

Simulation Analysis of Electronic Vehicle Battery Box

Xinju Hu, Xikun Ding*, Guoding Yu

XJ Power Co., Ltd., Xuchang
Email: 535124565@qq.com, *dingxikun00@qq.com

Received: Aug. 15th, 2013; revised: Sep. 12th, 2013; accepted: Sep. 22nd, 2013

Copyright © 2013 Xinju Hu et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: The battery box of electric vehicle equipped with lithium ion storage battery module, the main bearing mechanism, and through the quick lock mechanism is locked on the battery box's bracket, which is fixed on the electric vehicle, not only satisfying the vehicle operating's safety, but also satisfying the requirement of electric robot's full-automatic frequent transposing. Owing to the fact that electricity stress condition is comparatively complex in the process of electric motor coach running, this article is based on the computer auxiliary analytical technique, strength analysis under different conditions company procreative the battery box of electric motor coach, and optimal design, then not only achieve the requirements and reduce the cost, but also guarantee the vehicle operating's safety performance. According to the practical action of pure electric vehicle which equipped with this quick change of battery box in Qingdao, Tianjin, Nanjing etc., through CAE method designs quick change of battery box satisfy the requirement of vehicle operating's safety. The method provided theoretical basis for the design and improvement of quick change battery box of electric vehicle design in the future, and promoted the development of electric vehicle business.

Keywords: Electric Vehicle; Battery Box; Locking Mechanism; Simulation Analysis

纯电动汽车动力电池箱仿真分析

胡新举, 丁习坤*, 于国鼎

许继电源有限公司, 许昌
Email: 535124565@qq.com, *dingxikun00@qq.com

收稿日期: 2013年8月15日; 修回日期: 2013年9月12日; 录用日期: 2013年9月22日

摘要: 电动汽车电池箱内装有锂离子蓄电池模组, 电池箱通过快换锁止机构锁紧于托架上, 托架固定于电动汽车上, 电池箱既要满足车辆运行的安全性又要满足换电机机器人频繁更换的要求。由于电池箱在电动客车行驶过程中受力工况较为复杂, 本文基于计算机辅助分析(CAE)技术, 对公司生产的电动商用车电池箱箱体进行不同工况下的力学强度分析, 并进行优化设计, 既达到了减轻重量及成本的要求, 又保证了车辆运行过程中的安全性能。通过青岛、天津、南京等多地装有该快换电池箱的纯电动商用车的实际运行表明, CAE方法设计出的快换电池箱能满足车辆运行安全性的要求, 为以后电动汽车快换电池箱的设计改进提供理论依据, 一定程度上促进了电动汽车行业的发展。

关键词: 电动汽车; 电池箱; 锁止机构; 仿真分析

1. 引言

动力电池箱, 是构成电动汽车最根本的构成元

*通讯作者。

素, 也是影响电动汽车发展的关键因素。特别是快换方式的动力电池箱, 既要满足车辆运行的安全性又要满足换电机机器人频繁更换要求^[1,2]。使用过程中, 通过

快换锁止机构锁紧于在电池箱托架上,托架固定于电动汽车上,电池箱不能用螺丝多点紧固在托架上,而只能设计有限的定位点和锁紧点,因此会有应力集中点。电动汽车电池箱内装有锂离子蓄电池模组,连同箱体重量最大 300 kg,在电动客车行驶过程中受力工况较为复杂,不合理的设计会增加电池箱的重量,或在振动条件下某个局部点会失效破坏^[3,4]。本文借助 CAE 分析方法通过对电动汽车动力电池箱进行有限元分析,在强度满足行业要求的前提下实现电池箱的最大减重;通过青岛、天津、南京等多地装有该快换电池箱的纯电动商用车的实际运行表明,通过 CAE 方法设计出的快换电池箱满足车辆运行安全性的要求,并减重 20%,为以后电动汽车快换电池箱的设计改进提供理论依据,一定程度上促进电动汽车行业的发展。

