

计在规模化生产后成本将下降 50%，预计到 2030 年其成本可能与三元锂电池持平。固态电池的产业化进程正在加速。与此同时，镍氢电池依然在混合动力车型中发挥着重要作用，凭借其高脉冲放电特性，继续保持市场竞争力。随着技术的进步和市场需求的变化，未来电池技术将迎来更多创新与突破。

2.电芯排列方式

电芯排列方式是指在电池模组中，多个电芯的相对位置和连接方式。在电池模组设计中，电芯的排列拓扑结构是影响电池性能、效率和安全性的关键因素。

(1) 电芯常见的排列方式

① 串联式布局。串联式布局是将多个电芯按照一定顺序连接（如图 2-5 所示），电流通过每个电芯，电压在电芯之间累加。这种布局适用于需要高电压的平台，如电动叉车的 48V 系统。在串联式布局中，对所有电芯的性能要求较高，因为电流通过每个电芯的电压降会影响整个电池模组的性能。此外，串联式布局的故障影响较大，任何一个电芯的故障都可能导致整个电池模组失效，所以设计时需要考虑电池管理系统（BMS）的有效性，以实时监测电芯状态。

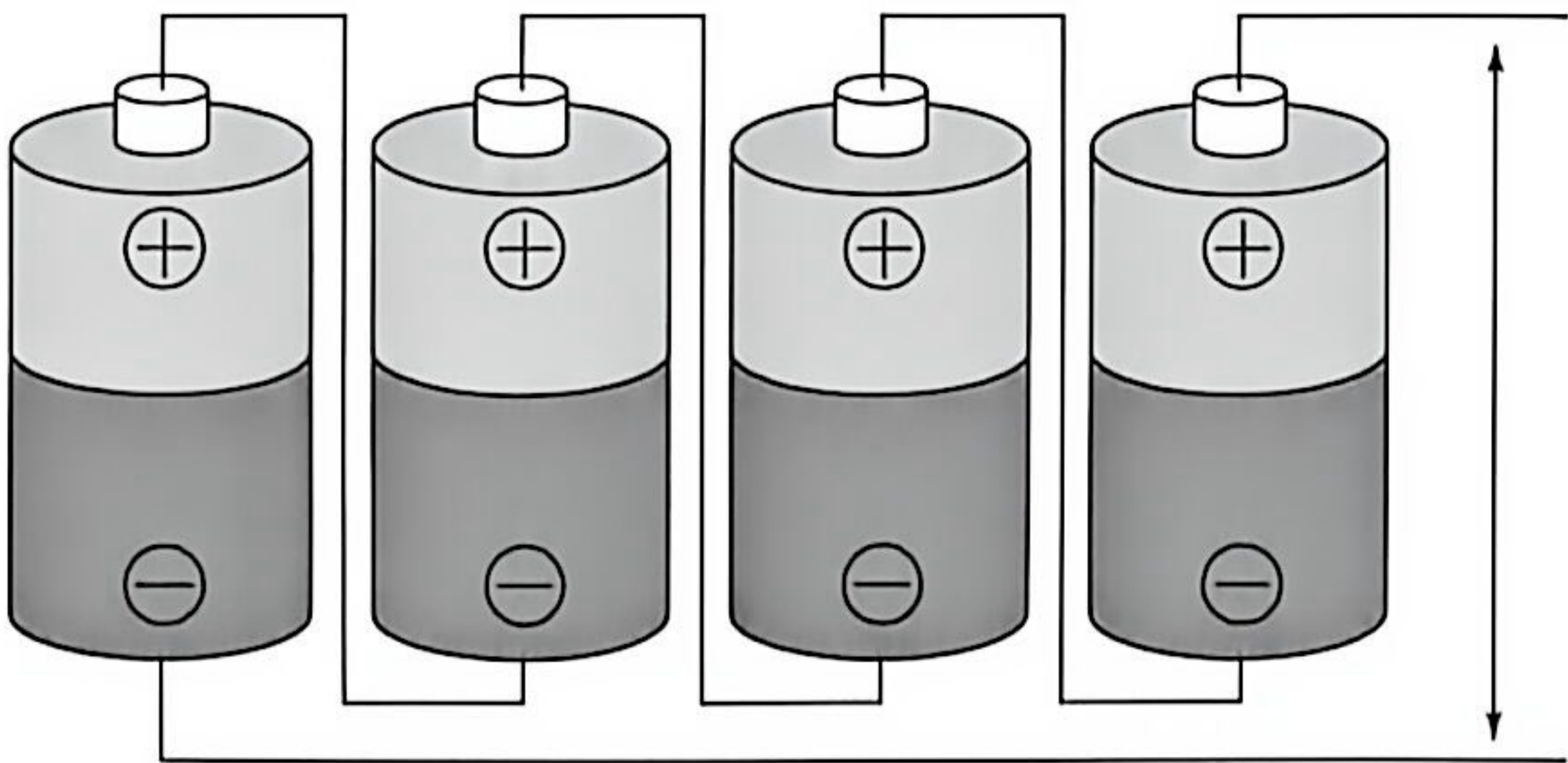


图 2-5 串联式布局示例图

② 并联式布局。并联式布局则是将多个电芯并排连接（如图 2-6 所示），使电流可以通过多个电芯同时流动。这种布局能够有效增加电池模组的总容量，适用于需要低压大电流输出的应用场景，如储能系统。在并联式布局中，电流在各个电芯之间均匀分配，理论上可以实现更好的负载均衡，降低单个电芯的负担，从而延长其使用寿命。此外，若一个电芯发生故障，其他电芯仍然可以继续工作，从而提高了系统的可靠性。

