的运用，将随石油工业和机械制造工业的发展而得到迅速的发展。

第二章 內燃機車基本構造与分类

§ 1. 內燃機車基本構造

內燃機車一般是指柴油機車，內燃機車由五个基本部分組成（參閱图 I—2—1）。

1. 发动机（柴油机）；
2. 从发动机到动軸的傳动裝置；
3. 走行部分；
4. 機車上部結構—車架、車体；
5. 輔助裝置，用来保証走行部分、发动机和傳动裝置的正常工作。

內燃機車輔助裝置包括下列部分：

a. 发动机的燃料系统，包括储存液体燃料的燃料箱、滤清器、燃料泵等；
b. 发动机的水冷却系统，包括水泵、冷却器、把空气送过冷却器的风扇、连接水泵和连接风扇的传动机构；

c. 内燃机车的发动机和其他机构的润滑系统，包括润滑油箱、滤清器、泵、冷却器；在某些情况下，润滑油也用来冷却发动机活塞以及用于调节系统的伺服马达；

d. 空气系统，把压缩空气供给制动装置、砂箱、信号装置及操纵设备。这个系统由压气机、储气筒等组成；

e. 辅助的电气设备，其中包括辅助发电机、照明系统、用于发动机的电气起动装置、与电力传动直接有关的电气设备等。

f. 检查和计量的仪表，用于上面列举的所有辅助装置和发动机与传动装置，这里包括压力表、转速表、温度表、电流表、电压表等。

g. 操纵设备，它的种类决定于机车上传动装置的类型。

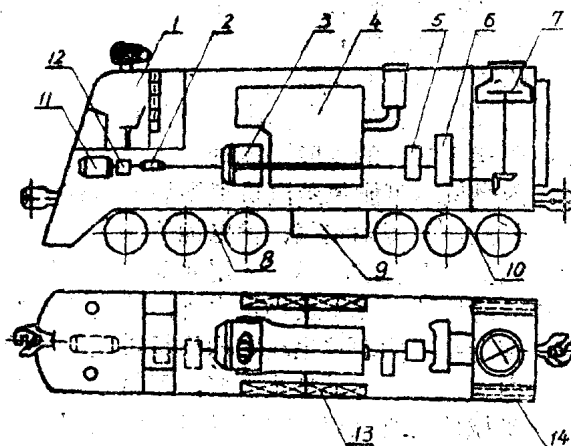


图 I—2—1 内燃机车示意图。

1——司机室；2——转速发电机；3——主发电机；4——发动机；5——液力变速器；6——空气压缩机；7——风扇轮；8——前转向架；9——燃料箱；10——后转向架；11——双机组；12——冷却风扇；13——蓄电池；14——冷却器。

图 I—2—1 表示内燃机车的示意图。

§ 2. 内燃机车的分类

内燃机车可按用途、传动型式和轴式分类。

(一) 按用途分类

按内燃机车用途可分为：货运机车、客运机车、调车机车、通用机车、小机车、摩托车、轻内燃车组和重内燃车组。

货运机车的功率(发动机功率)，根据现代各国内燃机车的发展一般是单节为1500—3000马力，构造速度90—120公里/小时。

客运机车的功率与货运机车的相仿，构造速度120—160公里/小时。

通用机车是同时用作为货运及客运的，甚至也用作为调车作业的机车。

小机车用作厂矿机车、森林机车、轻调车机车和土铁路机车，功率为50—300马力，重70—40吨，构造速度30—50公里/小时。

轻内燃机车组和重内燃车组用作近郊及短途旅客列车。车组两端一般为动力车辆，其中发动机室和司机室约占小半节车(但也往往将发动机装在车架底下)。这种车组起动加速快，构造速度一般在100公里/小时以上。轻内燃车组通常由1—3辆车组成，重内燃车组由4—6辆车组成。

调车机车按功率大小可分为以下四种：

种 别	功 率 (馬力)	重 量 (吨)	构造速度(公里/小时)	用 途
1	400	40—50	50—60	一般调车用
2	600—700	60—80		一般调车用
3	1200	100—120		驼峰调车用
4	2000	140		驼峰调车用

(二) 按传动装置分类

首先需要說明，在內燃機車上採用傳動裝置的必要性，我們知道蒸汽機車的蒸汽機是直接與輪對相聯結的。然而內燃機的特性就不允許直接與輪對相聯結。

蒸汽機的負載範圍大，能根據綫路縱断面、運行速度、列車的組成與氣候條件等不同情況而變化，而內燃機就不能象蒸汽機一樣地適應這樣大的範圍內變化的負載，通常內燃機能承受的超載不大於15%。