2. 电池箱箱体的强度分析

电池箱装在电动汽车上面,电动汽车在路面上行驶会产生振动,按照 QCT 413-2002《汽车电气设备基本技术条件》^[5]规定,电池箱要在汽车正常行驶中产生振动的情况下保持结构的稳定。依据 QCT 413-2002《汽车电气设备基本技术条件》中的规定上下方向要抵抗 3 g 的加速度,前后方向及左右方向要抵抗 1.5 g 的加速度,考虑汽车的碰撞等因素,前后及左右各增加 0.5 g,按照上下 3 g 计算,前后及左右 2 g 计算。电池箱的各个部件的机构分析分为如下几种工况。

2.1. 上下 3 g 加速度分析

电池箱是钣金件,在分析中可以简化为壳单元。电池放置在电池盒底部的筋板上,电池盒放置在托架的小滚轮上,小滑轮在轴上。此种工况的边界条件可以转化为:安装小滚轮的轴固定,滚轮和电池盒为真实的接触。上下加速度为 3 g,由于此电池盒左右对称,为了减少计算量,使用对称。电池的重量为 240 kg,加上自重,保守计算按照 300 kg,3 g 的加速度,电池盒上的总重量为 8820 N。

在受到上下 3 g 加速度的冲击时,约束和载荷如图 1,图 2 所示。

应力和位移图解如图 3~5 所示。

从应力分布图解上可以清楚的看出,整体应力分布在电池盒底面的滚轮支撑处,应力数值是 158.6

MPa,从合位移图解看出最大位移是 1.6 mm,从冲击方向的位移分布图解可以看出最大位移是 1.2 mm,是轮子没有顶到的,轮子顶到的是凸起,没有顶到的是凹陷。说明此工况是轮子支撑的地方最先坏。根据分析结果得出轮子支反力的大小如表 1 所示。

2.2. 前后受 2 g 的冲击情况

电池盒底面无加强筋,前后受 2 g (参照 QCT 413-2002《汽车电气设备基本技术条件》)的冲击,约束在校滚轮的内圆上,载荷包括电池的重量和前后 2 g 的冲击。约束和载荷如图 6,图 7 所示。

经过分析,应力和位移图解如图 8~10 所示。

从应力分布图解上可以清楚的看出,电池盒后面板上的小侧支撑板变形比较大,应力是 191.8 MPa,位移量不超过 1 mm,不是很大,此方案在前后承受 2 g 冲击时满足标准要求。

2.3. 左右受 2 g 的冲击情况

电池盒底面无加强筋,左右受 2 g (参照 QCT 413-2002《汽车电气设备基本技术条件》)的冲击,约束在校滚轮的内圆上,载荷包括电池的重量和左右 2 g 的冲击。约束和载荷的图示如图 11,图 12 所示。

