

新能源汽车用户充电效率的直流充电桩充电方案研究

龙春林
(上汽通用五菱汽车股份有限公司 广西 柳州 545007)

摘要：为提升某汽车试验场用户充电效率，分析目前影响用户直流充电桩充电效率的因素。收集 2020 年 2 月 5 日至 3 月 5 日直流快充充电桩使用情况资料并进行调查与分析。某汽车试验场直流充电桩用户充电效率仅为 37.5%，空置率为 62.5%。根据实际摸底情况和方案试运行，证明司机错峰上班、车辆错峰充电的方法可行且有效，可显著提升直流快充充电桩使用率，对试验场快充充电新能源试验车辆的容量提升具有重要意义。

关键词：充电效率；错峰充电；试验场

0 引言

中国现在面临着严重的环境污染和能源短缺问题。电动汽车产业现在是全世界应用新能源最多的产业之一，新能源电动汽车低污染、低能耗的优势越发明显。与传统燃油车相比，电动汽车使用的是由电力、太阳能、风能转化而成的清洁能源，而传统燃油汽车通过汽油、柴油的燃烧由发动机产生动能^[1]。从而根本上减少了碳排放，降低污染，与国家碳中和的政策基本保持一致。出于保护环境及碳中和政策，国家对北京、上海等多地及城市进行燃油车限号出行，对人们的日常工作及生活带来不便，而对新能源电动汽车却不限号、不限行，

同时购买新能源汽车还有免除购置税的政策，这些举措大大提升了新能源电动汽车的市场销量及热度。另外，新能源电动汽车耗能低，耗电一般在 10°/100km 左右，费用在 6 ~ 7 元。而传统燃油车燃油消耗在 8 ~ 10L/100km，费用约 70 ~ 90 元，费用基本上是电动汽车的 10 倍。截至目前，电动汽车的发展已经成为了全世界汽车行业的趋势，电动汽车的主要充电设备是充电桩，而且其主要技术是目前电动汽车被大量应用的主要前提^[2]。

