

# 动力锂电池全产业链关键环节 水分问题的系统解决方案

2017' 第二届动力电池应用国际峰会  
暨第三届中国电池行业智能制造研讨会

深圳市时代高科技设备股份有限公司副总裁、研究院院长

田宏国博士，2011.11.16，北京

# 目录

锂电池及水分对其性能的影响

锂电池干燥策略与技术

锂电池全产业链干燥解决方案

时代高科及其主要产品

隧道式连续真空干燥系统性能

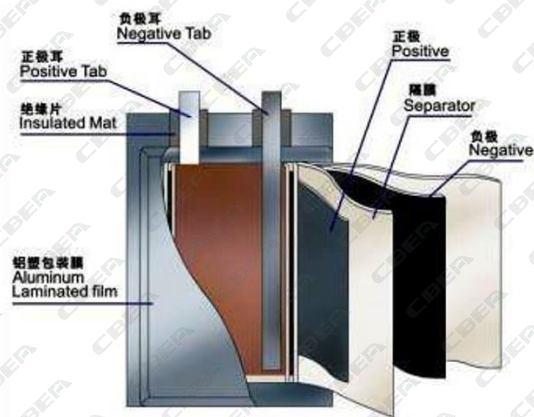
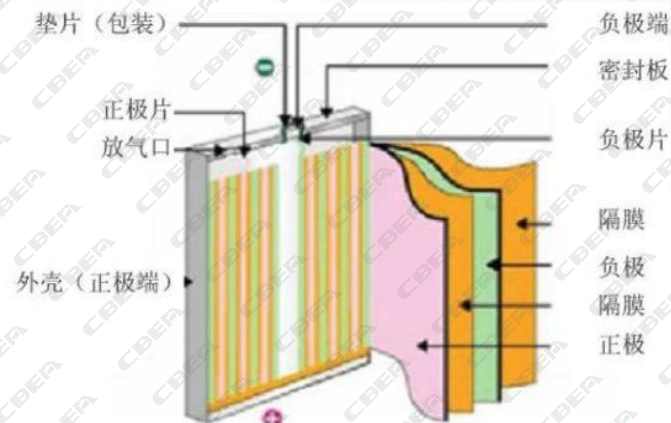
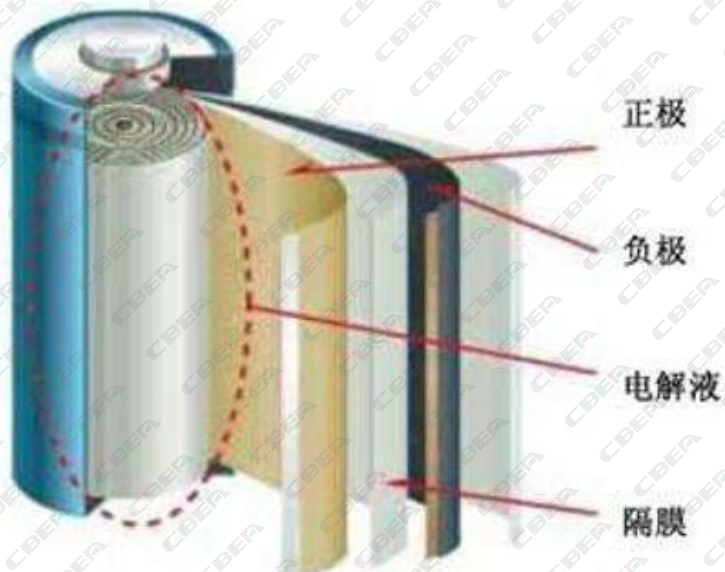
结论：锂电干燥 时代高科



**Time High-Tech**  
**时代高科**



# 锂电池结构



# 锂电池种类



能量容量  
35% ↑





# 锂电池模组



# 电动汽车

车身



底盘总成



电池总成



18650钴酸锂电池

$\times n =$

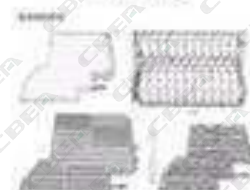


电池砖



电池砖

$\times n =$



电池片



电池片

$\times n =$



电池总成



# 锂电池—黑箱系统？



# 水分的作用

- 水分对锂离子电池的性能有着至关重要的影响，是锂离子电池生产过程中需要严格控制的关键因素
  - 影响锂离子电池SEI膜（固体电解质界面）的形成
  - 对锂电池浆料制备有巨大的影响
  - 水分过量会引起电解液中锂盐的分解并对正负极材料、集流体都有一定的腐蚀破坏作用，导致电池的循环性能及安全性能的降低



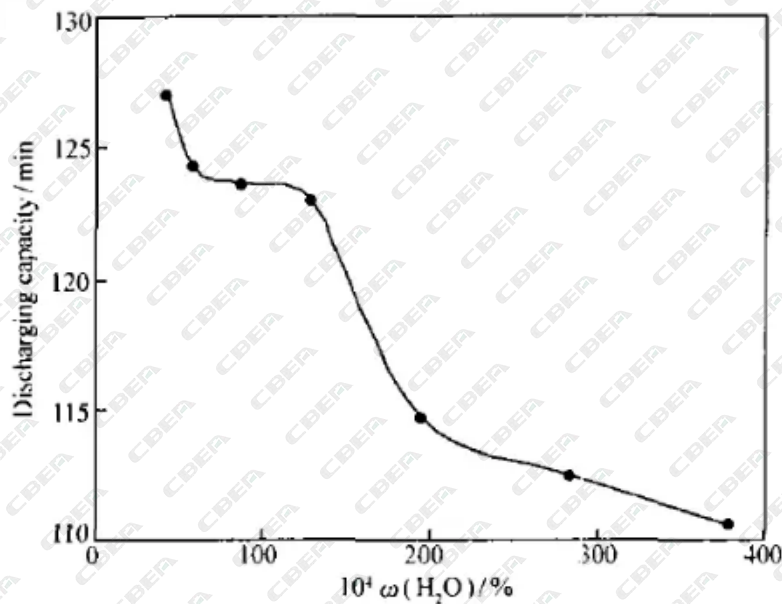
- 最后，在电池内部产生LiF沉淀，使锂离子在电池负极片发生不可逆转的化学反应，消耗活性锂离子，电池的能量就减少了
- 当水分足够多时，产生的气体多，电池内部的压力就会变大，从而引起电池受力变形，出现电池鼓胀，漏液等危险