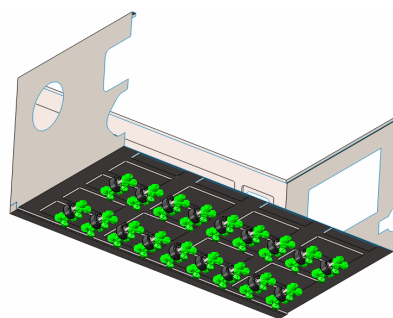


Figure 1. Constraints
图 1. 约束

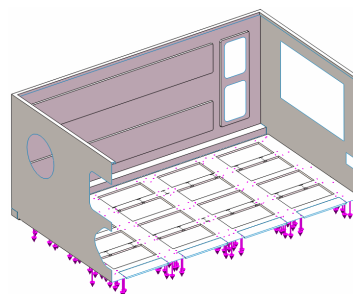


Figure 2. Load
图 2. 载荷

纯电动汽车动力电池箱仿真分析

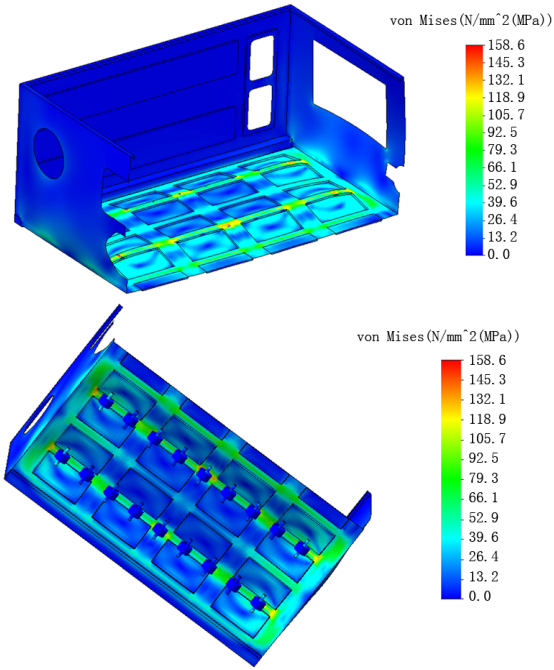


Figure 3. Stress distribution diagram
图 3. 应力分布图解

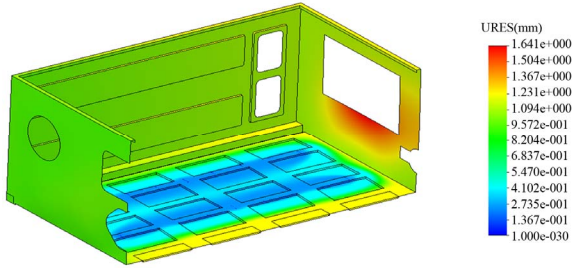


Figure 4. Displacement distribution diagram
图 4. 合位移分布图解

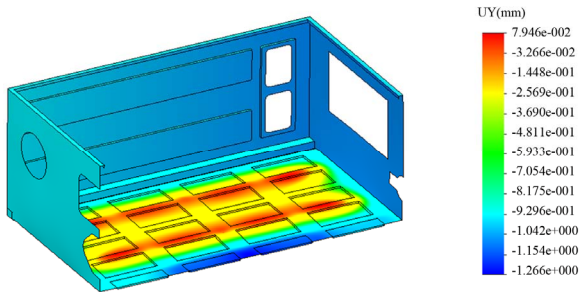


Figure 5. Impact displacement distribution diagram
图 5. 冲击方向位移分布图解

Table 1. Support size and direction of the wheels
表 1. 轮子上的支撑力大小及方向

位置	1	2	3	4	5	6	7	8
外侧轮子支撑力	339	53.8	134.3	84.3	165.3	88.7	133.8	46.2
内侧轮子支撑力	333	81.5	157.4	89.9	202.7	99.1	151.5	71.6

