



M3.3.10 飞机电气系统

修订批准页:

版次	修订时间	编写/改版	修订说明	审核/日期	审批/日期
R0	2020.06.16	刘海斌	新编课件	谈海军 /2020.08.03	张玉 /2020.08.12
R1	2021.02.01	刘海斌	修订课件	谈海军 /2021.02.06	张玉 /2021.02.07
R2	2021.06.21	杜泽旭	修订课件	谈海军 /2021.06.21	张玉 /2021.06.21
R3	2021.07.27	刘海斌	修订课件	谈海军 /2021.07.27	张玉 /2021.07.27
R4	2021.08.31	刘海斌	修订课件	谈海军 /2021.09.28	张玉 /2021.11.12
R5	2022.05.22	刘海斌	修订课件	谈海军 /2022.05.23	张玉 /2022.05.23

目的与要求:

目的	通过本次课程的学习，掌握飞机电气系统的基本原理和构造。
要求	<ol style="list-style-type: none">1. 掌握电源系统结构原理，并能系统的分析电源系统出现问题。2. 掌握电气系统的部件识别。

课程安排:

序号	内容	课时 ¹	试题数量
1	电源系统概述	1H	1
2	交流电源	4H	4
3	直流电源	3H	3
4	起动发电机	1H	1
5	外部电源	1H	1
6	其他电器设备	4H	4
7	配电系统	2H	2
8	典型飞机电源系统维护介绍	2H	2

目录

- 3.3.10.1 电源系统概述
- 3.3.10.2 交流电源
- 3.3.10.3 直流电源
- 3.3.10.4 起动发电机
- 3.3.10.5 外部电源
- 3.3.10.6 其他电器设备
- 3.3.10.7 配电系统
- 3.3.10.8 典型飞机电源系统维护介绍



A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane in flight, centered in the background of the slide.

3.3.10.1 电源系统概述

目录

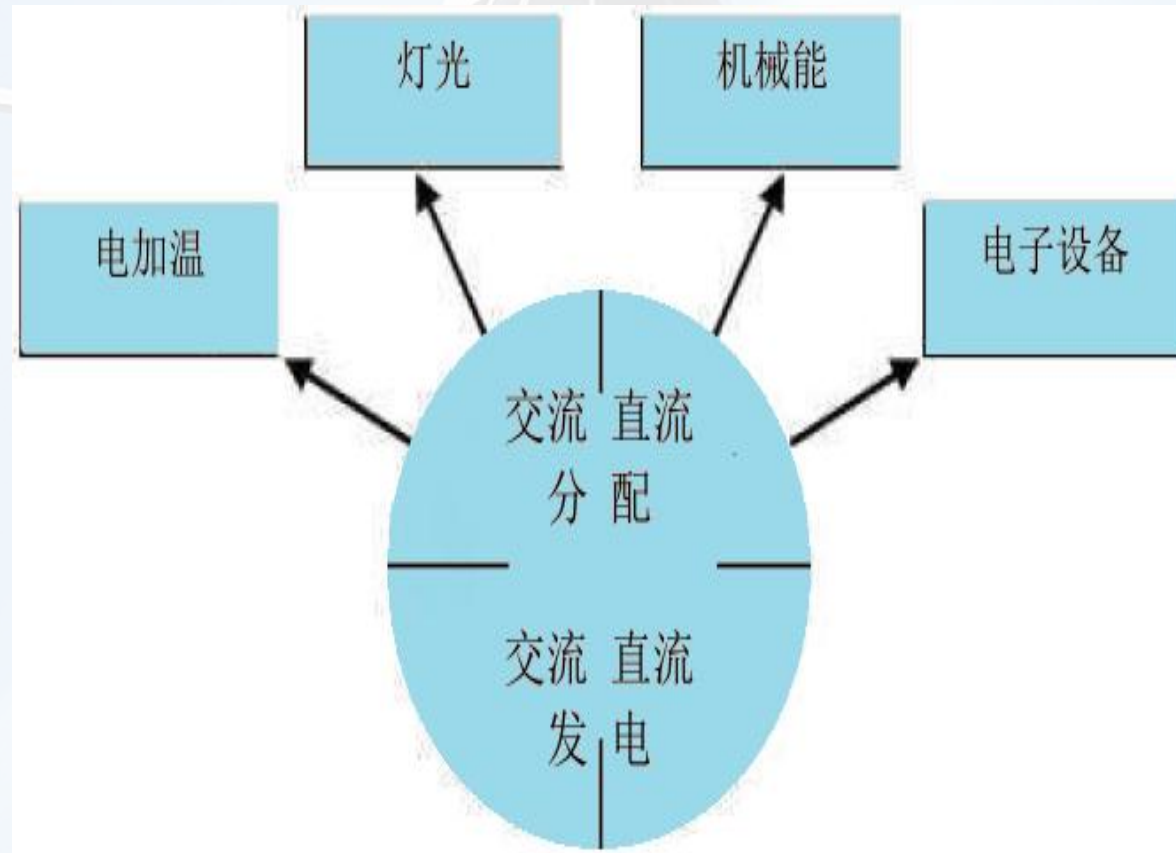
1

电源系统的作用、类型、构成和
典型布局



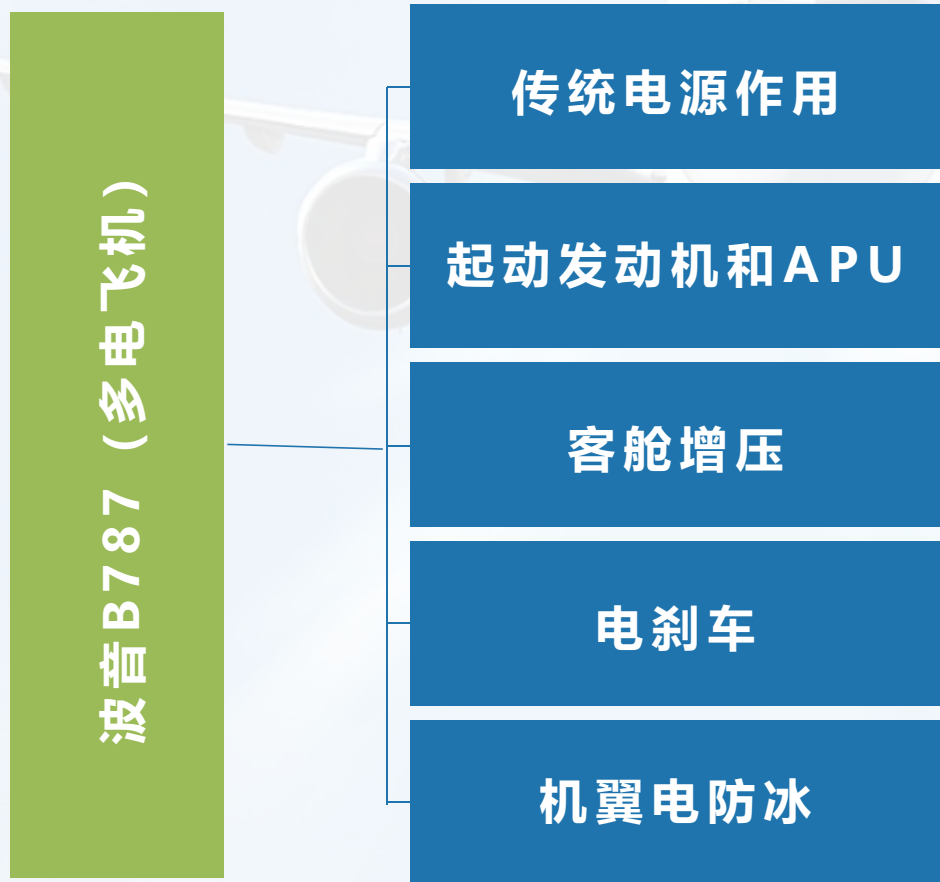
1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

1) 电源系统的作用



1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

1) 电源系统的作用



787飞机客舱增压的气如何产生?

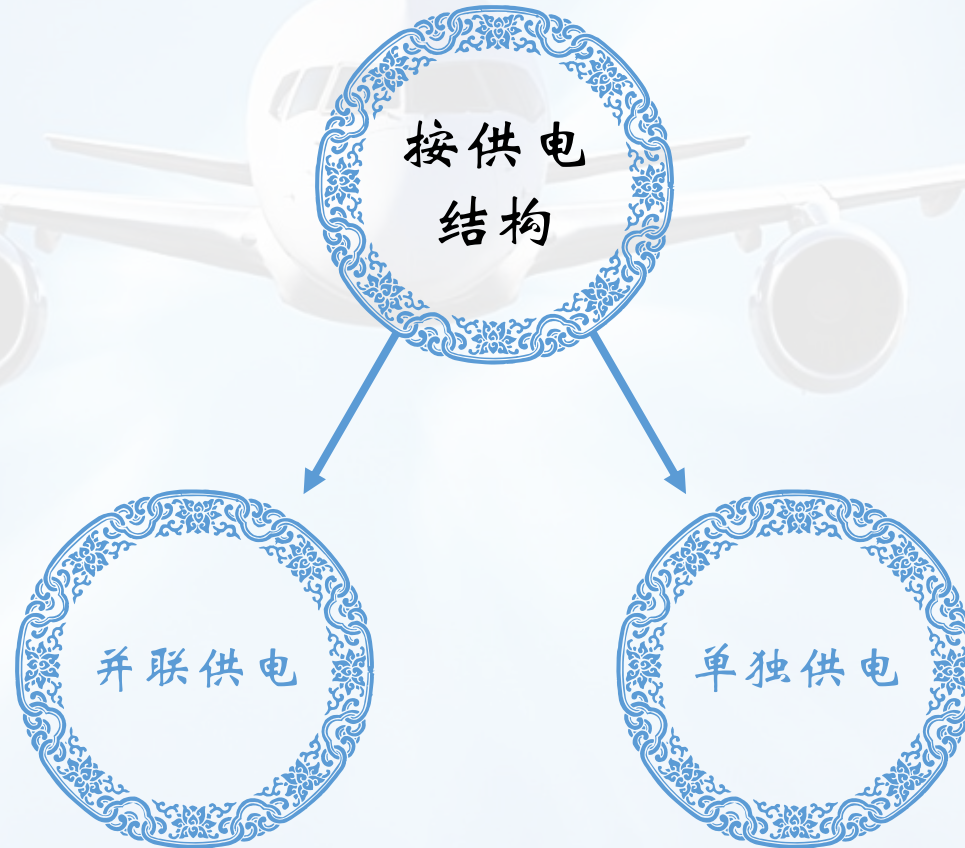
1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

2) 电源类型和构成



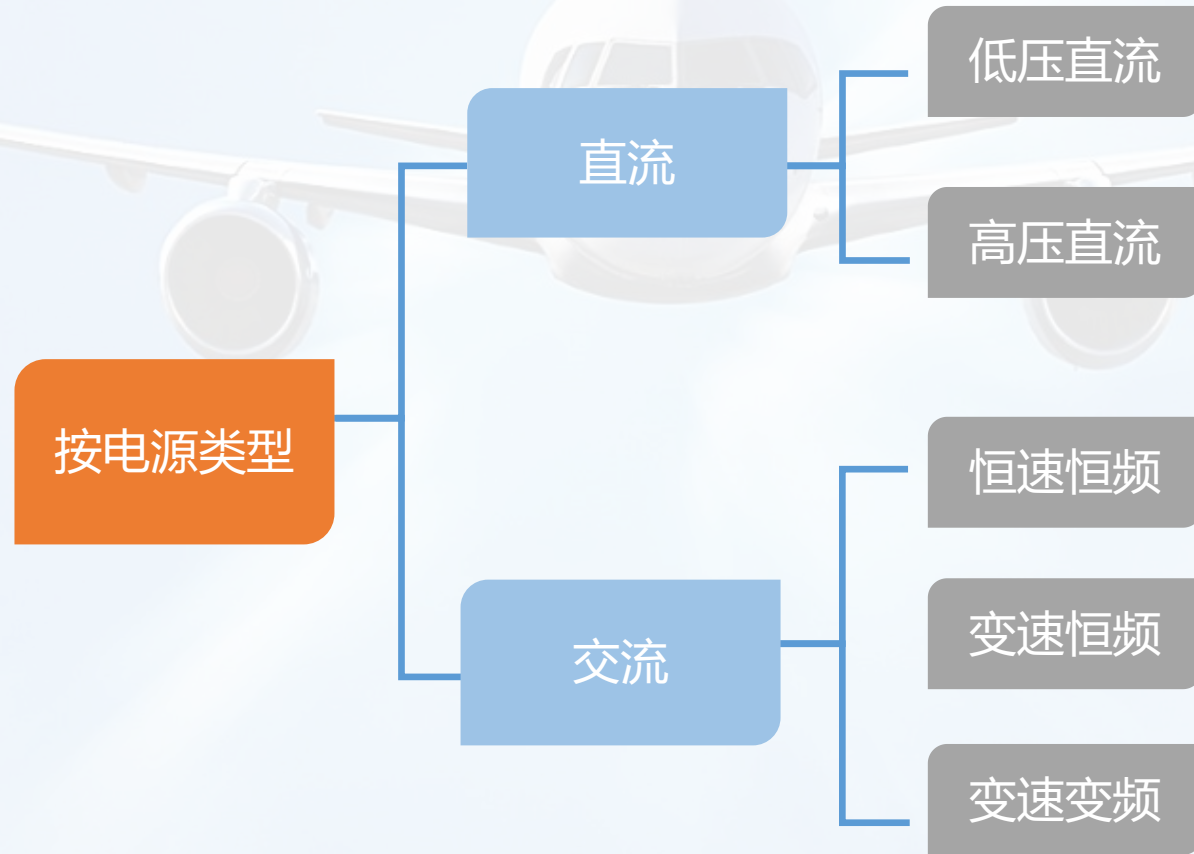
1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

2) 电源类型和构成



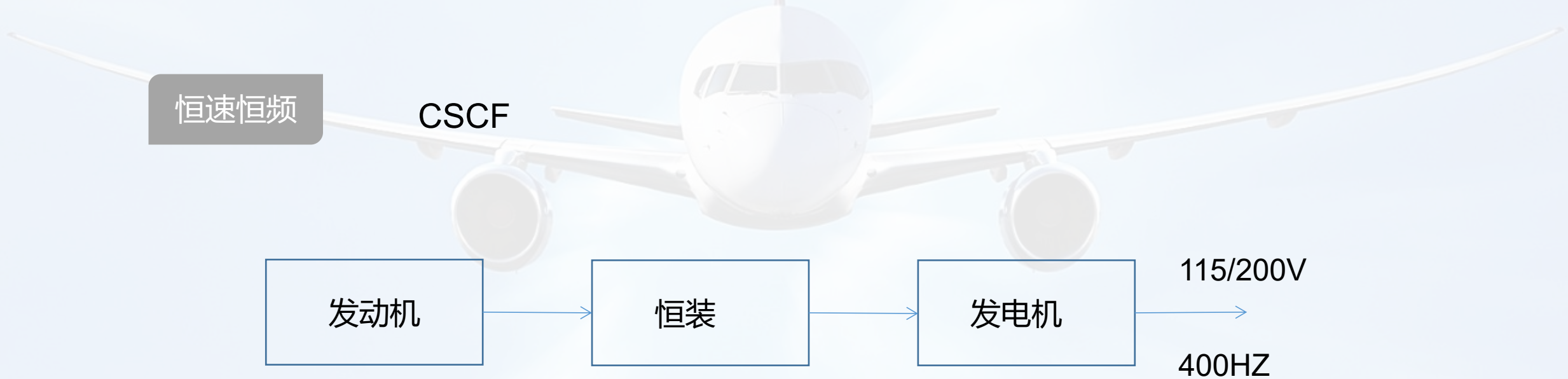
1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

2) 电源类型和构成



1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

2) 电源类型和构成

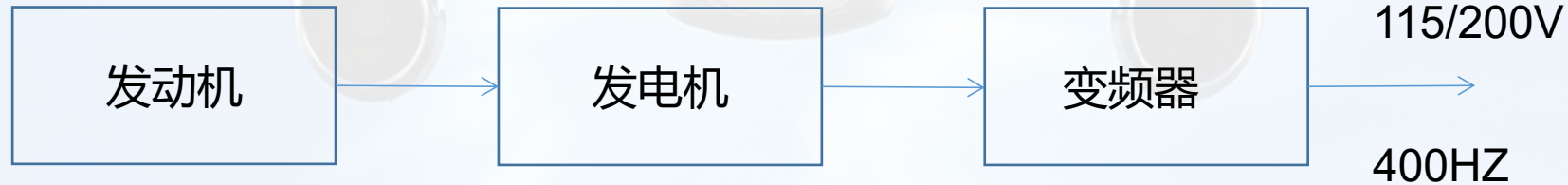


1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

2) 电源类型和构成

变速恒频

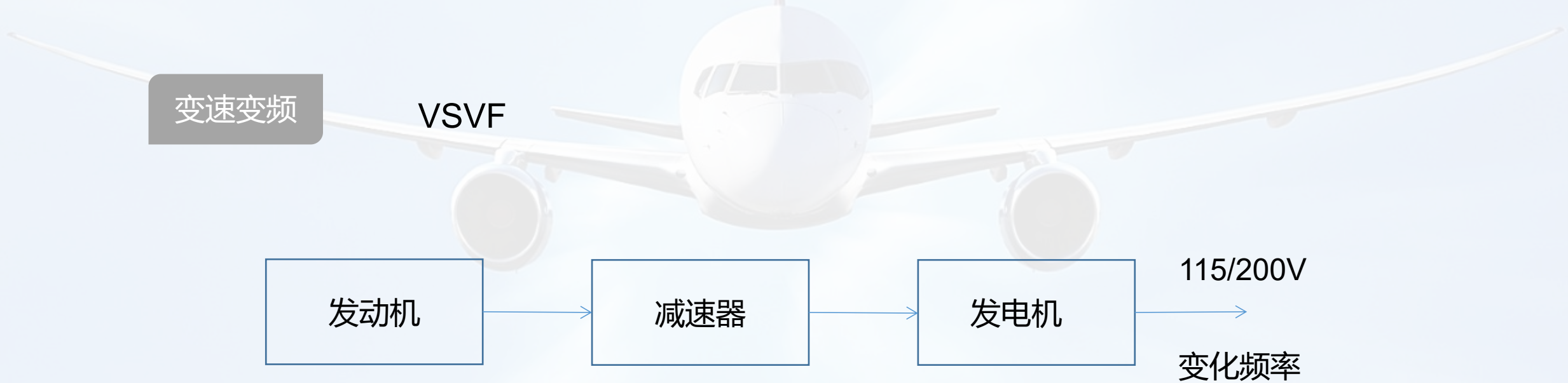
VSCF



- 交-直-交型
- 交-交型

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

2) 电源类型和构成



1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

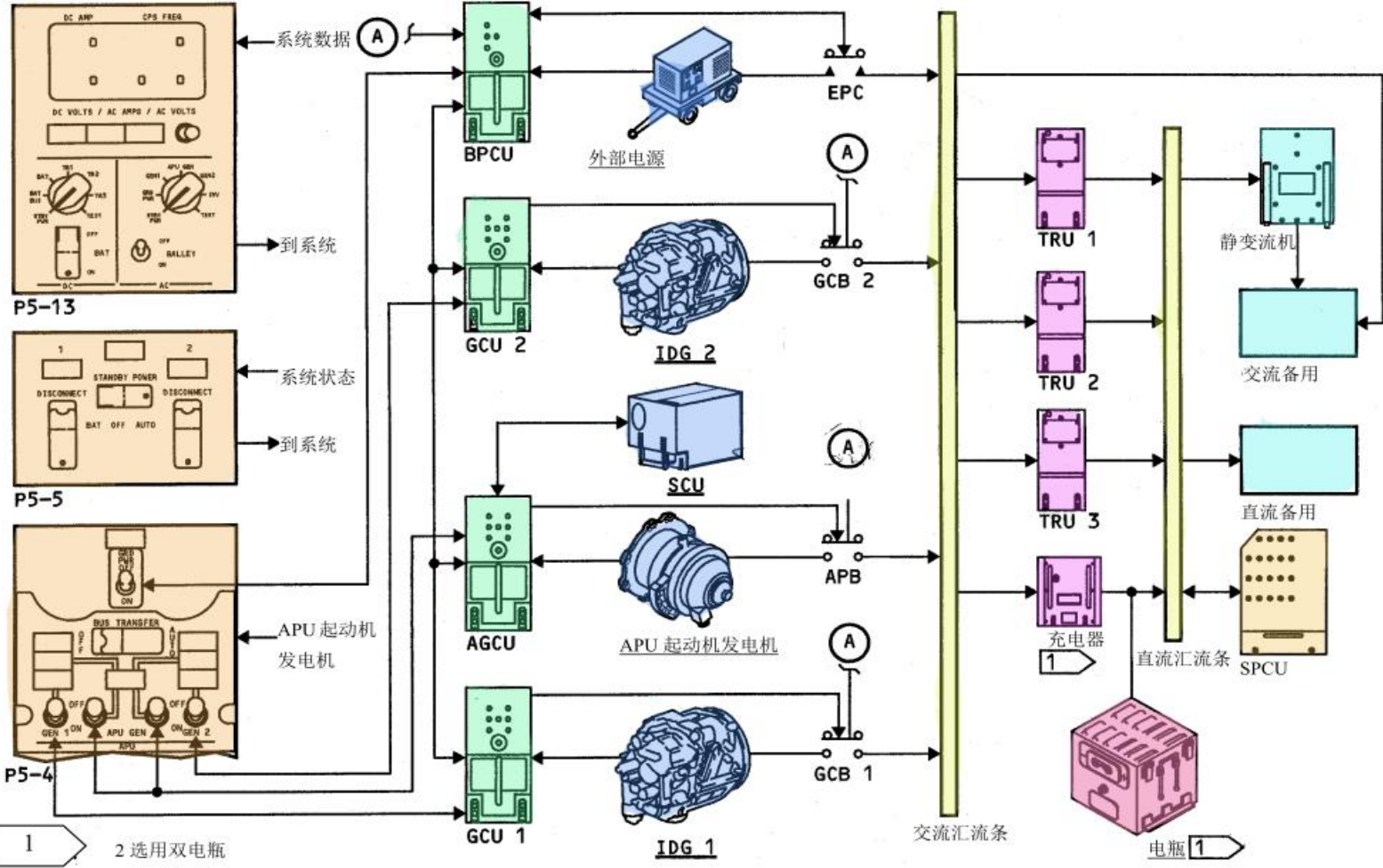
2) 电源类型和构成



1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

2) 电源类型和构成

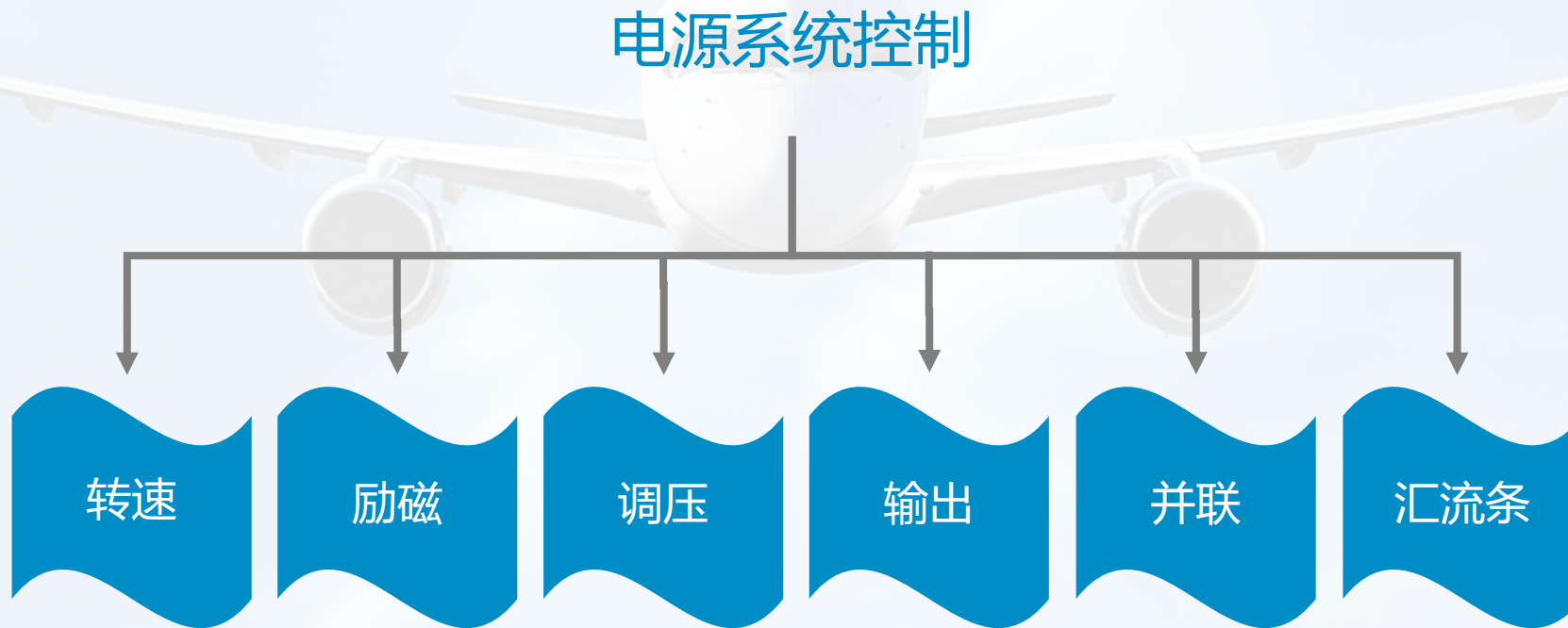
- GCU：发电机控制组件 (Generator Control Unit)
- IDG：整体驱动发电机 (Integrated Drive Generator)
- AGCU：APU发电机控制组件 (APU Generator Control Unit)
- SCU：起动转换组件 (Start Converter Unit)
- SPCU：备用电源控制组件 (Standby Power Control Unit)
- BPCU:汇流条电源控制组件 (Bus Power Control Unit)
- TRU：变压整流器组件 (Transformer Rectifier Unit)



737交、直流电分配

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

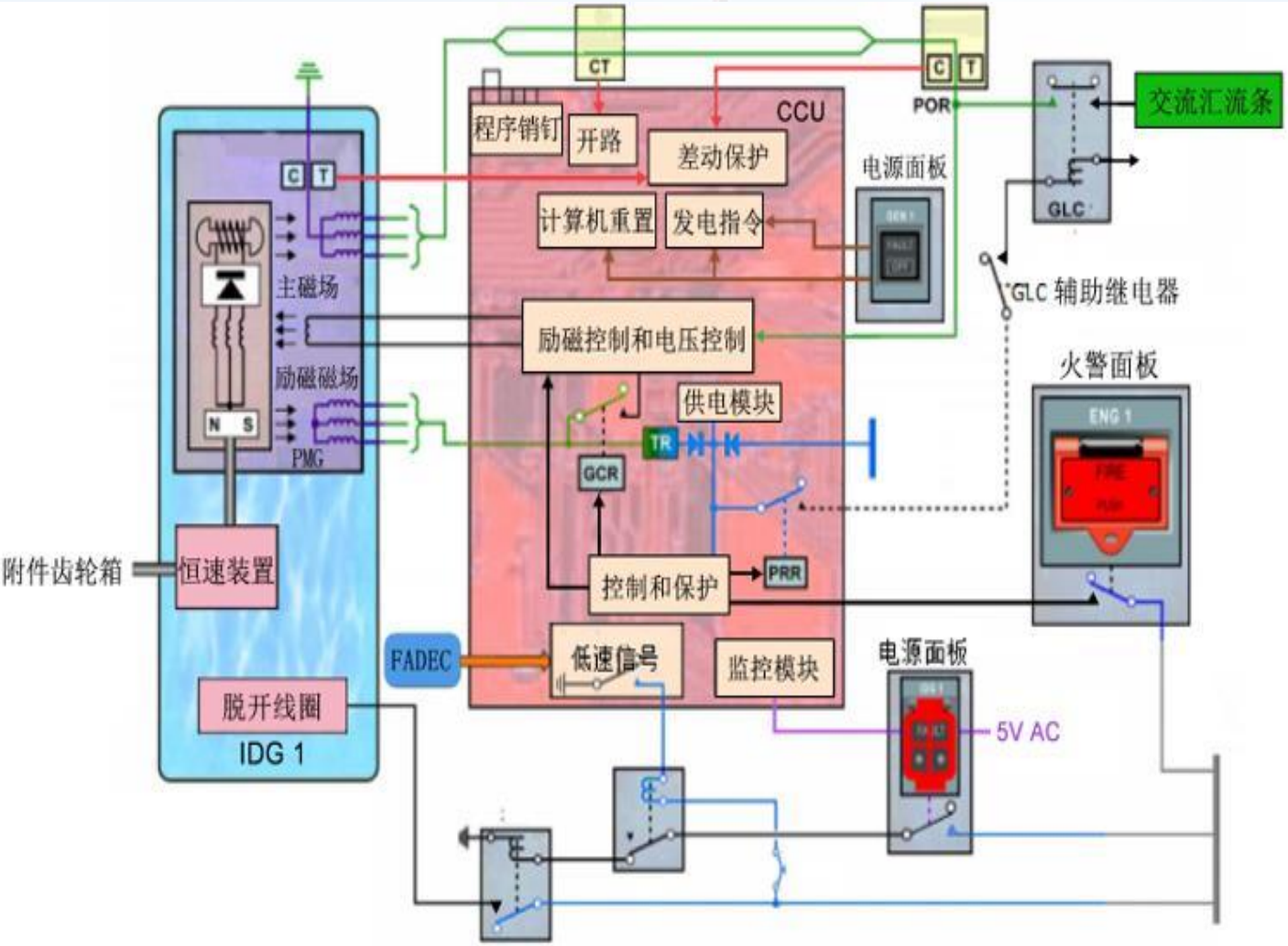
3) 电源系统的控制



1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

3) 电源系统的控制

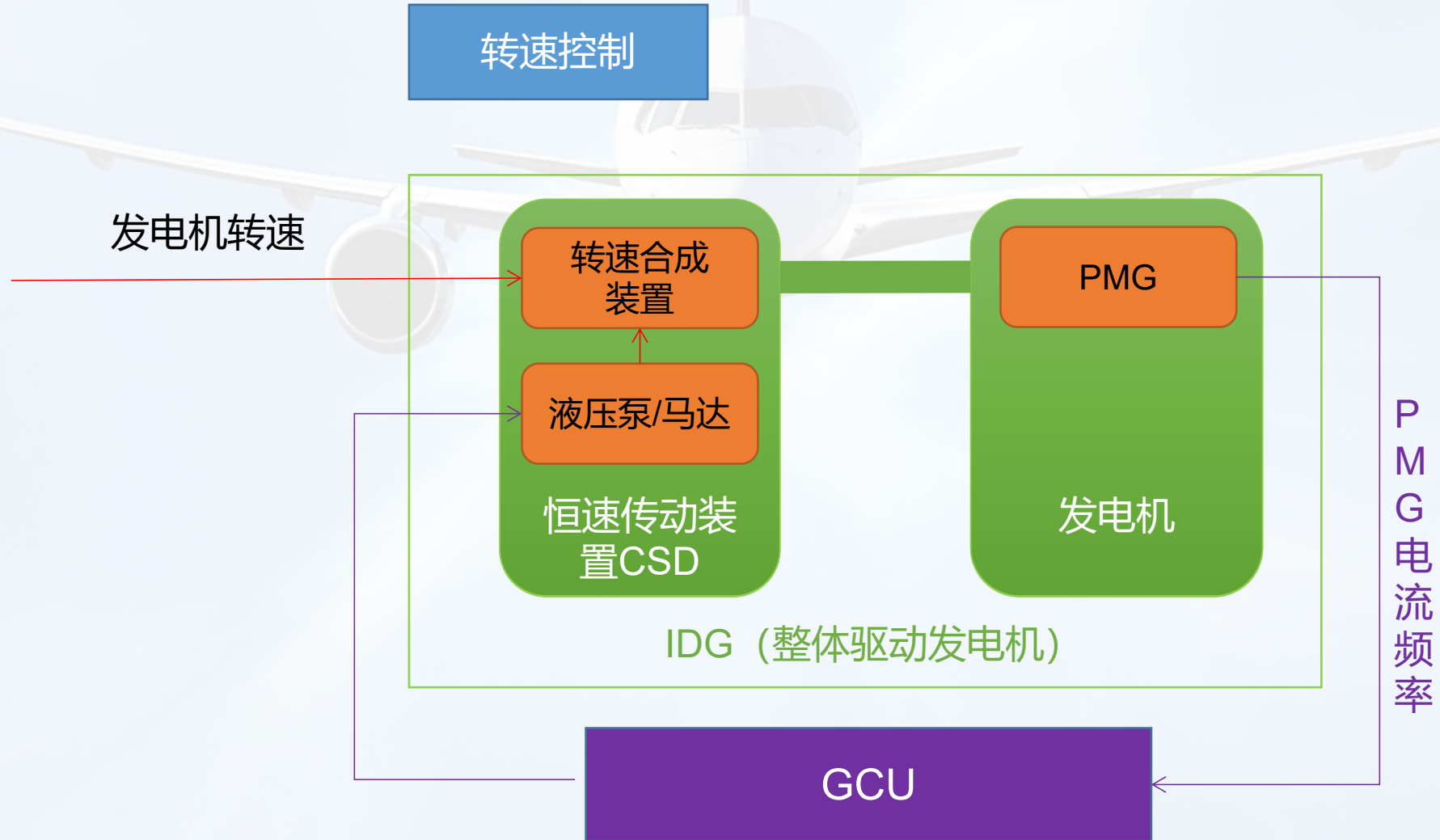
典型发动机电源系统



CT: 电流互感器
Current Transformer
PMG: 永磁体发电机
Permanent Magnetic Generator

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

3) 电源系统的控制

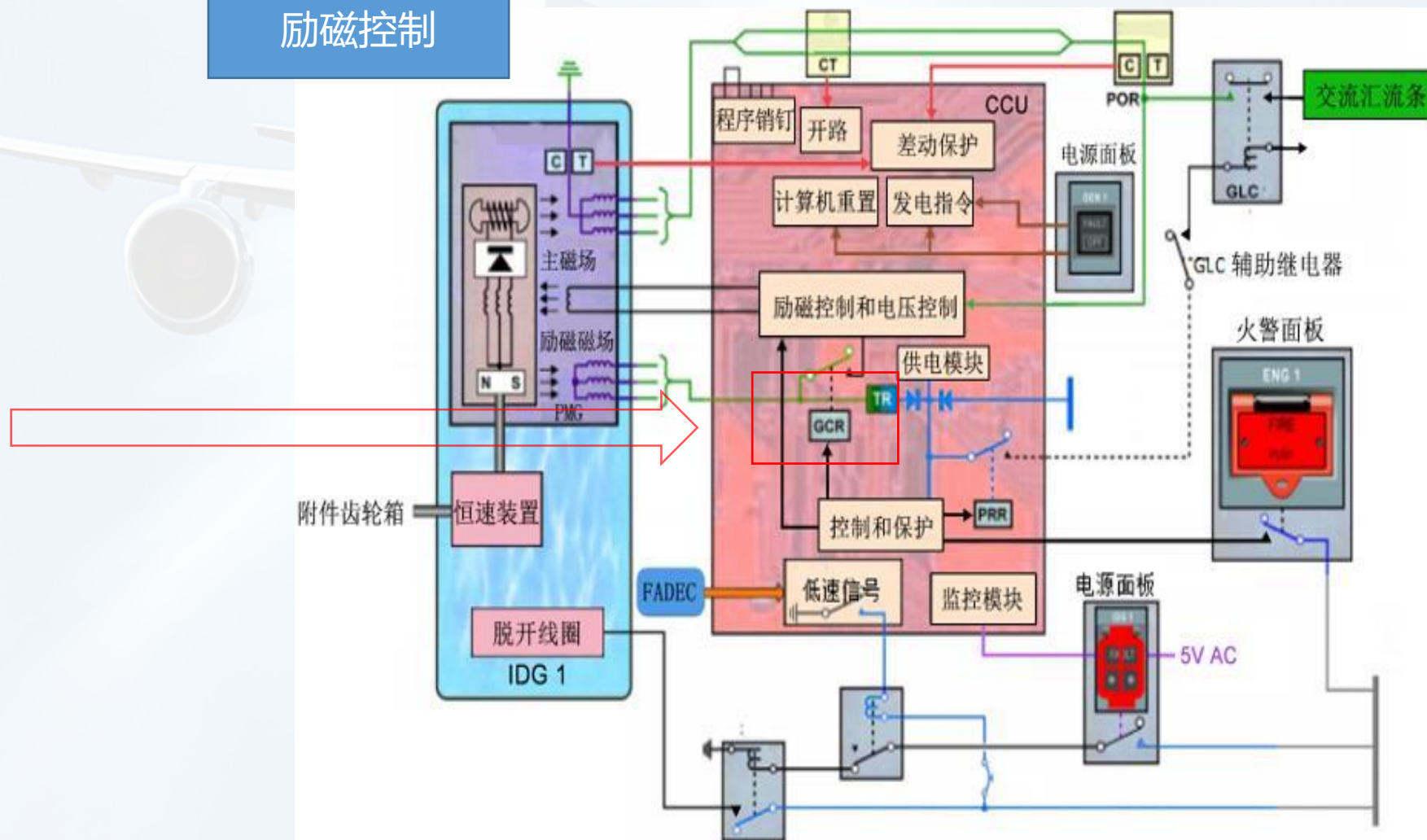


1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

3) 电源系统的控制

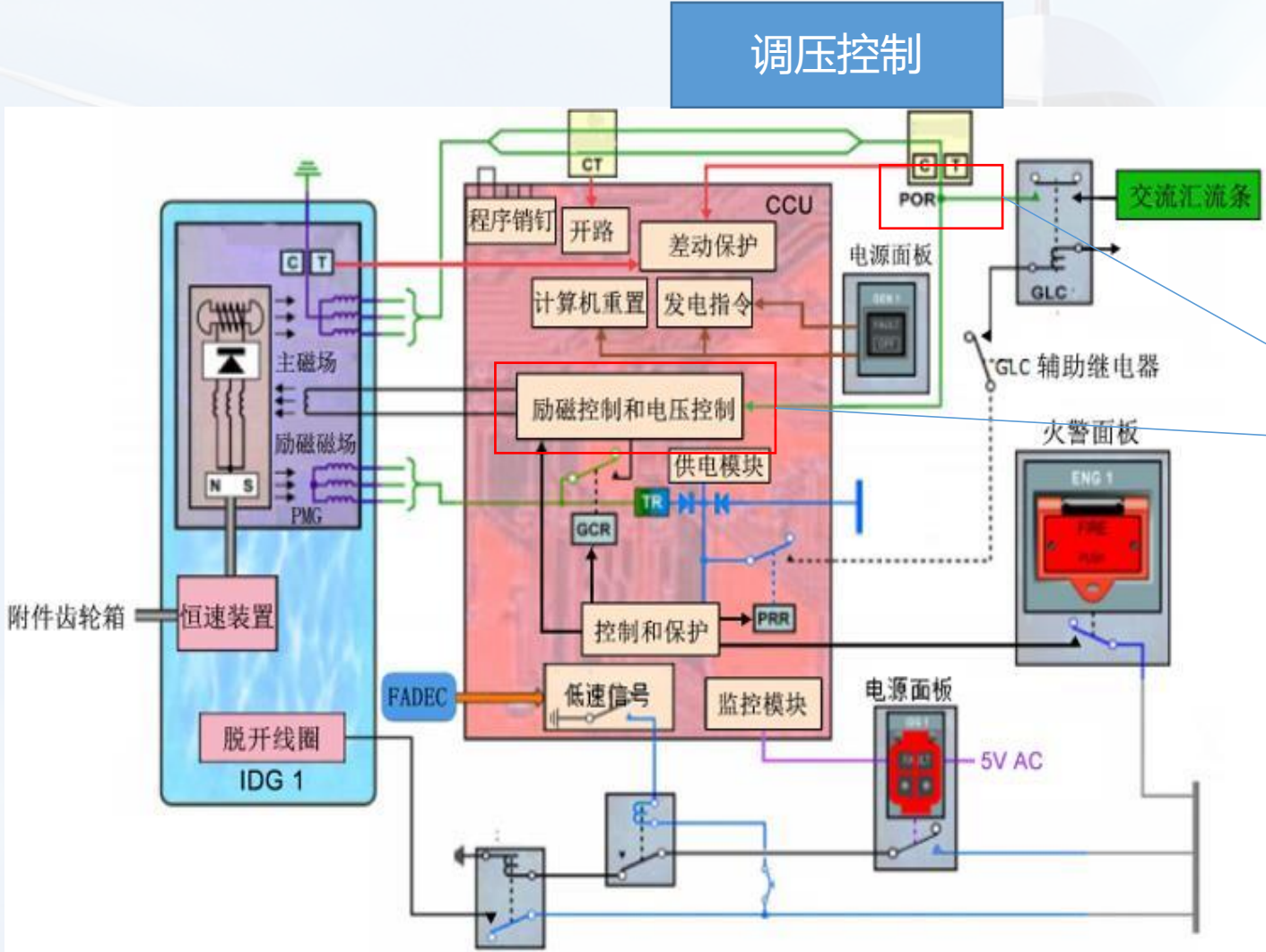
励磁控制

发电机励磁的关键：
GCU控制GCR闭合



1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

3) 电源系统的控制



POR:
Point of regulation

POR 电压



GCU



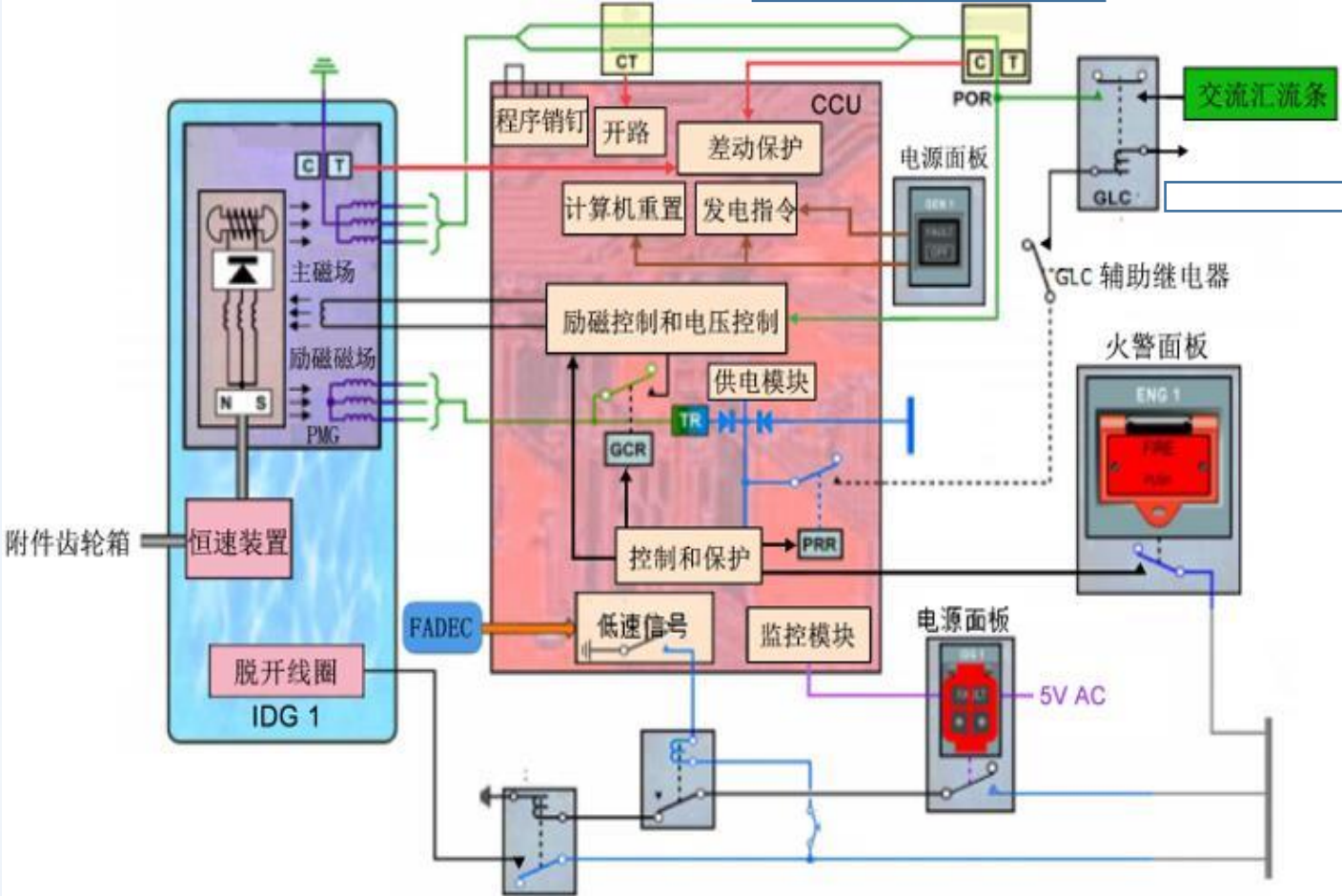
控制励磁电流：励磁电流的电压越高，则 IDG 输出电压越高

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

1) 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

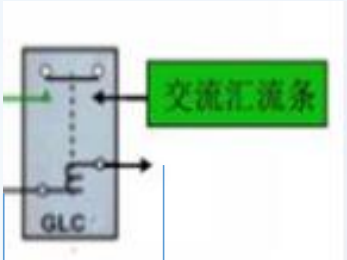
(3) 电源系统的控制

输出控制



- GLC: Generator Line Contactor
- GCB: Generator Control Breaker

闭合：输出
断开：无输出



GCU提供电信号：
监控发电机状态

供电控制电路/组件：
飞机电网构型和需求

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

3) 电源系统的控制

输出控制

不同飞机不同供电控制方式

B737/A320

继电器电路

A330/340

电接触器管理组件ECMU

A350

电源分配中心EPDC

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

3) 电源系统的控制

并联控制

NBPT:
No Break Power Transfer

NBPT功能（无间断电源转换）：

在电源**转换时**允许交流发电机短暂的并联电

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

3) 电源系统的控制

汇流条控制

汇流条按电流
类型

直流汇流条

交流汇流条

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

3) 电源系统的控制

汇流条控制

汇流条按作用
不同

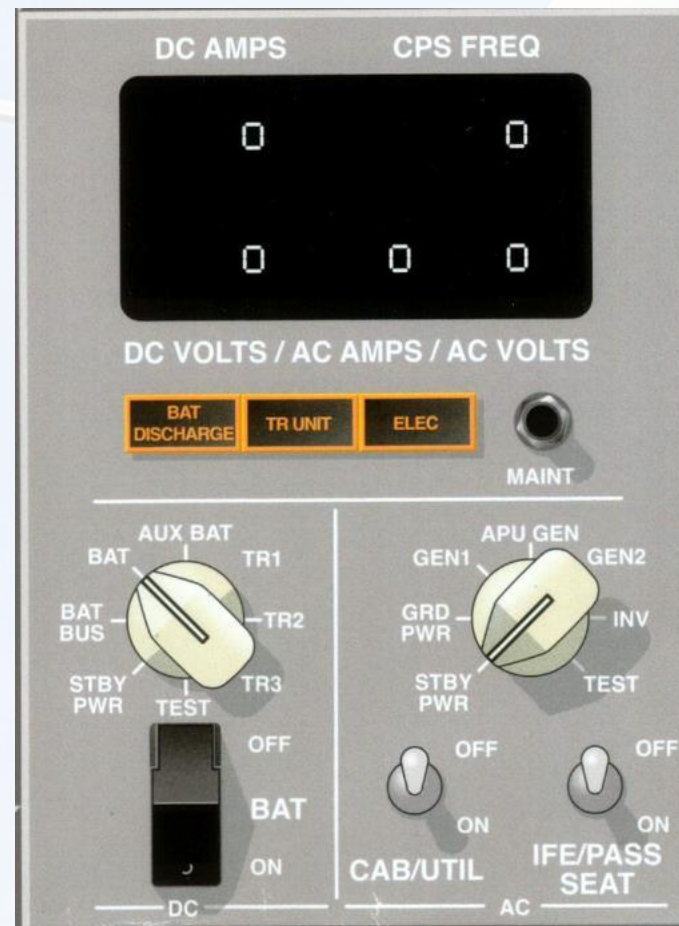
主汇流条

备用 (重要)
汇流条

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

4) 驾驶舱控制面板和显示

B737飞机
电瓶和厨房
电源组件
P5-13



接通电瓶

显示交流和直流部件或汇
流条见电源参数

厨房电源供电或断电

控制娱乐系统及旅客座
椅电源

BITE 功能

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

4) 驾驶舱控制面板和显示



①LED 字母数字显示屏幕:

- 直流参数 (安培, 伏特)
- 交流参数 (安培, 伏特, 频率)
- 最多两行的维护故障信息

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

4) 驾驶舱控制面板和显示



②琥珀色的电瓶放电灯BAT DISCHARGE:

- 电瓶输出电流大于 5 安培超过95 秒
- 电流输出电流大于 15 安培超过25 秒
- 电流输出电流大于 100 安培超过1.2 秒
- 输出电流低于限制值1秒后熄灭



主警告灯和ELEC灯同时亮（使用直流电源来起动APU时除外）

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

4) 驾驶舱控制面板和显示



③琥珀色的变压整流器灯TR UNIT :

- 地面：任一TRU故障
- 空中：
 - ✓ TRU1故障
 - ✓ TRU2和TRU3故障

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

4) 驾驶舱控制面板和显示



④琥珀色的ELEC灯（只能在地面亮）：

- 直流电源或备用电源故障

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

4) 驾驶舱控制面板和显示



⑤数据读取区：

直流电源：

- 电瓶：电压、电流
- TRU1：电压、电流
- TRU2：电压、电流
- TRU3：电压、电流
- 辅助电瓶：电压、电流
- 备用电源：电压
- 电瓶汇流条：电压
- TEST

交流电源：

- 发电机1：电压、电流、频率
- 发电机2：电压、电流、频率
- APU发电机：电压、电流、频率
- 地面电源：电压、电流
- INV：电压、电流
- 备用电源：电压、电流
- TEST

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

4) 驾驶舱控制面板和显示



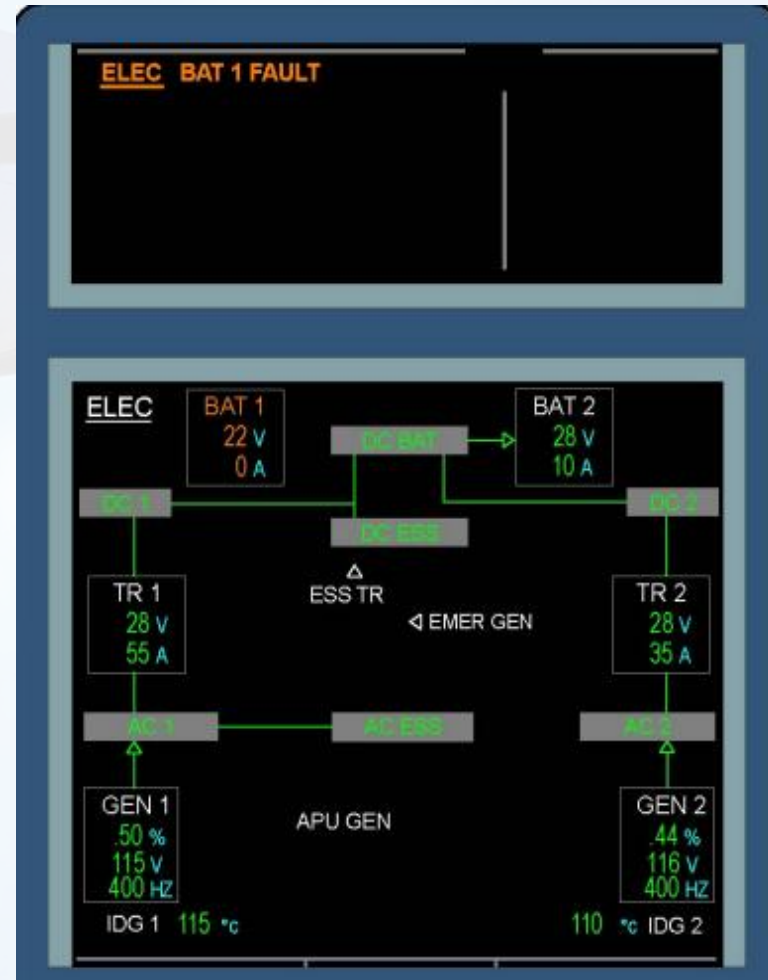
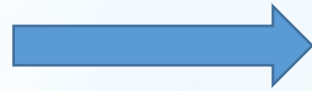
⑥电瓶电门：两位电门ON/OFF

电瓶电门接通，电瓶供电：

- 电门热电瓶汇流条
- 电瓶汇流条
- 静变流机
- 交流备用汇流条
- 直流备用汇流条
- P5-13面板

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

4) 驾驶舱控制面板和显示



320驾驶舱显示屏电源系统页面

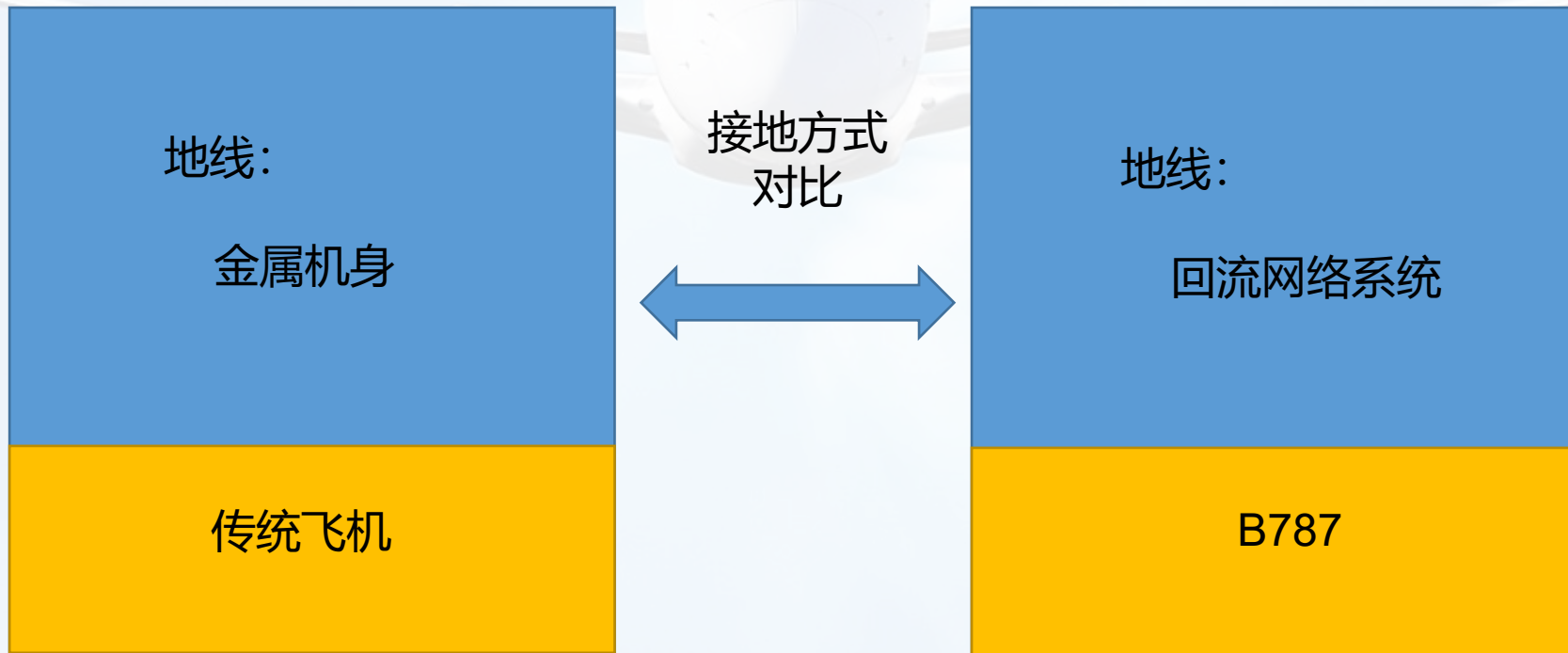
1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

5) 电源系统的典型布局

- EE 舱：主电瓶、主电瓶充电器、辅助电瓶、辅助电瓶充电器、发电机控制组件 GCU、汇流条电源控制组件BPCU、电源分配面板PDP（Power Distribution Panel）、起动变流机组件 SCU
- SPCU：P6面板（B737飞机）
- 外部电源面板：机身右侧靠近机头（B737飞机）
- IDG：发动机和附件齿轮箱的前部
- APU 起动机发电机：APU 齿轮箱

1 电源系统的作用、类型、构成和典型布局

5) 电源系统的典型布局



小结:

- 电源系统的功用是什么；
- 电源系统的类型和组成（直流电源、交流电源）；
- 电源系统的控制（转速、励磁、调压、输出、并联、汇流条）；
- 驾驶舱面板上关于电源系统参数的显示；
- 电源系统的典型布局。

A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background, showing the fuselage, wings, and engines.

3.3.10.2 交流电源

目录

1

交流电源介绍

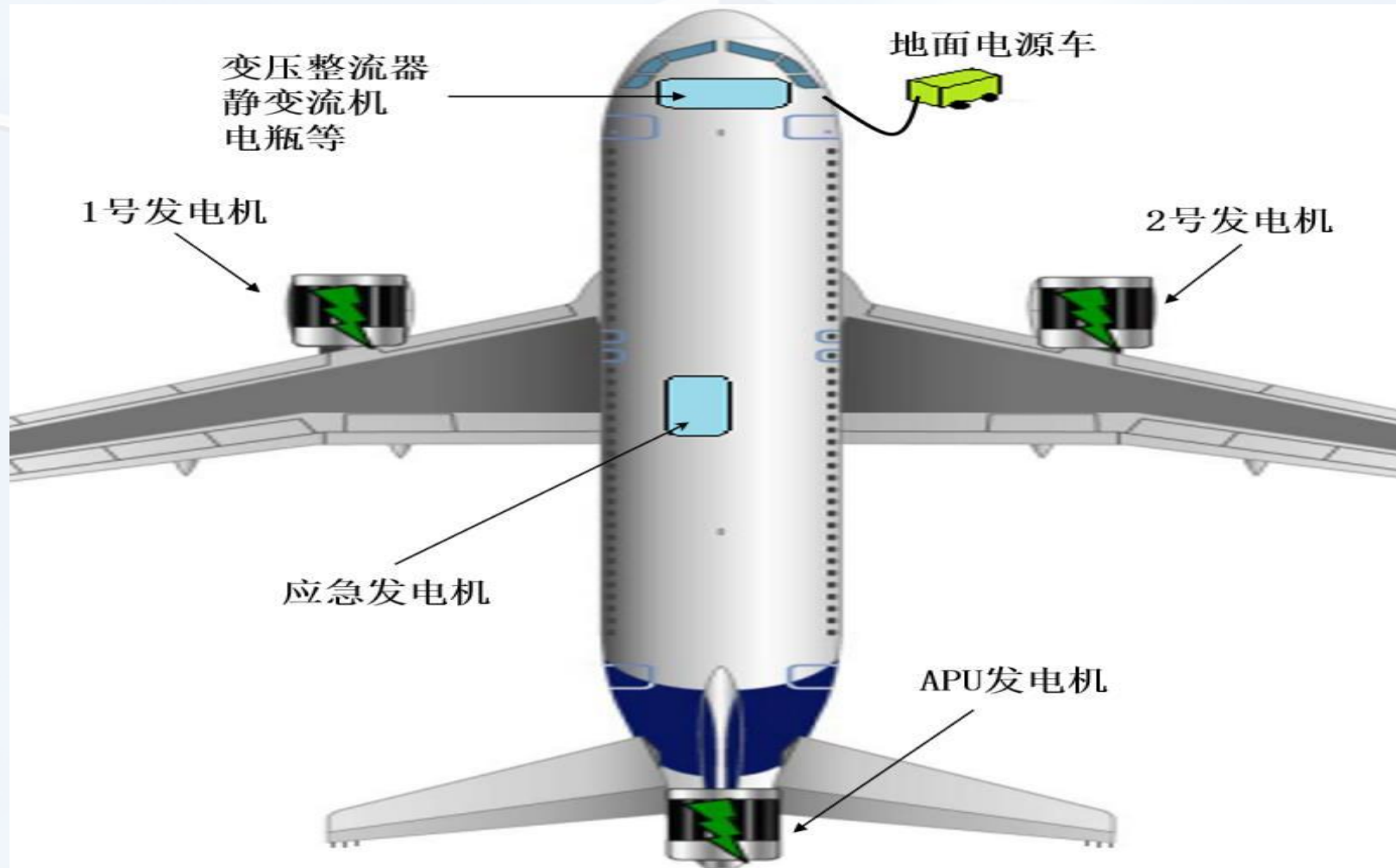
2

交流电源部件



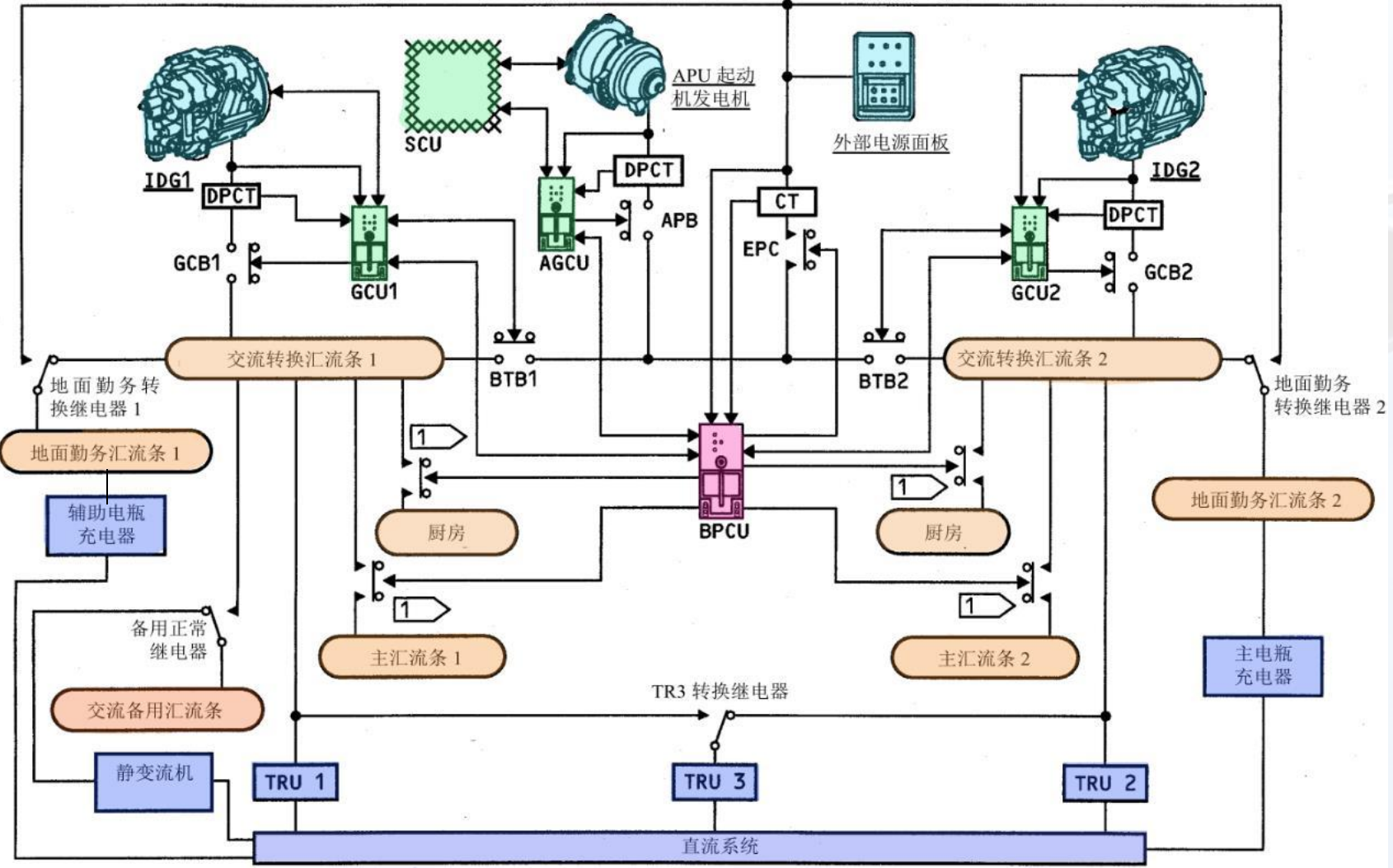
1 交流电源介绍

1) 交流电来源



1 交流电源介绍

2) 交流电源系统工作



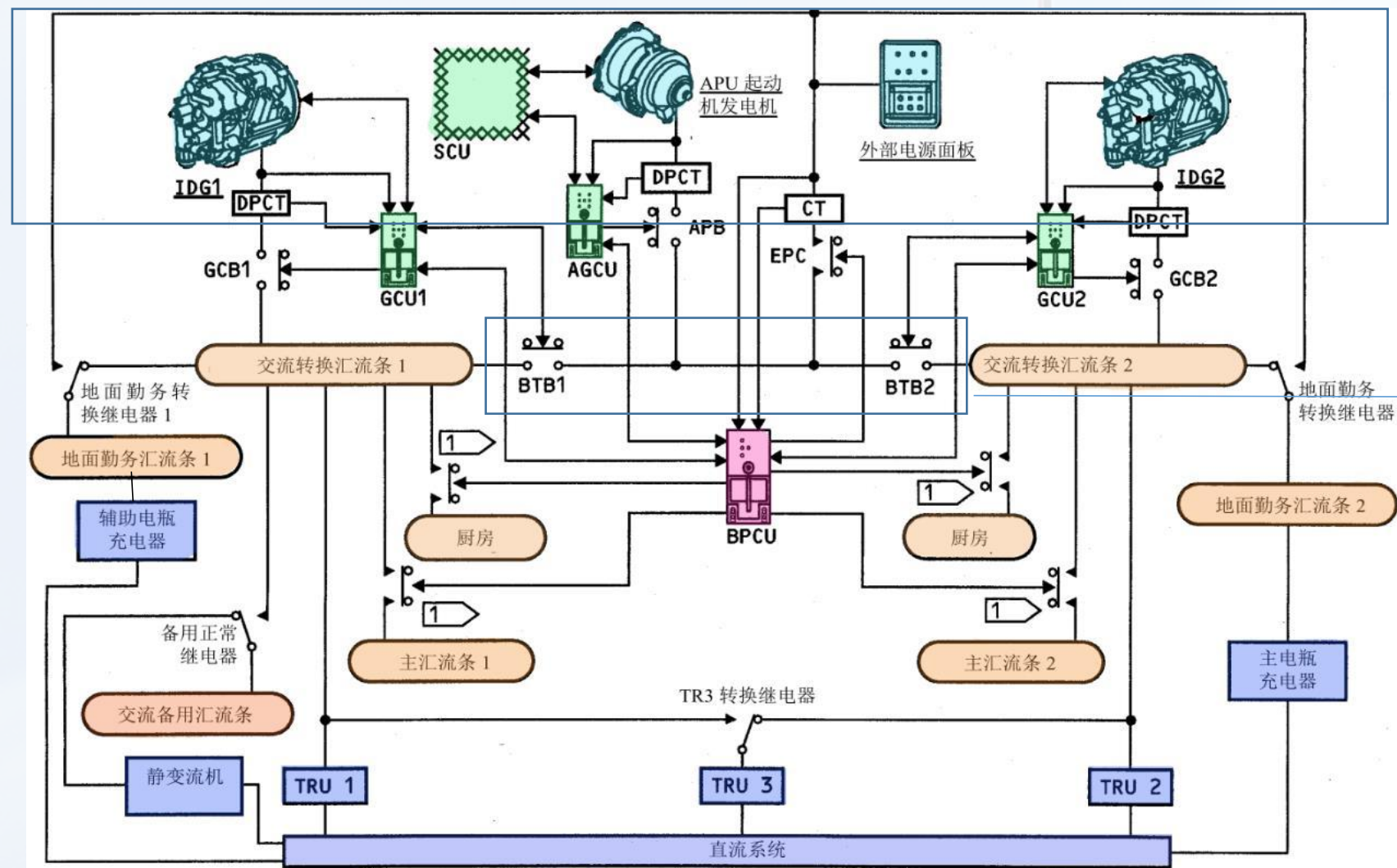
BTB: Bus tie breaker
EPC: External power contactor
DPCT: Differential Protection Current Transformer
APB: Auxiliary power breaker