1 现状及问题

随着新能源电动汽车的销售数量及种类不断增多，

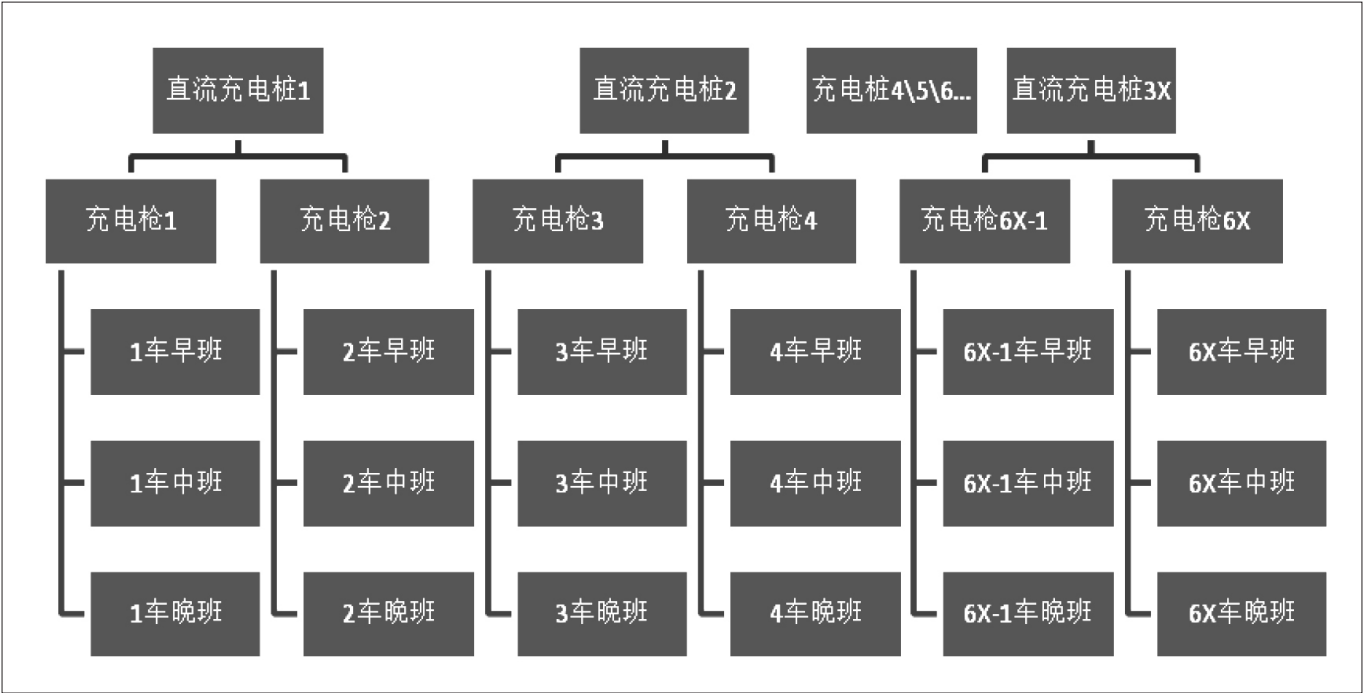


图 充电策略图

人们对充电时间的要求越来越高，某公司汽车试验场最初的充电桩种类及数量，已经较难满足用户对试验场试验车辆充电的升级要求^[3]。从近两年市场发展趋势看，直流快速充电桩是未来的发展趋势，而与之匹配的带有快充、长续航的新能源电动汽车也是目前各大车企主要开发的项目车型。某试验场目前有直流快速充电桩 3X 台，充电枪 6X 把。原来的充电策略为每把直流快充充电枪管 1 台常规耐久车 1 天 3 个班（早、中、晚班），具体策略如图所示。

2020 年 2 月 5 日至 3 月 5 日，试验车辆早中晚三班试验及充电时间数据基本如表 1 所示。

从表 1 中可以发现，早班试验完充电时间在 11:00-13:00，中班试验完充电时间在 18:00-20:00，晚班试验完充电时间在 01:00-06:00，每班充电时间分别为 2h、2h、5h。在 1 枪 1 车 3 班的策略下，直流充电桩用户充电效率为： $(2+2+5)/24\times 100\%=37.5\%$ 。试验时长 5h，平均执行每个环路时长 $5\times 60/12=25$ （min），其中实际规范时间 20min，休息时间 5min。

随着直流快充试验车辆数量的迅速增加，预计未来 3 月后达到最高峰的 15X 台，是原来测试数量的 2.5 倍，

表 1 试验及充电时间表

班次	状态	开始时间	结束时间	试验时长/h	每班目标环路进度
早	试验	6:00	11:00	5	12 个环路
	充电	11:00	13:00	2	—
中	试验	13:00	18:00	5	12 个环路
	充电	18:00	20:00	2	—
晚	试验	20:00	次日 1:00	5	12 个环路
	充电	1:00	6:00	5	—

表 2 1 枪 2 车 3 班方案 -1

车辆	班次	状态	开始时间	结束时间	时长/h	每班目标环路进度
A	早	试验	6:00	11:00	5	12 个环路
		充电	11:00	13:00	2	—
	中	试验	13:00	18:00	5	12 个环路
		充电	18:00	20:00	2	—
	晚	试验	20:00	次日 1:00	5	12 个环路
		充电	1:00	6:00	5	—
B	早	试验	8:00	13:00	5	12 个环路
		充电	13:00	15:00	2	—
	中	试验	15:00	20:00	5	12 个环路
		充电	20:00	22:00	2	—
	晚	试验	22:00	次日 2:00	4	9 个环路
		充电	6:00	8:00	2	—