內燃機只能在一定轉速範圍內工作。若轉速低於其最低轉速時就要熄滅；若最高轉速通常是受運動零件的強度限制的。

內燃機不可能象蒸汽機車鍋爐那樣有儲存能量，為了啟動發動機必須脫開負載，並另設其他能源，如壓縮空氣、蓄電池等。

根據以上所述，必須採用傳動裝置，使內燃機特性適應於牽引用途，並使發動機功率得到充分的發揮，除了發動機之外，傳動裝置的型式決定內燃機車在構造上和運用上的主要特點，傳動裝置的型式也決定內燃機車上輔助裝置的性質。

內燃機車的傳動型式很多，通常採用的有機械傳動，電傳動和液力傳動三種。

機械傳動的機車，在發動機與動軸間有離合器和變速箱，依靠離合器和變速箱可以改變發動機曲軸和動軸間的傳動比。由於起車時離合器需要吸收從動軸與驅動軸的轉速差而產生的大量熱能，故在大機車上採用離合器有困難。所以機械傳動只適用於小機車和輕內燃機車組。機械傳動裝置構造簡單，傳動效率高。但有功率利用係數低，變更速級時牽引力中斷和容易發生沖動等缺點。

在現代內燃機車上，普遍採用的是電傳動。它利用專門的直流發電機和串激式牽引電動機的特性給出平滑的牽引特性，使內燃機功率得到充分利用。它的缺點是：構造複雜、笨重，需要大量的銅、簧下重量大。

液力傳動在大功率的機車上的應用，還是近几年才發展成熟的，現在一套液力傳動裝置的輸入功率最大為1800馬力。液力傳動有構造簡單、輕、簧下重量小、用銅很少（電傳動機車每1000馬力約耗銅5噸，而液力傳動機車只耗數百公斤）等優點。雖然液力傳動在整個運用範圍內的平均效率略低於電傳動的效率。

（三）按軸式分類：

內燃機車分車架式和轉向架式兩類。車架式內燃機車的走行部分相仿於蒸汽機車，轉向架式內燃機車的走行部分與車輛的相仿，車架式機車僅用於小機車、調車機車，軸數不大於4、構造速度不大於60公里/小時。車架式機車一般用連杆傳動。有構造簡單，不易空轉等優點。

轉向架式機車運用最普遍。轉向架各軸成單獨驅動或成組傳動。轉向架式機車的優點是：便於檢修，機車容易通過曲綫，有利於高速運轉。

車架式內燃機車的軸式和蒸汽機車的軸式一樣，例如三動軸機車的標記為0—3₀—0。

轉向架式機車的標記為0—N₀—N₀—0（N₀—N₀）；N表示轉向架動軸數，小圈表示單獨驅動的軸，例如，單節四動軸電傳動轉向架式機車的標記為2₀—2₀，雙節的標記為2（2₀—2₀）。

西歐鐵路也以1、2等數碼表示輔助軸數，以A、B、C等字母表示動軸數，但軸式寫法不同。數碼或字母右角上的小撇表示同一轉向架。例如，B' B'表示具有兩個二動軸轉向架的單獨傳動的機車。而B' B表示具有兩個二動軸轉向架的成組傳動的機車，A₀ 1 A₀表示具有兩個二動軸和一輔助軸的轉向架的單獨傳動的機車。

第三章 內燃機車主要参数

§ 1. 列車阻力

列車阻力的概念是了解機車牽引性能的基础，列車阻力的数值能影响到機車所需的功率、能量消耗，并在很大程度上影响運輸成本。因此，正确計算列車阻力，并且改进機車車輛的結構，以减少阻力，是一个很有意义的問題。

列車在綫路上运行，有基本阻力与附加阻力两部分。

我們首先来研究基本阻力。

設機車以等速牽引列車运行于平直路上，車鈎牽引力为 F ，这时 F 全部用来克服車輛列运行阻力 W_0 ，引起車輛列在平直路上的运行阻力的因素有：軸頸摩擦，車輪滚动摩擦，輪緣摩擦，振动及冲击，以及空气阻力，后者在速度为 50 公里/小时以上时较为显著。但車在低速时，正面来风，特别是側面来风也会給列車以很大的空气阻力。

