



交流电力机车

B·A·拉科夫 著
人民铁道出版社

目 录

第一章 电力机车和电力机车牵引概述	1
§ 1. 电力机车牵引与蒸汽机车牵引的比较.....	1
§ 2. 交流牵引制相对于直流制的优点.....	2
§ 3. 整流器式电力机车概述.....	5
第二章 电力机车的机械部分	9
§ 1. 概述.....	9
§ 2. 电力机车的车体.....	10
§ 3. 电力机车的转向架构架.....	20
§ 4. 车体支承和复原装置.....	28
§ 5. 轮对.....	35
§ 6. 轴箱.....	45
§ 7. 弹簧悬挂装置.....	51
§ 8. 自动车钩 (未译出)	
§ 9. 齿轮传动装置 (传动)	61
§ 10. 牵引电动机的悬挂.....	70
§ 11. 通风设备.....	73
第三章 牵引电动机	77
§ 1. 一般概念.....	77
§ 2. HБ-412M 牵引电动机	85
§ 3. HБ-410和HБ-412 牵引电动机的结构特点.....	97
§ 4. ТАО-649牵引电动机.....	98
§ 5. 牵引电动机的主要数据.....	107
第四章 电流变换和牵引电动机的控制	110
§ 1. 整流.....	110
§ 2. 脉动电压下牵引电动机的工作特点.....	112
§ 3. 电力机车速度和功率的调节.....	113

§ 4. 牵引电动机电枢旋转方向的改变.....	125
§ 5. 电气制动.....	125
第五章 变压器、电抗器和扼流圈.....	128
§ 1. 变压器的一般概念.....	128
§ 2. OHP-5600/25型变压器.....	131
§ 3. OHP-2400/20型变压器.....	142
§ 4. MIFA-6000/25 型变压器.....	145
§ 5. 平波电抗器.....	155
§ 6. 阳极分流器和过渡电抗器.....	156
第六章 整流装置.....	160
§ 1. 一般概念.....	160
§ 2. 引燃管工作原理.....	160
§ 3. H6O 型电力机车的整流装置.....	164
§ 4. HO 型电力机车的整流装置.....	173
§ 5. Φ 型电力机车的整流装置.....	175
§ 6. 硒整流器.....	180
第七章 辅助机械及设备.....	182
§ 1. 概述.....	182
§ 2. 劈相机.....	186
§ 3. 电动压缩机组.....	192
§ 4. 电动通风机组.....	209
§ 5. 电动泵组.....	219
§ 6. 控制发电机.....	223
§ 7. 引燃管和变压器的冷却系统.....	228
第八章 高压电路里的电器.....	239
§ 1. 受电弓.....	239
§ 2. 主断路器.....	253
§ 3. 避雷器.....	272
§ 4. 高压调压开关.....	274
§ 5. 电流互感器.....	295

第九章 低压电路、控制电路及照明电路里的电器和

测量仪表	297
§ 1. 一般概念	297
§ 2. 隔离开关	297
§ 3. 单独接触器	302
§ 4. ЭКГ-60/20调压开关	316
§ 5. 变压器绕组转换开关	319
§ 6. 反向器与磁场削弱转换开关	320
§ 7. 制动转换开关	323
§ 8. 电感分路	324
§ 9. 电阻	324
§ 10. 继电器	327
§ 11. 避雷器	341
§ 12. 电炉	342
§ 13. 自动开关	343
§ 14. 熔断器	344
§ 15. 按钮开关	347
§ 16. 控制开关	349
§ 17. 电磁阀	350
§ 18. 司机控制器	354
§ 19. 中间控制器	357
§ 20. 联锁接点	359
§ 21. 电力机车重联接线盒	361
§ 22. 电压调节器	362
§ 23. 配电盘	365
§ 24. 灯泡和照明装备	368
§ 25. 电流表和电压表	370
§ 26. 电度表	373
§ 27. 速度表	374
§ 28. 位置指示器	375

