

# 汽车资料



重庆重型汽车研究所

1976 第 20 期

总 第 42 期

---

## 毛主席语录

外国一切好的经验，好的技术，都要吸收过来，为我所用。

世上无难事，只要肯登攀。

---

## 美国 WABCO 150 吨电动轮自卸汽车的设计特点

矿用运输车辆三十五年来经历了显著的变化。早在1937年，就有一些5吨公路用汽车用于矿山运输。从开始使用时就看到汽车运输的合理性，并预见到将会出现重型车辆。四十年代有了10—15吨的载重汽车、柴油机150马力、手动变速。二次世界大

\*注：本文吨位为短吨，150短吨相当于136.08吨；

战后出现了45吨的汽车，广泛用于 Mesabi 铁矿。在此期间新设计的矿山都要求设计专门用于矿山的汽车。五十年代初至少有三个厂家生产30—40吨的自卸汽车，有单轴和双轴驱动的，发动机达 400 马力。五十年代中期采用了液力变扭器，使功率的利用在理论上更好，汽车生产率更高（从理论上说，手动变速档数足够多时可以得到与液力变扭器同样的牵引力。但是，实际上超过五个档操作就显得费力了）。

1957年勒杜诺—威斯汀豪斯公司 (Letourneau-Westinghouse) 生产了 27 吨的豪尔派克 (Haulpak) 自卸车，某些设计特点一直保留到今天。过去的汽车都用叶片弹簧，威斯汀豪斯气制动公司 (WABCO) 开始将重型飞机上的油气悬挂系统用于汽车。这种车也充分应用低合金高强度钢材，因此重量利用系数超过同类型产品很多。此外，深V形的车箱在同样的外形尺寸下重心较低。大约在六十年代初期，矿用汽车载重量达到65吨。由于发动机、传动系统和轮胎的发展使汽车设计得更合理，运输成本得以降低。

1962年出现了一辆65吨直流电传动汽车。此后不久另一家公司试制了一辆采用通用电气公司 772 型电动轮的自卸汽车。1965年 WABCO 试制了载重120吨、装有930马力英国柴油机的双轴汽车。

近五年来，已经有 250 辆 重型自卸汽车装用美国发动机。WABCO 150B 型自卸汽车就是采用的美国发动机、轮胎和传动系统。

表1 WABCO150自卸汽车参数

空车重量	94727	公斤
全长	8382	毫米
宽 (36吋轮胎处)	6504	毫米

总宽	6756	毫米
总高	5410	毫米
装载高度	5100	毫米
轴距	5130	毫米
举升最大高度	10896	毫米
离地间隙	788	毫米
燃油箱	2271	升
驾驶室宽度	1448	毫米
车架纵梁翼板厚度	25.4	毫米
车架纵梁侧板厚度	12.7	毫米
转弯半径	12.2	米
水箱散热面积	3.328	米 <sup>2</sup>
电气系统	24	伏
车箱2:1堆装容积 (SAE 标准)	74.2	米 <sup>3</sup>
车箱平装容积	54.3	米 <sup>3</sup>
车箱内部长	6934	毫米
车箱内部宽	5664	毫米

## 发 动 机

运输机械用柴油机至1963年已发展到700 马力，1967 年通用汽车公司底特律柴油机部发展了单缸排量149吋<sup>3</sup>的12缸1000 马力柴油机。凯特匹勒拖拉机公司生产了D348型12缸四冲程990 马力柴油机。这两种柴油机都已用于WABCO120 及其它公司生产的自卸汽车上。1969年底特律柴油机部又生产了149系列 16 缸增压中冷式1600马力柴油机，凯特匹勒生产的16缸 D349 型柴油机为1200马力。

## 传 动 系

1939年美国南极探险队首先采用GE电动轮式的四轮雪地运输车。对这种车辆的要求与今天的建筑工程和矿山用自卸汽车大体相似，要有很好的浮承能力\*、低速时有较大的牵引力、车速范围较广。

直流电传动车辆在19世纪就有萌芽，第一辆采用直流电传动系统的是1918年勒杜诺公司的焊接结构推土机。

GE772型电动轮与GE603型直流发电机已经在1300多辆1000马力的自卸汽车上使用。使用结果表明，这种传动系统即使用在更大载重量的汽车上也是合理的。GE公司还设计了一种交直流传动系统，由一台GTA15交流发电机、GY57通风机和励磁机组以及GE776型电动轮组成。这些部件连同一套控制设备用在WABCO 150吨汽车上。