以 W_0° 表示車輛单位基本阻力（公斤/吨），則車輛列的全部基本阻力

$$R_{\text{輛基}} = F = W_0^{\circ} Q$$

式中 Q ——車輛列重量，吨。

機車本身在运行时也遭受阻力。設在平直路上機車的单位基本阻力为 W_0° 公斤/吨，則機車基本阻力

$$W_0^{\circ} P = F_k - F$$

式中 P ——機車重量，吨；

F_k ——機車輪周牽引力，公斤。

因而在平直路上等速运行时，機車輪周牽引力。

$$F_k = R_{\text{列基}} = W_0^{\circ} Q + W_0^{\circ} P,$$

式中 $R_{\text{列基}}$ ——列車基本阻力，公斤。

W_0° 和 W_0° 称为单位基本阻力，决定因素复杂，通常用試驗方法求得，或用經驗公式进行計算。

機車或車輛在綫路上以等速运转时，基本阻力的普通式可以写为：

$$R_{\text{基}} = aW + bWV + cV^2 \text{ 公斤}$$

式中 W ——機車或車輛重量 吨；

V ——运行速度 公里/小时；

a ——与滚动摩擦有关的系数；

b ——与輪緣摩擦及機車車輛振动有关的系数；

c ——与风速有关的系数。

由于 bV 值比較小，可以合并入 cV^2 项中，上式往往簡化爲：

$$R_{\text{基}} = aW + cV^2 \text{ 公斤}$$

式中 aW 项是与速度无关的阻力， a 的数值大約为 2.5~3 公斤/吨。 cV^2 项主要是空气阻力，高速时影响最大。 c 的数值根据機車車輛流綫化的程度而定，大約为 0.017~0.04 公斤/吨。

列車在运行中所需要克服的附加阻力，主要是在弯道上和坡道上遭受的曲綫阻力与坡道阻力，它們不受速度的影响。

曲綫单位阻力为

$$W_{\text{曲綫}} = \frac{700}{r} \text{ 公斤/吨}$$

式中 r ——曲綫半径 米

坡道阻力由图 I-3-1 可見, 列車重量 Q (吨) 順坡道向下的分力 W_y (吨) 即需要克服坡道阻力。因此单位坡道阻力为

$$W_{\text{坡}} = \frac{1000 W_y}{Q} = 1000 \operatorname{tg} \alpha$$

$$\text{而 } \operatorname{tg} \alpha = i\%$$

式中 $i\%$ ——坡度千分数。

$$\therefore W_{\text{坡}} = 1000 \cdot i\% = i \text{ 公斤/吨}$$

列車在运行时需要克服的总阻力为

$$R_{\text{总}} = R_{\text{基}} + (i + W_{\text{曲线}})(P + Q)$$

可見运行时, 列車阻力随綫路纵断面及运行速度而变化, 因而所需要的牵引力也需要相应变化。

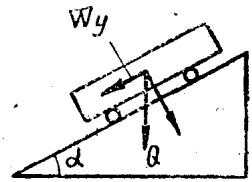


图 I-3-1

§ 2. 機車輪周牽引力、粘着系数

機車动輪借机械轉矩或电轉矩 ΔM 迴轉。如果車輪不与鋼軌接触, 則 ΔM 只能使車輪迴轉, 而不能使機車移动, 如果輪軌接触了, 那么 $\Delta M = \Delta F_p R$ 就会引起反作用力 ΔF_p , 其方向与动輪迴轉方向相反, 是与機車运行方向相同, 推动機車及与之联挂的車輛前进 (图 I-3-2)。由于 ΔF_p 是反作用力, 所以 ΔF_p 的大小随 ΔM 而变, 即 $\Delta F_p R = \Delta M$ 。全部动輪在輪軌接触点上产生的反作用力之和謂之機車輪周牽引力。輪軌接触点謂之瞬时轉动中心, 在某瞬間 A_0 点就是整个車輪的角速度 ω 迴轉之中心, 它使車輪中心以綫速度 $V = \omega R$ 移动。因而瞬时轉动中心是連續改变的。

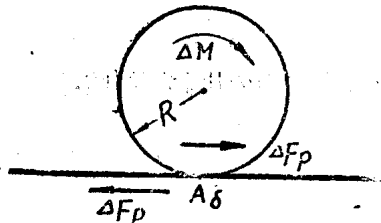


图 I-3-2

如果, 作用于車輪的轉矩 ΔM 超过了相应于車輪摩擦力的最大值的反作用矩, 即 $\Delta M > \Delta F_{p\max} R$, 則发生空轉, 機車停止移动。