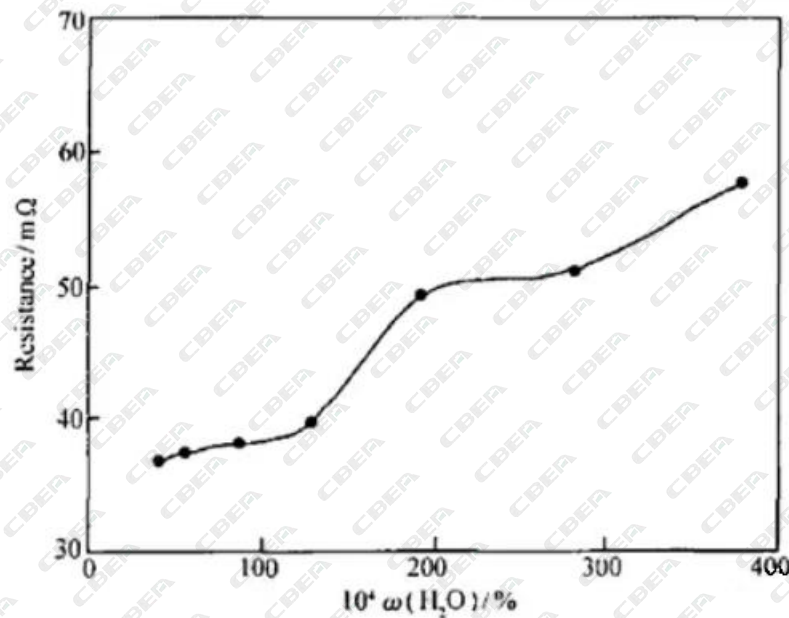
# 水分对锂电池性能的影响

- 水分对锂电池的首次充放电容量、内阻、电池循环寿命、电池体积均有负面影响

对首次充放电容量的影响

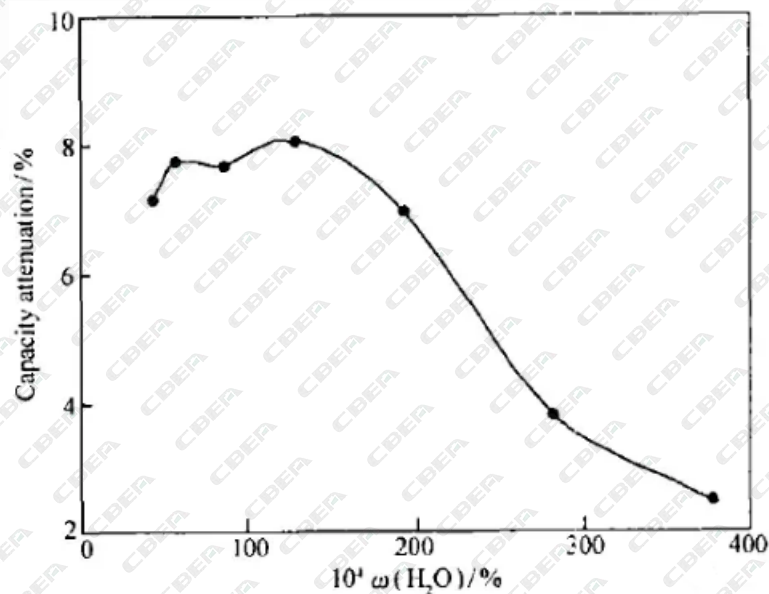


对电池内阻的影响

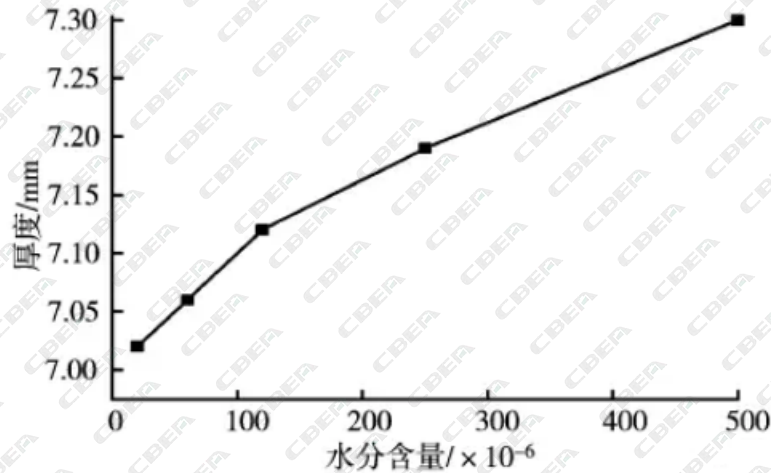


# 水分对锂电池性能的影响

## 对电池容量衰减的影响

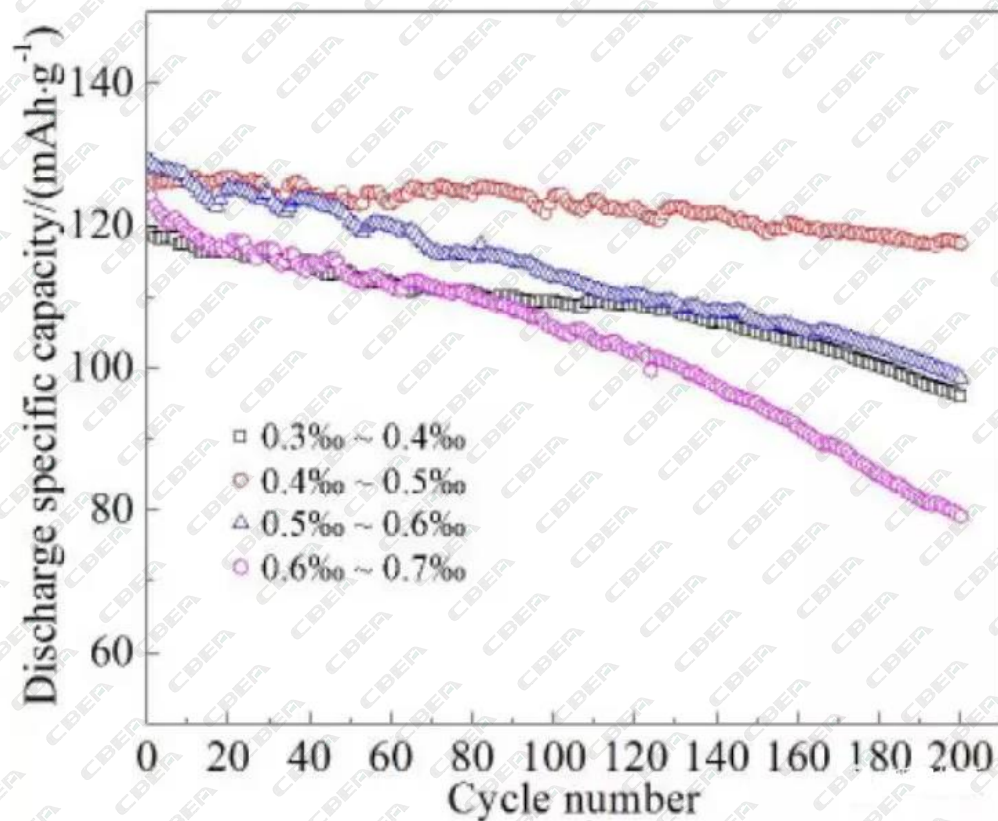


## 对电池厚度的影响



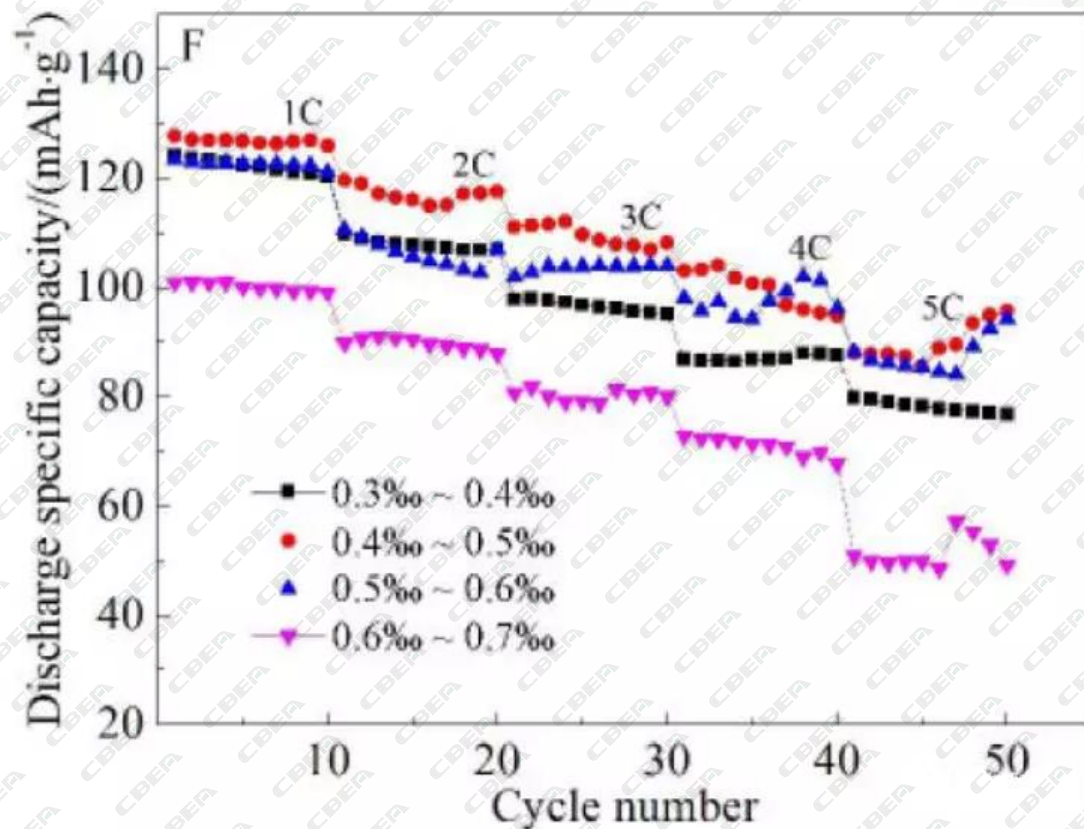


# 水分对锂电池性能的影响



不同水分含量电池1C循环性能曲线

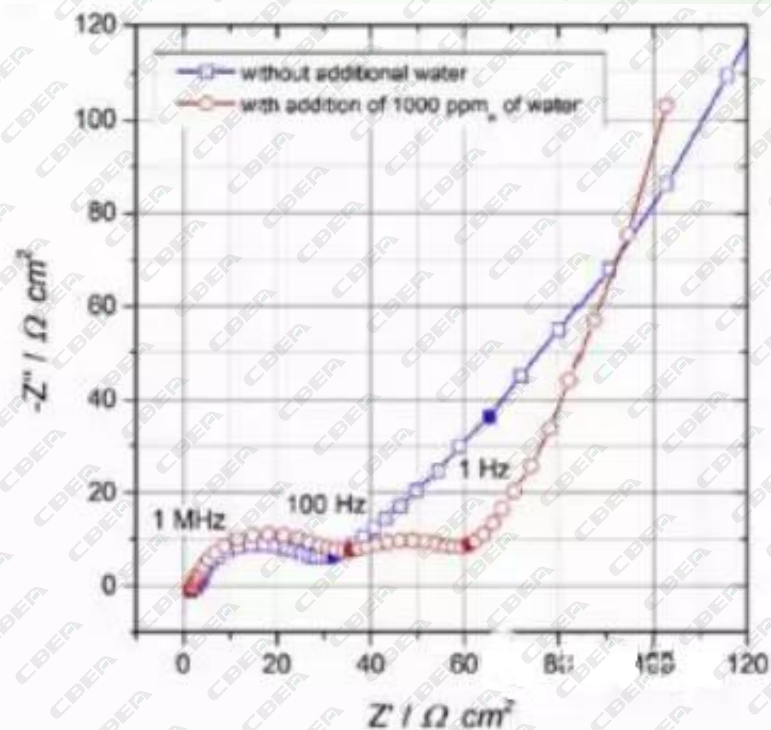
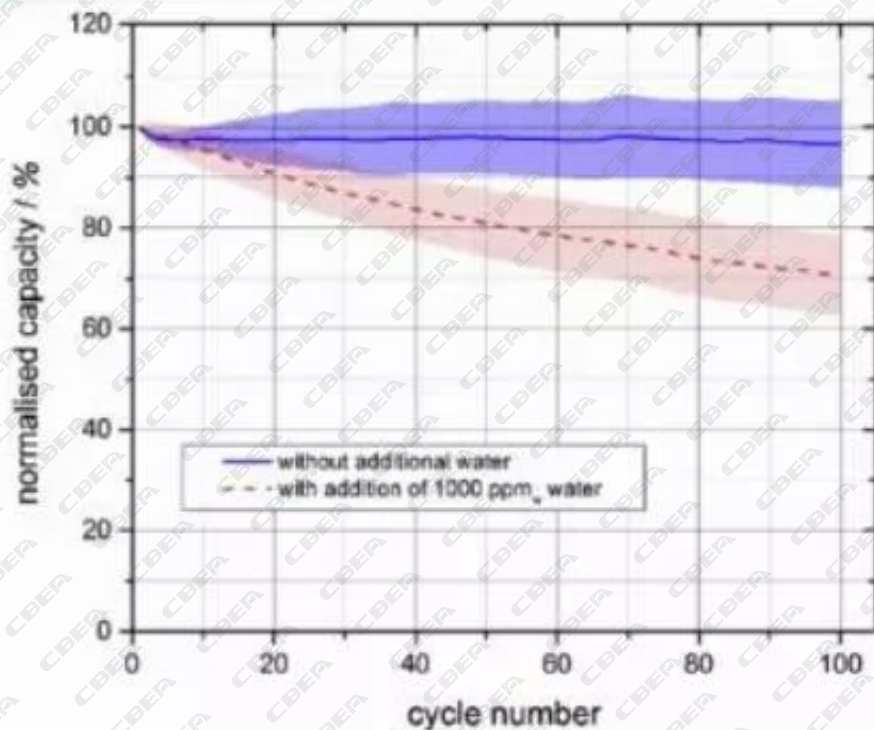
# 水分对锂电池性能的影响



不同水分含量电池倍率性能对比

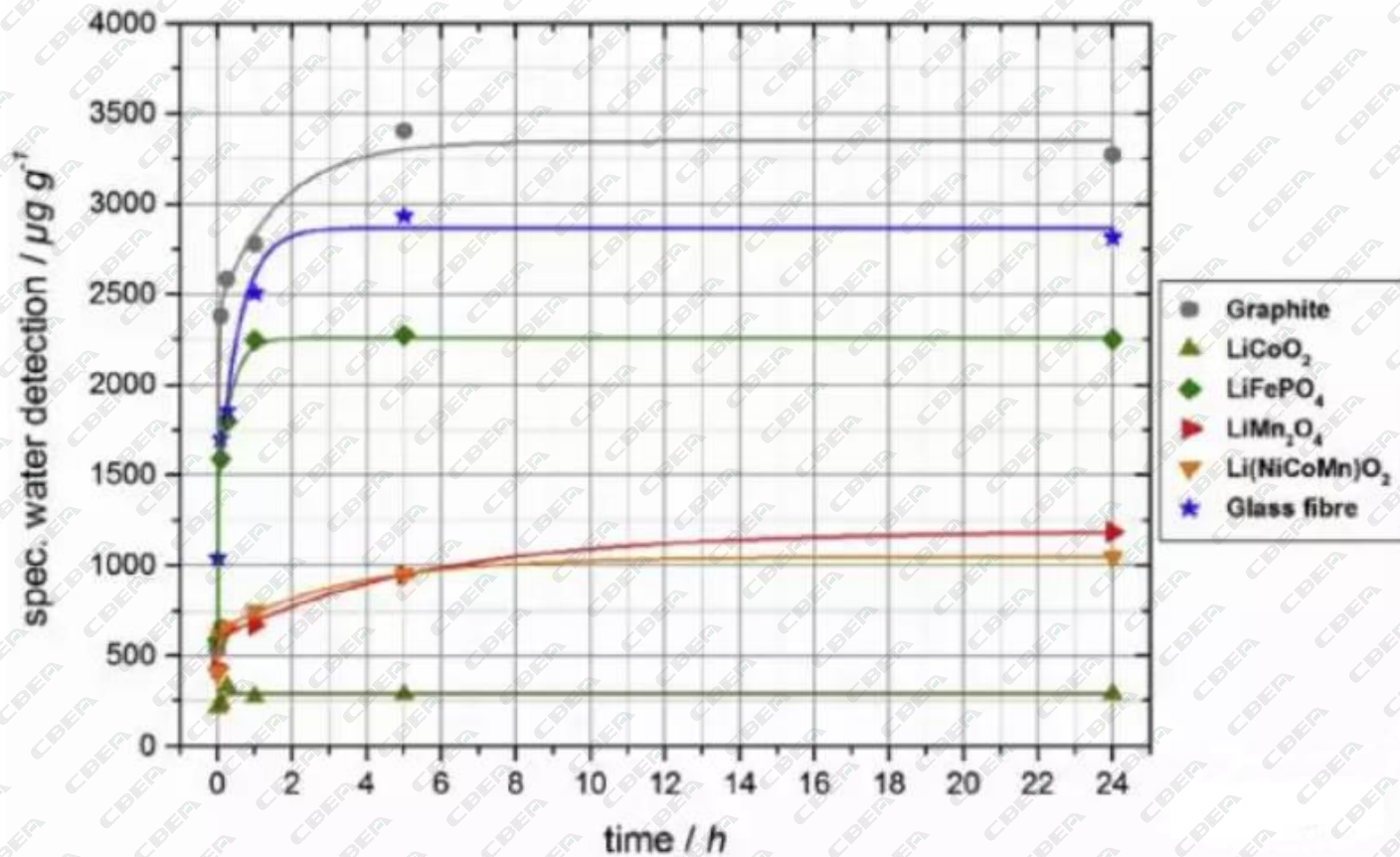


# 水分对锂电池性能的影响



水分含量对石墨/LiFePO<sub>4</sub>电池循环稳定性和内阻的影响

# 锂电池材料吸水特性



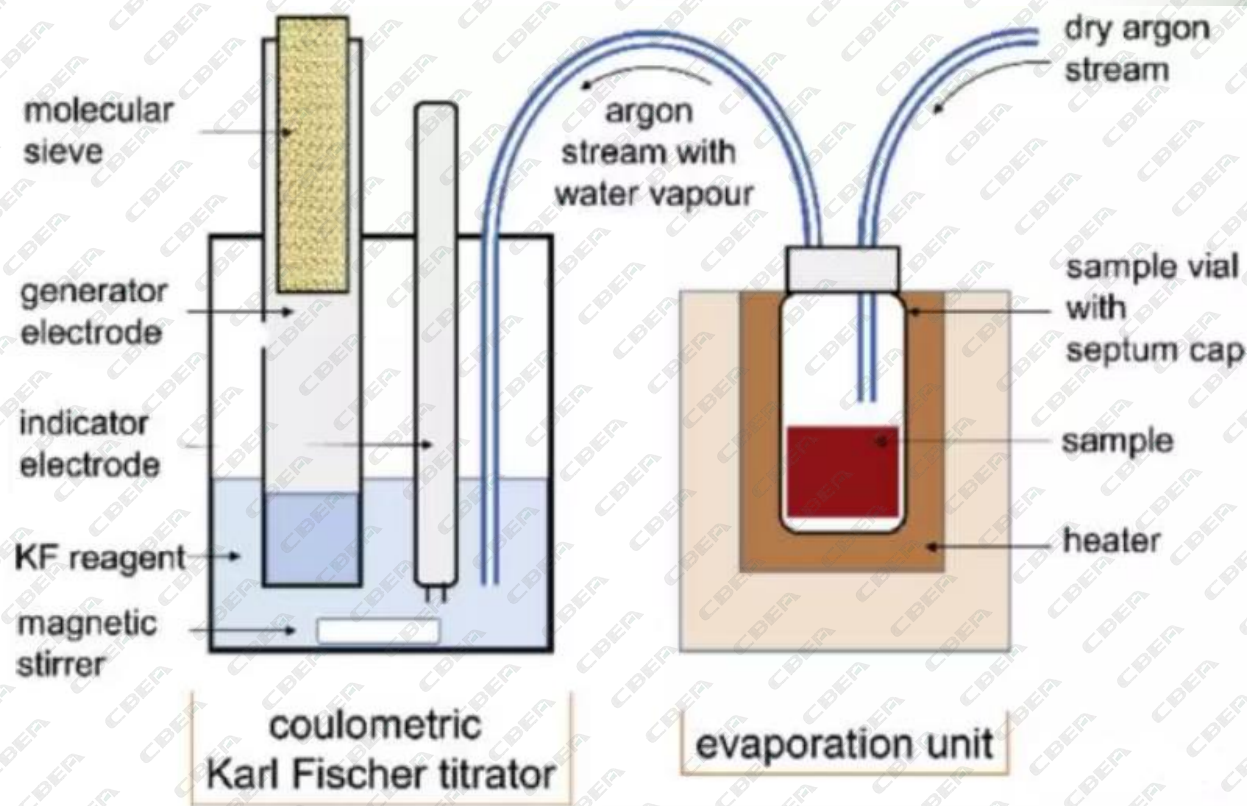
-- 组成电池的各类材料干燥很困难，而吸潮却很容易

-- 第1个小时内吸付大部分水

-- 电池生产环境湿度控制很重要，特别是极片干燥之后，电池的组装加工需要严格控制环境水分



# 卡尔费休库伦法测试微量水分



-- 电池极片中残留的水分一般为几百ppm, 相对而言水分含量较低, 无法用简单方法测量, 常采用卡尔费休库伦法测试微量水分

-- 一种电化学方法

# 目录

锂电池及水分对其性能的影响

锂电池干燥策略与技术

锂电池全产业链干燥解决方案

时代高科及其主要产品

隧道式连续真空干燥系统性能

结论：锂电干燥 时代高科



**Time High-Tech**  
**时代高科**

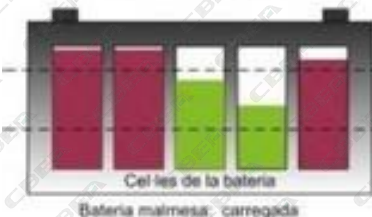
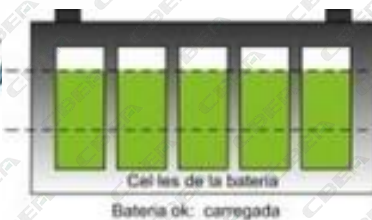