## 交 流 发 电 机

GTA15型交流发电机\*是八个凸极、旋转磁场、三相星形连接、分激式单轴承发电机，通过挠性联轴节与柴油机或其它原动机相连接，转子的前端由柴油机后轴承支承。1800转/分时牵引功率1500马力，因而适应于功率到1600马力的发动机，最高允许转速2100转/分。发电机由励磁机、通风机组强制通风，励磁机组由交流发电机通过皮带传动。交流发电机的转速接近发动机的调速转速，不随负荷而变化。因而可以供给牵引电动机最大的冷却空气量，避免因拖曳现象而影响柴油机的寿命。

\*注：原文flotation指车辆在松软地面不下陷的能力

## 励 磁 机

GY57励磁通风机组\*是直流四极、换向极、皮带传动、自然通风、前后端都有轴承支承的机组。它供给交流发电机转子磁场电流，并对交流发电机和牵引电动机进行强制通风。GY57励磁机与电控设备控制交流发电机在车速范围内保持功率恒定。

## 电 动 轮

GE776 电动轮\*是一个直流四极、换向极、串激绕组、强制通风式电机，用于牵引及电力减速（dynamic retarding）。在电动轮上可以装 51 吋轮胎，轮胎尺寸可以到 36×51（WABCO 150B型自卸汽车目前用 36×51 轮胎，但也可以选用 33×51 的轮胎）。牵引电动机装在同时用作安装轮毂轴的磁性架内。电枢轴上的太阳轮驱动齿轮箱内的行星齿轮系，齿轮箱与磁性架一体。行星齿轮系驱动扭力管，扭力管则通过法兰带动轮毂。电动轮齿轮速比为 28.8:1。每个电动轮重 6591 公斤，轮胎、轮辋和制动器除外。电动轮所需冷却空气量 5.66 米<sup>3</sup>/分，功率输入 750 马力、持续负荷 935 安培、输出扭矩 463.3 公斤米、停车扭矩 1482.6 公斤米、最高容许转速 2750 转/分。当汽车发动机功率为 1600 马力，装用 36×51 轮胎时，一对 776 型电动轮的牵引力曲线如图 1 所示。电动轮的另一个重要作用是电力减速作用。当减速时，牵引电动机的接线改成发电机，发出的能量消耗于强制通风的电阻栅中。装有两个 776 型电动轮和 36×51 轮胎的汽车电力减速特性如图 2

\*注：GTA15型交流发电机、GY57型励磁通风机剖面图参见《汽车资料》总第 3 期第 26 页

\*注：GE776 电动轮剖面图参见《汽车资料》总第 3 期第 27 页

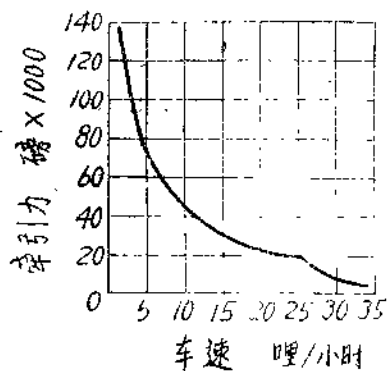


图1 GE776型电动轮的牵引特性

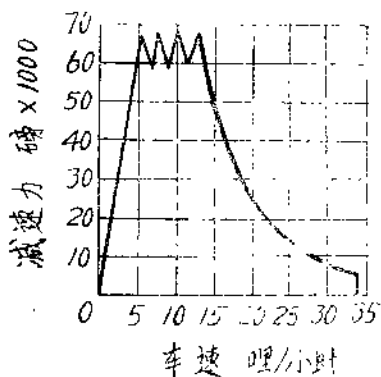


图2 GE776型电动轮电力减速度特性

所示。

## 车 箱

WABCO150吨自卸汽车的车箱设计与近15年来 WABCO所生产的其它车型相同。车箱底板钢板的屈服强度为70公斤/毫米<sup>2</sup>、硬度HB330以上，有良好的抗磨性。底板厚度可以选用19毫米或25.4毫米，底板横梁用13毫米及9毫米的钢板，边板加强筋厚6毫米，这些钢板的屈服强度为32公斤/毫米<sup>2</sup>。〈SAE 720374图6〉是一种典型的车箱，适用于运送钢矿石与废石，车箱底板上焊有一些横向的钢条可减少底板的磨损。