§ 29. 联接导线和母线	376
第十章 蓄电池组	379
§ 1. 概述	379
§ 2. 蓄电池的工作原理	379
§ 3. 蓄电池的电压	381
§ 4. 蓄电池的容量和效率	382
§ 5. 电解液	383
§ 6. HKH-100蓄电池组	384
§ 7. SAFT 型蓄电池组	387
第十一章 电力机车的电气线路	389
§ 1. 概述	389
A. H60 型电力机车的电气线路	393
§ 2. 高压电路	394
§ 3. 牵引电动机的主电路	395
§ 4. 牵引电动机的控制电路	406
§ 5. 辅助电路	414
§ 6. 高压电器、辅助设备控制电路、照明和信号 电路	416
§ 7. H60 型电力机车的电机及电器一览表	428
B. H0 型电力机车的电气线路	432
§ 8. 主电路	432
§ 9. 牵引电动机的控制电路	433
§ 10. H0 型电力机车的电机及电器一览表	440
B. Φ 和 $\Phi^{\prime\prime}$ 型电力机车的电气线路	443
§ 11. 高压电路	443
§ 12. 牵引电动机的主电路	444
§ 13. 牵引电动机的控制电路	447
§ 14. 辅助电路	457
§ 15. 受电弓、主断路器、辅助设备的控制电路以 及照明和信号电路	461

§ 16.	Φ 型电力机车的电机及电器一览表	469
第十二章	制动机 (未譯出)	
第十三章	空气系統和撒砂裝置	476
§ 1.	空气控制系统的作用和原理图	476
§ 2.	滑动式给风阀	479
§ 3.	受电弓阀和气动阀	481
§ 4.	手泵	483
§ 5.	大笛和小笛	485
§ 6.	门联锁装置	488
§ 7.	撒砂装置	490
§ 8.	气动刮雨器	495
第十四章	电力機車的牽引特性和主要数据	498
§ 1.	牽引特性	498
§ 2.	电力機車的主要数据	504
§ 3.	电力機車的重量指标	507

第一章 电力机车和电力机车牵引概述

§ 1. 电力机车牵引与蒸汽机车牵引的比较

从电站获取电能，用牵引电动机开动的机车叫做电力机车。电能经过传输线、牵引变电站和悬挂在电气化铁道上空的接触导线，供给电力机车。

在蒸汽机车、内燃机车、燃气轮机车以及其它自带能源的机车上，燃料能量转变为机械功的全部过程是在机车上进行的。

同蒸汽牵引比较起来，电力牵引在技术经济上有巨大的优越性。由火力发电站供电时，电站的汽轮机在高压蒸汽下工作，电力机车利用了燃料含能量的18~25%来做有用功，然而对于蒸汽机车来说，在中等运营的条件下，这个数量不超过4~5%。

由热电站（其废汽热量供生活和工业之用）供电时，电力牵引的总效率增至30~35%。也就是在电力牵引时热电站烧一公斤燃料所产生的有用功为在蒸汽机车炉膛中燃烧同样的一公斤燃料时的7~8倍。

电力机车取代蒸汽机车以后，仅上述一个优点就使燃料大大节约。此外，电站可以烧用比蒸汽机车烧的更加低劣的燃料。用“白煤”（水电站）或者原子能工作时，甚至根本不用燃料。

电力机车从电站获取能量，它不需要装水和燃料的煤水车，因而就能增加列车重量。

电力机车的功率大，获取能量不受限制，因而能高速行驶，比起蒸汽机车来能牵引更重的列车。所以，采用电力牵引比采用蒸汽牵引时，铁路通过能力可增加30~35%，运输能力增至一倍半到两倍，而在困难的山坡区段则增至三倍。