# 干燥策略—木桶理论

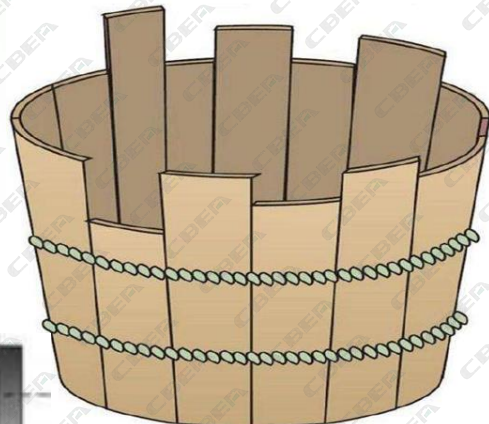


木桶的  
盛水量  
取决于  
桶壁上  
最短的  
木板

木桶理论



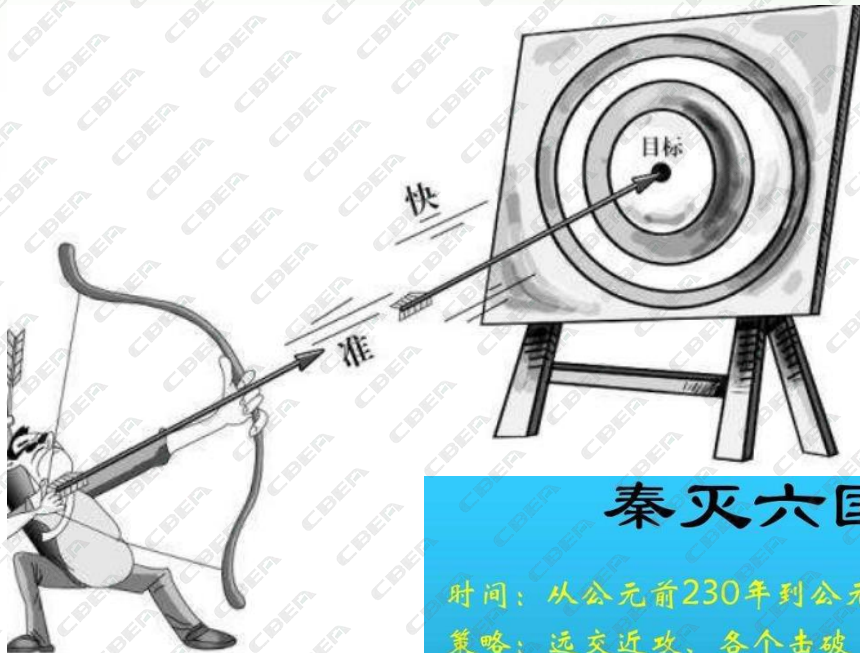
## 短板理论



# 干燥策略一分而治之



分而治之，各个击破  
Divide & Conquer



## 秦灭六国

时间：从公元前230年到公元前221年

策略：远交近攻、各个击破

形式：大规模的兼并战争

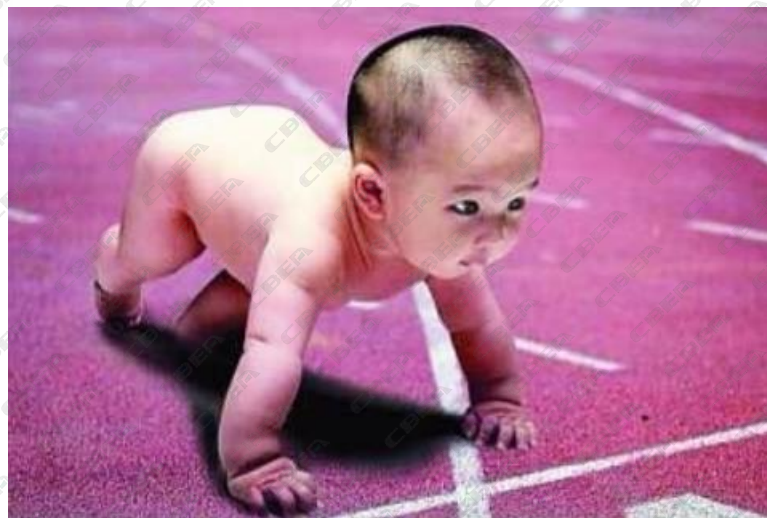
统一步骤：先后灭掉韩、赵、魏、楚、燕、齐

意义：结束了长期以来分离混战局面，建立了统一的秦王朝。



# 干燥策略—从“头”抓起

- 锂离子电池应该在环境水分严格控制、物料水分充分干燥的工艺下生产，所有部件在电池组装前都要进行干燥



源头不抓 质量必垮

# 干燥策略—专业分工，各司其职



蜂王



工蜂



雄蜂



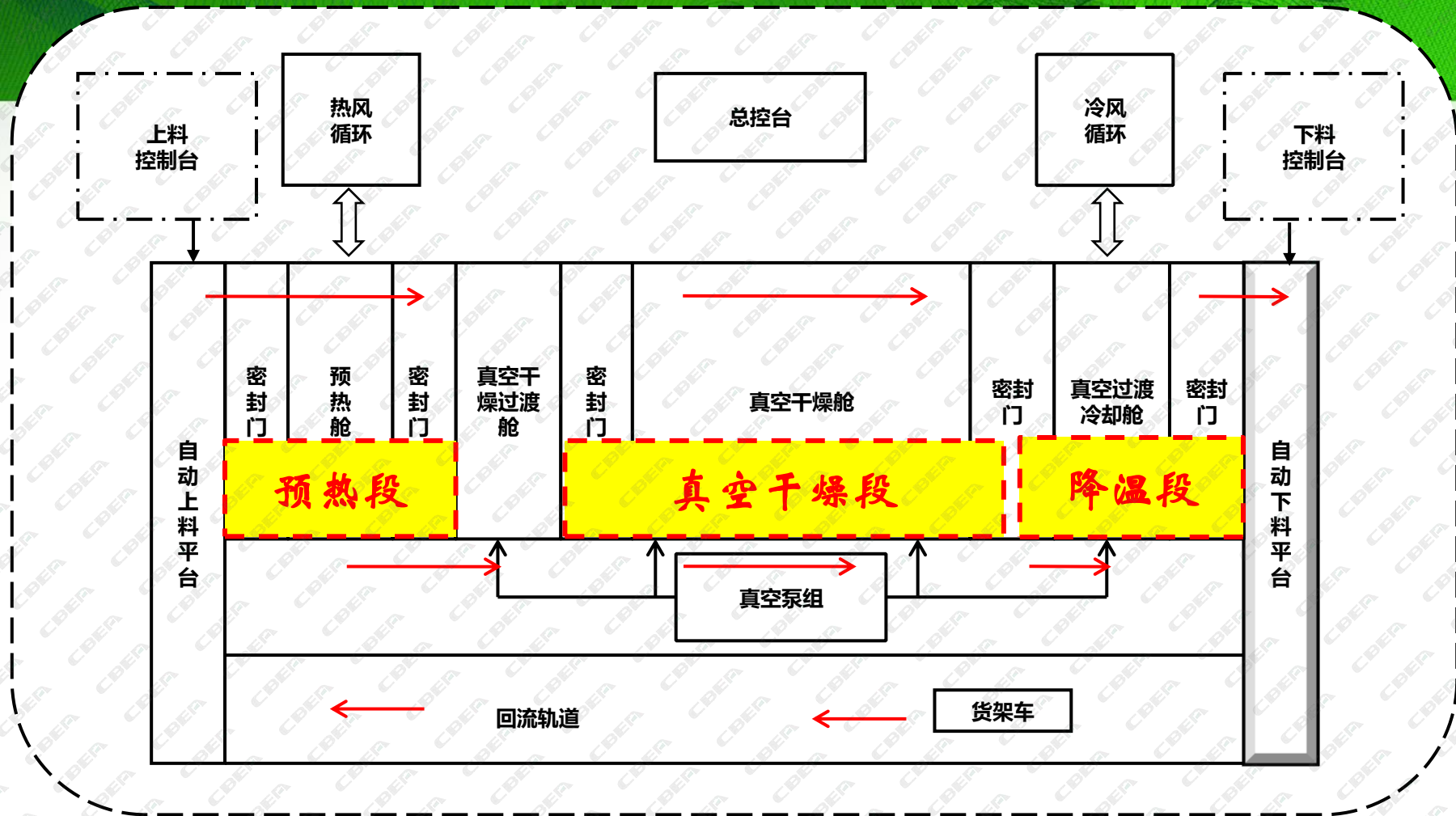
## 蜜蜂的社会分工

- ✓ 蜜蜂营社群性生活，一个蜂群里有三型蜂：蜂王、雄蜂、工蜂
- ✓ 三型蜂分工合作
- ✓ 蜜蜂是完全变态发育的昆虫。



分工





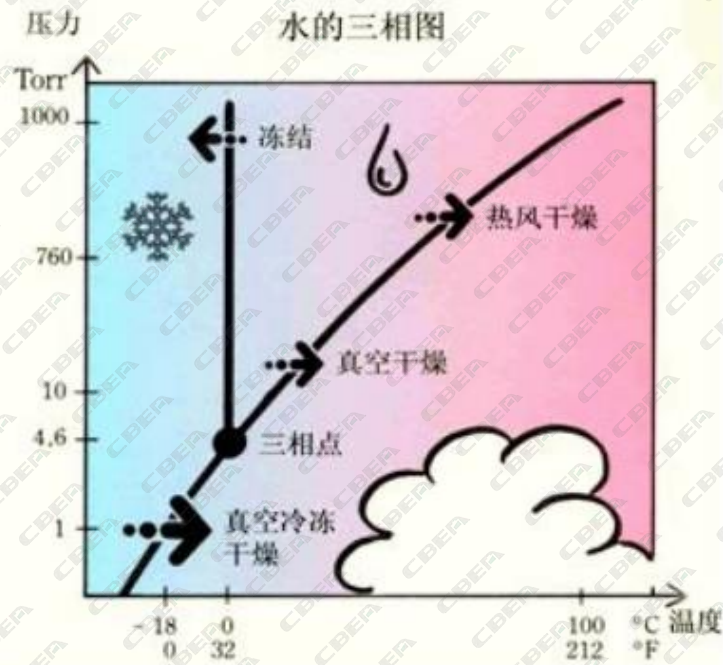
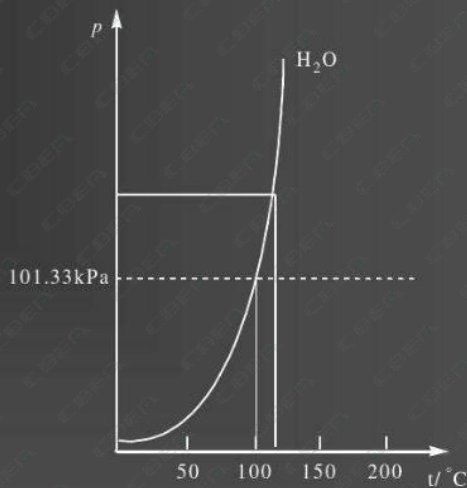
# 干燥策略—高温+真空

## 基本原理——沸点

液体化合物蒸气压——温度  
曲线图：

外界压力为一个标准大气压  
时，水的沸点为100℃。

若外界压力增大，水的沸点  
也升高。





# 干燥策略—高温+真空

| 温度/℃ | 水蒸汽压力/MPa | 相应真空度/MPa |
|------|-----------|-----------|
| 30   | 0.00424   | 0.09709   |
| 40   | 0.00738   | 0.09395   |
| 50   | 0.01234   | 0.08899   |
| 60   | 0.01992   | 0.08141   |
| 70   | 0.03116   | 0.07017   |

| 沸点<br>(℃) | 压力<br>(Torr) | (Pa)    | 蒸发潜热<br>(Kcal/Kg) | 沸点<br>(℃) | 压力<br>(Torr) | (Pa)    | 蒸发潜热<br>(Kcal/Kg) |
|-----------|--------------|---------|-------------------|-----------|--------------|---------|-------------------|
| 0         | 4.58         | 610.61  | 597.1             | 18        | 15.5         | 2066.49 | 587.0             |
| 1         | 4.93         | 657.28  | 596.6             | 20        | 17.5         | 2333.14 | 585.9             |
| 2         | 5.29         | 705.27  | 596.0             | 22        | 19.8         | 2639.78 | 584.8             |
| 3         | 5.68         | 757.27  | 595.4             | 24        | 22.4         | 2986.41 | 583.6             |
| 4         | 6.10         | 813.26  | 594.9             | 26        | 25.2         | 3359.71 | 582.5             |
| 5         | 6.54         | 871.93  | 594.3             | 28        | 28.3         | 3773.01 | 581.4             |
| 6         | 7.01         | 934.59  | 593.8             | 29        | 30.0         | 3999.66 | 580.8             |
| 8         | 8.04         | 1071.91 | 592.6             | 38        | 49.7         | 6626.10 | 575.7             |
| 10        | 9.20         | 1266.56 | 591.5             | 52        | 102.1        | 13612.2 | 567.6             |
| 12        | 10.5         | 1399.88 | 590.4             | 76        | 301.5        | 40196.6 | 553.5             |
| 14        | 12.0         | 1599.86 | 589.3             | 83        | 400.7        | 53422.1 | 549.3             |
| 16        | 13.6         | 1813.18 | 588.1             | 100       | 760.0        | 101325  | 538.8             |

