

电动汽车充电桩的液体冷却— 使电动汽车始终行驶的秘密

作者
Elizabeth Langer
热管理技术主管
CPC

随着能源消耗和二氧化碳排放量的逐年增加，人们越来越倡导节能减排。大力发展新能源汽车无疑是未来的趋势，用电代油是保证我国能源安全的重要措施。然而，快速、高效和便捷的充电既为电动汽车（EV）带来了益处，同时也带来了挑战。充电更快的高功率充电过程会产生更多的热量，这就需要有效的热管理以实现最佳性能，液体冷却液以及有助于冷却的连接管显得尤为重要。

电动汽车未来的充电趋势：更广泛、更安全、更快捷

据前瞻产业研究院发布的《中国电动汽车行业市场需求预测与投资战略规划分析报告》统计数据显示，2019年3月，新能源汽车产销分别完成12.8万辆和12.6万辆，其中，电动汽车产销分别完成10万辆和9.6万辆，比上年同期分别增长96.2%和83.4%。由此可见，在中国新能源汽车市场中，电动汽车的产销增长是新能源汽车市场的主要驱动力。^[1] 相关专家预测，到2030年，全球电动汽车的数量将扩大到1.3亿至2.5亿，^[2] 中国市场电动汽车产销量将超过1500万。^[3]

对于驾驶员而言，使用电动汽车的障碍之一是存在“续航焦虑”，即驾驶员希望能够在需要的时间和地点找到充电站，特别是在长途旅行中。这个“焦虑”可以通过安装更多的充电站和充电桩来解决。据相关数据显示，截至2019年第二季度末，中国公共充电桩保有量达到41.2万台，同比增长51.5%；2018年7月至2019年6月平均每月新增11,656台公共充电桩。^[4]

目前市场上大多数电池的能量密度都在保持在130-160WH/kg之间，若想提高续航里程的能力，最实际的办法就是加大电池容量，实现“多吃快跑”的效果。此外，充电速度还取决于电动汽车和充电站之间的兼容性。为了优化电动汽车的电池寿命，专家建议车辆需保持30%~80%的电量，因此频繁充电很正常。有些电动汽车电池容量大，自然续航里程就高，但同时充电过程会产生更高的热量和温度，潜在风险也会随之增加。



如今,存在三种主要的充电类型,并且正在探索第四种更快的选择:

| 充电器类型 | 电源/输出 | 典型充电时间 |
|--------------------------|--|---------------------------------------|
| 等级1 | 使用标准的120V AC电路。 输出:12-16安;约1.44千瓦至1.92千瓦 | 8-10小时,取决于型号; 用于家庭充电,每小时充电可行驶2-5英里 |
| 等级2 | 使用208 / 240V AC电路。 输出:15-80安;约3.1 千瓦至19.2千瓦 | 4-8小时;可在家中使用,每小时充电可行驶10-20英里 |
| 等级3 直流快速充电器 (DCFC) | 使用三相480V交流电路,将其转换为直流电到车辆。 输出:高达500安;50kW至350 kW | 30-60分钟;每小时充电可行驶60-80英里 |
| 下一代:极速充电器 (XFC) | 800V 输出:400千瓦以上 | 充电可行驶200英里范围的时间:约7.5分钟 |

电动汽车发热和液体冷却

更高的功率使更快的充电成为可能,但也会产生大量热量。DCFC和XFC的热负载需要先进的冷却技术以保证其安全可靠的运行。例如,极速充电器可以在充电几分钟后将电池组温度推升至270°C/514°F。美国能源部2017年的一份报告指出,在XFC站进行冷却的唯一可行方案是提供冷水或冷却液给车辆。^[6]

