

整车电平衡设计的研究

徐 伟 张盼盼 常诗语

陕西汽车集团股份有限公司技术中心 陕西 西安 710200

摘 要：本文详细探讨了整车电平衡的设计过程，包括蓄电池选型和发电机选型两大关键部分。在蓄电池选型方面，分析了蓄电池容量的构成、计算方法，以及整车静态电流对蓄电池容量选择的影响；在发电机选型方面，阐述了发电机选型的基本思路、整车电气系统负荷计算方法，以及发电机输出电流的计算。通过实际案例和详细计算，为整车电平衡设计提供了理论依据和实践指导。

关键词：整车电平衡；蓄电池选型；发电机选型；电气系统负荷

1 引言

随着汽车技术的不断发展，汽车上的电气设备越来越多，对整车电平衡的要求也越来越高。整车电平衡是指汽车在各种工况下，发电机的发电量与整车用电器的用电量以及蓄电池的充放电之间达到动态平衡的状态。良好的整车电平衡设计可以确保汽车在各种条件下都能正常起动和运行，提高汽车的性能和可靠性。本文将围绕整车电平衡的设计展开深入研究。

2 蓄电池选型

2.1 蓄电池容量构成

蓄电池的容量主要由起动容量和静态容量两部分构成。起动容量是指起动过程中消耗的电量，它对于保证汽车在各种条件下都能可靠起动至关重要。一般情况下，铅酸蓄电池在SOC（荷电状态） ≥ 0.6 时有起动能力。静态容量则是指车辆放置时需要消耗的电量，用于维持车辆的一些基本功能，如防盗系统、电子时钟等。因此，在蓄电池选型时，蓄电池容量需要满足最低起动容量加上静态容量的要求，即蓄电池容量 $\geq$ 最低起动容量+静态容量。

2.2 蓄电池容量的计算

蓄电池的主要任务是向起动机提供瞬时的大电流，以保证起动机在各种条件下都能可靠起动。因此，蓄电池容量的选择可以先根据起动机的功率计算出初步结果，然后再结合其他因素进行校核和调整，最后按蓄电池的规格选取合适额定容量的蓄电池型号^[1]。蓄电池的选择一般以理论计算为基础，并结合标杆车型对比和实车实验综合来选择。

蓄电池的计算经验公式为： $C = K \cdot P / U$

式中，C为蓄电池额定容量，单位为Ah；P为起动机的功率，单位为KW；U为蓄电池的额定电压，单位为V；K为一个经验系数，一般取K = 450-600，可根据车辆

工作状态灵活选取。

以某车型为例，根据厂家提供的起动机资料，起动机的额定功率 $P = 8.8KW$ ，蓄电池的额定电压 $U = 24V$ 。

当K取值450时，蓄电池额定容量 $C = K \cdot P / U = 450 \cdot 8.8 / 24 = 165$ （AH）。

当K取值600时，蓄电池额定容量 $C = K \cdot P / U = 600 \cdot 8.8 / 24 = 220$ （AH）。

蓄电池选型计算结果为165Ah-220Ah。下表（表1）为厂家提供的蓄电池可选型号及参数。从计算结果分析，规格为165Ah处于可选数据范围边界，因此从可靠性考虑，建议初步选取规格为180Ah蓄电池。根据厂家销售地域，冷起动温度-18℃可满足要求，因此，初步选取蓄电池型号为6-QW-180。

2.3 整车静态电流对蓄电池容量选择的影响

车辆在长途运输或长时间停放后应能起动发动机，所以在蓄电池选型时，需考虑整车静态电流的验证。

表1 蓄电池选型

序号	蓄电池型号	规格（Ah）	冷启动电流Ice（A）	冷启动测试温度（℃）
1	6-QW-150	150	≥ 800	-18
2	6-QW-165	165	≥ 850	-18
3	6-QW-180	180	≥ 900	-18
4	6-QW-180	180	≥ 900	-41

一般要求蓄电池能够满足车辆连续停放6-8周（一般国内规定车辆停放时间为6周，欧洲为8周）。我们以6周来进行计算。

整车静态电流计算公式为： $I_{静} \leq C20 \cdot (90\% - 60\% - 1\% \cdot T) / (T \cdot 24)$

式中， $I_{静}$ 为整车静态电流；90%为汽车下线时，蓄电池的实际容量与额定容量的百分比；60%为确保车辆正常起动的蓄电池最低实际电量与额定电量的百分比；1%为蓄电池1天的自损耗率；T为储运时间（天）；C20为蓄