| 温度℃ | 压强 Pa | 温度℃ | 压强 Pa  | 温度℃ | 压强 Pa   | 温度℃ | 压强 Pa   |
|-----|-------|-----|--------|-----|---------|-----|---------|
| -40 | 12.8  | 2   | 705.3  | 35  | 5623.5  | 68  | 28557.7 |
| -38 | 16.1  | 3   | 758.6  | 36  | 5940.8  | 69  | 29824.2 |
| -36 | 20.1  | 4   | 813.3  | 37  | 5275.5  | 70  | 31157.4 |
| -34 | 24.9  | 5   | 871.9  | 38  | 6619.5  | 71  | 32517.3 |
| -32 | 30.9  | 6   | 934.6  | 39  | 6991.4  | 72  | 36943.9 |
| -30 | 38.4  | 7   | 1001.3 | 40  | 7375.4  | 73  | 35423.8 |
| -28 | 47.1  | 8   | 1073.2 | 41  | 7778.0  | 74  | 36957.0 |
| -26 | 57.2  | 9   | 1147.9 | 42  | 8199.3  | 75  | 38543.5 |
| -24 | 70.1  | 10  | 1227.9 | 43  | 8639.3  | 76  | 40183.4 |
| -22 | 85.8  | 11  | 1311.9 | 44  | 9100.6  | 77  | 41876.6 |
| -21 | 94.4  | 12  | 1402.6 | 45  | 9583.2  | 78  | 43636.4 |
| -20 | 102.9 | 13  | 1497.2 | 46  | 10085.8 | 79  | 45462.9 |
| -19 | 113.3 | 14  | 1598.5 | 47  | 10612.5 | 80  | 47342.8 |
| -18 | 124.6 | 15  | 1705.2 | 48  | 11160.4 | 81  | 49289.3 |
| -17 | 136.9 | 16  | 1817.2 | 49  | 11735.0 | 82  | 51315.8 |
| -16 | 150.4 | 17  | 1937.2 | 50  | 12333.7 | 83  | 53408.9 |
| -15 | 165.0 | 18  | 2063.8 | 51  | 12958.9 | 84  | 55568.8 |
| -14 | 180.9 | 19  | 2197.2 | 52  | 13612.2 | 85  | 57808.6 |
| -13 | 198.1 | 20  | 2328.5 | 53  | 14292.2 | 86  | 60115.1 |
| -12 | 216.9 | 21  | 2486.5 | 54  | 14998.8 | 87  | 62488.2 |
| -11 | 237.3 | 22  | 2643.8 | 55  | 15732.0 | 88  | 64941.3 |
| -10 | 259.4 | 23  | 2809.1 | 56  | 16505.3 | 89  | 67474.5 |
| -9  | 283.3 | 24  | 2983.8 | 57  | 17305.2 | 90  | 70110.9 |
| -8  | 309.4 | 25  | 3167.7 | 58  | 18145.2 | 91  | 72807.4 |
| -7  | 377.6 | 26  | 3361.0 | 59  | 19011.8 | 92  | 75593.8 |
| -6  | 368.1 | 27  | 3565.0 | 60  | 19918.4 | 93  | 78473.5 |
| -5  | 401.0 | 28  | 3779.7 | 61  | 20851.6 | 94  | 81446.7 |
| -4  | 436.8 | 29  | 4005.0 | 62  | 21838.2 | 95  | 84513.1 |
| -3  | 475.4 | 30  | 4242.3 | 63  | 22851.5 | 96  | 87672.8 |
| -2  | 517.2 | 31  | 4492.9 | 64  | 23904.7 | 97  | 90939.2 |
| -1  | 562.1 | 32  | 4754.3 | 65  | 24998.0 | 98  | 94298.9 |

# 干燥策略一高温+真空

| 压力与水的沸点的对应关系 |        |         |        |
|--------------|--------|---------|--------|
| 压力 (Pa)      | 沸点 (℃) | 压力 (Pa) | 沸点 (℃) |
| 1000         | 6.9696 | 51000   | 81.811 |
| 2000         | 17.495 | 52000   | 82.297 |
| 3000         | 24.079 | 53000   | 82.775 |
| 4000         | 28.96  | 54000   | 83.246 |
| 5000         | 32.874 | 55000   | 83.709 |
| 6000         | 36.159 | 56000   | 84.166 |
| 7000         | 39     | 57000   | 84.615 |
| 8000         | 41.509 | 58000   | 85.059 |
| 9000         | 43.761 | 59000   | 85.495 |
| 10000        | 45.896 | 60000   | 85.926 |
| 11000        | 47.683 | 61000   | 86.351 |
| 12000        | 49.419 | 62000   | 86.77  |
| 13000        | 51.034 | 63000   | 87.183 |
| 14000        | 52.547 | 64000   | 87.591 |
| 15000        | 53.969 | 65000   | 87.993 |
| 16000        | 55.313 | 66000   | 88.391 |
| 17000        | 56.587 | 67000   | 88.783 |
| 18000        | 57.798 | 68000   | 89.171 |
| 19000        | 58.953 | 69000   | 89.553 |
| 20000        | 60.058 | 70000   | 89.932 |
| 21000        | 61.116 | 71000   | 90.305 |
| 22000        | 62.133 | 72000   | 90.675 |
| 23000        | 63.111 | 73000   | 91.04  |
| 24000        | 64.053 | 74000   | 91.401 |
| 25000        | 64.963 | 75000   | 91.758 |