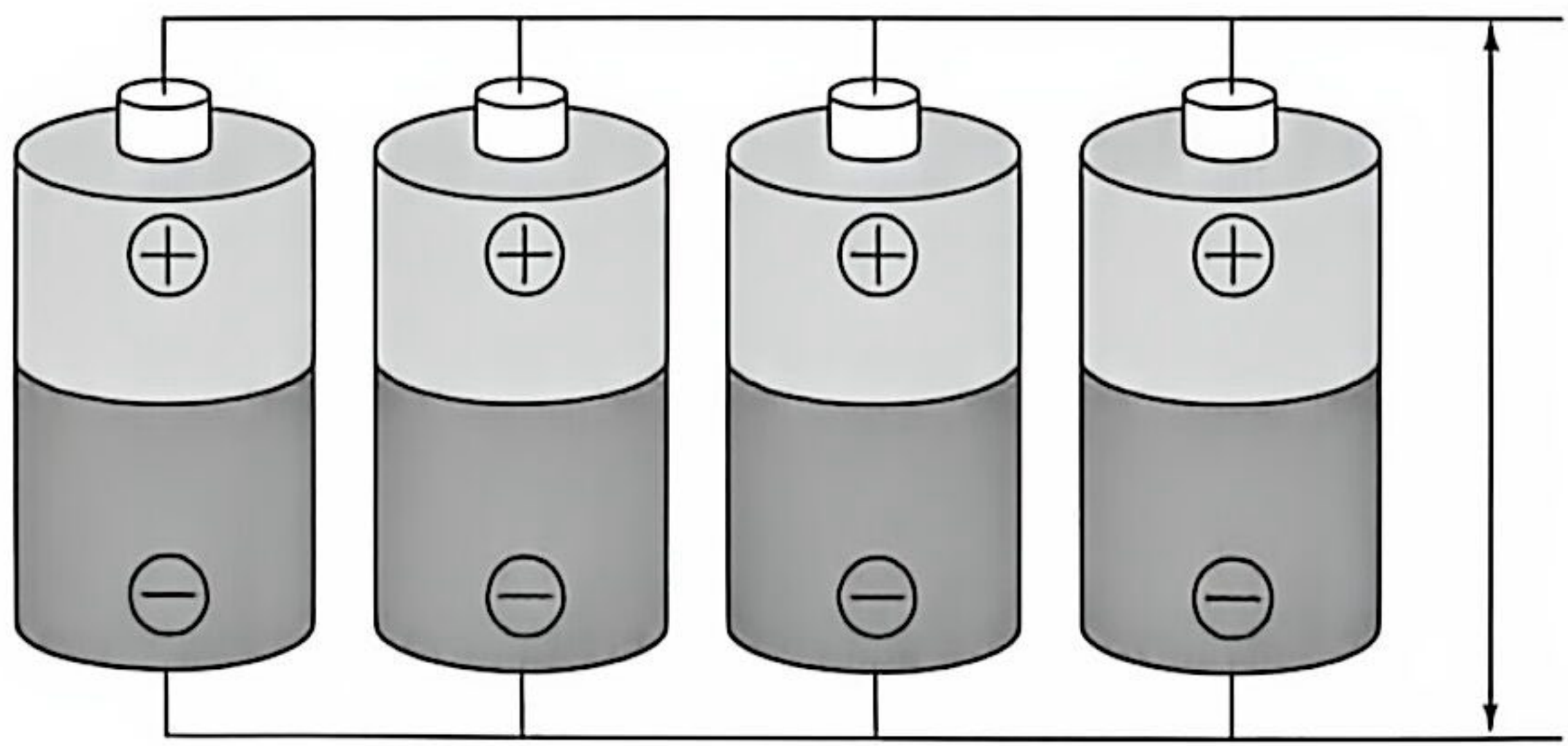


图 2-6 并联式布局示例图

③ 混联拓扑。混联拓扑结合了串联和并联两种布局方式，通常采用矩阵式排列。这种拓扑结构提供了更大的灵活性，可以根据具体应用需求调整电池模组的电压和容量。例如，某品牌的电池模组采用的6串74并结构，能够在保持高电压的同时，提供足够的容量以支持长时间的电动汽车运行。混联布局使设计师能够优化电池模组的性能，平衡电压和容量需求，同时降低内阻，提高能量效率。然而，混联拓扑的设计和管理相对复杂，需要更先进的电池管理系统来监控和控制每个电芯的状态，以确保整个电池模组的安全和性能。

(2) 排列方式的影响因素

电芯的排列方式设计需要考虑以下几个重要因素：

① 电池性能要求：根据应用需求确定电压和容量，选择合适的排列方式。例如，电动汽车通常需要高电压和大容量，因此常采用串并联组合方式。

② 空间限制：电池模组的物理空间限制将直接影响电芯的排列方式。在狭小的空间中，可能需要采用更紧凑的排列方式。

③ 散热管理：电芯在充放电过程中会产生热量，合理的排列方式有助于提高散热效率，防止过热。通常采用间隔排列或设置散热通道的方式来优化散热。

④ 安全性：电芯的排列方式应考虑到安全性，避免因短路或过热导致的危险。设计时需要确保电芯之间有足够的绝缘和间距。