极限值 $\Delta F_{p\max}$ 即輪軌間的摩擦力 (在機車学中称为粘着力)。对应的機車牽引力称为粘着牽引力 F_{kc} 。这一牽引力与機車各动軸荷重之和 (粘着重量) 与計算粘着系数 ψ_k 成正比。

$$F_{kc} = \sum \frac{1}{2} \Delta F_{p\max} = 1000 \cdot 2n \cdot \Pi \psi_k = 1000 P_k \psi_k$$

式中 n ——动軸数;

Π ——动輪荷重;

P_k ——機車粘着重量;

ψ_k ——計算粘着系数。

計算粘着系数用試驗求得, 它具有重大的实际意义, 是機車牽引力的一个限制因素。

粘着系数在运行中实际上有很大的变化。粘着系数低速时大, 高速时小; 輪箍踏面与軌面干燥时大, 潮湿或有油泥时小; 成組傳动机車的大, 单独傳动机車的小; 機車走行部分与机械部分制造精度高的大, 制造精度低的小; 此外, 先进司机善于保养和操縱機車, (如能正确撒砂) 也能大大提高粘着系数, 从而可以牽引很重的列車而不发生空轉。

在設計时, 单独傳动的內燃機車的粘着系数, 可按下列公式計算:

$$\psi_p = 0.25 + \frac{8}{100 + 20V}$$

式中 V ——機車速度, 公里/小时。

用鏈条、万向軸或齿輪成組傳动的內燃機車計算粘着系数可以按 0.333 計。用連杆成組傳动时, 由于左右兩側曲柄角相差 90° , 傳动具有一定程度的不勻度, 計算粘着系数可取为 0.3; 在潮滑的路上可相应以 0.266 和 0.24 計。

图 I—3—3 表示 BB 16500 电力机车在直线及半径为 500 米的曲线区段上运行时,当钢轨分别为干燥的、潮湿的,及有油的情况下的粘着系数的变化。由图中曲线,可以看出机车一般粘着系数的变化情况。当机车速度由 0~10 公里/小时时,粘着系数急剧下降。到速度为 50~60 公里/小时时,粘着系数趋于平稳。所不同的是,由于这种机车采用了单电机、通过齿轮带动转向架的两根动轴成为成组传动的型式,因此粘着系数较高。在钢轨干燥的最好的情况下,机车速度 40 公里/小时时,粘着系数仍可达到 0.4,其平均值在低速时可达 0.36。当机车速度为 50 公里/小时时,仍为 0.29。可以说这种成组传动的机车粘着系数,比单独传动的约大 20%。

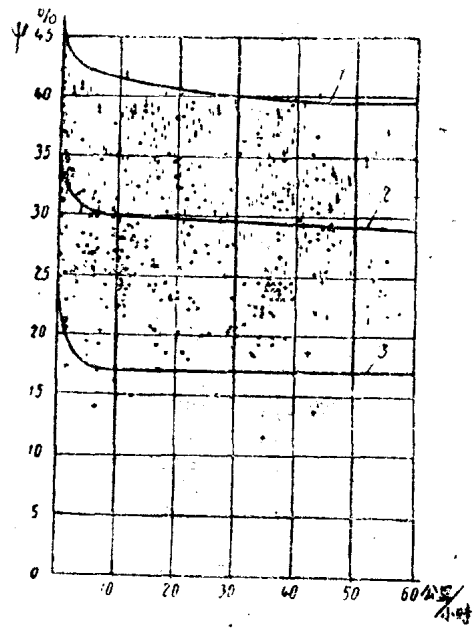


图 I—3—3

§ 3. 内燃机车主要参数的确定

(一) 机车功率

在内燃机车上,机车功率指的是机车发动机额定功率,机车发动机额定功率决定于所需最大机车轮周功率。最大机车轮周功率决定于机车牵引重量(即所需的牵引力)和列车通过限制坡道的速度(计算速度)。可由下式求得

$$N_k = \frac{F_k \cdot v}{75} = \frac{F_k \cdot 1000V}{3600 \cdot 75} = \frac{F_k \cdot V}{270} \text{ 馬力}$$

- 式中 N_k ——轮周功率, 馬力;
 F_k ——轮周牵引力 公斤;
 v ——限制坡道上的计算速度 米/秒;
 V ——限制坡道上的计算速度 公里/小时。

