

电池系统的内阻及内阻分配

除了作为电阻使用，电池系统中任何一个零部件的电阻越小越好，这样因电阻发热而导致的能量损失也就越小，能够增加续航；同时，也避免了高电阻形成热点hotpot，引发安全隐患。

不同的设计，电池系统的内阻会显著不同，大多在几十毫欧，以特斯拉Model S P100 DL车型为例，电池系统的总内阻为41.8mΩ（来自EVTech&AVL）。

电池系统内阻来自两个方面：一是零部件，主要是电芯，各类连接件，如fuse，busbar，高低压连接线；二是连接点，机械紧固点，焊接、铆接点等。例如，在Model 3的电池系统中，正极busbar与正极继电器busbar之间的连接，主要是通过螺钉（紧固的方式及大小为5Nm+35°，即先施加5Nm的力矩，再施加35°的旋角），该处的电连接电阻大约为60 μΩ。



图 3-59 正极 Busbar 与主正继电器 busbar 的连接



图 3-60 正极 Busbar 与主正继电器 busbar 连接阻抗测量

需要控制内阻大小的另外一个原因在于，它制约着整车的功率输出，最大功率意味着大电流，直接关系到电芯的发热（ $Q=I^2 \cdot r$ ），电芯内阻在低温时会变大，高温时变小，因此，通常会限制在低温度对电池充电的功率，温度过低时甚至无法充电，需要先进行加热，当需用使用大功率（电流）充放电时，如狂暴模式、超级充电状态时，则需要将电芯加热到合适的区间，以获得较小的内阻。

对于获得系统级的直流内阻，通常用测试的方法，参考的测试标准包括ISO 12405和FreedomCAR。ISO 12405规定内阻测试分别在高温、低温和常温环境下进行，电池系统SOC可选择为90%或制造商规定的最高允许状态、50%、20%或制造商规定的最低允许状态。

FreedomCAR中规定的混合功率脉冲测试（HPPC）可以测定电池系统10%SOC~90% SOC下的直流内阻，SOC间隔为10%SOC。HPPC测试也是行业中使用最为广泛的内阻测试方法。

在已知各处阻值时，可以通过理论计算的方法获得整包内阻，再与测试进行核对。上述Model S P100DL的整包级内阻便是利用这种方法（来自EVTech&AVL），首先获得了模组的内阻，再计算得PACK级内阻，这里要注意的是各个零部件的串并联关系。

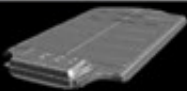
Battery Pack Resistance

Cell Resistance (10-second, 1C): $\sim 30\text{m}\Omega$
Wire Bond Resistance: $1\text{m}\Omega$
Module Bus Bar Resistance: approx $0.1\text{m}\Omega$

Series String Resistance = (Cell Resistance + (2 * Wire Bond Resistance)) / #P
Series String Resistance = $(30\text{m}\Omega + (2 * 1\text{m}\Omega)) / 86 = 0.372\text{m}\Omega$

Module Resistance = (Series String Resistance + (Bus Bar Resistance / 2)) * #S (Cells/Module)

Properties published by AVL, Panasonic, Ricardo

 Tesla's Battery Technology
Part 3 - The Pack

 知化汽车

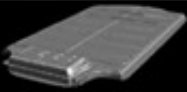
Battery Pack Resistance

Module Resistance = $2.53\text{m}\Omega$
Module/Module Resistance = $0.02\text{m}\Omega$
HV Contactor Resistance = $0.20\text{m}\Omega$
Fuse Resistance = $0.23\text{m}\Omega$
Shunt Resistor Resistance = $0.05\text{m}\Omega$
HV Connector Resistance = $0.2\text{m}\Omega$

Pack Resistance = (Module Resistance * #S (Modules/Pack)) +
... (Module/Module Bus Bar Resistance * (#S (Modules/Pack) - 1) +
... Contactor Resistance + Fuse Resistance + Shunt Resistor Resistance +
... HV Connector Resistance

Pack Resistance = $41.8\text{m}\Omega$

Properties of similar components published by Tyco, Gigavox, Molex

 Tesla's Battery Technology
Part 3 - The Pack

 知化汽车

了解和掌握整个电池系统的内阻分配有助于优化整个系统的内阻，获得更好的能量利用率和更高功率输出。这个通常由整车企业在顶层输出需求时给出，在开发过程中与PACK系统企业进行动态的调整，这个具体调整的过程或是最初如何进行内阻的分配，目前我还没有见到，通用在它的一款PHEV开发需求中对这个内阻分配给出过明确的要求，供大家参考。

Component	Resistance (BOL Max)	Resistance (EOL Max)	Temperature Range	Comments
BDU	3 mΩ	4 mΩ	-30 – 85°C	
MSD/Fuse/Cable Assembly	2.4 mΩ	2.4 mΩ	-30 – 85°C	
HV DC Cables (Internal)	0.4 mΩ	0.4 mΩ	-30 – 85°C	
Cell to Cell Connections (Total)	5.8 mΩ	5.8 mΩ	-30 – 45°C	
Cell to Cell Connection (Individual)	0.12 mΩ	0.12 mΩ	-30 – 45°C	All individual connections (total) must be less than 8mohms
Cell to Cell Connection (Difference)	0.06mΩ	0.06 mΩ	-30 – 45°C	Connection resistance of 2x cells in parallel
Li-Ion Cells (Total)	82 mΩ	TBD mΩ	20°C	HPPC 2-sec discharge at 50% SOC at 20°C
Li-Ion Cells (Individual)	1.7 mΩ	TBD mΩ	20°C	HPPC 2-sec discharge at 50% SOC at 20°C

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/149583.html>