B737NG 飞机的交流电系统:

- 三相、四线制
- 电压 115 / 200 伏
- 400 赫兹

1 交流电源介绍

2) 交流电源系统工作

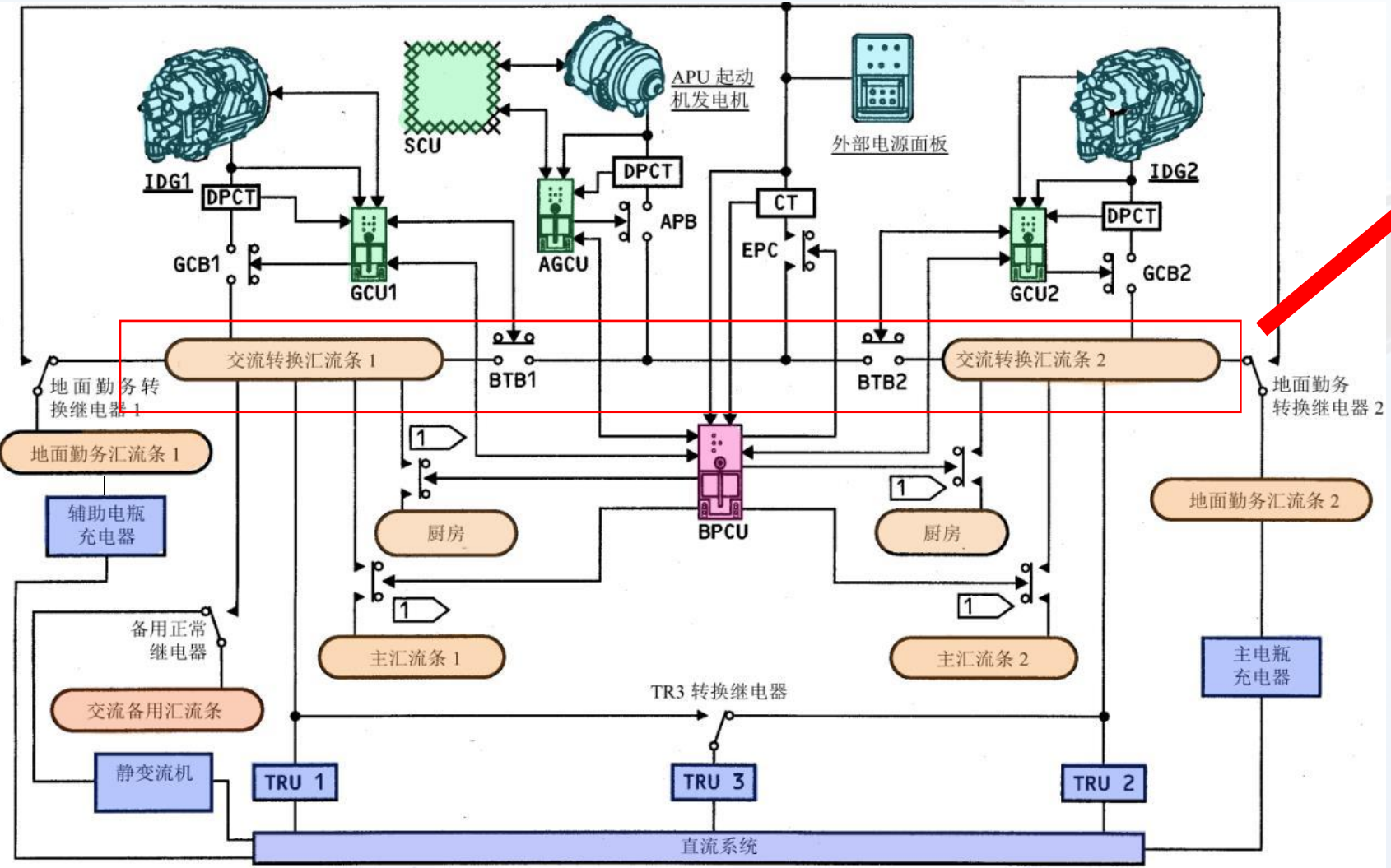


4个主要电源来源

确保单独供电

1 交流电源介绍

2) 交流电源系统工作



获得供电电源，
将电源向下游分配：

- 1 地面勤务汇流条
- 2 主汇流条
- 3 厨房
- 4 TRU
- 5 交流备用汇流条

小结：

1. 飞机交流电源的来源有哪些？
2. 典型飞机的三相四线制交流电源系统的工作描述。

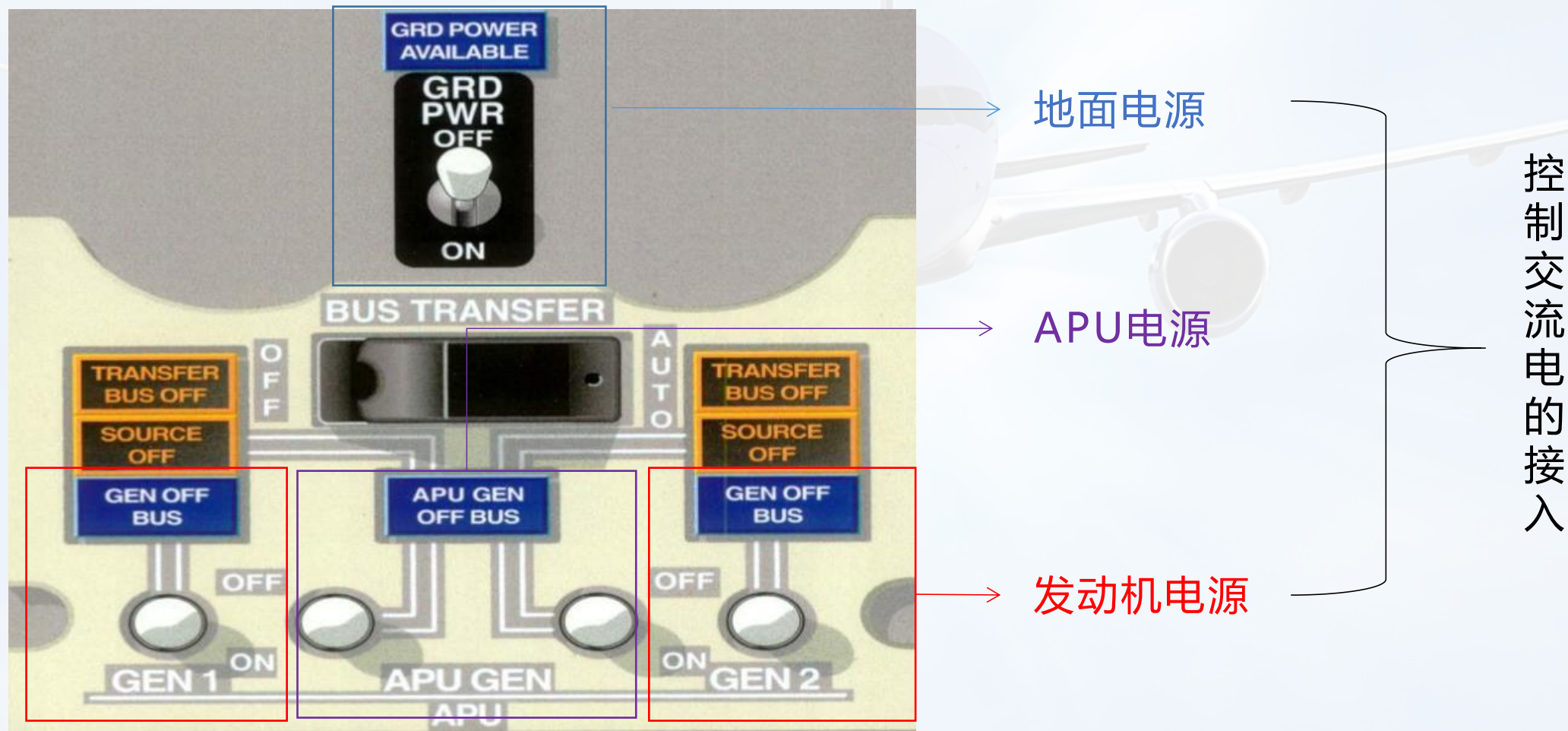
2 交流电源部件

1) 交流电源部件的功用



2 交流电源部件

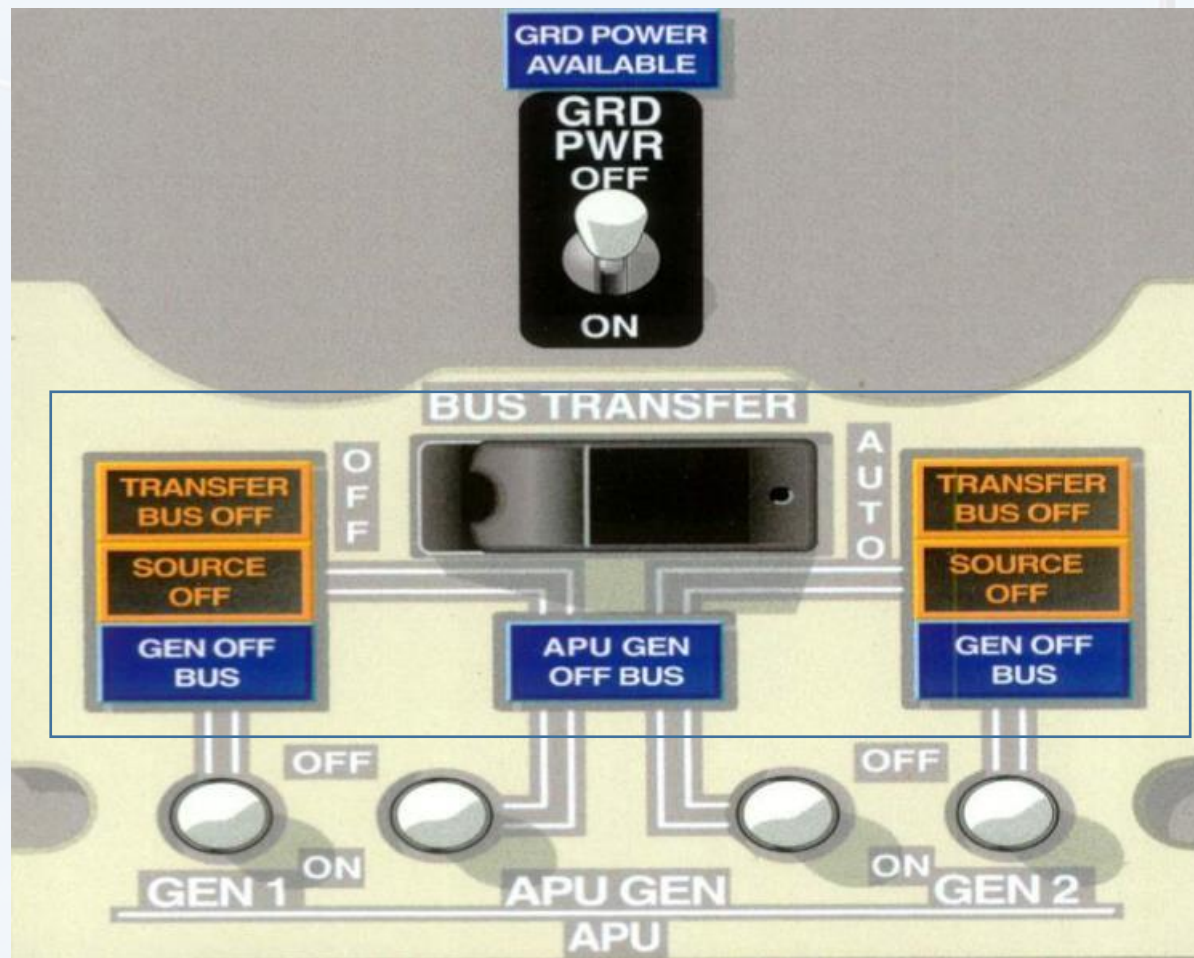
1) 交流电源部件的功用



典型电源系统选择和监控面板

2 交流电源部件

1) 交流电源部件的功用



指示汇流条供电情况

典型电源系统选择和监控面板

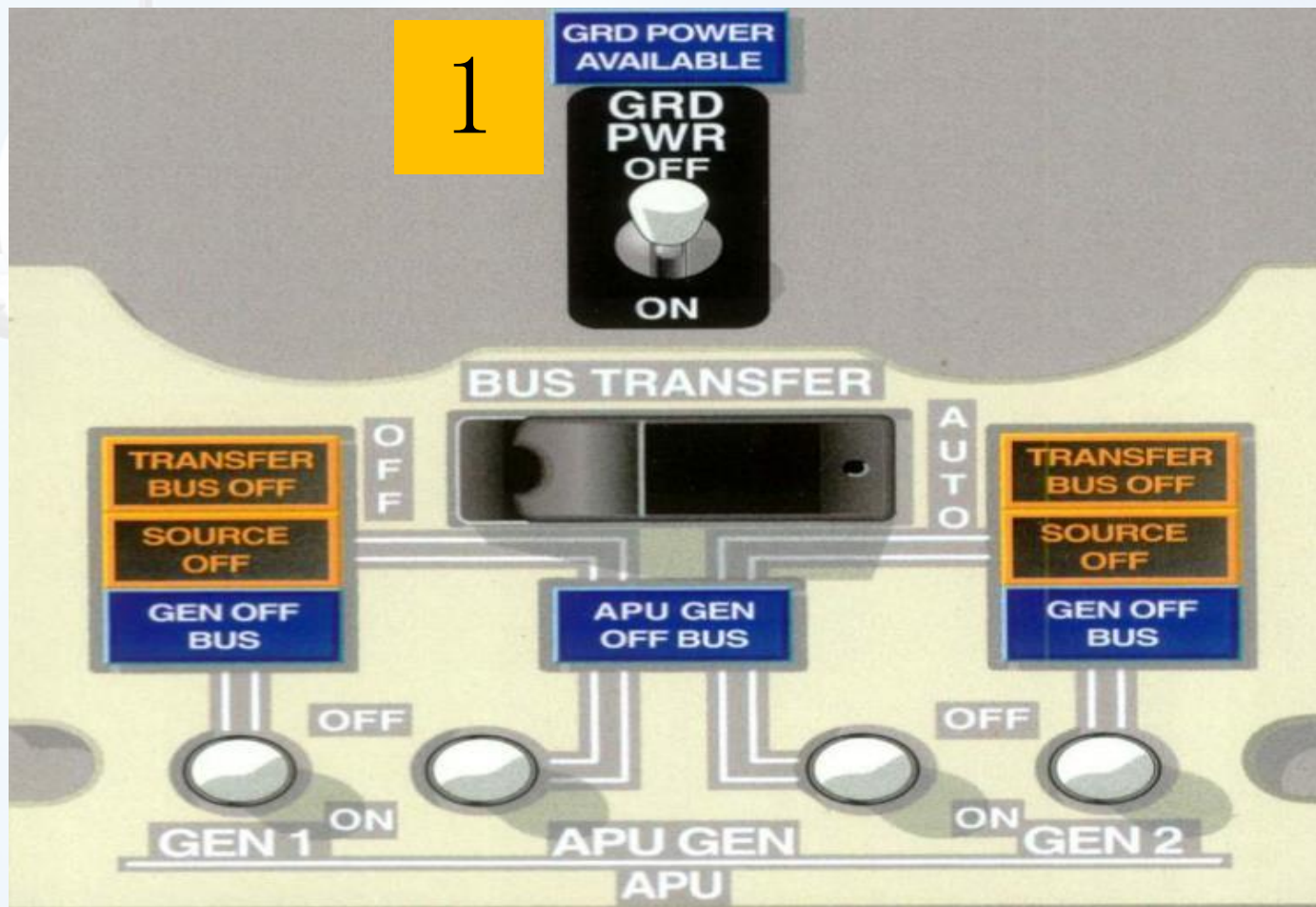
2 交流电源部件

1) 交流电源部件的功用

(1) 地面电源可用灯

GROUND POWER AVAILABLE:

地面电源插头连接好，且电源质量符合时点亮



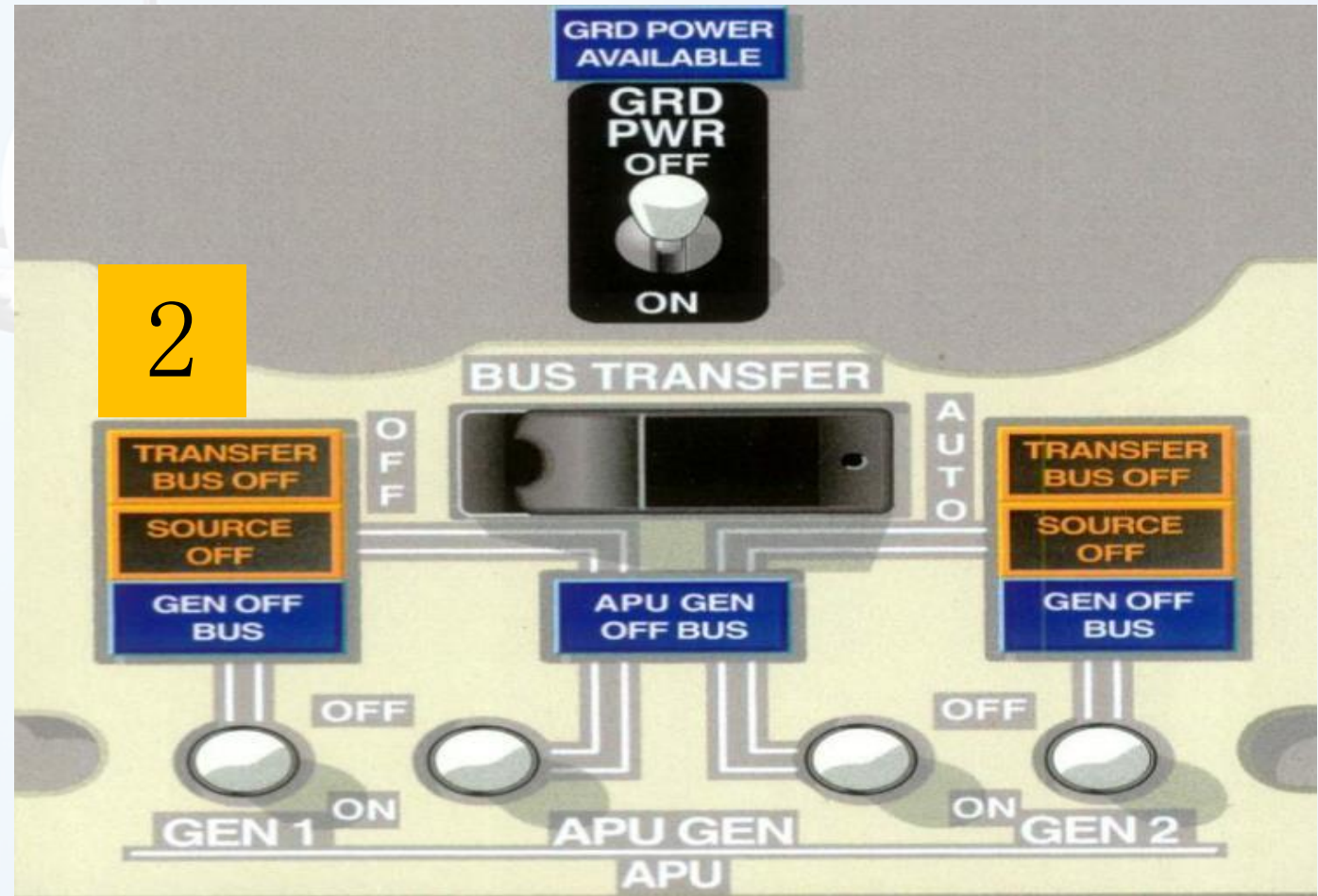
2 交流电源部件

1) 交流电源部件的功用

(2) 转换汇流条关断灯

TRANSFER BUS OFF:

当该侧的交流转换汇流条没有电时，该灯点亮。

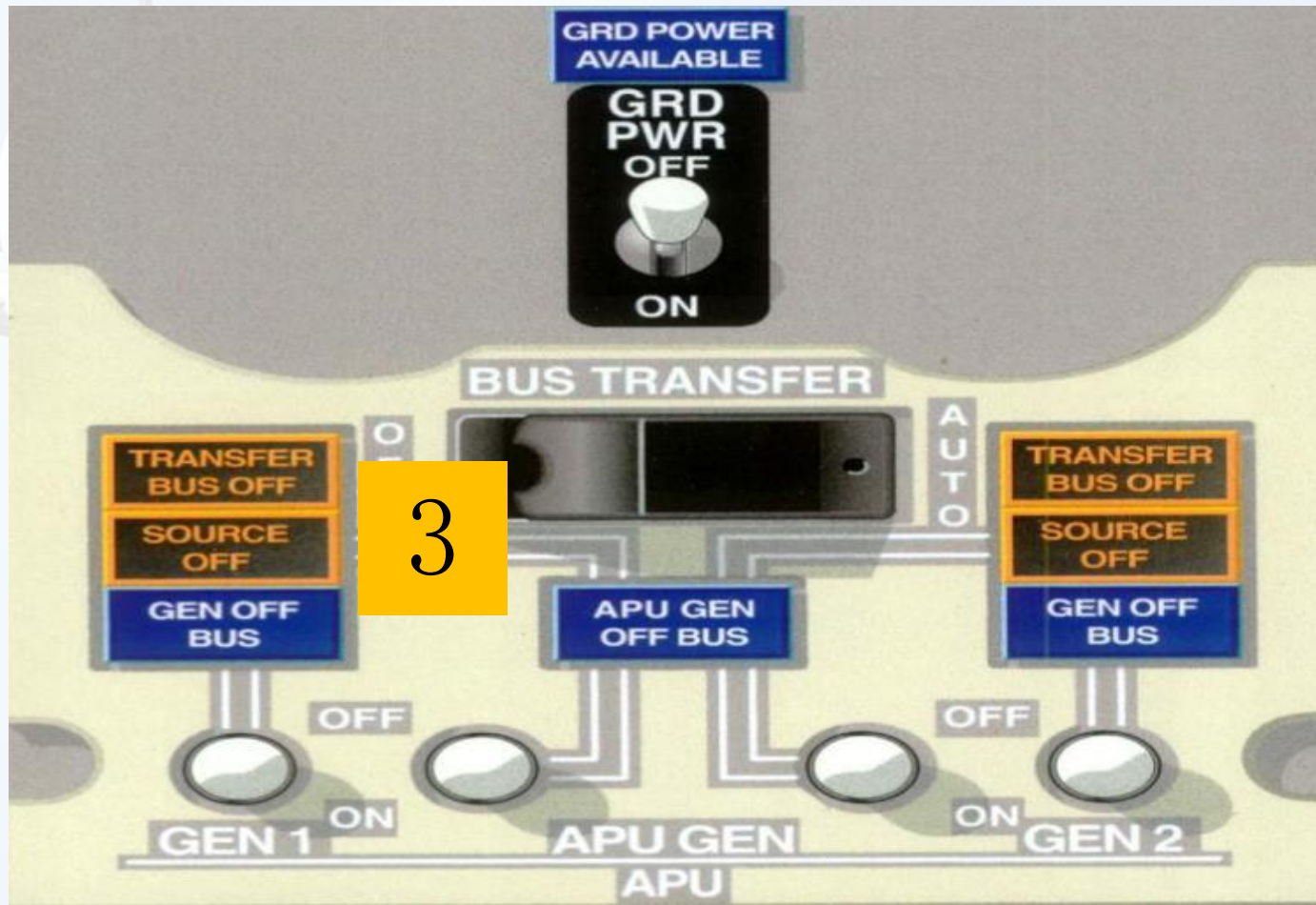


2 交流电源部件

1) 交流电源部件的功用

(3) 琥珀色SOURCE OFF:

灯亮时用来指示交流转换汇流条没连接到选定的电源上，但此灯不能指示相应的交流汇流条供电被断开。

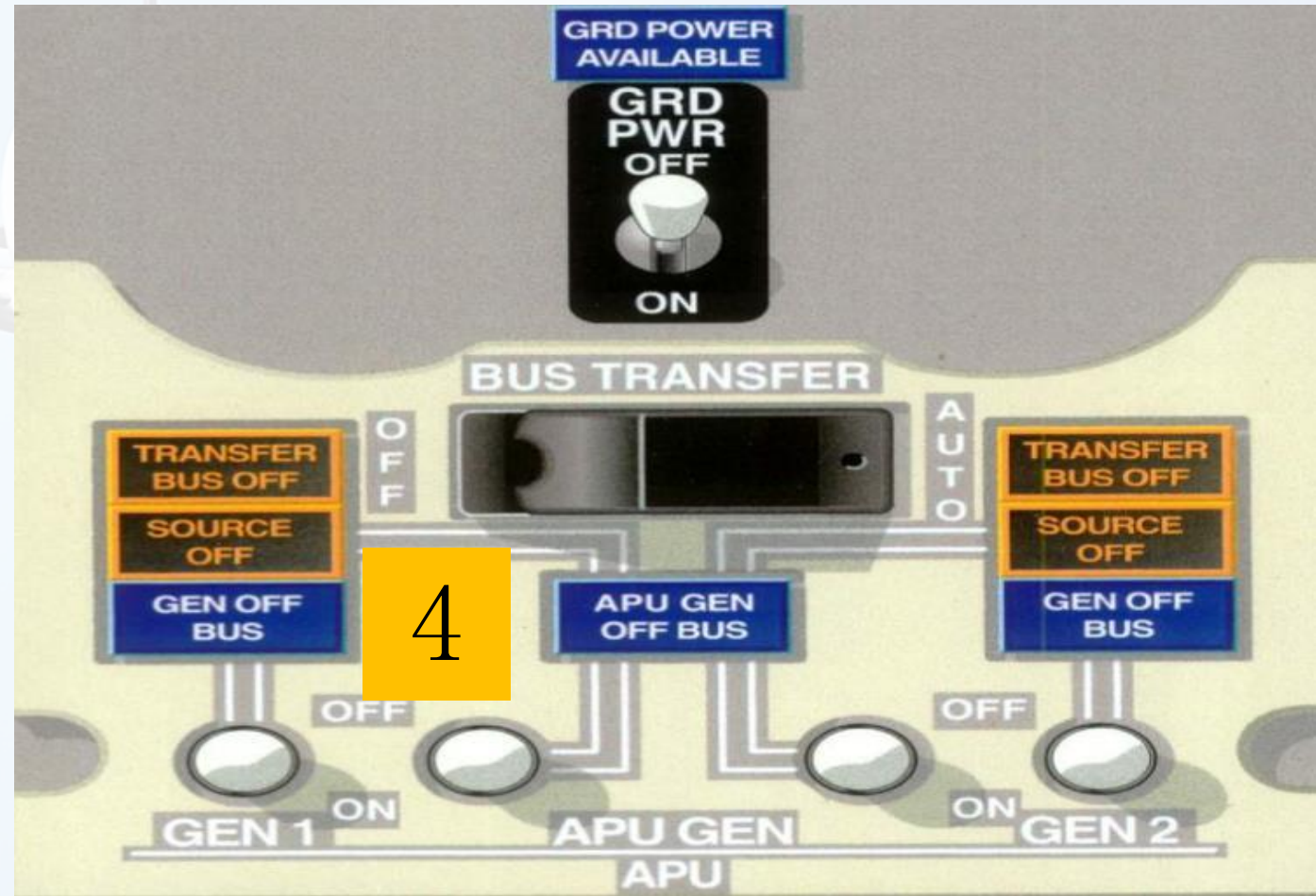


2 交流电源部件

1) 交流电源部件的功用

(4) 蓝色GEN OFF BUS:

- 当GCB打开时点亮，表明该侧 IDG 不是正在使用的电源；
- 当GCB闭合时熄灭，表明该侧 IDG 产生的电源接入电网。

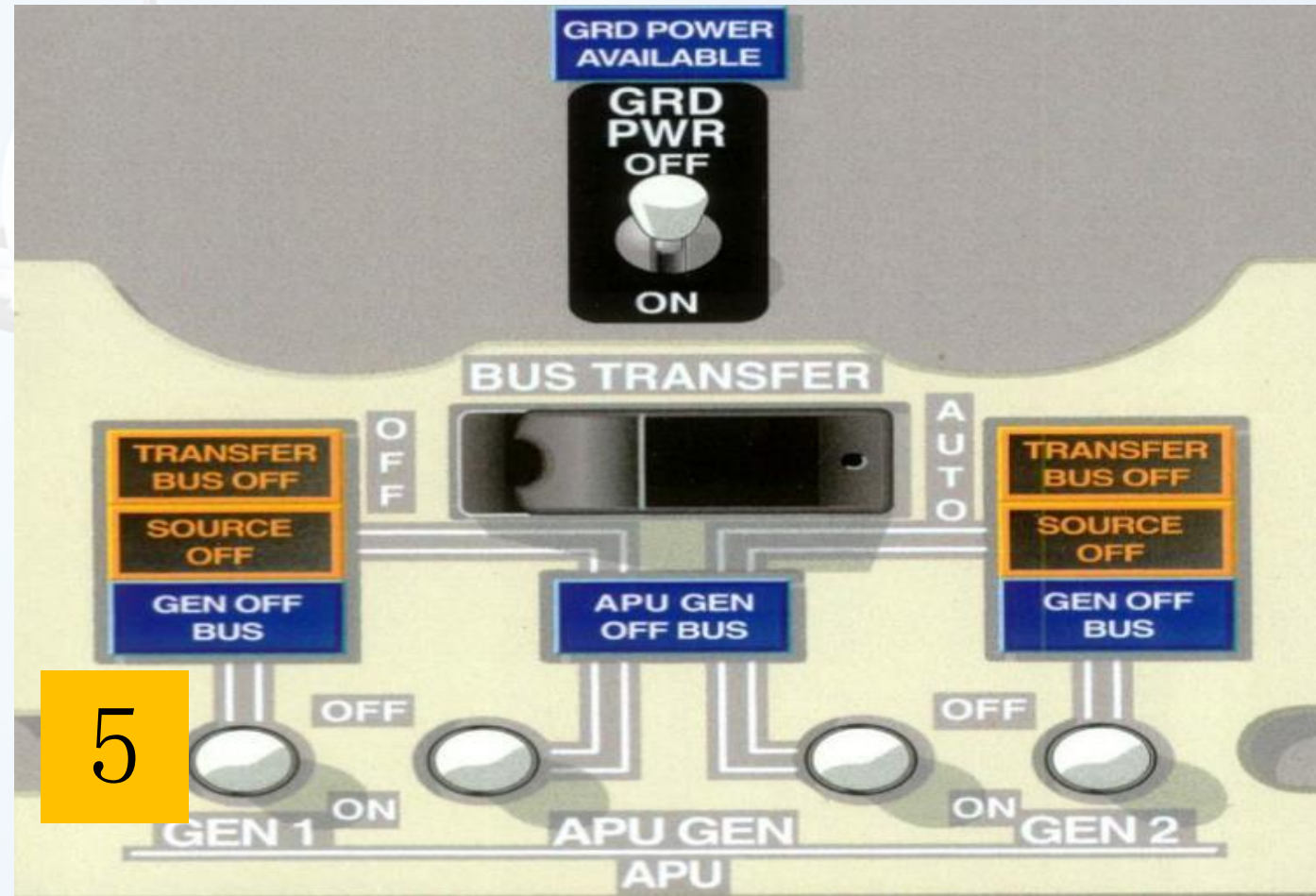


2 交流电源部件

1) 交流电源部件的功用

(5) 发动机发电机电门:

- 对IDG电源进行人工控制
- 三位电门: 弹簧保持在中立位置



2 交流电源部件

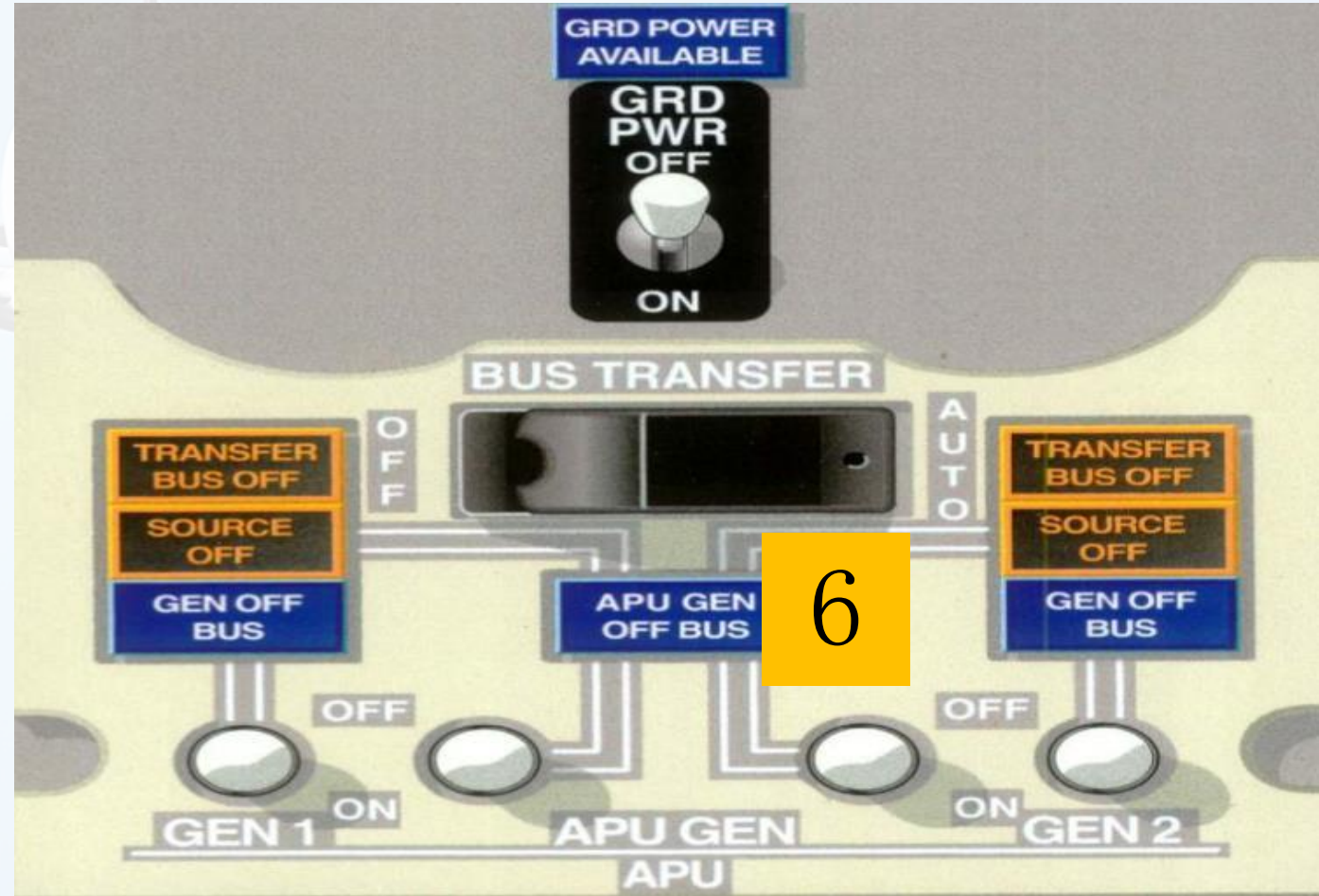
1) 交流电源部件的功用

(6) 蓝色APU GEN OFF BUS灯亮:

APU运转且电源质量好



APB断开

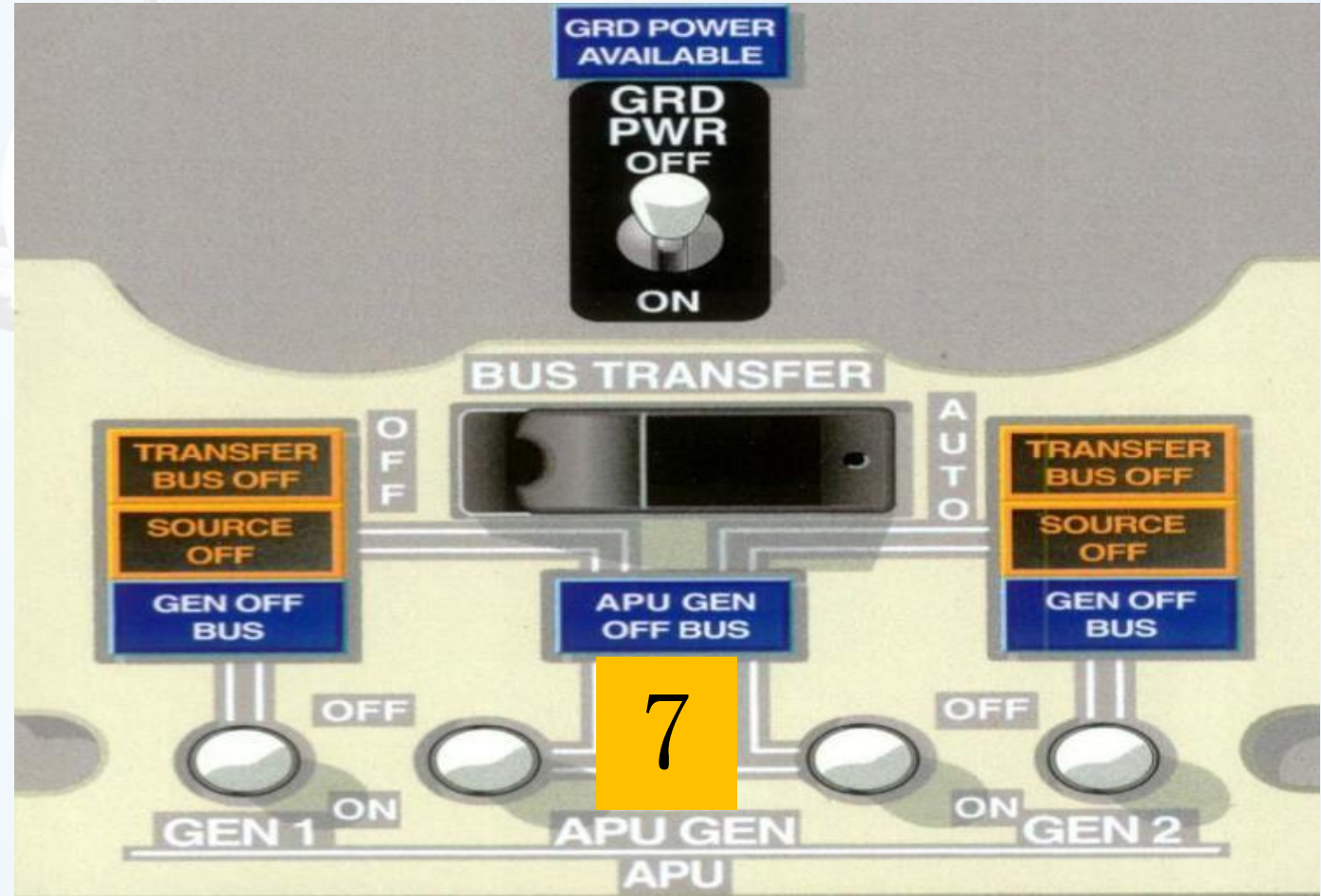


2 交流电源部件

1) 交流电源部件的功用

(7) APU发电机电门（两个）：

- 对APU电源进行人工控制
- 三位电门：弹簧保持在中立位置

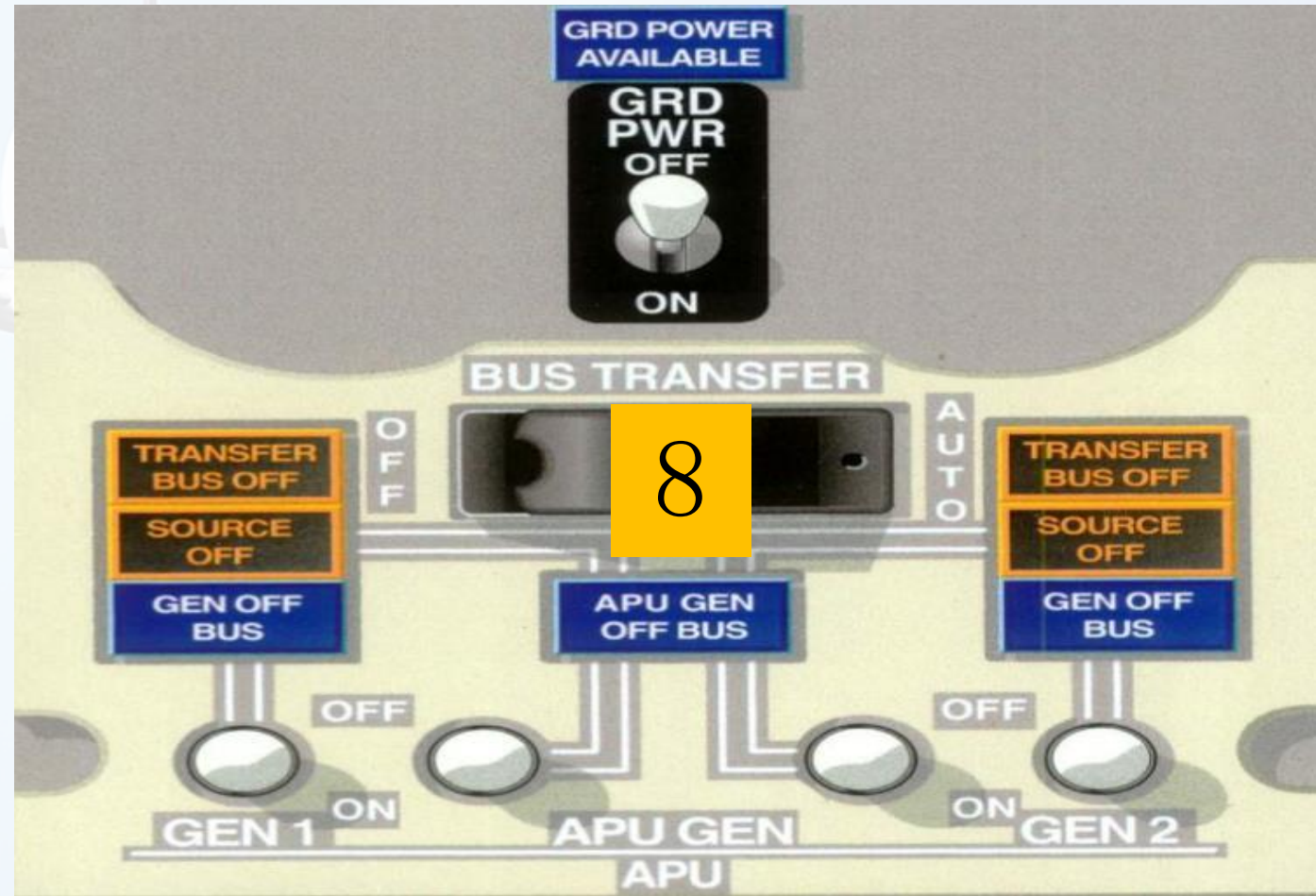


2 交流电源部件

1) 交流电源部件的功用

(8) 汇流条转换电门:

- 两位: OFF、AUTO
- 控制:
 - ① BTB
 - ② 直流汇流条继电器DC BUS TIE RELAY(连接直流汇流条1和2)
 - ③ TRU3转换继电器(TRU3的电源来源)



小结:

1. 地面电源可用灯何时亮?
2. TRANSFER BUS OFF灯何时亮?
3. SOURCE OFF灯何时亮?
4. GEN OFF BUS、APU GEN OFF BUS灯何时亮?

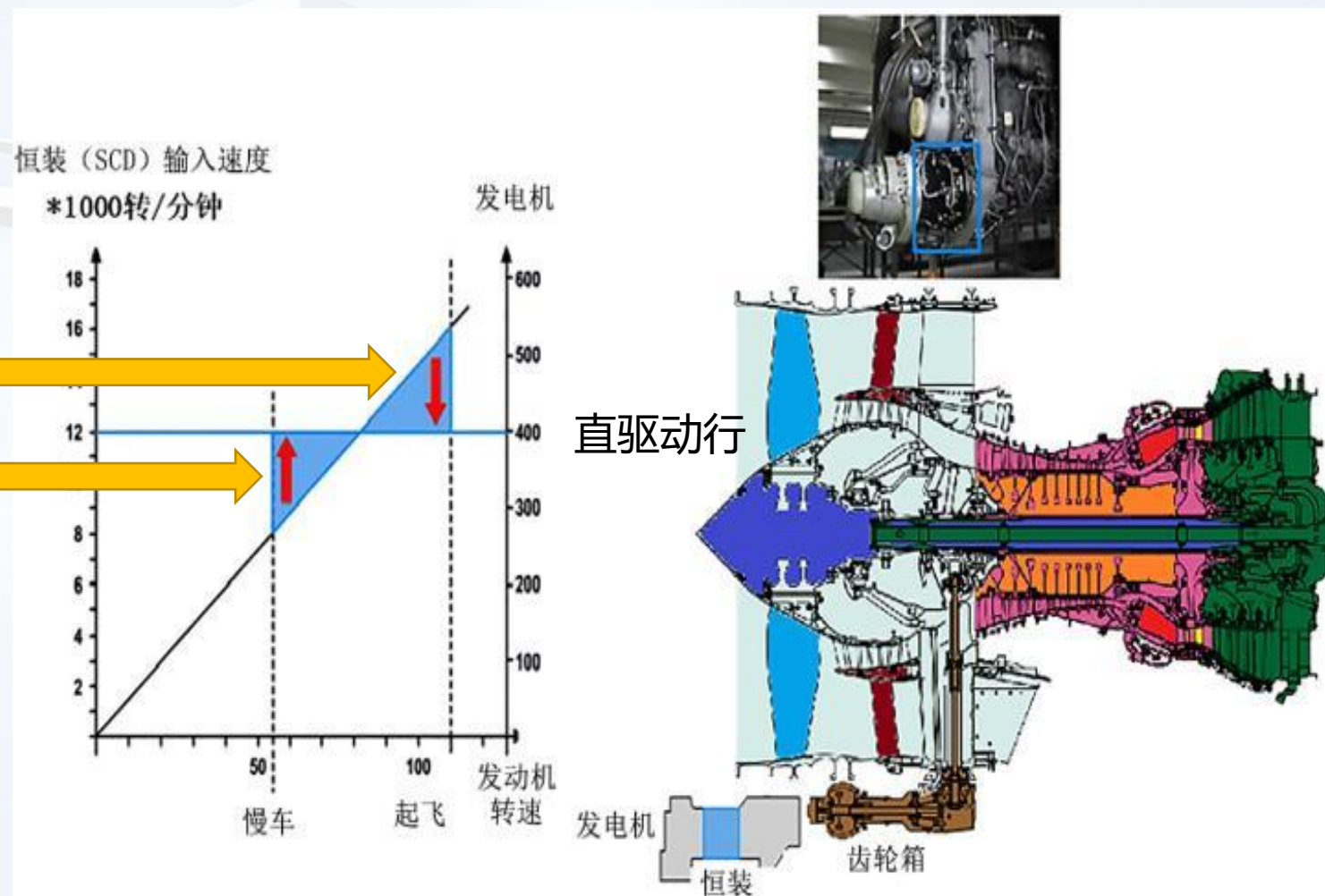
2 交流电源部件

2) 恒速装置 (Constant Speed Drive, CSD)

(1) 恒速装置 CSD 的功用

负差动:降低转速 (巡航)

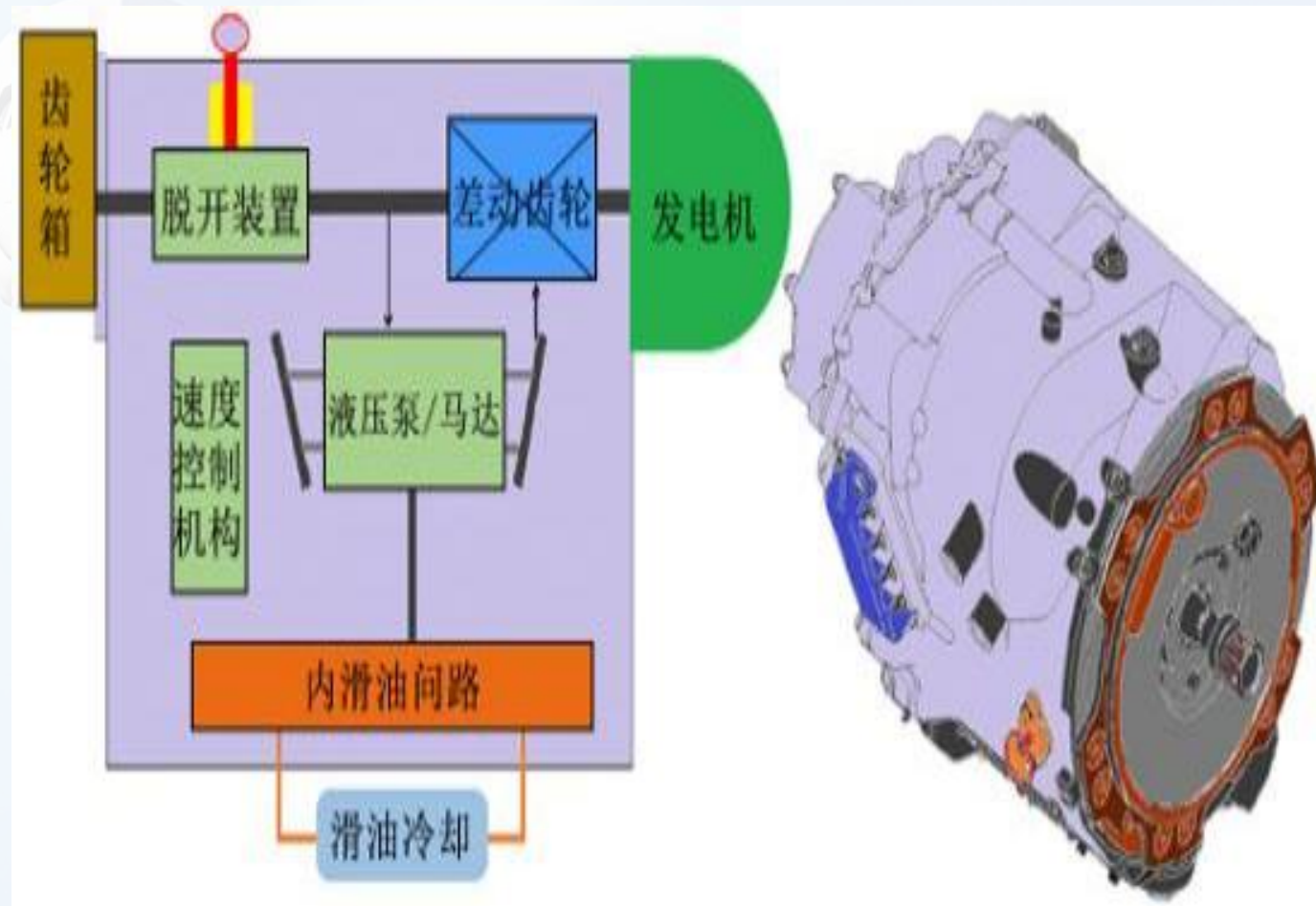
正差动:提高转速 (慢车)



2 交流电源部件

2) 恒速装置 (Constant Speed Drive, CSD)

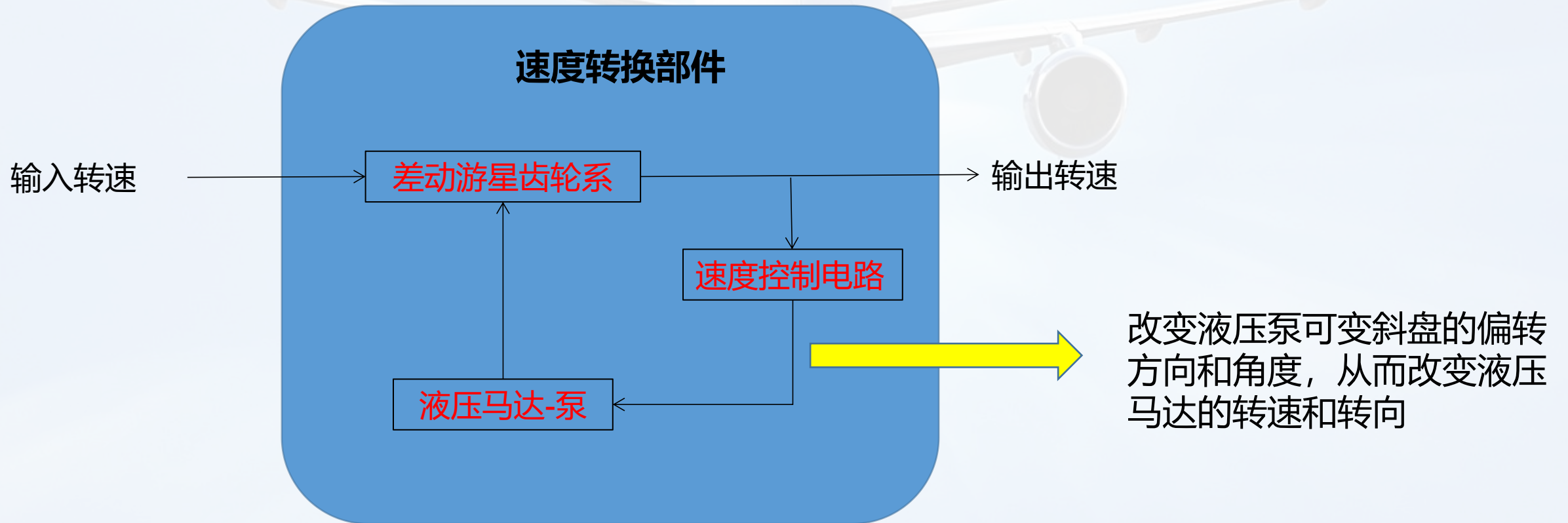
(2)恒速装置 CSD 的部件



2 交流电源部件

2) 恒速装置 (Constant Speed Drive, CSD)

(2)恒速装置 CSD 的部件

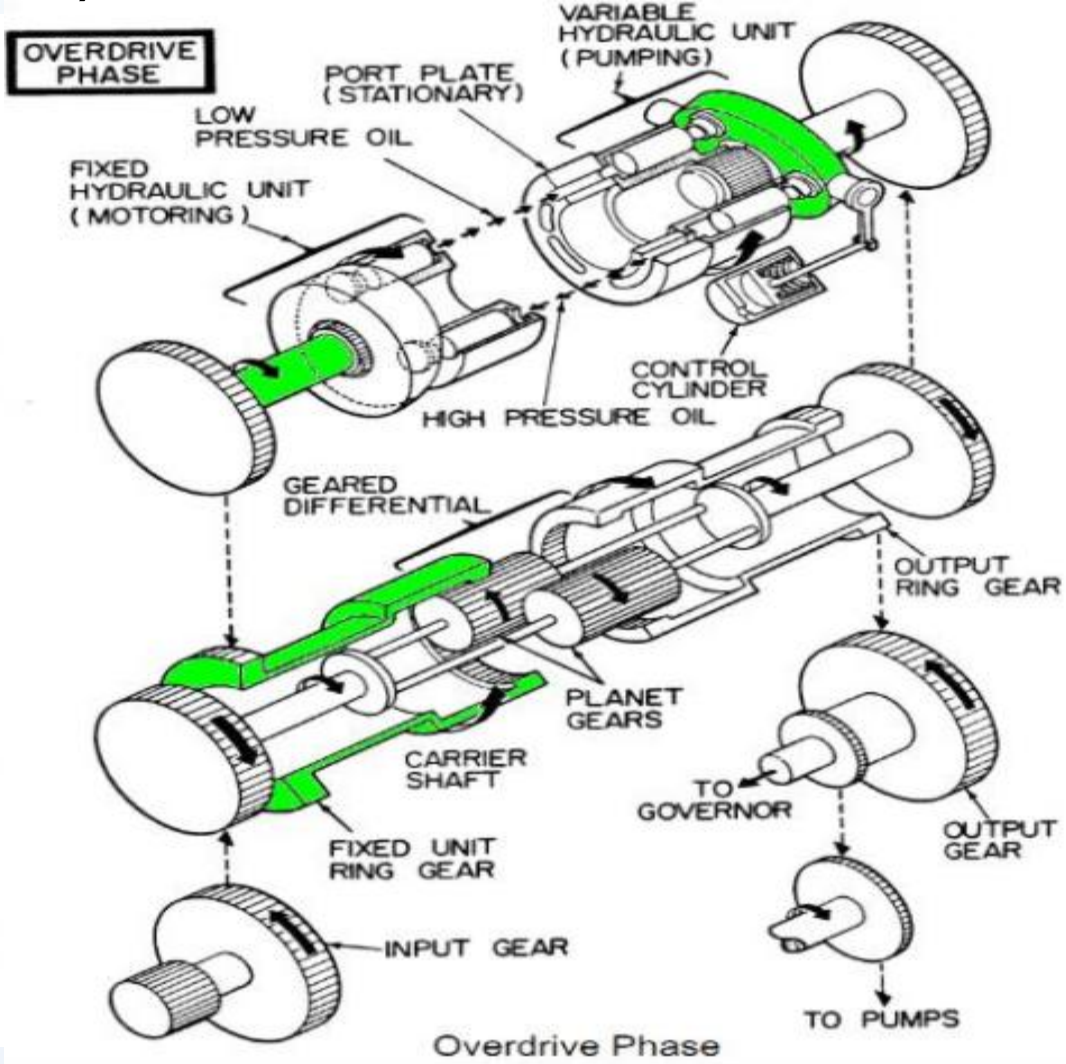
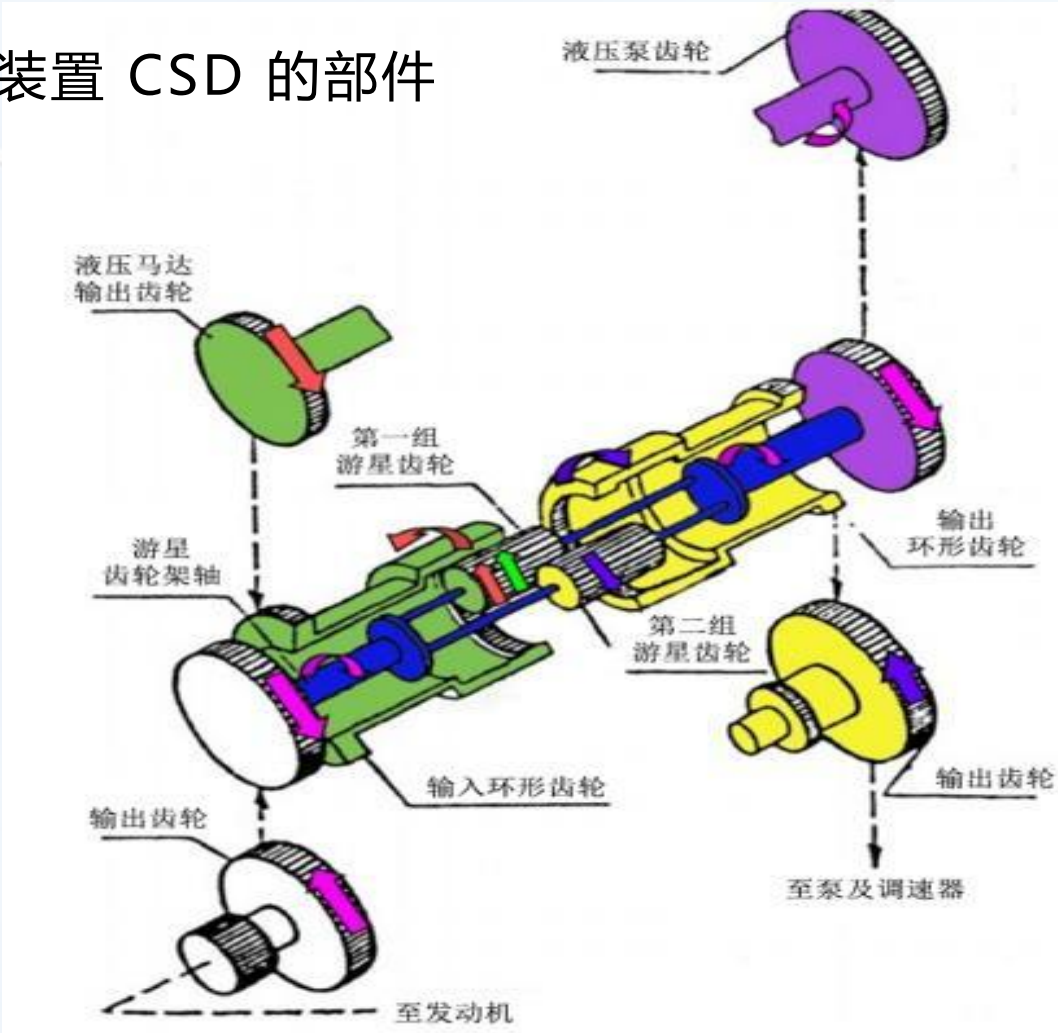


2 交流电源部件

2) 恒速装置 (Constant Speed Drive, CSD)

(2)恒速装置 CSD 的部件

加速过程

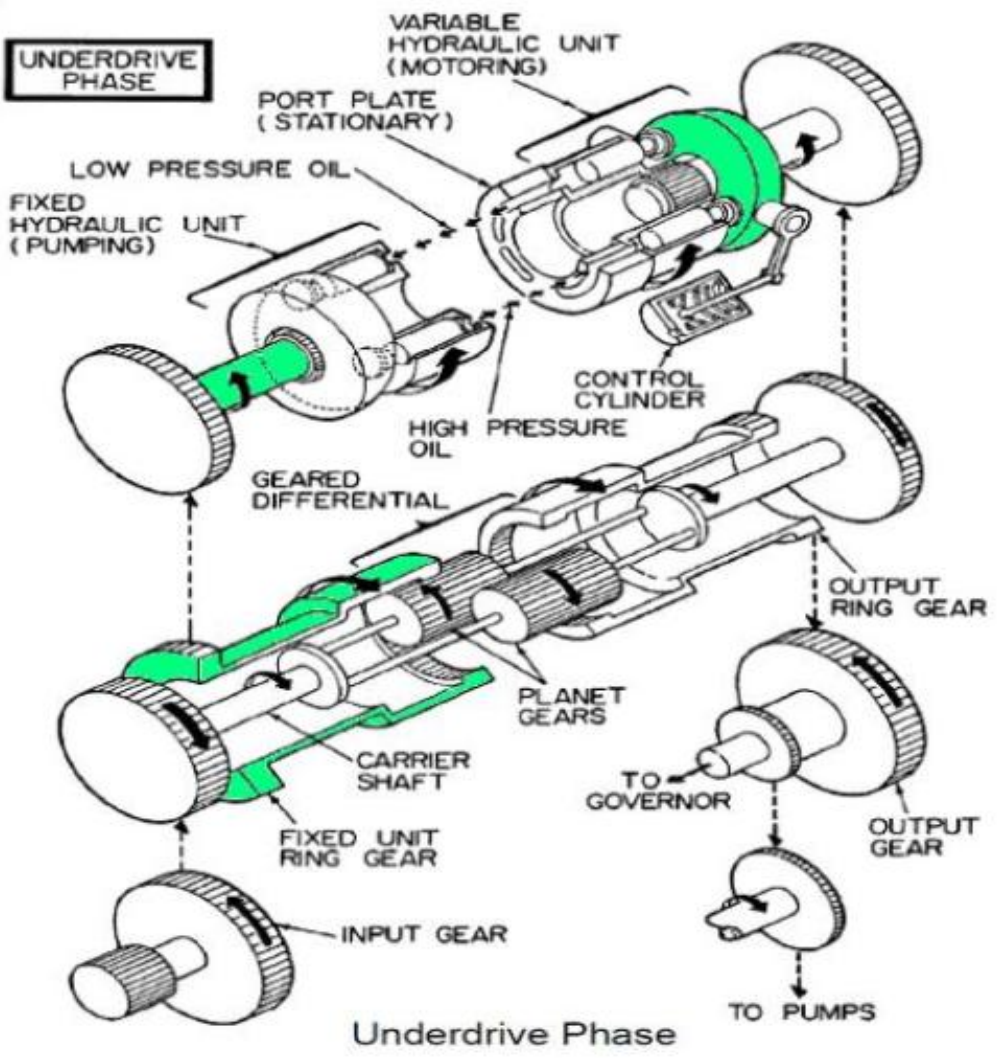
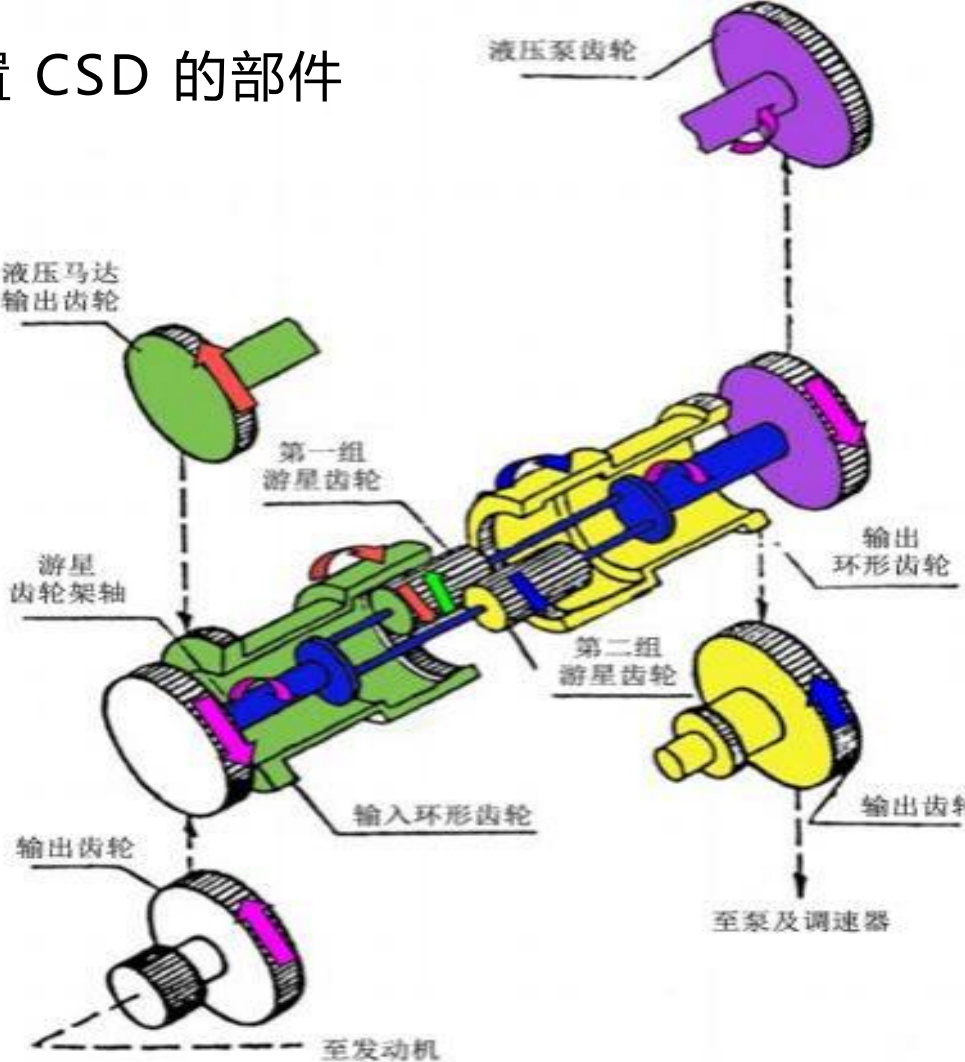


2 交流电源部件

2) 恒速装置 (Constant Speed Drive, CSD)