# 目录

锂电池及水分对其性能的影响

锂电池干燥策略与技术

锂电池全产业链干燥解决方案

时代高科及其主要产品

隧道式连续真空干燥系统性能

结论：锂电干燥 时代高科



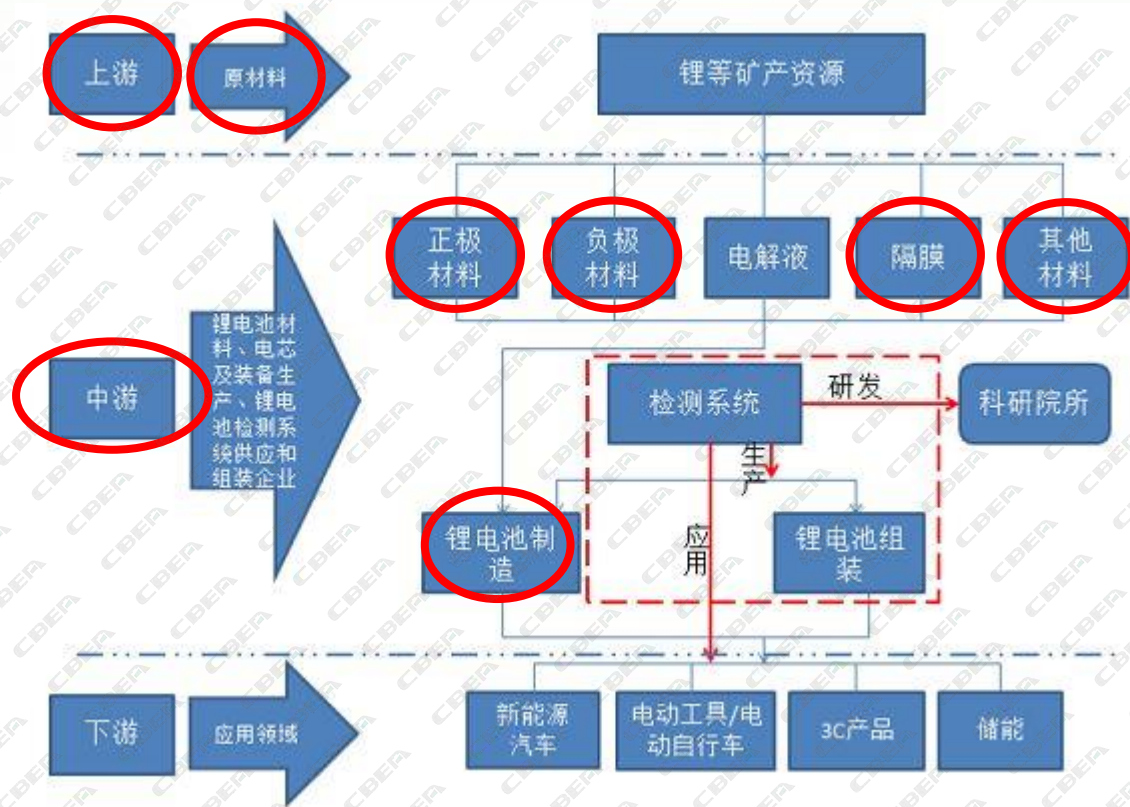
**Time High-Tech**  
**时代高科**



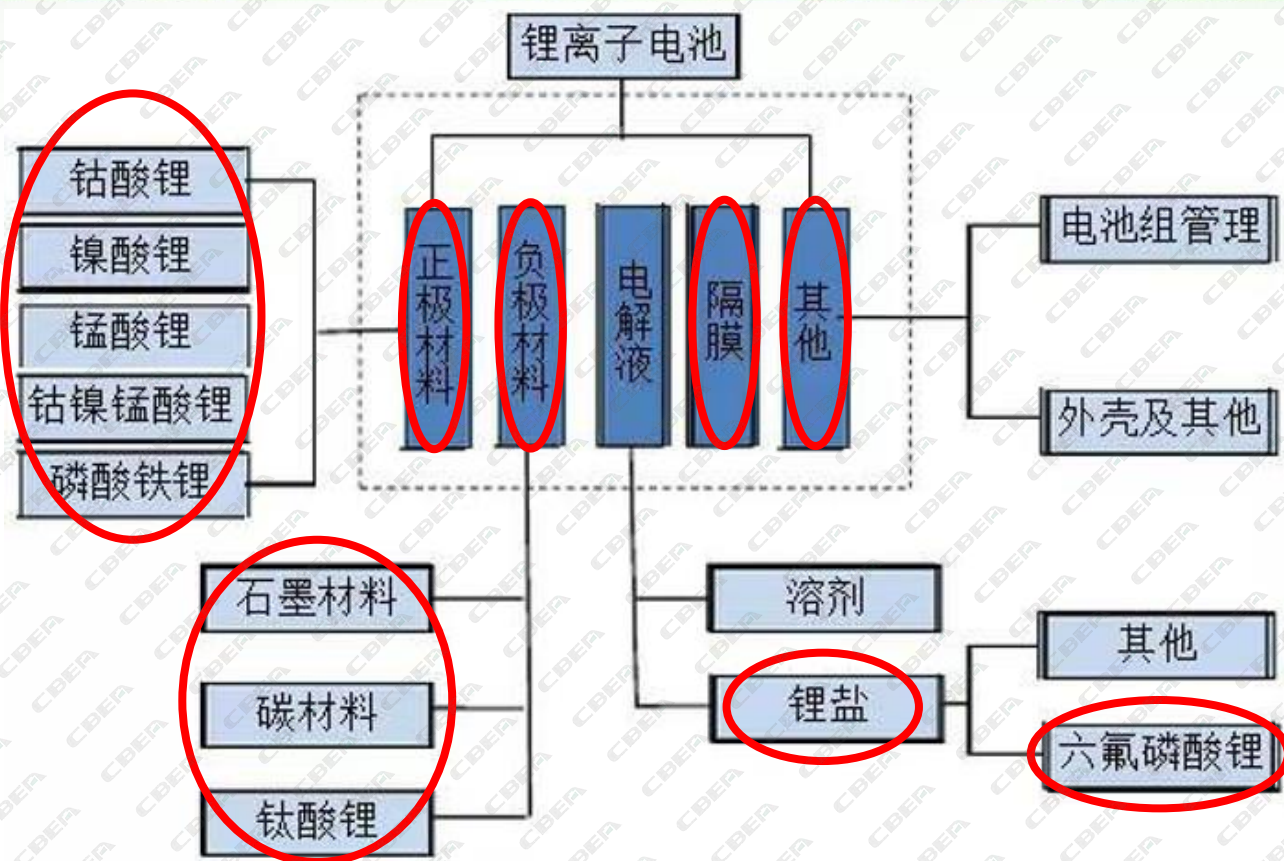
# 锂离子电池综合标准化技术体系框架



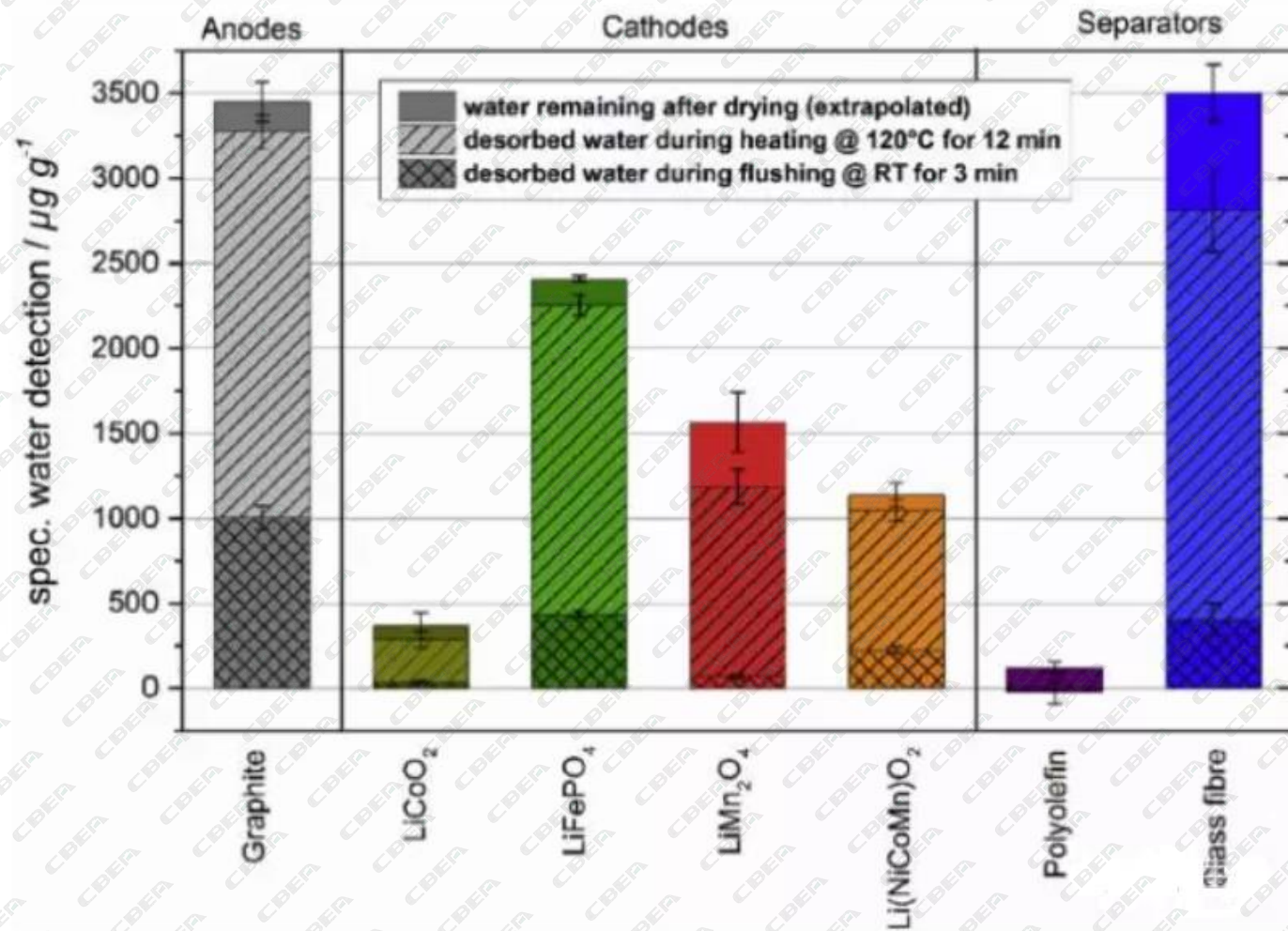
# 电池产业链



# 锂电池材料体系

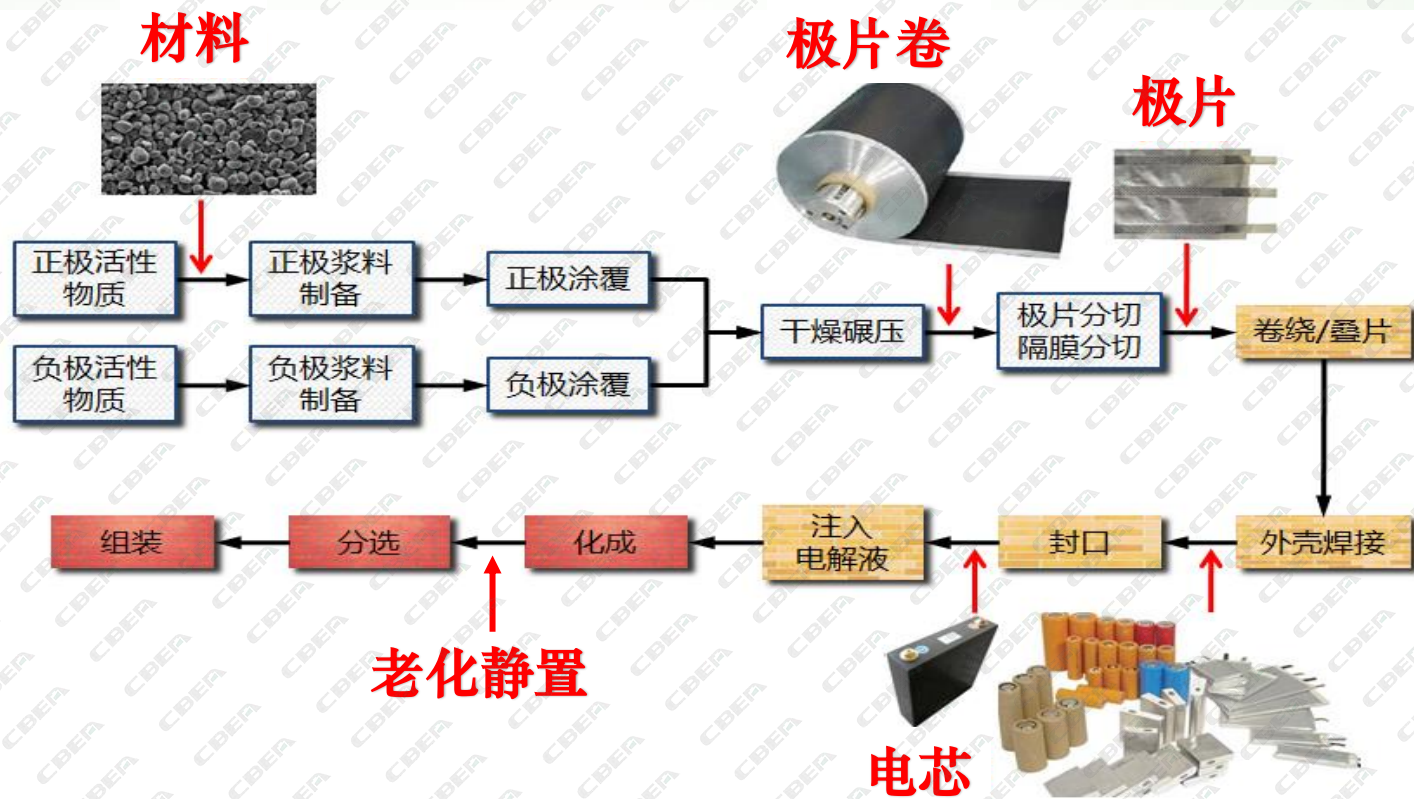






各种电极材料的干燥水分含量

# 锂电池制造工艺





# 锂电池制备关键干燥环节

- ✓ 在电池卷绕或叠片之前，对电池极片进行真空干燥，一般干燥温度为 $80 \sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，电池极片往往成卷或成堆干燥，过程中进行多次气体置换。除了加热、真空度和气体置换等干燥程序外，极卷的尺寸，或者堆积片数对干燥效果也有较大影响，需要认真考虑
- ✓ 在电池注液之前，对组装好的电池进行真空干燥，由于此时电池包含隔膜等部件，干燥温度根据电池的具体类别选择，多次气体置换。（此时，干燥温度较低，电池各部件组装在一起，预留的注液口较小，这些条件都不利于水分去除）

# 锂电池干燥系统解决方案





# 目录

锂电池及水分对其性能的影响

锂电池干燥策略与技术

锂电池全产业链干燥解决方案

时代高科及其主要产品

隧道式连续真空干燥系统性能

结论：锂电干燥 时代高科



**Time High-Tech**  
**时代高科**

# 企业简介

- 新能源领域连续式真空干燥设备龙头企业，国家高新技术企业
- 在真空干燥领域深耕细作10余年，积累丰厚，享誉世界
- 拥有最先进的全自动隧道式真空干燥系统，新能源产业行业首创
- 高真空单体烘箱性能优异，技术先进，高性价比
- 屡屡创新引领行业发展，产品拥有完全自主知识产权
- 真空干燥设备领军企业，对行业贡献卓越，推动新能源产业快速发展



# 企业简介

从2005年开始，时代高科与超级电容世界领军企业美国MAXWELL进行保密合作，历经8年，研制出第一代全自动真空干燥生产线。同期获得了国家科技部、深圳市政府技术创新资金的大力支持



Time High-Tech  
时代高科



# 企业简介

从2013年开始，时代高科与比亚迪等锂离子动力电池领军企业紧密合作，投入了大量研究经费，联合攻关，实现技术突破，研制成功今天本公司的旗舰产品——**全自动隧道式真空干燥系统**，并在技术指标、产品性能、安全保障和规模化等方面不断改进提高，日臻完善



Build Your Dreams

成就梦想



Time High-Tech  
时代高科



# 主要产品



## 隧道式连续真空干燥系统

- 适合于高产能的大规模连续生产
- 节能效果非常明显，大幅度降低产品成本
- 产品一致性好，提升最终产品的安全可靠
- 系统构成简洁，运维成本低，投资回报快
- 自动化程度高，高效可靠，适应性广

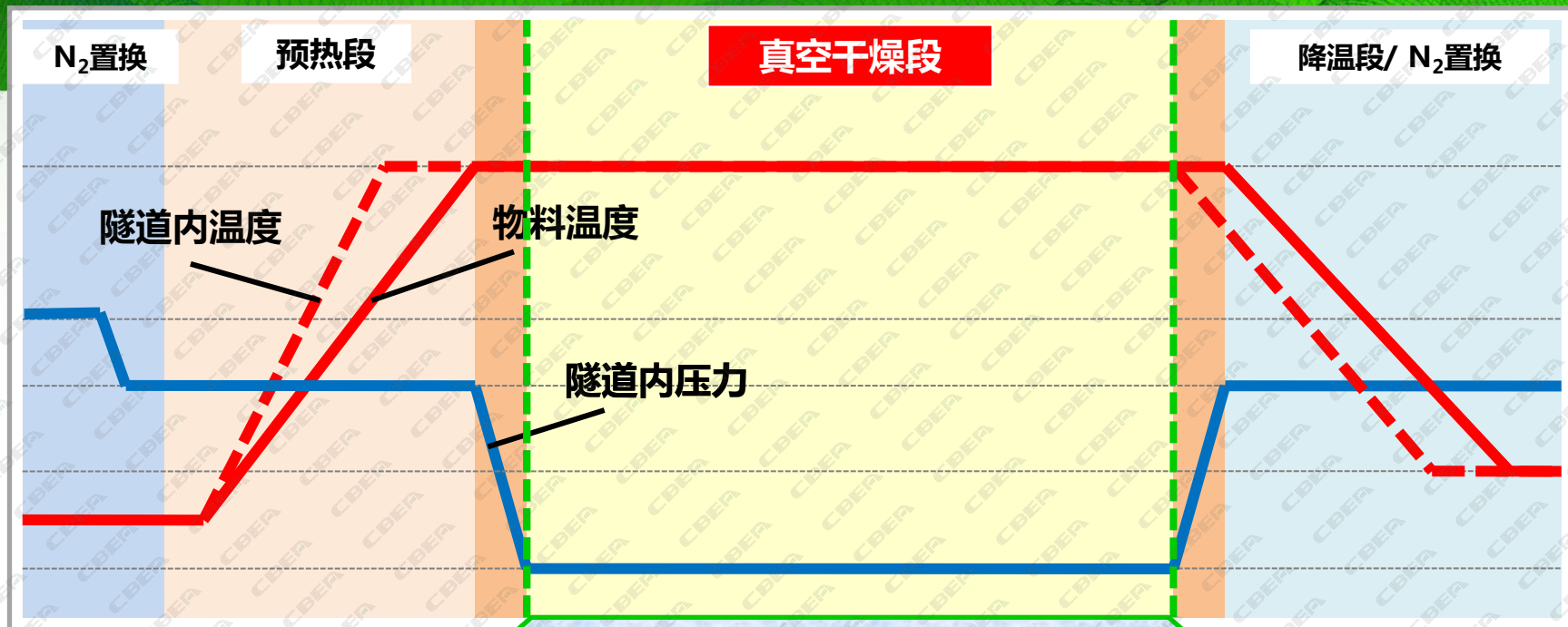


## 高真空单体烘箱

- 适合于小规模、非连续、对产品一致性要求不是很高的锂电池生产
- 适合于小试、中试等实验线
- 适合做为研发或实验设备



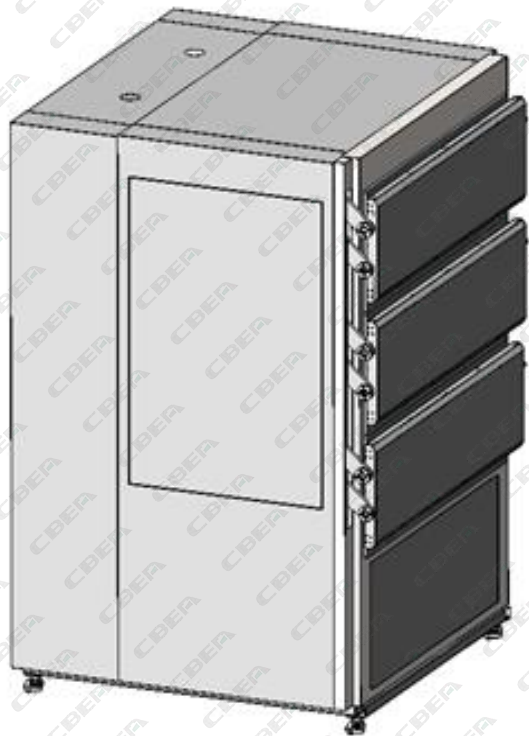




恒定的真空干燥环境

始终保持恒定的  
高温度均匀度 + 高真空度

# 主要产品



量产用三层高真空烘箱

烘箱为上下3层腔体，气缸门结构，单个腔体内可放 2 排夹具，一台烘箱可放 6个夹具。

1、外形尺寸：

左右\*前后\*高度=1950\*1700\*2260mm

2、内腔尺寸：

宽度\*深度\*高度=1500\*1200\*300mm

3、重量：约 3.8 T(满载)

4、最低真空度：15-100Pa（空载测量）

5、泄漏率：10Pa.L/S（空载测量）

6、最高温度：150℃

7、温控点控制精度：±3℃

8、加热功率：27KW（满载峰值）

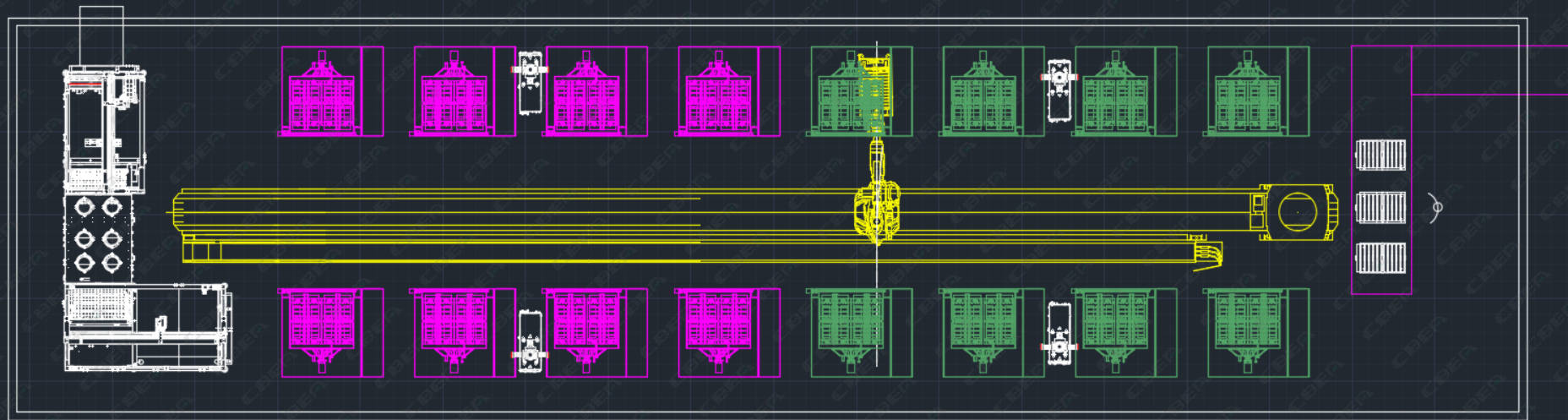
9、工作气源：0.4-0.6Kgf/cm<sup>2</sup>

10、开关门方式：机器人装卸

11、控制方式：PLC



# 主要产品



自动生产线—机器人+AGV小车

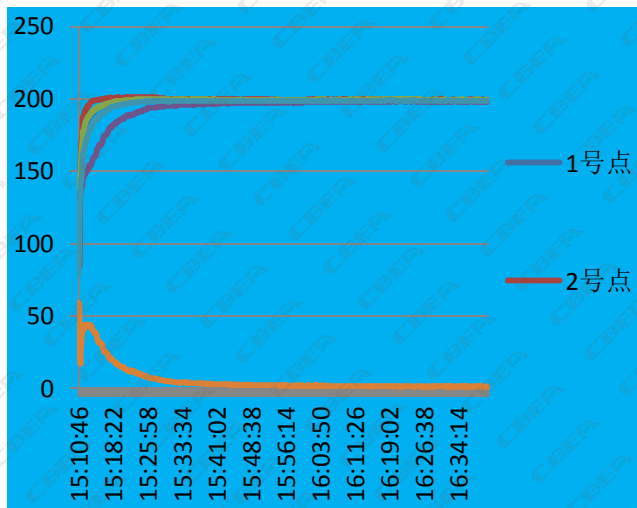
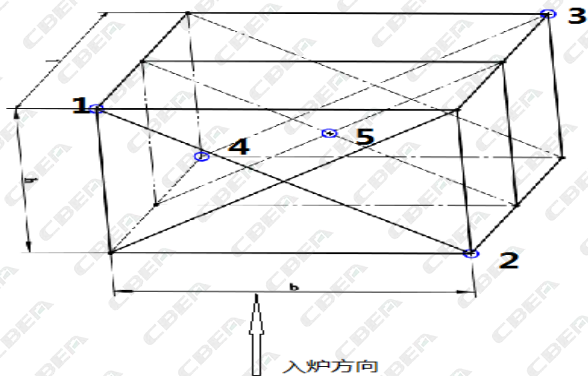
或