充电速率与可用功率有关—电流和电压的函数。鉴于功率转换固有的效率低下,废物以热的形式散发。使用下面的功率效率方程式,具有90%充电效率(n)的350kW快速充电系统将产生近40kW的废热消散。

$$P_{\text{waste}} = P_{\text{out}} (1/n - 1)$$

现有的电池热管理系统 (BTMS) 能够处理1-5千瓦,而下一代可能需要处理25千瓦或更高的功率。

考虑到现有空气冷却解决方案的局限性,液体冷却是使车载电池/电池组,充电站和其他关键EV组件(例如充电电缆)高效运行合理的一步。随着功率的增加,所有这些部件都能够处理随着功率增加而产生的热量。



- **EV充电站:** 级别1和级别2充电器使用板载转换器来管理流向电池组的功率。级别3及更高级别的充电通常包括外部转换器和EVSE (EV供应设备) 控制,以安全有效地管理较高的功率负载。尽管充电器和车辆之间的EVSE通信协议设置了适当的充电电流,但级别3功率转换器仍需要有效的热管理,通常以液体冷却的形式进行。
- **车辆电池/电池组:** 为了最大程度地延长使用寿命和提高性能,必须在操作和充电过程中对车载电池进行热调节。低温会降低电池的电量 and 容量,从而减小续航里程。另一方面,较高的温度导致加速老化。较高的电流由于内部电阻而产生更多的热量,因此电池和电池组的冷却至关重要。用

于电池单元和电池组的液体冷却方法包括冷板式冷却,或采用绝缘液全浸没式冷却。

与冷却相关的风险很高,不仅要确保安全有效的运行,而且还要避免损坏设备。关于电池的热设计,美国能源部车辆技术办公室的报告指出:“... [EV]液体流动通道通常更复杂,需要大量的连接,导致故障的可能性更高。如果液体冷却系统发生故障,则液体冷却有可能使电池组中的相邻电池短路,从而导致热失控。”[7] 同一份报告指出,液体冷却是用于冷却的首选热管理策略。EV电池具有较高的热容量和导热系数。因此,液体冷却至关重要-冷却系统中连接器的坚固性也很重要。

- **充电电缆:** 随着充电率的增加,带接线和电气连接器的千瓦时最大功率存在技术限制。直流快速充电器需要更大的导体。随着充电速度和相关热量的增加,电缆将变得笨重。液冷充电电缆可以使用较细的电线,并且可以将电缆重量减少40%^[8]—重量更轻的电缆更易于充电者使用。一些技术已经提供了液体冷却功能,可以降低充电电缆中以及车辆电连接器直流触点处的温度。

优化液体冷却—流体连接器注意事项

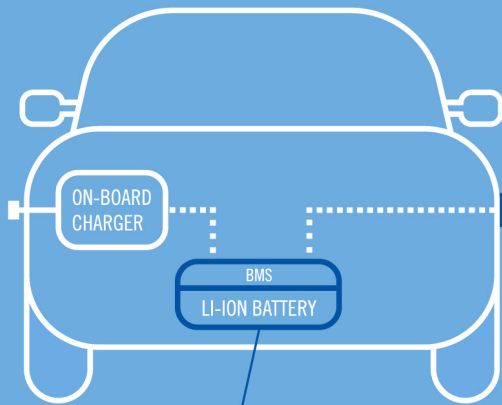
EV和EVSE液体冷却中使用的设计良好的流体连接器将:

- 专为液体冷却应用而设计,无论是标准产品还是定制产品。

- 满足或超越流体兼容性,流量,压力和温度性能需求。
- 耐受适用的环境操作条件—v例如,在车载电池使用的连接器的情况下,温度范围广,暴露于湿气,灰尘以及振动。
- 避免泄漏—坚固的密封设计必须能够承受安装和使用压力(侧向载荷,挠曲,拉力),而又不会损害密封,从而使昂贵且至关重要的组件暴露在流体中。
- 保持长期性能。
- 提供可靠的,可重复的性能以及相关的验证报告。



电动汽车使用液体冷却之处



在车载电池内

在液冷电缆中

级别3直流快速充电器 (DAFC)收费;
未来将使用极速充电器 (XFC)