如果机车最大功率可以在全部实用速度范围内得到充分利用,即 $N_{k\max} = \text{常数}$ 。则 F_k 与 V 的关系可以用双曲线来表示,即

$$F_k \times V = \text{常数}。$$

图 I—3—4 表示 T93 内燃机车双节,在不同的坡道上列车重量为 3500 吨时的 F_k 与 V 的关系曲线(接近双曲线)和阻力曲线,由图可以看出列车重量已定时,在不同坡道上所需的牵引力,以及相应的均衡速度。当在平道上时,图示 T93 可以牵引 3500 吨以 11000 公斤的轮周牵引力保持列车速度 70 公里/小时;当在 9.2% 的坡道上能以 43200 公斤的轮周牵引力保持列车速度 20 公里/小时。

由图可见,对指定的机车来说,上面受粘着牵引力 F_{kc} 的限制,右面受最大功率 $N_{k\max}$ 的限制,最后还受构造速度 $V_{\max}$ 的限制。超过 $V_{\max}$ 时,则为安全运行、曲线通过、机车强度、制动能力所不允许。对应于计算速度的最大牵引力就是机车的持续牵引力。

发动机额定功率与机车轮周功率的关系是:

$$N_e = \frac{N_k}{\eta_a \eta_g} = \frac{N_k}{\eta}$$

- 式中 N_e ——发动机额定功率;
 N_k ——机车轮周功率;

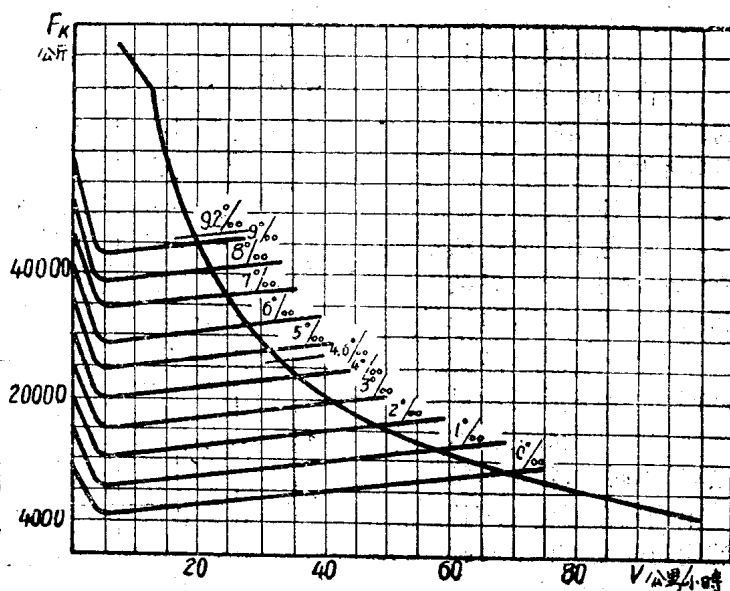


图 I-3-4

η_n ——对应持续牵引力的传动效率。电传动约为0.83；液力传动约为0.8；机械传动约为0.88；

η_e ——考虑辅助装置所耗功率的系数，可取为0.9；

η —— $\eta_n \cdot \eta_e$ ……合成效率，电传动约为0.75；液力传动约为0.72；机械传动约为0.79。

(二) 机车速度

机车速度是根据线路状况及牵引列车重量而变化的数值，在说明机车性能时是指机车构造速度 V_{max} 和计算速度 V_p 而言。

机车构造速度是机车设计时已定的最大速度（TЭ3型内燃机车 $V_{max}=100$ 公里/小时）。根据机车构造速度，以及牵引电动机或变扭箱出力轴的转速，设计制造机车传动装置的速比；据以进行走行部分有关零部件的强度计算；校验曲线安全通过；设计制造机车基础制动装置。

机车计算速度是指机车牵引列车时在计算坡道上所规定的通过速度（TЭ3在9.2%的计算坡道上 $V_p=20$ 公里/小时）

规定计算速度 V_p 是一个复杂的问题，它决定于机车用途、线路情况、运输任务和运输经济。 V_p 应随国民经济的发展和机车功率的增大而不断提高。目前， V_p 值大致为：

小机车	调车机车	货运机车	客运机车
5—8	10	18—25	30—50

在以计算速度通过计算坡道时的最大轮周牵引力，称为持续牵引力 F_p （TЭ3型内燃机车的 F_p 是根据持续电流决定的，两节机车持续牵引力 $F_p=43200$ 公斤）。