电池的20h率额定容量。

当选型蓄电池容量为180Ah时,得出 $I_{\text{静}} \leq 0.054A = 54\text{mA}$,可满足蓄电池容量要求。以标杆车静态电流为38.05mA为依据,则实车静态电流 < 整车要求静态电流,因此满足要求。由此数据可以得出对于整车静态电流,其大小应不大于54mA,才能满足整车存放时间。

3 发电机选型

3.1 发电机选型基本思路

发电机是汽车的主要电能来源。发电机功率的选择应保证满足整车的正常电器用电量和蓄电池充电量。整车用电器的电能消耗量主要与整车用电器在各运行工况下的使用频度相关。通过计算发电机的发电能力与整车用电器用电量的关系进行发电机的选型^[2]。

选择发电机功率的基本思路:根据整车所有负载电流确定发电机的额定输出电流,使整车电源系统达到电平衡,同时发电机应保证在不同工况下,输出电流能满足整车正常需求。

3.2 整车电气系统负荷计算

3.2.1 用电设备分类

根据汽车行驶中用电设备的工作时间长短,将用电设备分为3种情况:连续工作制设备(Ⅰ类)、长时间工

作制设备(Ⅱ类)、短时或随机工作设备(Ⅲ类)。

(1)连续工作制设备(Ⅰ类):指汽车在行驶中连续不间断用电的设备,包括发动机点火系统、燃油供给系统、组合仪表及监控系统、行驶系统等。

(2)长时间工作制设备(Ⅱ类):指汽车行驶中长时间工作的用电设备,包括远光灯、近光灯、小灯、鼓风机、压缩机、车载冰箱、刮水器等。

(3)短时或随机工作设备(Ⅲ类):指汽车行驶中使用时间不确定的用电设备,包括室内灯、电动门窗、洗涤器、喇叭、点烟器、天窗、电动后视镜、ABS系统和其他用电设备。

3.2.2 用电设备使用频度系数

汽车上配置的用电设备在不同场合、不同气候条件下使用,一般不会在同一时间全部都投入工作,而许多用电设备的工作及工作时间的长短,主要取决于季节和环境的变化。我们以用电设备使用频度系数来计算整车的用电量。使用频度系数为各主机厂的经验值数据。

3.2.3 整车用电设备等效负荷计算

根据整车负载额定功率(额定电流)和用电设备使用频度系数,我们可以得出不同工况下的整车耗电量。

序号	功能	额定电流	使用频率系数 μ									等效电流									备注
			夏季			春秋			冬季			夏季			春秋			冬季			
			日间	夜间	雨夜	日间	夜间	雨夜	日间	夜间	雨夜	日间	夜间	雨夜	日间	夜间	雨夜	日间	夜间	雨夜	
1	ECU	1.25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	连续工作 设备	
2	NO传感器	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
3	后处理	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	12	12	12	12	12	12	12		
4	AMT	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3		
5	组合仪表	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3		
6	行驶记录仪	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3		
7	TPMS	0.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		

图1 连续工作设备

序号	功能	额定电流	使用频率系数 μ												等效电流									备注			
			夏季						春秋						冬季						春秋						
			日间	雨夜	雨夜	雨夜	雨夜	雨夜	日间	雨夜	雨夜	雨夜	雨夜	雨夜	日间	雨夜	雨夜	雨夜	雨夜	雨夜	雨夜	雨夜					
1	风扇	6	1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.6	0.6	4.8	3.6	3.6	1.8	1.8	1.8	长时间工作设备					
2	车速偏差预警	1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6						
3	Media	5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2							
4	近光灯	2.5	0	0	1	1	0	1	0	1	0	2.5	0	2.5	0	2.5	0	2.5	0	2.5							
5	远光灯	8.3	0	0.5	0.6	0	0.5	0	0.5	0.6	0	4.15	4.98	0	4.15	0	4.15	0	4.15	4.98							
6	辅助远光灯	8.3	0	0.5	0.6	0	0.5	0	0.5	0.6	0	4.15	4.98	0	4.15	0	4.15	0	4.15	4.98							
7	雨刮电机	3	0.15	0.15	0.3	0.1	0.1	0.01	0.01	0	0.45	0.45	0.9	0.3	0.3	0.03	0.03	0	0	0							
8	喇叭	10	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	5	5	5	1	5	5	5	5	5							
9	压缩机	5	0.5	0.5	0.5	0.05	0.05	0	0	0	0	2.5	2.5	2.5	0.25	0.25	0	0	0	0							
10	制动灯	0.13	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013							
11	小灯	0.5	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5							
12	日间行车灯	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0							
13	车载冰箱	7	0.25	0.25	0.1	0.1	0	0	0	0	0	1.75	1.75	1.75	0.7	0.7	0	0	0	0							

