



(a) 接近开关 (b) 控制器 (c) 气控阀

图 6 控制模块实物图

2.5 主控程序设计

主控制系统采用的是 PLC 控制器，程序设计流程如图 7 所示。

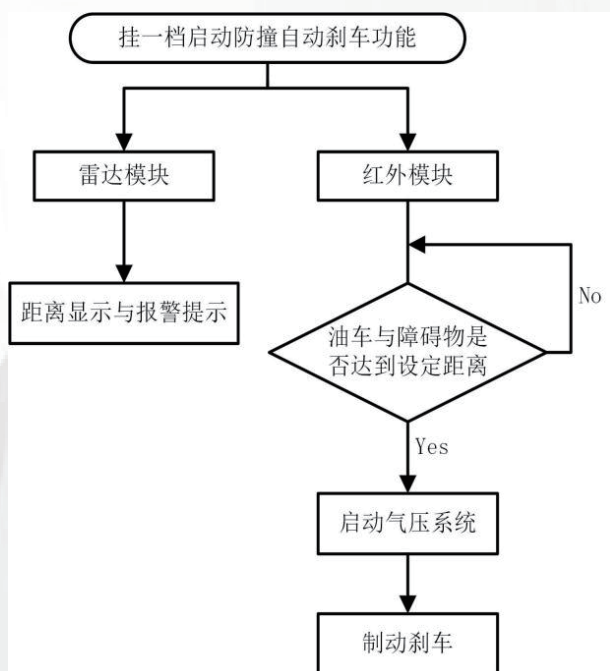


图 7 控制系统的程序设计流程

3 技术难点

3.1 与原车联锁气控刹车系统的兼容问题

在管线加油车联锁系统，当任何一个联锁功能启动，电控阀将气路开启，进入刹车泵，在到达节流阀和两位五通阀排气。这种制动行程为慢排气缓刹车，主要是为了避免行车中联锁功能突然开启，造成急刹车带来的追尾风险。

3.2 系统稳定性

管线加油车在飞机机翼下加油作业时，保障作业

人员与机具会多次靠近加油车，且距离小于设定的最低安全值。因此，感应设备会不断接收信号，造成不间断地自动刹车。这样反复多次地无效触发，会导致电瓶亏电、刹车泵疲劳磨损等安全隐患。因此，考虑利用原车行车档位，当挂一档行驶时防撞自动刹车功能开启，能有效地排除上述隐患。在满足行业规定（进出机位时速不大于 5 千米/小时）的条件下，有效地排除了加油机刮碰飞机或机具的风险。

3.3 降低误报率

当防撞自动刹车功能被报警触发后，车辆自动刹车，作业人员不能随意复位，通过自主编程触发，PLC 控制器会形成自锁，需作业人员检查确认车辆周边无障碍物后，手动复位才能解除误报，并将刹车功能复位。另外，通过控制电路加装了系统超越装置，当有故障时可随时超越切换，不影响正常行驶。

4 工况测试

当管线加油车挂一档行驶时，接近开关打开，启动语音播报和防撞检测功能。当障碍物距离小于设定值 1.5 米时，距离显示屏实时显示距离数值。当距离小于设定最低安全值 0.8 米时，车辆自动刹车至停止。当车辆处于自动刹车状态时，作业人员将障碍物移除，并手动退出一档，即可自动解除刹车，恢复正常行驶状态。由于加油车不同的前进速度具有不同的惯性和不同的刹车时间，导致加油车制动距离不同。因此，以加油车的制动距离来衡量防撞自动刹车功能的稳定性。由于本系统是在加油车进站过程中进行车速低于 5 千米/小时的行业标准下设计的，所以分别选取了加油车挂一档状态，且时速为 2 千米/小时、4 千米/小时、5 千米/小时和 8 千米/小时的刹停距离

加油车速度	每一次测试的刹停距离 (m)					
	1	2	3	4	5	6
2km/h	0.122	0.125	0.113	0.121	0.130	0.121
4km/h	0.211	0.220	0.201	0.202	0.220	0.211
5km/h	0.259	0.261	0.270	0.261	0.260	0.250
8km/h	0.351	0.341	0.360	0.349	0.361	0.363

表 1 加油车不同速度刹停距离测试结果