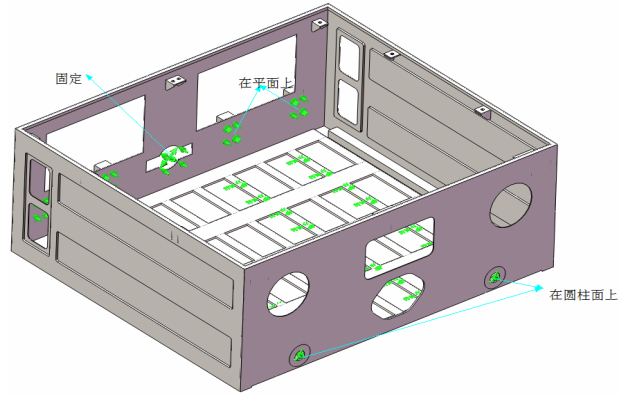


Figure 6. Constraints
图 6. 约束

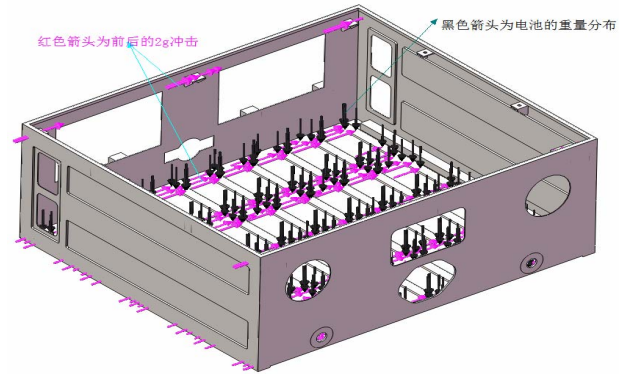


Figure 7. Load
图 7. 载荷

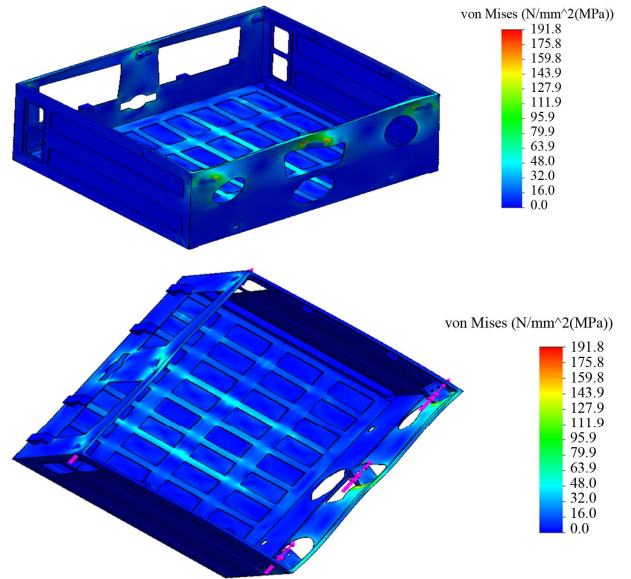


Figure 8. Stress distribution diagram
图 8. 应力分布图解

经过分析，应力和位移图解如图 13~15 所示。

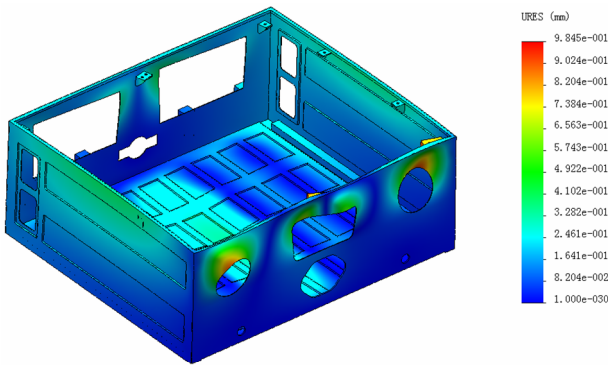


Figure 9. Displacement distribution diagram
图 9. 合位移分布图解

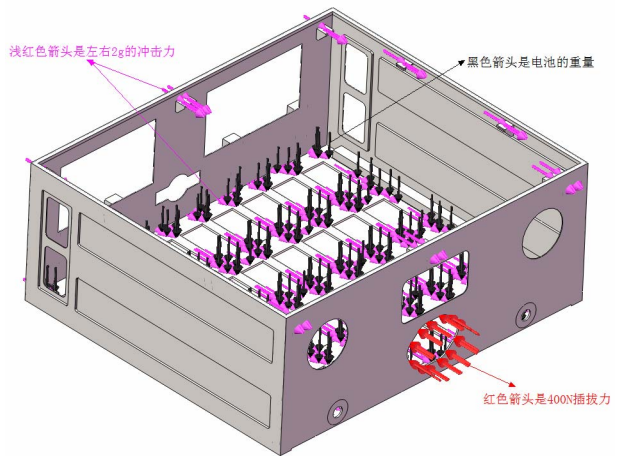


Figure 12. Load
图 12. 载荷

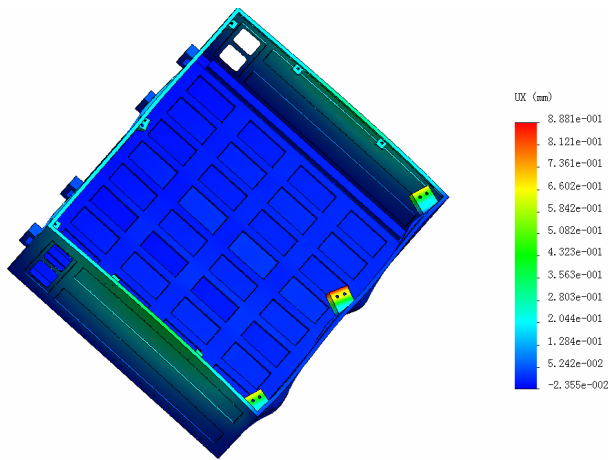