(2)恒速装置 CSD 的部件

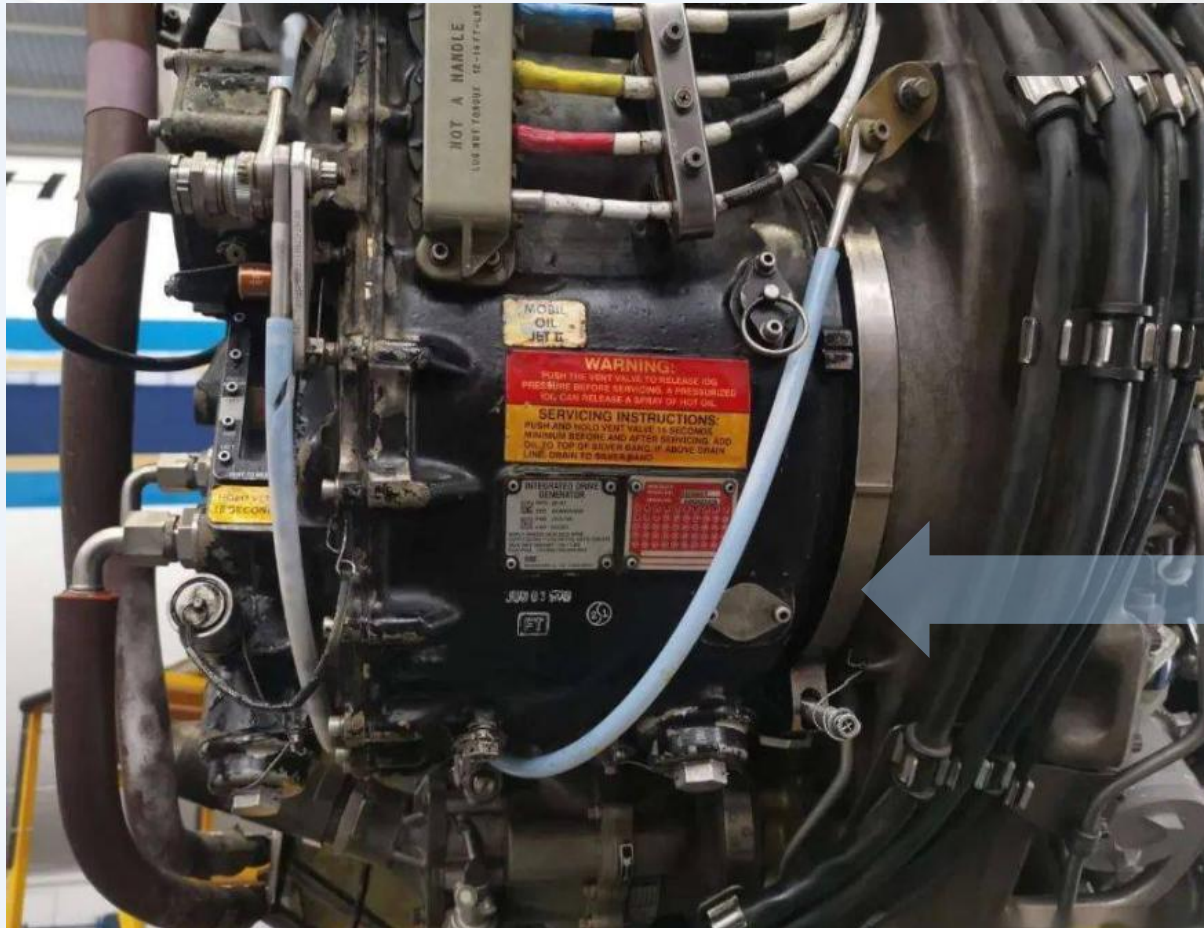
减速过程



2 交流电源部件

2) 恒速装置 (Constant Speed Drive, CSD)

(2)恒速装置 CSD 的部件



CSD或IDG和附件齿轮箱连接:

QAD: 快速连接/拆卸环

Quality Attach And Detach

2 交流电源部件

2) 恒速装置 (Constant Speed Drive, CSD)

(3) 恒速装置 CSD 的脱开和复位机构

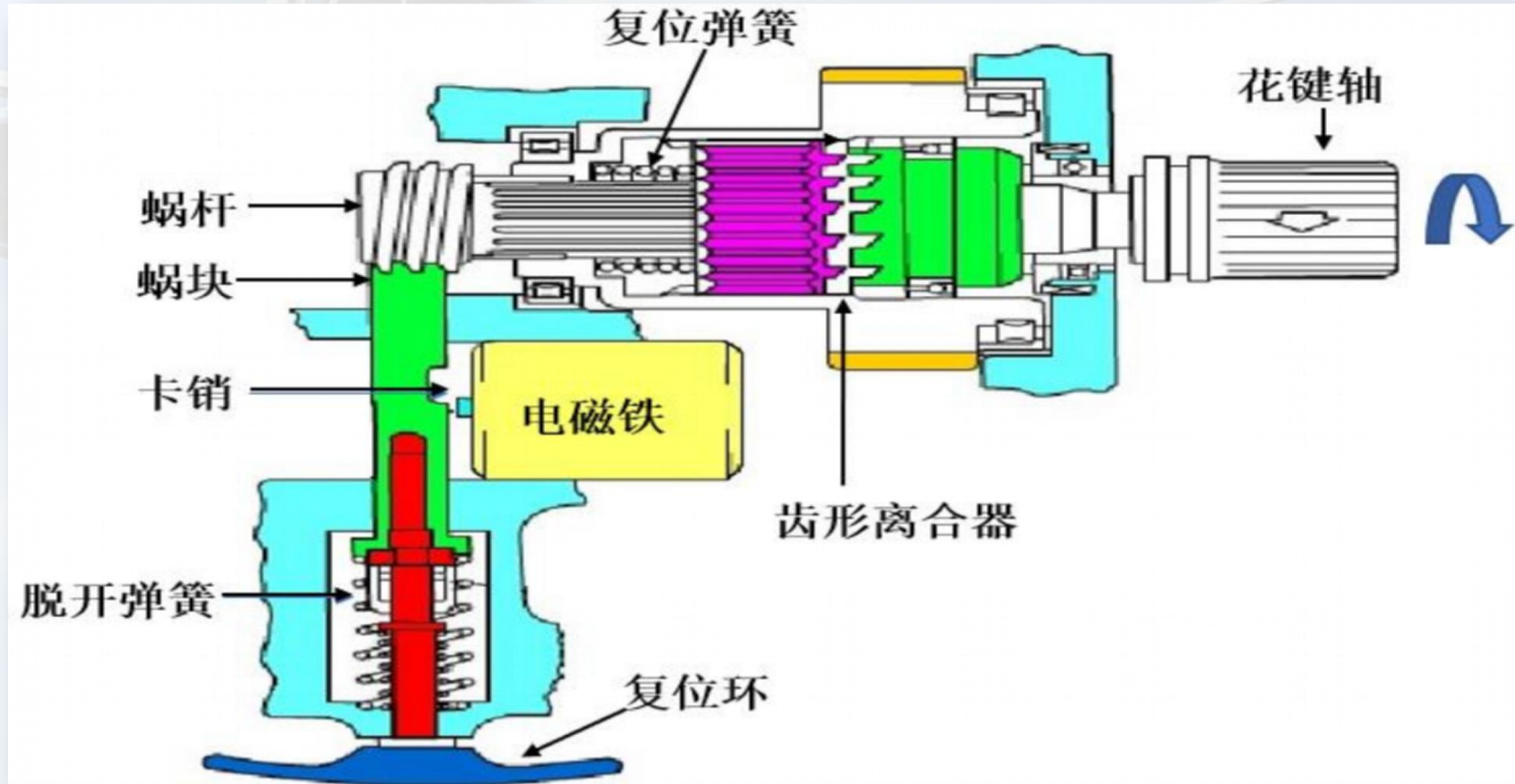
CSD 脱开装置

齿形离合器

蜗杆机构

电磁铁

复位机构



2 交流电源部件

2) 恒速装置 (Constant Speed Drive, CSD)

(3) 恒速装置 CSD 的脱开和复位机构



CSD脱开：慢车及以上



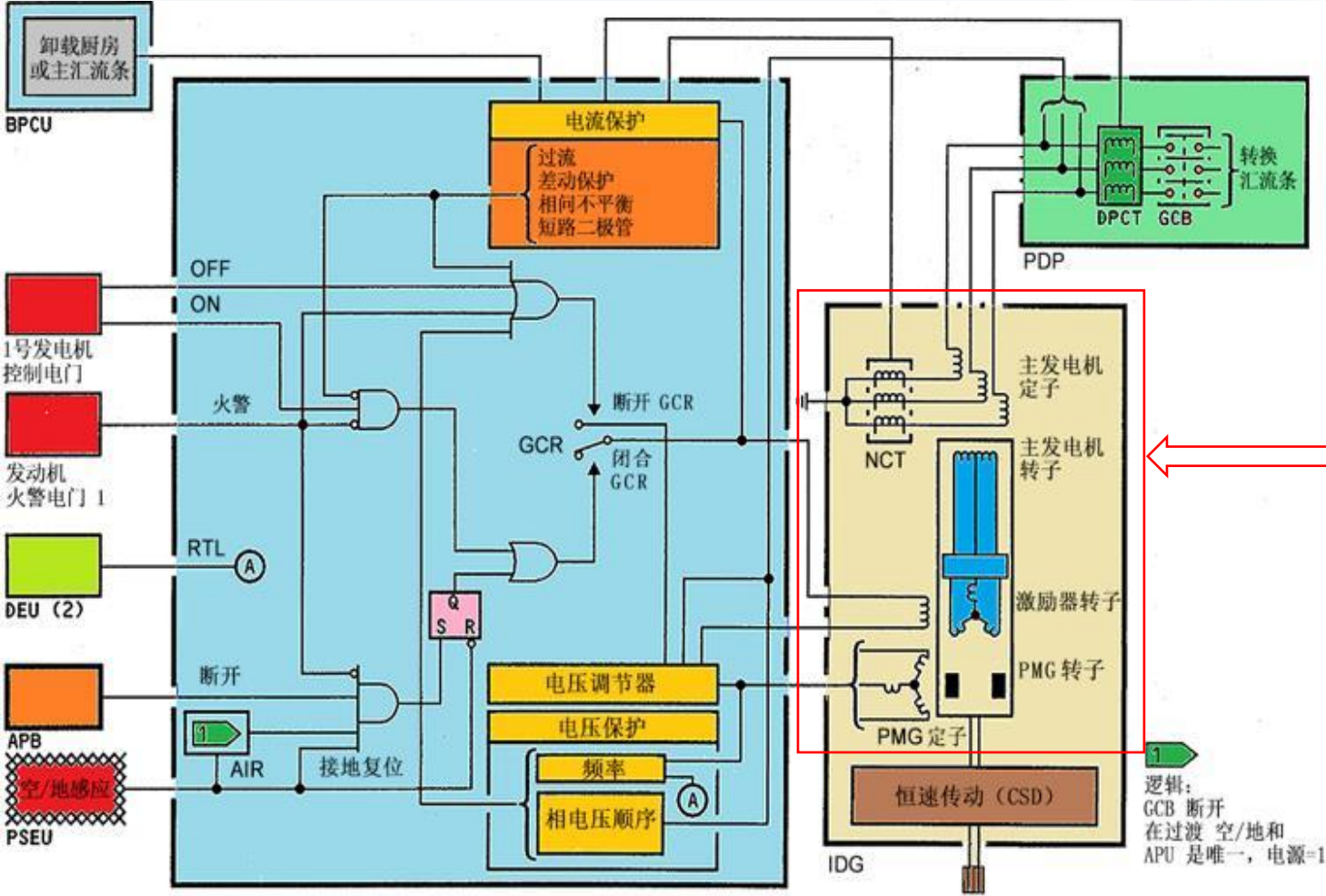
CSD复位：地面且发动机停止运转

小结：

1. CSD装置的功用、部件组成、工作原理及脱开和复位；

2 交流电源部件

3) 恒速恒频交流发电机



整体驱动交流发电机：三相三级无刷

- 01 永磁发电机转子/定子
- 02 激励器转子/定子
- 03 主发电机转子/定子

2 交流电源部件

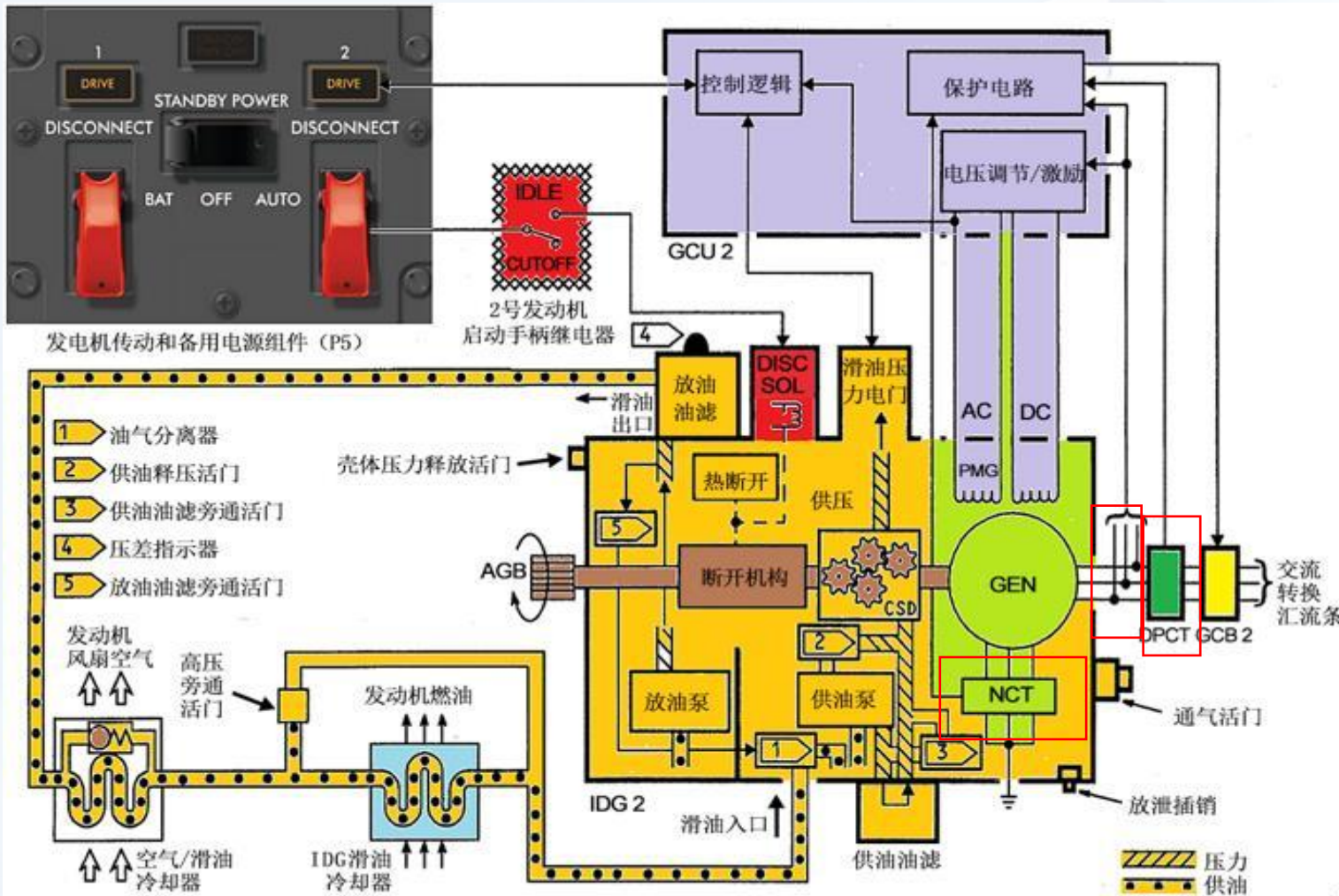
3) 恒速恒频交流发电机

GCU在三个地方监控IDG输出电源质量：

①发电机和地线之间NCT：
Neutral current transformer

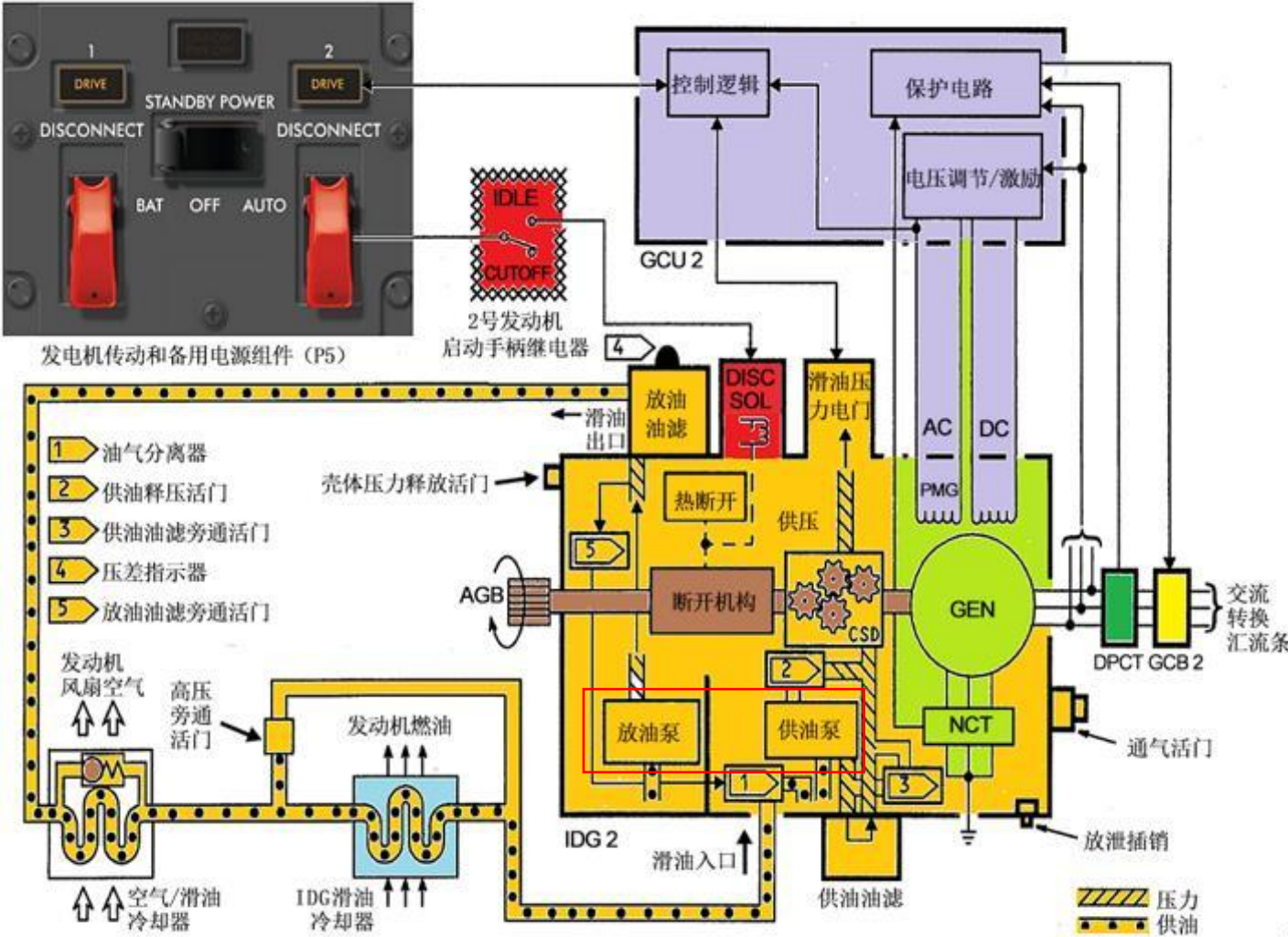
②发电机和GCB之间DPCT：
Differential protection current transformer

③GCB之前馈线上的POR：
point of regulation



2 交流电源部件

3) 恒速恒频交流发电机

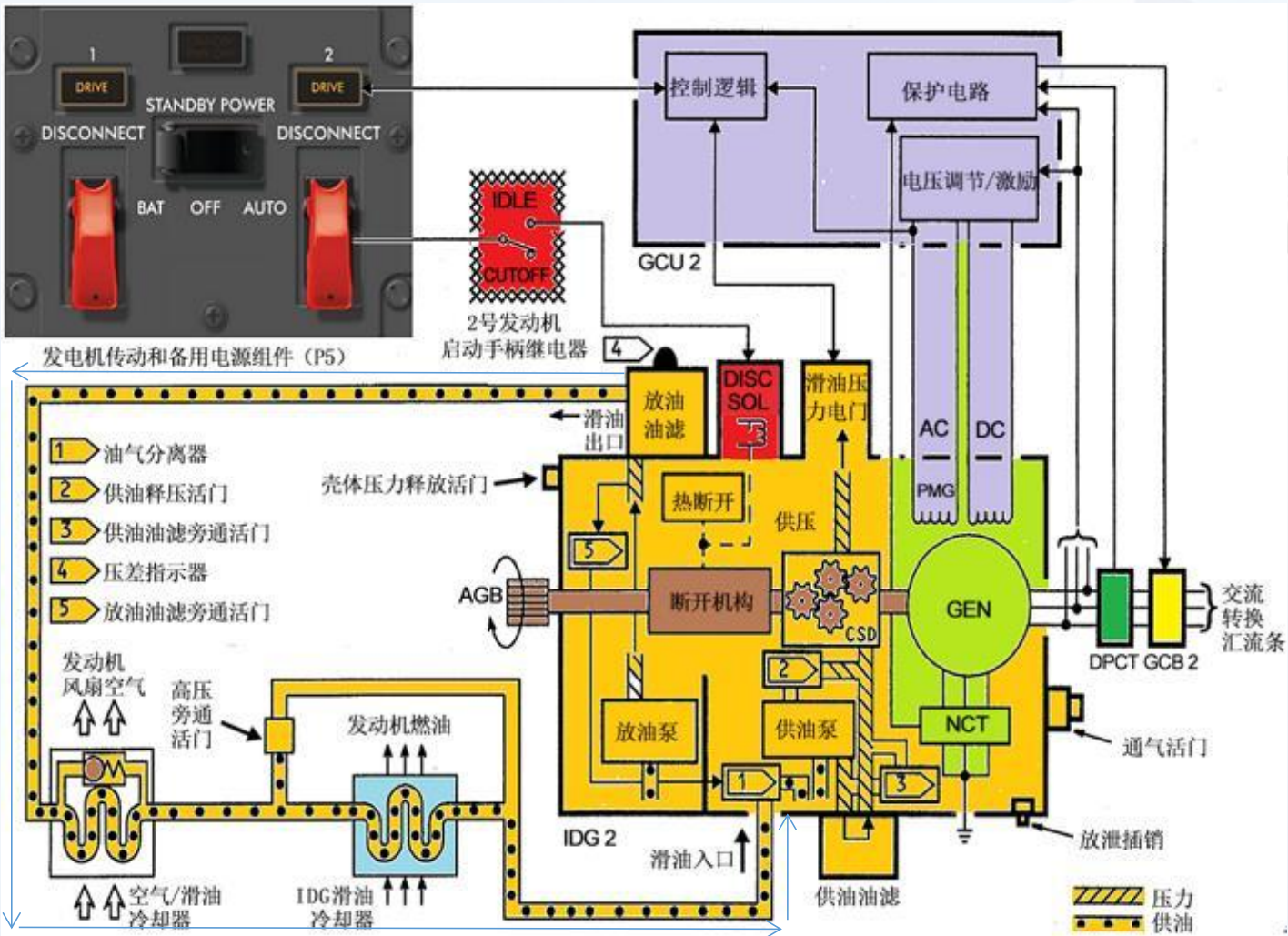


IDG滑油系统

- 内部两个油泵:
- 供油泵
 - 放油泵 (回油泵)

2 交流电源部件

3) 恒速恒频交流发电机



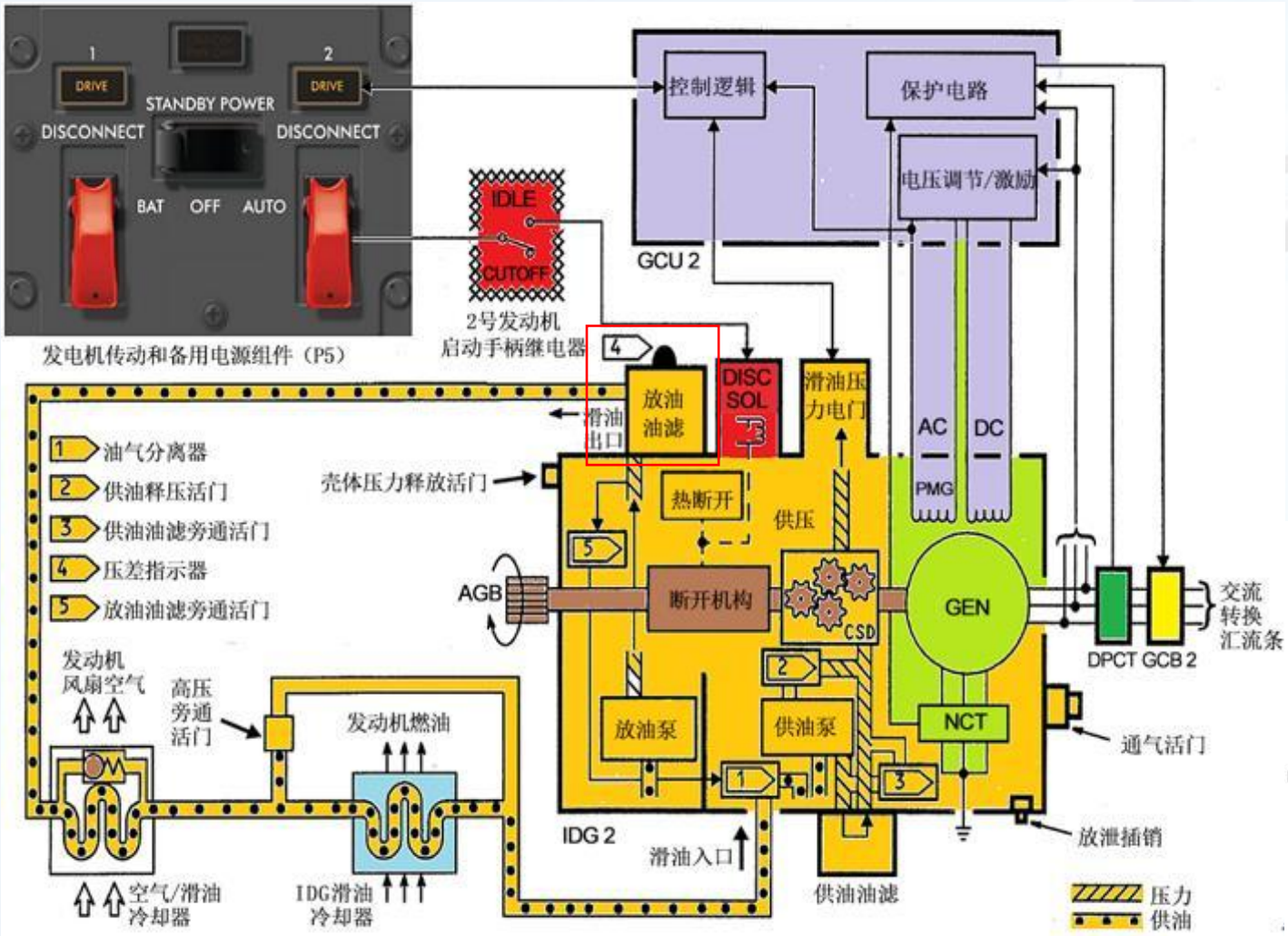
IDG滑油系统

- 空气/滑油冷却器:
使用发动机风扇空气降温
- 滑油冷却器:
使用发动机燃油降温

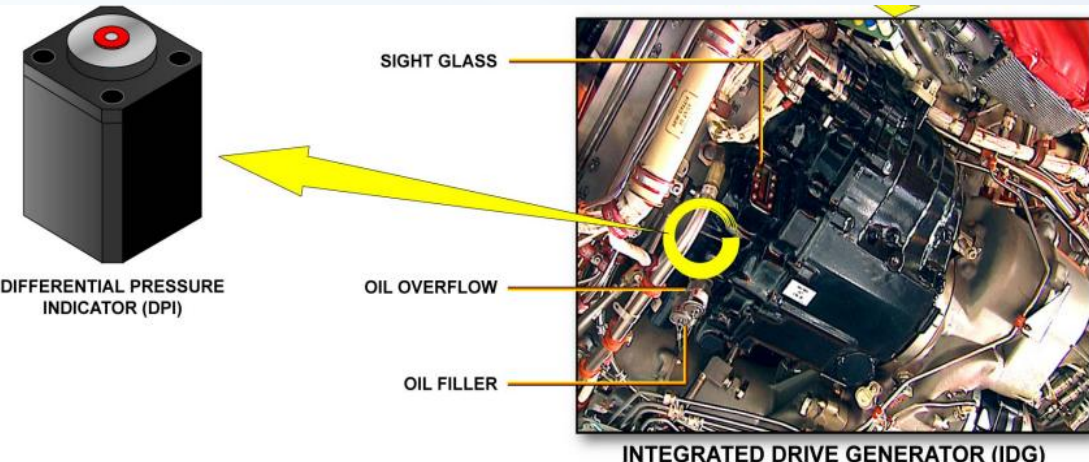
2 交流电源部件

3) 恒速恒频交流发电机

IDG滑油系统

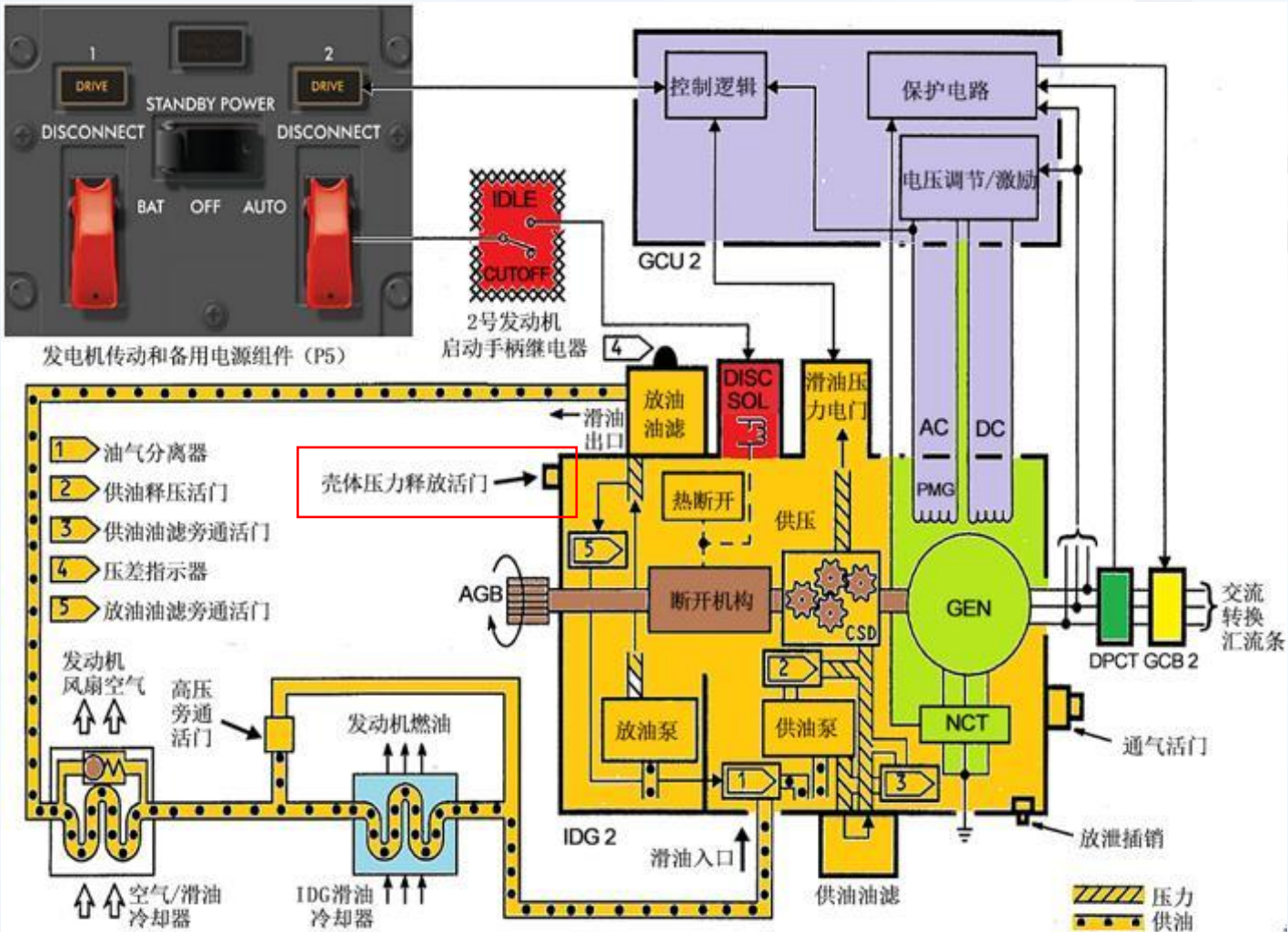


IDG 回油系统的压差指示销：
 监控回油滤上游和下游的压力，当压差到达门槛值后指示销弹出可提供目视指示



2 交流电源部件

3) 恒速恒频交流发电机



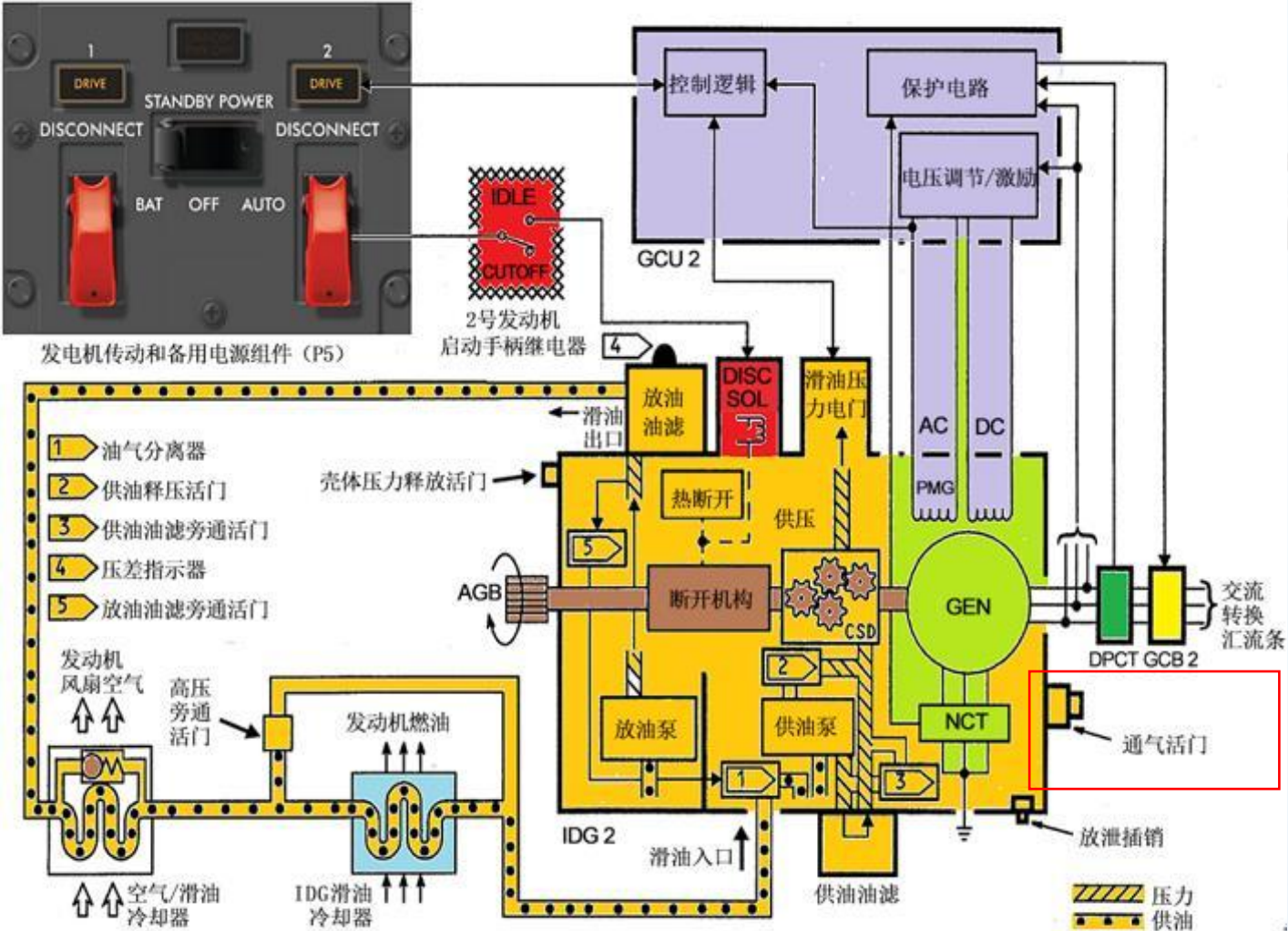
IDG滑油系统

壳体压力释压活门：
当有高压燃油渗入导致 IDG 内部压力突增时，壳体压力释压活门打开以防止 IDG 壳体破裂，这部分释压的油液最终通过发动机余油系统排出机外。

2 交流电源部件

3) 恒速恒频交流发电机

IDG滑油系统

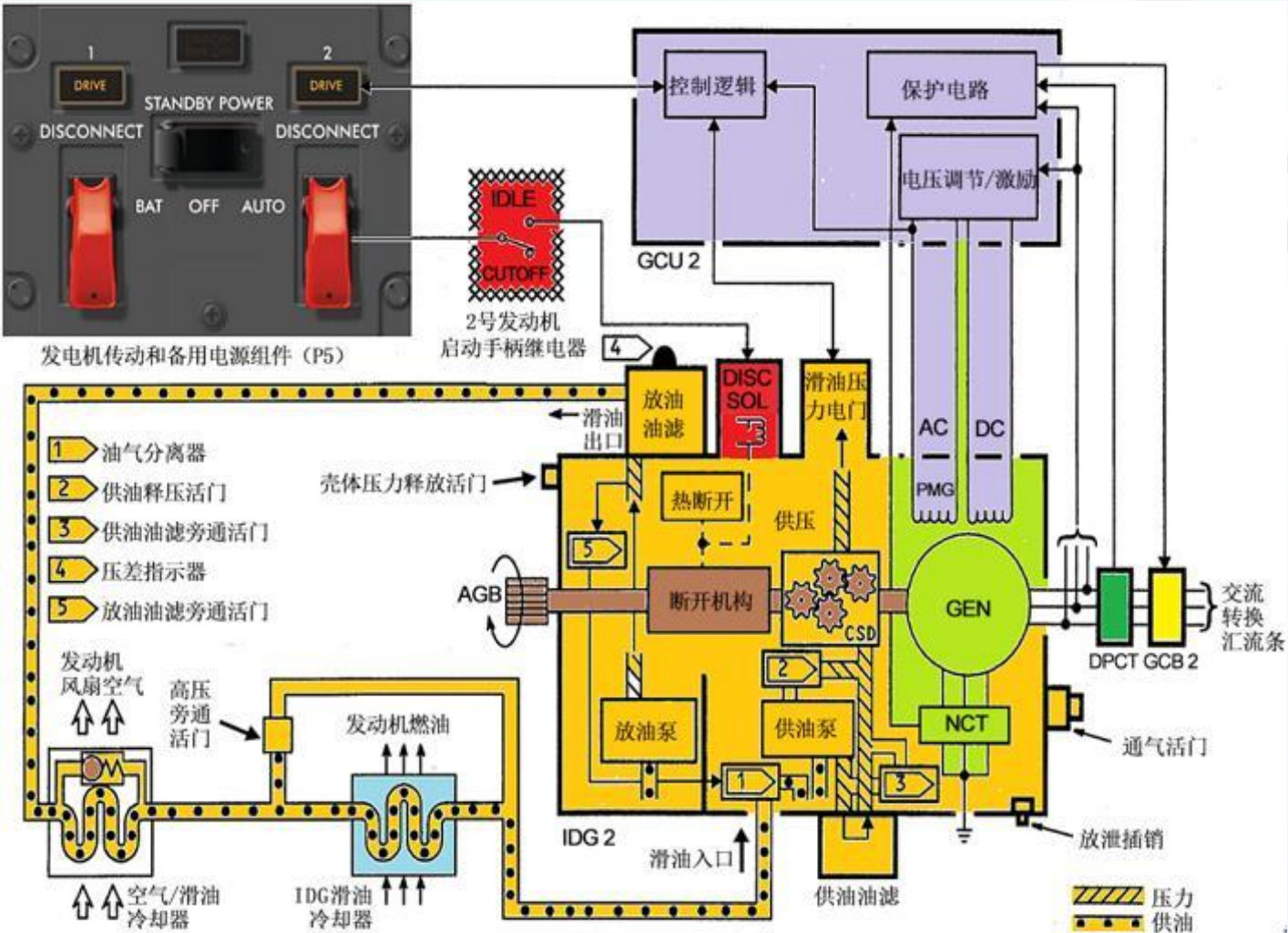


- 通气活门：弹簧保持在关闭位
- 滑油量检查之前：
发动机至少停车 5 分钟，
按压通气活门 15 秒

2 交流电源部件

3) 恒速恒频交流发电机

IDG滑油系统



断开形式:

- 人工脱开
- 热断开 (滑油温度太高时自动断开)
- 剪切断开

2 交流电源部件

4) 发电机控制组件

G
C
U
功
能

控制GCB和BTB

提供/控制给IDG发电机的激励

保护电源系统和IDG电气参数在限制内

控制在驾驶舱电源面板组件上的指示

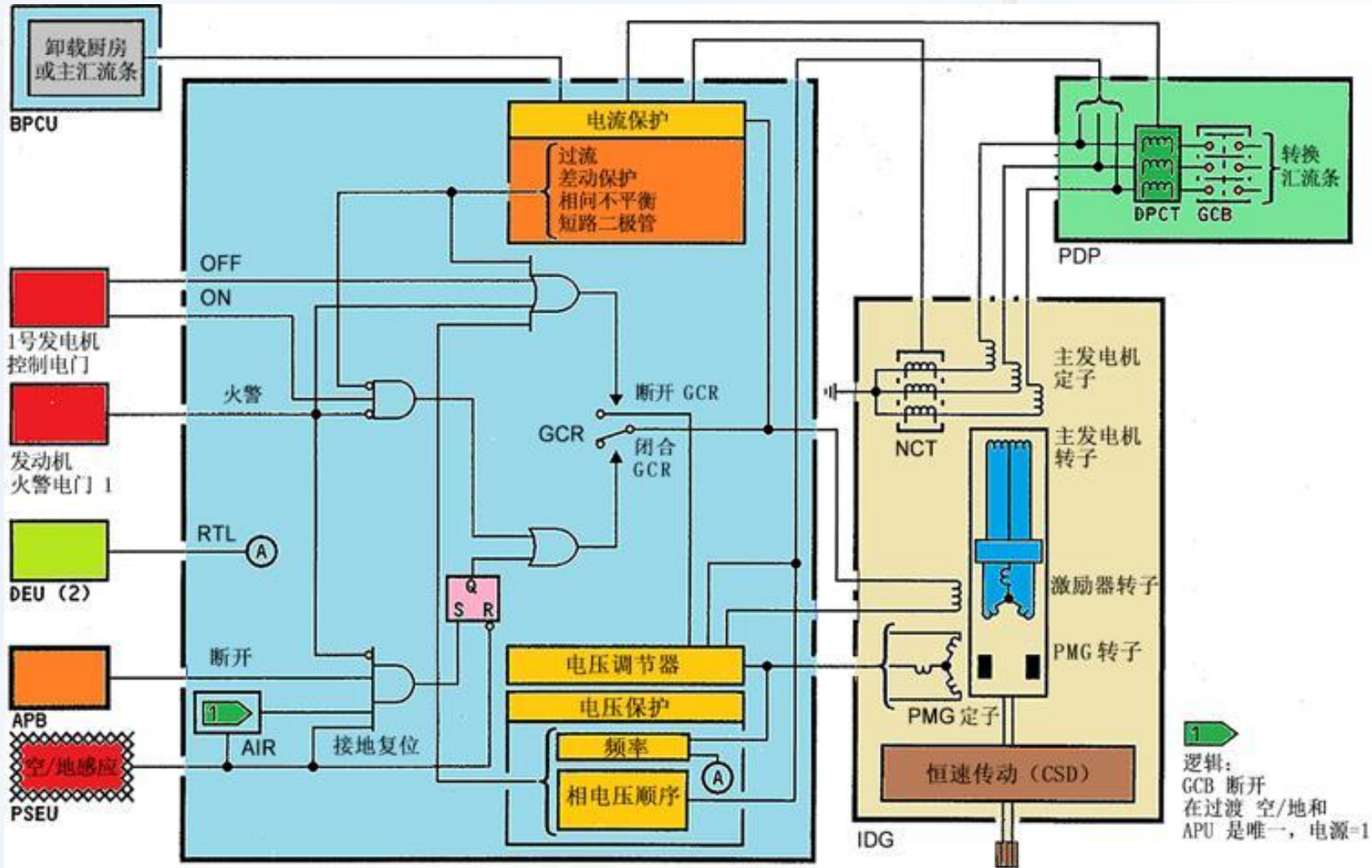
BITE自检进行故障隔离

AGCU和GCU可互换, 但当GCU安在AGCU位置时本体上的IDG故障灯不会点亮



2 交流电源部件

4) 发电机控制组件

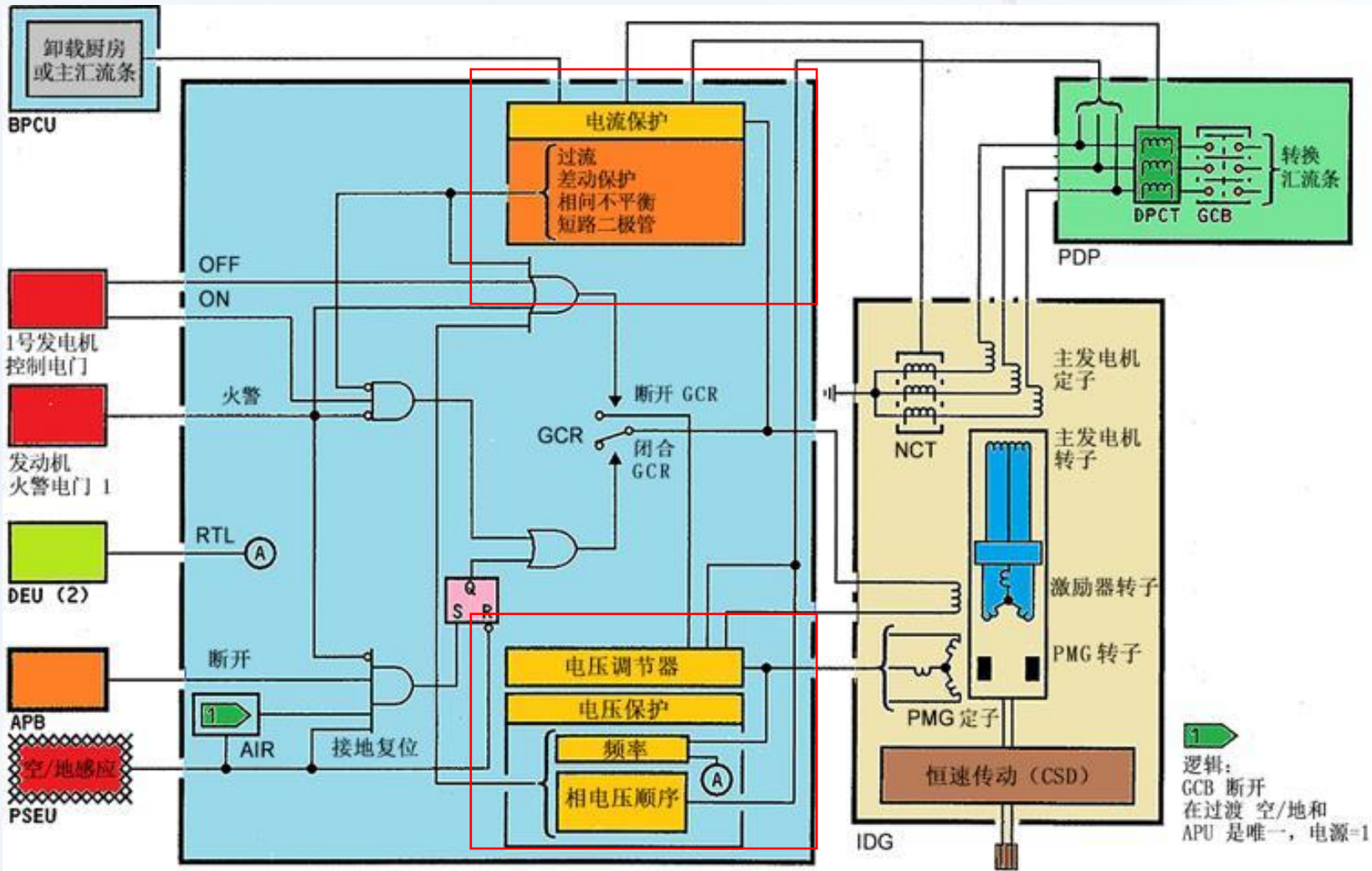


1、发电机运转时如何产生电，闭合GCB供电？

2、GCR打开信号有哪些？

2 交流电源部件

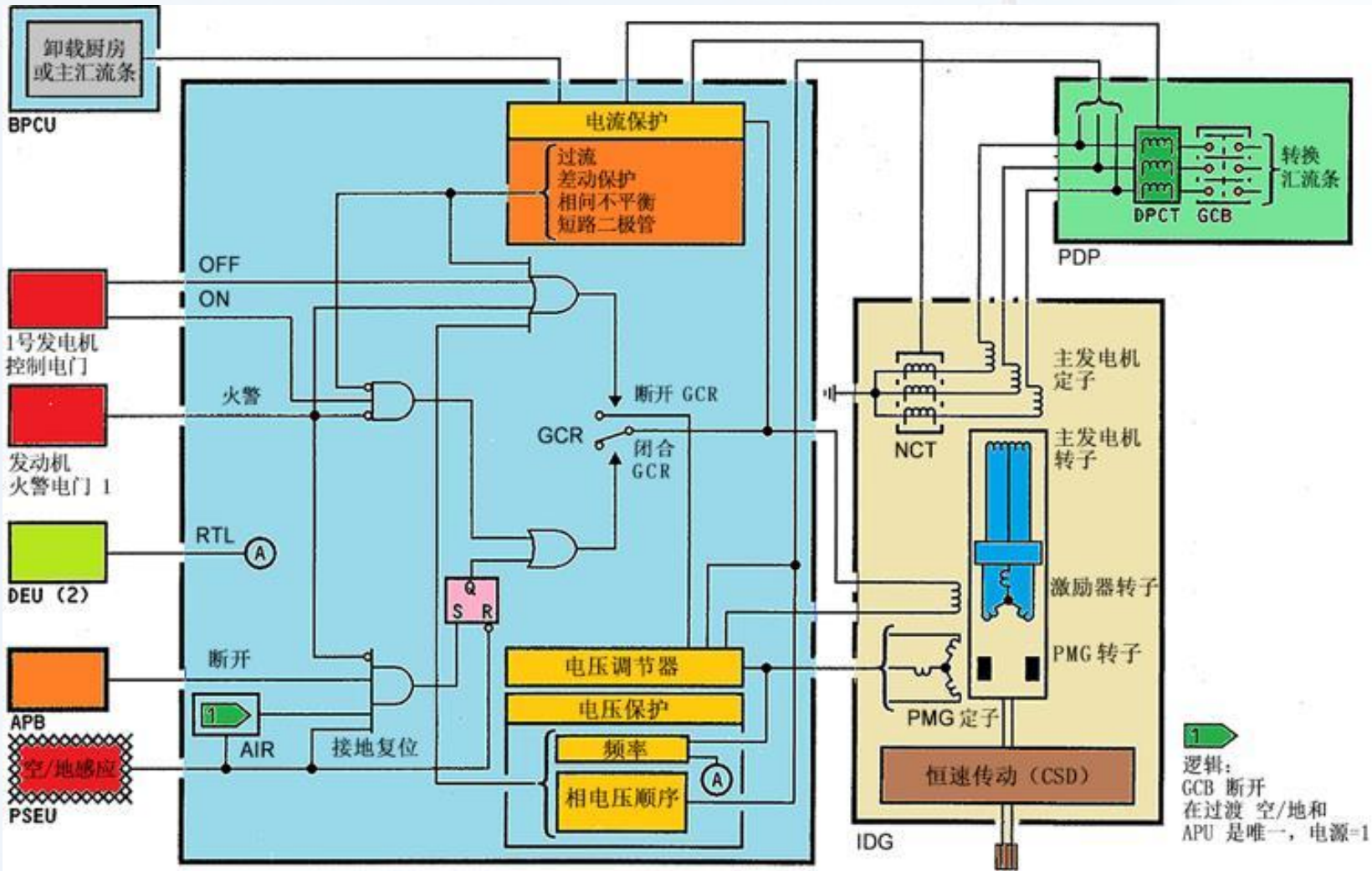
4) 发电机控制组件



GCU根据电压、电流、频率指令GCB和GCR作动最终控制整个发电机来保护电源系统

2 交流电源部件

4) 发电机控制组件

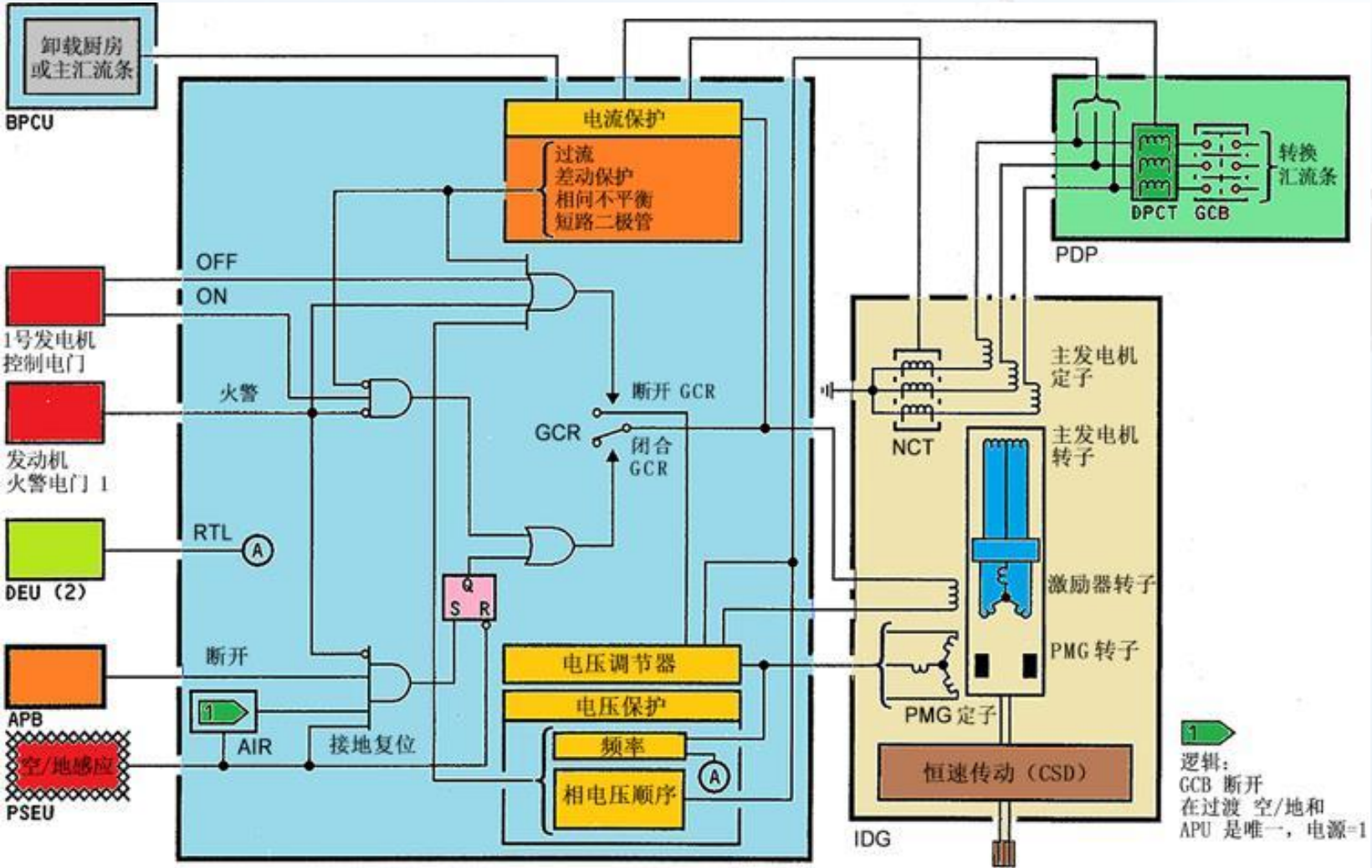


GCU保护

- (1) 超压和欠压保护
- (2) 频率保护
- (3) 相电流不平衡保护
- (4) 二极管失效保护
- (5) 相序保护

2 交流电源部件

4) 发电机控制组件



GCU保护

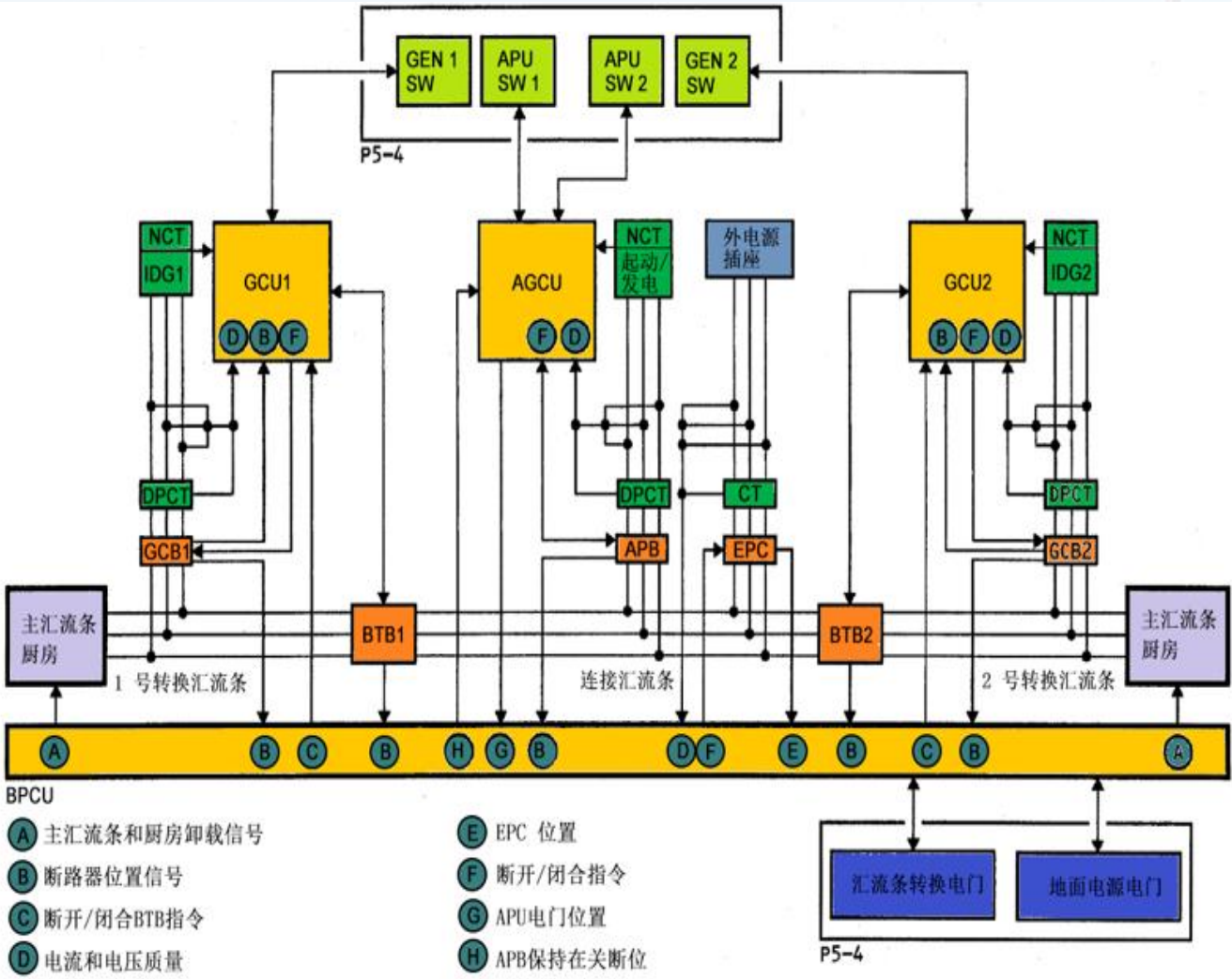
- (6) 过流保护
- (7) 差动保护
- (8) 欠速保护
- (9) GCU故障安全
- (10) GCU自动闭合

小结：

1. IDG滑油系统如何工作？
2. GCU功能有哪些？
3. GCU保护有哪些？

2 交流电源部件

5) 汇流条电源控制组件



BPCU作用:

1、监控电源系统的断路器位置, 协调GCU控制GCB和BTB

2、BPCU直接控制EPC

3、控制到主汇流条和厨房的电源

2 交流电源部件

5) 汇流条电源控制组件

BPCU失效 - 安全状态:

- ① 打开EPC，外电源面板上NOT IN USE熄灭
- ② GRD PWR AVAILABLE熄灭
- ③ 断开厨房和主汇流条的电源
- ④ 给GCU2提供失效-安全信号，延迟200毫秒给GCU1信号
- ⑤ 如果BUS TIE不激励，GCU2会闭合BTB2
- ⑥ 如果转换汇流条1需要电源，GCU1闭合BTB1
- ⑦ BPCU前面板上的BPCU故障灯亮
- ⑧ 抑制加油电源控制继电器的使用



2 交流电源部件

5) 汇流条电源控制组件

BPCU对外接电
源控制功能

控制

电流保护

电压保护

频率保护

2 交流电源部件

5) 汇流条电源控制组件

BPCU 闭合 EPC:

- ① P5 板上的地面电源电门在 ON 位
- ② 外部电源电压和频率正确
- ③ 内部锁销 (EF) 有连续性
- ④ 没有触发保护逻辑
- ⑤ 在 BTB 间没有电源



2 交流电源部件

5) 汇流条电源控制组件

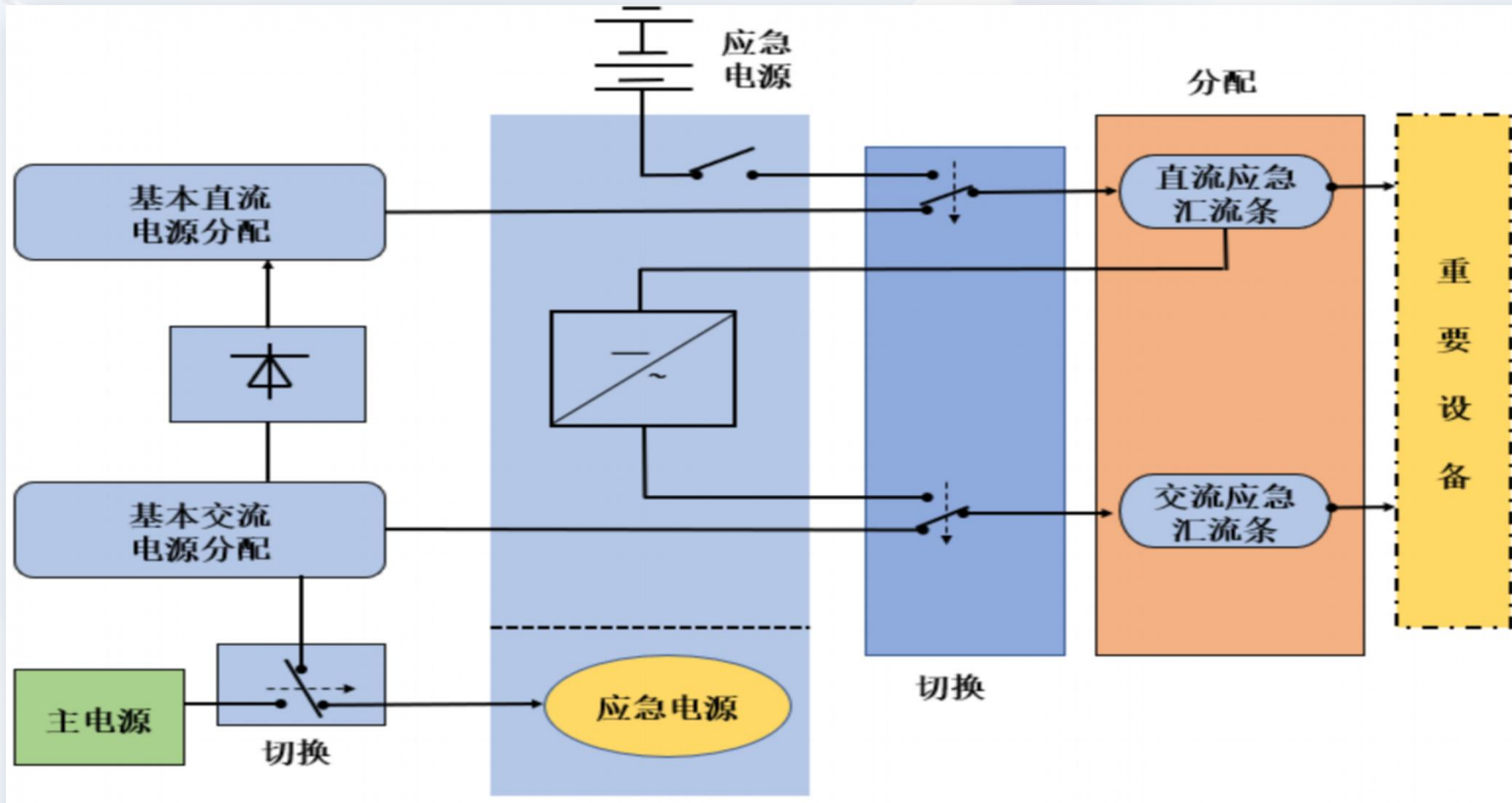
如果下列任一发生，EPC断开：

- ① 外部电源质量不好
- ② 地面电源电门在 OFF 位
- ③ 触发保护逻辑
- ④ 断开外部电源插销
- ⑤ 内部锁销没有连续性
- ⑥ 有另一电源的接入时使得EPC跳开



2 交流电源部件

6) 应急交流电源发电设备



重要设备, 如:

- 机长侧的主仪表
- 发动机和警告指示
- 主要通讯系统

主电源失效连接到应急电源:

- 电瓶
- 应急发电机

2 交流电源部件

6) 应急交流电源发电设备

电瓶可提供应急交流电源

直流
应急
汇流
条



直流

静
变
流
机

115V 单向

交流

400HZ

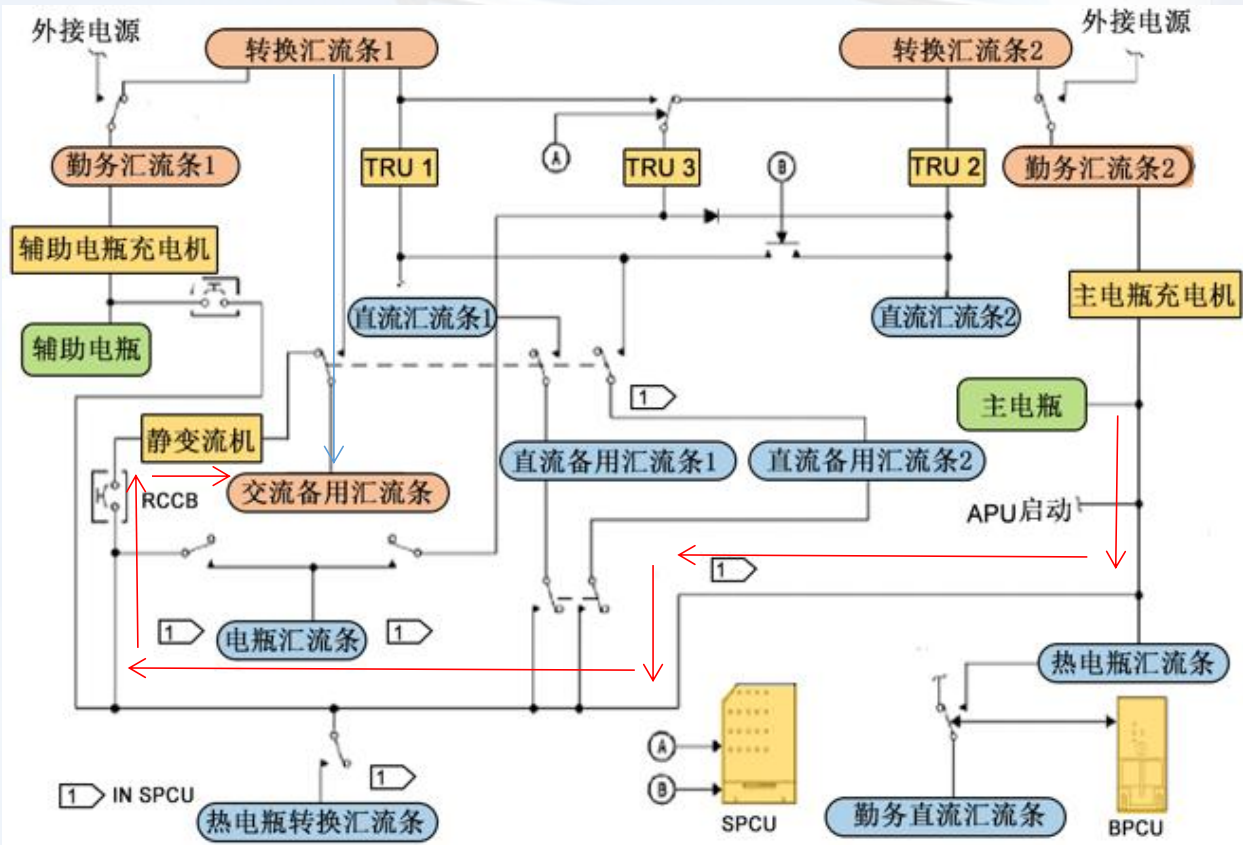
交流
应急
汇流
条

2 交流电源部件

6) 应急交流电源发电设备

B737NG电瓶提供应急交流电源

RCCB:
Remote Control Circuit Breaker



正常：
转换汇流条1 → 交流备用汇流条

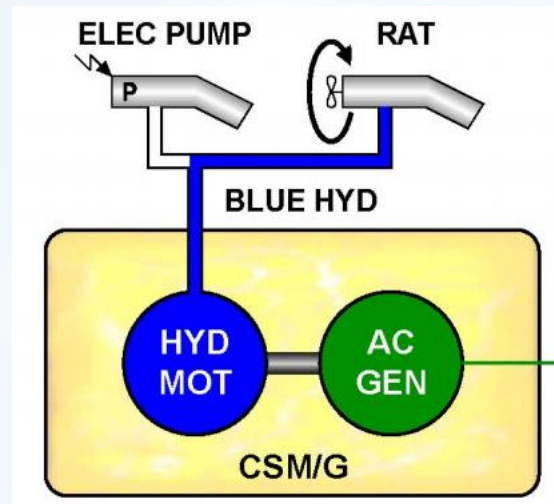
应急：
电瓶 → RCCB → 静变流机 → 交流备用汇流条

2 交流电源部件

6) 应急交流电源发电设备

应急发电机提供应急电源

- 空气驱动发电机ADG (Air Driven Generator) : 由冲压空气涡轮直接驱动的发电机
- 恒速电机发电机CSMG (Constant Speed Motor/Generator): 液压马达驱动的发电机



2 交流电源部件

7) 发电机控制断路器，辅助电源断路器和汇流条断路器

The image block contains several technical diagrams and photographs related to power distribution and circuit breakers:

- Top Left:** A cross-sectional diagram of a power distribution panel structure. It shows two main sections labeled **PDP 2 (P92) (REF)** and **PDP 1 (P91)**. Below the diagram is the caption **横向架, EE 舱**.
- Top Right:** A 3D perspective view of a circuit breaker. It shows the **接头** (terminals) on top and the **辅助触点 (在里面)** (auxiliary contacts inside) on the side. The main contact terminals are labeled **主触点接头** (main contact terminals). Below it is the caption **断路器 (典型)**.
- Bottom Left:** A photograph of an open power distribution panel. The top cover is labeled **PG1 - POWER DISTRIBUTION PANEL** and **110 VAC TRANSFER BUS 1**. Various components are visible, including a **BTB1** (bus transfer breaker) and **GCB 1** (generator circuit breaker). Below the photo is the caption **配电板 1 (P91) (前面板打开)** and **APB**. There are also two callout boxes with the number **1** and arrows pointing to the right, with the text **PDP2 相似** (similar to PDP2).
- Bottom Right:** A schematic diagram of a circuit breaker's internal control circuit. It shows a power source at the top labeled **OPEN** and a power source at the bottom labeled **CLOSE**. The circuit includes a **断开信号** (open signal) switch, **主触点** (main contacts), **辅助触点** (auxiliary contacts), and a **闭合信号** (close signal) switch. Below it is the caption **断路器示意图 (典型)**.