(三) 机车重量

机车重量决定于一个国家机车制造水平，也决定于机车所需要发挥的持续牵引力。持续牵引力在电传动内燃机车上受电机发热的限制，在液力传动内燃机车上受传动油温的限制。

在内燃机车上，持续牵引力一般较粘着牵引力小很多，以便于起动时在较短的时间内充分利用发动机功率，加速列车起动。通常取相应于持续牵引力的“粘着系数” $\psi_p=0.2\sim0.25$ 来计算所需机车粘着重量。

所需机车粘着重量：

$$P = \frac{F_p}{1000\psi_p}$$

式中 F_p ——持續牽引力，公斤；

ψ_p ——相對於持續牽引力所取的“粘着係數”。

現代內燃機車一般沒有輔助軸，機車粘着重量就是機車重量（TЭ3型內燃機車重量單節為126噸）。

（四）機車軸數：

$$\text{機車軸數 } n = \frac{P}{\Delta P}$$

式中 ΔP ——容許的軸荷重。

對於一般電傳動內燃機車和43公斤/米鋼軌， $\Delta P \cong 22$ 噸，50公斤/米鋼軌 $\Delta P \cong 25$ 噸；對於液力傳動內燃機車 ΔP 可略大一些；高速客運機車的軸荷重宜較普通客運機車小些。

（五）機車輪徑：

機車輪徑一般是根據機車走行部分的構造情況選自標準尺寸，如1050毫米、1120毫米、1250毫米，原則上動輪直徑應尽可能地小，動輪直徑小可以降低車架高度，以減小車架中梁對車鈎的偏心距和降低整個機車的高度。動輪直徑小還可以減輕機車簧下重量，例如，動輪直徑由1150毫米減為1000毫米，一個四軸機車可減重1.51噸。但動輪直徑不能過小，過小則接觸應力過大。宜取動輪荷重與直徑之比不小于10公斤/毫米。

（六）內燃機車的重量與功率的比值、機車構造速度與計算速度的比值。

內燃機車自重越輕，則用於牽引列車的功率越多，在早期製造的內燃機車單位馬力的自重較大，近來這一比值已有下降到32公斤/馬力，而且今後還有進一步下降的趨勢，但是內燃機車根據其用途必須保證有足夠的粘着重量，不能任意降低。總的來說，這一比值出入很大，有必要討論一下這個問題。

機車發動機額定功率 N_e 與機車重量 P 、計算速度 V_p ，大致可以簡化為下列關係：

$$N_e \cong \frac{F_p V_p}{270\eta} = \frac{1000 P \psi_p V_p}{270\eta}$$

式中 F_p ——持續牽引力，公斤；

V_p ——限制坡上的速度，公里/小時；

η ——合成效率；

P ——機車重量（粘着重量）噸；

ψ_p ——對應持續牽引力所取的“粘着係數”。

設 $\eta = 0.75$ ， $\psi_p = 0.2$ ，

$$\text{則 } \frac{1000 P}{N_e} = \frac{1000}{V_p}$$

即機車重量與機車功率之比值，與限制坡上的計算速度 V_p 成反比。

由上面的推導關係式可見，並不是所有機車一概減輕，單位功率的機車重量都是合適的，而是與機車的計算速度有關，而計算速度又與機車的用途密切相關。因此，根據一般的計算速度的數值範圍，合理的機車重量與功率比值（ $1000P/N_e$ 公斤/馬力）宜為：

小機車	調車機車	貨運機車	客運機車
100—200	80—100	30—50	20—35

可見對於小機車和調車機車單位功率的重量應大些，一般不存在設法減重的問題，製造上可以盡量使用低級材料。對於貨運機車應適當重視減重問題。對於客運機車則應盡量爭取減少機車重量，因為在旅客列車中，特別是高速旅客列車中，機車重量所占的比重大是很不經濟的。如果在調車機車和貨運機車上採用了中速柴油機（ $\frac{1000P}{N_e} = 4—6$ ），那麼在客運機車