正如实践所证明的，一台电力机车能顶2~3台蒸汽机车。

天冷时，由于蒸汽机车的锅炉和汽缸传给大气的无功热量增

加，其功率有些下降；但电力机车冬季时功率却不下降。能保持较高能量（传给机车的）利用率。

在使用同一型式的电力机车作双机或三机牵引时，可以用导线把它们联系起来，重联的各机车由本务机车中的一个司机驾驶。

每台电力机车都有两个驾驶台，因而不需要转盘和三角线，而蒸汽机车却是必需的。

采用再生制动时，机车的牵引电动机做为发电机运行，因而减少了闸瓦的磨耗，并回收电能，尤其是在山坡区段运行时。电制动能很容易地在下坡道上保持所希望的速度。

电力机车的修理费用比蒸汽机车的少。这里还没有包括花费很大的锅炉修理。

电力机车司机和副司机的劳动条件，比蒸汽机车的乘务员好得多。

由蒸汽机车过渡到电力机车以后，牵引列车的费用减低一半以上，并能减少工作人员。

从蒸汽机车过渡到电力机车时，运输成本减少大约30%。所以，尽管铁道电气化需要很大的一次投资，用以建造牵引变电站、接触网和其它供电设备，以及需要消耗有色金属，可是这些费用可以在2~5年内收回。

§ 2. 交流牵引制相对于直流制的优点

近年来获得大量推广的直流3000伏电力机车在苏联铁路上运营了25年多的经验，实际上说明了电力牵引的全部优越性。三十年代初，铁路电气化采用3000伏直流制，但在出现了引燃管和励弧管等轻型整流装置、接着又出现了半导体以后，直流制由于技术和经济指标低而让位于使用整流器式电力机车的标准频率交流制了。这种牵引制与直流制比较，能节约建造接触网的用铜，变电站需要的设备少，便于实现供电装置的操作自动化。

如果说，在使用电动发电机组或其它电机变流机式电力机车

时，只是在貨流量较小的条件下交流牵引制才比直流制经济，那末，在使用整流器式电力机车时，交流制要比直流制更加有利，而与貨流量无关。

交流制供电装置的费用比直流制的少，由此可以看出，电机变流机式电力机车比同样功率的直流机车贵25~30%，而水银整流器式电力机车在它大批生产时，造价比同样功率的直流机车低10~15%。

使用装有整流器的电力机车的交流牵引制有一个很大的优点，就是，既消除了低频交流和直流制最薄弱的一面，又保留了当时是极其完善、并且运行十分可靠的牵引制的所有好的方面。由低频交流制带来的好处是，可用高压电供给机车，变电站简单，改变变压器二次侧绕组的输出电压就可以调节机车速度，也就是可能得到实际上是任意数量的经济运行级；直流电力机车采用的牵引电动机无论就其特性而言，还是按相当简单的结构而言，都是适宜于运行的。新的电力牵引制没有低频交流制和直流制的根本缺点：无须把标准频率交流变换为低频交流或者为获得低频电流而建造专用供电系统，机车上也没有了电刷数目很多、复杂的、不便于运行的交流换向器式牵引电动机。直流电不是直接由接触导线流向牵引电动机，接触网的电压对电机来说是太高了，但对节约建造供电设备的费用来说又嫌太低了。

把整流设备装在电力机车上不是简单地、机械地把“牵引变电站”由地面迁到轮对上去，而是赋予了机车以新的品格。

把牵引电动机回路与接触导线在电气上分开，不仅仅能降低施于电动机上的电压，而且能够很好地保护它由于各种原因在接触导线上产生的过电压。交流电力机车的变压器同整流器、接触器一起，取代了直流机车上装用的笨重的、价格昂贵的起动变阻器组合开关。

由于降低了牵引电动机工作电压，因而它可以做得比直流机车更轻一些，从而降低机车的总重量。

大家知道，电力机车上牵引电动机的并联连接能大大提高机

车的牵引质量。在其它条件相同时，电动机并联的机车所能实现的粘着系数要比电动机混联的机车高20~30%。实际上这意味着，一台粘重138吨的交流机车可以发挥相当于一台粘重180吨的H8型八轴（直流——译者注）机车的牵引力。

