

# 软包注液机的常见问题与解决方案

徐宏阳

浙江省杭州市 310000

**摘要：**注液机是锂电池制造过程中的一个关键设备。软包注液机先将电解液按要求的重量注入电池内部，而后电池按照工艺要求的循环参数完成静置，最后完成电池气袋口的封装及下料。本文介绍了软包注液机结构组成和常见问题，同时也提供了现场可以实践的解决方案，以达到降低生产成本，提高经济效益的目的。

**关键词：**锂电池软包注液机；结构组成；工艺流程；常见问题；解决方案

## 引言

由于锂电池主要具有以下优点：能量密度高，使用寿命长，自放电率很低，重量轻，绿色环保等优点，使得锂电池广泛应用于消费类和动力类的商品。近年来，随着智能手机、平板电脑、移动电源等便携式消费电子的普及，消费类锂电池出现稳步增长的趋势；此外，随着我国新能源汽车和储能锂电系统走出国门，国内外锂电池的订单出现快速释放的节奏。在锂电池生产的过程中，注液工序是必不可少的一个工序，复杂的注液工艺就决定了复杂的注液设备。锂电池的注液方式主要分为两种：一种是常压注液，常用于软包电池，就是在一个大气压（101325Pa）状态下进行注液；另一种是真空注液，常用于铝壳和软包电池，就是将电池置于真空环境下进行注液。本文以软包真空注液为例，简短的对设备进行介绍，并阐述一些常见的故障问题，并给出相应的解决方案。

## 1 软包注液机的基本概述

### 1.1 软包注液机的定义

软包注液机是一种锂电池进行注液的专用设备，主要完成向电池内部添加一定重量电解液的任务，同时按一定的真空梯度、循环时间、循环次数等完成电解液电池的静置，最后完成封装下料。通常软包注液机主要有以下模块组成：上下料模块，称重模块，注液模块，静置模块、封装模块、真空管路系统及数据追溯系统等。

### 1.2 软包注液机的工作原理

软包注液机通过注液泵将电解液注入电池内部，分别记录注液前后电池的质量 $W_1$ ， $W_2$ ，则本次电解液注

入质量为 $(W_2-W_1)$ ；然后将未封口的电池放入真空静置腔中按照不同的工艺参数进行静置；最后未封口的电池在一定时间/压力/温度的封头作用下完成气袋侧封装。

### 1.3 软包注液机的工艺流程

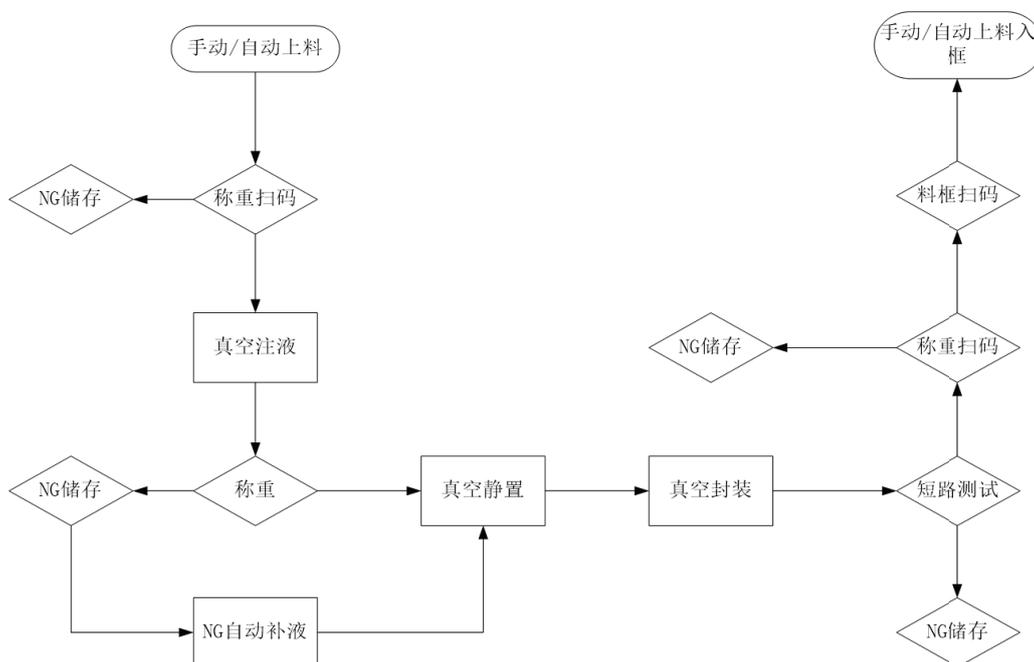
软包注液机的工艺流程是一个复杂的过程，它包括手动或自动上料、上料扫码、注液前称重、前NG储存、真空注液、注液后称重、称重NG、自动补液、真空静置、真空封装、下料扫码、下料前称重、短路测试、下料前NG储存、料框扫码、自动下料框等步骤。设备自动启动后，首先需要将未注液的电池手动或自动方式进行上料；然后，通过电子秤和扫码枪进行称重和扫码，并记录电芯条码和注液前的电池重量（如果出现扫码异常和称重超范围的电池，将会被排到前NG存储位置）。重量正常的电池，将会在真空状态下进行真空注液，其注入电解液重量由注液泵进行控制；注液后的电池会进行注液后的电子秤称重，重量合格的电池会直接进入真空静置腔（重量异常的电池会进入后NG存储位置，然后进行NG自动补液）。在静置腔体中，电池所处的真空值会随时间进行梯度改变，完成指定的循环后破真空；电池在设备机械手的搬运下，进入真空封装腔体，完成气袋口的封装，保证电解液不会泄露。封装后的电池，进行短路测试和下料前的称重，同时完成电芯条码和料框条码的信息绑定。满料框的电芯，可自动/手动下料，转入下工序进行生产。（见下图）