按现有充电策略，未来将短缺大量的直流充电桩，对试验进度产生严重影响。

2 方案的制定与实施

在现有的策略下，直流充电桩用户充电效率为 37.5%，需要通过提升充电策略，提高直流充电桩的使用效率，且保证试验样车的试验进度。为此，设计以下策略并进行实施。

2.1 1 充电枪管 2 台试验车每车 3 个班次充电（简称“1 枪 2 车 3 班”）

如表 2 所示，A 试验样车按照之前 1 枪 1 车 3 班的充电方案执行。早上 6:00 对 B 车进行 2h 的充电，B 车司机在早上 08:00 进行 B 车试验。A 车早班完成后，在 11:00 对 A 车进行充电，充电 2h 后进行中班试验，并对完成早班的 B 车进行充电。B 车在充电 2h 后进行中班试验，A 车中班完成后，在 18:00 对 A 车进行充电，充电 2h 后进行晚班试验。同时，对完成中班的 B 车进行充电，B 车在充电 2h 后在 22:00 进行晚班试验。A 车在次日凌晨 01:00 完成晚班试验，并进行充电，充电时间为 01:00-06:00；B 车在次日凌晨 02:00 完成晚班试验，并等待 A 车第二天进行早班试验时，A 车司机对 B 车进行充电，从而实现了 1 枪 2 车 3 班方案的不间断实施。通过实践，发现该方案存在一定的局限性：B 车晚班只能试验到凌晨 2 点（某试验场规定），试验时间少一个小时，环路规范少执行 3 个。

目前试验直流充电桩的试验车辆的续航里程都在 300km 以上，单个环路规范里程为 11km，而 12 个环路规范所需的总里程为 132km，只占续航里程的 45% 左右；再加上车辆在连接路上的损失（约 10km）以及空调、多媒体的使用，完成 12 个环路规范后的剩余电量约为 30% ~ 35%。而某公司电量为 30% ~ 35% 的在测产品的充电时间为 1 ~ 1.5h，按产品 300km 续航充电容量 32kWh 进行计算，车辆在充电时的电压为 315V，电流约为 50A，每小时充电容量为 15.8kWh，进行 70% 的电容容量的充电，时间为： $32\times 70\%/15.8=1.4h$ 。那么，对方案进行优化，将充电时间安排为 1.5h，确保车辆充电 100%，具体方案如表 3 所示。A/B 车试验时间均在试验场开放时间内，1 枪 2 车 3 班方案切实可行；但也有风险存在，如收班时电量低于 25%，1.5h 可能无法充满电。

2.2 1 充电枪管 3 台试验车每车 3 个班次充电（简称 1 枪 3 车 3 班）

对于 1 枪 2 车 3 班的策略，直流充电桩用户充电效率为 $(6+2+4)/24\times 100\%=50\%$ ，与最初方案对比，提高了直流充电桩的使用效率，能满足 2 倍的试验需要；而未能满足 2.5 倍试验车辆增加的需求，因此重新设计以下策略并进行方案实施，如表 4 所示。

表 3 1 枪 2 车 3 班方案 -2

车 辆	班次	状态	开始 时间	结束 时间	时长 /h	每班目标 环路进度
A	早	试验	6:00	11:00	5	12 个环路
		充电	11:00	12:30	1.5	—
	中	试验	12:30	17:30	5	12 个环路
		充电	17:30	19:00	1.5	—
	晚	试验	19:00	次日 0:00	5	12 个环路
		充电	0:00	2:00	2	—
B	早	试验	7:30	12:30	5	12 个环路
		充电	12:30	14:00	1.5	—
	中	试验	14:00	19:00	5	12 个环路
		充电	19:00	20:30	1.5	—
	晚	试验	20:30	次日 1:30	5	12 个环路
		充电	2:00	6:00	4	—

表 4 1 枪 3 车 3 班方案 -1

车辆	班次	状态	开始 时间	结束 时间	时长 /h	每班目标 环路进度
A	早	试验	6:00	11:00	5	12 个环路
		充电	11:00	12:30	1.5	—
	中	试验	12:30	17:30	5	12 个环路
		充电	17:30	19:00	1.5	—
	晚	试验	19:00	次日 0:00	5	12 个环路
		充电	0:00	2:00	2	—
B	早	试验	7:30	12:30	5	12 个环路
		充电	12:30	14:00	1.5	—
	中	试验	14:00	19:00	5	12 个环路
		充电	19:00	20:30	1.5	—
	晚	试验	20:30	次日 1:30	5	12 个环路
		充电	2:00	6:00	4	—
C	早	试验	9:00	14:00	5	12 个环路
		充电	14:00	15:30	1.5	—
	中	试验	15:30	20:30	5	12 个环路
		充电	20:30	22:00	1.5	—
	晚	试验	22:00	次日 2:00	4	9 个环路
		充电	6:00	8:00	2	—