起动时交流电力机车实现的粘着系数达0.4。其轮对空转特性较之直流机车有很大不同；它不只不发生“飞速”空转，而且在不改变变压器接入级位的情况下，当撒砂或提高运行速度时，空转就会停止。交流电力机车的这种特点，不只从机车牵引可靠性的观点来看是有价值的，而且对轨道也是有利的。因为它空转时不在轨面上产生较深的磨痕。

所有这些就使得整流器式交流电力机车成为机车制造业发展到现时代的最有前途的机车。

使用直流牵引电动机的单相电力机车的进一步发展，将是在机车上用半导体整流器代替水银整流器，其中硅整流器是现代最适用的。机车上用硅整流器代替水银整流器后，就不必装设整流器冷却、预热和引燃设备，从而提高牵引的技术经济指标，简化电力机车的维护使用。

建造硅整流器式交流电力机车的工作现在正由电力机车制造厂进行，不久，这些机车就会在苏联的电气化铁路区段投入运营。

苏联在1959年以前，全部电力机车牵引的线路都用接触导线与轨道间平均工作电压为3000伏的直流电气化了，只有莫斯科铁路奥热烈利耶—帕韦列次的一段试验区段在1955~1956年实现了20千伏标准频率的（单相）交流电气化。1959年铁路电气化时开始广泛采用25千伏交流，就在这一年年底，大功率的交流电力机车已开始在克腊斯诺亚尔斯克铁路的契尔诺列契斯克—克拉斯诺亚尔斯克—克柳克维纳区段工作了。随着铁路交流电气化的积累以及电力机车和设备产量的发展，线路直流电气化的工作量将缩减，进而3000伏直流制将开始逐渐地让位给更加经济的高压交流牵引制。

§ 3. 整流器式电力机车概述

整流器式交流电力机车如同其它类型的电力机车一样，由机械部分、电气设备和空气系统组成。属于电气设备的有：牵引电动机、辅助电机、变压器、整流器、蓄电池组和电器。空气系统包括风管、储风缸、各种阀门以及其它各种属于电力机车制动和风动系统的器具组成。

电力机车通过受流装置（受电弓）从接触导线获得单相（交流）电能。受电弓安装在机车顶上，它在工作时，始终保持与接触导线接触的状态。

电流回路从受电弓起，经变压器一次绕组、机车轮对、钢轨而到牵引变电所。这时电能由变压器二次绕组通过变流器供给牵引电动机。

当给牵引电动机供电时，它的电枢就转动起来，并通过传动齿轮驱动电力机车的轮对。

由牵引电动机驱动的轮对叫做动轮对。

电力机车所能发挥的牵引力在轮轨间粘着未破坏时取决于粘着重量的大小，粘重越大，也就是动轮对的载荷和数目越大，电力机车牵引电动机能发挥的粘着牵引力也越大。

在苏联铁路上工作的所有电力机车，都是个别传动的，也就是转矩从各个电动机（单个的或成双的）传给每一轮对。在此情况下，动轮对数目等于电动机数目，轮对之间不连接。

所有货运电力机车的牵引电动机都挂于车轴和转向架横梁上（牵引电动机采用抱轴悬挂，叫做“电车式”悬挂）；客运电力机车的牵引电动机则装在构架上，并通过弹性传动装置与轮对连接。

电力机车的轮对通常布置在两个或四个转向架上。

为表示电力机车轮对的数目和配列方式即电力机车的型式，人们标出其特征式，在轮轴特征式中标明每一转向架的动轮对数。如果转向架之间用活节连结，那末就在表示每一转向架轮对

数的数字之后放一个加号“+”。

如此，有六个动轮对、分别布置在两个用活节连结的三轴转向架的电力机车，其轮轴特征式是 3_0+3_0 。数字3的脚标“₀”表示每一轮对都有自己单独的驱动装置。

如果一台电力机车的各转向架间没有活节连结，而只与车体连接，那末，加号“+”将被减号“-”代替。例如，有一台电力机车，六个动轮对分别布置在两个不相连接的转向架上，就写成 3_0-3_0 。