手动生产线—人工+转运叉车

# 主要产品

## 关键指标

- 工作真空度：极限100Pa，工作200Pa
- 工作温度：200℃（80~220℃可调节）
- 温度一致性：±1℃
- 空炉状态下，从25℃加热至200℃时间小于120分钟
- 特有呼吸加热系统：快速加热升温
- 专利运风系统：导流流畅，运风均匀，显著提高腔体温度的一致性
- 设备噪音小于75db



实验室用高精度高真空烘箱



# 目录

锂电池及水分对其性能的影响

锂电池干燥策略与技术

锂电池全产业链干燥解决方案

时代高科及其主要产品

隧道式连续真空干燥系统性能

结论：锂电干燥 时代高科



**Time High-Tech**  
**时代高科**

# 产品性能

拥有完全自主知识产权、首创独特的真空获得、密封、预热、加热、冷却、检测、温控、自动化技术与系统集成创新，提供一致、可靠的高真空度、高温均一性的干燥环境，确保设备低能耗、高效、可靠、高度一致的连续运行，快速去除被干燥的新能源材料、电芯、极片极卷等工件的水分含量，显著提升了最终产品的质量、性能、一致性和安全可靠

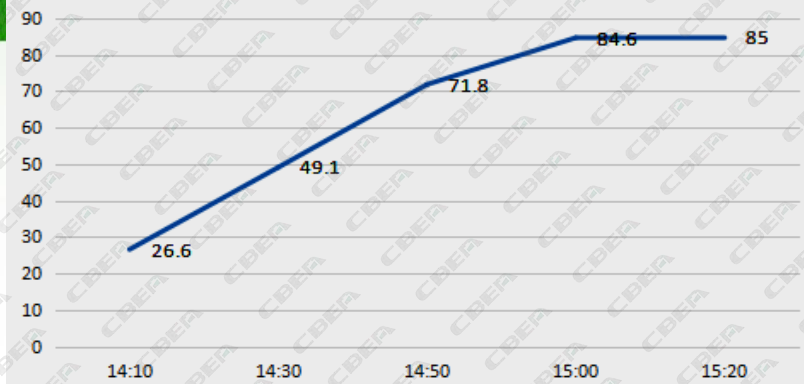


## 空载测试数据

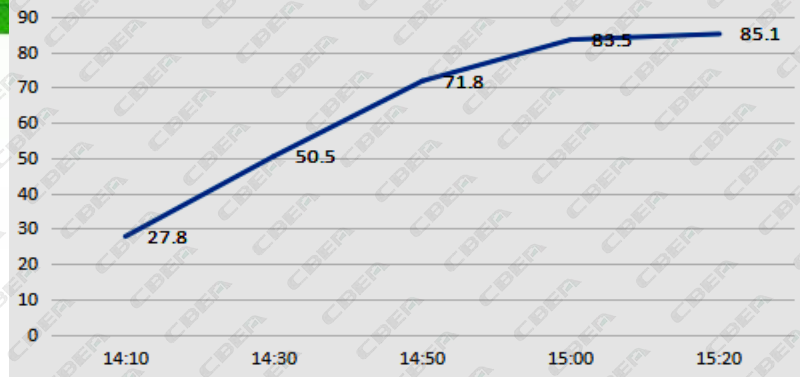
|                 |         |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |
|-----------------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 85° C均匀性测试      | 标准      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |
|                 | ±3.5° C | 时间   | 9:30  | 10:00 | 10:30 | 11:00 | 11:30 | 12:00 | 12:30 | 13:00 | 13:30 | 14:00 | 14:30 | 15:00 | 15:30 |    |
|                 |         | 温度   | 85.1  | 85.1  | 85.3  | 86    | 85.9  | 85.6  | 85.5  | 85.3  | 85.8  | 86.3  | 86.1  | 86.5  | 86.3  |    |
|                 |         | MAX  | MIN   | 均匀性   | 结果判定  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |
|                 |         | 86.5 | 85.1  | 1.4   | OK    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |
|                 |         |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |
| 85° C定舱测试 (6H)  | ±5° C   | 真空1段 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 稳定性   | 结果判定  |    |
|                 |         | 时间   | 23:22 | 23:52 | 0:22  | 0:52  | 1:22  | 1:52  | 2:22  | 2:52  | 3:22  | 3:52  | 4:22  | 4:52  | 1.1   | OK |
| 120° C定舱测试 (6H) |         | 真空3段 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 稳定性   | 结果判定  |    |
|                 |         | 时间   | 9:00  | 9:30  | 10:00 | 10:30 | 11:00 | 11:30 | 12:00 | 12:30 | 13:00 | 13:30 | 14:00 | 14:30 | 1.2   | OK |
|                 |         |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |

满载升温数据速率

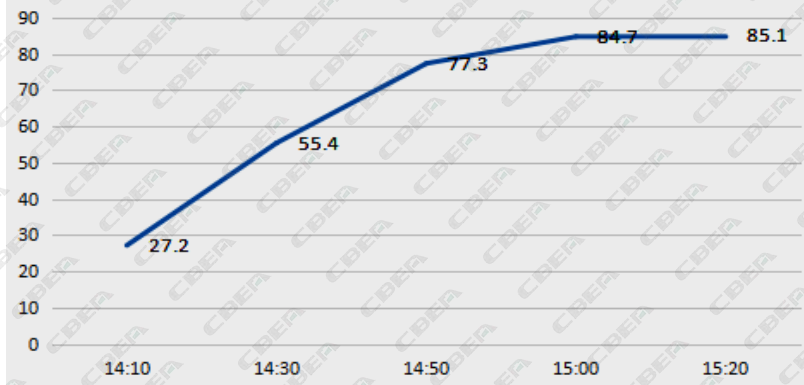
预热过渡段升温速率图



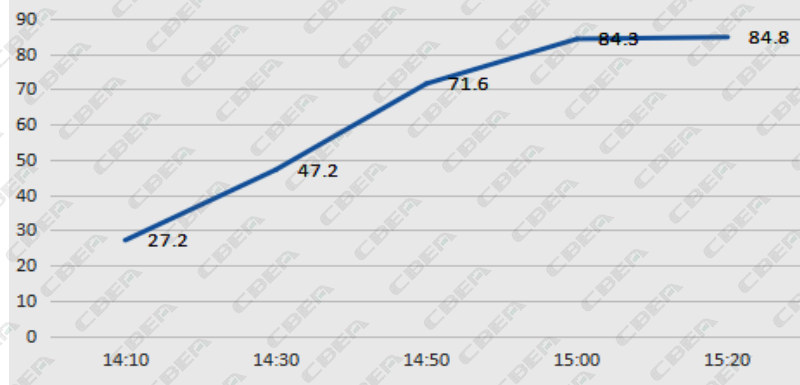
预热段升温速率图



真空过渡段升温速率图



真空1段升温速率图



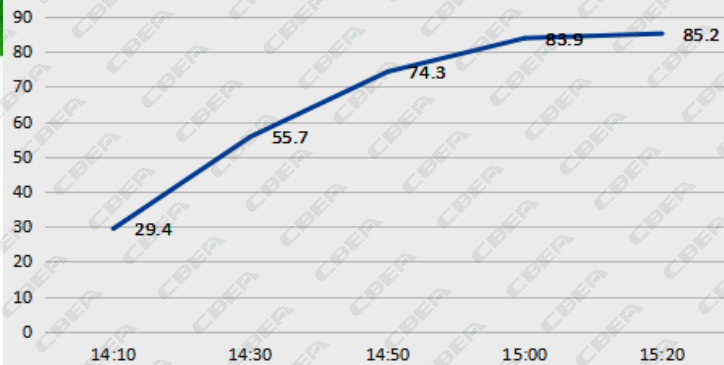
结论:

从预热过渡段到真空5段的升温时间都在80min内达到85°C, 工艺要求<120min。

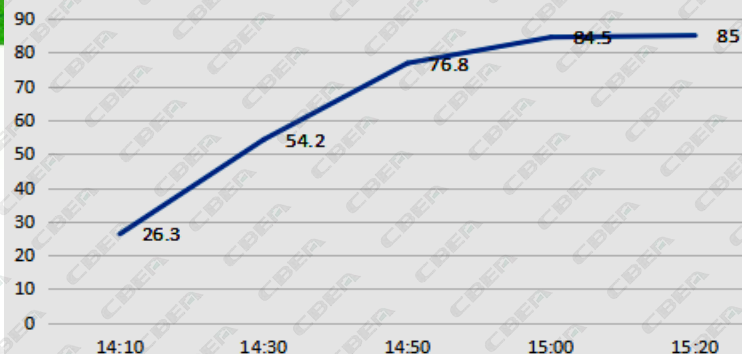


# 满载升温速率

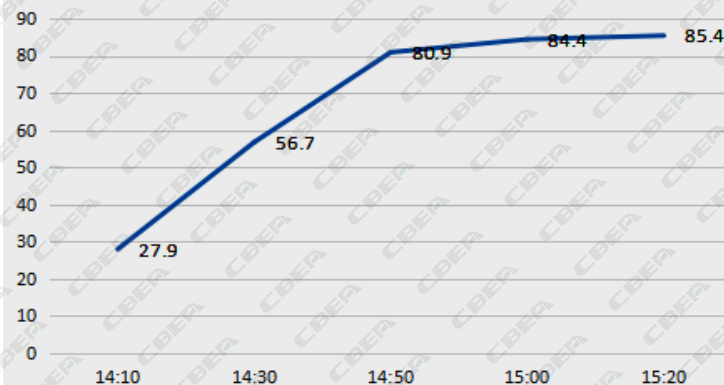
真空2段升温速率图



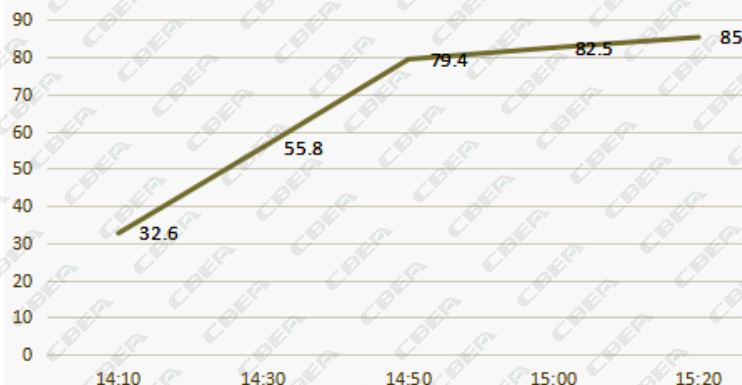
真空3段升温速率图



真空4段升温速率图



真空5段升温速率图



结论:

从预热过渡段到真空5段的升温时间都在80min内达到85° C, 工艺要求<120min。

# 满载各腔体温度均性

| 时间    | 真空过度 (° C) | 真空1 (° C) | 真空2 (° C) | 真空3 (° C) | 真空4 (° C) | 真空5 (° C) | max (° C) | min (° C) | 均匀性 (° C) | 标准    | 判定结果 |
|-------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|------|
| 15:30 | 85.9       | 85.1      | 84.9      | 84.3      | 84.8      | 85.3      | 85.9      | 84.3      | 1.6       | ±3.5℃ | OK   |
| 16:00 | 85.9       | 85.4      | 85.0      | 84.4      | 85.3      | 85.2      | 85.9      | 84.4      | 1.5       |       | OK   |
| 16:30 | 85.9       | 85.1      | 85.0      | 84.5      | 85.1      | 85.2      | 85.9      | 84.5      | 1.4       |       | OK   |
| 17:00 | 86.1       | 85.4      | 85.0      | 84.5      | 85.0      | 85.3      | 86.1      | 84.5      | 1.6       |       | OK   |
| 17:30 | 86.0       | 85.3      | 84.9      | 84.5      | 84.9      | 85.2      | 86        | 84.5      | 1.5       |       | OK   |
| 18:00 | 85.5       | 85.2      | 85.2      | 84.3      | 85.0      | 85.3      | 85.5      | 84.3      | 1.2       |       | OK   |
| 18:30 | 86.6       | 85.6      | 84.5      | 85.0      | 85.2      | 85.6      | 86.6      | 84.5      | 2.1       |       | OK   |
| 19:00 | 86.3       | 85.8      | 85.5      | 84.7      | 85.5      | 86.0      | 86.3      | 84.7      | 1.6       |       | OK   |
| 19:30 | 86.2       | 85.4      | 85.3      | 84.5      | 85.3      | 85.8      | 86.2      | 84.5      | 1.7       |       | OK   |
| 20:00 | 86.0       | 85.5      | 85.2      | 84.4      | 85.0      | 85.7      | 86        | 84.4      | 1.6       |       | OK   |
| 20:30 | 85.9       | 85.4      | 85.2      | 84.4      | 85.0      | 85.7      | 85.9      | 84.4      | 1.5       |       | OK   |
| 21:00 | 85.9       | 85.4      | 84.9      | 84.3      | 83.7      | 83.4      | 85.9      | 83.4      | 2.5       |       | OK   |
| 21:30 | 86.1       | 85.4      | 84.8      | 84.4      | 85.1      | 85.4      | 86.1      | 84.4      | 1.7       |       | OK   |
| 22:00 | 85.9       | 85.2      | 84.9      | 84.4      | 85.0      | 85.2      | 85.9      | 84.4      | 1.5       |       | OK   |
| 22:30 | 86.0       | 85.2      | 84.9      | 84.3      | 85.0      | 85.2      | 86        | 84.3      | 1.7       |       | OK   |
| 23:00 | 86.0       | 85.3      | 85.0      | 84.5      | 85.1      | 85.4      | 86        | 84.5      | 1.5       |       | OK   |
| 23:30 | 86.0       | 85.3      | 85.1      | 84.5      | 85.2      | 85.4      | 86        | 84.5      | 1.5       |       | OK   |
| 0:00  | 86.0       | 85.6      | 85.0      | 84.5      | 85.0      | 85.3      | 86        | 84.5      | 1.5       |       | OK   |
| 0:30  | 86.1       | 85.3      | 85.0      | 84.5      | 85.1      | 85.4      | 86.1      | 84.5      | 1.6       |       | OK   |
| 1:00  | 85.9       | 85.2      | 85.0      | 84.5      | 84.8      | 85.3      | 85.9      | 84.5      | 1.4       |       | OK   |
| 1:30  | 86.0       | 85.4      | 85.0      | 84.3      | 85.1      | 85.4      | 86        | 84.3      | 1.7       |       | OK   |
| 2:00  | 86.1       | 85.4      | 85.2      | 84.5      | 85.1      | 85.3      | 86.1      | 84.5      | 1.6       |       | OK   |
| 2:30  | 86.0       | 85.2      | 85.0      | 84.5      | 85.1      | 85.4      | 86        | 84.5      | 1.5       |       | OK   |
| 3:00  | 85.9       | 85.5      | 85.2      | 84.4      | 84.9      | 85.4      | 85.9      | 84.4      | 1.5       |       | OK   |
| 3:30  | 86.1       | 85.5      | 84.9      | 84.4      | 85.2      | 85.4      | 86.1      | 84.4      | 1.7       |       | OK   |
| 4:00  | 85.9       | 85.4      | 84.9      | 84.3      | 84.8      | 85.4      | 85.9      | 84.3      | 1.6       |       | OK   |
| 4:30  | 85.9       | 85.4      | 84.9      | 84.3      | 85.0      | 85.2      | 85.9      | 84.3      | 1.6       |       | OK   |
| 5:00  | 85.9       | 85.2      | 84.9      | 84.2      | 84.9      | 85.3      | 85.9      | 84.2      | 1.7       |       | OK   |
| 5:30  | 85.9       | 85.4      | 85.2      | 84.3      | 85.0      | 85.3      | 85.9      | 84.3      | 1.6       |       | OK   |
| 6:00  | 85.9       | 85.1      | 85.3      | 84.3      | 84.8      | 85.3      | 85.9      | 84.3      | 1.6       |       | OK   |
| 6:30  | 85.9       | 85.7      | 85.0      | 84.2      | 84.9      | 85.3      | 85.9      | 84.2      | 1.7       |       | OK   |
| 7:00  | 86.0       | 85.4      | 84.9      | 84.3      | 85.0      | 85.4      | 86        | 84.3      | 1.7       |       | OK   |
| 7:30  | 85.9       | 85.4      | 85.3      | 84.5      | 85.1      | 85.4      | 85.9      | 84.5      | 1.4       |       | OK   |
| 8:00  | 85.9       | 85.2      | 85.1      | 84.4      | 85.0      | 85.6      | 85.9      | 84.4      | 1.5       |       | OK   |
| 8:30  | 86.1       | 85.3      | 85.0      | 84.5      | 85.1      | 85.4      | 86.1      | 84.5      | 1.6       |       | OK   |
| 9:00  | 85.9       | 85.6      | 85.3      | 84.5      | 85.1      | 85.3      | 85.9      | 84.5      | 1.4       |       | OK   |
| 9:30  | 85.9       | 85.2      | 85.0      | 84.3      | 85.0      | 85.2      | 85.9      | 84.3      | 1.5       |       | OK   |
| max   | 86.6       | 85.8      | 85.5      | 85        | 85.5      | 86        |           |           |           |       |      |
| min   | 85.5       | 85.1      | 84.5      | 84.2      | 83.7      | 83.4      |           |           |           |       |      |
| 稳定性标准 | 1.1        | 0.7       | 1         | 0.8       | 1.8       | 2.6       |           |           |           |       |      |



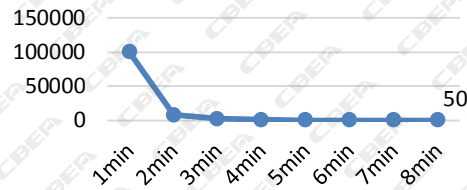
# 空载各腔体真空抽速率

| 时间   | 真空过度段 (pa) | 真空1段 (pa) | 真空2段 (pa) | 真空3段 (pa) | 真空4段 (pa) | 真空5段 (pa) |
|------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1min | 100000     | 98287     | 98287     | 98287     | 98287     | 98287     |
| 2min | 7644       | 41507     | 41507     | 41507     | 41507     | 41507     |
| 3min | 1750       | 25548     | 25548     | 25548     | 25548     | 25548     |
| 4min | 345        | 12365     | 12365     | 12365     | 12365     | 12365     |
| 5min | 49         | 5347      | 5347      | 5347      | 5347      | 5347      |
| 6min | 50         | 1542      | 1542      | 1542      | 1542      | 1542      |
| 7min | 50         | 168       | 168       | 168       | 168       | 168       |
| 8min | 50         | 50        | 50        | 50        | 50        | 50        |

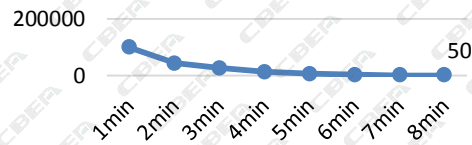
结论:

真空过渡段与真空1-5段抽真空时间都在8min内达到要求真空值。

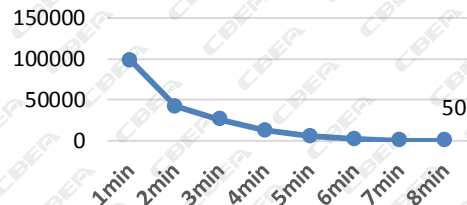
真空过度段 (pa)



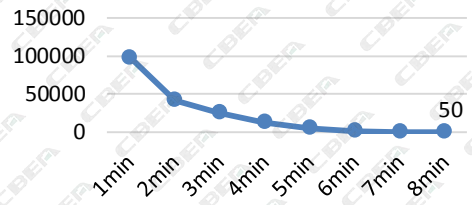
真空1段 (pa)



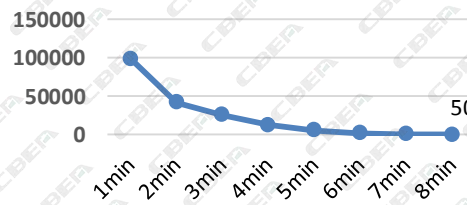
真空2段 (pa)



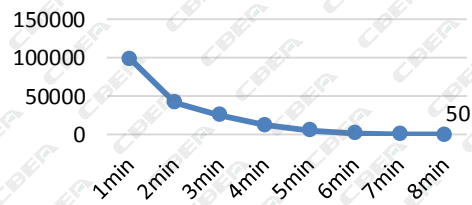
真空3段 (pa)



真空4段 (pa)



真空5段 (pa)



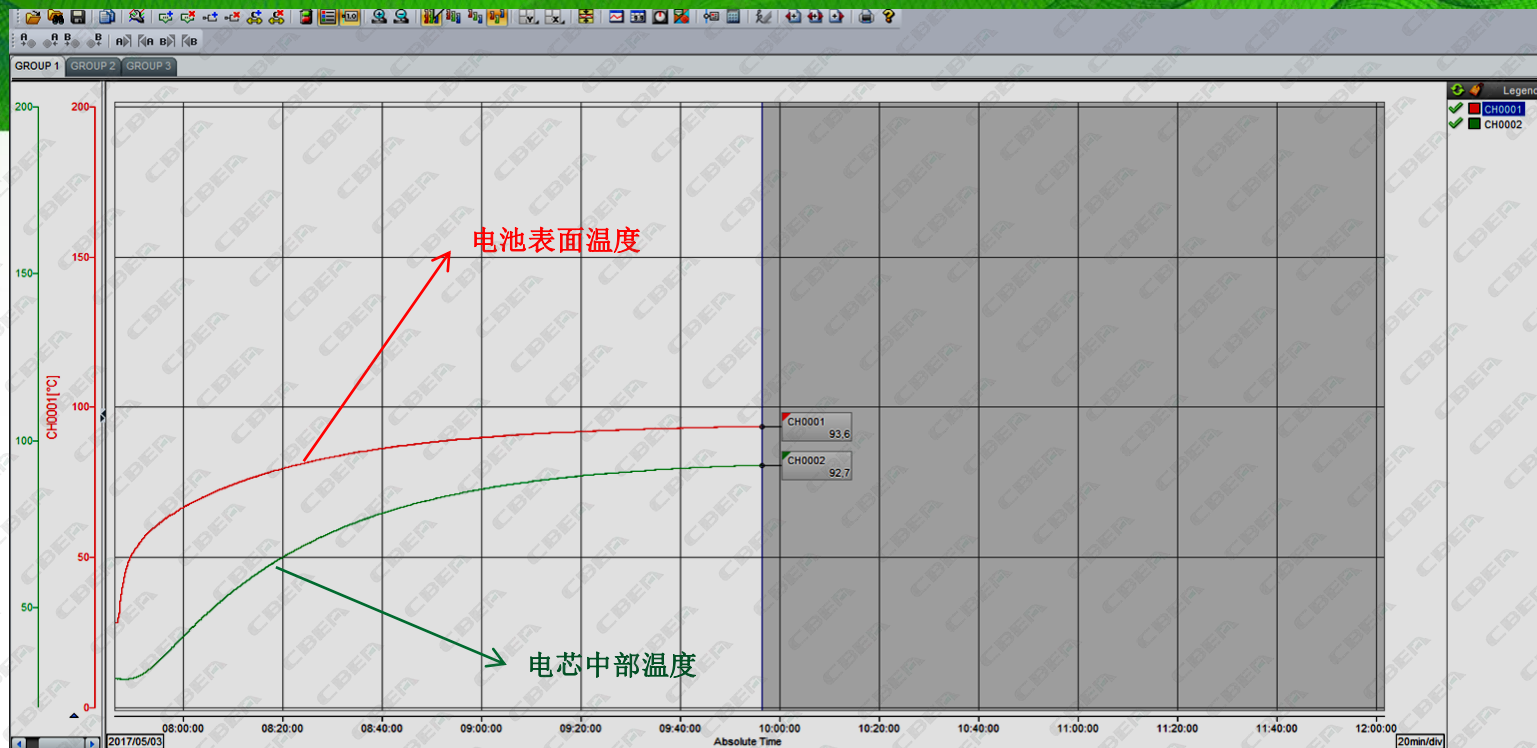
# 空载各腔体泄露量

| 24h泄露量（抽真空至50pa后保压24小时） |       |        |       |       |       |        |       |
|-------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 时间                      | 真空过度段 | 真空1-5段 | 冷却过渡段 | 时间    | 真空过度段 | 真空1-5段 | 冷却过渡段 |
| 10:30                   | 52    | 50     | 50    | 22:30 | 72    | 51     | 55    |
| 11:30                   | 56    | 50     | 51    | 23:30 | 72    | 51     | 55    |
| 12:30                   | 61    | 50     | 52    | 0:30  | 73    | 51     | 56    |
| 13:30                   | 65    | 50     | 52    | 1:30  | 73    | 51     | 56    |
| 14:30                   | 67    | 50     | 52    | 2:30  | 74    | 51     | 56    |
| 15:30                   | 67    | 50     | 52    | 3:30  | 74    | 51     | 57    |
| 16:30                   | 69    | 50     | 52    | 4:30  | 76    | 51     | 57    |
| 17:30                   | 69    | 50     | 52    | 5:30  | 77    | 51     | 57    |
| 18:30                   | 69    | 50     | 52    | 6:30  | 78    | 52     | 58    |
| 19:30                   | 70    | 50     | 52    | 7:30  | 79    | 52     | 58    |
| 20:30                   | 70    | 50     | 52    | 8:30  | 80    | 52     | 58    |
| 21:30                   | 71    | 51     | 52    | 9:30  | 80    | 52     | 58    |

| 结论     | 1h内漏气量 (pa) | 24h内漏气量 (pa) | 24h内总泄漏量 (pa) | 标准     | 判定结果 |
|--------|-------------|--------------|---------------|--------|------|
| 真空过度段  | 4           | 28           | 46            | <250Pa | OK   |
| 真空1-5段 | 0           | 10           |               |        |      |
| 冷却过渡段  | 1           | 8            |               |        |      |



方形铝壳预热段内的升温曲线图



预热段不同时间阶段热电偶测得电池表面与电池中部电芯的温度变化数值:

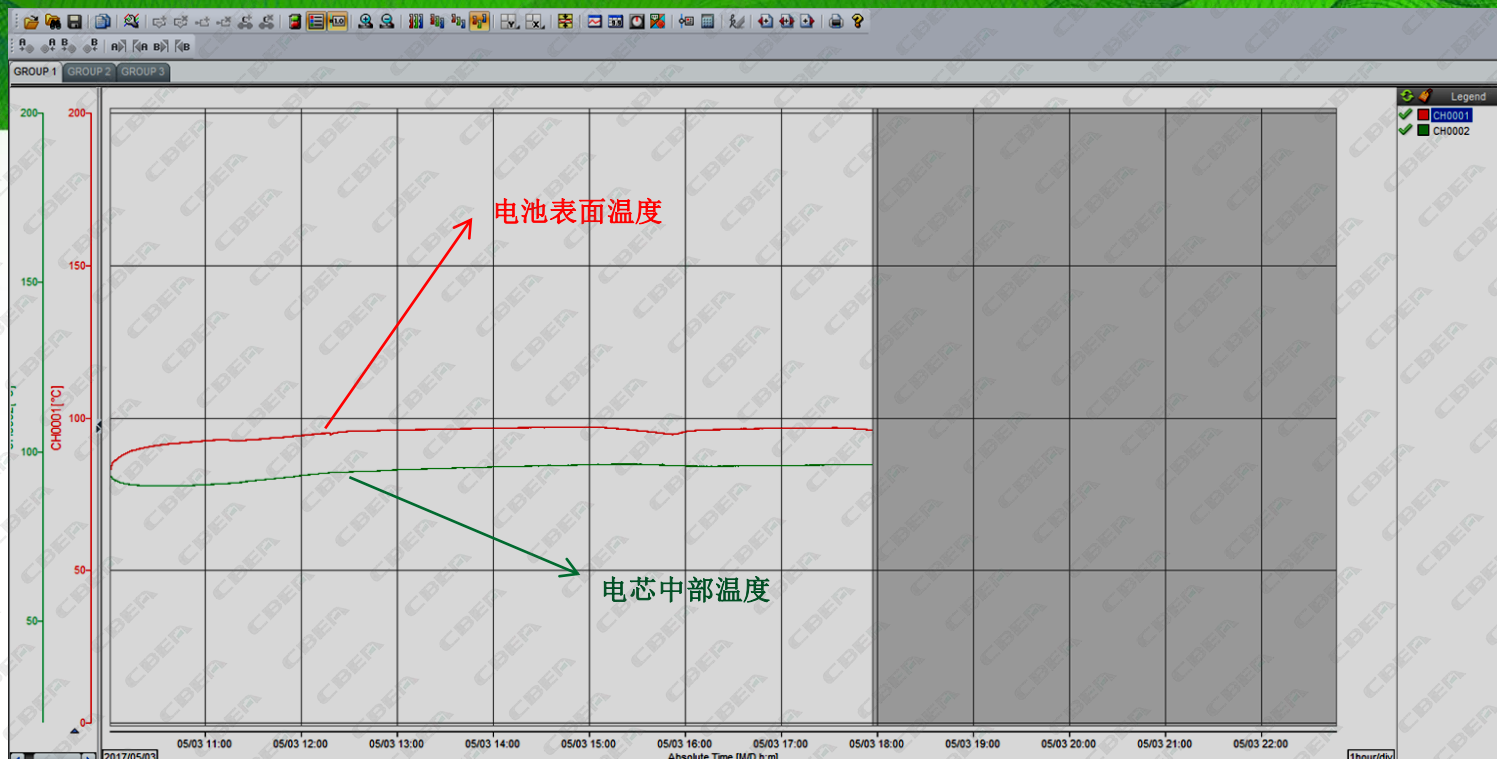
| 时间(min) | 15   | 30   | 45   | 60   | 75   | 90   | 105  | 120  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 电池表面(℃) | 68.0 | 77.9 | 84.0 | 87.7 | 90.1 | 91.6 | 92.6 | 93.3 |
| 电芯中部(℃) | 43.4 | 61.7 | 73.6 | 81.1 | 85.8 | 88.9 | 90.9 | 92.2 |

升温方式:

氮气热风循环快速加热

温差:  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,

# 方形铝壳真空干燥段内的升温曲线图



真空段不同时间阶段热电偶测得电池表面与电池中部电芯的温度变化数值：

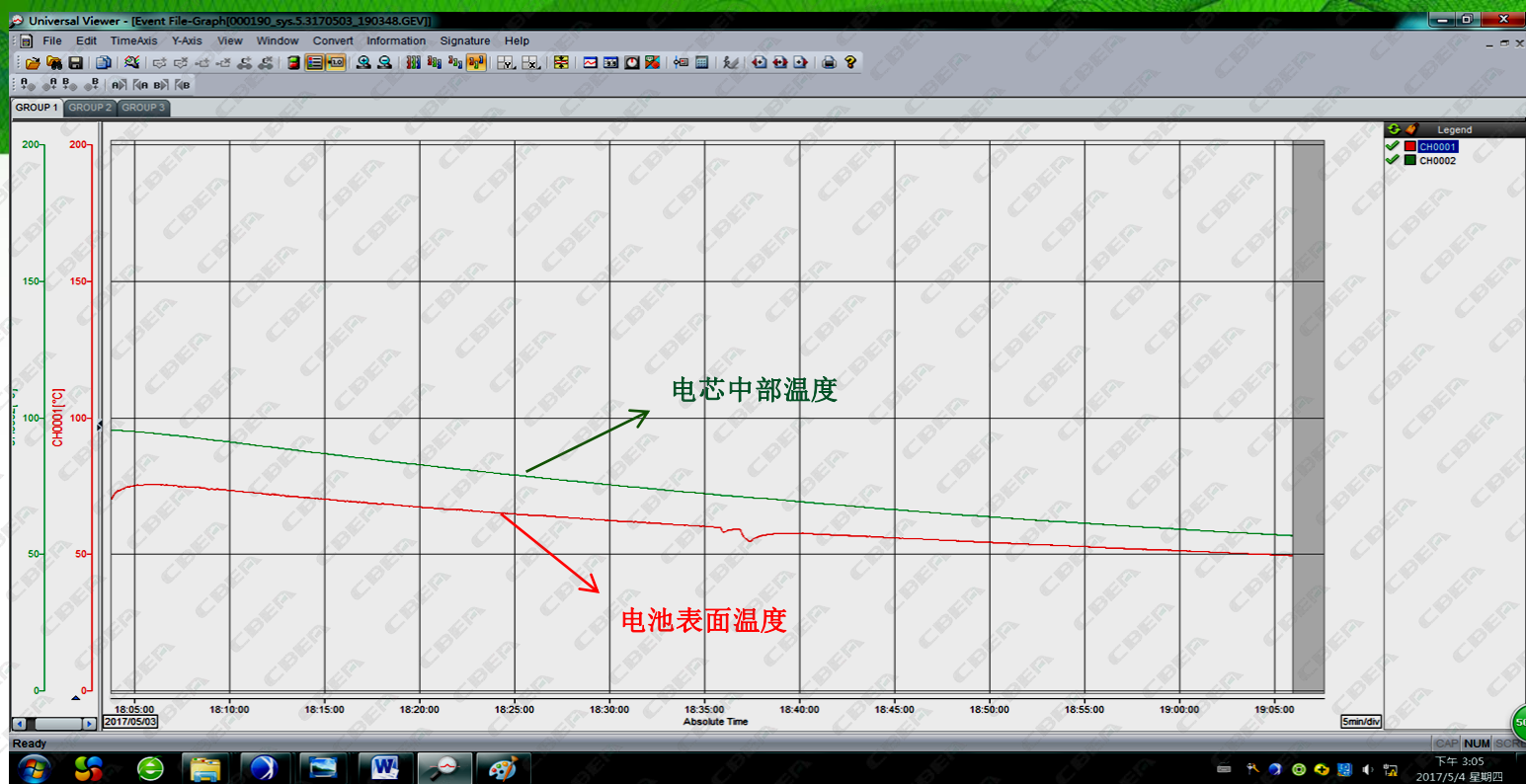
| 时间(h)   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 电池表面(℃) | 92.6 | 94.4 | 96.1 | 96.7 | 97.0 | 95.6 | 96.7 | 96.0 |
| 电芯中部(℃) | 90.4 | 93.0 | 94.7 | 95.6 | 96.2 | 95.9 | 96.1 | 96.2 |

真空干燥方式：

加热板真空环境下辐射  
导热，温差2.5℃。



# 方形铝壳冷却段内的降温曲线图



冷却段不同时间阶段热电偶测得电池表面与电池中部电芯的温度变化数值:

| 时间(min)  | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| 电池表面(°C) | 70.9 | 65.3 | 60.8 | 56.5 | 53.2 | 50.2 |
| 电芯中部(°C) | 87.9 | 79.9 | 73.0 | 67.0 | 61.9 | 57.6 |

冷却方式:

使用高纯氮气循环风机

快速冷却方式降温。

# 目录

锂电池及水分对其性能的影响

锂电池干燥策略与技术

锂电池全产业链干燥解决方案

时代高科及其主要产品

隧道式连续真空干燥系统性能

结论：锂电干燥 时代高科

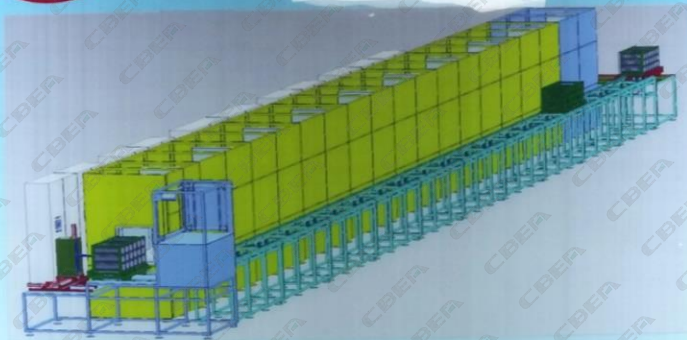


**Time High-Tech**  
**时代高科**





烘烤/Baking



#### 功能:

\*采用全自动化隧道式真空烤箱对电芯进行干燥处理,过程中包括升温、高真空恒温 and 降温三段功能区。使用的真空泵极限真空可达0.1Pa,确保腔体真空度,干燥过程中使用液氮冷却系统,确保快速降温,以提高产能。

#### 特点:

- \*全自动化:电芯上下料全自动化运行。
- \*高速度:升温速度小于1小时,降温速度小于0.5小时,整体干燥时间小于10小时。
- \*高精度:温度精度可控制在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。
- \*高可靠性:干燥腔体过渡真空度小于100Pa。
- \*节能降耗:传统单机式烤箱升温、恒温和降温在同一个腔体里连续完成;本连续烤箱将升温、恒温和降温分成独立区段,每个功能区一直保持一个状态,更有利于节能降耗,耗电量仅相当于传统烤箱的20%。
- \*提升产品质量:干燥与注液工序的无缝链接,电池无二次污染,干燥更彻底。

#### Function:

- \*The cells are dried by fully-automatic tunnel oven, the whole process includes heating up, heat insulation, and cooling. To assure high vacuum of the inner oven, a high vacuum pump with a minimum vacuum of 0.1Pa is used.
- \*To increase the production capacity, the cooling process applies liquid nitrogen to cool down the cells rapidly.

#### Feature:

- \*Full automation: Fully automatic loading and unloading
- \*High speed: Total heating up time is less than 1 hr, and the cooling time less than 0.5 hr, the whole drying lasts no more than 10 hrs.
- \*High precision: The temperature precision can be kept within  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- \*High reliability: The vacuum in transition region of drying oven is less than 100 pa.
- \*Energy saving: This continuous oven divides the oven into three separate region, heating up, heat insulation, and cooling, where each region keeps only one status all the time, while the traditional oven does this in one same cavity. Therefore, the electricity consumption of this oven is only 20% comparing to the traditional oven.
- \*Quality improvement: The drying process is connected with the injection process seamlessly, without any second pollution to cells.

# 客户见证

自动化

高品质

低能耗

效率提升  
品质提升

节能80%

| 序号 | 设备名称                   | 设备烘烤规格       | 客户                |
|----|------------------------|--------------|-------------------|
| 1  | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯）     | 比亚迪股份有限公司         |
| 2  | 全自动隧道式真空干燥系统+<br>隧道式单机 | 动力电池（电芯、极卷）  | 国轩高科动力能源有限公司      |
| 3  | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯）     | 中航锂电（江苏）有限公司      |
| 4  | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯）     | 多氟多（焦作）新能源科技有限公司  |
| 5  | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯）     | 河南鹏辉能源科技有限公司      |
| 6  | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯）     | 骆驼集团新能源电池有限公司     |
| 7  | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯）     | 力神动力电池系统公司        |
| 8  | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯）     | 雷天温斯顿电池（长泰）有限公司   |
| 9  | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯）     | 遵义星美银河新能源有限公司     |
| 10 | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（极卷）     | 远东福斯特新能源有限公司      |
| 11 | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯、极片）  | 深圳市比克电池有限公司       |
| 12 | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯、极片）  | 力信（江苏）能源科技有限责任公司  |
| 13 | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯、极片）  | 北京国能电池有限公司        |
| 14 | 全自动隧道式真空干燥系统           | NCA材料        | 深圳市贝特瑞新能源材料股份有限公司 |
| 15 | 全自动隧道式真空干燥系统           | 超级电容         | 深圳市今朝时代股份有限公司     |
| 16 | 小型隧道+单机                | 超级电容         | 美国MAXWELL         |
| 17 | 小型隧道+单机                | 超级电容         | 万裕三信电子（东莞）有限公司    |
| 18 | 中试小型隧道+单机              | 动力电池（电芯）超级电容 | 深圳市金能弘盛能源科技有限公司   |
| 19 | 中试小型隧道+单机              | 动力电池（电芯）超级电容 | 深圳博磊达新能源科技有限公司    |
| 20 | 中试小型隧道+单机              | 动力电池（电芯、材料）  | 深圳市德方纳米科技有限公司     |
| 21 | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯）     | 江西汇亿新能源有限公司       |
| 22 | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯、极片）  | 福建冠城瑞闽新能源科技有限公司   |
| 23 | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（极片）     | 中信国安盟固利动力科技有限公司   |
| 24 | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯）     | 中天科技动力电池          |
| 25 | 全自动隧道式真空干燥系统           | 动力电池（电芯）     | 福建巨电新能源股份有限公司     |

2016年，  
时代高  
科为动  
力电池  
的总产  
能提供  
了近  
40Gwh  
的贡献



# 结论

- 过量水分是锂离子电池的“**万恶之源**”，必须去除
- 锂离子电池的水分干燥要从全产业链考虑，采用系统性的策略，从源头抓起，分而治之
- 隧道式连续真空干燥系统，能耗低、效率高、稳定可靠，是成熟的大规模量产技术，可以显著提升产品性能和一致性，是动力锂电池高端化、差异化、安全可靠发展的必备利器
- 锂电池产业的干燥问题解决方案，就找时代高科

**锂电干燥，时代高科**



®

Time High-Tech  
时代高科



THANK YOU

[www.sztime.com.cn](http://www.sztime.com.cn)