## 2 软包注液机的部分结构组成

### 2.1 注液柜

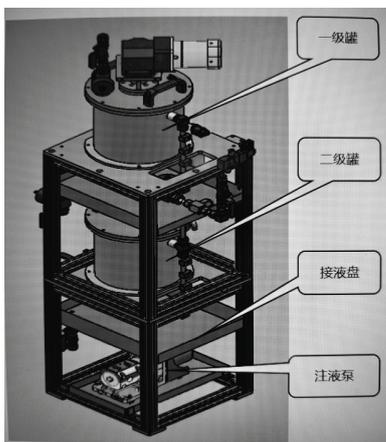
注液柜由一级罐、二级罐、接液盘、注液泵等组成；一级罐主要是除气泡和缓存电解液，二级罐主要是存储除完气泡的电解液。电解液从顶部管道吸入一级罐（罐体均安装液位感应器），经过一定时间真空搅拌除气泡

**作者简介：**徐宏阳，身份证：411526198712154257



( 工艺流程图简图 )

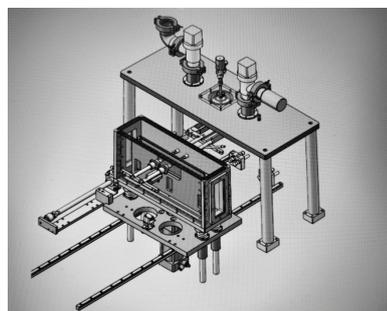
后，破真空打开阀门，在重力作用下进入二级罐。接液盘是软包注液机中的一个组成部分，它位于注液柜的底部。在注液过程中，如果发生电解液泄漏，接液盘会接住漏出的电解液，并通过漏液报警装置发出声光警报。这样，操作人员可以及时采取措施，修复漏液问题，保证注液过程的安全和稳定。注液泵模块是整个系统中最关键的部分，其功能是将电解液从二级罐中吸取并输送到电池内部，精度高达0.3%。注液泵通常由电机、泵头和控制电路组成；电机作为注液泵的动力源，负责驱动泵头进行工作；泵头是注液泵的核心部件，主要是由高精度的陶瓷泵芯组成；控制电路是注液泵的智能模块，通过接收来自系统的指令，控制电机的工作状态。



( 注液柜简图 )

### 2.2 真空注液腔体

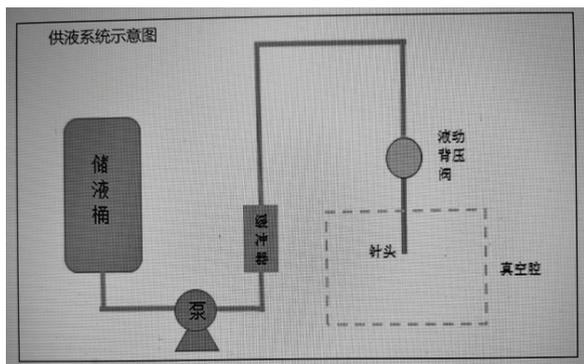
真空注液腔体是软包注液机中的重要组成部分，它由注液针、真空管道及阀门、上下腔体和吸气袋机构等结构组成。通常情况下，下腔体向上合并，形成一个密封腔体，然后真空管道及阀门开始抽真空（腔材质为铝合金）。在注液前，真空吸盘吸开气袋，机构对称分布在电芯的两侧，腔体有可视窗，可以观察到内部电池情况。真空注液腔体的主要功能是在注液过程中创建和维持真空环境，通过腔体内部有序的抽卸真空及拍打，让已注入电芯内部的电解液更好的和芯包进行浸润接触。下腔体的密封性能很重要，它可以维持内部高真空和防止外界空气进入腔体，确保注液过程的安全和稳定。另外，在真空注液腔体中，吸气袋机构起到了重要的作用。它将气袋侧的注液口拉开，防止注液针将电解液注到电池外边。