150吨汽车车箱容积54.3米<sup>3</sup>，如按SAE规定的2:1堆装标准则容积可达74米<sup>3</sup>。由于装载物不同，车箱容积应随之而变，例如煤的堆比重为581公斤/米<sup>3</sup>，而铁矿石则可能高达2158公斤/米<sup>3</sup>。故设计时应考虑容积与重量分布的因素。此外装载设备对车箱设计也有影响，一般认为配合这种汽车最好的是13.72米<sup>3</sup>的电铲，实际上可能用5.48—22.86米<sup>3</sup>的各种电铲以及9.14米<sup>3</sup>以上的前端装载机。前端装载机的应用正在迅速扩大，使用这种装载机时，往往要增加横梁。车箱的容积应当是装载机装载容积的整数倍数。

为了减少繁复的计算，近八年来车箱的计算程序已有所发展，能很快地设计出适用的车箱。计算机需要车箱长度、宽度和斜率、纵梁高度等31个输入数据，在穿孔卡片上穿孔后输入计算机（IBM1130型），计算机即可很快地算出堆积高度、合成重心位置、轴荷（在平地上、上坡及下坡情况下），从而得到所需的车箱。如果需要变更，计算机提供的数据将指出那些因素须作改变。

## 车 架

150吨自卸汽车的车架与WABCO所生产的其它较小的车型相似，梯形焊接结构，箱形断面。这种结构有利于改变断面系数，以适应不同的载荷。车架钢材的屈服强度为32公斤/毫米<sup>2</sup>。有一种意见认为还应该用更高强度的钢材，但是根据同类型车架测定的变形数据看来，由于道路起伏、转向作用力以及卸载作用力的关系，车架的周期应力变化很大，考虑到焊缝的耐久极限实际上不大于32公斤/毫米<sup>2</sup>，因此采用强度更高的钢板并无实际意义。无论焊接时如何注意，焊缝的疲劳特性只取决于能够不引起疲劳断裂的应力水平。本车的车架(SAE 720374图7)与WABCO120吨车的车架是比例相似的，这一点值得注意。车架已工作了数十万小时并多次超负荷使用，工作温度低至-50°F并未发生过问题。此外采用的钢材具有良好的焊接性，当发生损坏时，现场焊补不需要高技术水平和特殊设备。

WABCO对于这一类型的车架用计算机作了受力分析(结构工程系统分析机)。将车架的130块焊接板、126个连接点作了六种负荷状态(五种强度分析、一种疲劳分析)的分析。这种计算程序极为复杂，用计算机也要算七个小时。计算的结果证明该设计是成功的，因为只有少数连接点需要作些小的更动就可以满足要求。使用一年后只发生了极少的结构方面的问题。

## 制 动 器

豪尔派克150吨汽车的制动器是传统结构的。前轮制动器尺寸为30吋×12吋，液压操纵楔式，每个前轮制动力矩为20748公斤米，后轮制动器尺寸36吋×14吋，每个后轮制动力矩为31122



公斤米，有三个制动缸。还有一个直径12吋宽5吋的鼓形停车制动器，它装在电动机的电枢轴上（SAE 720374图8）。停车制动器能使满载的汽车在适当的地面停在15%的坡道上，它由弹簧作用，气压放松。当紧急制动时，将手动推挽阀放松，主制动器即自动地起作用。主制动器由脚踏板操纵。当脚开始踏下时电力减速先起作用，脚继续下踩时，主制动器即起作用。有独立的储气筒供给控制传统结构的紧急继动阀，此阀中送出的气压又推动传统结构的气顶油式制动总阀。每个气顶油式制动总阀都由单独的隔膜式储油筒供油，隔膜式密封可以使油液与大气相通而又不使外界的空气污染油液。制动总阀的气油增压比为11.8，制动油压为105公斤/厘米<sup>2</sup>。如果主系统气压降到5.25公斤/厘米<sup>2</sup>以下（当气压降到6.3公斤/厘米<sup>2</sup>时，警报器发出声音）时，紧急继动阀即使制动器发生作用，此时驾驶员可以利用单独的储气筒放气解除制动，此储气筒的贮气量能使用四次。在仪表板上有一个“干一滑”开关，在路面滑的情况下，驾驶员可以使前轮制动力减少50%，以使汽车在制动时保持必要的操纵附着力。样车作过现场试验，当载重220909公斤时（汽车自重94727公斤）车速40公里/小时可以在35.3米之内停车。当用外插法求得额定负荷并加上任选附件重量时的停车距离，仍然比这一级汽车的规定停车距离小得多。