图2 长时间工作设备

序号	功能	额定电流	使用频率系数 μ									等效电流									备注
			夏季			春秋			冬季			夏季			春秋			冬季			
			日间	夜间	雨夜	日间	夜间	雨夜	日间	夜间	雨夜	日间	夜间	雨夜	日间	夜间	雨夜	日间	夜间	雨夜	
1	前雾灯	6	0	0.2	1	0	0.2	0	0.2	1	0	1.2	6	0	1.2	0	1.2	6			
2	后雾灯	0.5	0	0.15	0.5	0	0.15	0	0.15	0.5	0	0.075	0.25	0	0.075	0	0.075	0.25			
3	倒车灯	0.5	0	0.05	0.05	0	0.05	0	0.05	0.05	0	0.025	0.025	0	0.025	0	0.025	0.025			
4	车内灯	2	0	0.05	0.05	0	0.05	0	0.05	0.05	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1			
5	后工作灯	0.75	0	0.05	0.05	0	0.05	0	0.05	0.05	0	0.0375	0.0375	0	0.0375	0	0.0375	0.0375			
6	喇叭	6	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3			
7	转向灯	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1			
8	EPB制动锁	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3			
9	玻璃升降电机	10	0.1	0.1	0	0	0.05	0.05	0.01	0.01	0	1	1	0	0.5	0.5	0.1	0.1	0		
10	门锁电机	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06			
11	洗涤电机	1.5	0.02	0.02	0	0	0.02	0.02	0	0	0	0.03	0.03	0	0.03	0.03	0	0	0		
12	电动后视镜	1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05			
13	除霜	4	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0	0	0.4	0	0	0	0.4	0.4	0.8		
14	点烟器	8	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16		
15	大灯高度调节	5	0	0.05	0.05	0	0.05	0	0.05	0.05	0	0.25	0.25	0	0.25	0	0.25	0.25	0.25		
16	天窗	8	0.05	0.05	0	0	0.05	0.05	0.05	0.05	0	0.4	0.4	0	0.4	0.4	0.4	0.4	0		
17	座椅加热	417	0	0	0	0	0.05	0.05	0.3	0.3	0.3	0	0	0.2085	0.2085	1.251	1.251	1.251	1.251		
18	水泵宝	26	0	0	0	0	0.05	0.05	0.3	0.3	0.3	0	0	1.3	1.3	7.8	7.8	7.8	7.8		
19	干燥器	7	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	2.1	2.1	3.5	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1		
20	变速箱	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		
21	车载饮水机	20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
22	24V直流	8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8		
23	12V直流	6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6		
24	220V交流	15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5		
25	ABS控制阀	3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		
26	ACU控制	3	0.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0.6	0.6	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0		
27	ECAS	7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4		
28	摄像头	3.6	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18		
29	电动座椅调节	3.5	0.05	0	0	0	0.05	0	0.05	0	0	0	0	0.175	0	0.175	0	0.175	0		
30	BBM	15	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75		

图3 短时或随机工作设备

以上分别计算了夏季白天、夏季夜间、夏季雨夜、平时白天、平时雨夜、冬季白天、冬季夜间、冬季雪夜8种工况下的整车耗电量，数据如下表所示：

表2 整车耗电量

工况	夏季日间	夏季夜间	夏季雨夜	春秋日间	春秋夜间	冬季日间	冬季夜间	冬季雪夜
整车耗电量	57.768	69.5805	75.2355	48.9265	60.739	57.419	69.2315	75.1365