上就宜采用高速柴油机($\frac{1000P}{N_e}=2\sim3$)了。

機車构造速度与計算速度之比值 $\frac{V_{\max}}{V_p}$ ，对機車单位功率的重量 $\frac{P}{N_e}$ 有一定影响。 $\frac{V_{\max}}{V_p}$ 大，則所需电机设备的尺寸要大，或者傳动級数更多，傳动油冷却面积要大。一般說，在液力傳动机車上比較容易实现較大的 $\frac{V_{\max}}{V_p}$ 值。 $\frac{V_{\max}}{V_p}$ 大，有助于提高機車的通用性。 $\frac{V_{\max}}{V_p}$ 应根据機車运用特点来决定，客貨两用機車的 $\frac{V_{\max}}{V_p}$ 要大，例如，V200的 $\frac{V_{\max}}{V_p}=7$ ，調車機車和小機車——6；客运機車—6~4，貨运機車—4~5。

第二篇 機車走行部分

第一章 走行部分的構造作用

§ 1. 機車走行部分的任務與組成

內燃機車走行部分主要是用來承受機車上部結構的重量（車架、車體，包括動力裝置與多種輔助裝置的重量）；把電傳動的牽引電動機或液力傳動的方向軸的迴轉功，通過輪對壓在鋼軌上轉動產生牽引力，並傳遞牽引力到車鉤上以牽引列車前進。

內燃機車走行部分由下列主要部分組成：（1）轉向架构架；（2）輪對；（3）軸箱；（4）彈簧裝置；（5）橫動裝置；（6）傳動機構；（7）基礎制動裝置；（8）砂箱及其他輔助設備。因而轉向架的組成是走行部分的基本組成內容。

轉向架式機車的車體通過心盤或旁承放在轉向架上（圖 II—1—1）。

機車在運行時轉向架承受三種力：鉛垂力、縱向力及橫向力。

鉛垂力主要是指車體車架、安裝在車架上部的重量、轉向架本身的重量，以及在運行時由於垂直振動而引起的附加鉛垂載荷。鉛垂載荷由轉向架构架的側梁經過彈簧傳給軸箱，而後傳到輪對上去的。有二系彈簧裝置的轉向架在鉛垂力傳遞到軸箱彈簧之前，還要經過一系彈簧裝置或者橡皮金屬元件。

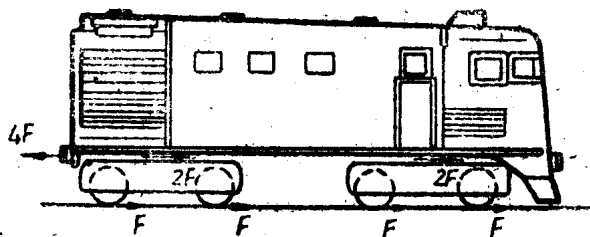


圖 II—1—1

縱向力包括牽引力、制動力，是由輪對經軸箱傳給軸箱導框或者軸箱連杆，再由此傳到轉向架构架經過心盤或者一套杠桿系統傳到車架上。

橫向力包括離心力、風力、經過曲線時引起的力，以及機車運行時搖頭振動傳給轉向架與車體的力，其傳遞方式與縱向力相同，只是方向相差 90° 。

轉向架機車由於轉向架軸距較小，容易通過曲線，同時由於心盤間距較大，因而點頭振動較小。許多高速機車運用經驗證明了轉向架機車不需要有專門的導軌或不產生牽引力的轉向架，機車轉向架可以全部用動軸。

轉向架的輪對通過不平路時起縱向平衡梁的作用。在同一線路不平度下，車體支點的鉛垂移動量較二軸車要小一半，從而可使動力作用減少一半。

因之，現代大功率內燃機車上，全部是動輪對的轉向架式機車，運用極廣。

§ 2. 轉向架的分類

轉向架的型式很多，分類方法不一，為結合現代內燃機車結構可以按照下列方式進行分類：

（一）按照作用分類，內燃機車轉向架可以分為導從輪轉向架與動輪轉向架。

導從輪轉向架是以活動的方式與機車車架相聯系的，它主要是用來承受超過內燃機車所必需的粘著重量以外的多餘的重量，使內燃機車上部主要結構（車架車體）易于通過曲線。導從輪轉向架多半是用在舊式的內燃機車上，隨著近代內燃機車重量日益降低，結構日益改進，導從輪轉向架已經不再採用在現代內燃機車上。