Figure 10. Impact displacement distribution diagram
图 10. 冲击方向位移分布图解

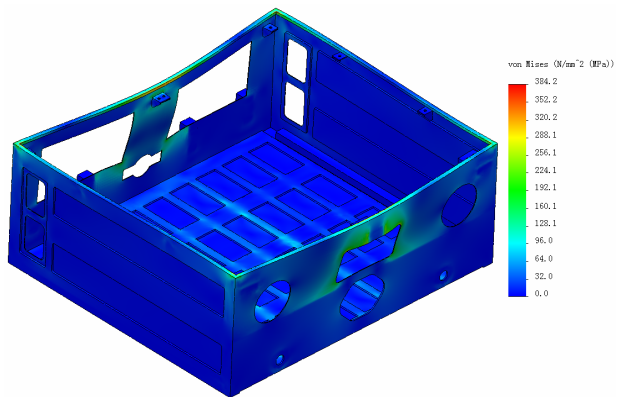


Figure 13. Stress distribution diagram
图 13. 应力分布图解

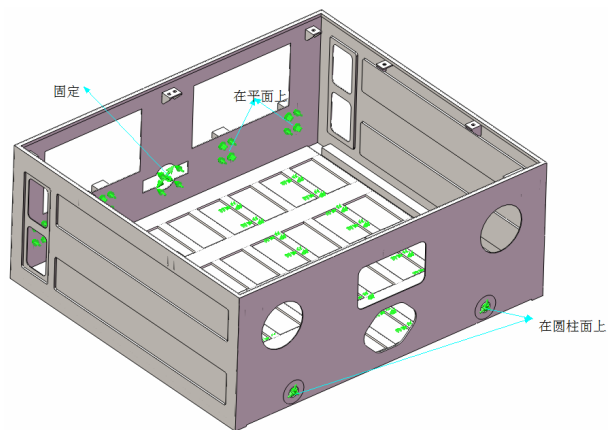


Figure 11. Constraints
图 11. 约束

结果应力分布图解上可以清楚的看出，应力最大已经到 384.2 MPa，位移图解上位移量是 8.5 mm，说明在左右承受 2 g 冲击时是比较危险的，需要在结构的左右方向改进。

3. 箱体优化

通过前面的分析，电池盒在上下受到 3 g 冲击、前后受到 2 g 冲击都没有问题，只有左右受到 2 g 冲击时略显结果薄弱，所以在左右冲击的方向上，把三个单独的设计支撑筋板换成一个长的支撑筋板，同时前面板加一个板，为了简化分析，直接设置前面板厚