2 交流电源部件

7) 发电机控制断路器，辅助电源断路器和汇流条断路器

B737NG电源分配
面板有三种断路器



2 交流电源部件

7) 发电机控制断路器，辅助电源断路器和汇流条断路器

(1) GCB：控制发电机电源的接入和断开

GCB1人工闭合

- 1、控制电门瞬时到ON位
- 2、防火电门正常位
- 3、RTL或电源质量好20秒
- 4、BTB1打开



2 交流电源部件

7) 发电机控制断路器，辅助电源断路器和汇流条断路器

(1) GCB：控制发电机电源的接入和断开

GCB1断开

- 1、GCU收到欠速信号（发动机停车）
- 2、灭火信号
- 3、电源超限
- 4、发电机控制电门OFF
- 5、GCU收到BPCU断开信号

2 交流电源部件

7) 发电机控制断路器，辅助电源断路器和汇流条断路器

(2) APB：控制APU的电源接通

AGCU控制APB闭合

- 1、任一APU发电机电门ON
- 2、BTB和GCB位置以防并联供电
- 3、电源质量
- 4、电子控制组件ECU (Electronic Control Unit) RTL信号
- 5、EPC断开



2 交流电源部件

7) 发电机控制断路器，辅助电源断路器和汇流条断路器

(2) APB：控制APU的电源接通

AGCU控制APB断开

- 1、选择另一电源
- 2、两个APU发电机电门OFF
- 3、RTL信号消失
- 4、APU电门OFF
- 5、APU灭火信号
- 6、电源质量超限



2 交流电源部件

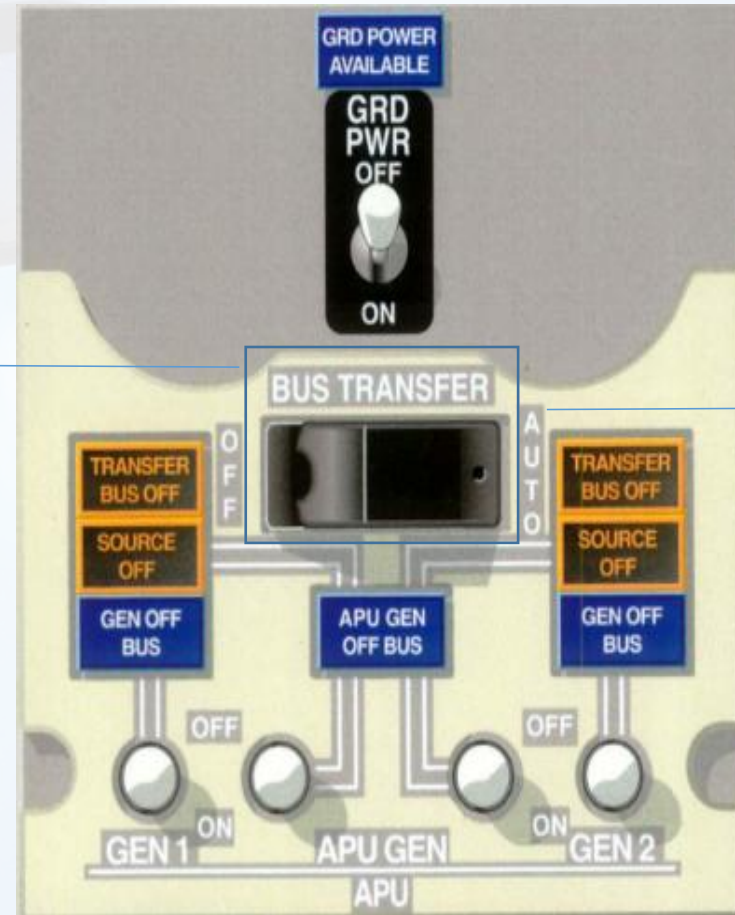
7) 发电机控制断路器，辅助电源断路器和汇流条断路器

(3) BTB：确保单独供电

OFF位：

BPCU和GCU根据电网状态和空地逻辑对BTB进行控制

- 1、如果每个交流汇流条从相应IDG得电,BTB1和2断开
- 2、如果IDG同时供电两个交流汇流条，断开此BTB
- 3、一交流转换汇流条从其IDG得电，另一交流转换汇流条从APU或外部电源得电，IDG侧BTB断开并锁定
- 4、在地面，两个交流转换汇流条从APU供电，BTB位置不变
- 5、在地面，两个交流转换汇流条从外部电源供电，BTB位置不变



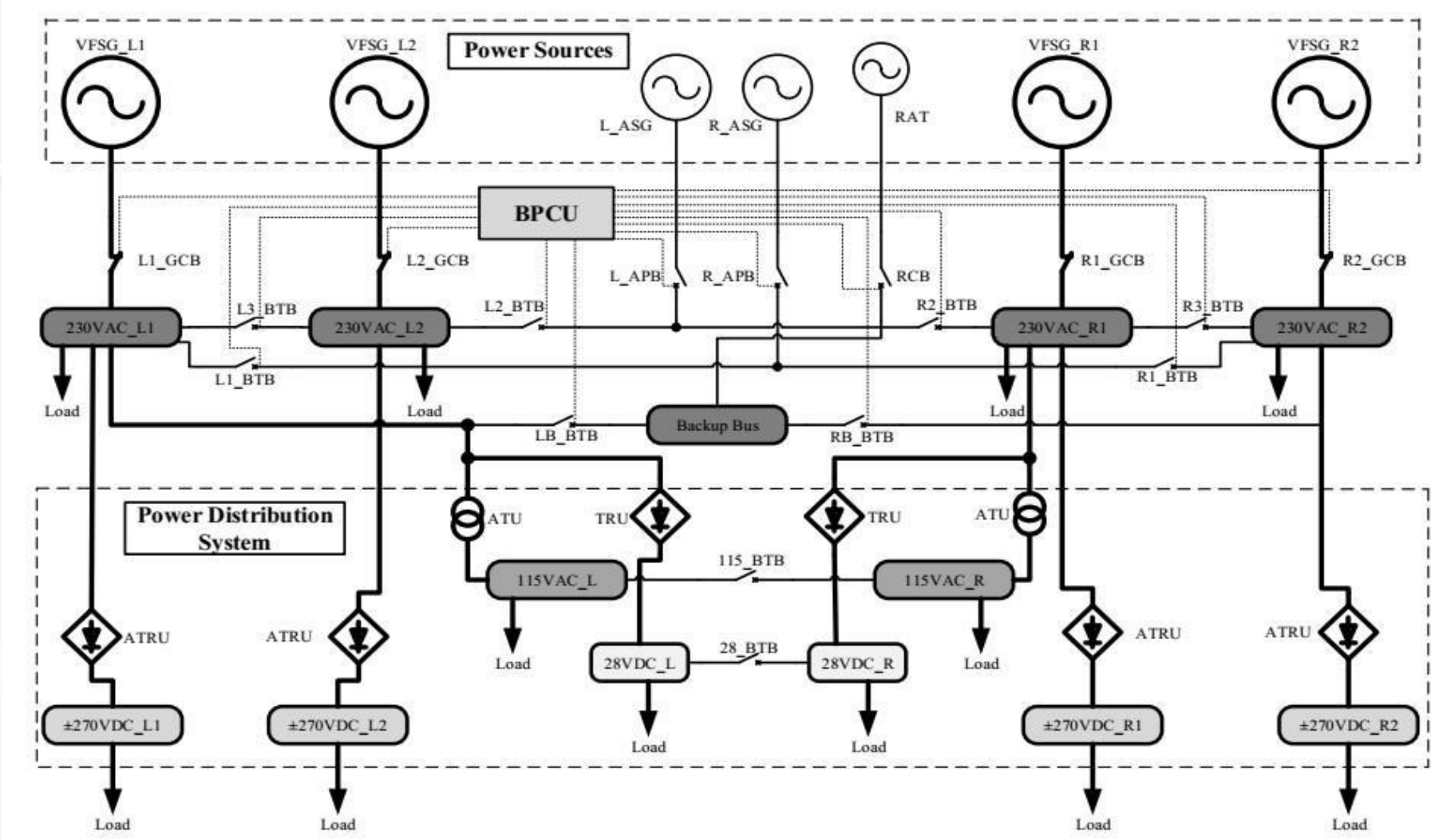
AUTO位：
BTB自动操作

2 交流电源部件

8) 其他类型的交流发电机

B787飞机VSVF发电机

- A 双发驱动的4台变频交流起动发电机
- B APU驱动的2台变频交流发电机
- C 1个空气冲压涡轮驱动的发电机



小结:

1. BPCU的作用
2. 断路器的工作原理
3. 787飞机电源系统特点



3.3.10.3 直流电源

目录

1

直流电源介绍

2

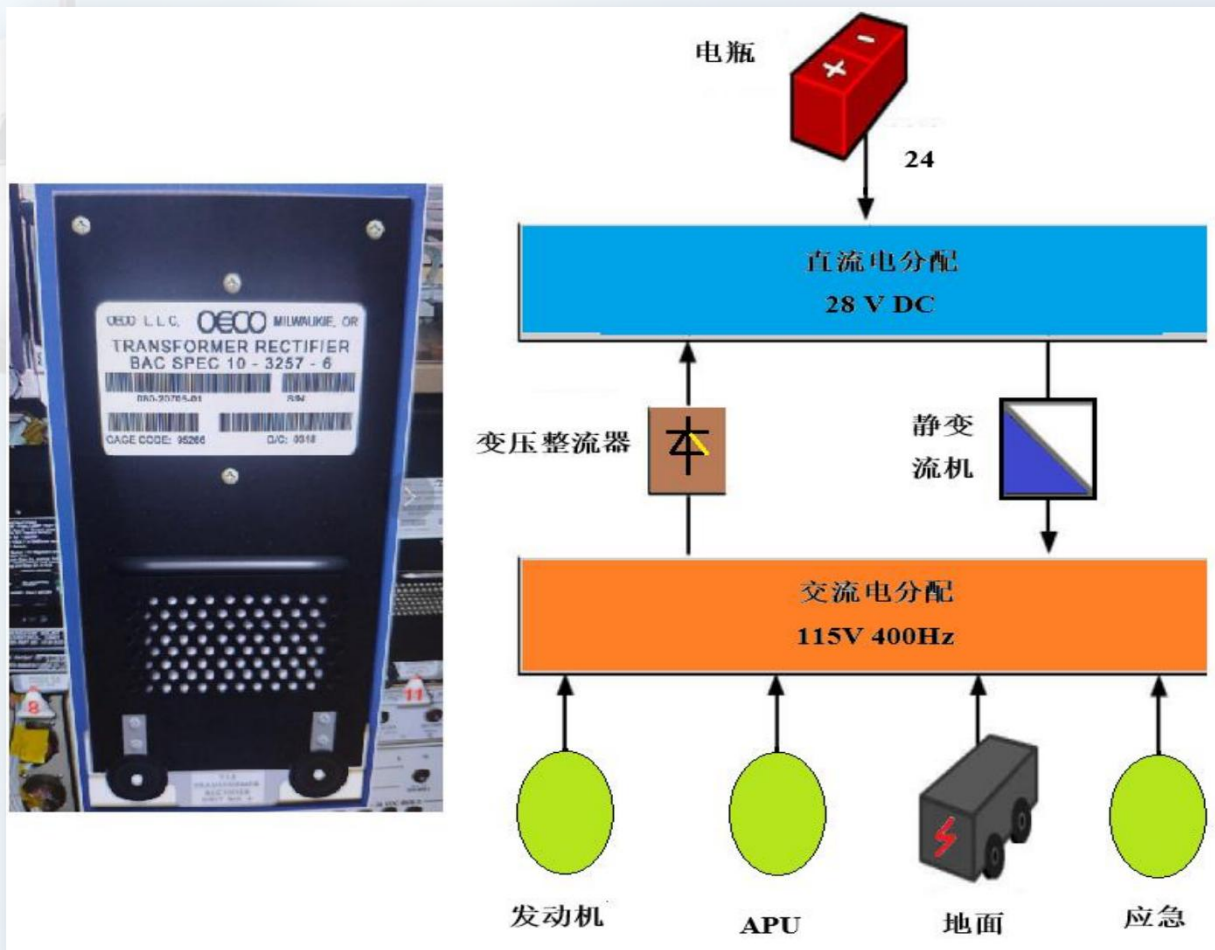
电瓶的构造和种类，电瓶的维护



1 直流电源介绍

飞机上直流电来源：

- ① 直流发电机
- ② 变压整流器
- ③ 电瓶



1 直流电源介绍

直流发电机

CONSTRUCTION OF DC GENERATOR

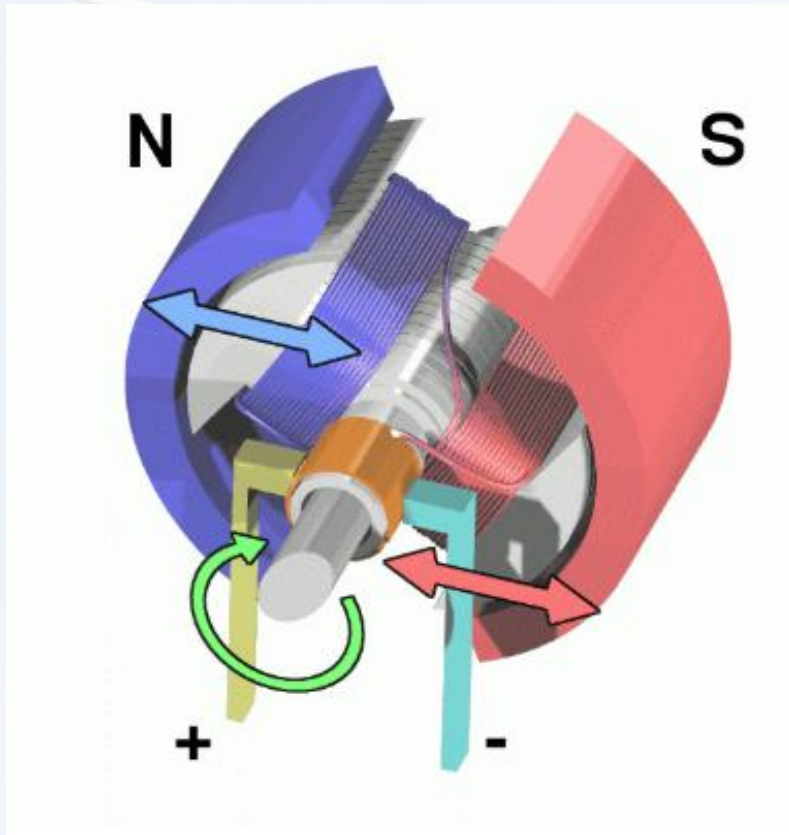
1 直流电源介绍

直流发电机

工控窝 bilibili

1 直流电源介绍

直流发电机



- 线圈和换向器的滑片数目越多，产生的直流电脉动就越小
- 直流发电机产生的感应电动势的大小与定子磁场的磁感应强度和电枢的转速成正比

1 直流电源介绍

TRU



三相115V交流



28V直流

1 直流电源介绍

电瓶

应急电源

起动APU

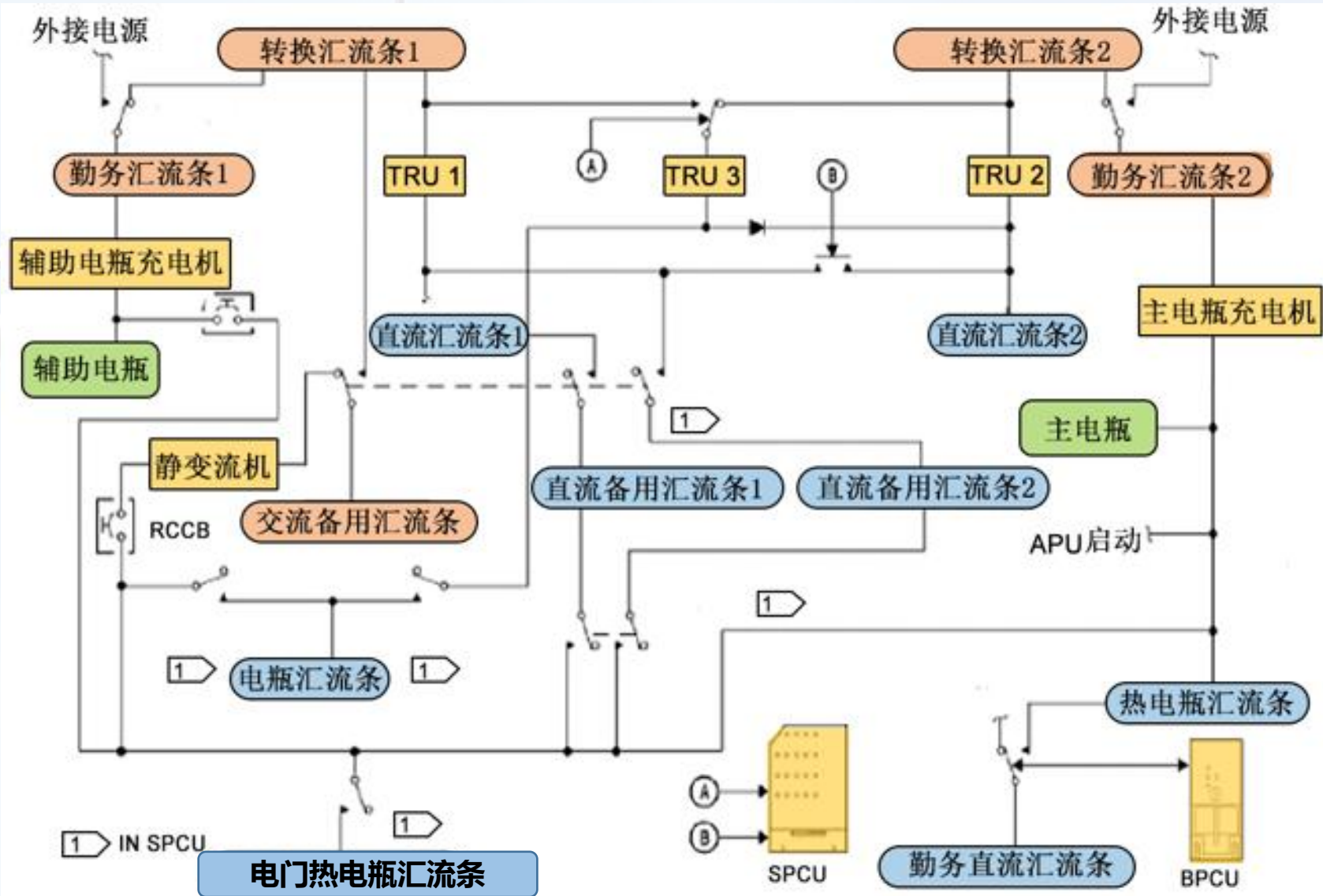
提供直流电

1 直流电源介绍

典型B737NG直
流电源系统介绍



TR UNIT故障灯什么时候亮?



1 直流电源介绍

电瓶充电机

- 两种工作模式：
- ① 充电模式
 - ② TR模式

1 直流电源介绍

电瓶充电机

主模式 ↔ 7次 ↔ 过充模式

大于26A电源

小于26A,
降低电流至0A

充电模式

1 直流电源介绍

电瓶充电机

备用电源电门在BAT位

APU启动

备用电源电门在AUTO位、电瓶电门在ON位、交流汇流条1和直流汇流条1无电

电瓶过热

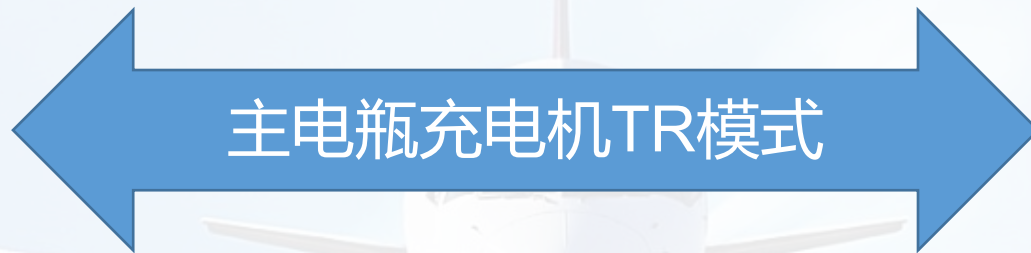
加油站盖板打开

电瓶充电机不能进入充电模式的情况

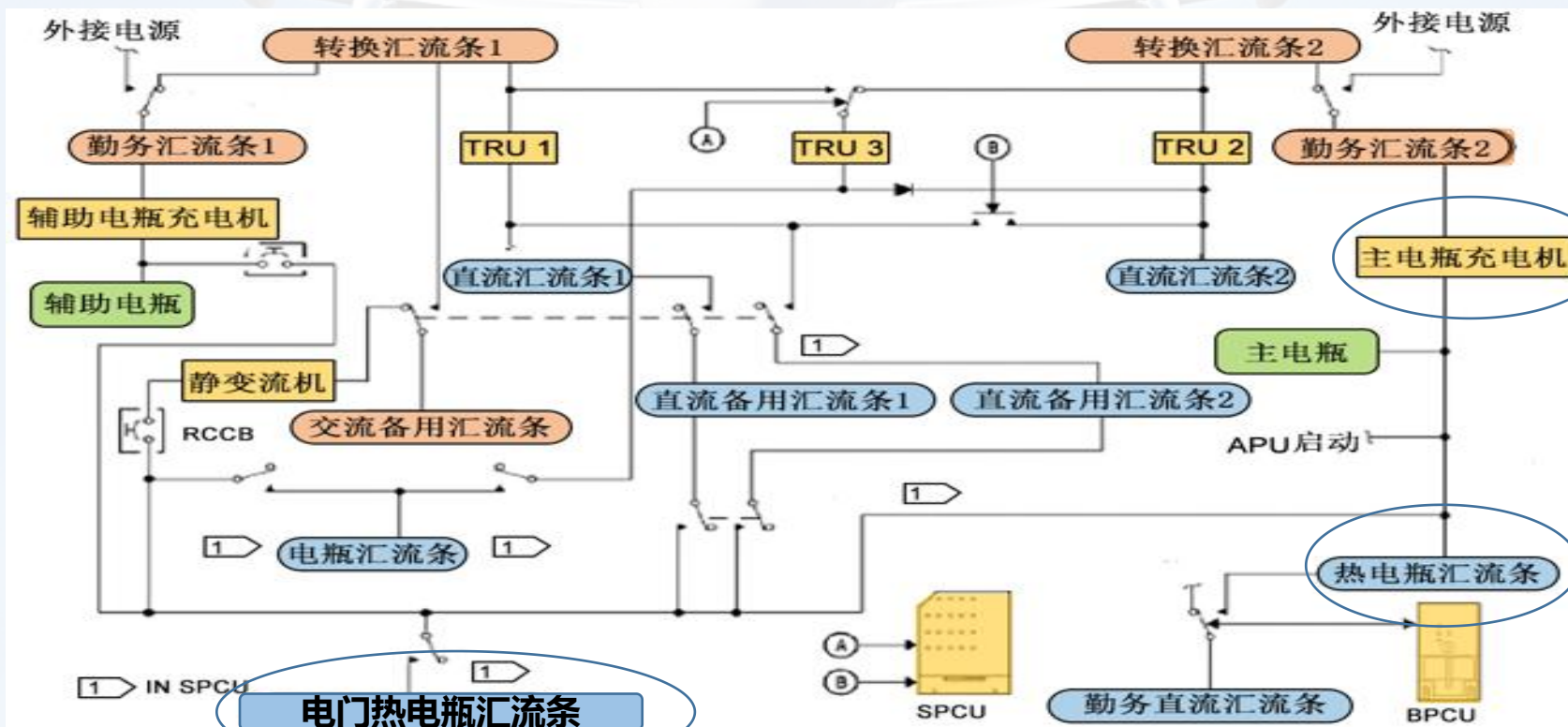


1 直流电源介绍

热电瓶汇流条



电门热电瓶汇流条



小结:

1. 飞机直流电的来源有哪些;
2. 737NG飞机直流电源系统介绍;
3. 电瓶充电机工作模式。

2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

1) 电瓶的构造和种类

按照电瓶极板活性物质不同，飞机电瓶可以分为：

铅酸电瓶

镍镉电瓶

锂电池



2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

2) 电瓶内部结构

- **电瓶容量：**电瓶从充满电状态以一定电流放电到放电终止电压所放出的电量。
- **放电终止电压：**电瓶以一定电流在 25 °C 环境温度下放电至能反复充电使用的最低电压。
- **电瓶组成：**由多个单体电池串联组成

2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

2) 电瓶内部结构

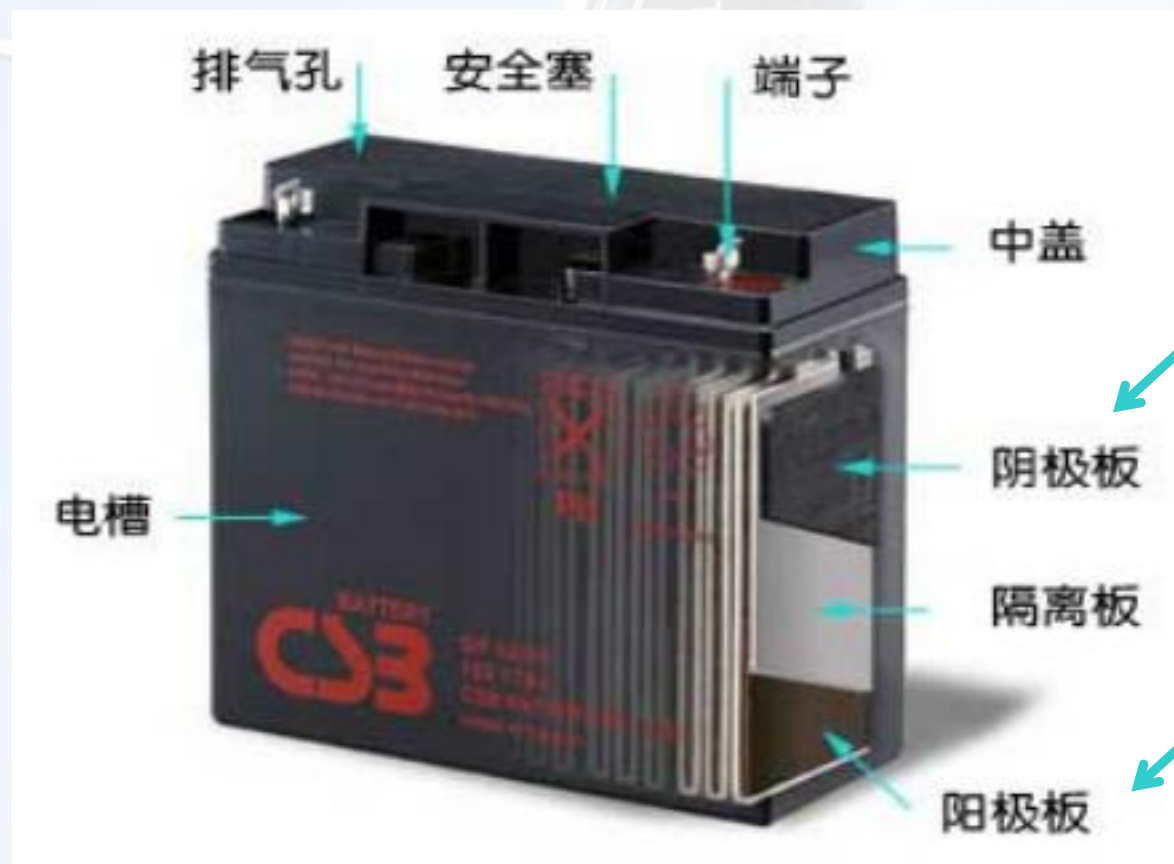
影响电瓶容量的因素主要有四个方面：

- 1、极板活性物质的多少。
- 2、极板面积的大小。
- 3、电解液的多少（密度一定时）。
- 4、温度。

2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

2) 电瓶内部结构

铅酸电瓶



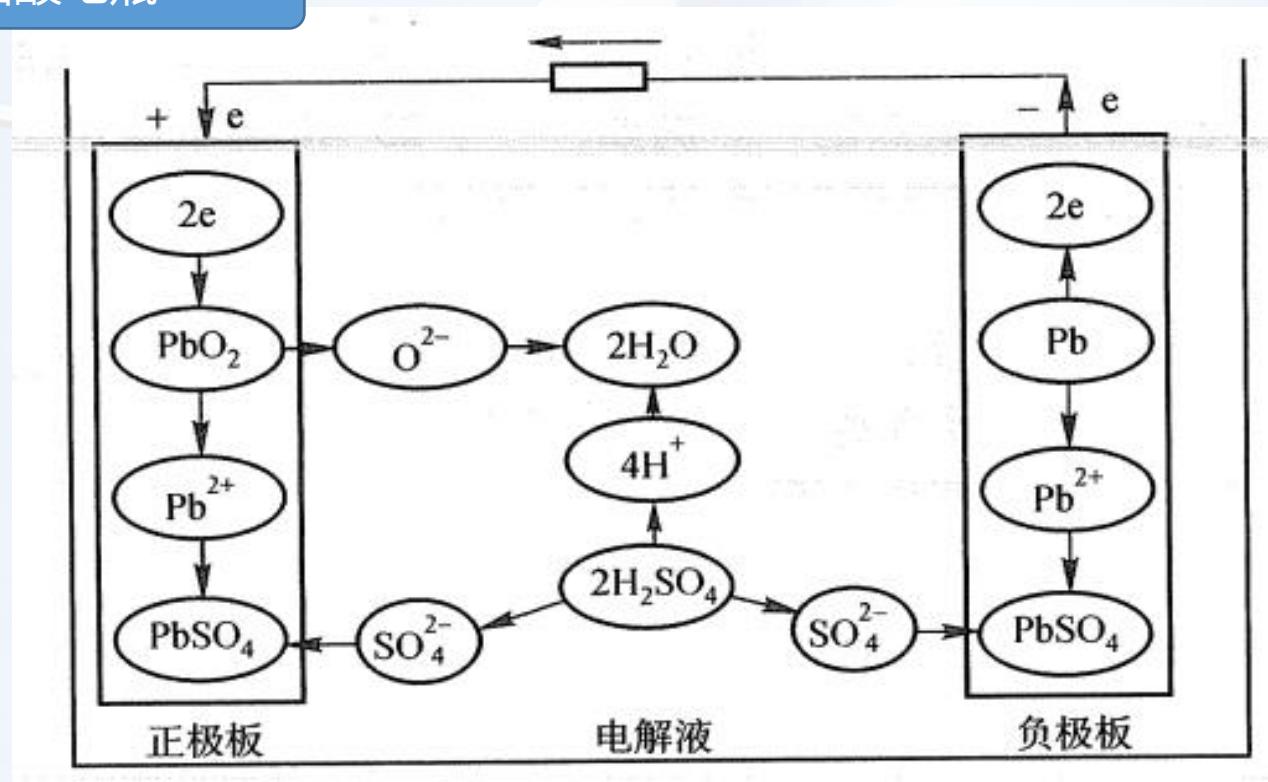
铅(Pb)

二氧化铅
(PbO₂)

2 电瓶的构造和种类, 电瓶的维护

2) 电瓶内部结构

铅酸电瓶

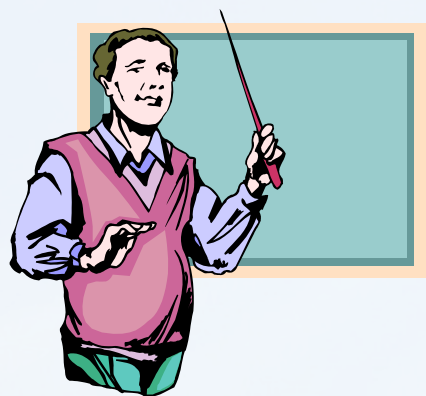


铅酸电池放电

2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

2) 电瓶内部结构

铅酸电瓶



铅酸蓄电池在放电过程中，电解液的浓度降低。
在充电过程中，电解液的浓度升高。

2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

2) 电瓶内部结构

铅酸电瓶

- 电池放电时，只能放到电池放电终止电压（1.8V），否则将影响电池的容量和寿命。
- 电池充电时（指电瓶离位充电），为保证飞行安全，电池必须充足电，但也不能过充。

判断是否充足电可从以下三个方面来衡量：

- (1) 单体电池电压达到最大值（2.1V）并保持恒定。**
- (2) 电解液比重不上升并维持不变。**
- (3) 电池开始冒气泡。**

用电解液比重来衡量电瓶充放电状态是比较可靠的方法，但须考虑温度的影响。

2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

2) 电瓶内部结构

镍镉电瓶

- 一个镍镉电瓶内部包含 20 个独立的电瓶单元串联
- 正常情况下，每个电瓶单元产生 1.2 V 的电压。整个电瓶的额定电压为 24 V。
- 充电结束时，单个电瓶单元的电压上升到 1.5 V。当电瓶完全放电时，电压降至 1.0 V

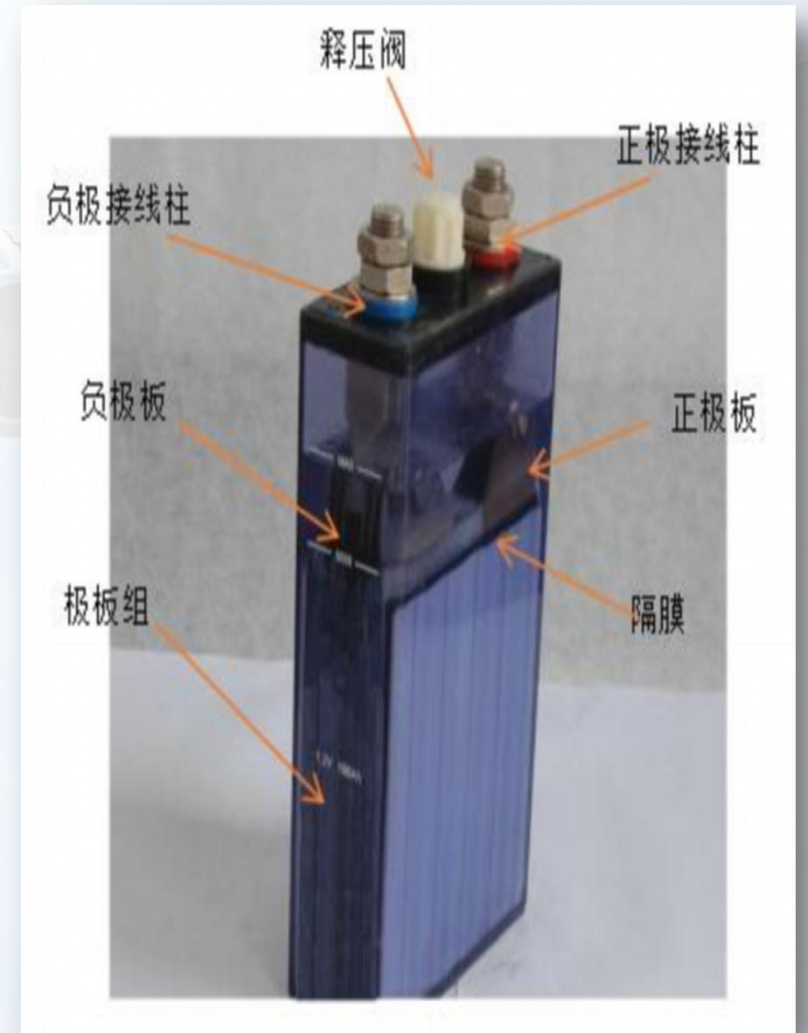
2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

2) 电瓶内部结构

镍镉电瓶

镍镉电瓶按内部结构可分为：

- ① 阀控式（较为常见）
- ② 密封式



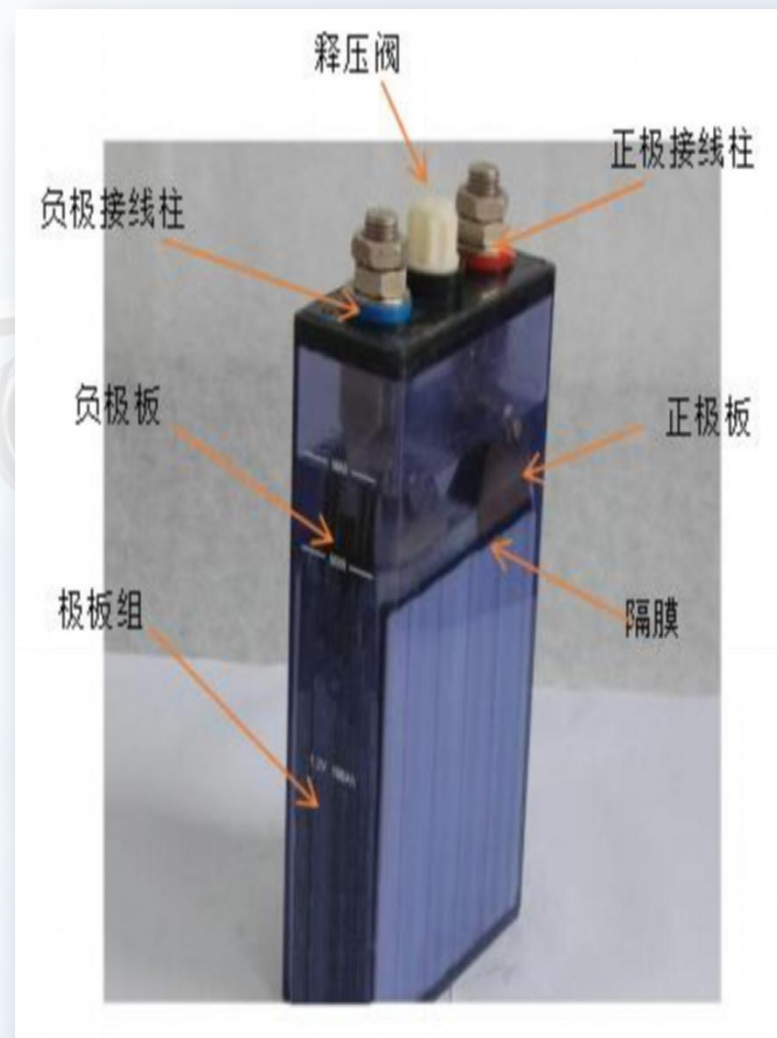
2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

2) 电瓶内部结构

镍镉电瓶

阀控式电瓶单元主要由：

- ① 极板
- ② 电解液
- ③ 隔膜
- ④ 释压阀



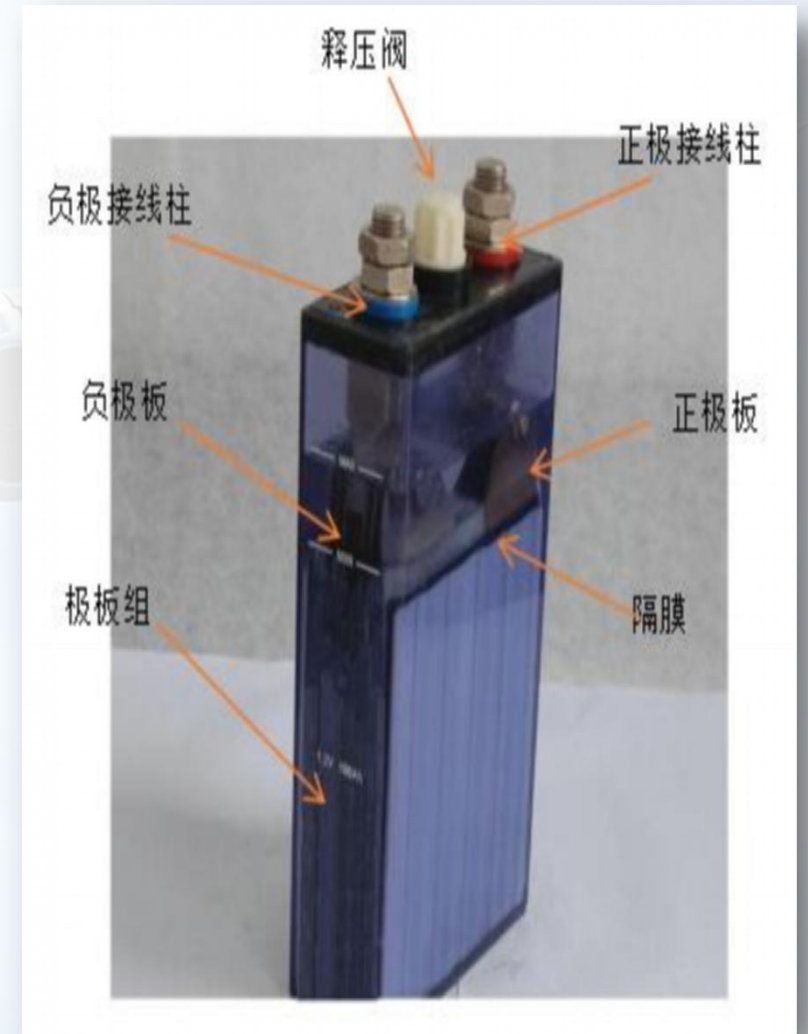
镍镉电瓶单元的构造

2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

2) 电瓶内部结构

镍镉电瓶

- 极板：
正极板活性物质：三价镍的氢氧化物(NiOOH)
负极板：镉 (Cd)
- 电解液：30%的氢氧化钾 (KOH) 的碱性水溶液。镍镉电瓶的电解液不参与化学反应，而是作为电离子的导体，起到导电的作用；



镍镉电瓶单元的构造

2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

2) 电瓶内部结构

镍镉电瓶

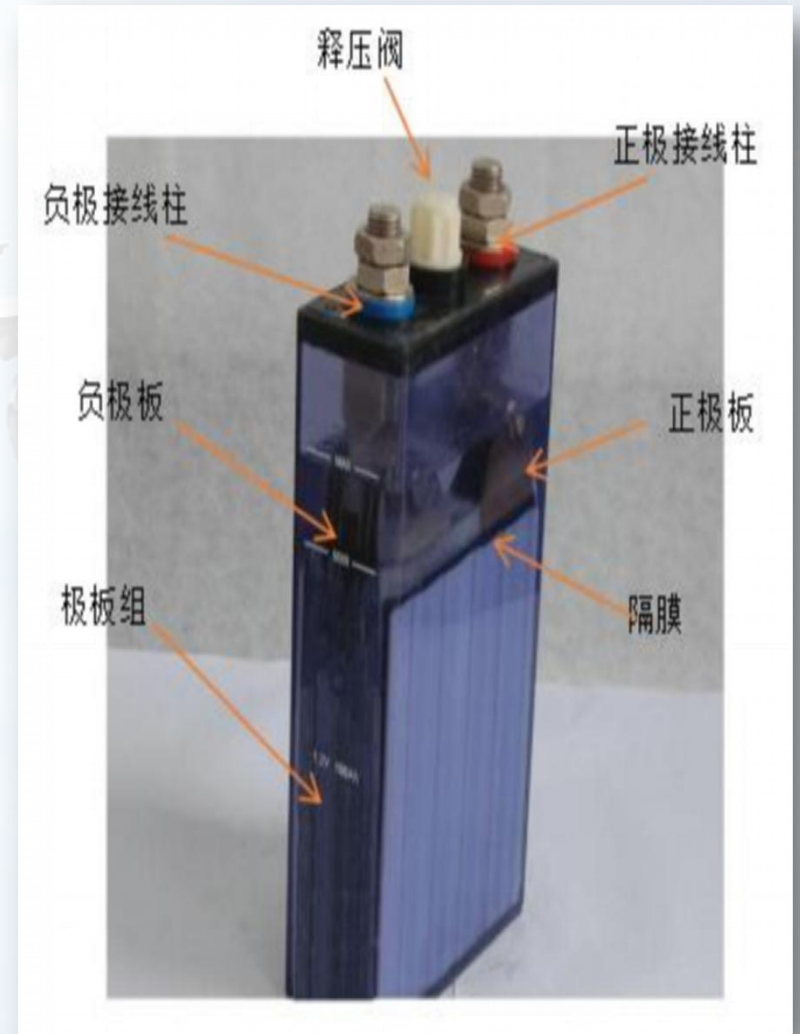
- 隔膜：

尼龙：防止正负极板接触造成短路，

玻璃纸：防止正极板化学反应产生的氧气流到负极板与镉反应，如果镉与氧气反应会产生大量的热，造成热击穿

- 释压阀（通气阀或排气阀）：

正常工作时释压阀关闭，避免电解液漏出造成腐蚀；
当电瓶内部压力过大时释压阀被顶开，使气体排出；
拧开释压阀后可以添加电解液或蒸馏水。

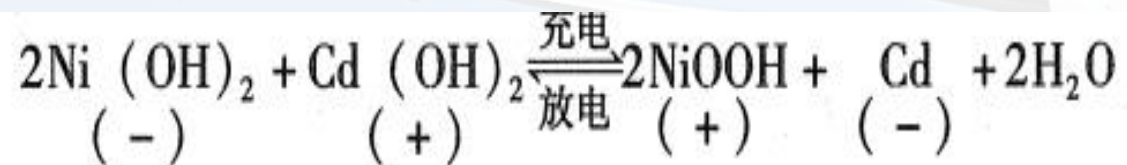


镍镉电瓶单元的构造

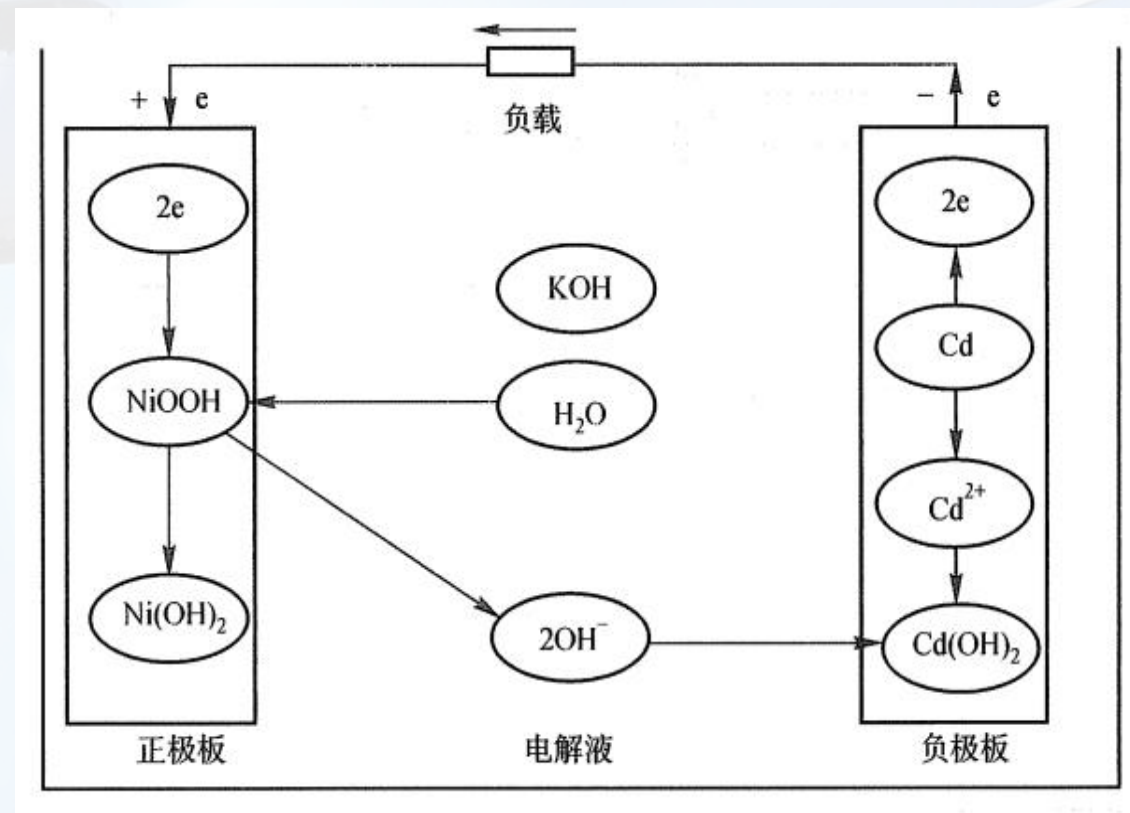
2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

2) 电瓶内部结构

镍镉电瓶



镍镉蓄电池在充放电过程中，
电解液中的氢氧化钾并无增减，
故电解液的密度和液面高度几
乎不变



镍镉电池放电

2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

2) 电瓶内部结构

镍镉电瓶



镍镉蓄电池在充放电过程中，电解液中的氢氧化钾并无增减，故电解液的密度和液面高度几乎不变

镍铬电瓶：充电状态的判别

由于碱性电瓶的电解液不参加化学反应，电解液比重基本不变，因此不能像铅酸电瓶一样用测量电解液比重的方法来判断充电状态。

在实际使用中，可以利用充电电流和时间来确定电瓶是否充足。

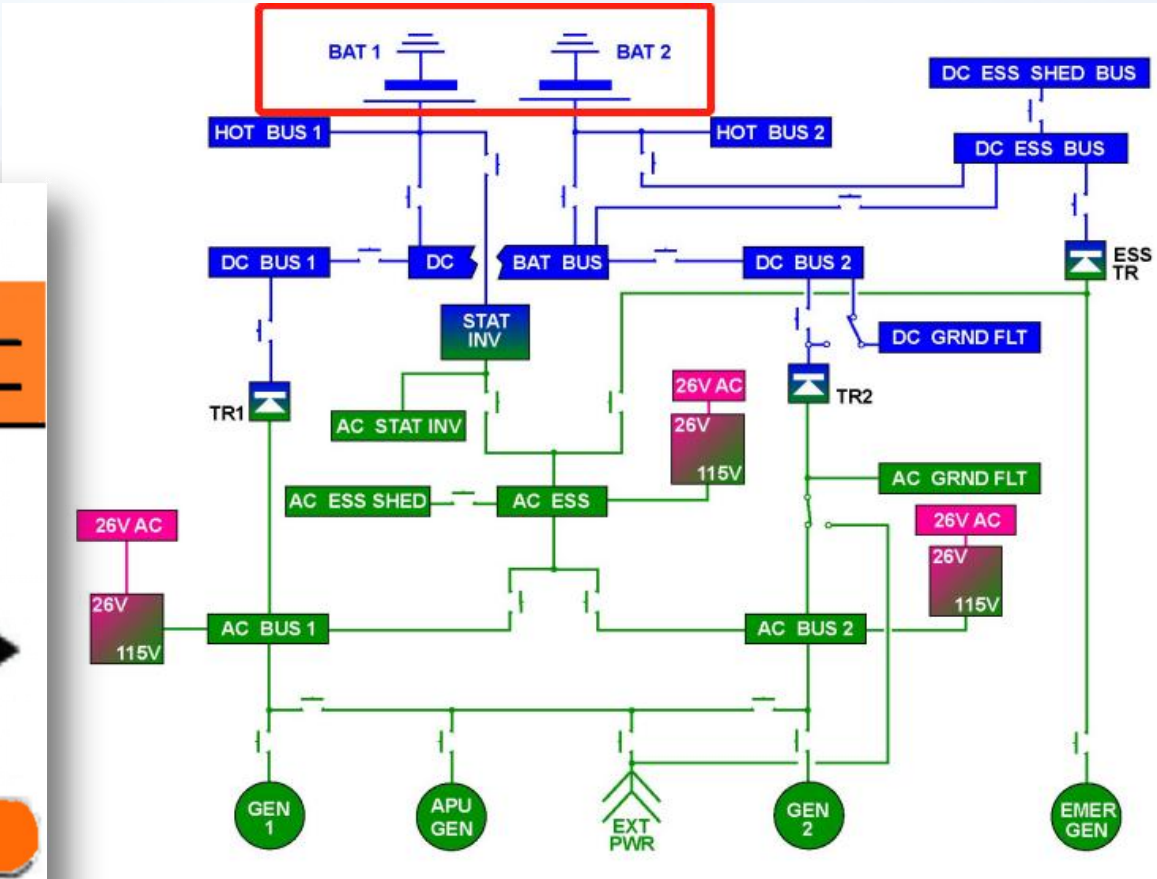
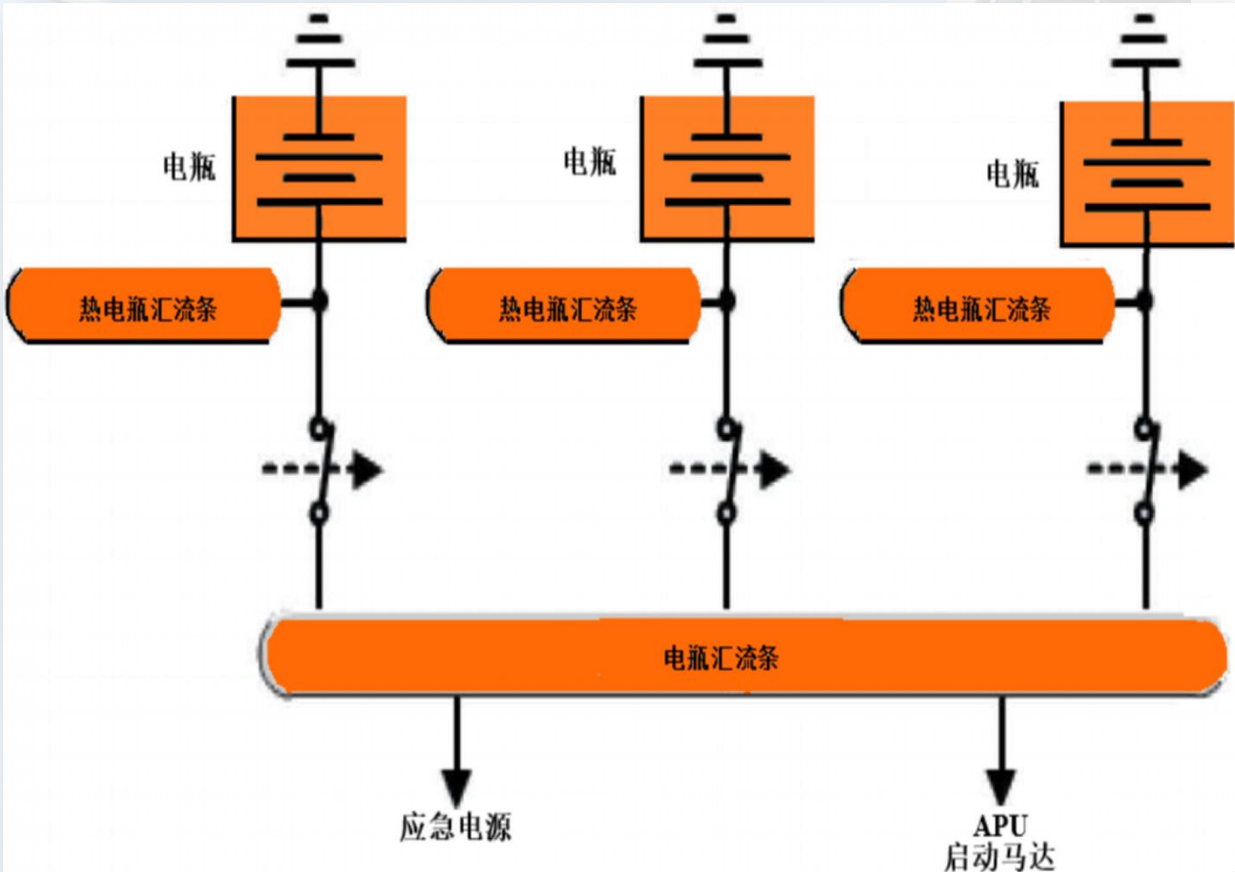
小结：

1. 电瓶的种类；
2. 电瓶的内部结构，各部件的功用；

2 电瓶的构造和种类, 电瓶的维护

3) 电瓶的安装构型

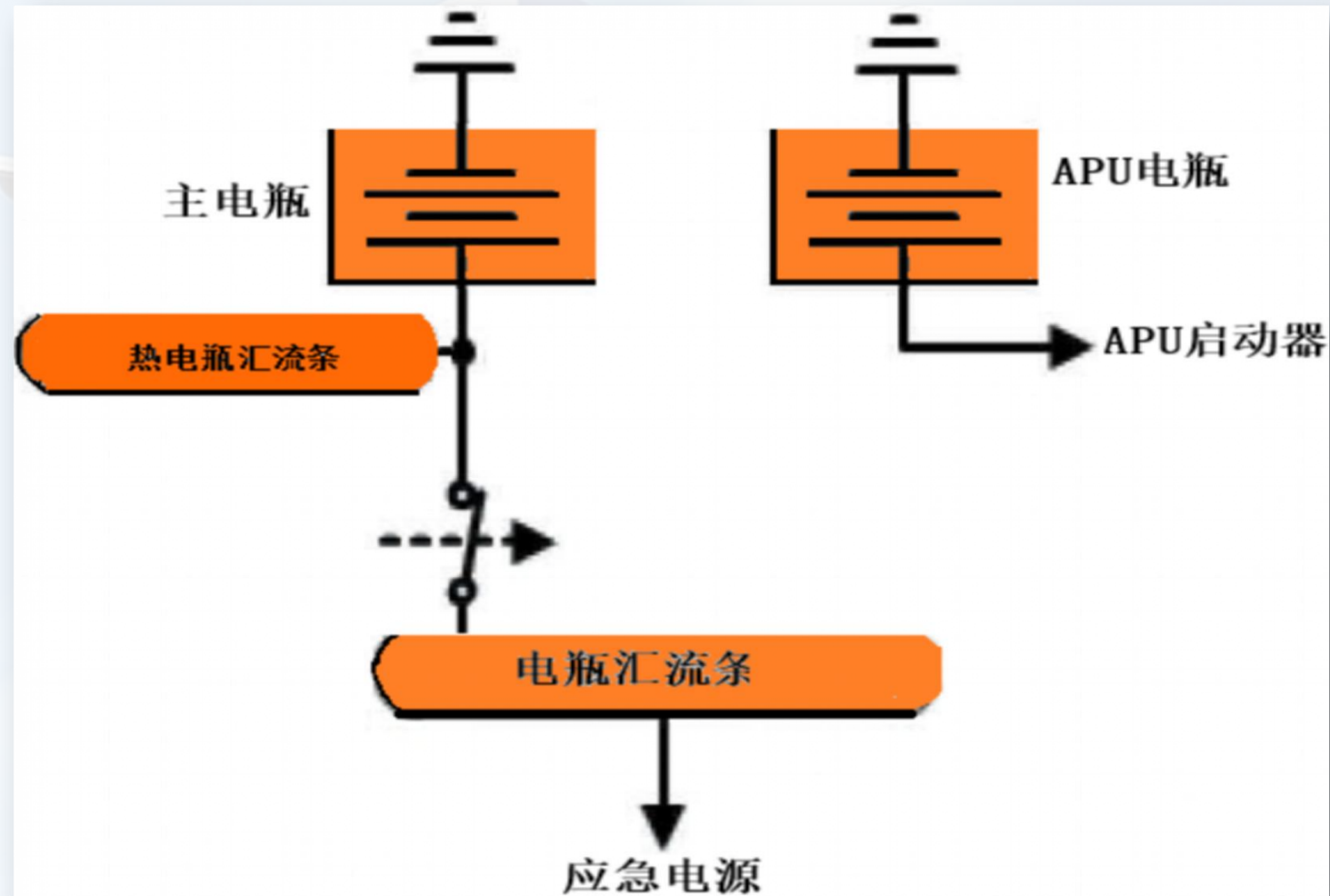
安装构型1



2 电瓶的构造和种类, 电瓶的维护

3) 电瓶的安装构型

安装构型2



2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

4) 电瓶的保护

01

均衡电路

对单体差异性
进行均衡

02

过充放

防止过充放

03

温度保护

超温保护
低温保护

2 电瓶的构造和种类, 电瓶的维护

BCL:
BATTERY
CHARGE
LIMITER

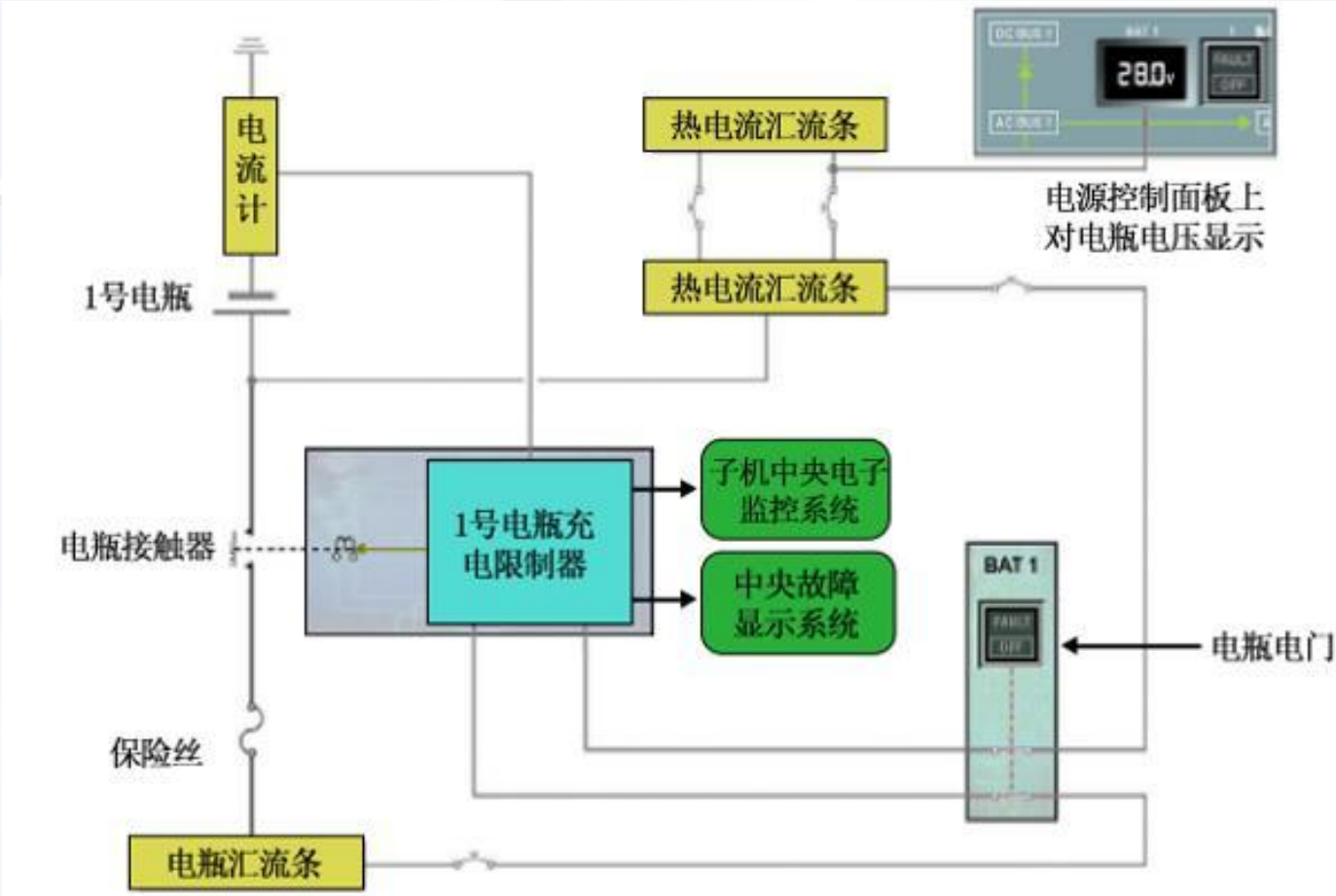
4) 电瓶的保护

BCL: A320 电瓶控制和保护

01 判断电瓶工作状态

02 控制电瓶充电和供电

03 保护电瓶



2 电瓶的构造和种类, 电瓶的维护

5) 电瓶的维护

时控件

按照维护手册和适航要求对电瓶进行检查
或进行修理

检查: 电瓶容量; 电解质液面高度

85%: 更换单体电池

2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

5) 电瓶的维护

电瓶维护注意事项

- ① 低温维护注意事项
- ② 电瓶重量大
- ③ 分解必须使用手册规定的工具，不应佩戴金属饰物手表
- ④ 充电时正负极不能接错，监控温度，温度上升过快时停止充电
- ⑤ 镍镉电瓶使用蒸馏水或脱矿水调节电解液高度；铅酸电瓶添加硫酸调节电解液高度，稀释硫酸过程必须将浓硫酸缓慢倒入水中；添加电解液必须添加到指定高度
- ⑥ 镍镉电瓶和铅酸电瓶工作车间应分隔开，工具不能混用，电瓶也必须分开存放。

2 电瓶的构造和种类，电瓶的维护

5) 电瓶的维护

电瓶使用注意事项

- ① 尽量避免连续太多次的 APU 起动尝试，否则会导致电瓶过热降低电解质性能，甚至熔化塑料隔膜而损坏电瓶。
- ② 禁止对飞机上的电瓶放电到电压低于 22 伏，否则电瓶中单体电池的极性可能会逆转导致电瓶无法充电。如果发生这种情况，只能拆下返厂充电或更换新电瓶。

NOTE: It is recommended that you obey the start duty cycle when you try to start the APU. The start duty cycle for the APU is **three times in a 15 minute** interval. If you do three successful or unsuccessful start cycles in a 15 minute interval, it is recommended that you wait 15 minutes after the third start cycle for the power electronics to cool. This 15 minute interval is necessary to cool the temperature of the power electronics in the start power unit and/or start converter unit. If the duty cycle is exceeded and the temperature limit is reached, the APU will not start.