## 悬 挂 系 统

本车所用的悬挂系统是WABCO过去15年来制造的13000余辆豪尔派克自卸汽车所用的油气悬挂。新发展了一种用于100吨级以上的汽车油气悬挂\*，活塞杆直径12吋，这种悬挂是单向式的，悬挂内部各处的油压都一致。其结构能保证加工质量稳定，在经常遇到的恶劣条件下（不平的路面、环境温度自120°F至

-50°F 以及多尘土的场地等)工作可靠,保证 5000 小时的使用寿命。

## 轮 胎

可能有人认为WABCO150吨自卸车采用 36×51 轮胎与几年前所用的设计规范相比较似乎过于保守。从轮胎规格、重量和成本考虑,设计人员常倾向于选择能满足设计要求的最小尺寸的轮胎。但是,由于轮胎费用为矿山自卸车生产总成本的20—50%,所以选择不恰当就会不经济。三、四年前按 5.6 公斤/厘米<sup>2</sup>的额定气压、超负荷15%选用非公路用车的轮胎,曾被一些设计人员视为标准的惯例。通过详尽的成本分析,知道按 4.9 公斤/厘米<sup>2</sup>的额定气压超负荷15%时,总的运行成本已经明显地非常高。同时,由于和一些主要矿山订有维修车辆的合同,公司已经在某些合同方面受到损失,因此就有一家主要的轮胎公司被推选出来拟订新的自卸汽车轮胎选用标准,此标准规范规定,每只轮胎在 4.9 公斤/厘米<sup>2</sup>的额定气压下不得超负荷。规范同时也规定全部装备和准备运行的自卸汽车每只轮胎负荷都不得超过每小时48公里车速时轮胎负荷的110%。此负荷应当在制造厂的称重设备上算出,称重时在规定的重心位置处加上额定负荷。这一规范也规定了在工作地点装备有用户选用的全部任选设备和附件(如边板、车箱衬垫等)时,每只轮胎负荷也不得超过轮胎制造厂规定的4.9 公斤/厘米<sup>2</sup>额定气压的负荷的115%。当然,在较低的地面压力和充气压力下,按上述规范选用轮胎可以减小冲击损伤并能显著地提高胎面寿命。

胎面寿命随轮胎超载程度的变化而变化,但还无法精确计算。

\* 注:油气悬挂的结构及特性图参见《国外汽车》1975年12期

由于工艺上的不稳定、转向作用力以及路面磨损层的类型变化等因素，甚至将来也难以做到真正的精确。WABCO已经积累了相当的数据，足以说明一只尺寸偏小的轮胎如何不经济。下图是120吨自卸汽车的轮胎统计资料。资料来自美国某些矿山，由不

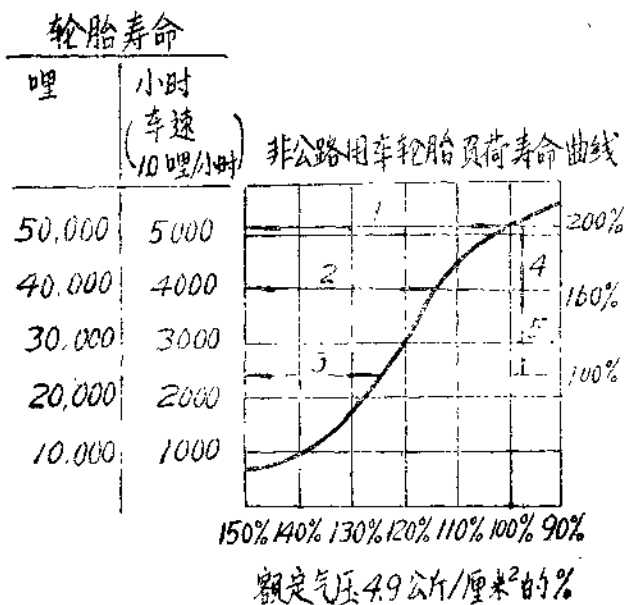


图3 WABCO120吨自卸汽车轮胎统计资料

- 1 负荷基准4.9公斤/厘米<sup>2</sup>额定气压 2 额定气压4.9公斤/厘米<sup>2</sup>超负荷15%  
3 额定气压5.6公斤/厘米<sup>2</sup>超负荷15% 4 寿命增加24% 5 寿命增加60%