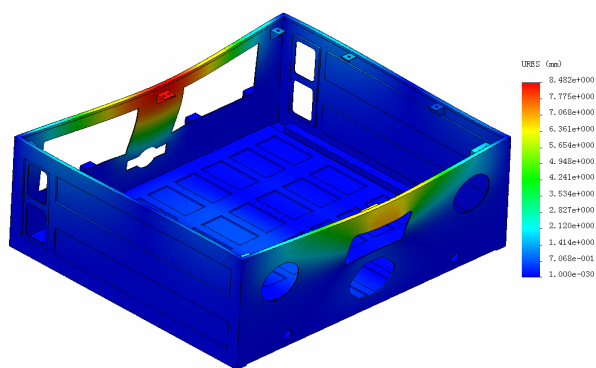


Figure 14. Displacement distribution diagram
图 14. 合位移分布图解

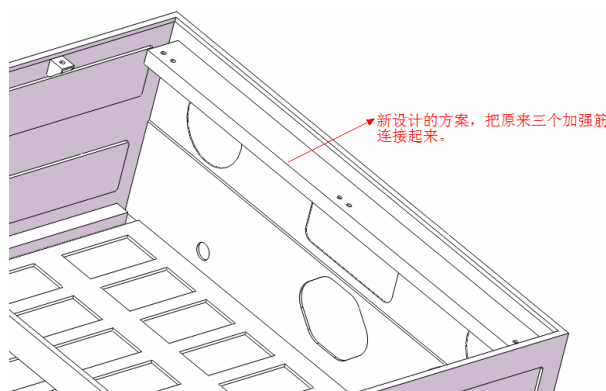


Figure 17. Optimizing design
图 17. 优化设计方案

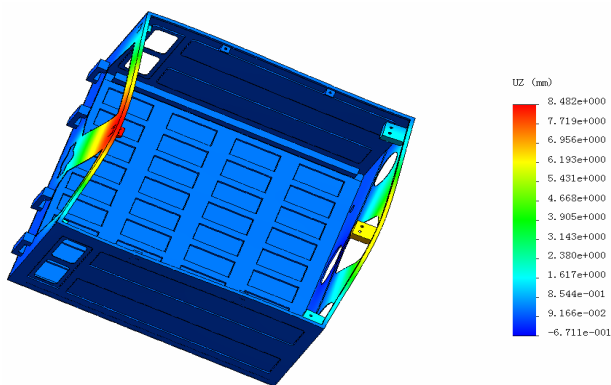


Figure 15. Impact displacement distribution diagram
图 15. 冲击方向位移分布图解

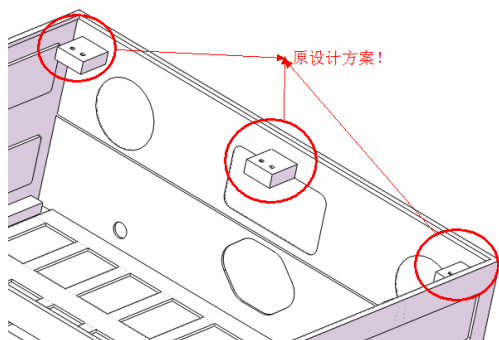


Figure 16. The original design
图 16. 原设计方案

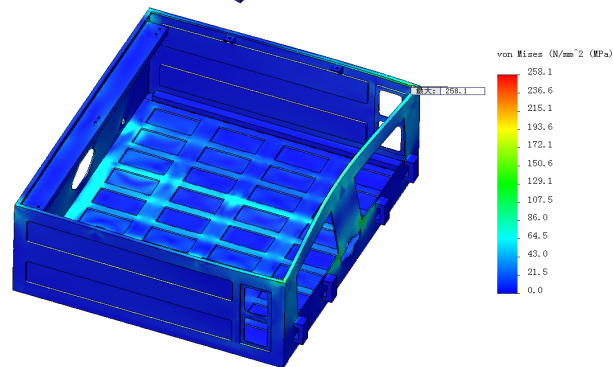
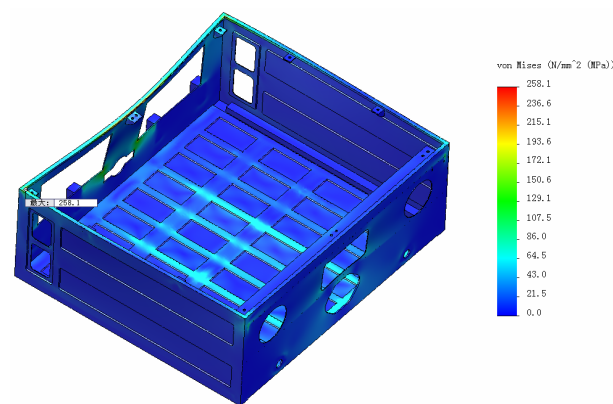