在 1 枪 2 车 3 班方案 -2 的基础上,增加一台 C 试验车,即变成了 1 枪 3 车,具体如表 4 所示。C 车司机待车辆充电 2h 后,在早上 09:00 进行 C 车试验,早班 14:00 完成试验后返回充电,15:30 进行中班试验,20:30 完成中班试验返回充电,22:00- 次日 02:00 进行晚班试验。C 车

司机在 02:00 下班后,需帮完成充电的 A 车拔下充电枪,并给 B 车充上电。A 车司机早上开班时需把 B 车充电枪拔下,并给 C 车充电,从而实现了 1 枪 3 车 3 班方案的不间断实施。从表 4 中可以看出,A、B 两车早中晚 3 个班都能完成 12 个环路规范,而 C 车早中班能完成 12 个环路规范,由于试验场最晚只开放到凌晨 2 点,C 车辆晚班只有 4h 试验时间,所以只能完成 9 个环路规范。总的试验完成率为: $(12 \times 8 + 9) / (12 \times 9) \times 100\% = 97.2\%$,达不到最优试验 100% 的完成率。

如表 5 所示,由于试验场最晚只开放到凌晨 2 点,A、B 车辆每班安排 4.5h 试验时间,总的试验完成率为: $(12 \times 3 + 10 \times 6) / (12 \times 9) \times 100\% 8.8\%$ 。与 1 枪 3 车 3 班方案 -1 相比较,差 8.4%,通过方案比对及实践证明,1 枪 3 车 3 班方案 -1 是 1 枪 3 车 3 班的最优方案。直流充电桩的使用效率达到: $(5+7+5) / 24 \times 100\% = 70.8\%$ 。

通过 1 枪 3 车 3 班方案 -1,可以将原方案中的每天每把直流快充充电枪只管 1 台车 3 个班,变成能管 3 台车 3 个班,充电效率从 37.5% 提升至 70.8%,从 1 枪 3 车 3 班方案 -1 中可以看出,08:00-11:00 的 3h、15:30-17:30 的 2h、22:00-24:00 的 2h 是充电桩的闲置时间,是可以进行

表 5 1 枪 3 车 3 班方案 -2

车辆	班次	状态	开始 时间	结束 时间	时长 /h	每班目标 环路进度
A	早	试验	6:00	10:30	4.5	10 ~ 11 个环路
		充电	10:30	12:00	1.5	—
	中	试验	12:00	16:30	4.5	10 ~ 11 个环路
		充电	16:30	18:00	1.5	—
	晚	试验	18:00	22:30	4.5	10 ~ 11 个环路
		充电	22:30	0:00	1.5	—
B	早	试验	7:30	12:00	4.5	10 ~ 11 个环路
		充电	12:00	13:30	1.5	—
	中	试验	13:30	18:00	4.5	10 ~ 11 个环路
		充电	18:00	19:30	1.5	—
	晚	试验	19:30	0:30	5	12 个环路
		充电	0:30	2:00	1.5	—
C	早	试验	8:30	13:30	5	12 个环路
		充电	13:30	15:00	1.5	—
	中	试验	15:00	19:30	4.5	10 ~ 11 个环路
		充电	19:30	21:00	1.5	—
	晚	试验	21:00	2:00	5	12 个环路
		充电	2:00	6:00	4	—

(下转第 87 页)