⑤ 制造和维护：电芯的排列方式应便于生产和维护，易于组装和更换。设计时需要考虑到电芯的接线方式和维护便利性。

(3) 电芯排列方式的设计原则

在设计电芯排列方式时，应遵循以下原则：

① 优化电流路径：设计时应确保电流路径尽可能短，以减少内阻和能量损失。

② 均匀分布：电芯应均匀分布，以确保电池模组的电压和容量均衡，避免单个电芯过载。

③ 散热设计：合理设计电芯之间的间距和散热通道，确保热量能够有效散发，保持电池在安全温度范围内。

④ 模块化设计：采用模块化设计，便于电芯的更换和维护，提高电池模组的可维护性和寿命。

(4) 电芯排列方式的实例

电动汽车电池模组：通常采用串并联组合的方式，以满足高电压和大容量的需求，电芯之间留有适当的间隔以提高散热效果。

便携式电子设备：一般采用紧凑的排列方式，可能采用并联排列以提供高电流输出，同时考虑到设备的空间限制。

储能系统：可根据具体需求设计不同的排列方式，通常需要考虑到长期充放电的稳定性和安全性。

3.电芯间距设计规范

(1) 基础间距计算

电芯间距设计需综合考虑热膨胀、散热需求及机械振动等因素，基本公式为

$$d = \frac{\lambda \cdot \Delta T}{q'' \varepsilon} + S_{\text{safety}}$$