B737NG AMM

小结：

1. 电瓶接入飞机系统中的两种构型及其特点；
2. 电瓶保护的功用， A320飞机电瓶保护概述；
3. 电瓶维护和使用的注意事项。



3.3.10.4 启动发电机

目录

1

直流起动发电机，交流起动发电机



1 直流起动发电机，交流起动发电机

1) 功能简介

起动：利用气源

起动完成后：发电机
供电

传统发动机

起动：起动发电机处
于起动状态

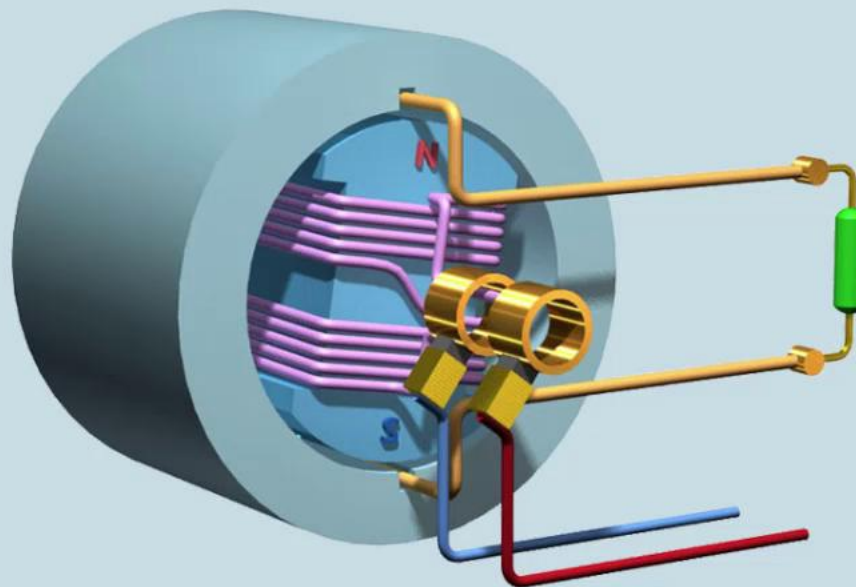
起动完成后：起动发
电机处于供电状态

拥有起动发电
机的发动机

1 直流起动发电机，交流起动发电机

1) 功能简介

单相交流发电机原理模型



鹏芄科艺 www.pengky.cn

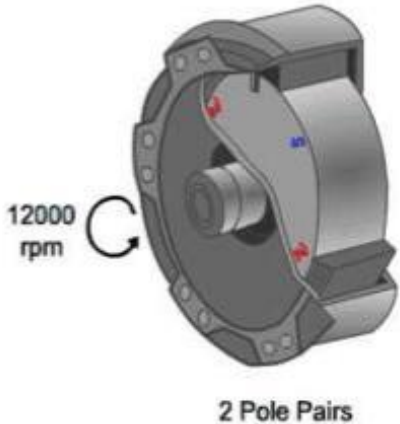
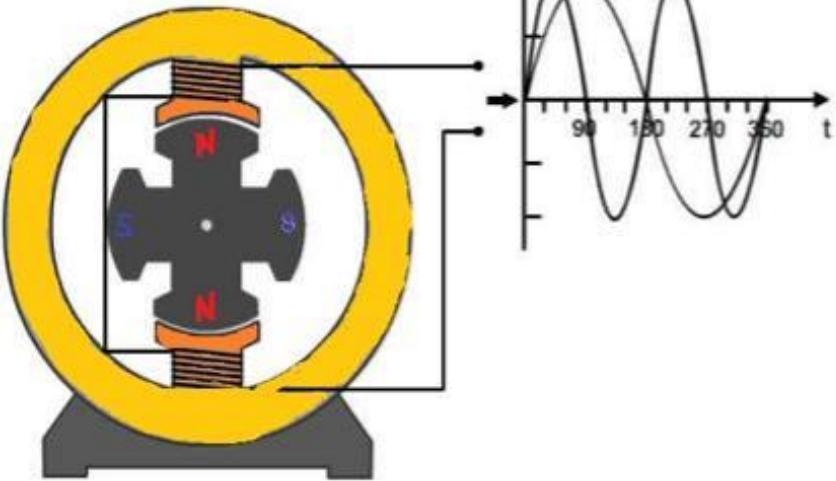
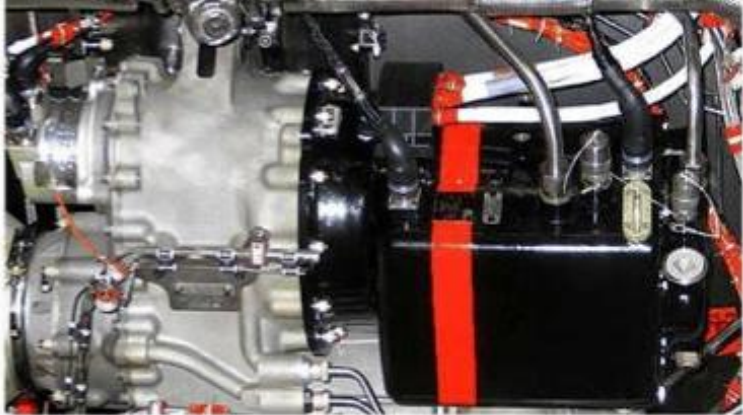
1 直流起动发电机，交流起动发电机

1) 功能简介

$$n = \frac{f \cdot 60}{p}$$

f: 频率
n: 转速RMP
p: 磁极对

For f = 400 Hz
24000 RPM with 1 polepairs
12000 RPM with 2 polepairs
8000 RPM with 3 polepairs
6000 RPM with 4 polepairs



交流发电机转速、频率、磁极对关系

AC MAIN GENERATION D/O (3)

GENERATOR

The generator is a conventional 3 co-axial component brushless generator, which consists of:

- a Permanent Magnet Generator (PMG),
- a rotating diode pilot exciter,
- the generator itself.

The generator is driven at a constant speed of 12.000 rpm and cooled by oil spraying.

A320和B737NG磁极对的数量分别是几对?

General Description

B737NG

The engine accessory gearbox turns the IDG. Because engine speed changes, the gearbox speed also changes. The IDG takes the variable input speed and changes it into a constant speed of 24,000 RPM for its internal AC generator. The IDG uses a combination of internal mechanical and hydraulic components to supply the constant speed to the generator.

1 直流起动发电机，交流起动发电机

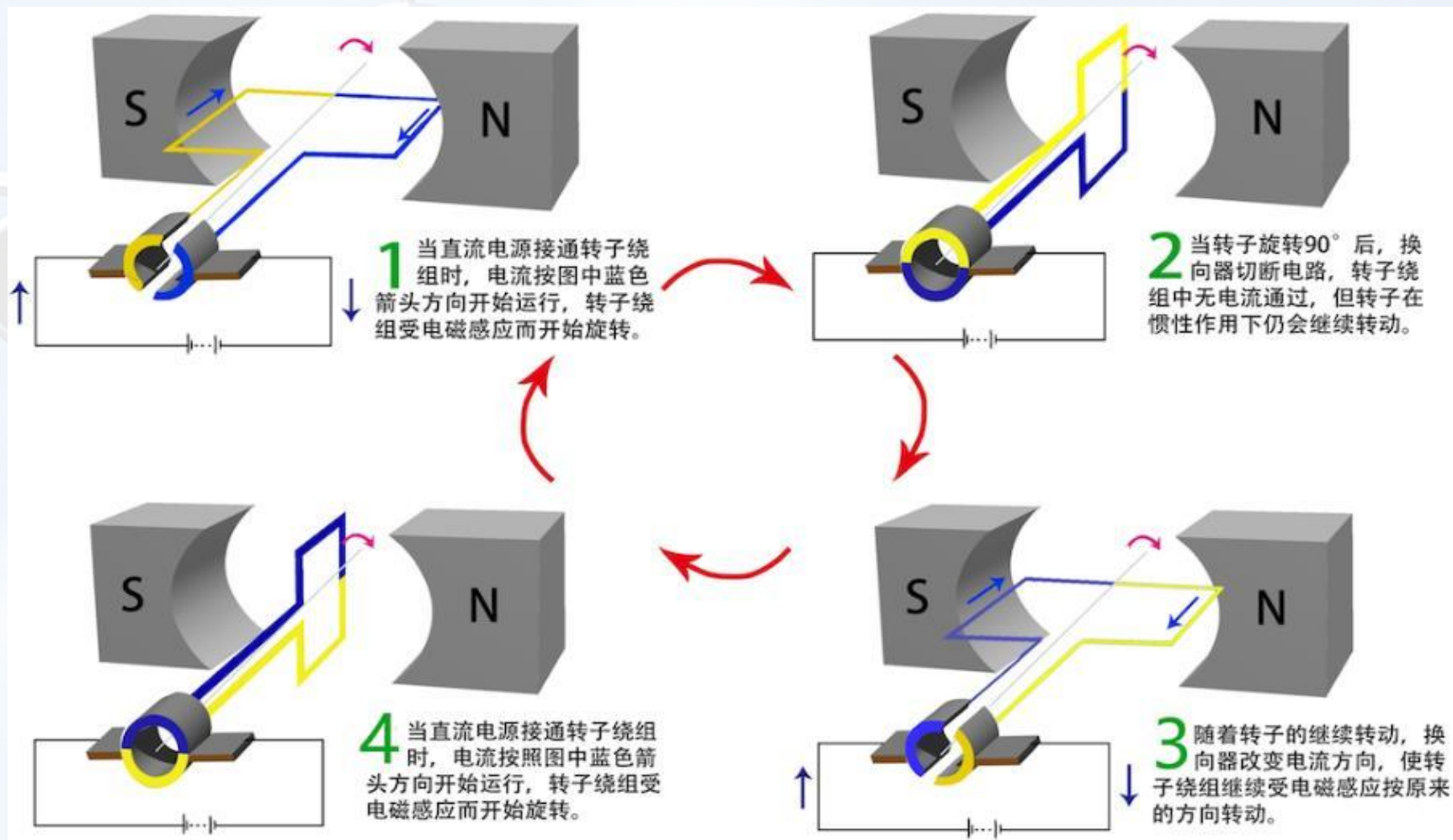
2) 直流起动发电机



1 直流起动发电机，交流起动发电机

2) 直流起动发电机

- 正常飞行时由发动机驱动其处于发电工作模式并向用电设备供电。
- 在飞机起动时，由直流供电使它工作在电动机模式带动飞机发动机的转动。



1 直流起动发电机，交流起动发电机

3) 交流起动发电机

交流起动发电机：

- 在发动机的起动初期中带动发动机的运转
- 发动机正常运转后转为飞机系统的电源

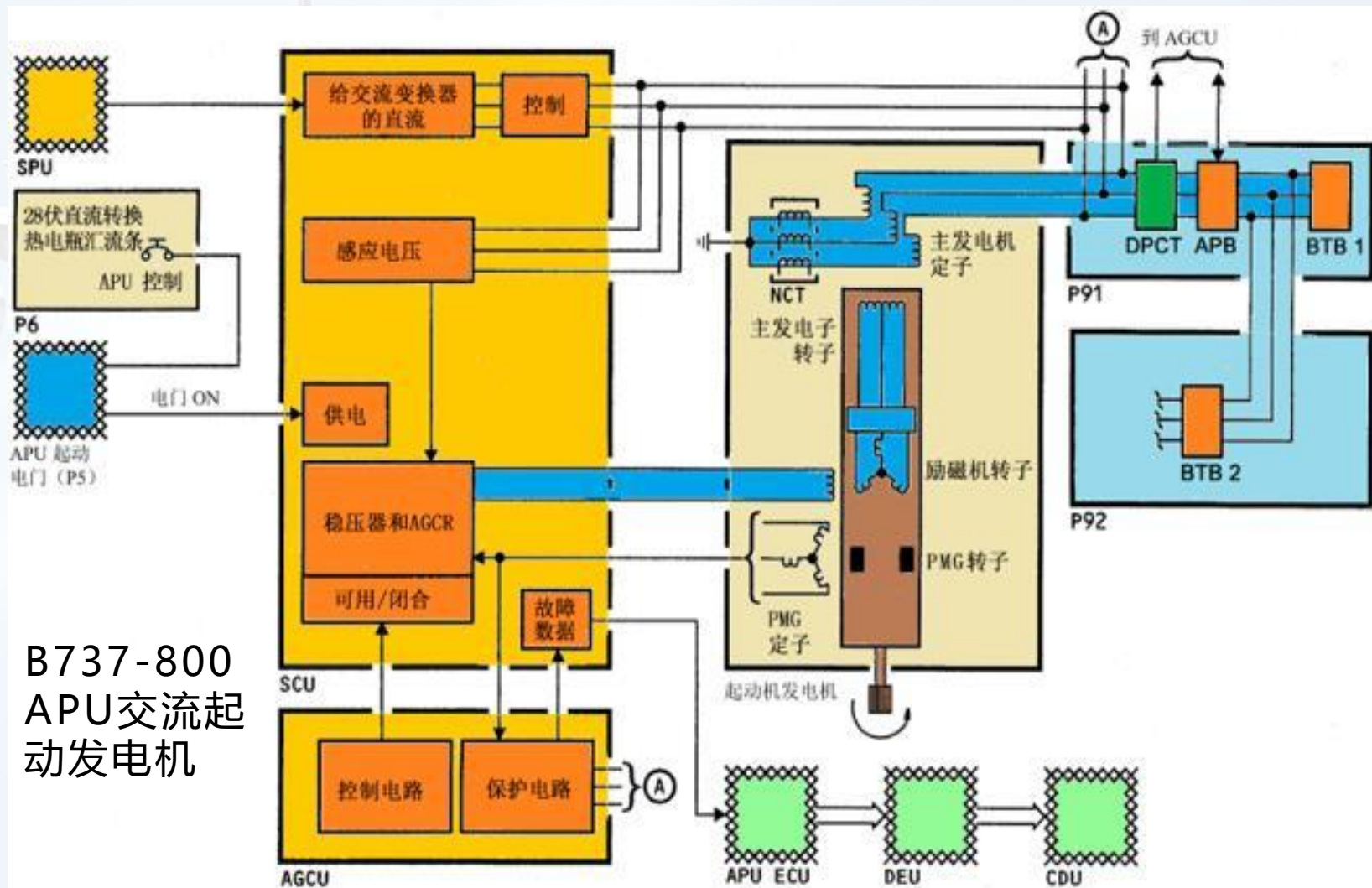
1 直流起动发电机，交流起动发电机

3) 交流起动发电机

交流起动发电机和交流发电机结构基本相同，是一台三级无刷同步发电机。

三个转子 - 定子对：

- ① 永磁发电机 (PMG)
- ② 励磁机
- ③ 主发电机



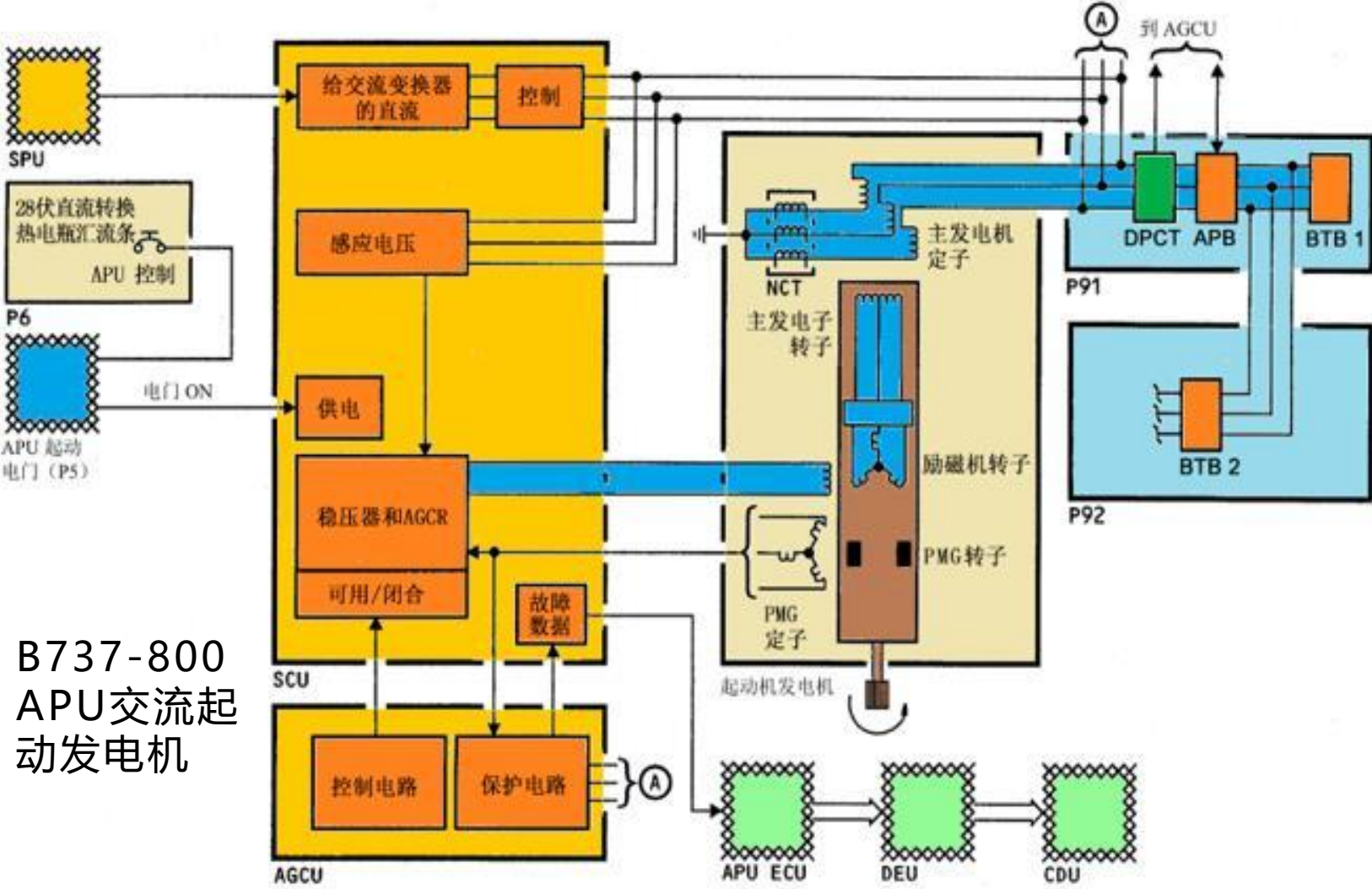
1 直流起动发电机，交流起动发电机

3) 交流起动发电机

对于起动模式，增加了两个部件：

起动电源组件SPU(Start power unit)、
 起动转换组件 SCU(Start converter unit)。

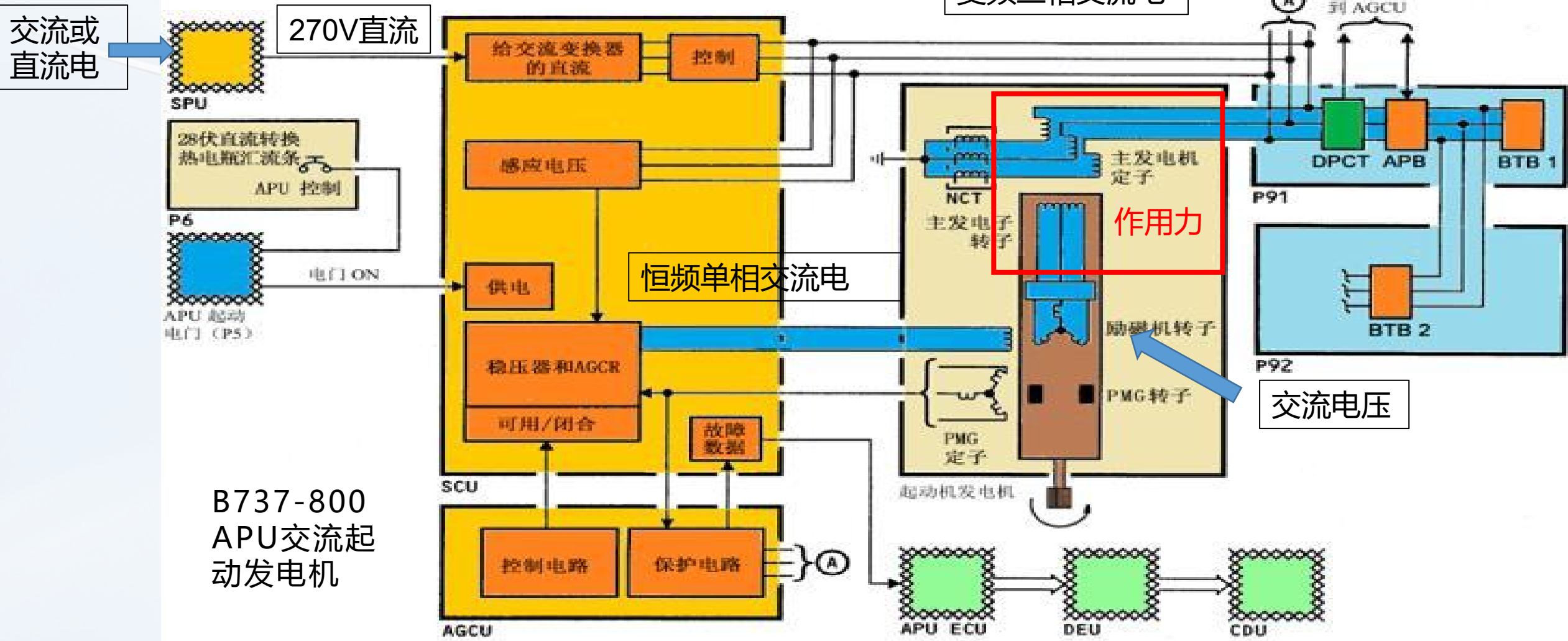
SG转轴上安装解算器：将转子转角转换为与转角成一定函数关系的电压信号用作电动状态时的控制信号，为SCU提供转子位置检测信号。



B737-800 APU交流起动发电机

1 直流起动发电机，交流起动发电机

3) 交流起动发电机

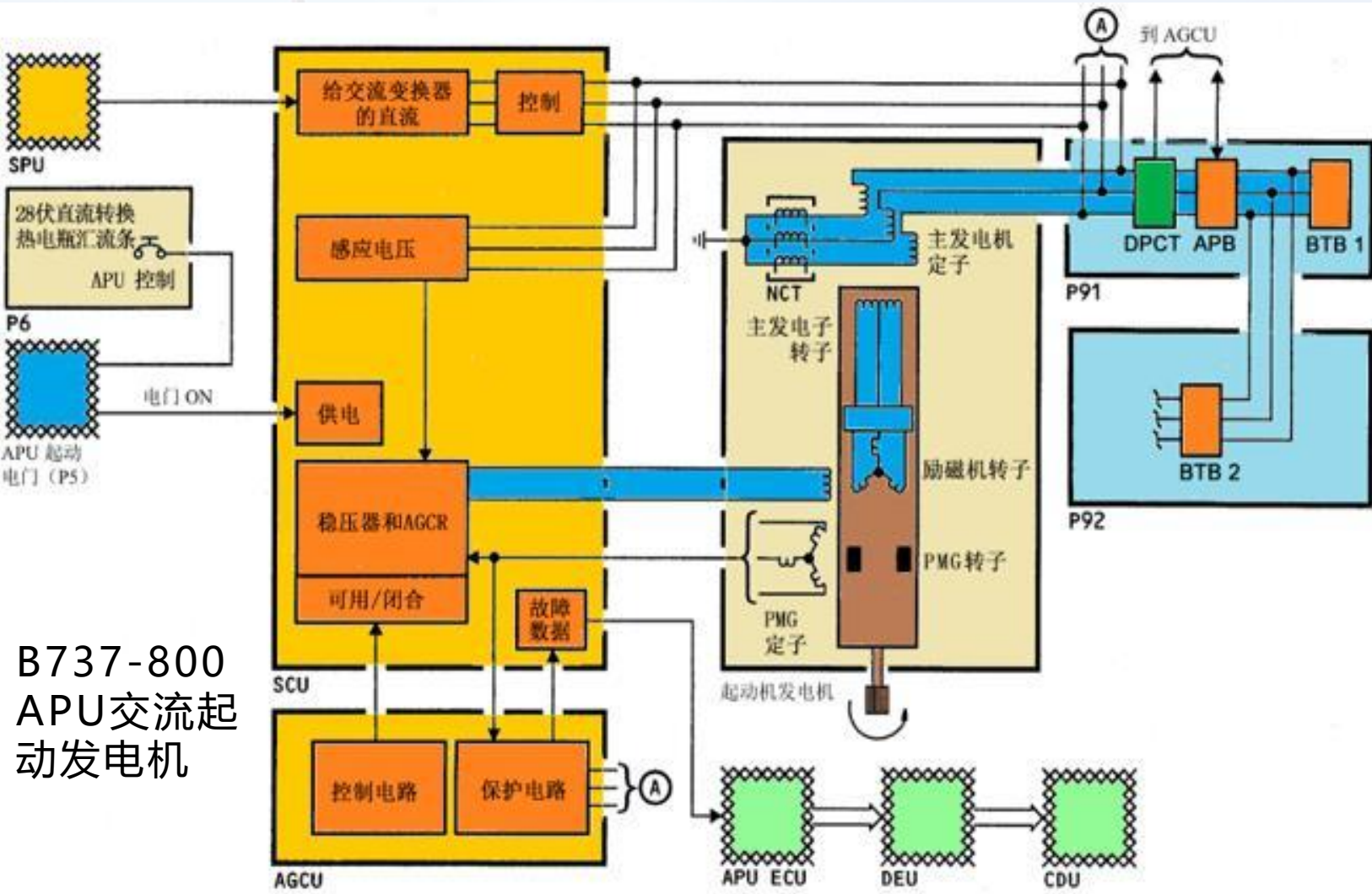


B737-800
APU交流起
动发电机

1 直流起动发电机，交流起动发电机

3) 交流起动发电机

- 转速70%:
ECU指令SCU停止给SG供电
- 转速95%:
ECU给出RTL信息



B737-800
APU交流起
动发电机

1 直流起动发电机，交流起动发电机

4) 控制和保护

1 润滑和冷却：SG本体滑油系统

2 保护或提供驾驶舱报警：过载、缺相、短路、过压、欠压、漏电、三相不平衡、过热、轴承磨损、发电异常

3 发动机的SG：脱开电门、高温自动脱开

4 APU的SG：SCU和AGCU一起控制和调节SG

小结：

1. 起动发电机的基本功能简介；
2. 直流起动发电机的基本工作情况；
3. 交流起动发电机的结构，基本工作情况简述；
4. 起动发电机在电路中的控制和保护。



3.3.10.5 外部电源

目录

1

地面电源的作用、特点



1 地面电源的作用、特点

1) 外部电源的作用

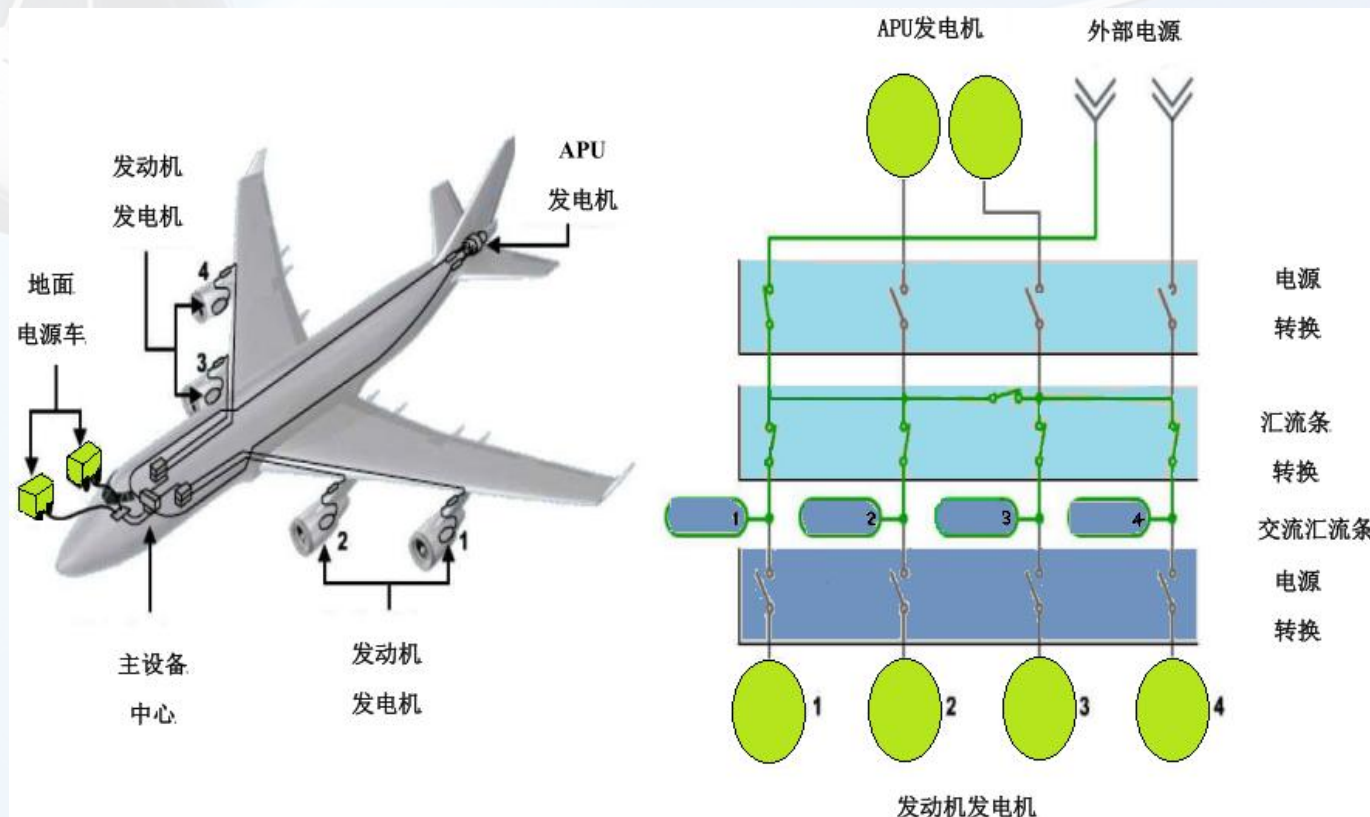
飞机在地面时使用地面桥载、电源车、配电箱等外部电源提供的电源，以便减少燃油的损耗、降低碳排放量，实现环保、节能的目标。



1 地面电源的作用、特点

1) 外部电源的作用

根据各机型的不同需求需要选择符合该机型的地面电源。



波音 747 地面电源

1 地面电源的作用、特点

2) 外部电源的连接

外接电源有**两种**：

- ① **固定电源**：用于维修机库附近，或者靠近廊桥
- ② **移动电源车**：用于没有固定电源的机坪



1 地面电源的作用、特点

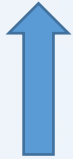
2) 外部电源的连接

外部电源面板位于前轮区域



1 地面电源的作用、特点

2) 外部电源的连接



连接时需将插头完全推入插座，防止电弧和过热。



- 插座：4 个粗大的销钉 (ABCN) 和2个较短的销钉 (EF)组成

- 外部电源连接的插头：
与插座本体、与销钉匹配的插销

1 地面电源的作用、特点

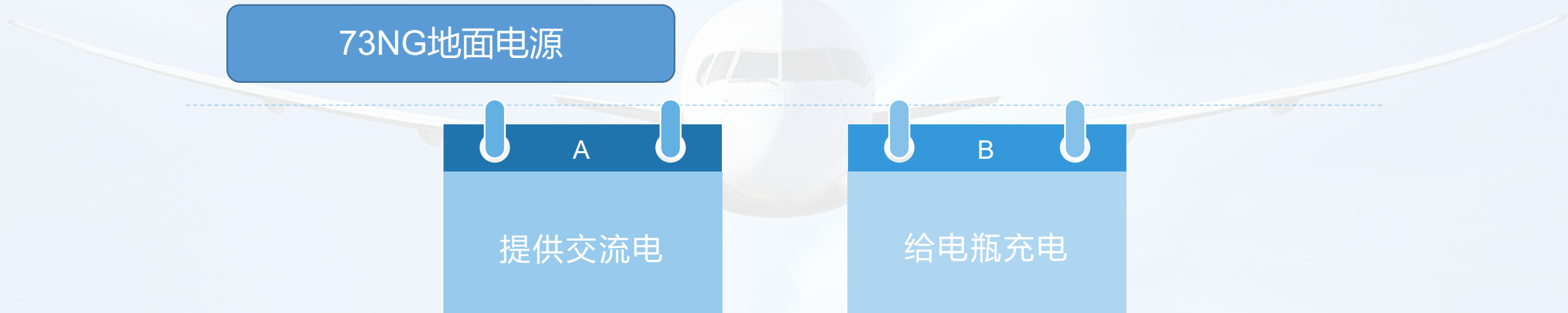
2) 外部电源的连接



电缆固定带

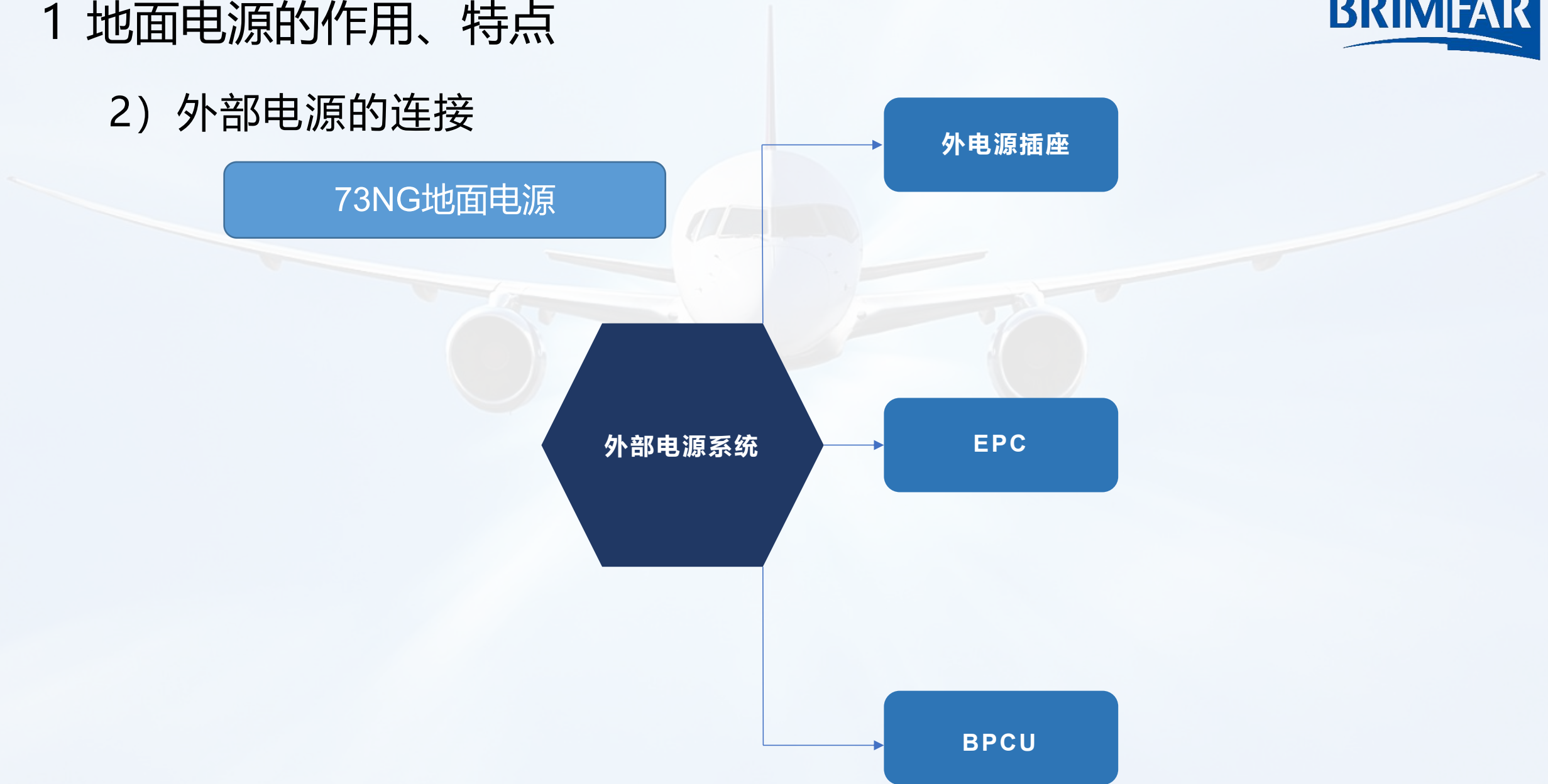
1 地面电源的作用、特点

2) 外部电源的连接



1 地面电源的作用、特点

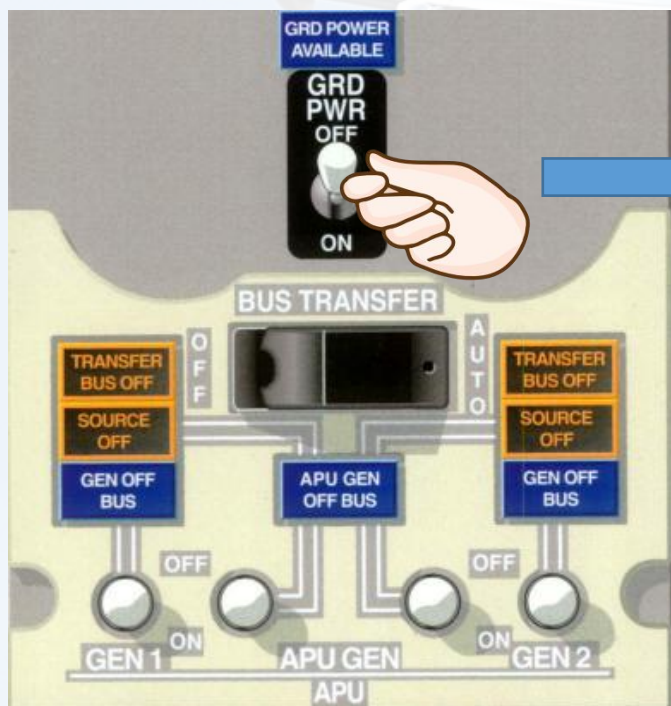
2) 外部电源的连接



1 地面电源的作用、特点

2) 外部电源的连接

73NG地面电源



地面电源接入飞机方式一：

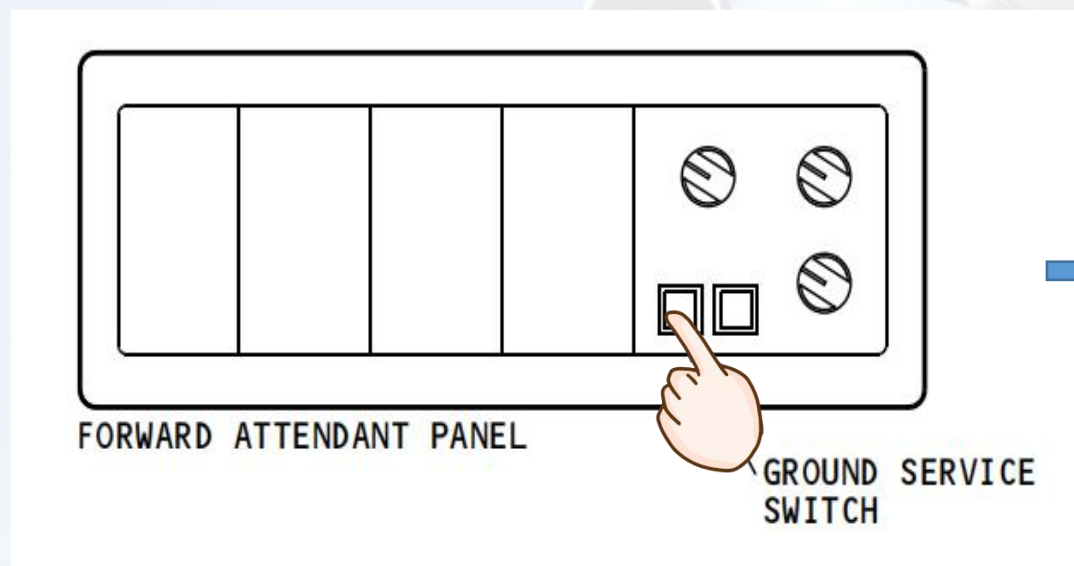
地面电源开关：
地面电源通过EPC和BTB接入飞机电源系统

1 地面电源的作用、特点

2) 外部电源的连接

73NG地面电源

地面电源接入飞机方式二：



前乘务员面板上的地面勤务电门

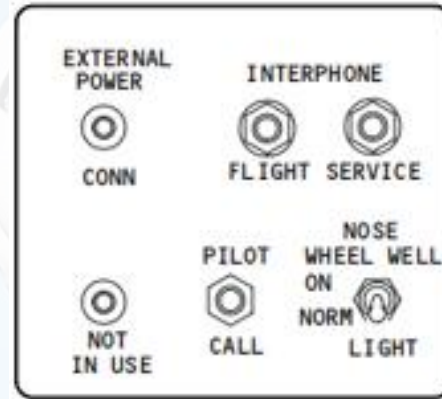
1 地面电源的作用、特点

2) 外部电源的连接

73NG地面电源

1、六根销钉，其中 3 根钉分别连接交流电的三相电（销钉 A、B、C）、1 根钉用于地线（销钉 N）、两根短钉用于给 BPCU 的内锁逻辑（销钉 E、F）

2、白色的 NOT IN USE：E 和 E 销钉被连接好（外电源插头接好）、地面勤务继电器没有闭合并且 EPC 断开时点亮。表明地面电源没有接入地面勤务汇流条和转换汇流条。



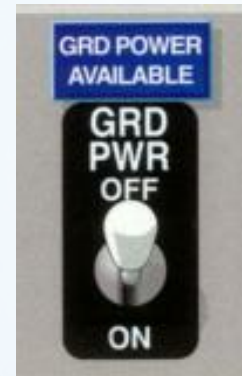
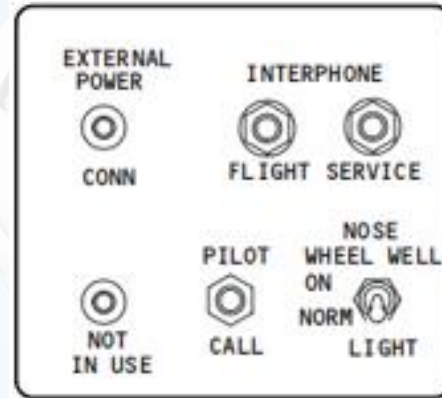
1 地面电源的作用、特点

2) 外部电源的连接

73NG地面电源

3、琥珀色EXTERNAL POWER CONN：外电源插头插上并且外电源已可以供电时点亮。该灯亮并不表示外电源品质正常。

4、驾驶舱P5-4 板处的蓝色地面电源可用灯 GRD POWER AVAILABLE：由 BPCU 向该指示灯提供电源，当插头处的销钉 E、F 连接好和外电源品质正常时该灯点亮。



1 地面电源的作用、特点

3) 外电源的准备

当外部电源可用时，必须仔细遵循检查单进行检查，确保所有系统都处于正常的切换状态，然后才能连接电源。



Check List	
CHECK 'PRIOR TO ENERGIZING ELECTRICAL NETWORK'	
- External Power Connector	CONNECTED
- External Power Connector Light	ON
- External Power AVAIL Light	ON
- Switches of Electrical System (Gen, Bus Tie, Batt, Emerg)	NORMAL
- ENG Hydr. Pump Switches	ON
- Alternate Hydr. Pump Switches (ELEC/AIR)	OFF
- Slat/Flap Handle	AGREE WITH ACTUAL POSITION
- Spoiler Handle	DOWN/DETEND
- Landing Gear Lever	DOWN and IN
- Engine Start/Ignition	OFF
- Fuel Pumps	OFF
- Pack Valves	OFF
- Equipment Cooling	NORMAL
- Oxygen Switch	OFF/GUARDED
- Window Heat	OFF
- Probe Heat	OFF
- Windshield Wiper	OFF
- External Lights	OFF
- Emergency Exit light Switch	OFF

1 地面电源的作用、特点

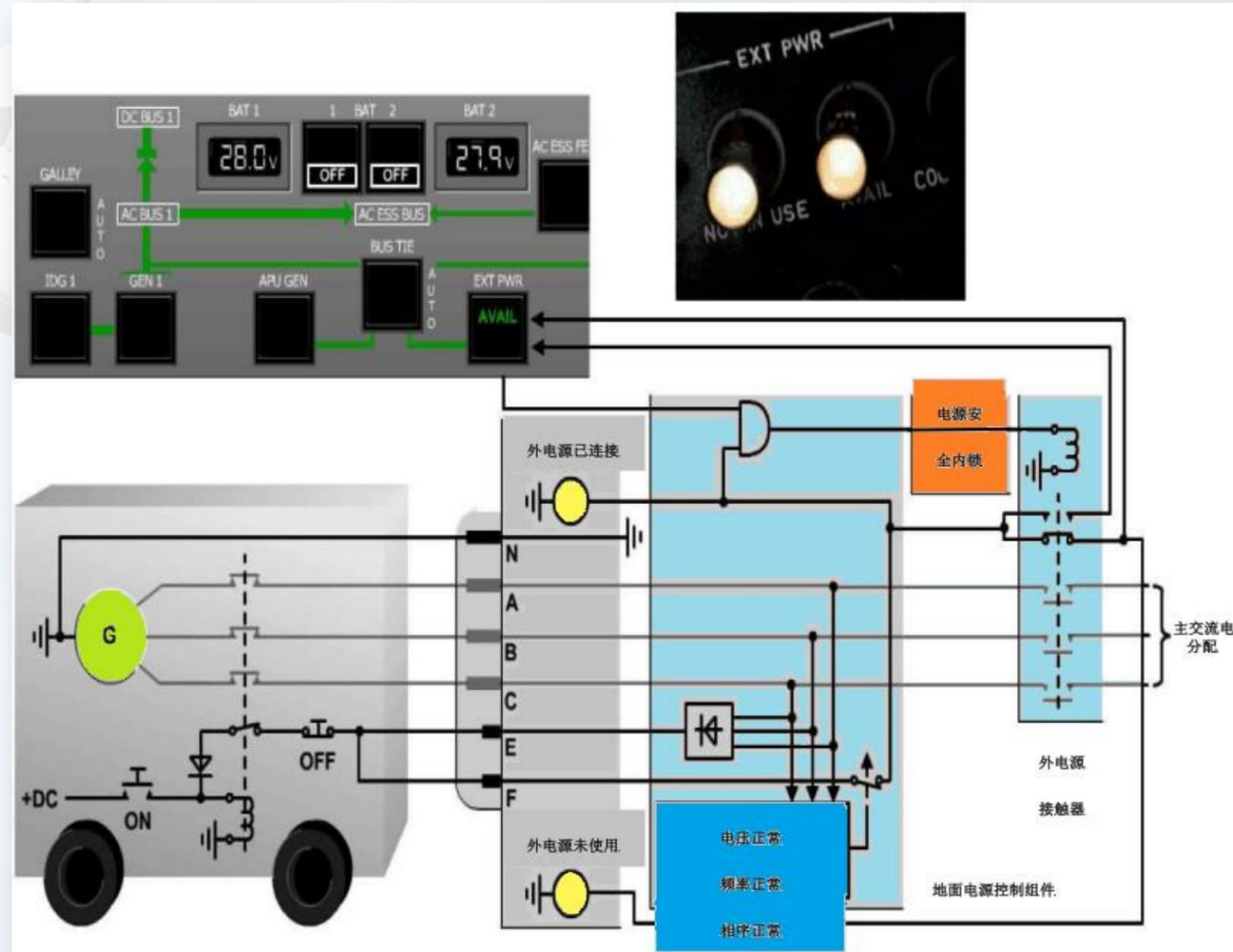
4) 外部电源的断开

给飞机断电之前必须做好相应的检查

首先，所有的电源负载处于最小

其次，必须关掉电源的用电系统。

最后，主电瓶和应急电源开关必须关闭。
当不再需要外部电源时，可以将外部电源从飞机上断开。这时，外电源面板上的外部电源“NOT IN USE”灯亮。



1 地面电源的作用、特点

5) 地面勤务汇流条

(1) 地面勤务汇流条的介绍

地面勤务汇流条供电

The diagram shows a top-down view of an aircraft. A central blue box labeled '地面勤务汇流条供电' (Ground Service Bus Power) is connected by lines to two other blue boxes: '飞机通电情况下：正常电源供电' (When the aircraft is powered on: Normal power supply) on the left and '飞机未通电：地面电源供电' (When the aircraft is not powered on: Ground power supply) on the right. Below the right box, a list of systems powered by the GSB is provided.

飞机通电情况下：正常电源供电

飞机未通电：地面电源供电

飞机的加油系统

客舱电子舱照明灯光供电

客舱勤务电插座供电

货物装卸系统供电

1 地面电源的作用、特点

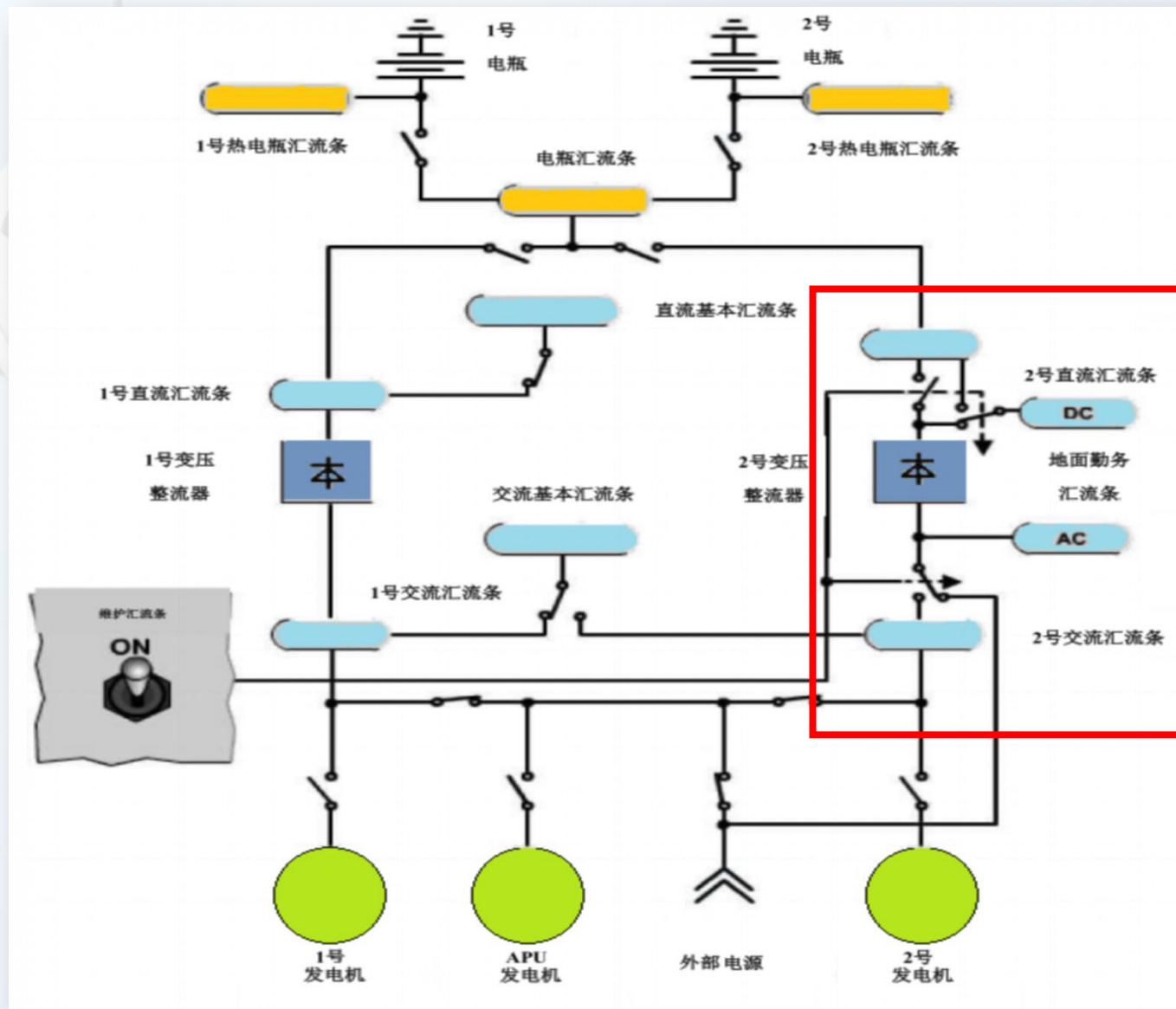
5) 地面勤务汇流条

(2) 地面勤务汇流条的连接

飞机通电情况下：正常电源供电

交流汇流条 → 地面勤务汇流条AC

直流汇流条 → 地面勤务汇流条DC



1 地面电源的作用、特点

5) 地面勤务汇流条

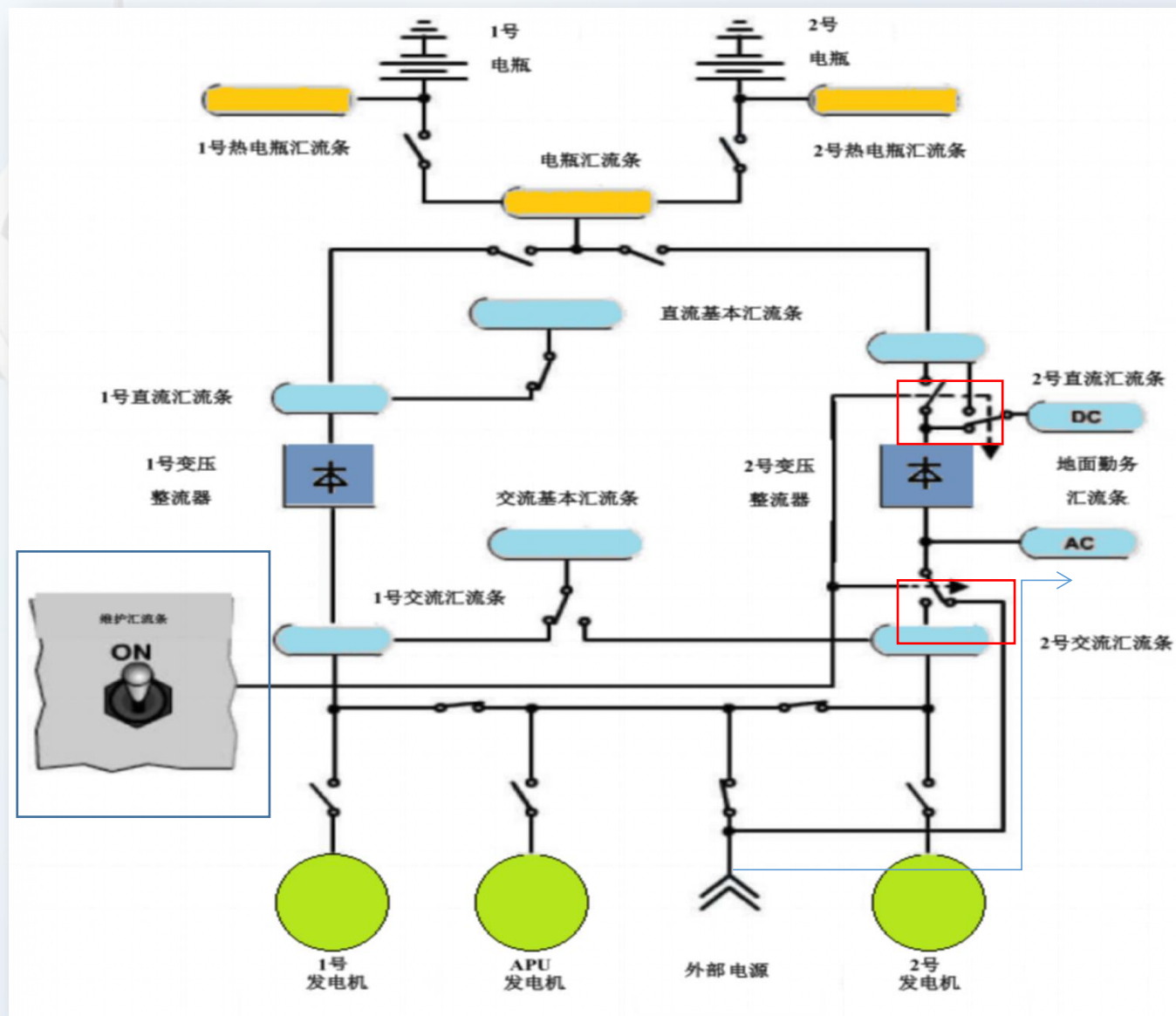
(2) 地面勤务汇流条的连接

飞机未通电：地面电源供电

1、扳动地面勤务开关

2、地面勤务继电器激励

3、地面电源给地面勤务汇流条供电

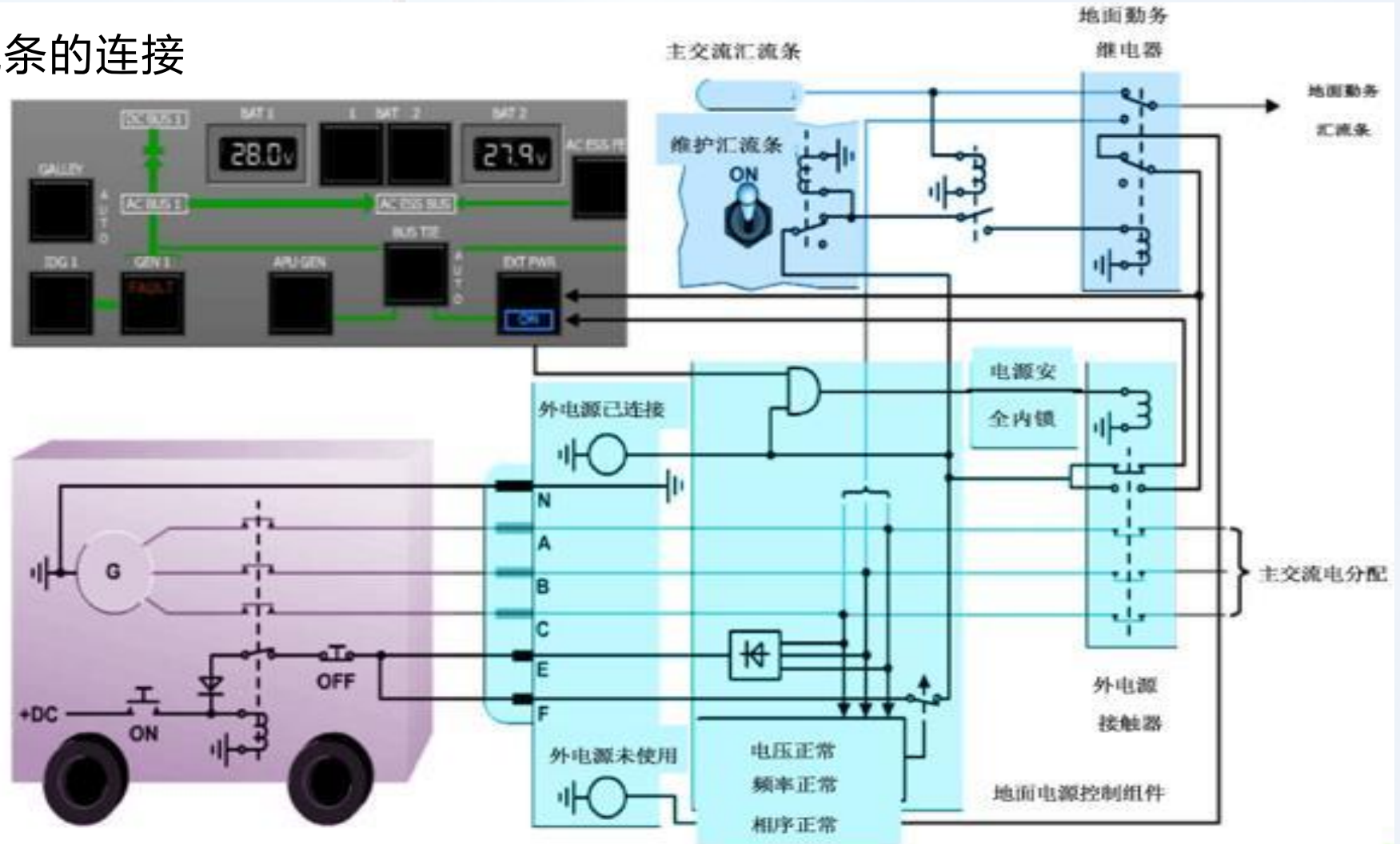


1 地面电源的作用、特点

5) 地面勤务汇流条

(2) 地面勤务汇流条的连接

320飞机地面勤务汇流条供电状态



1 地面电源的作用、特点

5) 地面勤务汇流条

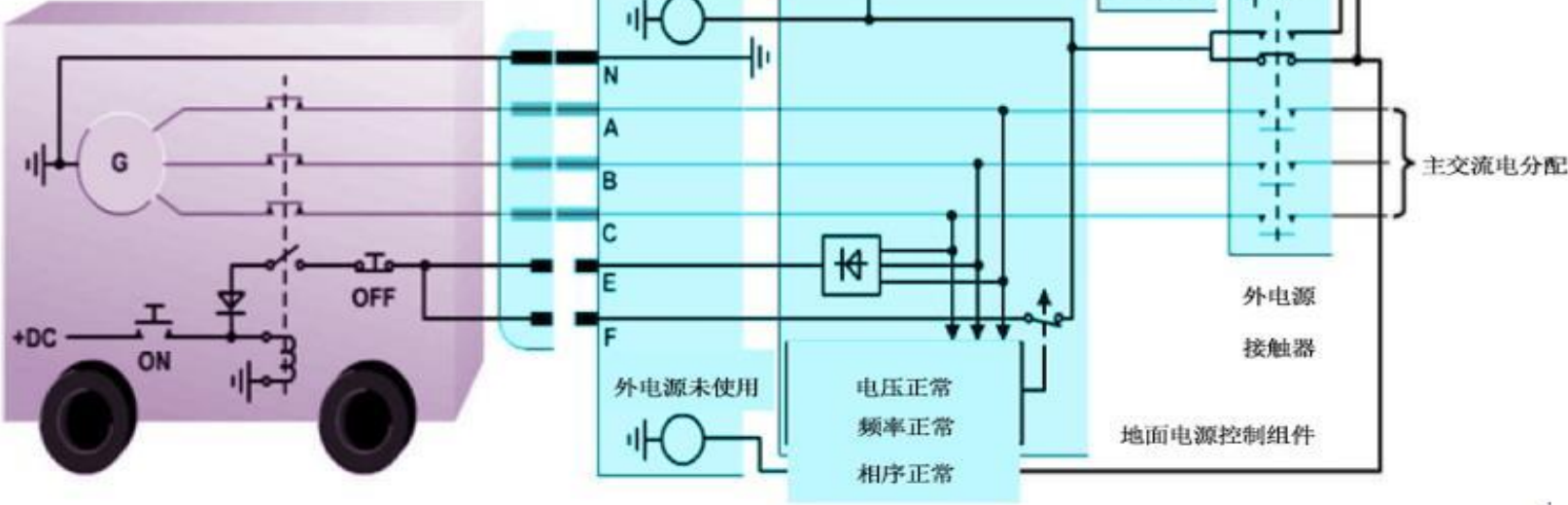
(3) 地面勤务汇流条的断开

320飞机地面勤务汇流条断电状态



当外部电源断开

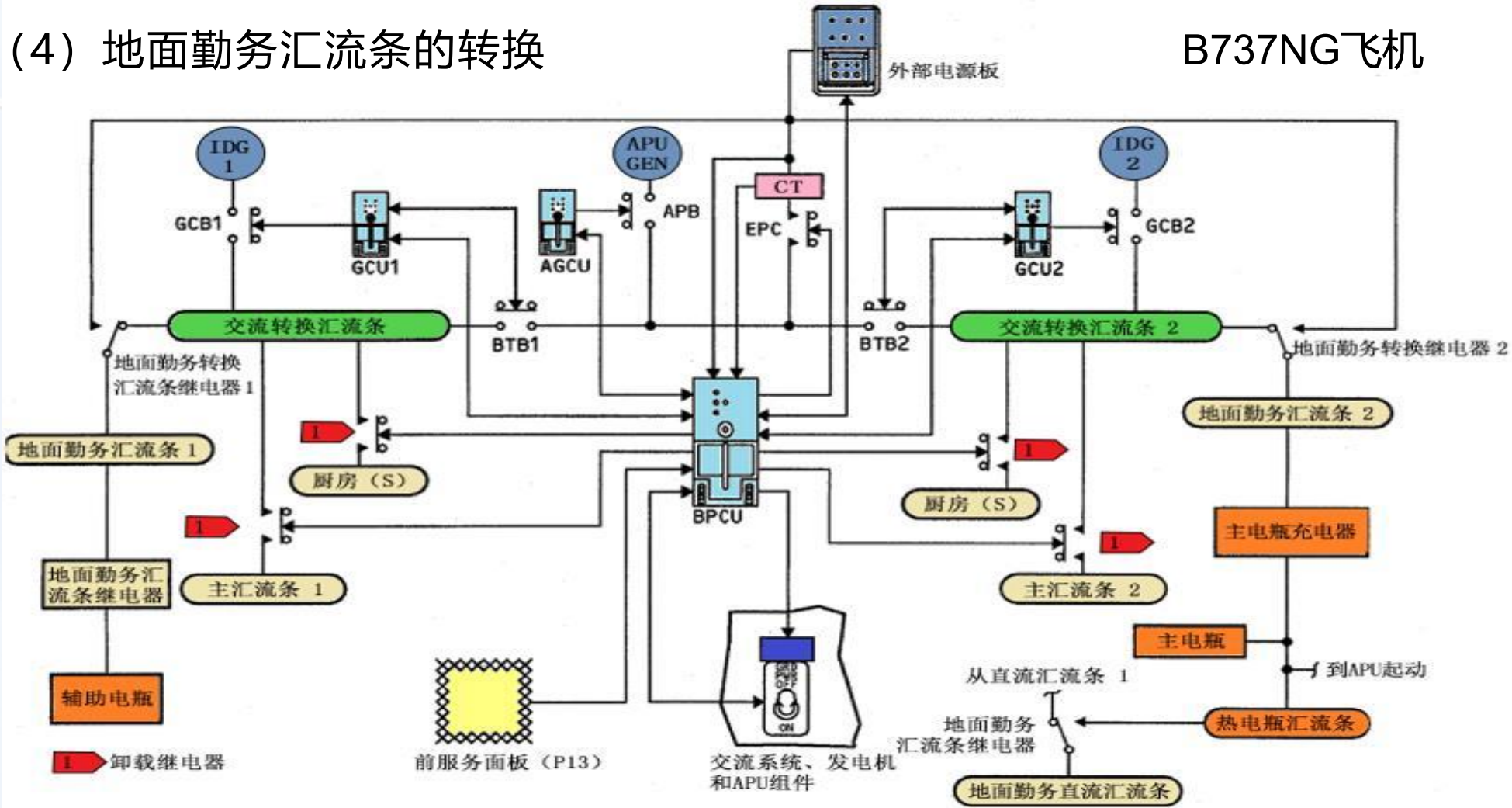
外电源面板上的“NOT IN USE”灯亮，可以从插座断开外部电源插头



1 地面电源的作用、特点

5) 地面勤务汇流条

(4) 地面勤务汇流条的转换



小结:

1. 飞机外部电源系统的功用;
2. 外部电源的连接方式, 常用外接电源接头的形式和部件功用;
3. 外部电源连接时, 需要做的准备检查事项;
4. 外部电源断开的操作流程和原理;
5. 地面勤务汇流条的组成和工作原理。



3.3.10.6 其它电器设备

目录

1

变压器、整流器、静变流机

2

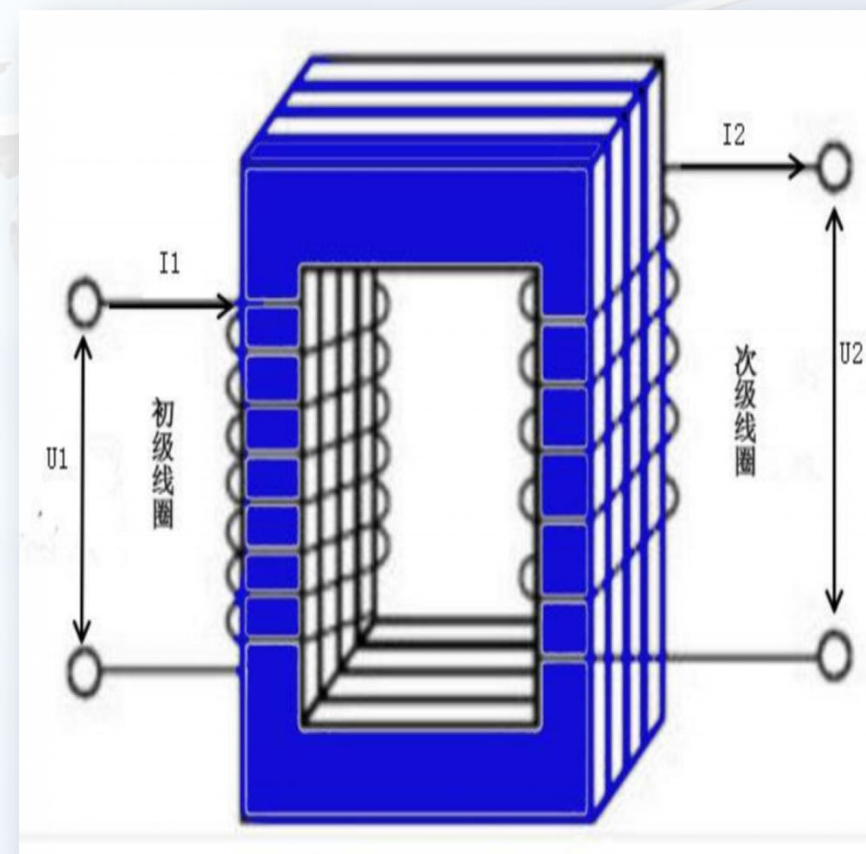
开关、继电器、电路断路器



1 变压器、整流器，静变流机

1) 变压器

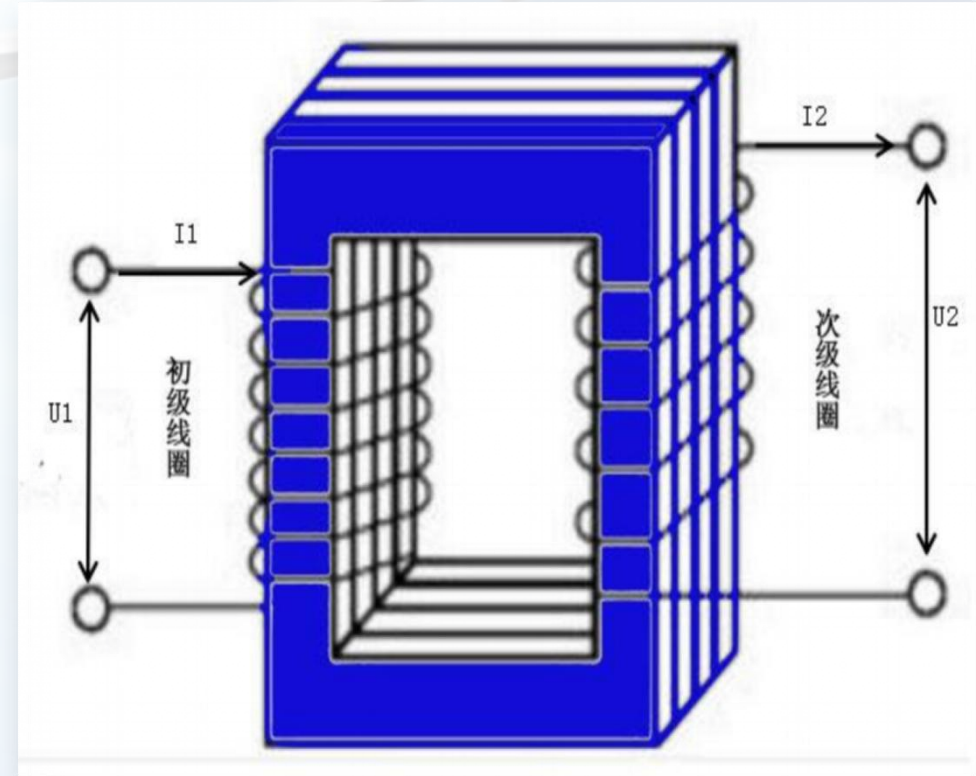
作用：改变交流电电压大小的电气设备



1 变压器、整流器，静变流机

1) 变压器

- 电压关系： $U_1/U_2=N_1/N_2$;
- 功率关系：功率相同，功率 $P=U\times I$;
- 电流关系： $I_1/I_2=N_2/N_1$;
- 变压器的初级与次级频率保持一致。



1 变压器、整流器，静变流机

1) 变压器

Original video:



LearnEngineering

翻译制作(已授权):



MecMon

关注我们:



搜索 Mec_Mon



1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

作用：把交流电转化为直流电

常见单相整流
电路

单相半波

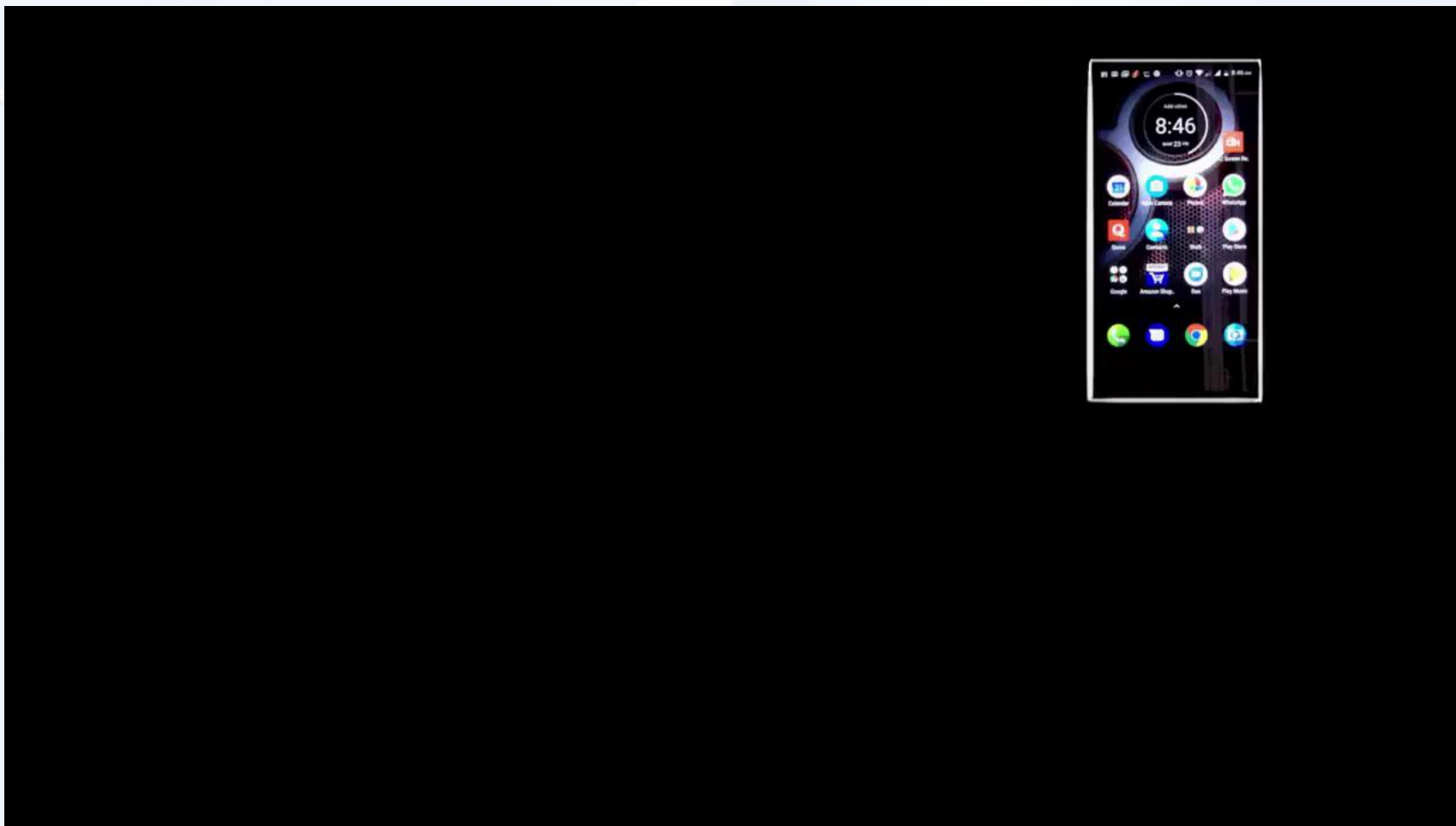
单相全波

桥式

1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

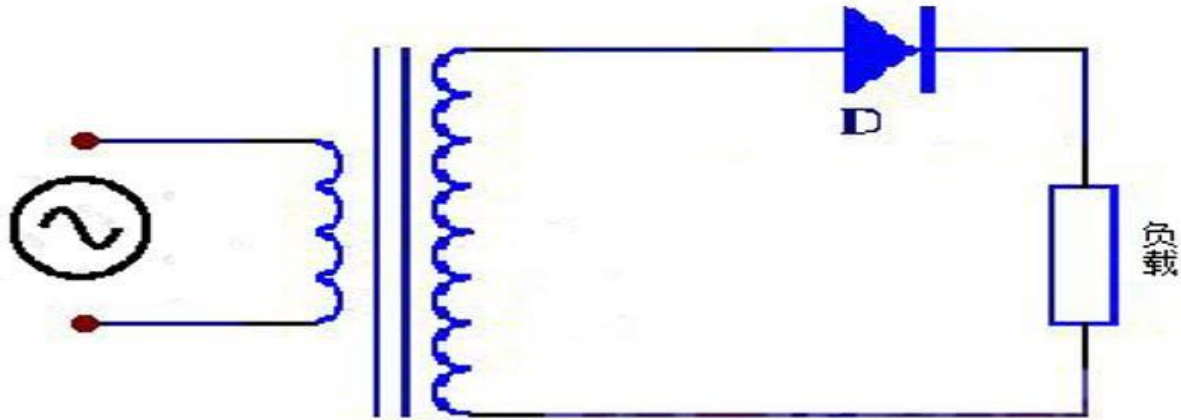
半波整流电路



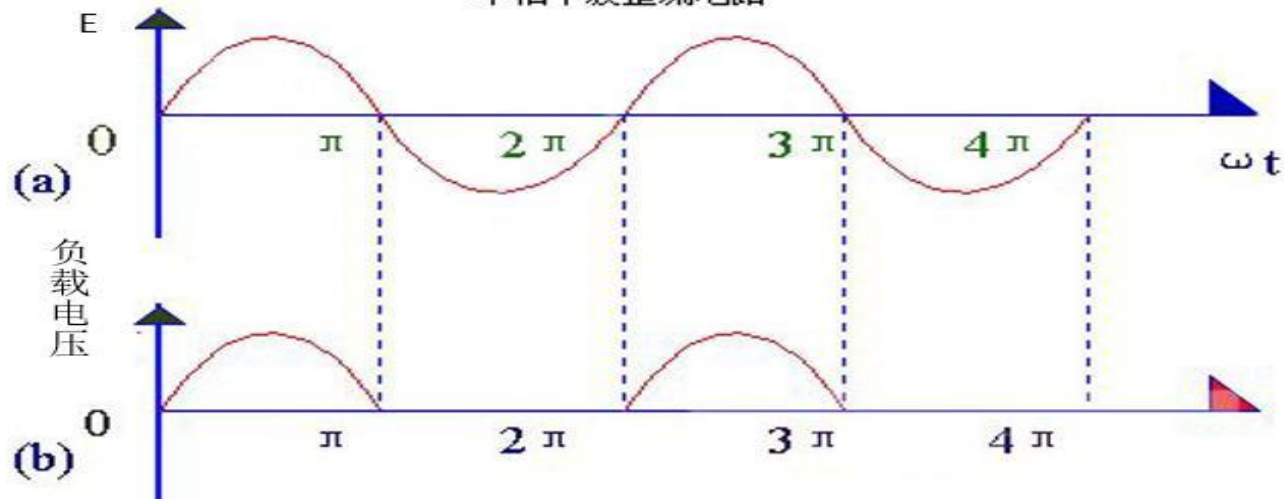
1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

半波整流电路



单相半波整流电路

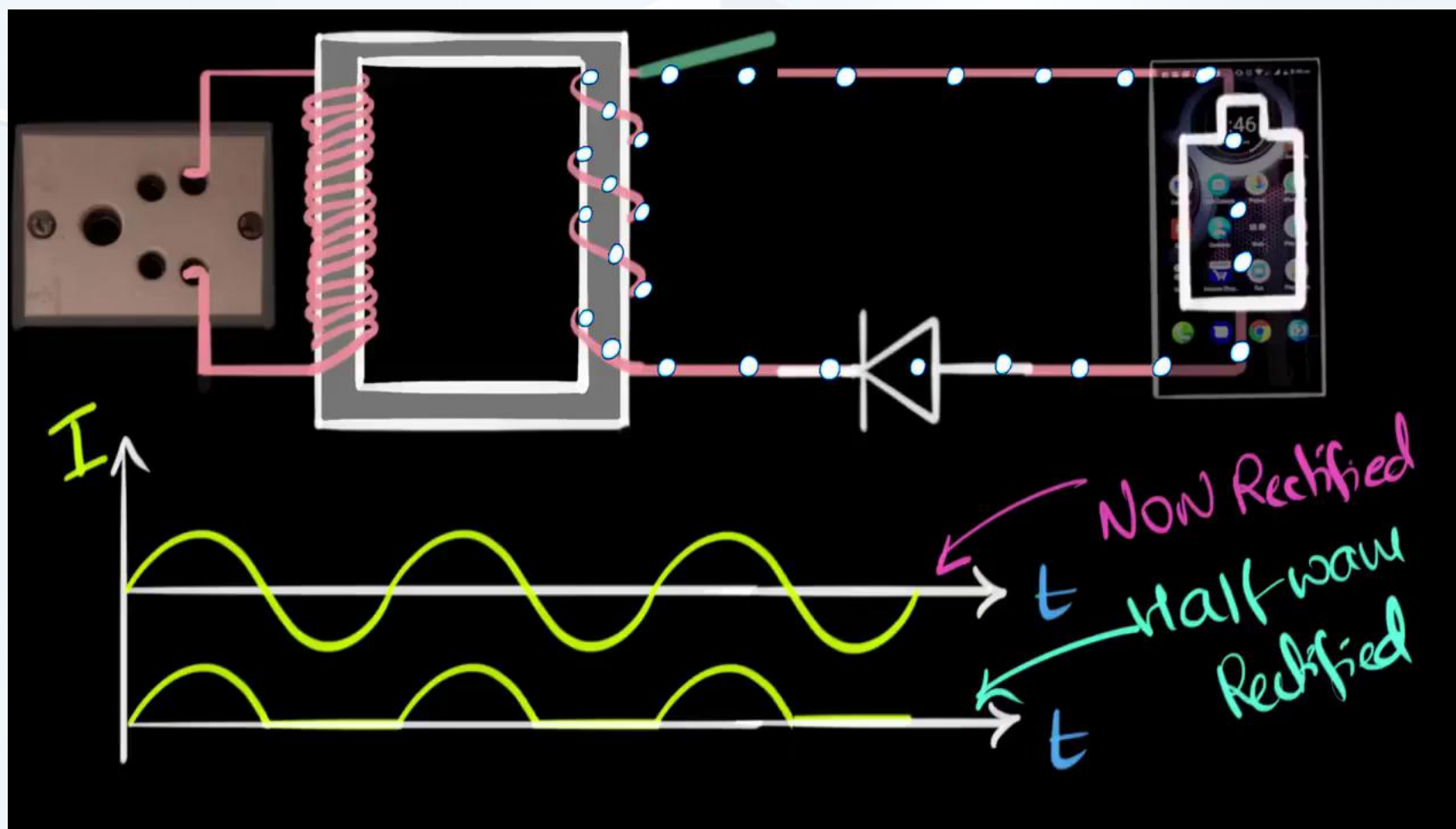


- 效率非常低（即负载上的直流电压大约相当于次级线圈输出电压 E 的45%）
- 常用在高电压、小电流的场合

1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

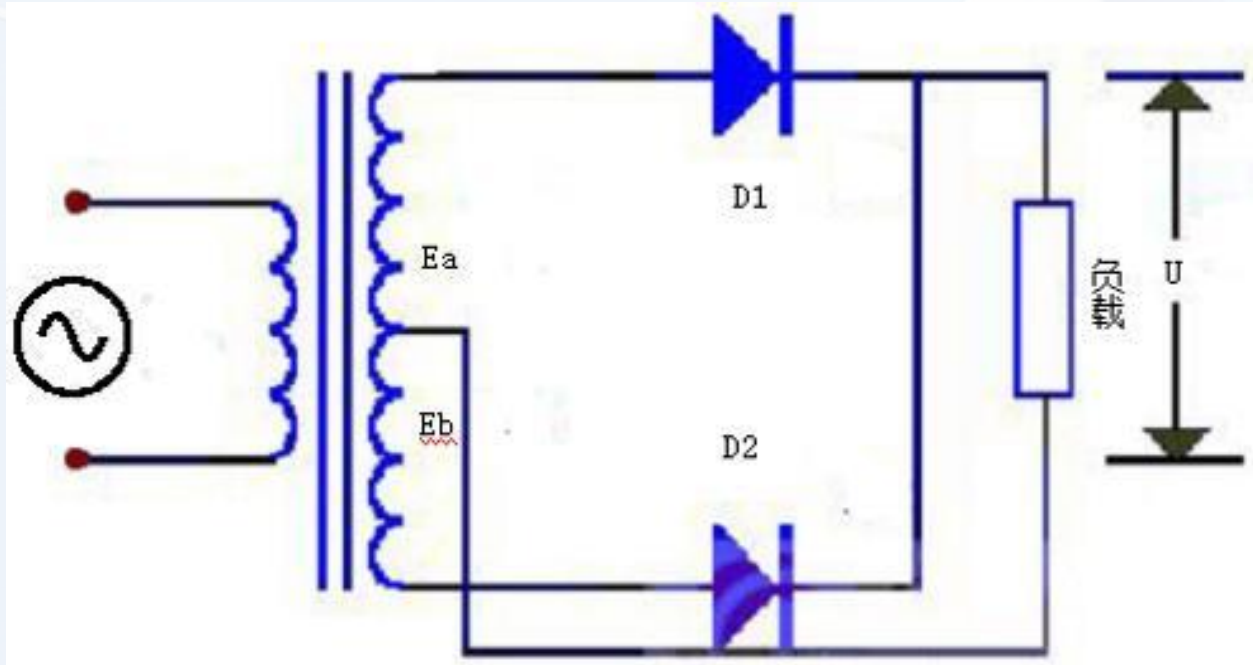
全波整流电路



1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

全波整流电路

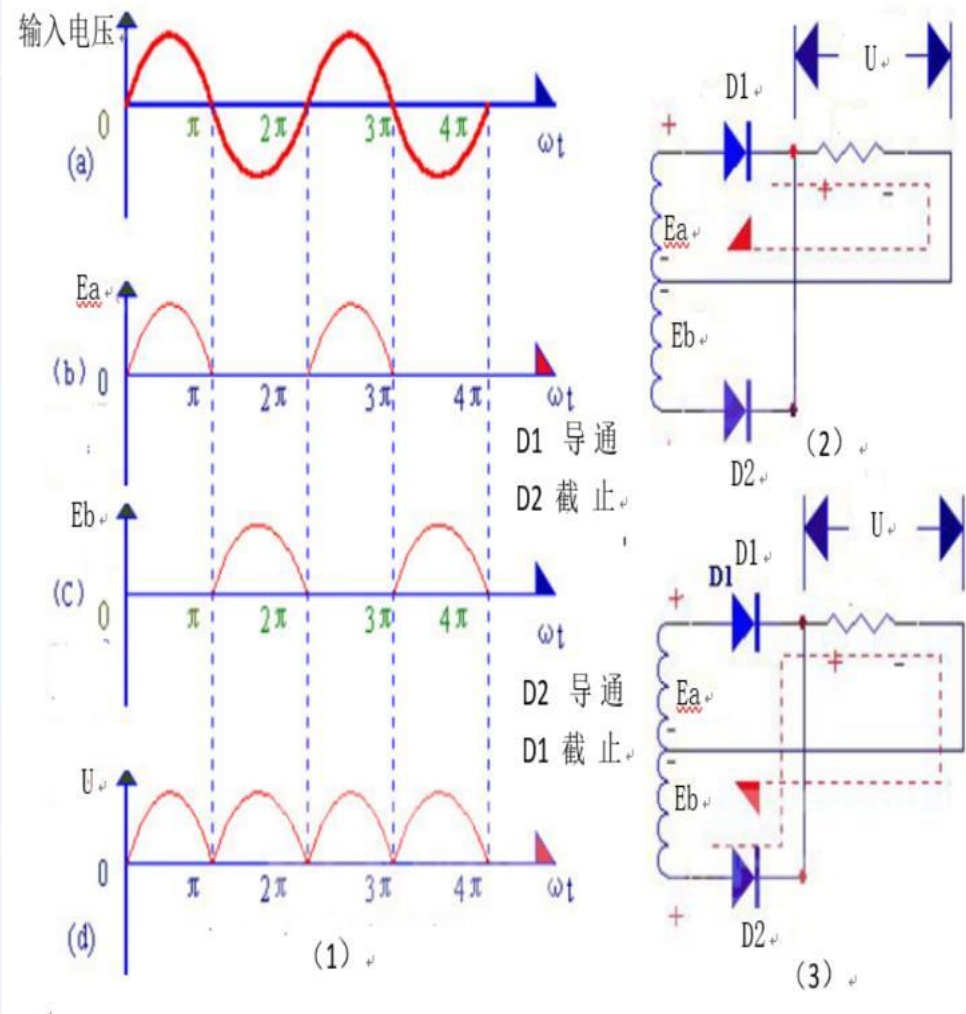


- 两个半波整流电路组合成
- 变压器次级线圈中间需要引出一个抽头，把次级线圈分成两个对称的绕组

1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

全波整流电路



- 全波整流提高了整流效率（负载电压 U 约为次级线圈输出电压 E 的90%，比半波整流时大一倍）。

- 有一个使两端对称的次级中心抽头，制作上带来很多的麻烦。

- 每只整流二极管承受的最大反向电压，是变压器次级电压最大值的两倍。

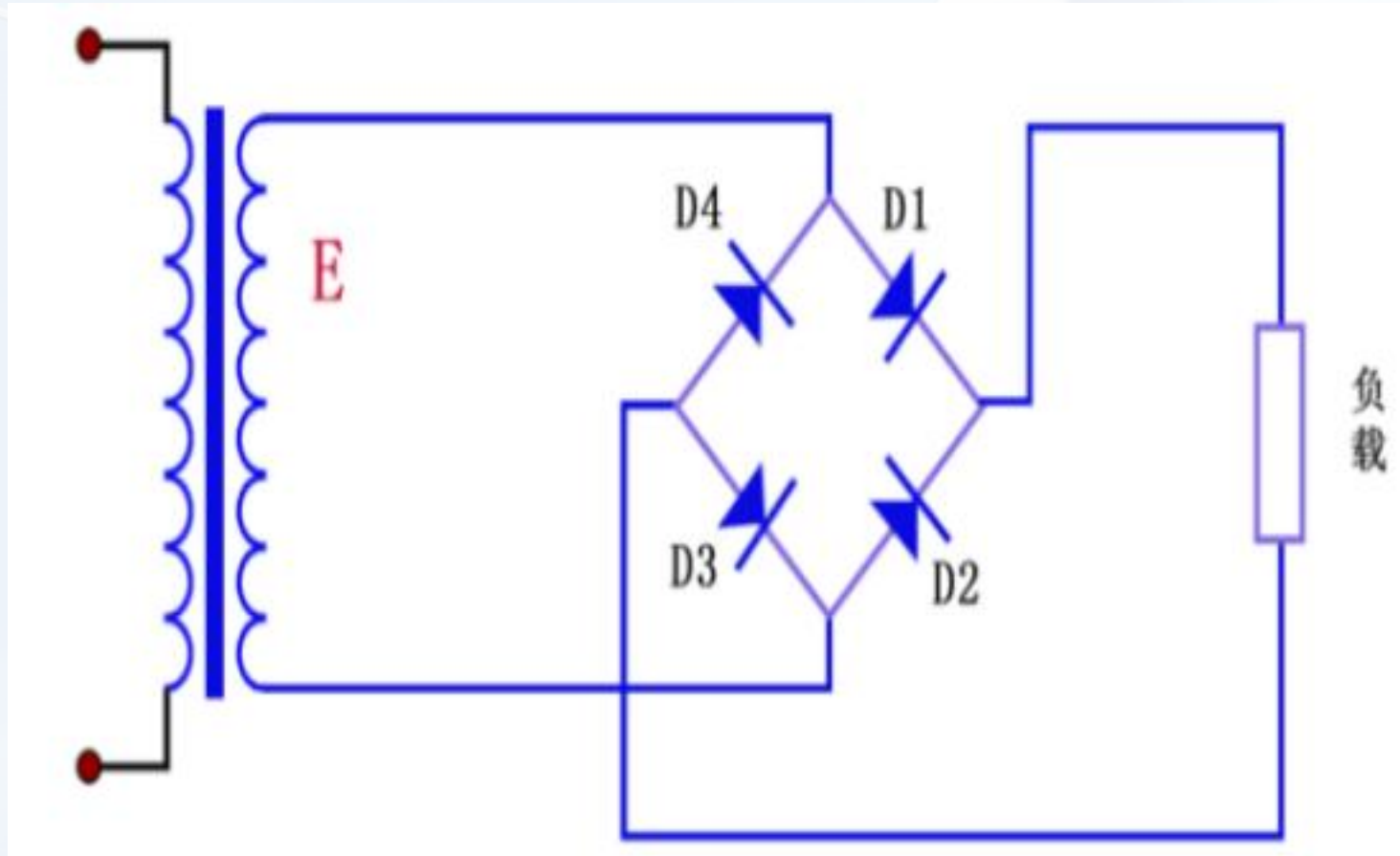
小结:

1. 变压器功能及组成
2. 常见整流电路
3. 半波整流电路原理
4. 全波整流电路原理

1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

桥式整流电路

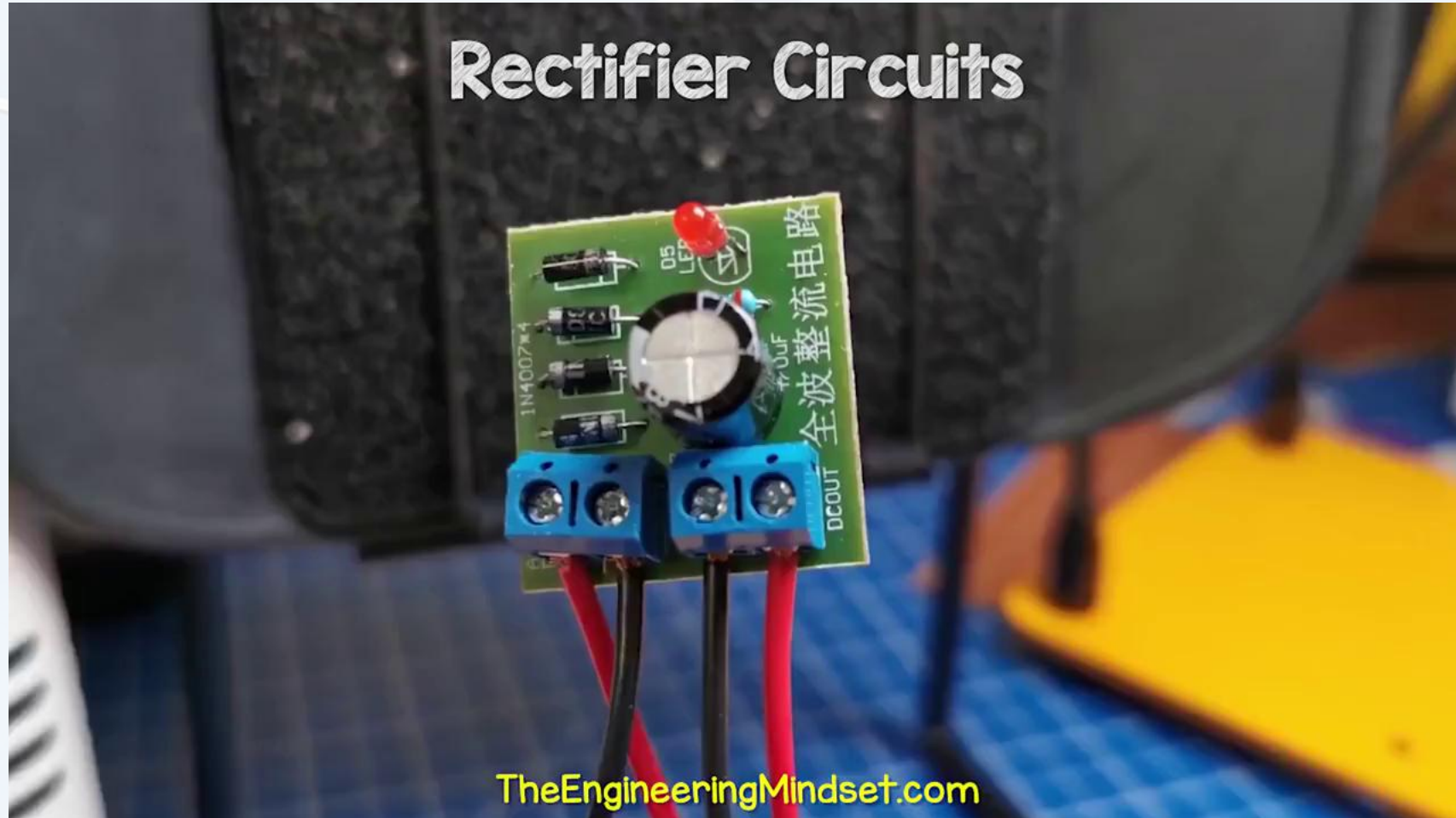


使用最多的一种整流电路：增加两只二极管连接成“桥”式结构

1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

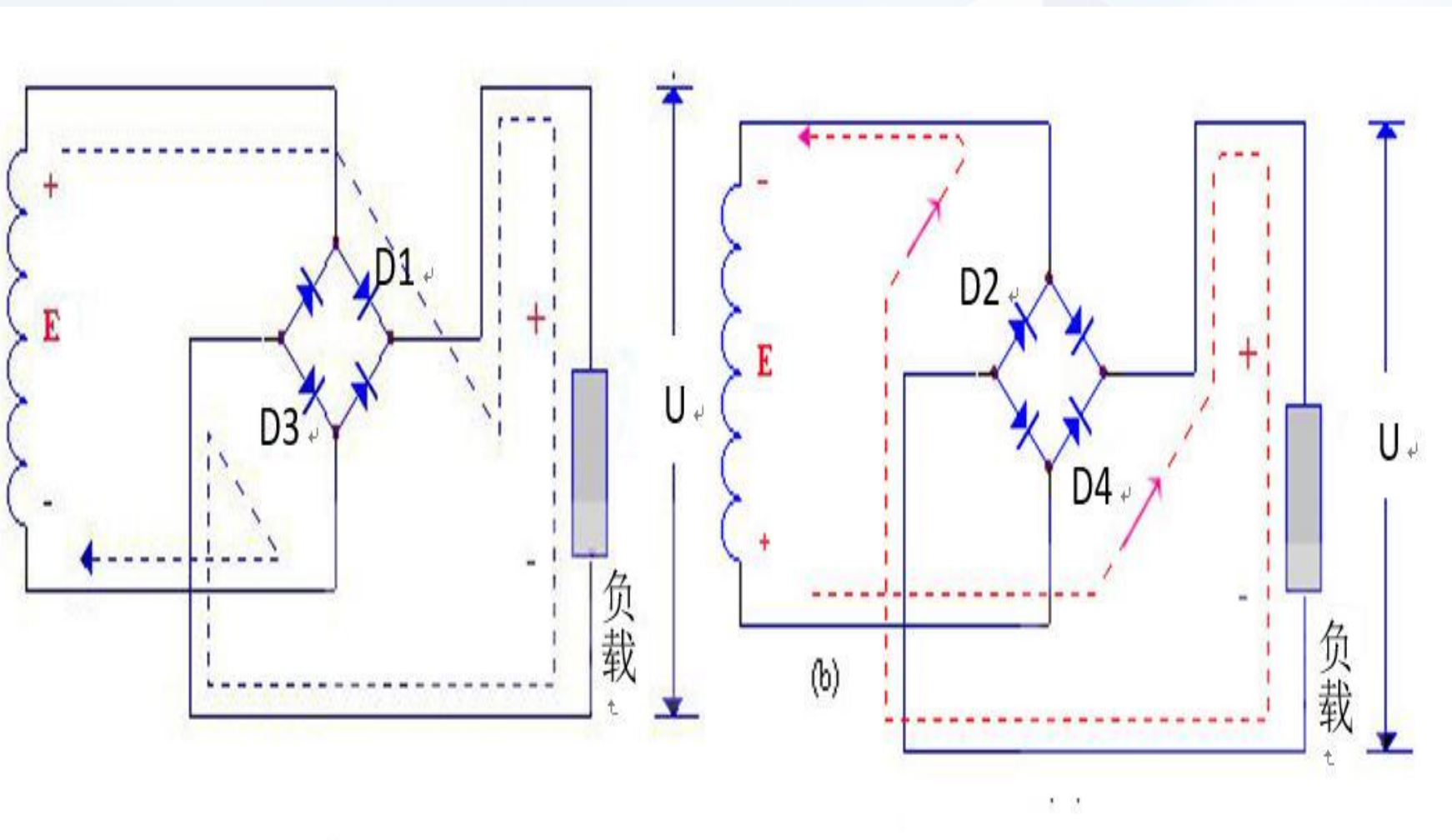
桥式整流电路



1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

桥式整流电路

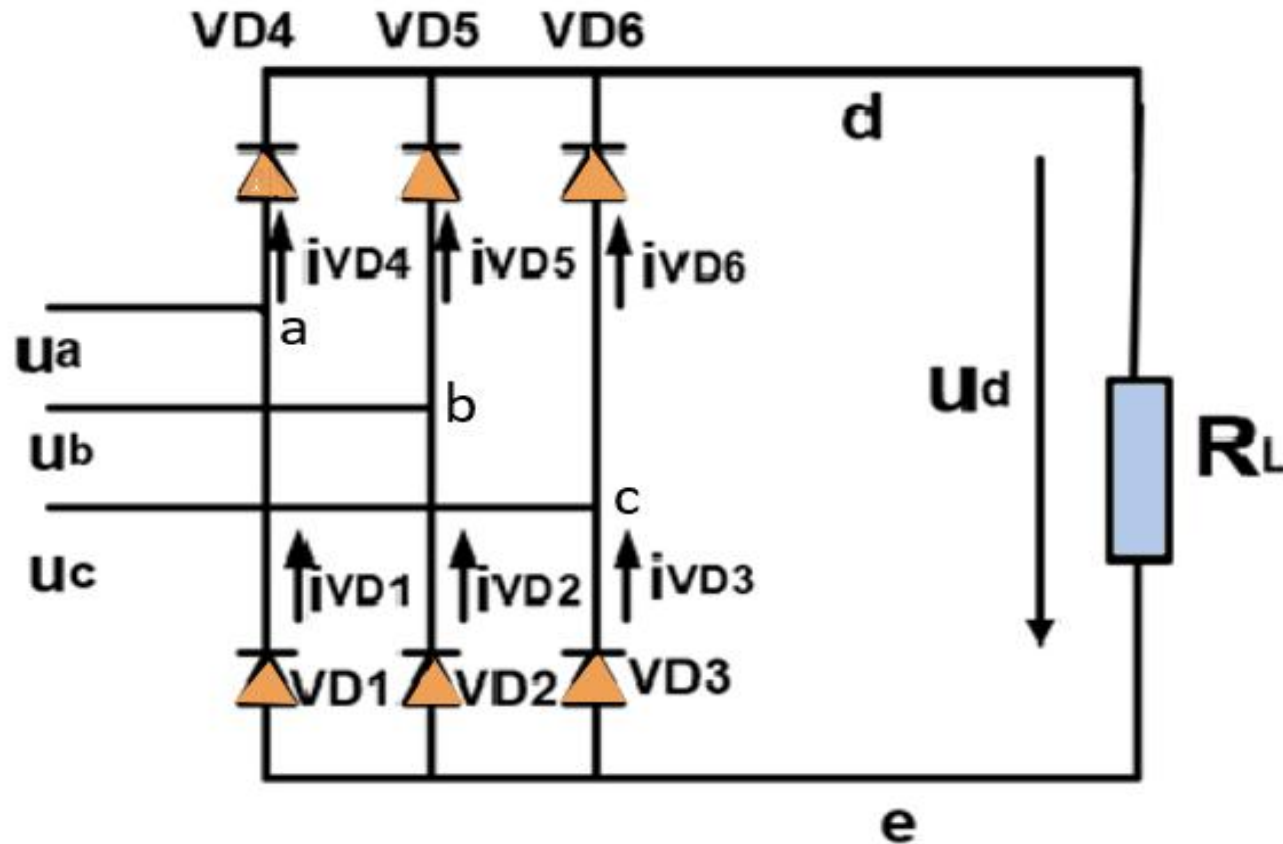


- 具有全波整流电路的优点
- 波形图和全波整流波形图一样
- 每只二极管承受的反向电压比全波整流电路小一半

1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

三相桥式整流电路



功能：三相交流电转换为直流电

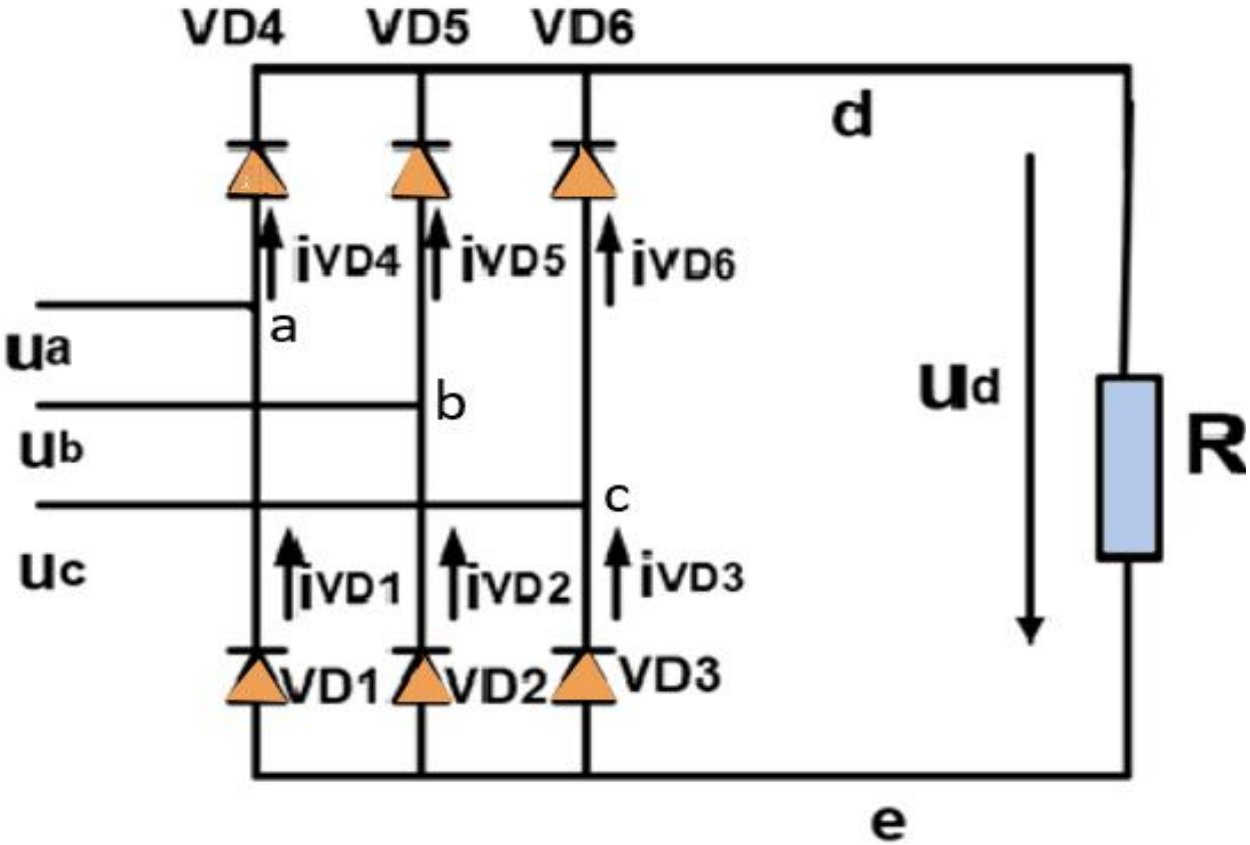
结构：6个二极管

- VD4、5、6共阴极:阳极电位最高导通
- VD1、2、3共阳极:阴极电位最低导通

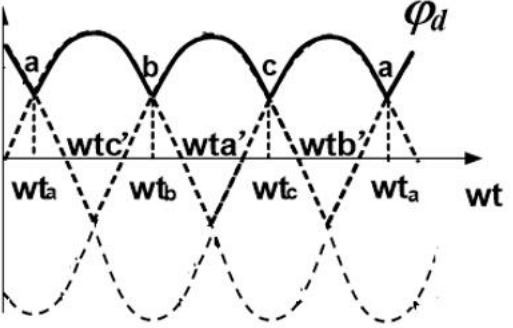
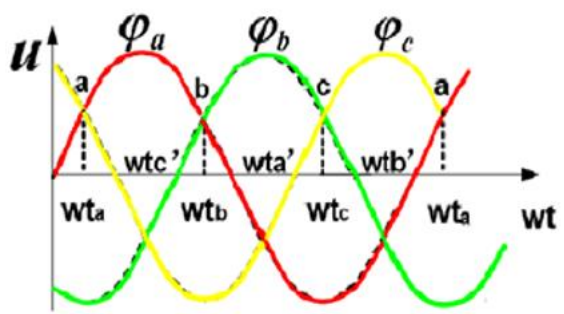
1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

三相桥式整流电路



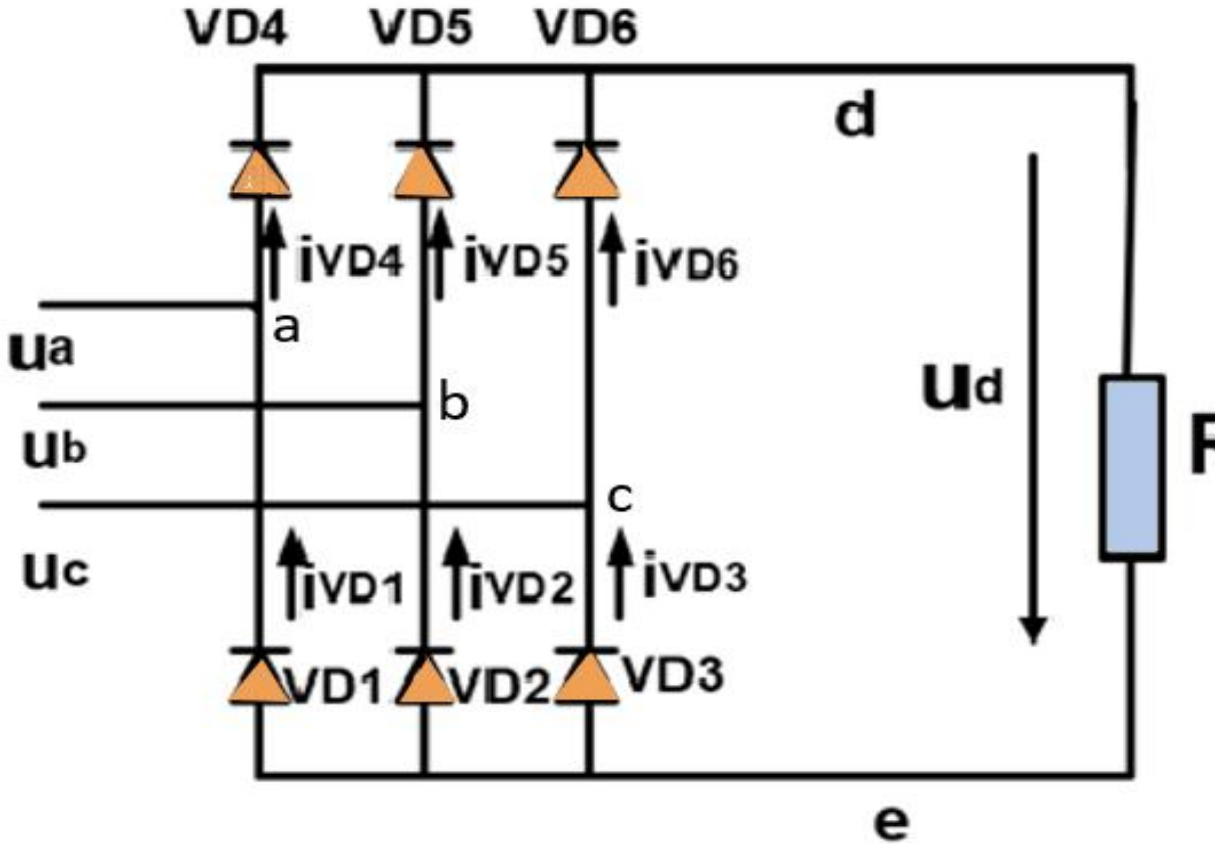
D点电位:



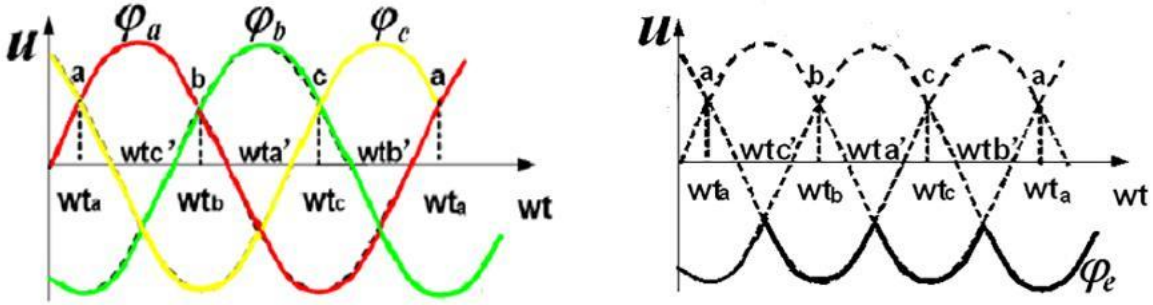
1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

三相桥式整流电路



E点电位:



1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

三相桥式整流电路

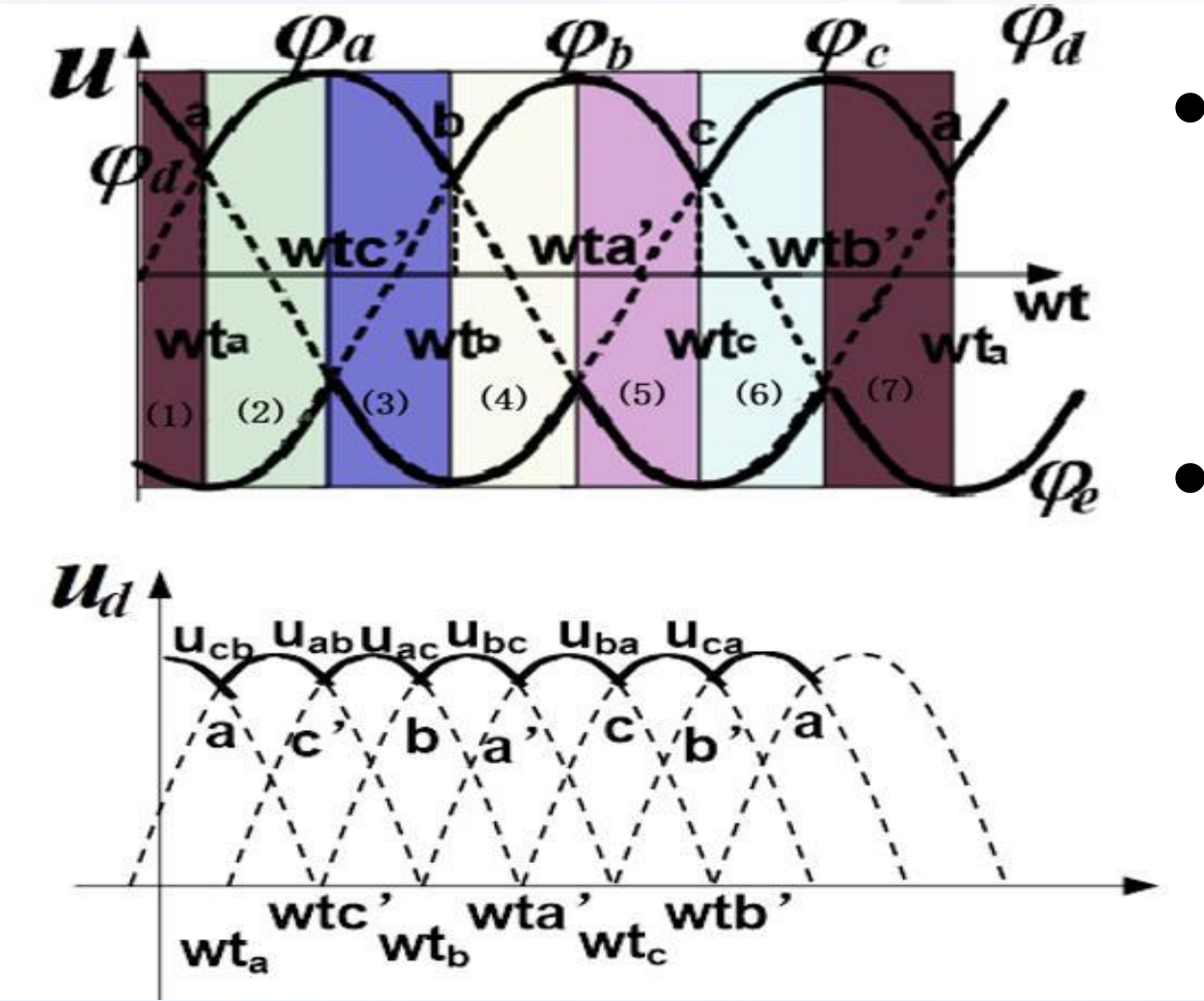
三相桥式整流电 路及电压波形

1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

三相桥式整流电路

三相桥式整流电路电流方向和输出波形

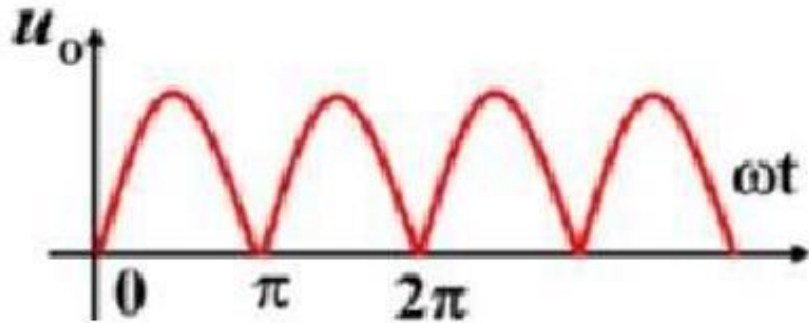


- 脉动：在输入信号周期内（即相位在 $0 \sim 2\pi$ 内），电压波形会发生六次周期性改变而形成 $U_{cb}, U_{ab}, U_{ac}, U_{bc}, U_{ba}, U_{ca}$ 六段曲线
- 输出脉动频率是输入信号的 6 倍

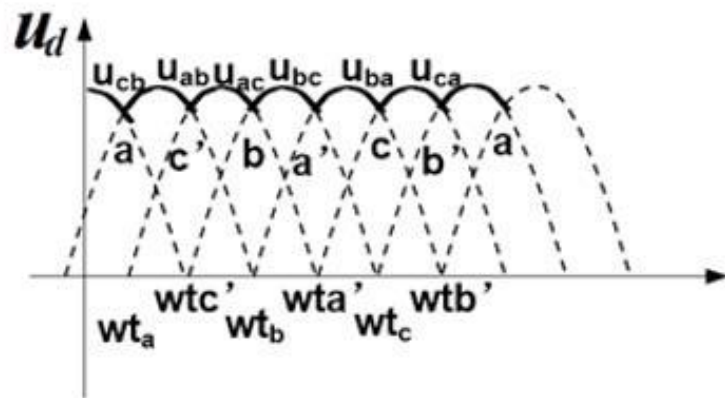
1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

三相桥式整流电路



全波和单相桥式整流电路输出波形



三相桥式整流电路输出波形

- 三相桥式整流电路的脉动频率提高，电压幅值的变化大大减小
- 电压幅值变化小有助于减小滤波器的体积和重量：交流电整流后产生谐波导致电网效率降低，甚至产生浪涌电压或浪涌电流导致烧毁用电设备，交流电整流后还要用滤波器进行滤波

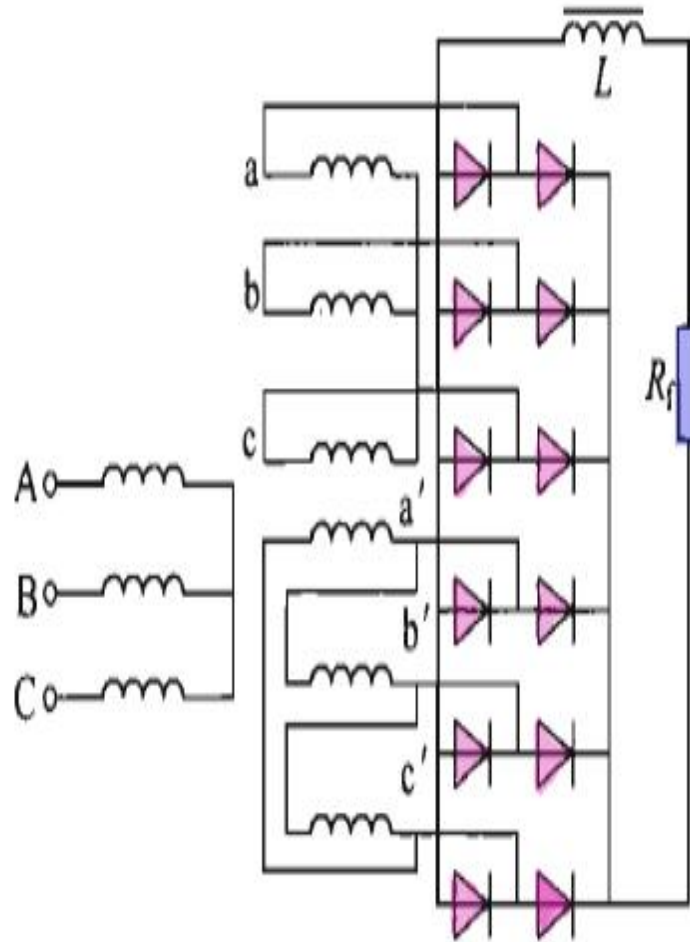
小结:

1. 单相桥式整流电路原理
2. 三相桥式整流电路原理

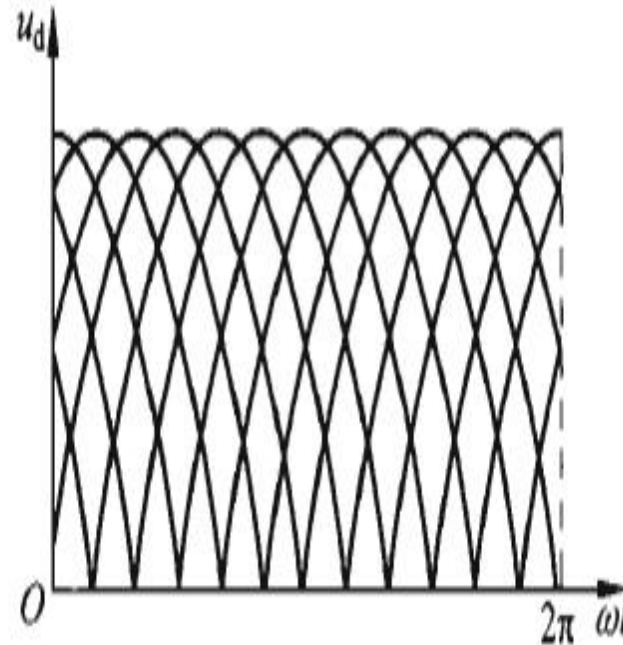
1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

六相桥式整流电路



变压器+整流器=变压整流器TRU

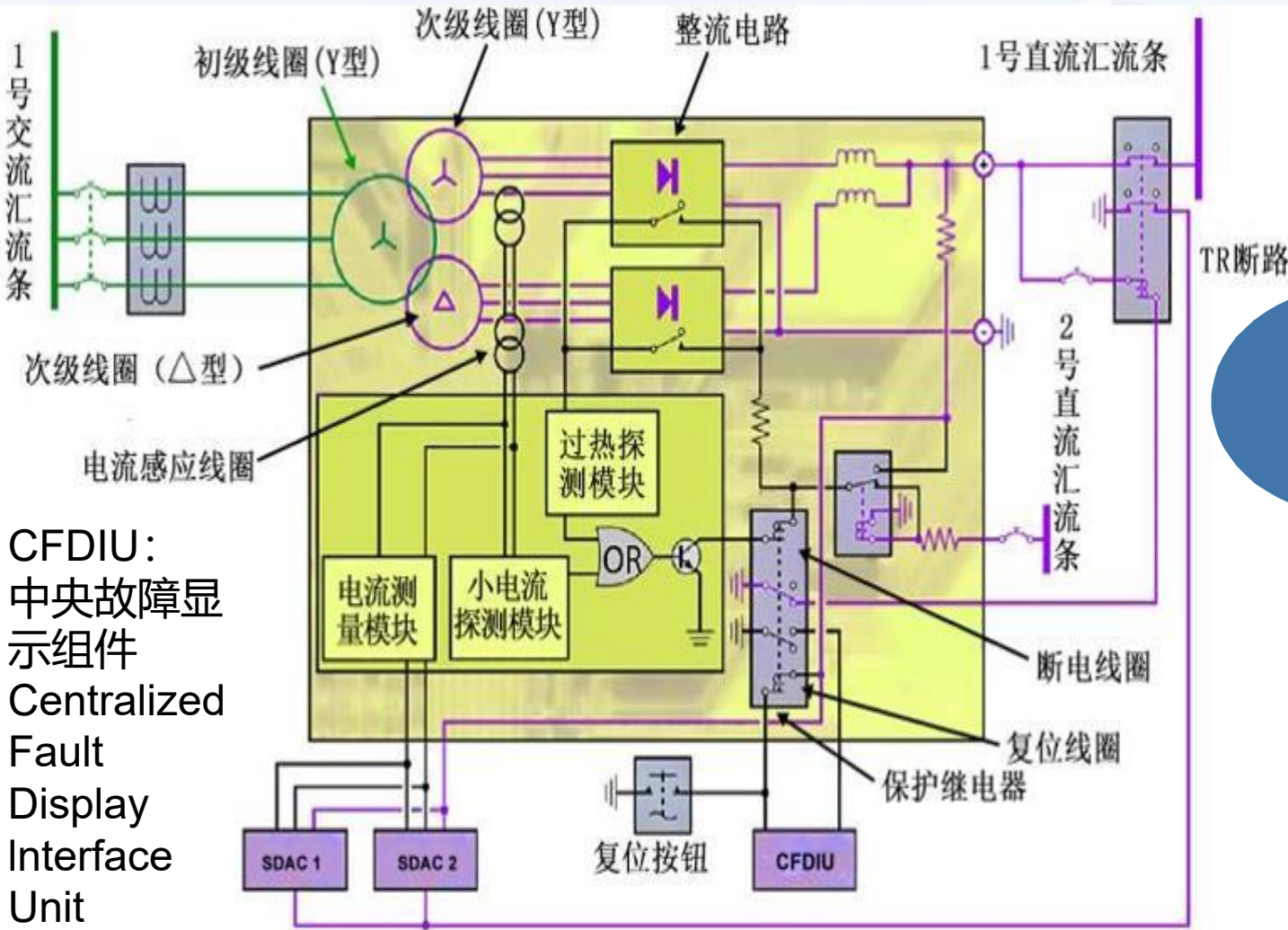


- 结构形式：
 变压部分：Y/ΔY连接
 整流部分：12个二极管
- 整流后的脉动频率为飞机交流电压频率的12倍，即4800赫兹，其输出波形脉动频率高，输出质量提高，更容易进行滤波。

1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

320飞机变压整流器



CFDIU:
中央故障显示组件
Centralized
Fault
Display
Interface
Unit

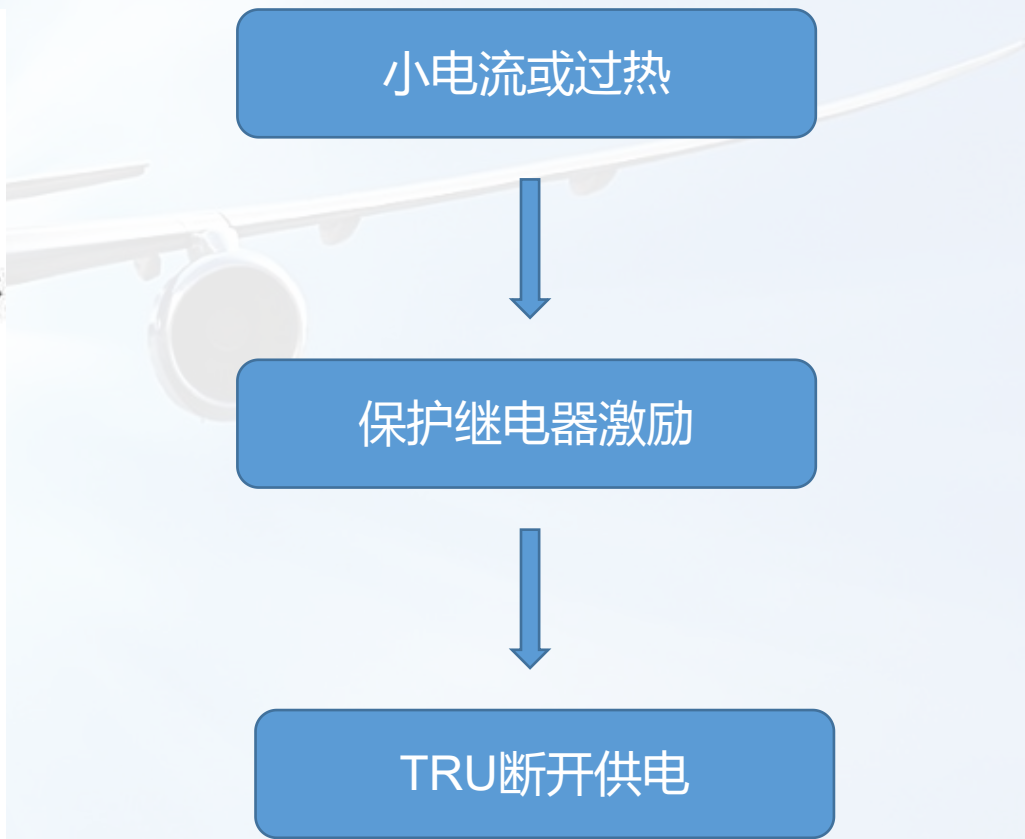
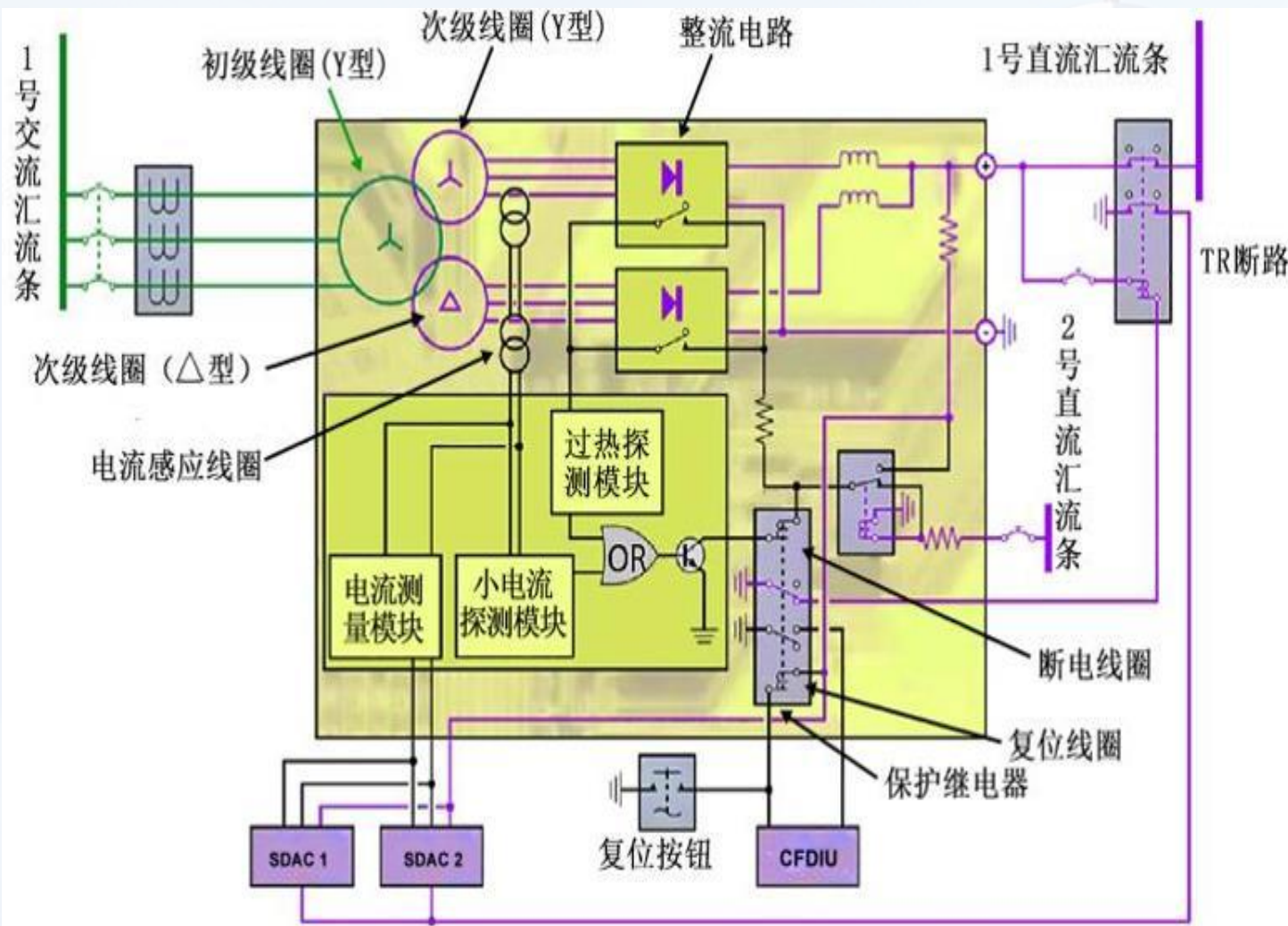
TRU