八个动轮对分布在四个不相连接的转向架上，这样的电力机车写成 $2_0-2_0-2_0-2_0$ 。

现在苏联干线铁路上正在运营的电力机车有： 3_0+3_0 的H0型、 3_0-3_0 的H60、 Φ 和 Φ^P 型交流货运机车， 3_0-3_0 的 Φ^H 型客运机车。 $2_0-2_0-2_0-2_0$ 的H80型八轴货运电力机车的制造工作正在进行。H0型和H60型电力机车是诺沃切尔卡斯克电力机车制造厂设计制造的， Φ 、 Φ^P 和 Φ^H 型则是法国阿尔斯通、施耐德—西屋、日蒙等厂商设计制造的。

H0型电力机车和头两台H60型电力机车是为用于单相工频（每秒50周）在接触导线与钢轨间平均电压20千伏下而制造的，

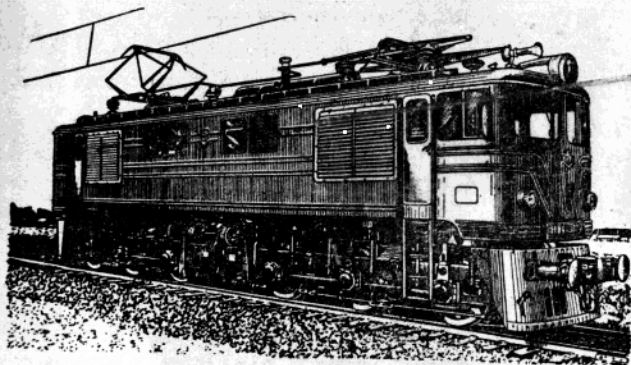


图1 H0型电力机车

其余电力机车则为用于接触导线与钢轨间平均电压25千伏（波动范围19~27.5千伏）设计。

1959年H0型电力机车和头两台H60型电力机车，用更换变压器一次绕组线圈的办法，改装成在25千伏平均电压下工作的电力机车。

H0型电力机车（图1）是诺沃切尔卡斯克电力机车制造厂在1954~1957年间制造的，1957年底该厂又生产了第一台H60型电力机车。后者有六个动轮对，就功率而论，它几乎等于H8型八轴直流机车。1958年开始制造预定在25千伏电压下工作的H60型电力机车（图2和图3）。

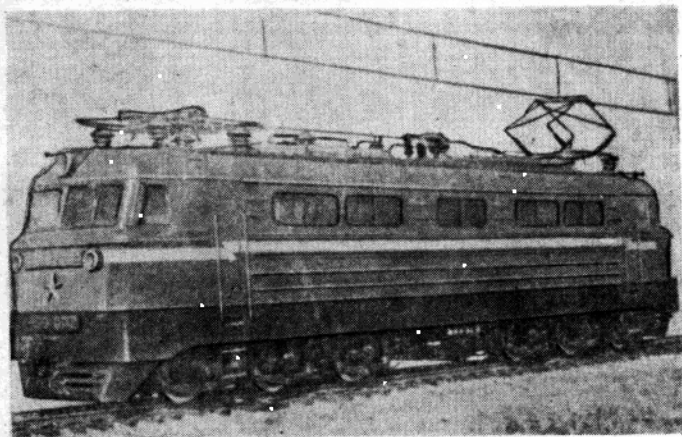


图2 H60型电力机车

1959年，Φ型六轴货运电力机车（图4）* 上路。1960年，设有再生制动的Φ^P型六轴货运机车、Φ^M型六轴客运机车上路。

交流电力机车如同苏联铁路上其它机车一样，也是根据用字母或字母与数字标记的型号来分类的。字母H0表示诺沃切尔卡

* 图4见书末附图。

斯克工厂制造、单相的； Φ 表示法国制造； Φ^P 表示法国制造，有再生制动的； Φ^n 表示法国制造客运机车；H60表示诺沃切尔卡斯克工厂制造、六轴、单相的；H80表示诺沃切尔卡斯克工厂制造、八轴、单相的。