( 真空注液腔体简图 )

### 2.3 供液管道

供液管道系统是由铁氟龙管道，液动背压阀，注液泵，注液针等部件组成，共同完成电解液的输送工作。液动背压阀是供液管道系统中的关键组成部分。它能够根据需要控制管路的通断，并在不同的注液针管路之间进行切换。这样可以灵活地控制电解液的流向，确保注液过程顺利进行。注液泵是整个供液管道系统的核心动力源。它能够提供足够的动力，将电解液从储液罐中抽取出来，并推送到注液针中。注液泵的设计精密，能够准确地计量电解液的输送量，保证电解液的用量控制在合格的范围内。注液针作为供液管道系统中的最后一环，起到将电解液注入电解池中的作用。通过供液管道系统的协同工作，电解液能够稳定、准确地输送到指定位置，为注液过程提供必要的支持。



(供液管道示意图)

### 2.4 其他部分

(1) 上下料模块：上下料模块负责将待注液的软包从上料区域取出并放置在注液机的工作台上。这个模块通常由一个机械臂或者倍速链传送带系统组成，能够高效地将电池转移到下一个工作环节中。(2) 称重模块：称重模块是为了每个软包电池的重量及注液量而设计的；它通常由高精度的称重传感器和控制系统组成，能够监测每个电池中的电解液重量，并在注液过程中进行调整，以确保每个软包电池的注液量达到要求。(3) 静置模块：这个模块通常包括若干个静置腔体和若干个真空系统，能够通过腔体内真空值大小及相对应的的时间，使电解液在电池中更好的浸润。(4) 真空管道模块：真空管道模块在注液过程中，通过真空负压将软包电芯内的气体排出，让电解液充分与极片等接触；这个模块通常由一组真空泵和管道系统组成。(5) 数据追溯系统：一般情况下，设备的上位机软件必须具备电池产品参数和过程参数收集的能力，同时也要记录物料和操作人员的相关信息；特殊情况下，整个系统要与MES系统、物流调度系

统进行信息交互实现生产过程可视化。

## 3 软包注液机在使用中的常见问题

### 3.1 注液量不稳定

电解液中含有气泡和铁氟龙管道漏液是注液量不稳定的两个主要原因。电解液含有气泡主要原因是来料电解液中溶解有大量气泡；同时管道长时间处于供液管道口径小，进液流量不足，出液流量过大，形成局部真空而产生气泡；而漏液的主要原因是管道未固定，铁氟龙管道出现磨损，有电解液泄露。电池注液量NG是由于注液机设定的注液量与实际注液量存在偏差，这种偏差也有可能是由于注液机的测量精度不高或者注液机的控制系统出现故障引起的。

### 3.2 注液针滴液现象

软包注液机在使用完成后，会有电解液从针头滴下，造成电解液结晶和部件腐蚀。造成注液针滴液现象的原因主要有以下几点：首先，注液针头的设计不合理。如果注液针头的尖端设计宽大造成液体表面张力小，就会导致液体滴下。其次，注液针头的材质可能存在问题。如果材质不耐腐蚀或者表面光滑度不够，就会增加滴液的概率。最后，注液针头的使用寿命过长磨损，也会导致滴液现象。

### 3.3 注液泵“卡泵”

软包注液卡泵是指注液泵无法完成电解液输出，无法继续将电解液注入软包电池的现象，这种情况可能是由于注液泵的故障或者外部因素导致的。造成注液泵卡泵的原因主要有以下几点：首先，注液泵泵芯由于残留的电解液结晶，将泵芯内外转子粘在一起，使得注液泵无法正常工作。其次，管道上的阀门故障，没有打开，管道没有形成通路，导致液体无法流动。最后，电机本身机械故障，导致注液泵无法正常运转，可能是电机轴承损坏、绕组短路或者电机过热等问题。