在为EV / EVSE液体冷却应用指定连接器时, 以下特性和性能参数对于确保组件相对于整个系统要求发挥最佳作用非常有用。

| 性能特性 | 说明和相关注意事项 |
|---|--|
| 连接器类型 | |
| 考虑空间限制, 所需的连接力, 易用性以及确认安全连接的能力以及其他基准性能参数 | |
| 快速断开 (QD) | 用于液体冷却的连接点; 密封件和内部阀具有无溢漏性能, 可应对包括可更换电池组在内的电动汽车应用的压力, 流量, 化学相容性和操作条件; 车辆上集成的电池组/电池; 以及EV充电站电源逆变器 |
| 指锁 | 集成的拇指门锁允许单手操作, 简化了连接/断开; 可听见的“咔嗒”声确认完全连接 |
| 盲插 | 需要单独的锁止装置, 例如单独的门锁; 释放力使QD断开连接; 难以看到空间狭小位置的好选择 |
| 90度弯快接, 可旋转接头的量子点 | 集成的旋转接头和90度弯消除了弯管, 并通过定向门锁使在狭窄空间中的连接和断开更加容易, 以便于操作 |
| 连接器材料 | |
| 考虑化学相容性, 与冷却剂接触的材料 (阀门, 密封件, 连接器主体等接液材料), 压力, 温度, 可靠性, 重量 | |
| 金属 | 耐用, 可承受粗糙的处理, 容易腐蚀—维护冷却液系统对于持久的无泄漏性能至关重要 |
| 聚合物 | 轻巧, 紧凑, 可为流体管道提供独特的几何形状; 工程聚合物通常比金属便宜, 在低压 (<200 PSI) 中温 (<80°C) 应用中提供了足够的强度和耐久性; 良好的阻燃性—寻找符合UL94-V0的材料 |
| 组合: 金属/聚合物 | 将金属外壳的强度与内部的高性能工程聚合物组件结合在一起; 坚固的外壳可承受外力冲击, 而坚固的工程级热塑性塑料可耐受腐蚀并优化流量性能 |
| 冷却液类型 | 接液材料的化学相容性至关重要。当存在导电液体, 例如水或乙二醇/水时, 应避免使用异种金属, 以防止发生电化学腐蚀。应根据与冷却液的相容性来选择诸如弹性体O形圈, 管道或热塑性连接器之类的聚合物组件。某些导电介质和制冷剂可能需要特别考虑兼容性。 |

流量, 压力和压降

考虑冷却电动汽车内各种组件所需的流量 (例如车载电池, 电动汽车充电站电源逆变器)

| | |
|-------|---|
| 流量 | 由于传热能力与流体质量流量有关, 因此高流量连接器还必须保持低压力损失, 以提高效率。冷却剂流速根据管理的热负荷, 流体类型和冷却系统类型而变化。考虑到这些变量和连接器在系统中的位置, 流量 (Q) 可能为 $0.25 \leq Q \leq 10 \text{gpm}$ 。超过连接器最大流量可能导致密封失效或加速零件腐蚀。 |
| 连接器尺寸 | 指定合适的连接器尺寸-等效流量直径。板载冷却回路连接器的尺寸通常为1/8英寸至1/2英寸。EV快速充电站冷却系统可能需要1/2英寸或更大的接口, 以支持更高的流量。寻找具有优化流量系数的快速断开连接, 以帮助减少通过连接器的压降和冷却系统的负担; 还应考虑可用的空间, 以确保有足够的空间进行连接, 断开和持续使用。 |
| 压力 | 应评估操作压力, 喘振压力和爆破压力。工作压力定义了正常工作系统使用期间的通常压力范围和常规压力范围。爆裂压力表示组件不再保持压力的点, 通常与机械故障对应。喘振压力在表征失控情况或极端环境条件 (例如运输过程中的热循环) 时可能很有用。泄压机构可以并入冷却系统或快速断开装置本身, 以减轻过压的风险。 |
| 压降 | 流速和连接器尺寸都会影响压降; 计算整个冷却系统的压降。要计算通过快速断开接头的给定流量下的压降, 请使用以下公式: $Q = C_v \sqrt{(\Delta P / SG)}$ Q = 每分钟加仑的体积流量 Cv = 连接器的流量系数* ΔP = PSI中的压降 (上游压力与下游压力之间的Δ) SG = 流体比重 *发布的Cv值通常与水有关。如有必要, 对使用的特定冷却液应用校正系数。 |