在电力车型号的后面标以序号。其完整的写法是：H0-009、H0-010、H60-037、Φ01、Φ26等等。

电力机车除了铁路的标记以外，还有制造厂的标记，标明工厂名称，有时还有制造年份、出厂编号、电流和电压种类、结构速度、机车重量、牵引电动机的数量和型式（或电力机车的功率）。

有一些电力机车在其转向架上标明齿轮传动比，在弹簧上标明轴和牵引电动机的号码。

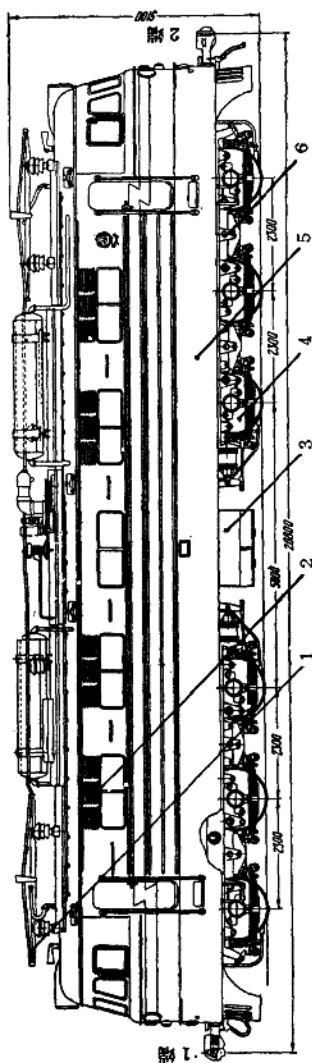


图 3 H6Q 型电力机车的主要尺寸;

1——受电弓；2——百叶窗；3——主风缸；4——轮对；5——车体；6——弹簧吊。

第二章 电力机车的机械部分

§ 1. 概 述

电力机车的机械部分是由车体和转向架组成的，而转向架是由构架、走行部分和弹簧悬挂装置组成的。

走行部分包括轮对和轴箱。轮对是两轮一轴的总称，实际车轮是压装在车轴上。

H6O、Φ、Φ^p、Φⁿ 和 HO 型电力机车各有两台三轴转向架。其中，H6O型及 Φ 型类的电力机车，其转向架之间都没有机械连接，传递给车辆的牵引力不通过转向架；而 HO 型电力机车的转向架间是铰接的，牵引力通过转向架传递给车辆。所以 H6O 和 Φ 型电力机车的自动车钩装在车体上，车体底架用来传递牵引力；HO 型电力机车的自动车钩装在转向架上，而其车体结构只用于安放电器、辅助电机和其它设备。

H6O 和 Φ 型电力机车的车体通过两个摆式中心支承支持在每一台转向架上，车体的横向稳定性由弹性旁承来保证。摆式中心支承再用弹性复原装置与车体连接。HO 型电力机车的车体通过一个平面中心支承和一个辅助滑动支承（在机车高速运行时，它可减小转向架的摇头振动）支持在每一台转向架上，全部支承都分布在电力机车的纵向中心线上。为了保证电力机车运行中车体的横向稳定性，装有刚性旁承——滑动旁承。机车静止时，车体旁承与转向架旁承不接触，二者之间留有几个毫米的间隙。

H6O 和 Φ 型电力机车的轮对轴箱借助于轴箱拉杆与转向架构架相连接；轴箱拉杆有橡皮衬套；轴箱下面的板簧装在轴箱体上。HO 型电力机车的轴箱装在转向架构架的轴箱切口中，它可以在切口中自由地垂直移动。板簧通过弹簧座以其中部支持在轴箱上，两端则用吊杆与转向架构架相连。

H6O 和 Φ 型电力机车在有相对移动的零件之间，广泛采用橡

皮元件。橡皮经硫化与金属零件胶接一起，当零件转动或者相对移动时，橡皮层产生剪切变形，零件之间便没有摩擦。这种结构使作用力得以弹性传递，消除了金属零件间的磨耗。这些电力机车的摩擦零件是用高锰钢制成的，甚至无润滑时也具有很好的耐磨性。