动輪轉向架与导从輪轉向架的区别在于轉向架上安装有动輪对的驱动装置（具有軸減速箱的牵引电动机或液力傳动装置，或机械傳动装置）。

（二）按照軸箱安裝型式分类，可以分为导框式轉向架与无导框式轉向架。

导框式轉向架是在轉向架构架下部伸出的轉向架脚上安裝軸箱导框，軸箱在导框內定位，联同輪对可以在导框內相对于构架做鉛垂移动。这种型式的轉向架比較普遍，機車車輛均有采用，但結構比較笨重，多用于低速及中速的內燃機車，如苏联的T33（T33轉向架見图II—1—2）、我国的巨龙型、先行型。

无导框式轉向架的构架沒有轉向架脚，軸箱用軸箱連杆或其他方式定位，轉向架本身比較輕巧，多用于近代中速及高速內燃機車。

（三）按照車輪对于构架的相对位置分类，轉向架有外軸箱式和內軸箱式之分。

在外軸箱式中，車輪位于构架里面，由于横梁較长，构架的重量較大，但是外軸箱式有很大好处：1）单独傳动时，側架之間的距离大，則牵引电动机的尺寸可大，所以外軸箱式有可能大大增加牵引电动机的功率；2）由于軸箱橫距的增大，增大了機車的橫向安定性；3）外軸箱便于軸箱的檢修。在內燃機車上外軸箱采用較广泛。

成組傳动时，宜采用內軸箱式。这时可以将連杆安裝在构架外面的車輪的曲柄銷上，或者將傳动齒輪安裝在露在构架外面的一段軸上。

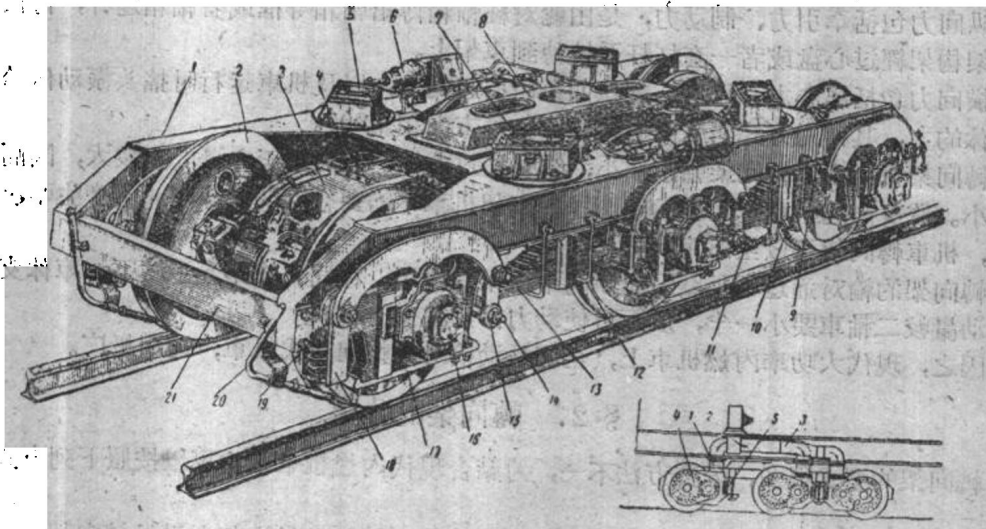
（四）按照轉向架对于車体的相对运动来分类，又可分为一个自由度与两个自由度的轉向架。

对于車体能够圍繞心盘迴轉的轉向架是一个自由度的轉向架，这种轉向架用得最多，如苏联的T32、T33等內燃機車都是这种轉向架。

对車体有两个自由度的轉向架适用于高速機車，它不仅能圍繞心盘轉动，而且可以相对于車体橫向移动，以緩和鋼軌对車体的橫向冲击，如苏联H60型电力機車的三軸轉向架（參看圖II—5—8）。

§ 3. 普通轉向架构造作用示例

图II—1—2所示为苏联T33型轉向架，是三軸、有导框的、一个自由度的轉向架。机



图II—1—2 T33轉向架外形总图。

- 1—轉向架构架； 2—輪对； 3—牵引电动机； 4—牵引电动机冷却空气通道； 5—构架旁承（下旁承）和复原装置（即支座复原器）； 6—開缸； 7—构架旁承油尺； 8—下心盘（心盘枕梁）； 9—中心盘油杯； 10—開瓦； 11—制動拉杆螺旋調整器； 12—安全托杆； 13—疊板彈簧； 14—硬脂油閥； 15—疊板彈簧吊杆； 16—軸箱； 17—軸箱托板； 18—彈簧吊杆的豎杆； 19—均衡梁； 20—砂管； 21—端梁。