止流/无溢漏性能

考虑断开时冷却液溢出的公差等级。材料, 密封件, 阀门类型和整体连接器设计会影响断开时的冷却液液位。

| | |
|-------|--|
| 直通连接器 | 断开连接时, 连接器两端都没有截流功能 |
| 单截止阀 | 快速连接器的一侧装有一个止流阀 |
| 双截止阀 | 快速连接器的两端都装有阀门。断开阀门将少量液体截留在连接器内, 断开时会滴落 |
| 冲洗阀 | 大多数无溢漏/干断/无泄漏快速连接器均具有平阀设计, 仅允许在阀表面上覆盖一层冷却液 |

应该对连接器进行测试, 以确保特定应用需求的功能和性能。可以通过CPC或授权分销商提供的验证报告来提供有关其液体冷却连接器的测试方法和结果的透明性。

CPC团队运用其在热管理方面的丰富知识来开发耐用的, 专用的液体冷却连接器解决方案。

使用液体冷却的电动汽车和其他类别的客户依靠CPC的工程专业知识来确保其产品和系统提供持久, 高效, 无泄漏和可靠的性能。

通过包括定制产品在内的广泛解决方案, CPC连接器甚至可以满足最苛刻的应用要求。有关更多信息, 请访问:cpcworldwide.com/liquid-cooling。或通过以下方式联系我们的热管理/液体冷却工程师之一:
[cpcworldwide.com/liquid-cooling](mailto:marketing@cpcworldwide.com)。或通过以下方式联系我们的热管理/液体冷却工程师之一: [询问我们的工程师](#)。

参考

1. IEA (2019). Global EV Outlook 2019. IEA, Paris. Retrieved at: <https://www.iea.org/publications/reports/global-ev-outlook-2019/>
2. Joselow M. The U.S. has 1 million electric vehicles, but does it matter? Sci Am. (2018.) Retrieved at: <https://www.scientificamerican.com/article/the-u-s-has-1-million-electric-vehicles-but-does-it-matter/>
3. Penn I. Las Vegas and back by electric car: 8 hours driving; 5 more plugged in. New York Times. June 22, 2019. Retrieved at: <https://www.nytimes.com/2019/06/22/business/energy-environment/electric-cars-charging.html>
4. About electrical vehicle charging. Electrify America. Retrieved at: <https://www.electrifyamerica.com/about-ev-charging>
5. Chon S., Bhardwaj M., Nene H. Maximizing power for Level 3 EV charging stations. Retrieved at: <http://www.ti.com/lit/wp/sway014/sway014.pdf>
6. California Energy Commission. (Jan. 2018). Electrical vehicle charger selection guide. Retrieved at: https://afdc.energy.gov/files/u/publication/EV_Charger_Selection_Guide_2018-01-112.pdf
7. U.S. Dept. of Energy/Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. (Oct. 2017). Enabling fast charging: A technology gap assessment. Retrieved at: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/10/f38/XFC%20Technology%20Gap%20Assessment%20Report_FINAL_10202017.pdf
8. Keyser M. et al. Enabling fast charging—battery thermal considerations. J. Pow Sour 367 (2017) 228-236. Retrieved at: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1408689>
9. Cooper L. Liquid cooling tech used in high power charging solution for EVs. Electronic Specifier. (Jan. 9, 2018). Retrieved at: <https://automotive.electronicspecifier.com/power/liquid-cooling-tech-used-in-high-power-charging-solution-for-evs>



有关更多信息, 请访问:
cpcworldwide.com/liquid-cooling.

联系 CPC :
marketing@cpcworldwide.com.

通过以下方式联系我们的热管理/
液体冷却工程师:
[Ask Our Engineers](#).

Confidence at every point of connection.