各个轮对的板簧之间用纵向均衡梁连接起来。

均衡梁是一个杠杆，其中点铰接在转向架构架上，而其两端则用吊杆与相邻轮对的板簧连接。它是用来把电力机车的总重量均匀地分配给各个轴的，并与弹簧一起组成电力机车的弹簧悬挂系统。电力机车的重量通过弹簧和轴箱传递到轮对上。

大齿轮直接压装在轮轴上或者压装在轮毂的凸出部分上，用以传递牵引电动机的转矩，使电力机车运转。H6O 和 H0 型电力机车采用双边齿轮传动， Φ 、 Φ^p 和 Φ^n 型电力机车采用单边传动。

货运电力机车的牵引电动机一侧抱在轮对轴上，另一侧挂在转向架构架上。每一个转向架上的牵引电动机是这样布置，即使其悬挂点朝向一边——向着电力机车的中心。客运的 Φ^n 型电力机车的牵引电动机装在转向架构架上，牵引电动机的转矩通过空心轴和“阿尔斯通”传动装置传递给轮对，每一台转向架上的两台牵引电动机象在货运电力机车上那样布置，而第三台电动机则布置在与之相反的一边。

H6O 和 H0 型电力机车是根据 OCT BKC-6435 1П 的限界来制造的，它们也符合 ГОСТ 9238-59 1-T 的新规定的限界。 Φ 、 Φ^p 和 Φ^n 型电力机车的车体高宽都略小一些。

§ 2. 电力机车的车体

车体的构造和用途 电力机车的车体用来安放变压器、整流器、电器和辅助电机，司机室也是车体的一部分。

动轮轮对分布在各个转向架上，电力机车有车体底架，用以承受车体内各种设备的重量。车体及其内部设备的重量通过底架和支承传递到转向架上。

车体侧牆和车顶由骨架复以钢板而成。
车体的外形如图 1～图 4 所示。

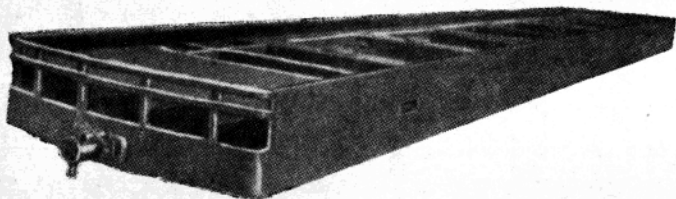


图 5 H6O型电力机车车体底架

H6O型电力机车车体底架（图 5 和图 6）由两根工字钢侧梁做成，工字钢牌号为 55，高 550 毫米、架板宽 166 毫米。为了补强在梁的下支架焊上一块厚 14 毫米的扁钢，在梁的外侧上焊以厚 6 毫米的复板。

纵梁 1 之间有八根横梁，其中两根端梁 2 用以安装自动车钩和缓冲器，四根横梁 3 用以安装车体的中心支承，中间的两根工字截面梁 4 用以安装主变压器。

端梁 2 由钢板和槽钢焊接而成，并有车钩缓冲器安装孔。

枕梁 3（图 7）具有箱形截面，在其中部焊了一个上支承 5，上支承与侧梁之间的下面焊有支架 6，用以安装复原装置（参看下文）。

工字截面的中央横梁 4（图 8）也是由钢板焊成的，在它上面有圆锥形支承，用以支持主变压器。

具有箱形和工字形截面梁的底架能够在重量最小（消耗金属最少）的条件下，获得必需的强度。底架上面复以钢板，形成车体的地板。

车体骨架为侧牆、横牆、司机室牆和车顶板的骨干，采用轧制的角钢、槽钢或者钢板，做成所需要的截面形状。骨架的各零件焊接起来，再焊上包板。车体侧牆的钢板厚度为 2.5 毫米。为