5.3.2 一次透照区

根据 GJB 1187A-2001 中 5.7.1 的规定：一次透照的最大有效区取决于允许透照比 K ，平板状的非金属构件的 K 值不大于 1.03。本次的工件的透照厚度为 10mm，由 ≤ 1.03 ，可计算出 $L \leq 293\text{mm}$ 。由于此次采用的柯达 AA400 胶片的规格为 430mm×350mm，工件规格为 800mm×350mm×10mm，因此能够计算出透照次数为 3 次。

6 飞机方向舵射线检测报告

本次飞机方向舵射线检测报告如表所示。

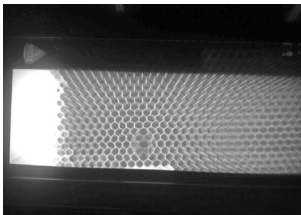
7 结语

蜂窝塌陷是复合材料类工件在加工过程中或成品使用中造成的芯格沿芯格壁方向受压变形，格壁影像变得不清楚的情况。根据本次采用的 GJB 5106-2016 验收标准，夹层板内部 A 级、B 级、C 级区域类零件都不允许存在蜂窝塌陷。所以，判定此工件不合格。

参考文献：

[1] 李家伟. 无损检测手册 [M]. 北京：机械工业出版社，2001.

表 飞机方向舵射线检测报告

工件名称		飞机方向舵				
铸造形式		手糊压层	工件材质	碳纤维	工件规格	10mm
工艺条件	设备型号	XSD-160	胶片类型	柯达 AA400	增感方式	—
	管电压	49kV	管电流	8mA	焦距	1.2m
	曝光时间	4min	底片黑度	1.86	透照方式	垂直单壁透照
评定结果	评定标准	GJB5106-2016		验收等级	A 级	
	缺陷数量	1		缺陷性质	蜂窝塌陷	
暗室处理底片： 						
检测结果： 此次飞机方向舵在射线检测过程中，发现一处蜂窝塌陷，根据 GJB 5106-2016 规定，不允许存在此类缺陷，因此判定此工件不合格。						
检测人\资格：			审核人\资格：		批准人\资格：	
年 月 日			年 月 日		年 月 日	

- [2] 美国无损检测学会. 美国无损检测手册：渗透卷 [M]. 上海：世界图书出版社，1994.
- [3] 胡天明. 表面探伤 [M]. 武汉：武汉测绘科技出版社，2000.
- [4] 姜兆华，孙德智，邵光杰. 应用表面化学与技术 [M]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2000.

(上接第 83 页)

重新分配的充电时间段。22:00-24:00 这个时间段车辆充完后，只能试验 2h，无法进行完整的整车耐久试验，但是，可以提供这三个时间段给 3 台性能试验车辆进行充电，使得每把枪能满足 3 台耐久车和 3 台性能车的充电需求（共计 6 台车，数量是最初的 6 倍），从而使得充电桩的充电效率在试验场满负荷运行的时候达到 100%。

因此，试验的充电车辆数及容量（耐久试验车辆 + 性能试验车辆）从 6X 提升至 36X，是原来的 6 倍。此方案的设计与实施，极大地节约了直流充电桩的新投资，按每台 4 万元的投资成本算，节约 24X 万元人民币的投资成本，完全达到某公司节本增效的最初设计预期。

3 结语

根据实际摸底情况和方案试运行，司机错峰上班、车辆错峰充电的方法可行且有效，可显著提升直流快充

充电桩的使用率。根据实际试验样车数量，直流充电桩通过 1 枪 2 车 3 班方案 -2 以及 1 枪 3 车 3 班方案 -1 的穿插使用，对试验场快充充电新能源试验车辆的容量提升具有重要意义。

参考文献：

- [1] 刘兵，王玉磊，刘策. 某国产汽车强化腐蚀试验分析 [J]. 北京汽车，2020(01):43-46.
- [2] 李洁，赵峰. 光伏储能式电动汽车直流充电桩的研究与设计 [J]. 绿色科技，2019(18):192-193.
- [3] 韩杰. 新能源电动汽车充电技术开发应用研究 [J]. 时代汽车，2022(17):118-120.

作者简介：龙春林（1980.03-），男，汉族，广西柳州人，本科，工程师，研究方向：整车试验。