Figure 18. Stress distribution diagram
图 18. 应力分布图解

度为 1.5 mm。分析左右受到 2 g 冲击时的情况如图 16, 图 17 所示。

边界条件和无加强筋左右受 2 g 冲击时边界条件保持一致, 经过分析, 应力图解和位移图解如图 18~20 所示。

从应力分布图解上可以看到, 最大应力位于前面板和侧面板的交接处, 最大应力为 258.1 MPa, 相对于改进前的方案, 应力下降了 126.1 MPa, 应力的分

布也由改进前方案的电池盒前后板变为电池盒底部板。从位移图解来看, 合位移是 6.607 mm, 主要是电池盒后面板, 在左右冲击方向上的位移为 6.606 mm, 主要在电池盒后面板上, 此面板实际情况是两层, 考虑到实际情况, 结合分析的情况, 电池箱体优化方案可行。

4. 结论

本文基于计算机辅助分析(CAE)技术, 按《汽车

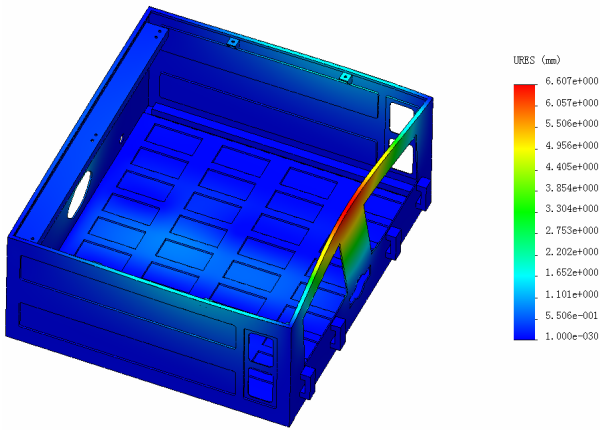


Figure 19. Displacement distribution diagram
图 19. 合位移图解

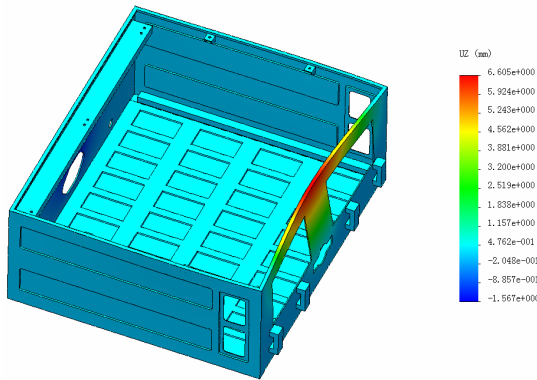


Figure 20. Impact displacement distribution diagram
图 20. 冲击方向位移图解

电气设备基本技术条件》中的规定对公司生产的电动客车电池箱箱体进行不同工况下的结构强度分析，并进行优化设计，既达到了减轻重量及减少成本的要求，又保证了车辆运行过程中的安全性能。经过实测，电池箱比原设计减重 18%，并消除了后面板在长期运行后内凹变形的问题；底板和两侧板设计为一个零件，一次加工完成，既提高了强度，又减少了焊接量。整箱生产成本共降低 20%。

通过电动客车的实际运行，验证了该分析的可靠性与可行性。为以后电动汽车电池箱箱体设计优化提供了分析方法和理论支持，一定程度上加快了电动汽车产业化进程。

参考文献 (References)

- [1] 科学技术部. 电动汽车科技发展“十二五”专项规划[Z]. 2012, 3.
- [2] 国家电网. 纯电动商用车快换电池箱通用技术要求[Z]. 2012, 1.
- [3] 丁丽平等. 电动汽车动力电池箱托架仿真分析[J]. CAD/CAM 与制造业信息化, 2011, 12: 70-72.
- [4] 张永峰等. 电动汽车快换电池箱闭锁机构防脱技术研究[J]. CAD/CAM 与制造业信息化, 2011, 10: 52-57.
- [5] QC/T 413-2002. 汽车电气设备基本技术条件[Z].