同的工作条件下多数地区的统计数据作出上述曲线，所以各点数据可能会有些出入，但是曲线的一般形状不会显著变更，都属于S曲线类型。很显然一只没有载荷的轮胎将有无限的寿命，而一只无限载荷的轮胎寿命为零。曲线为三次多项式：

$$Y = A_0 + A_1 X + A_2 X^2 + A_3 X^3$$

式中：

$X=4.9$ 公斤/厘米<sup>2</sup>额定气压的百分比%

$A=$ 常数(由现场几十万工作小时统计曲线所决定)

$Y=$ 轮胎寿命哩

迄今所积累的数据得出： $A_0=-272,799$ ， $A_1=15,272$ ， $A_2=-136,916$ ， $A_3=0.385$ 。值得注意的是一只轮胎负荷从原定的5.0公斤/厘米<sup>2</sup>额定气压超负荷15%减到4.9公斤/厘米<sup>2</sup>额定气压超负荷15%后胎面寿命增加60%之多。这说明了汽车使用的经济性可以达到什么程度。但必须指出，以上仅讨论胎面寿命，并未涉及割伤，胎面开裂和制动冲击等，而这些偶然事件都将随着轮胎充气(压力的加大而增多。第一辆WABCO150吨自卸汽车工作还不到一年，而现在运行中的约40辆汽车大部份工作时间较短，所以目前还不可能决定这些自卸汽车所用的36×51轮胎是否与图3相符。图3是根据27×49和30×51深纹轮胎试验资料统计作出的。作这类分析必须将各种重要因素都考虑在内，例如重量功率比，目前载重150—200吨的自卸汽车上该比值低至136公斤/马力，高达227公斤/马力。很明显，在一定的地区使用时比值小的具有较高的车速。此外，有的矿区坡度很陡，即使比值小的自卸汽车也只能达到6.4公里/小时的平均车速，而对于主要是平路运输的自卸汽车则平均车速可以达到22.4公里/小时。

除了上述对轮胎的最高车速(48公里/小时)的规定之外，各个制造厂对每种规格和型式的轮胎都规定了一种每小时吨哩的定额(TMPH)。这个定额以环境温度100°F为准，环境温度不同，定额稍有变化。WABCO150装用36×51的50层深纹轮胎，TMPH值为360。假定某矿山有一辆自卸汽车空车重量97772公斤，前桥重量分布为41818公斤，这样空载时每个前轮负荷为20909公斤。载重后，如前桥重量分布30%，后桥为70%，满载时每只前轮负荷将达到35113公斤。另外，假定汽车上山的平均车速16公里/小时，3.2公里的牵引工况，空车下山的车速为40公里/小时。

包括装卸时间在内自卸汽车每小时往返稍少于三次。这样，空载时每只前轮轮胎的TMPH值为138，满载时TMPH值为228（以每小时往返三次计），总计TMPH值为366，略超过TMPH360的额定值。同样，每个后轮轮胎空载负荷稍小于14091公斤，满载时则稍高于40909公斤，TMPH值为368。由上例可以看到通常前轮轮胎TMPH值较高。后轮承载40966公斤，比4.9公斤/厘米<sup>2</sup>充气压力、48公里/小时车速下的承载量39520公斤要多3.5%。这对于本车5.25公斤/厘米<sup>2</sup>充气压力的50层帘布轮胎来说，是在容许的超负荷范围之内。当然，还很有必要作进一步的研究，因为在使用这一类型的自卸汽车中轮胎费用是最为重要的一个经济因素。