- 变压整流模块
- 电流测量模块
- 小电流探测模块
- 过热探测模块
- 继电器

1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

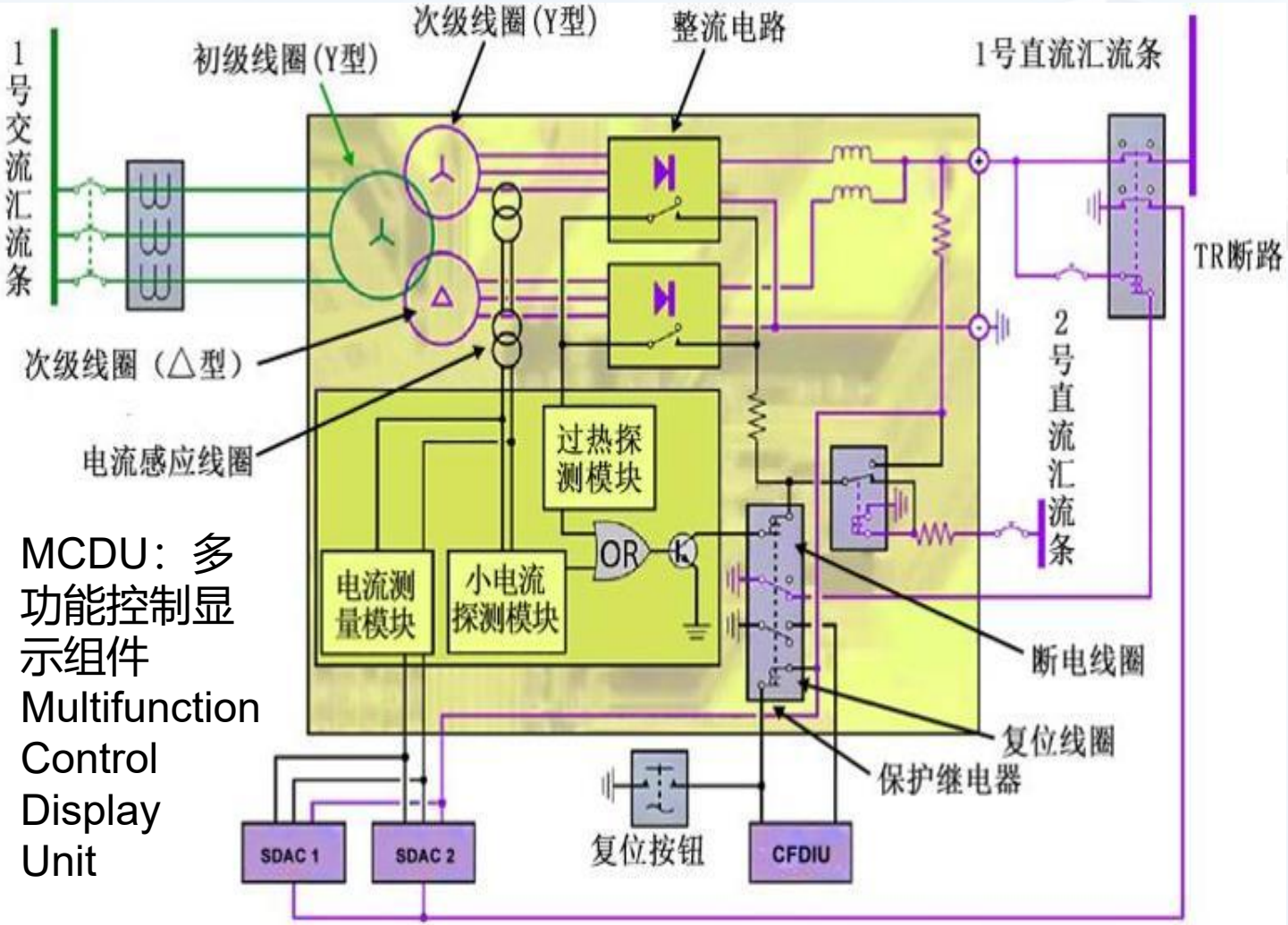
320飞机变压整流器



1 变压器、整流器，静变流机

2) 整流器

320飞机变压整流器



MCDU: 多功能控制显示组件
Multifunction Control Display Unit

故障无法自动复位，须人工复位

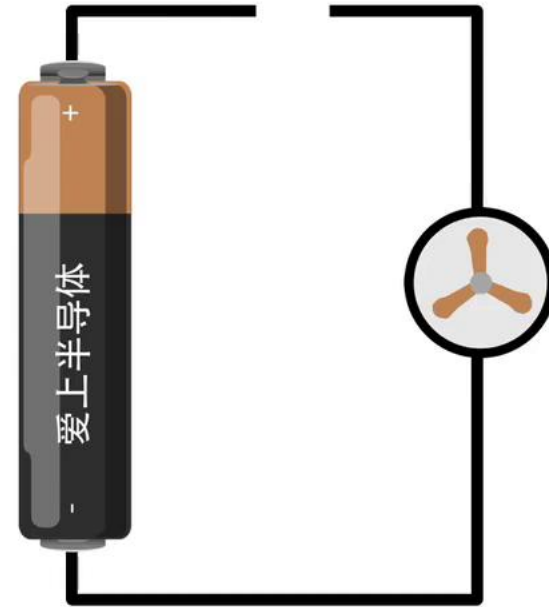
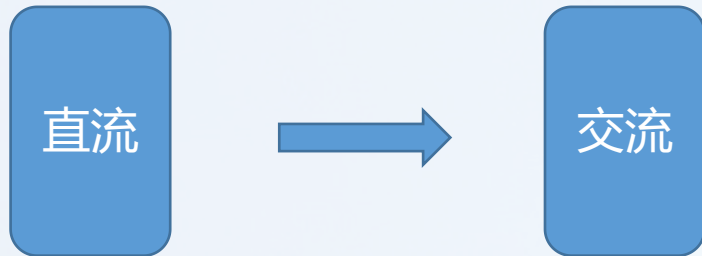
- 复位按钮
- MCDU控制CFDIU



1 变压器、整流器，静变流机

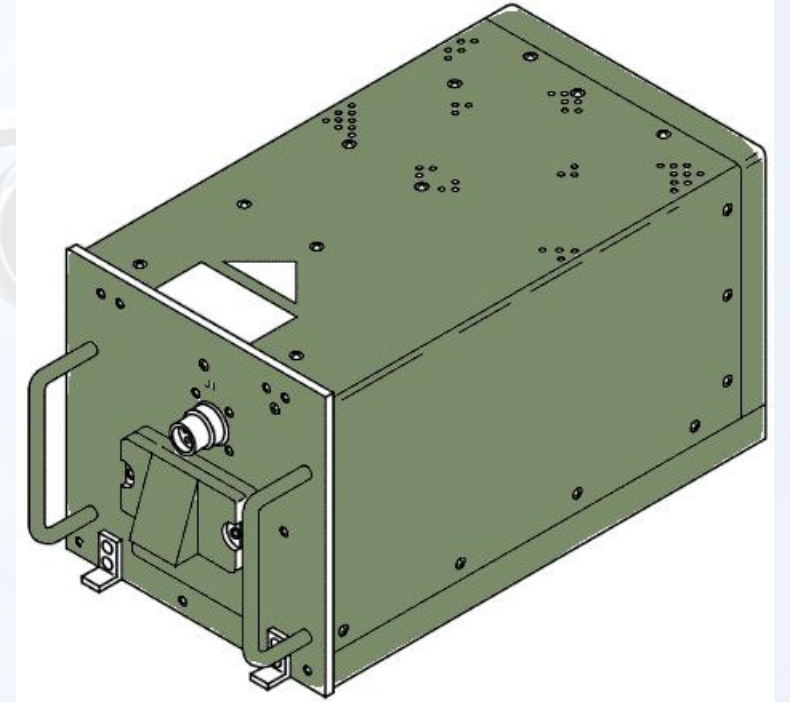
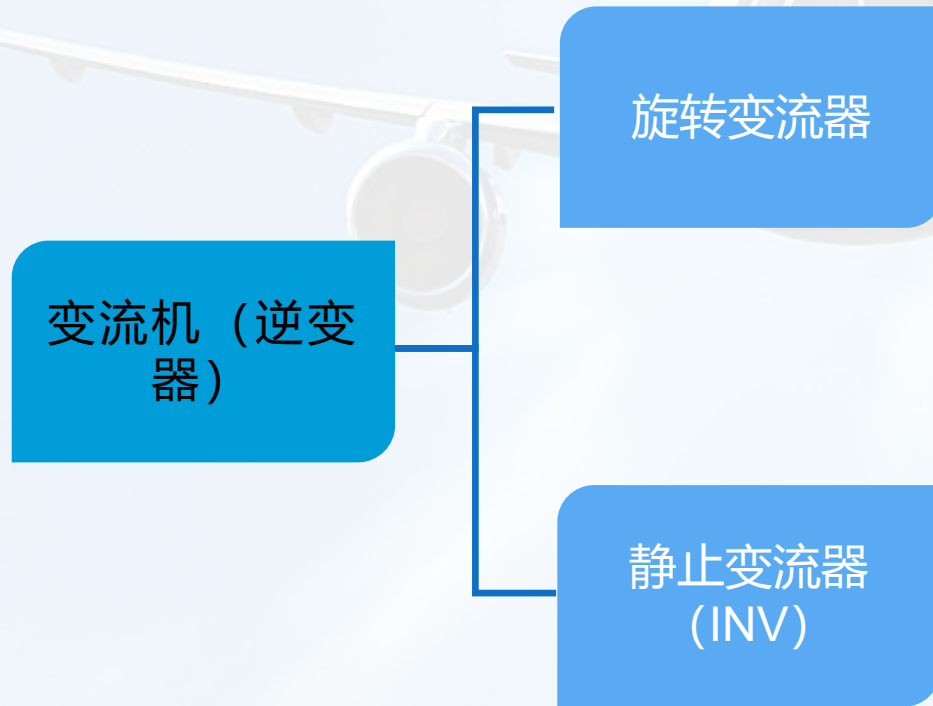
3) 静变流机

变流机（逆变器）：



1 变压器、整流器，静变流机

3) 静变流机

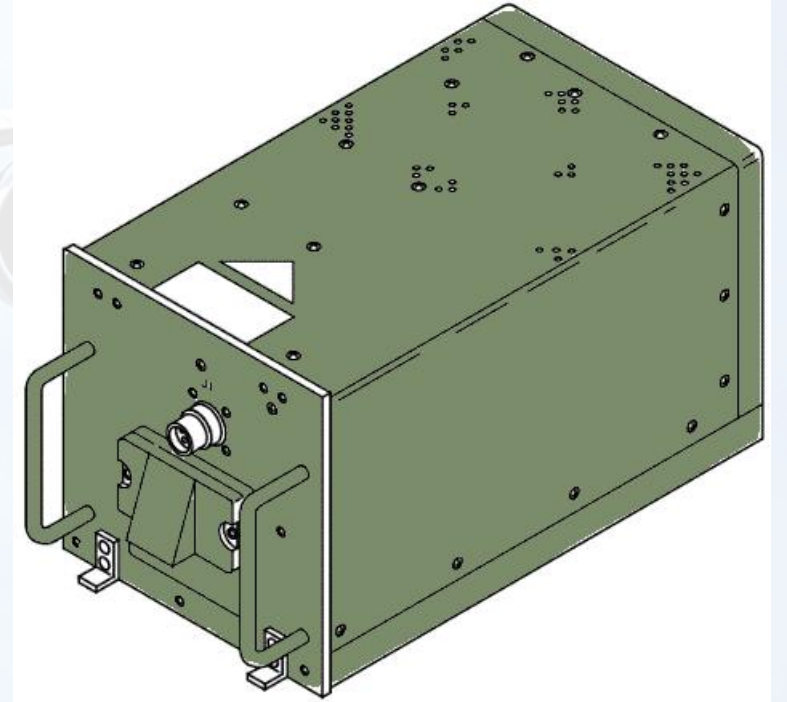


1 变压器、整流器，静变流机

3) 静变流机

INV作用：

在飞机失去正常交流电源后，把电瓶提供的直流电通过内部的电子电路转化成为交流电，供给飞机上必须使用交流电的重要设备，保证应急状态下的飞行安全。

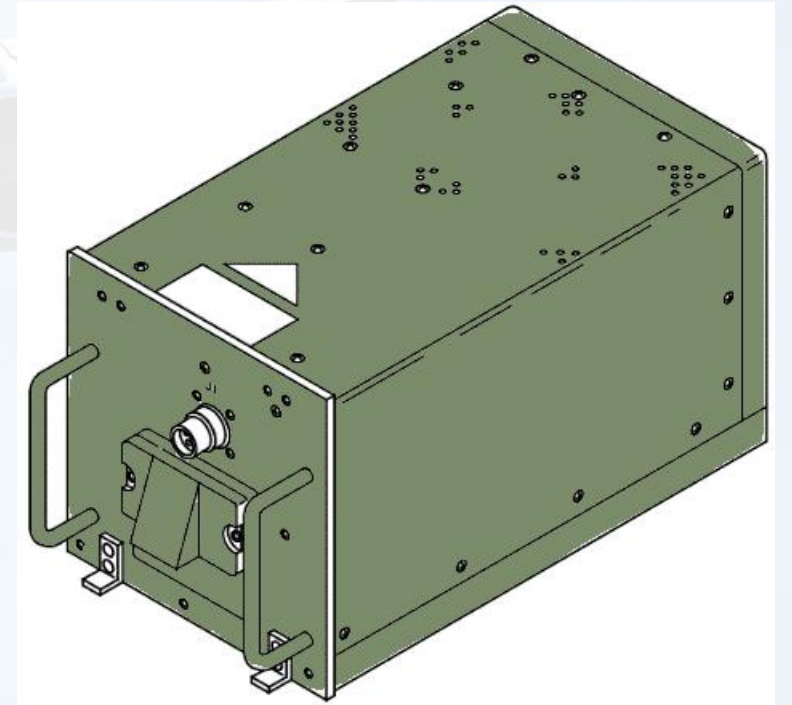


1 变压器、整流器，静变流机

3) 静变流机

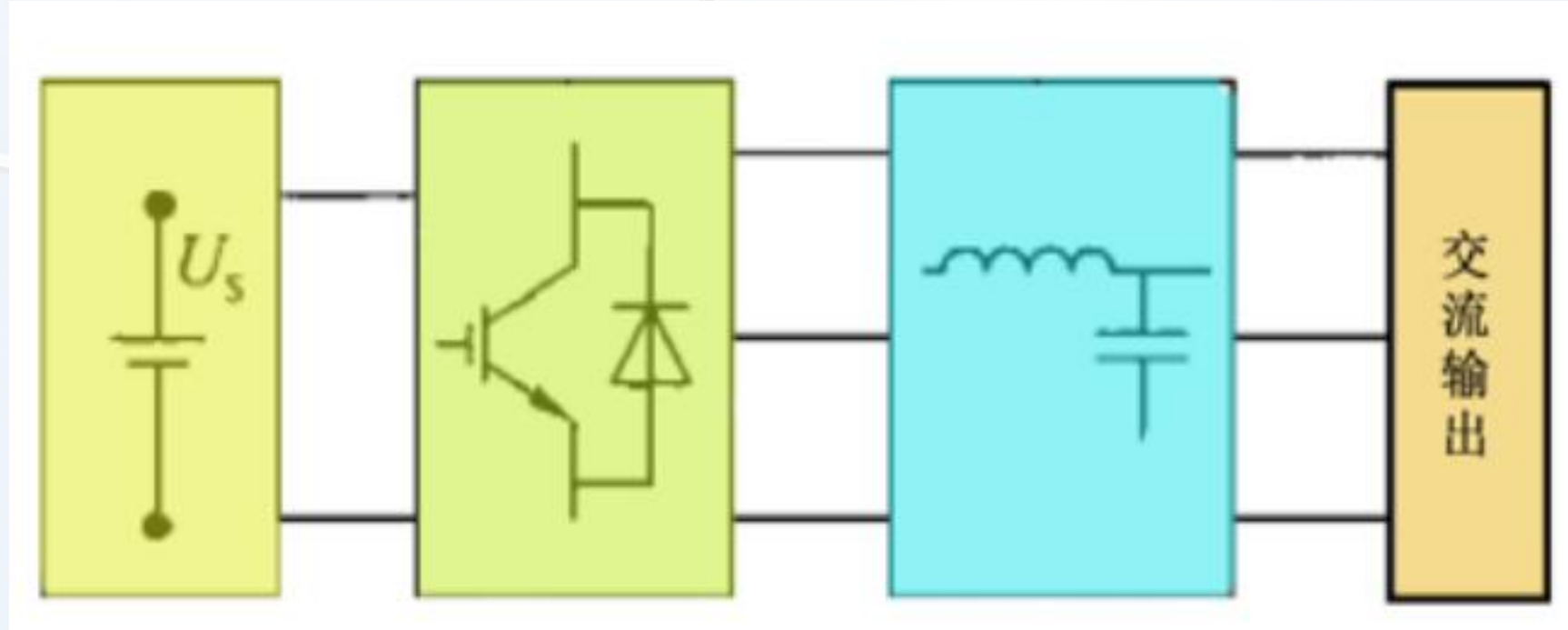
B737INV

- 飞机正常飞行时，静变流机不工作
- 飞机失去交流电后，静变流机自动工作，供电给备用交流汇流条。将直流电转换为**115伏、400 赫兹的单相交流电**，供给飞机的备用交流汇流条，保证飞机的备用交流汇流条不断电



1 变压器、整流器，静变流机

3) 静变流机



直流电源

逆变器

滤波网络

静变流机的基本组成

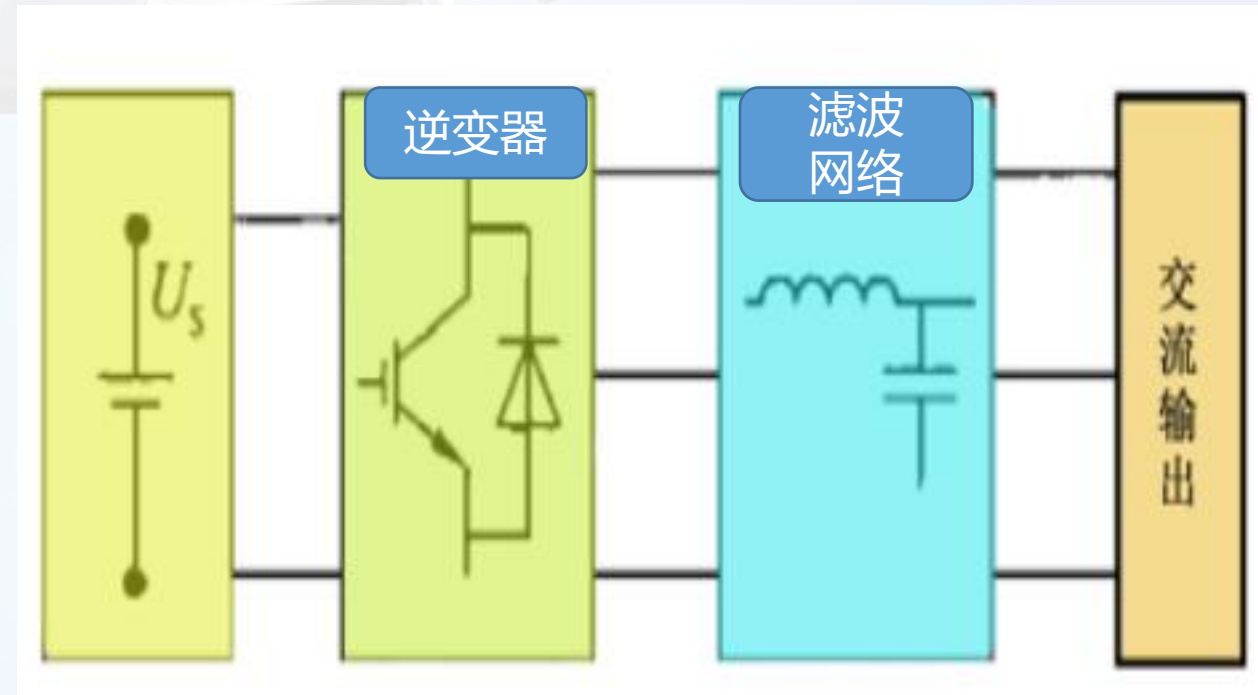
1 变压器、整流器，静变流机

3) 静变流机

逆变器：直流电转换为交流电的核心组件

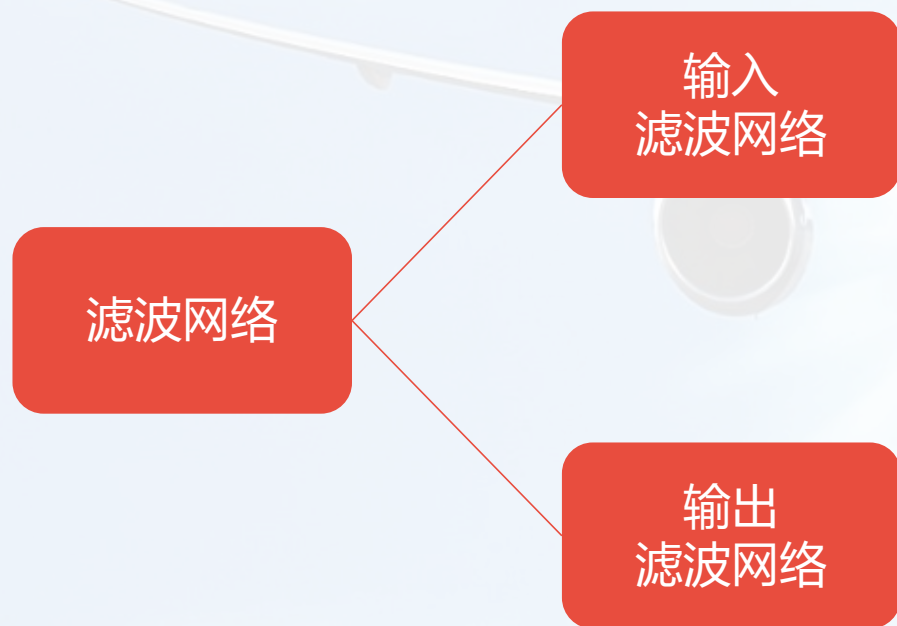
由控制电路和可以进行能量转换的功率转

换电路组成



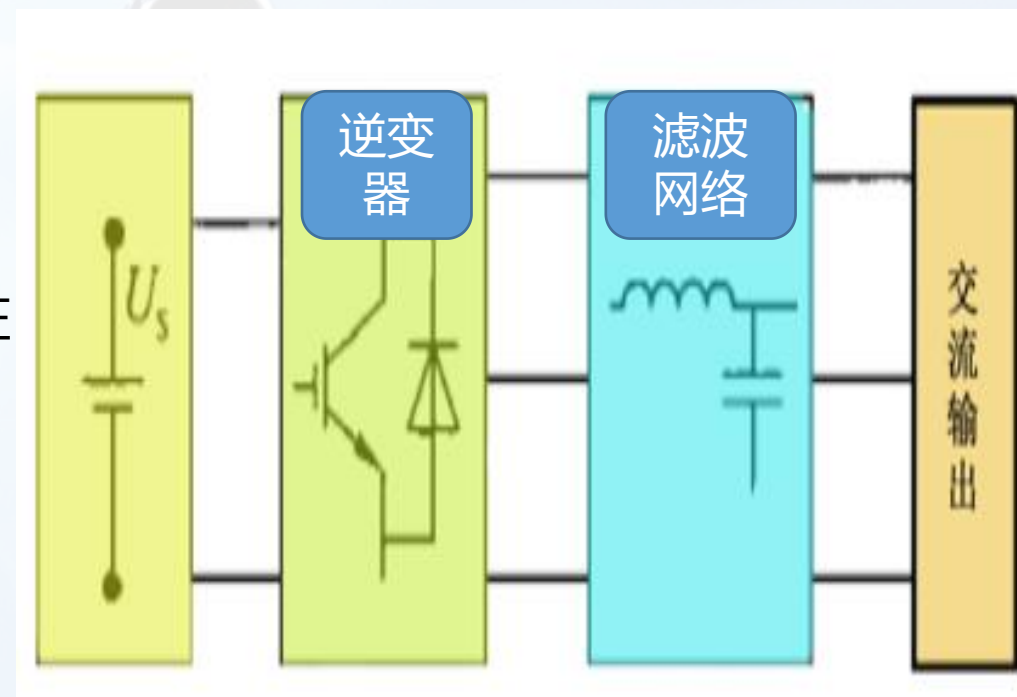
1 变压器、整流器，静变流机

3) 静变流机



隔离输入的直流电网的瞬变，以及防止逆变器反向对直流电网可能产生的噪声干扰

过滤高频谐波，保证输出正弦波不失真



小结:

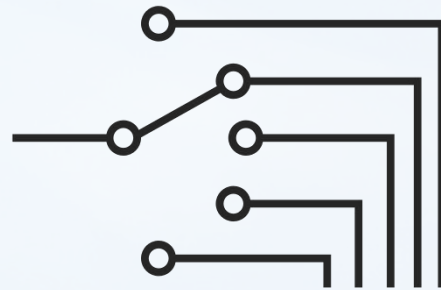
1. 320变压整流器的内部结构组成;
2. 静变流机组成。

2 开关、继电器、电路断路器

1) 开关

开关作用：

- 接通、断开控制电路中的电流
- 或者让控制电路在不同的工作逻辑之间进行转换

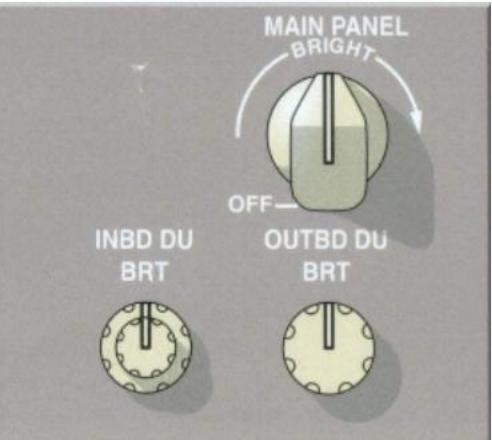


2 开关、继电器、电路断路器

1) 开关

民航飞机常见的开关主要有：

- ① 扳动开关
- ② 按钮开关
- ③ 旋转开关



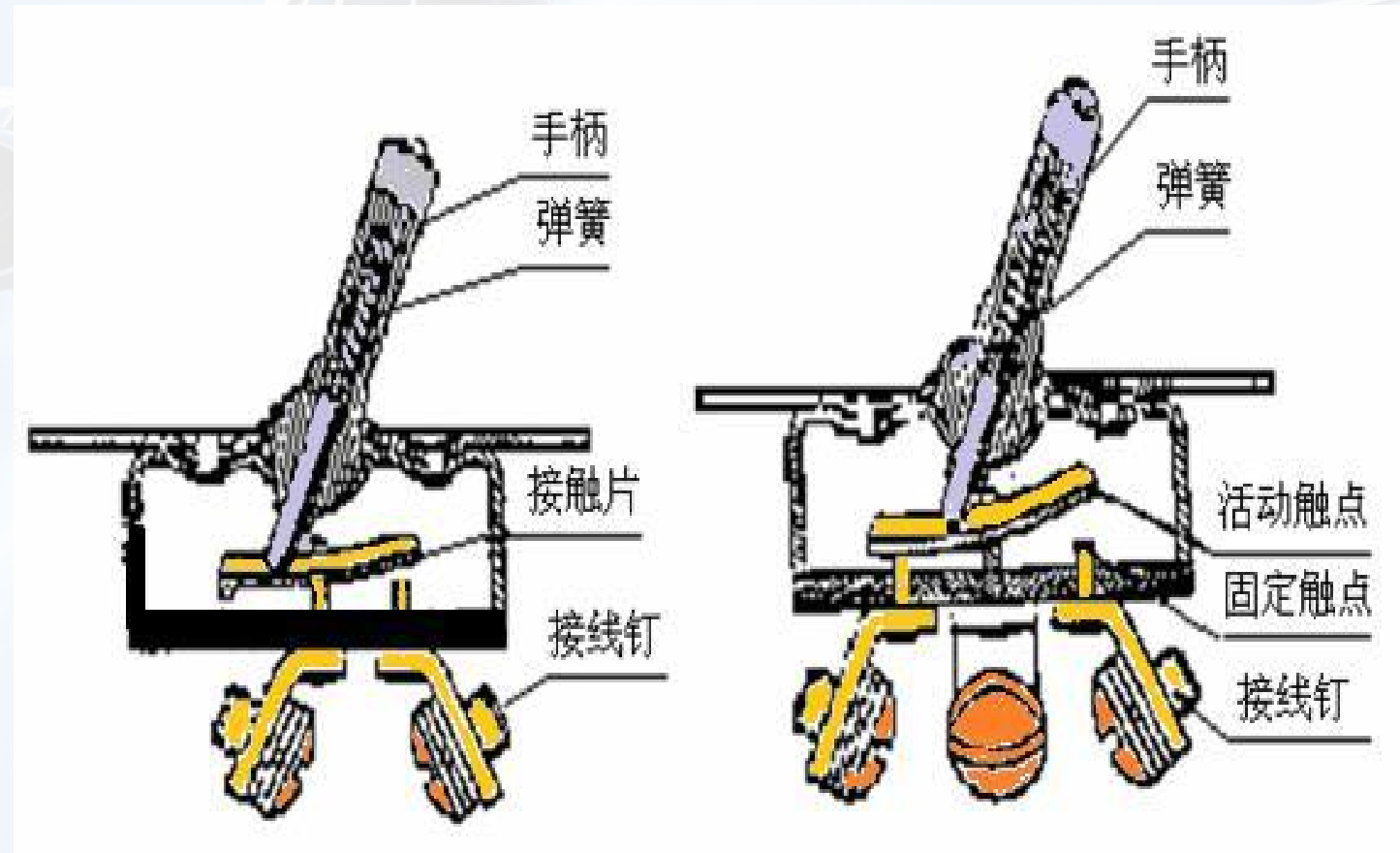
2 开关、继电器、电路断路器

1) 开关

(1) 扳动开关

也称扳钮开关或电门

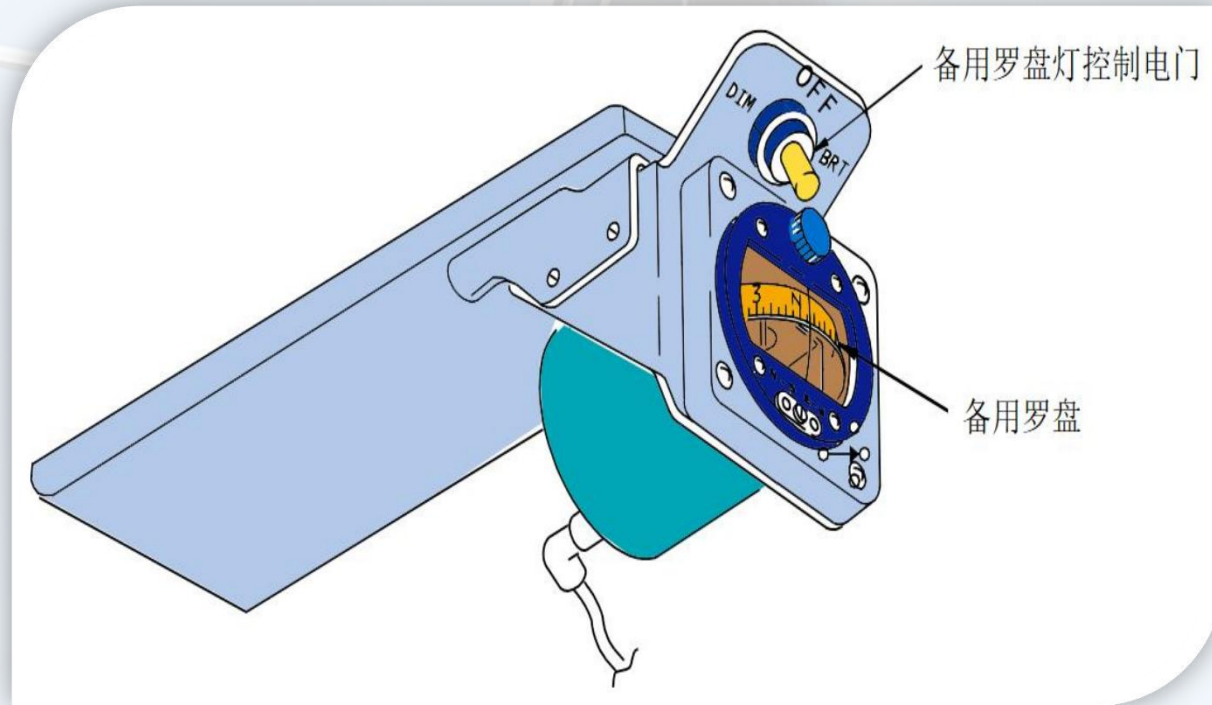
- 两位开关
- 三位开关



2 开关、继电器、电路断路器

1) 开关

(1) 扳动开关

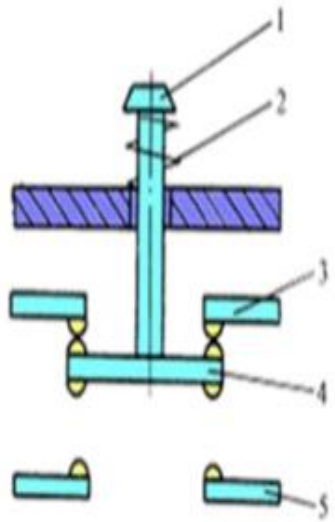
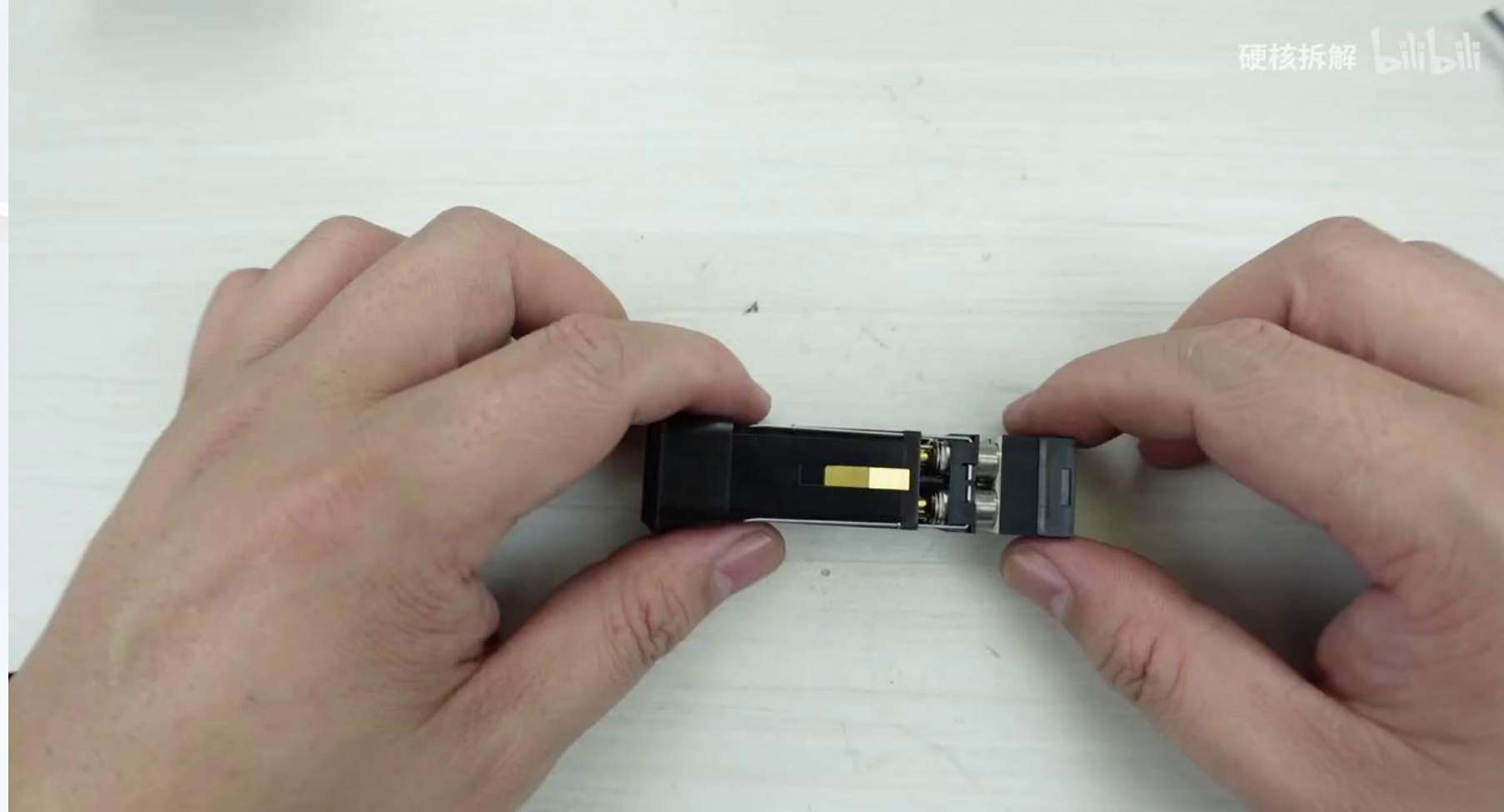


备用磁罗盘照明灯三位开关

2 开关、继电器、电路断路器

1) 开关

(2) 按钮开关

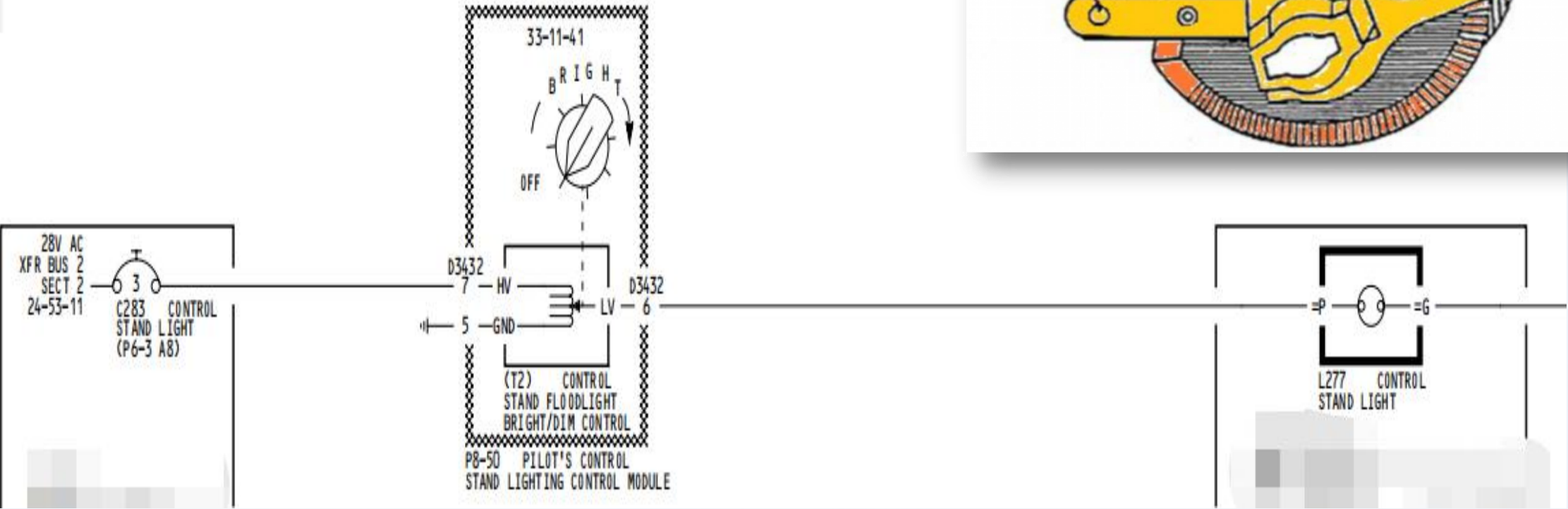
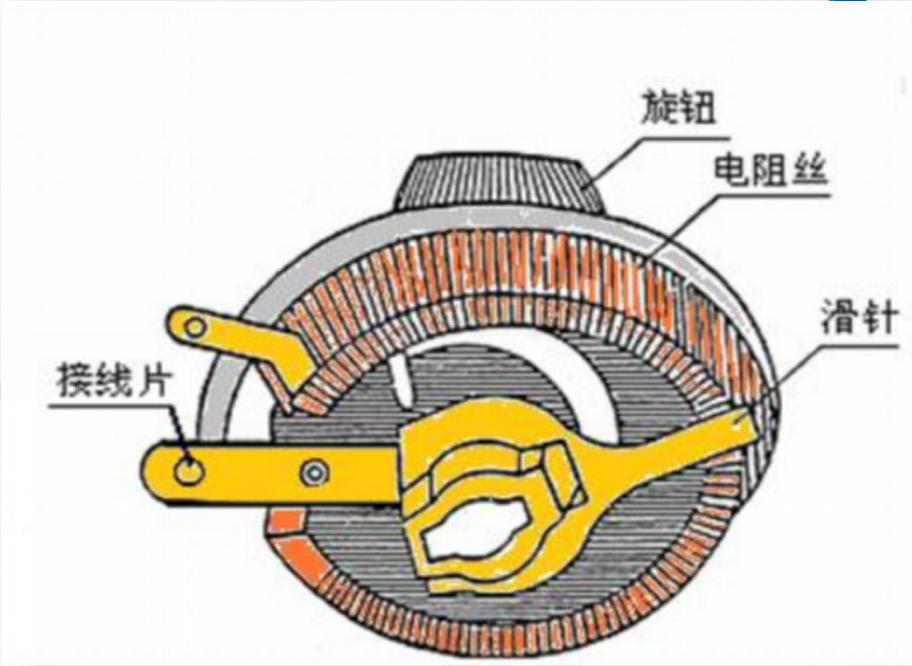


1-按钮帽 2-复位弹簧 3-4 常闭触点 4-5 常开触点

2 开关、继电器、电路断路器

1) 开关

(3) 旋转开关



2 开关、继电器、电路断路器

1) 开关

(4) 跳开关

- 跳开关：CB (Circuit Breaker)
- 按钮式的保险电门，用于电路过载时的保护
- 传统CB优势：
 - A.容易复位；
 - B.可以人工进行拔出或者按入跳开关来复位电路

额定电流为3A

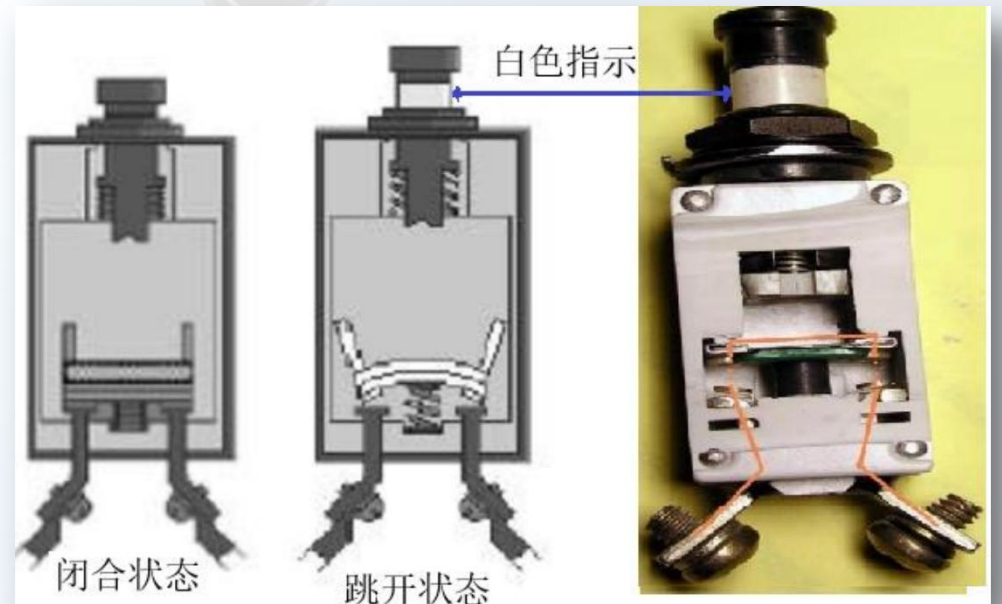
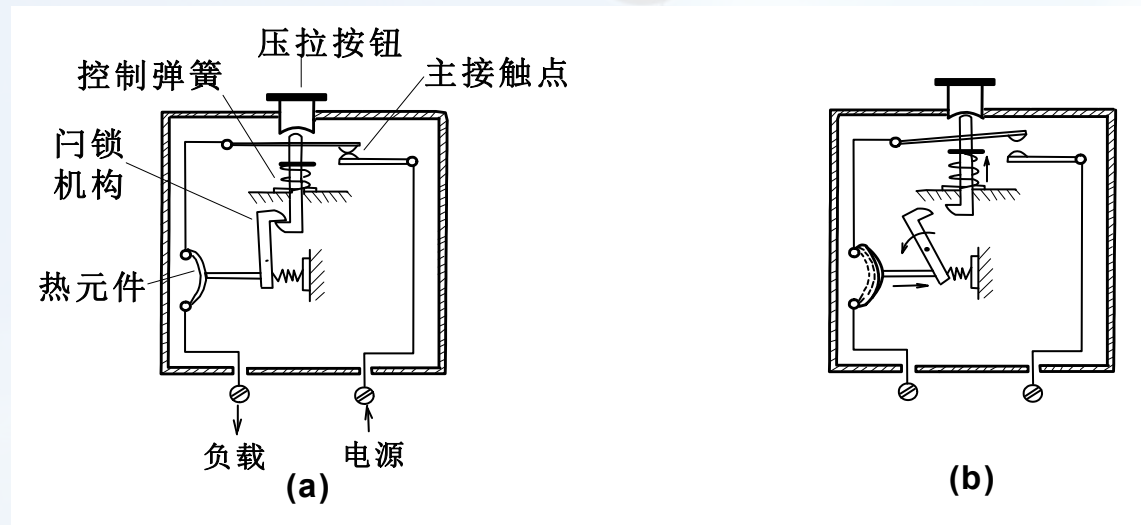


2 开关、继电器、电路断路器

1) 开关

(4) 跳开关

跳开关里面有两块金属片，当电流超过最大额定电流时电路发热，跳开关里面的两个金属片会受热变形使跳开关弹出，从而断开电路连接，起到断流保护电路的作用。



2 开关、继电器、电路断路器

1) 开关

(4) 跳开关

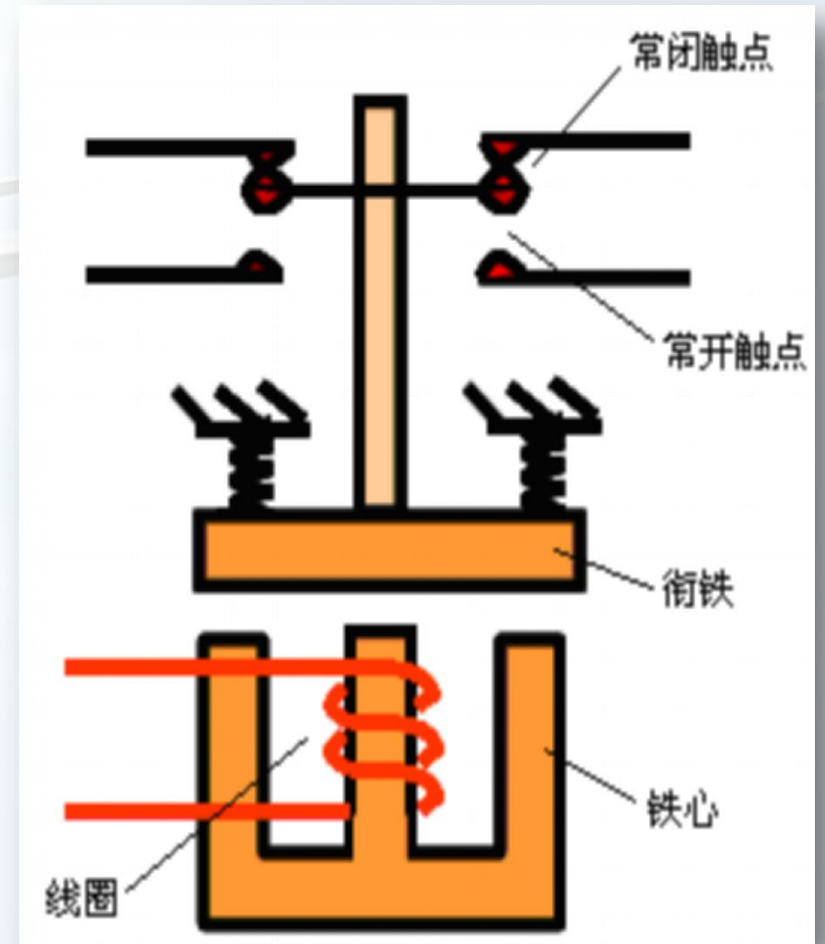
跳开关数字：跳开关工作的额定电流，当实际流过跳开关的电流超过这个阈值时，根据电流超限的大小，跳开关会立刻跳出或经过延迟后跳出。只有当双金属片恢复到原状时才可以复位，所以一般情况下建议在 CB 跳出后等 2 分钟再复位。



2 开关、继电器、电路断路器

2) 电路断路器

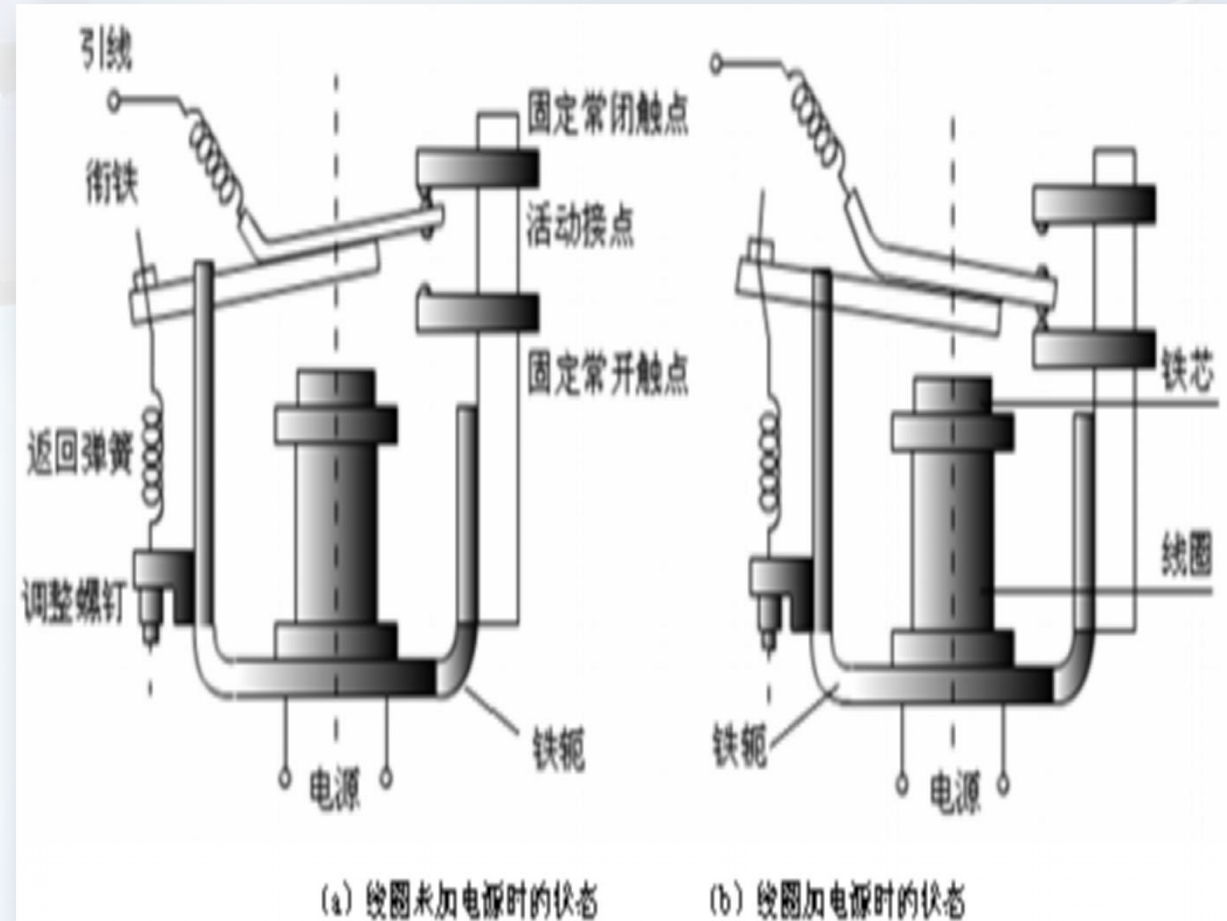
- 利用电磁铁来操纵活动触点，以控制电路的接通、断开或转换的电磁控制装置
- 主要**远程控制大功率电路**(工作电流大于25A)的工作



2 开关、继电器、电路断路器

3) 继电器

- 控制的电路功率小，能够在自动与遥控装置中实现电路的断开与闭合。
- 继电器具有灵敏度高、动作迅速、体积小、重量轻、寿命长，不易受电磁干扰等优点。
- 主要用于远程控制小功率电路(工作电流小于 25A)的工作。



小结：

1. 扳动开关、按钮开关、旋转开关和跳开关的各自结构组成和功用；
2. 电路断路器的结构、组成和工作原理；
3. 继电器的结构、组成及其工作原理。



3.3.10.7 配电系统

目录

1

主交流配电系统、主直流系统和
应急配电系统



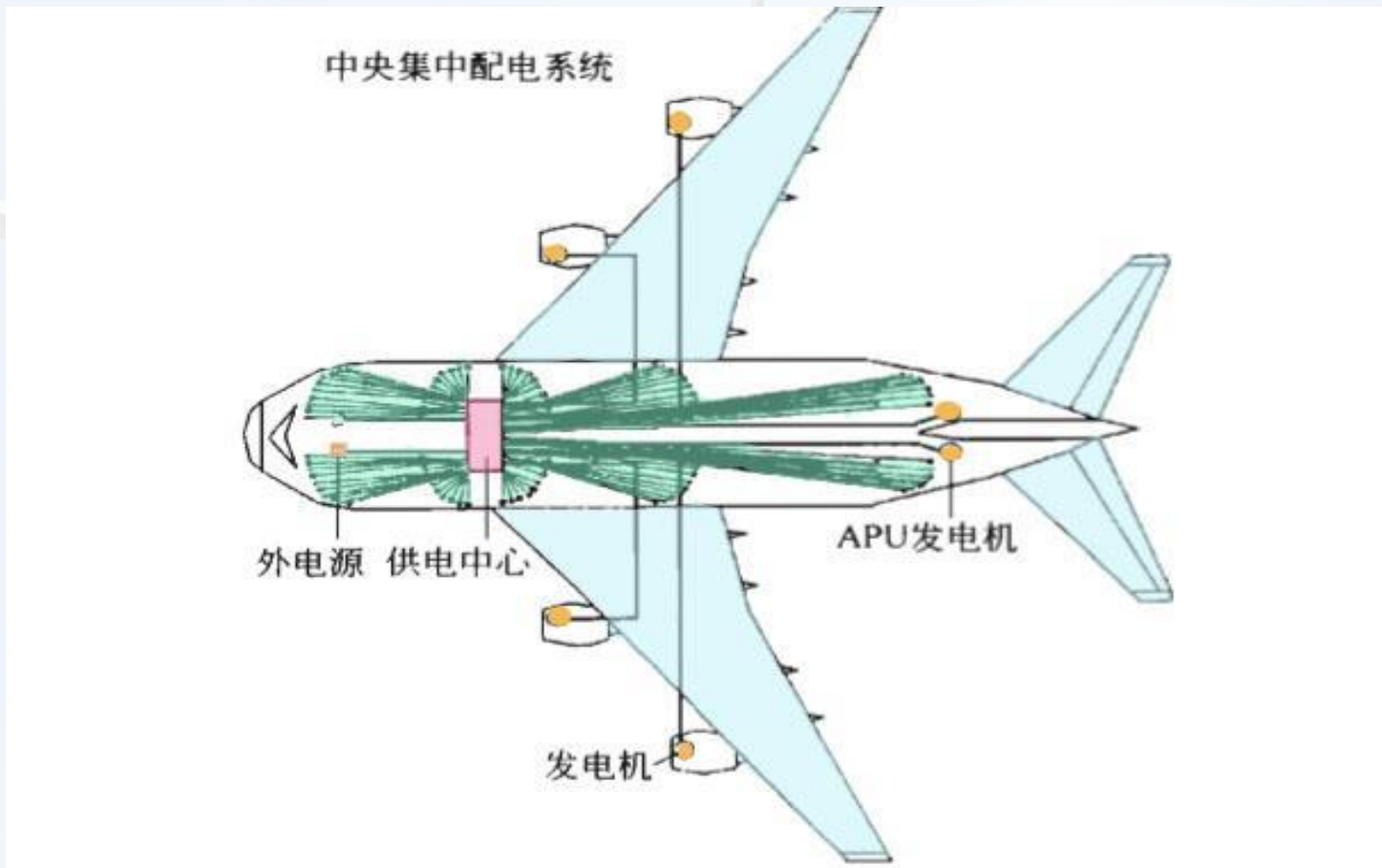
1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

- 汇流条 (BUS):把电能输送到各种负载的公共点
- 飞机配电系统就是以多个汇流条为基础,采用导线及电缆等将电能按照预定的路径分配到飞机的各个部位。

1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

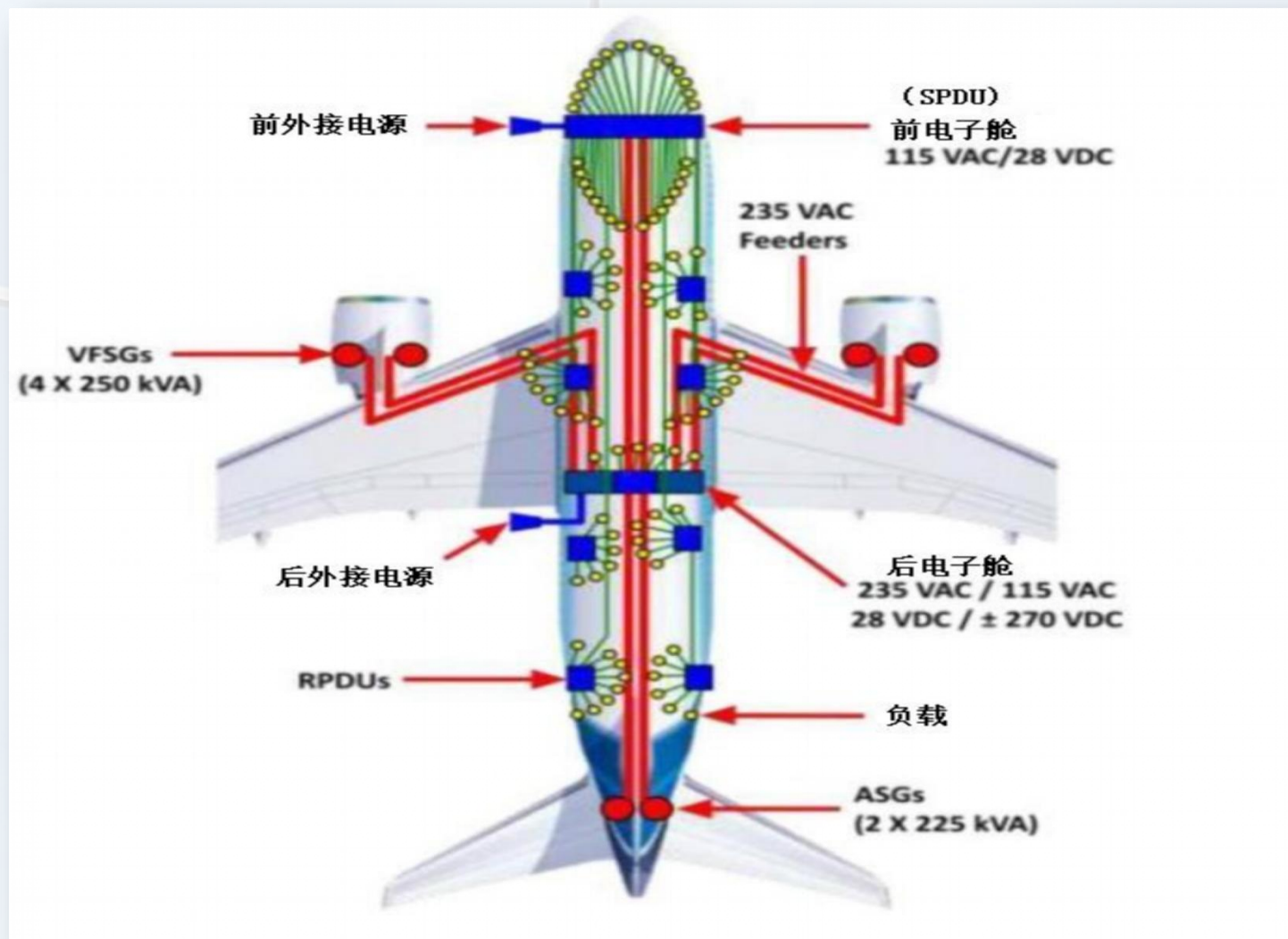


1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统



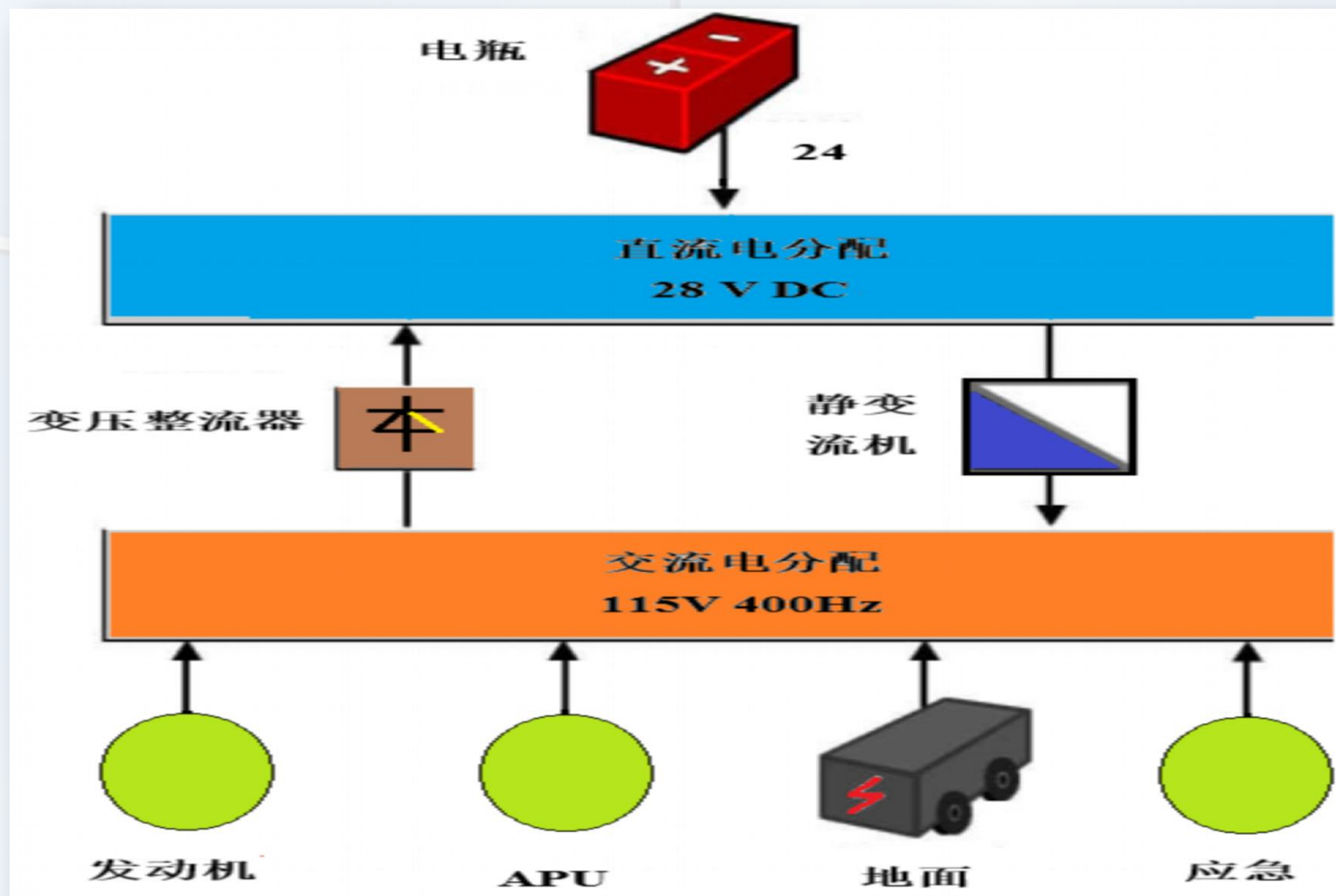
中央集中配电系统

1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统



分布式配电系统

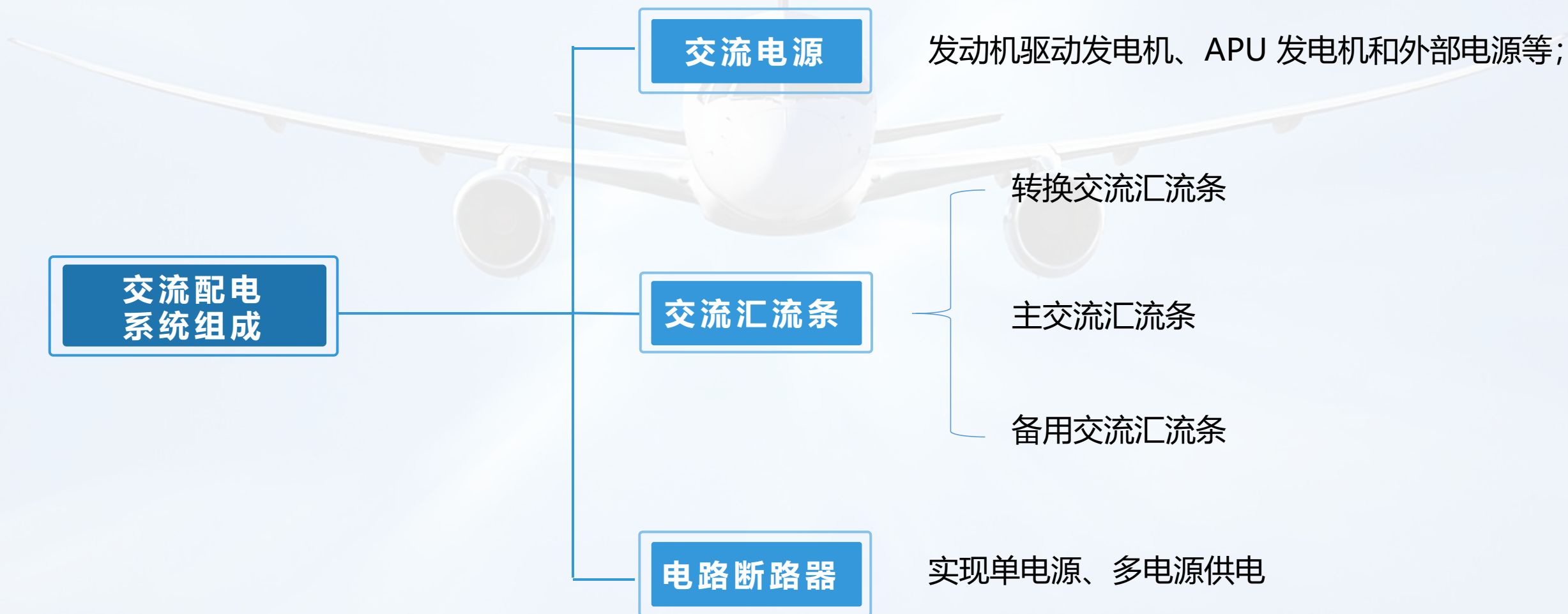
1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统