### 3.4 封装厚度不良

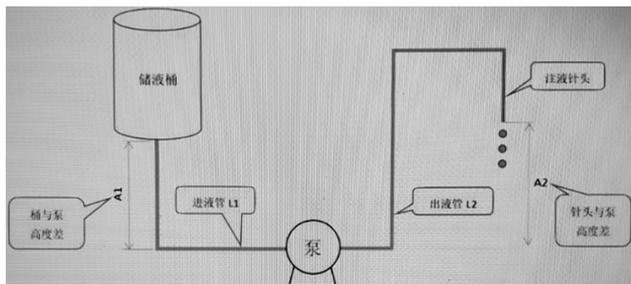
封装厚度不良是指软包注液机在封装过程中，封口处厚度不均匀（超过 $\pm 0.02\text{mm}$ ）或者存在外观缺陷。这种问题可能导致软包的密封性能下降，导致漏液现象。造成封装厚度不良的原因主要有以下几点：首先，软包注液机的封头可能存在不均匀的热传导，导致封口处的温度不均匀。这会使得温度高处的厚度较薄，而其他部分的厚度较厚。其次，加热后的闭合上下封头间隙不均匀；如果封头的材料质量差或者封头未完成规定的加工步骤，就会导致封头受热后热变形不一致，进而导致上下封头合并后的间隙误差更大。最后，封头封印边黏附

有其他物质，可能影响封装厚度。

#### 4 软包注液机技术改造的解决方案

##### 4.1 一级罐搅拌抽真空+管路长度高度管径优化

当注液量不稳定时，一个重要的技术改进是一级罐新增搅拌抽真空功能，另外同步优化管路长度、相对高度以及进液出液管直径。一级罐搅拌抽真空是指在注液过程中，通过搅拌装置将液体均匀搅动，同时通过真空泵抽取电解液内的空气，以减少电解液中溶解的气泡，这样可以提高电解液的均匀性和质量。同时，注液泵的进液管道直径要大于出液管道直径，这样才能减少自带真空。另外，还需要考虑管道长度和相对高度，如：注液泵、储液桶、注液针三者联系。（1）储液桶与泵的高度差： $0 \leq A1$  或  $A2 \leq 1$  米且  $A1 \geq A2$ 【形成高度差，注液状态下越易自然流动】（2）进/出液管道： $L1$  或  $L2 \leq 3$  米；【3米以内，越短越好，不容易产生真空微气泡】如下图所示：



（注液管道设计注意要点）

##### 4.2 注液完成后反转半圈吸液+针头扁平设计+接液盒

针对注液针滴液现象，主要在控制逻辑上进行改进即在注液完成后进行反转半圈吸液，同时引入针头扁平设计和接液盒。注液完成后，通过翻转注液装置半圈，可以让残留在针头和管路中的液体回流到注液桶中，避免液体的浪费。同时，针头的扁平设计使得出液口冲击力变小，此时扁平出液针内部出口液体间的张力会增大，液体更不容易滴下。此外，为了防止滴下来的电解液腐蚀其他部位，一般在注液针下方设置了接液盒。接液盒可以有效地收集滴下来的液体，避免腐蚀其他部位。通过以上的措施，可以改进注液针滴液的相关问题。

##### 4.3 定时转动+自动清洗

针对结晶“卡泵”，可以引入定时转动和自动清洗的

技术。定时转动是指在注液完成后，设备长时间停机时，设备自动让注液泵泵芯翻转一定角度，以防止电解液结晶造成卡泵。设备可通过PLC程序和注液泵模块进行接口通讯完成自动反转；而自动反转按类型可以分定时间间距反转和定时间反转两种模式。自动清洗是指在注液完成后，自动进行清洗和排空操作，以避免泵芯含有残留电解液。可以在注液机上增设清洗装置，通过DMC或其他溶剂进行清洗，同时配备相应的残液收集装置和排出口。

##### 4.4 特殊材质NAK80封头+等高限位块

针对封印厚度不良，可以采用特殊材质NAK80和等高限位块的设计。NAK80材质是一种具有良好耐磨性、高强度和优异表面光洁度的特殊工具钢。此种材质的封头经过热处理以后，热变形更加的一致均匀。另外，通过等高限位块的设计，可以确保上下封头之间始终保持固定的硬限位间隙。如此，铝塑膜封印后的厚度能够更加均匀，进而提高封口的质量和稳定性。因此，采用特殊材质NAK80封头和等高限位块的设计方案，可以有效地解决软包注液机封印厚度不良的问题。

#### 结论

综上所述，软包注液机在实际生产的过程中会遇到各种不同的问题，影响软包注液的效率和质量。因此，可以借鉴已经实践可行的改善，来改进注液机的设计、促进设备迭代，以达到降低生产成本，提高经济效益的目的。

#### 参考文献

- [1] 王成，张周生. 一种锂离子电解液及其制备方法和应用. 中国专利：CN115882072A，2023-03-31
- [2] 王杜康，罗小刚. 带抽真空功能的锂电池电解液注液系统. 国家科技成果
- [3] 段徽庆，何宏，陈军. 一种电池注液机. 中国专利：CN218975752U，2023-05-05
- [4] 戴建勇，黄锐升，刘东风，刘志伟，曾贤华. 软包电池的电解液浸润方法、软包电池及其制备方法. 中国专利：CN112670680A，2021-04-16