由此可以得出夏季雨夜是发电机输出电流最大的工况，此时整车消耗电流为75A。

3.3 发电机输出电流的计算

发电机输出电流的计算常见的计算方法如下：当正常为蓄电池充电时，一般要求发电机提供给蓄电池的电流约为其容量的10%，这样蓄电池可在几小时内充满。所以最佳的发电机输出电流 I_g

$$I_g \geq \text{Max}\{\text{负荷电流}\} + I_{10}$$

式中， I_{10} 为蓄电池容量的10%（参照BOSCH汽车工程手册和汽车的电量平衡计算）。

计算后，得出 $I_g \geq 75A + 180 \times 10\% = 93A$

由此可以得出，发电机的额定输出电流为93A时，满足整车的负载需求和蓄电池的充电要求。由于发电机选型时参考的是夏季雨夜这种极端工况下用电负载全部打开的情况，如果在大多数的工况下，选择90A的额定输出电流的发电机可以满足需求，但是考虑到后期的车型升级及功能预留需求，建议选择发电机的输出电流为100A发电机。

4 整车电平衡设计的综合考量

4.1 蓄电池与发电机的匹配

蓄电池和发电机是整车电平衡系统的两个核心部件，它们的匹配程度直接影响整车电平衡的效果^[3]。蓄电池的容量选择要考虑到起动需求和静态电流消耗，而发电机的功率选择要满足整车用电器的电能消耗和蓄电池的充电需求。在选型过程中，需要综合考虑两者之间的关系，确保发电机在不同工况下都能为蓄电池提供足够的充电电流，同时蓄电池也能在车辆长时间停放后保证车辆正常起动。

4.2 用电设备的管理

整车用电设备的使用频度和工作时间对整车电平衡有着重要影响。通过对用电设备进行分类，并考虑使用频度系数，可以更准确地计算整车的用电量^[4]。在实际应用中，可以通过智能控制系统对用电设备进行管理，例如在车辆熄火后自动关闭一些不必要的用电设备，减少静态电流的消耗，延长蓄电池的使用寿命。

4.3 环境因素的影响

环境因素如温度、湿度等也会对整车电平衡产生影响。低温环境下，蓄电池的性能会下降，起动能力减弱，同时发电机的输出功率也可能受到影响。因此，在蓄电池选型时需要考虑冷起动温度的要求，确保在低温环境下车辆仍能正常起动。同时，发电机的设计也需要考虑不同环境条件下的性能稳定性。

4.4 后期升级和功能预留

在整车电平衡设计过程中，还需要考虑到后期车型升级和功能预留的需求。随着汽车技术的不断发展，车辆上可能会增加新的用电设备，对电能的需求也会相应增加。因此，在选择发电机和蓄电池时，应预留一定的功率和容量空间，以满足未来的升级需求。

结语

整车电平衡的设计是汽车电气系统设计中的重要环节，直接关系到汽车的性能和可靠性。本文详细阐述了蓄电池选型和发电机选型的过程和方法，通过实际案例和详细计算，为整车电平衡设计提供了理论依据和实践指导。在蓄电池选型方面，分析了蓄电池容量的构成、计算方法，以及整车静态电流对蓄电池容量选择的影响；在发电机选型方面，阐述了发电机选型的基本思路、整车电气系统负荷计算方法，以及发电机输出电流的计算。在实际应用中，还需要综合考虑蓄电池与发电机的匹配、用电设备的管理、环境因素的影响以及后期升级和功能预留等因素，不断优化整车电平衡设计，提高汽车的性能和可靠性。随着汽车技术的不断发展，整车电平衡设计也将面临新的挑战和机遇，需要不断探索和创新，以满足日益增长的汽车电气化需求。

参考文献

[1]赖建文,苏秀花,王坚.整车电平衡的计算及验证[J].客车技术与研究,2023,45(04):45-48.
[2]习璐颖,徐艳强,周平.纯电动汽车整车动态电平衡设计及验证测试[J].电工技术,2022,(01):6-9.
[3]伍俊,张维杰,李立春,等.基于某车型整车电平衡的计算分析研究[J].汽车与配件,2022,(07):65-67.
[4]屈颖,马自刚,张少辉.整车电平衡与蓄电池故障率的研究[J].汽车电器,2019,(03):54-55.