## 液 压 系 统

本车的举升回路由一台双联齿轮油泵供油，发动机转速1900转/分时油泵总流量为548.8升/分。油泵推动一对三级举升缸。第一级有效缸径247.65毫米，行程89毫米\*。第二级有效缸径196.85毫米，行程781毫米。第三级有效缸径171.45毫米，行程755.85毫米。在油泵的额定流量下，第一级举升时间8.42秒，第二级5.21秒，第三级3.82秒，总举升时间17.45秒。每个举升缸容积为80.242升。

转向油泵是可变行程的柱塞泵，发动机1900转/分时油泵流量为112.8升/分。转向和举升回路一样，安全阀调节到175公斤/厘米<sup>2</sup>。由下图可以看出，转向与举升回路除了共用一个油箱供油外其它部分是无关系的。转向机构是传统结构，在汽车两侧的转

\*注：原文 $3\frac{1}{2}$ 吋（89毫米）可能有误，估计应为30吋（762毫米）

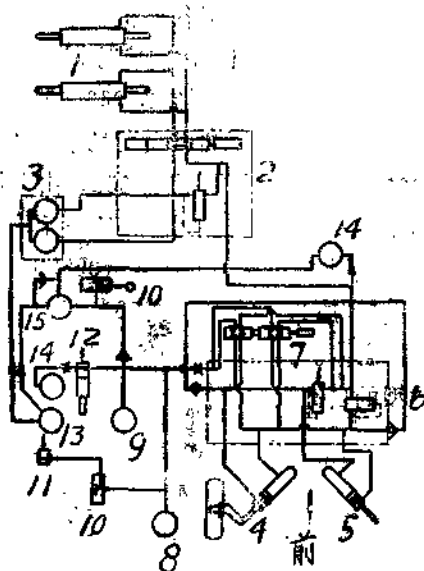


图4 液压系统简图

1 举升缸 2 举升阀 3 举升定压溢流泵 4 左转向缸 5 右转向缸 6 限灯阀  
7 转向阀 8 转向油泵 9 储能器 10 压力开关 11 信号发音器 12 电磁式安全阀  
13 粗滤器 14 精滤器 15 变量油泵

向臂之间有一根横拉杆。转向动力缸缸径127毫米，行程538.4毫米，由装在ROSSJ HPS型转向机内的转向阀驱动。在发动机停车或者某些特殊情况下，可以利用一个容积22.71升的储能器提供紧急转向的动力。储能器内预先充有70公斤/厘米<sup>2</sup>的氮气。如图4所示，一个专门的压力开关当压力达到120.5公斤/厘米<sup>2</sup>时，可以启动一个信号灯和一个信号发音器。此外，仪表盘上还有油压表，驾驶员随时都能看到转向油压是否符合规定。储能器有足够的容量能使车轮从全左转向转到全右转向。系统中还有一个电磁式安全阀。当发动机停车时安全阀接到钥匙开关，然后才能打开储能器，这样就可以避免当发动机停车期间有人转动方向盘时，维修人员被转动的前轮打伤的危险。

## 保 修 特 性

重型自卸汽车价格昂贵，因此希望它的利用率高。包括预防性维护和修理工作在内，一般希望利用率至少达到85%。当发动机或者交流发电机发生故障时能使停车时间尽可能缩短。本车设计中的一个重大特点是采用了一个副车架。发动机、发电机等部件和其它附件都装在上面<SAE720374图15>。副车架总成的前端和后端装有滚轮，当需要拆下发动机时，只要将副车架前后端的螺栓拆下，在自卸车的前端用起重机就可把发动机、发电机组自车架上拉出来。实际上，更换一台发动机还用不到六小时。因为副车架上的机组包括全部附件，所以机组自车架上拖出后仍能启动，这样就能在车下检查发动机和牵引发电机能否正常地工作。

第二个特点是制动器都安装在车轮的外面，这使维护时间减到最少。只要拆下车轮侧盖，就可检查制动器。

另一个特点是本车的电控箱布置，包括大部分电控设备在内的电控箱布置在驾驶室右边前轮的正上方。当需要检查或试验电气元件时，只要站在汽车前面的梯子上打开电控箱门就可以操作。当汽车行驶时也可以在这个位置上观察电器的动作，同时检查人员与驾驶员相距很近，便于联系。这个位置还给电控元件提供了一个较清洁的环境，在箱斗护板的保护下，减少了被电铲刮出的矿石破坏的危险。

本文译自SAE720374

长沙矿山研究院 黄家骅供稿

情报组整理