典型的飞机配电网

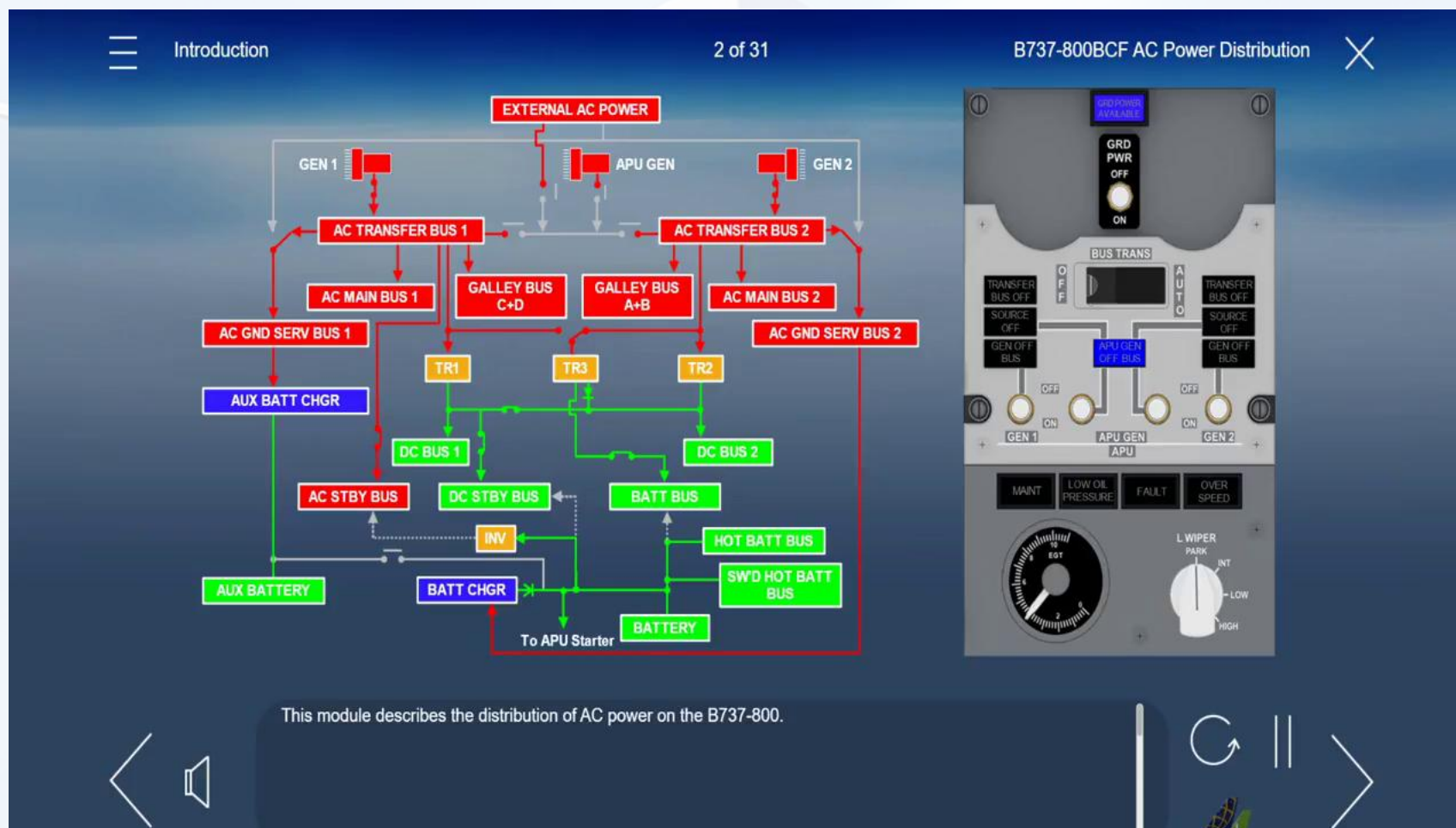
1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 交流配电系统



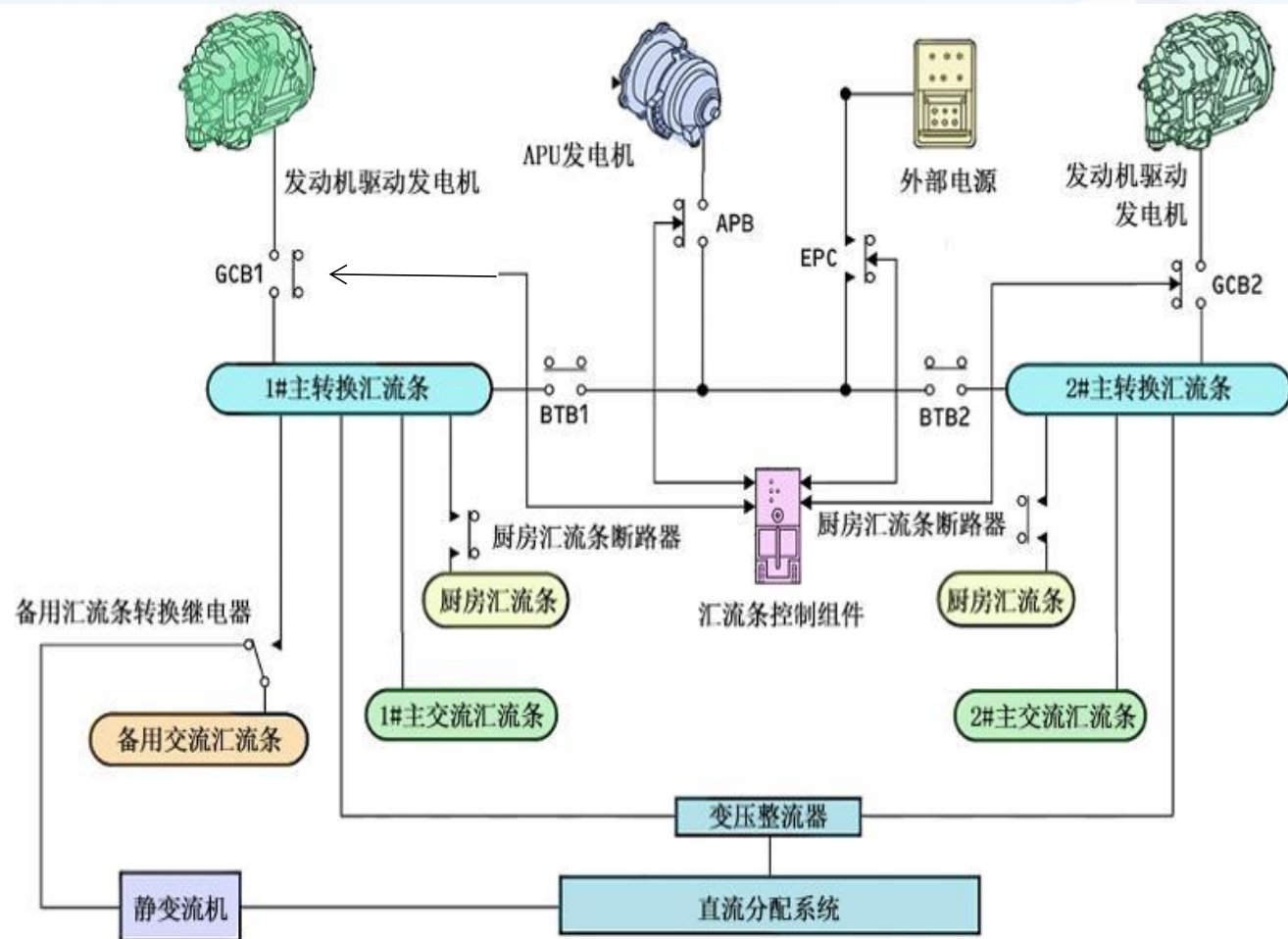
1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 交流配电系统



1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 交流配电系统



典型单电源配电系统

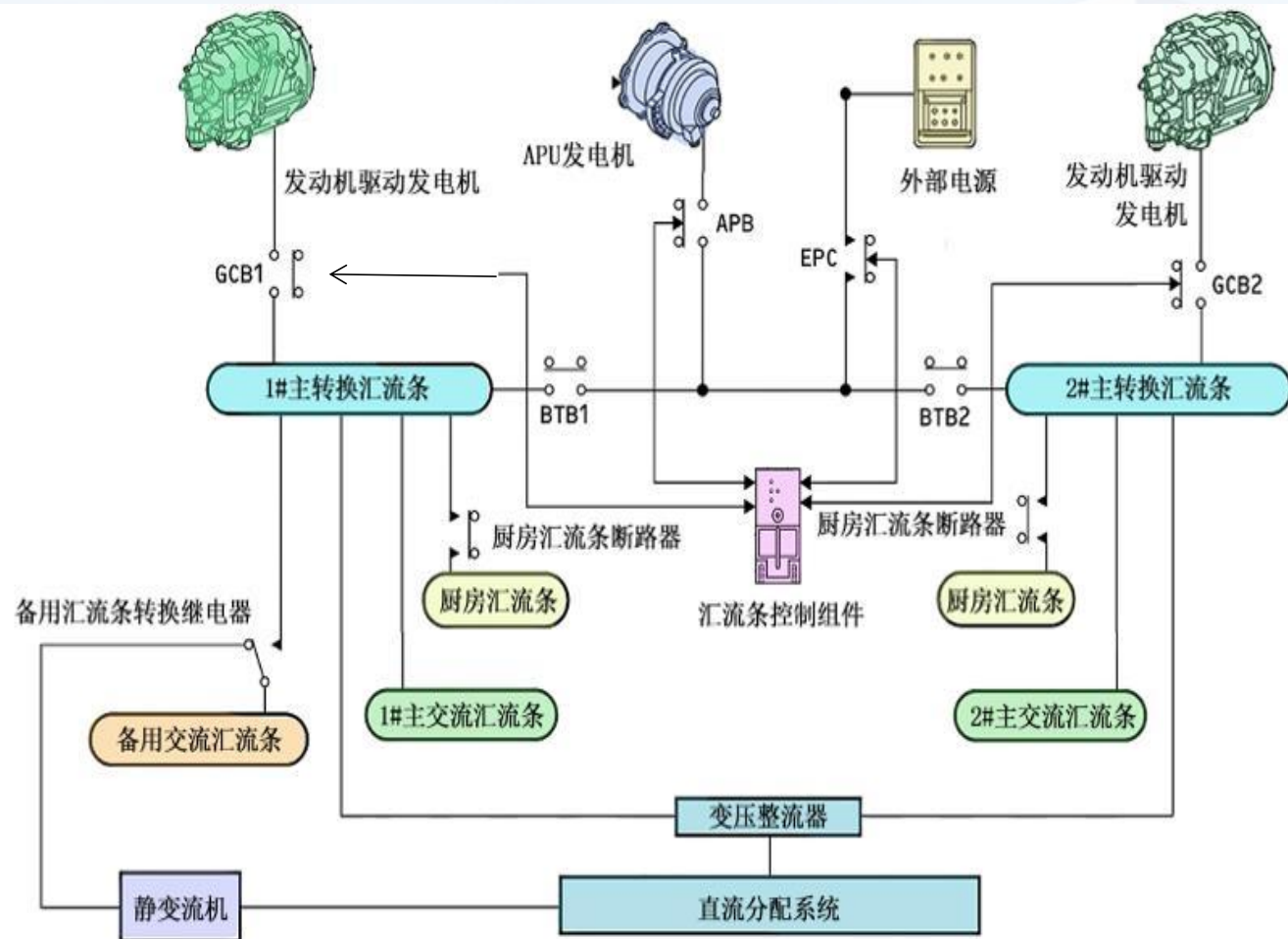
(1) 外部电源供电构型

断开 GCB1、GCB2和 APB

闭合 EPC、BTB1 和 BTB2

1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 交流配电系统



典型单电源配电系统

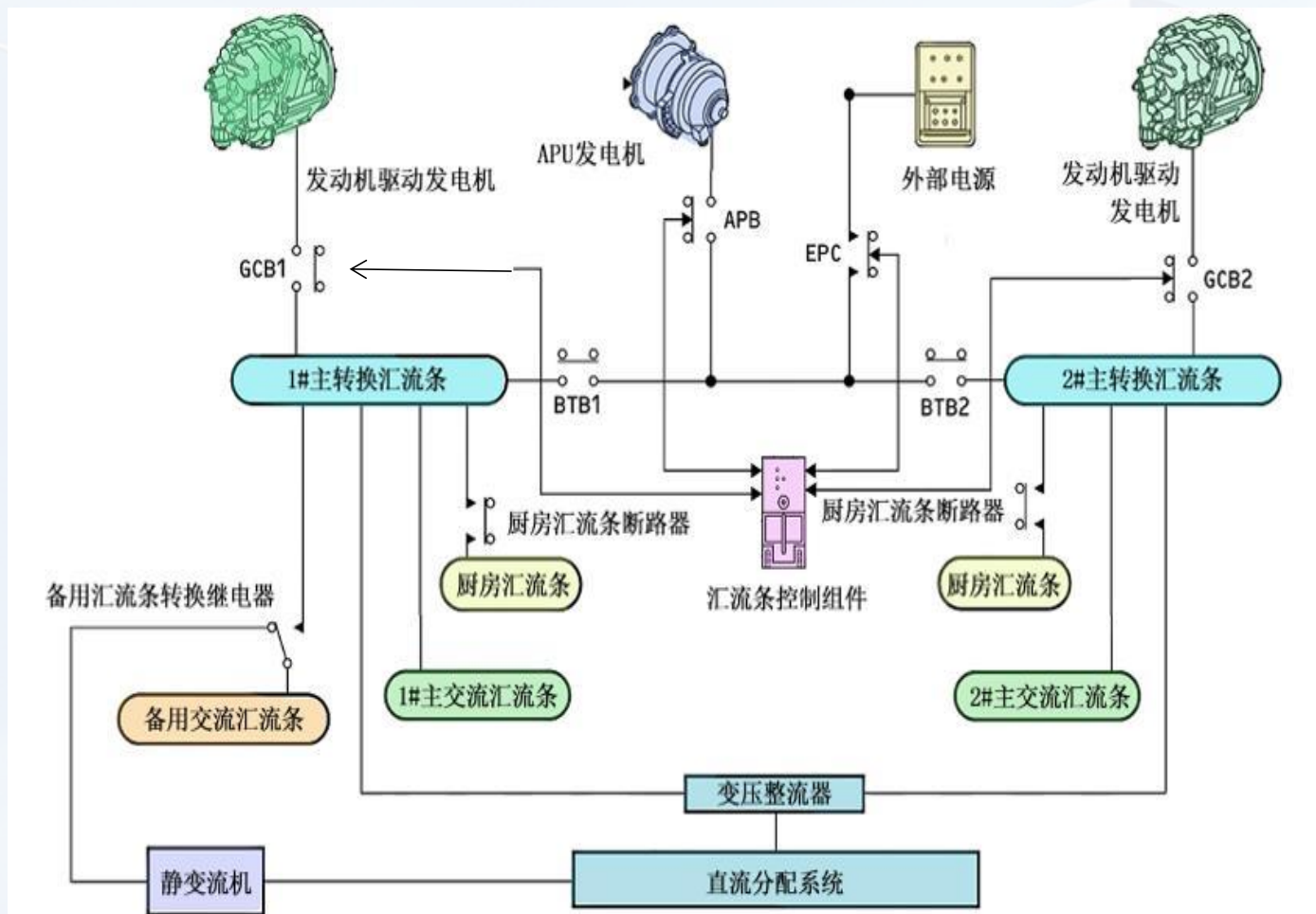
(2) APU供电构型

断开 GCB1、GCB2 和 EPC

闭合 APB、BTB1 和 BTB2

1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 交流配电系统



典型单电源配电系统

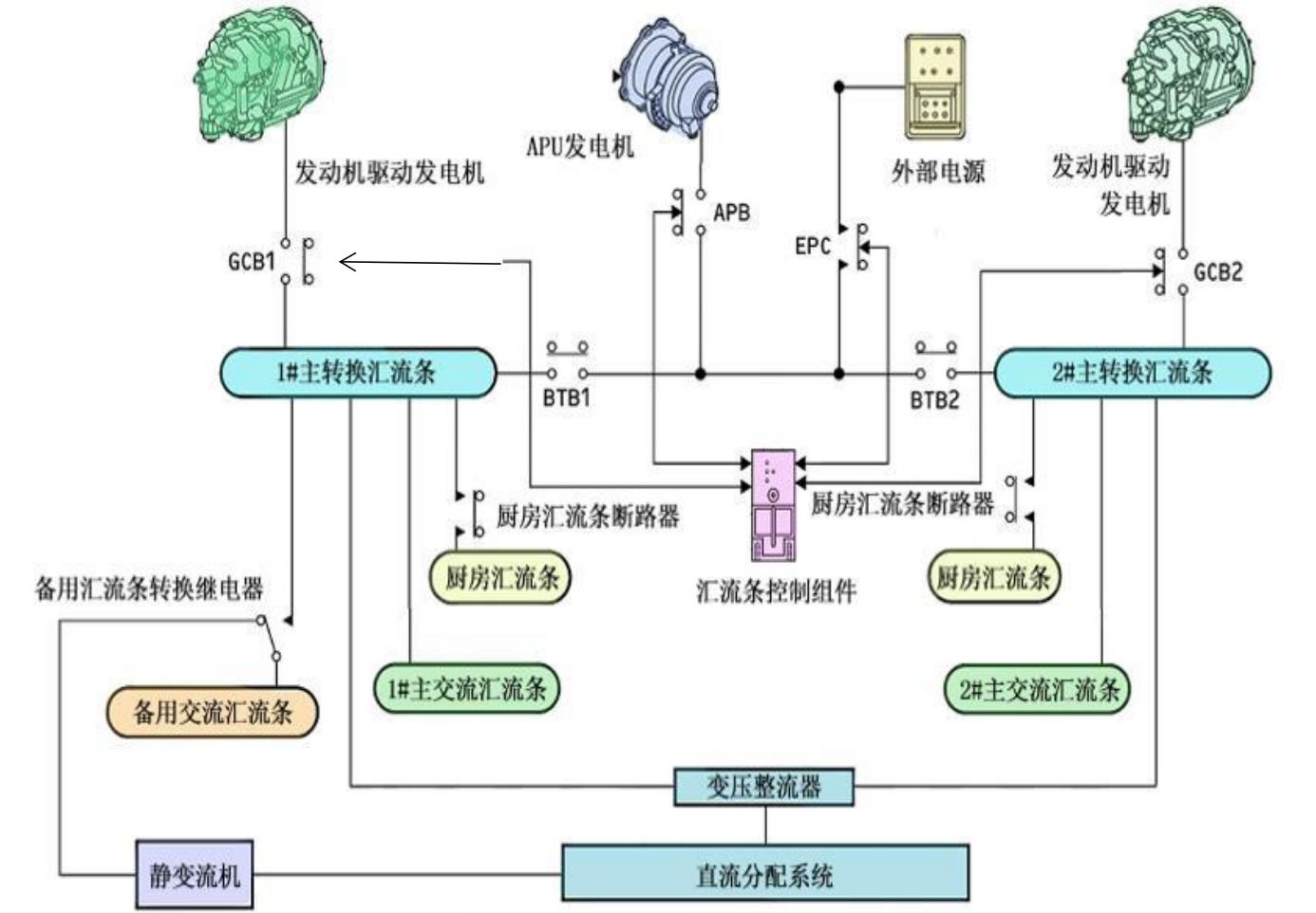
(3) 1 台发动机驱动发电机供电构型

断开APB,EPC 和对侧发动机的GCB

闭合 BTB1 和 BTB2

1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 交流配电系统



典型单电源配电系统

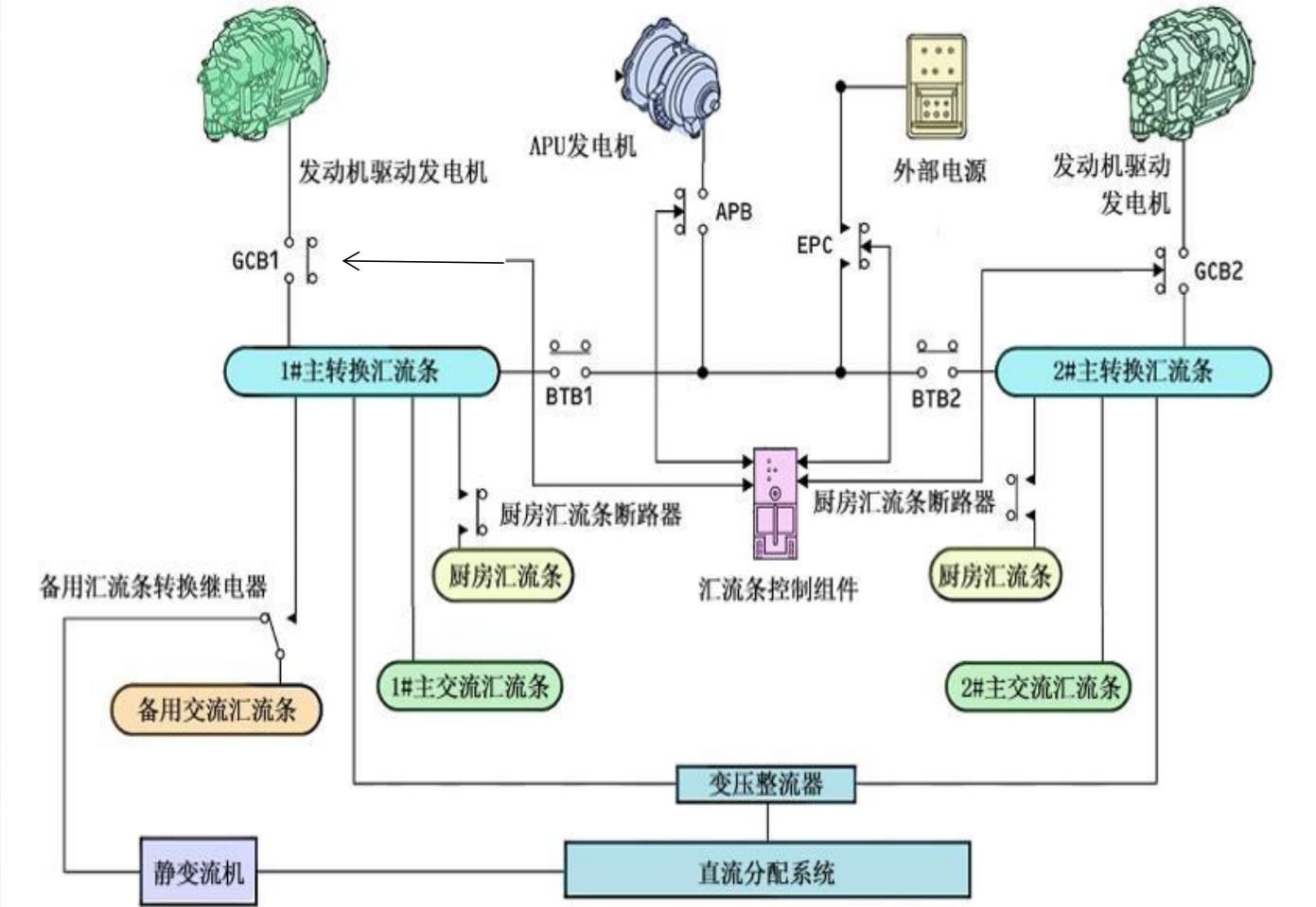
(4) 2台发动机驱动发电机供电构型

断开APB,EPC

闭合BTB1 和 BTB2

1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 交流配电系统



典型单电源配电系统

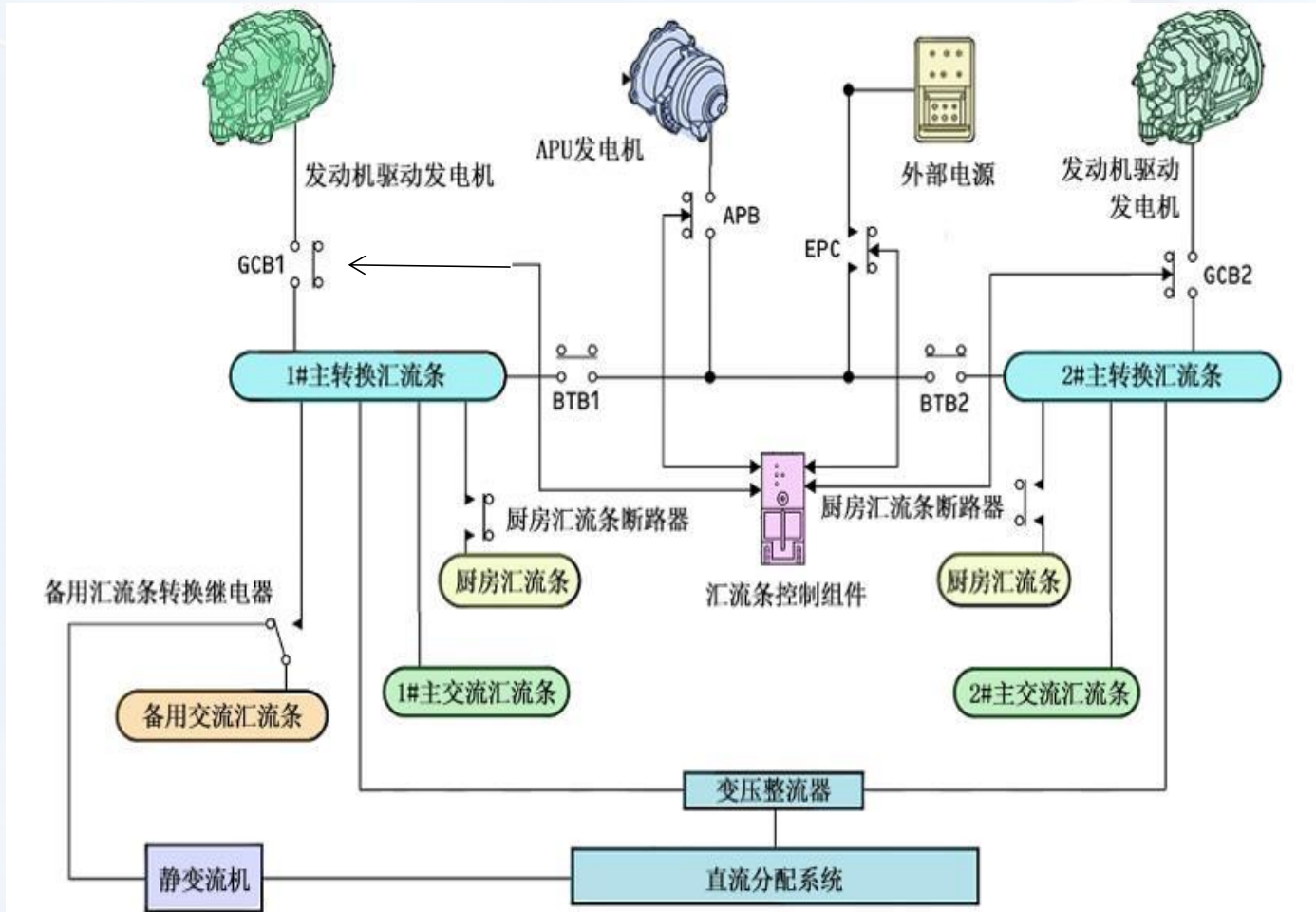
(5) 备用交流汇流条的供电

飞机交流电网工作正常时：备用汇流条转换继电器断开，备用交流汇流条从1#转换汇流条得电。

飞机交流电网供电异常时，备用汇流条转换继电器接通，备用交流汇流条通过静变流机获得由飞机电瓶转化的交流电。

1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 交流配电系统



典型单电源配电系统

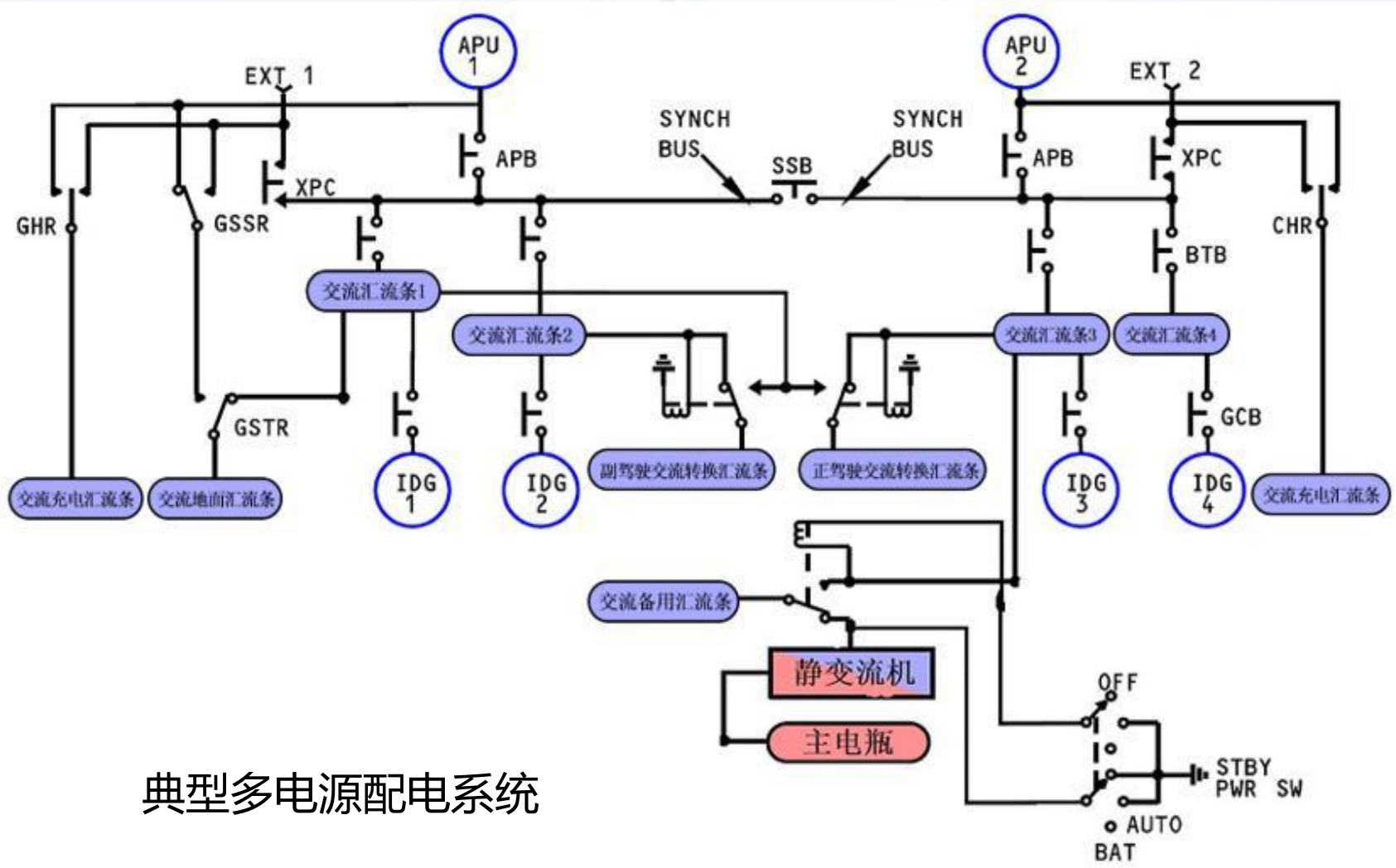
(6) 厨房汇流条的卸载

- 通过厨房汇流条断路器由转换汇流条供电
- 过载时断开厨房汇流条断路器以切断厨房的供电；如果仍然存在过载，过载发电机的 GCB 将断开，并且相应的汇流条断路器(BTB)锁定在断开位置



1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

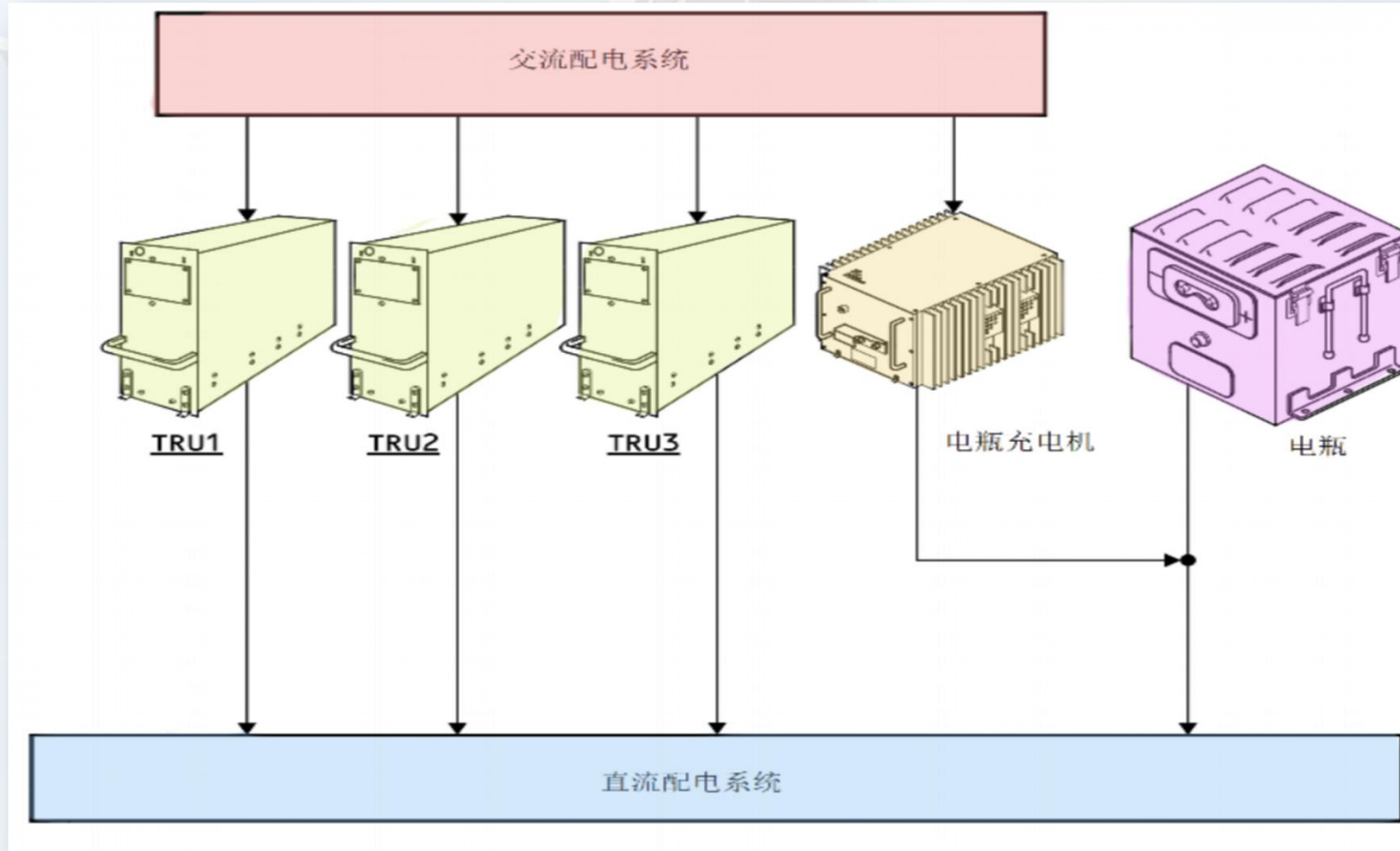
1) 交流配电系统



1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

2) 直流配电系统

(1) 直流供电系统的基本构成



1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

2) 直流配电系统

(2) 直流供电系统网络

737-800直流电供电逻辑概述 熟肉 2 of 16 B737-800BCF DC Power Distrib

EXTERNAL AC POWER

GEN 1 APU GEN GEN 2

AC TRANSFER BUS 1 AC TRANSFER BUS 2

AC MAIN BUS 1 GALLEY BUS C+D GALLEY BUS A+B AC MAIN BUS 2

AC GND SERV BUS 1 AC GND SERV BUS 2

AUX BATT CHGR TR1 CROSS TIE RELAY TR3 TR2

DC BUS 1 DC BUS 2

AC STBY BUS DC STBY BUS BATT BUS

AUX BATTERY INV HOT BATT BUS

BATT CHGR BATTERY To APU Starter SWD HOT BATT BUS

GRD PWR OFF ON

BUS TRANS OFF AUTO

TRANSFER BUS OFF TRANSFER BUS OFF TRANSFER BUS OFF

SOURCE OFF SOURCE OFF SOURCE OFF

GEN OFF BUS APU GEN OFF BUS GEN OFF BUS

GEN 1 APU GEN GEN 2

MAINT LOW OIL PRESSURE FAULT OVER SPEED

L WIPER PARK INT LOW HIGH

This module describes the distribution of DC power on the B737-800.

1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

2) 直流配电系统

(2) 直流供电系统网络

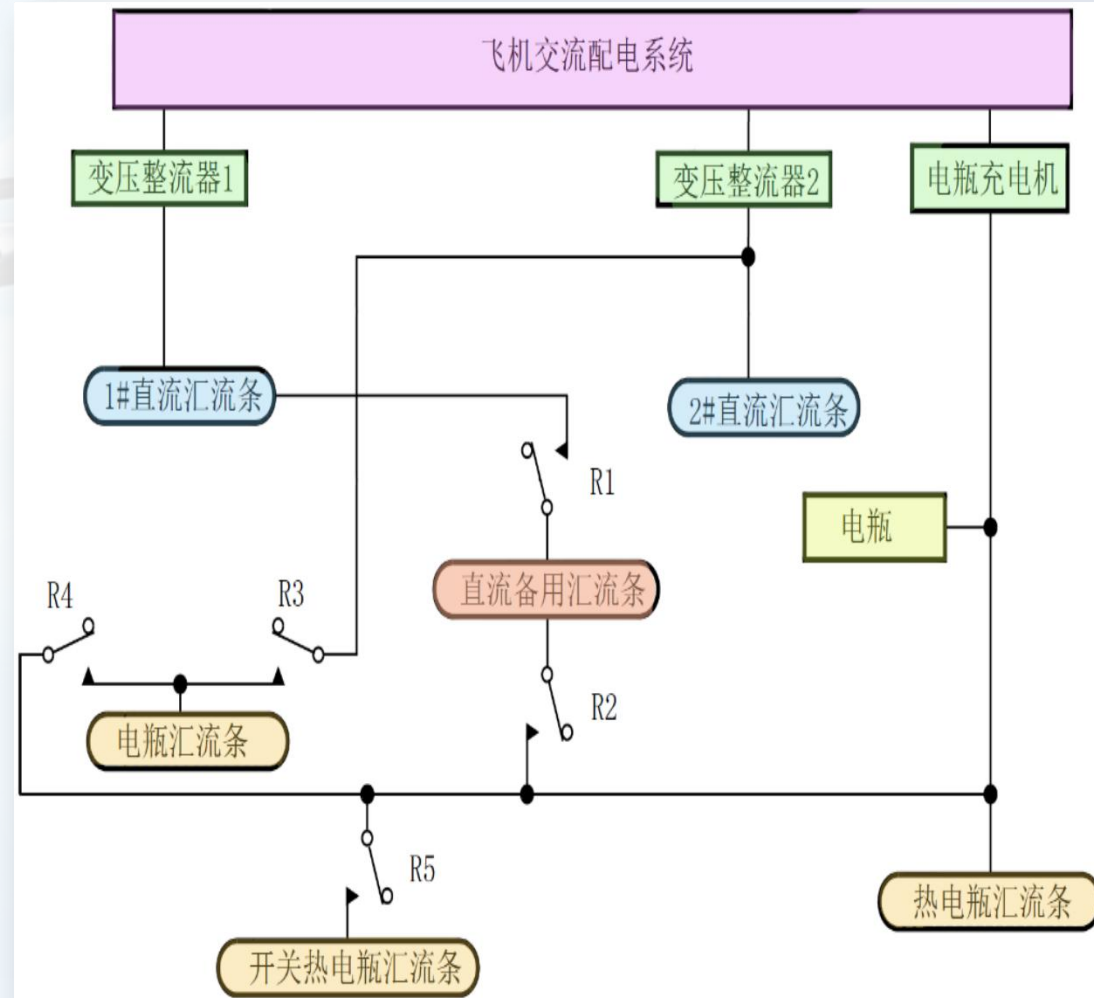
① 热电瓶汇流条

直接和电瓶相连，给不能断电的设备供电。

② 开关热电瓶汇流条

通断受驾驶舱电瓶电门的控制，电瓶电门处于 ON 位时，R5 继电器闭合：

- 飞机交流配电系统有电时，从电瓶充电机得电
- 飞机交流配电系统没有电时，由电瓶供电



1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

2) 直流配电系统

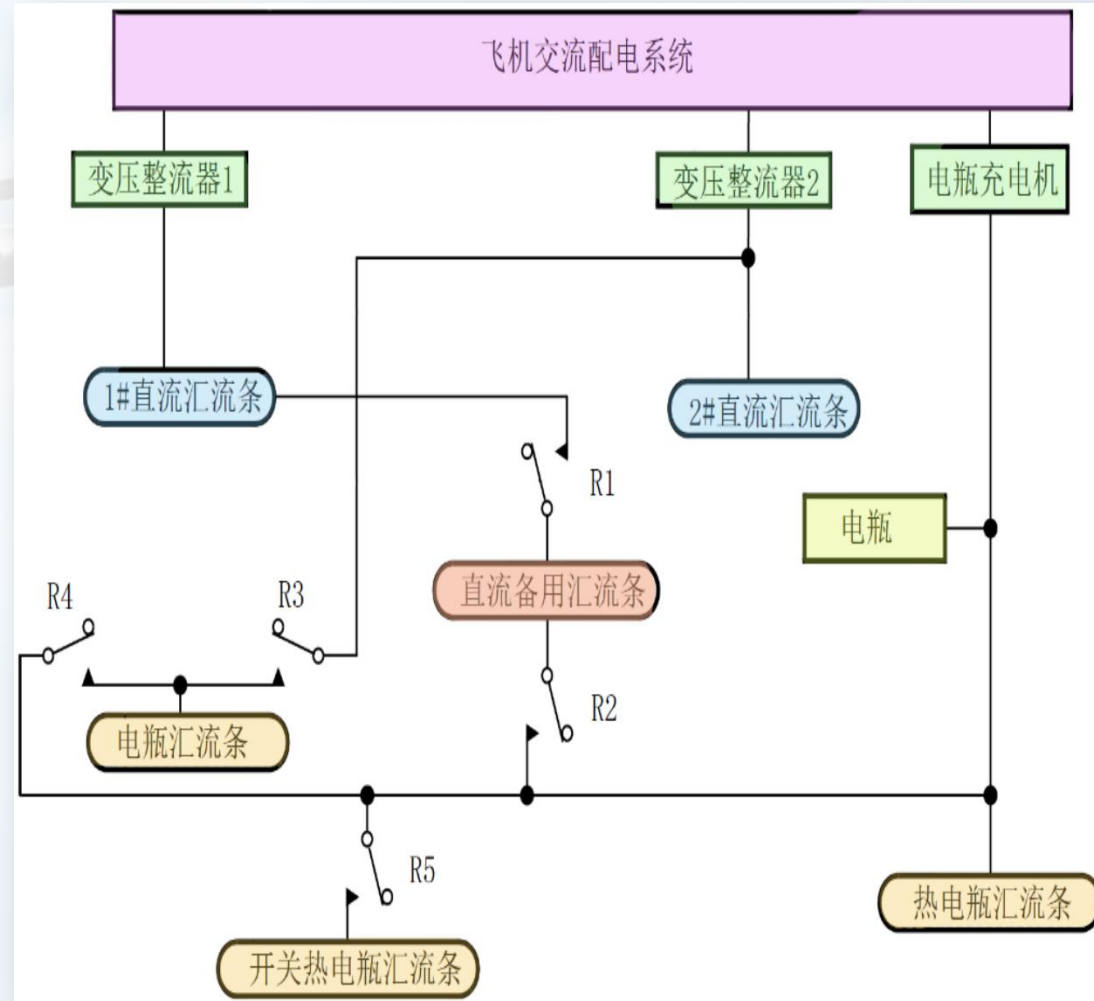
(2) 直流供电系统网络

③ 电瓶汇流条

既可以由变压整流器供电，也可以由电瓶供电

④ 直流备用汇流条

既可以由 1# 直流汇流条供电，也可由电瓶供电



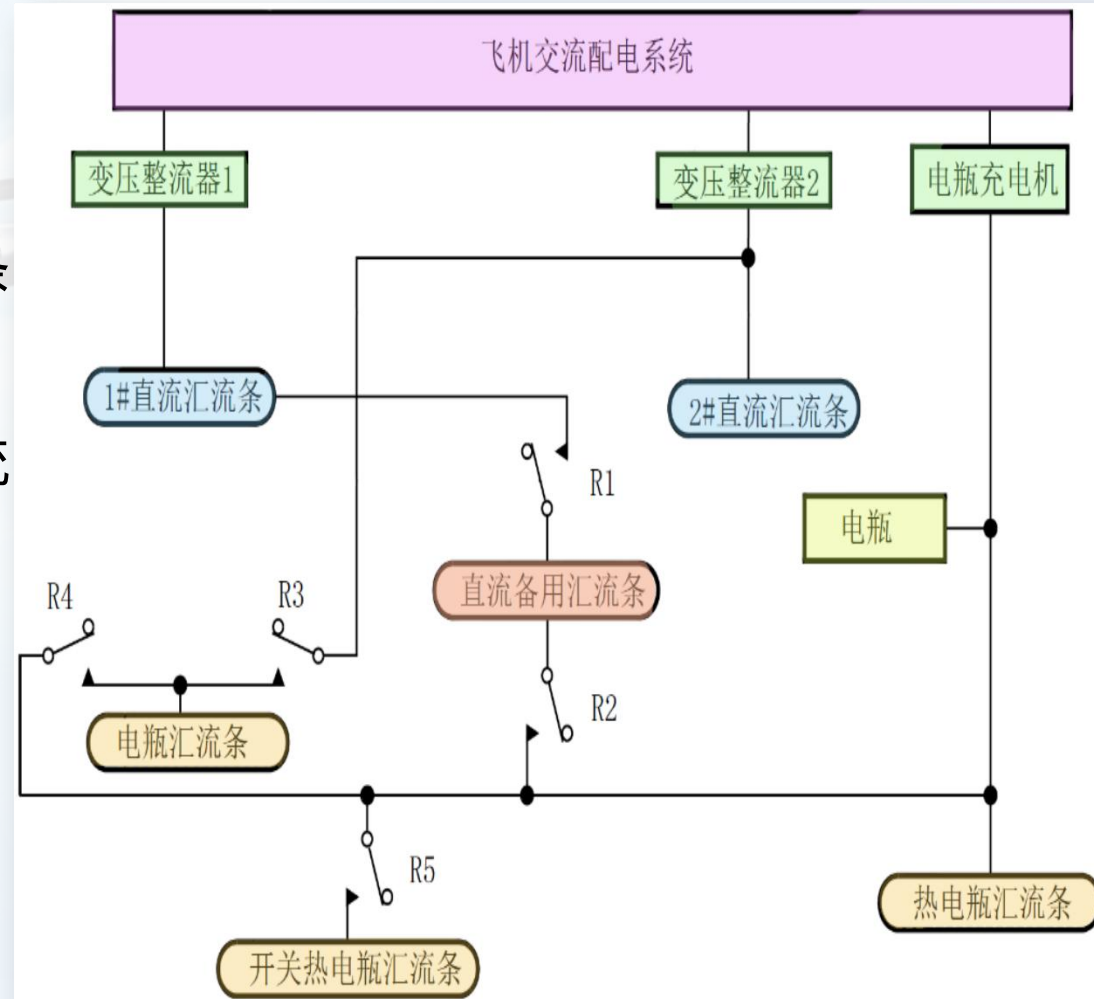
1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

2) 直流配电系统

(2) 直流供电系统网络

⑤ 直流汇流条

- 飞机交流配电系统有电时，1#和2#直流汇流条通过变压整流器获得电。
- 飞机交流配电系统没有电时，1#和2#直流汇流条断电。



1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

3) 应急配电系统

应急配电系统
组成

应急电源

- ① 电瓶;
- ② 冲压空气涡轮驱动的应急发电机

应急汇流条

- ① 应急直流汇流条
- ② 应急交流流汇流条

1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

3) 应急配电系统



1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

3) 应急配电系统

冲压空气涡轮驱动应急发电机有两种方式：

- ① 直接驱动应急发电机发电；
- ② 驱动应急液压泵产生液压，然后由液压去驱动应急发电机，这样就可以通过控制进入到应急发电机的液压流量来控制应急发电机的转速，从而达到控制应急发电机发电的频率。



1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

3) 应急配电系统

冲压空气涡轮驱动应急发电机受飞机空速的影响，当冲压空气涡轮无法驱动应急发电机发电的时候，应急直流汇流条和应急交流汇流条，分别由电瓶和静变流机供电。



小结：

1. 典型配电方式有哪两种？
2. 交流配电系统的组成、功用；
3. 典型单电源配电系统的组成和工作；
4. 典型多电源配电系统的结构组成和工作；
5. 直流配电系统的基本组成和功用；
6. 应急配电系统的类型和主要功用。

A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane in flight, viewed from a front-quarter perspective, centered in the background.

3.3.10.8 典型飞机电源系统维护介绍

目录

1

典型飞机电源系统部件识别

2

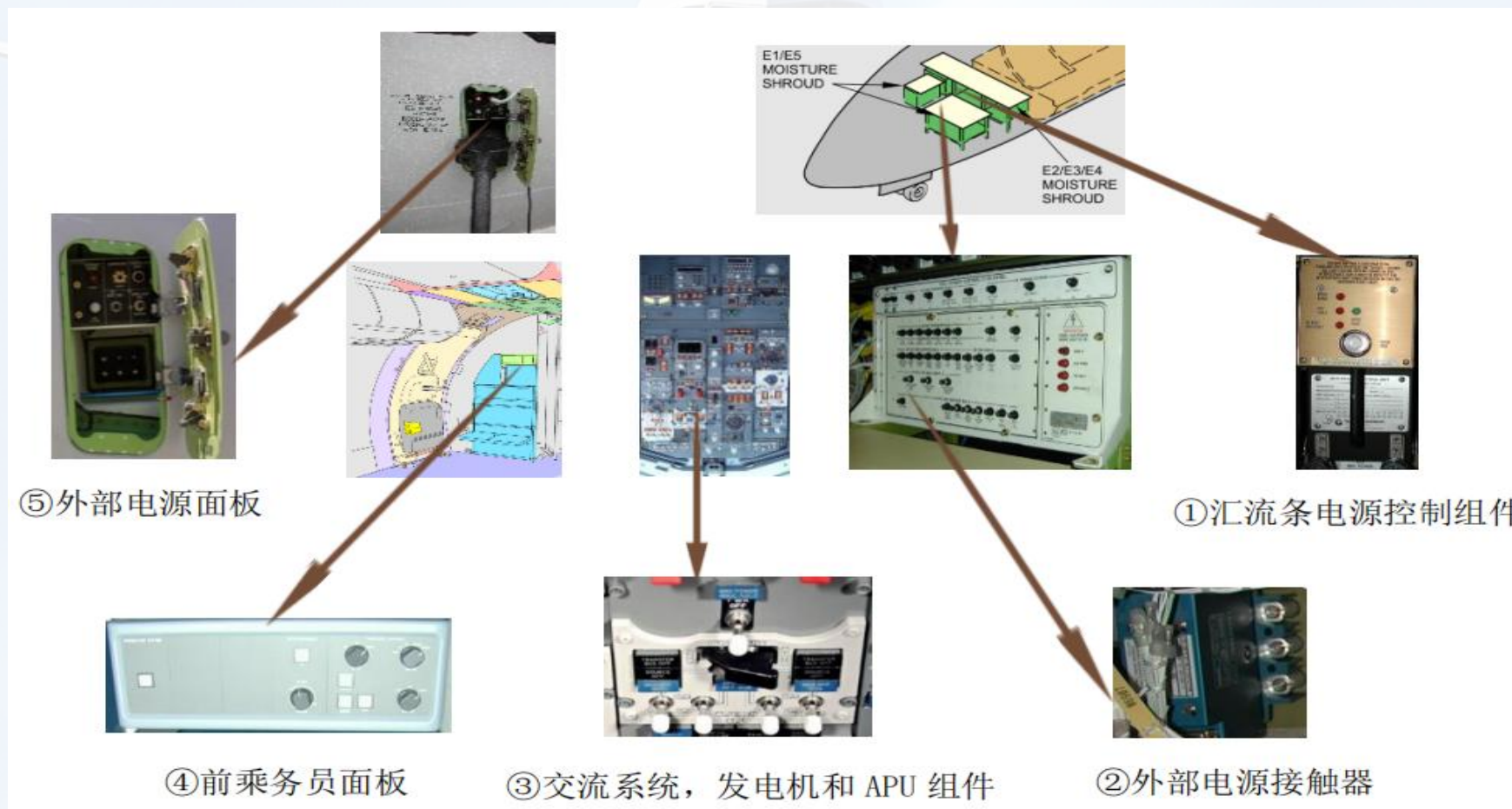
典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项



1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 典型飞机电源系统及部件识别:

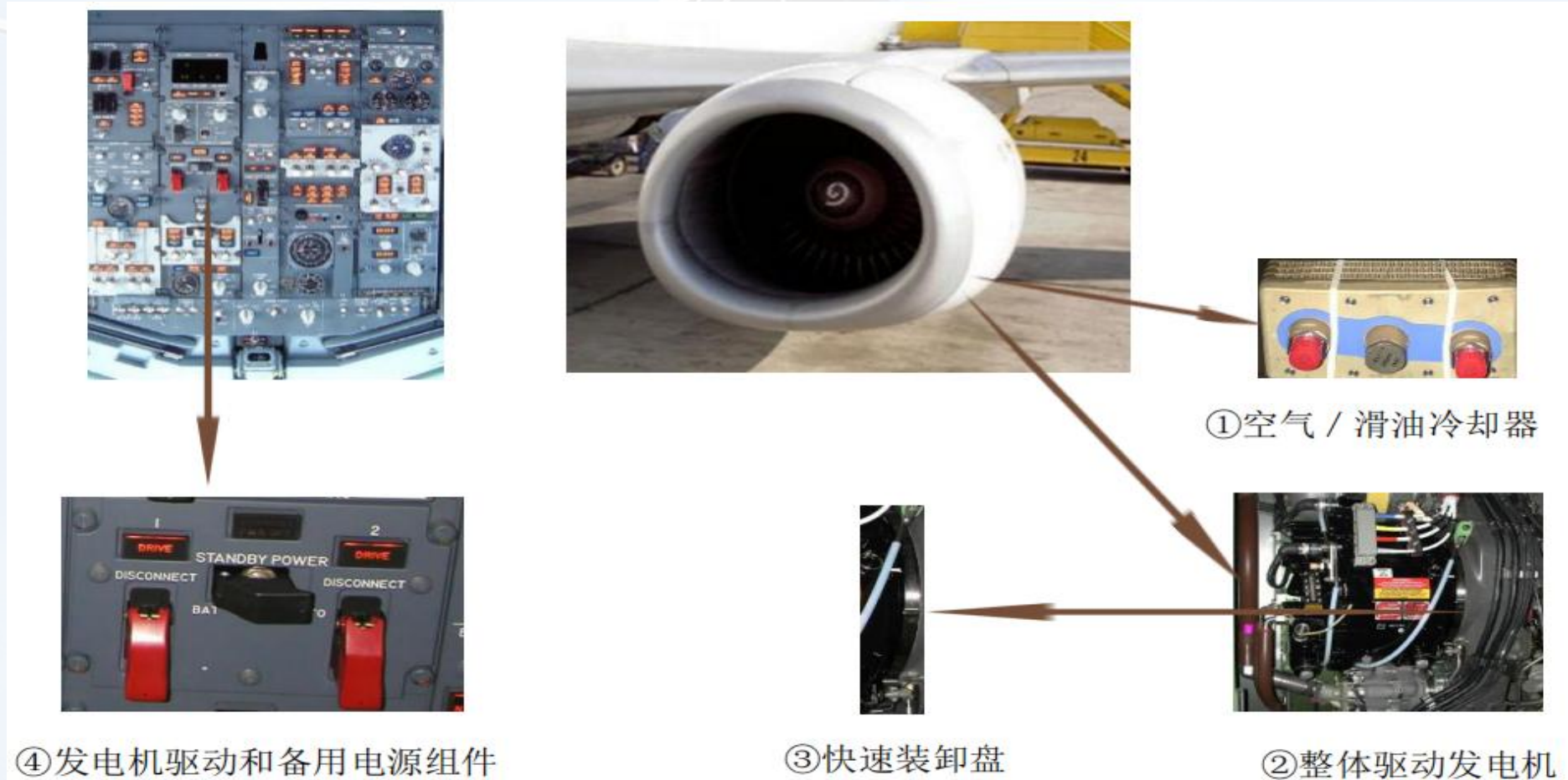
(1) B737NG 飞机外部电源统部件识别:



1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 典型飞机电源系统及部件识别:

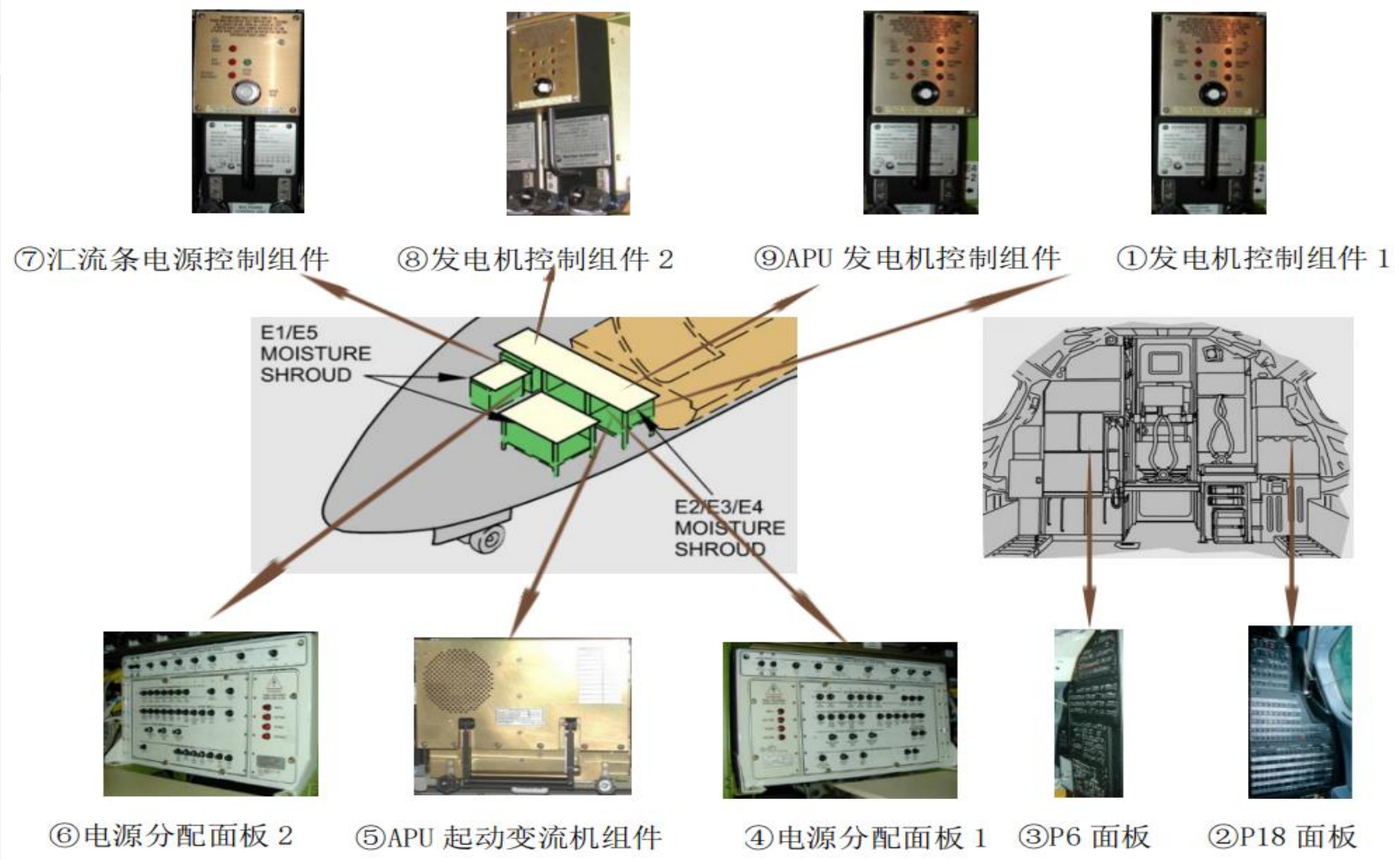
(2) B737 飞机发电机驱动系统部件识别:



1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 典型飞机电源系统及部件识别:

(3) B737 飞机交流电源系统部件识别:

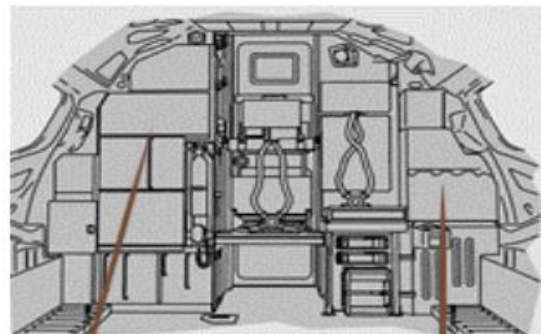


1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 典型飞机电源系统及部件识别:

(4) B737 飞机直流电源系统部件识别:

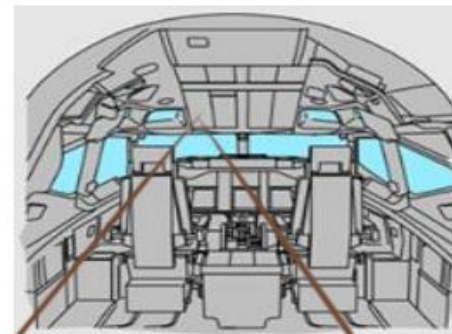
① B737 飞机直流电源系统驾驶舱部件识别:



① P6 面板



② P18 面板



③ 电气仪表、电瓶和厨房电源组件



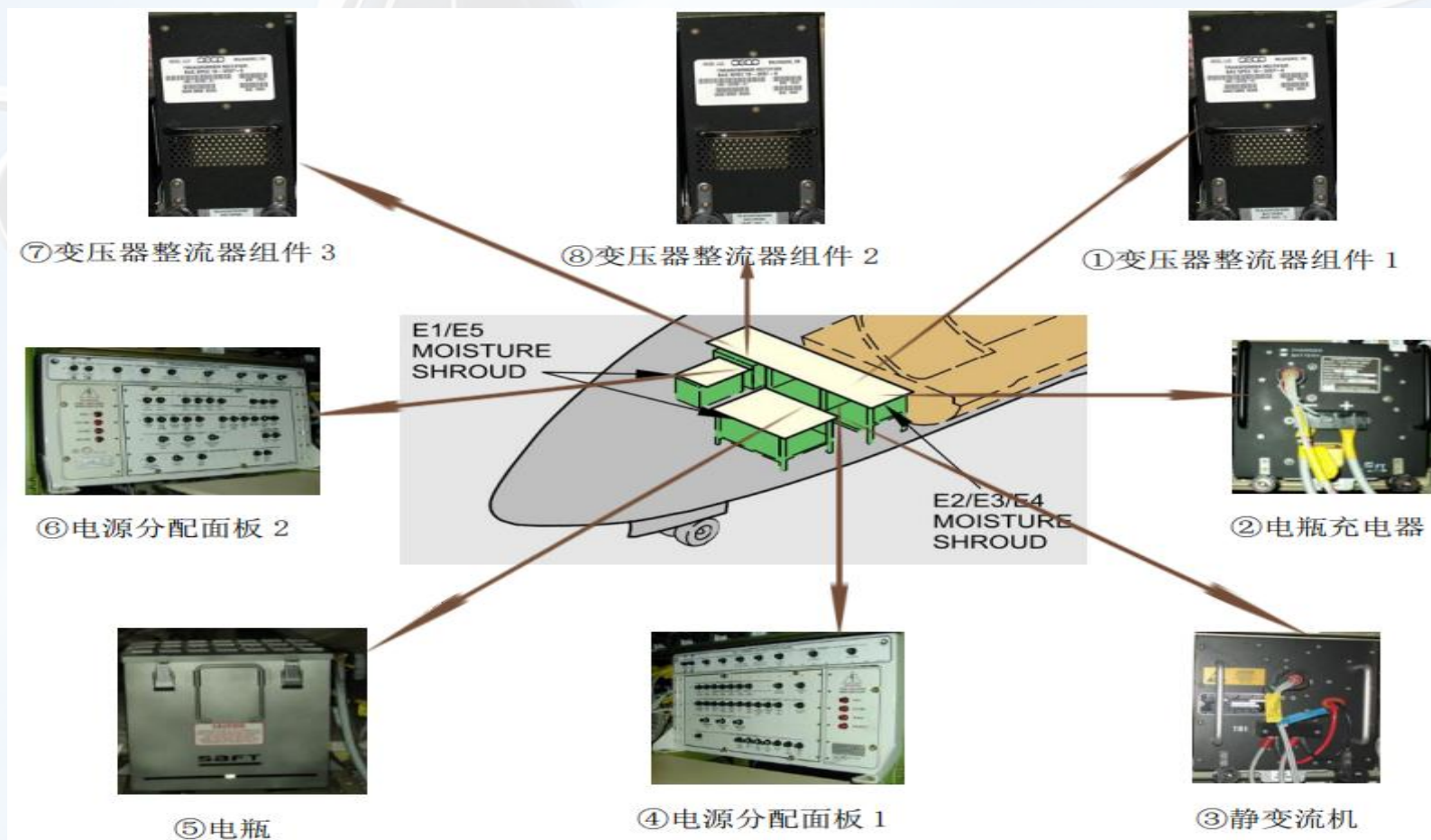
④ 发电机驱动和备用电源组件

1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 典型飞机电源系统及部件识别:

(4) B737 飞机直流电源系统部件识别:

② B737 飞机直流电源系统电子舱部件识别:

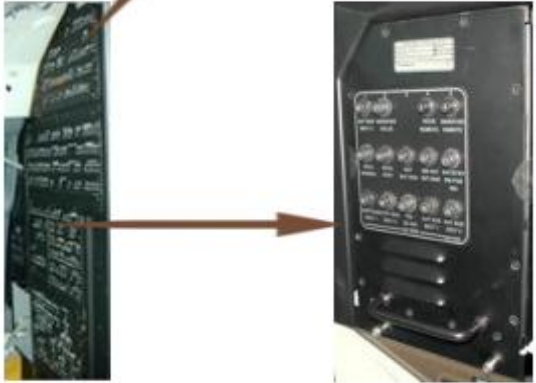
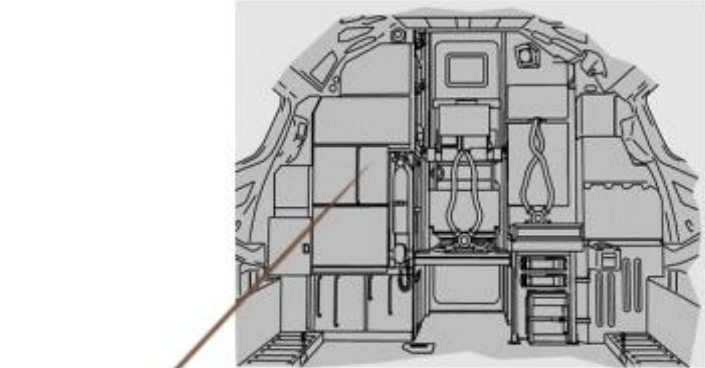


1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

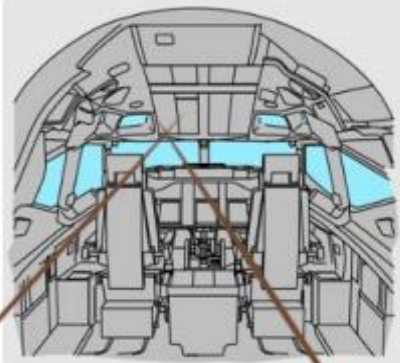
1) 典型飞机电源系统及部件识别:

(5) B737 飞机备用电源系统部件识别:

① B737 备用电源系统驾驶舱部件识别:



①备用电源控制组件



②电气仪表、电瓶和厨房电源组件



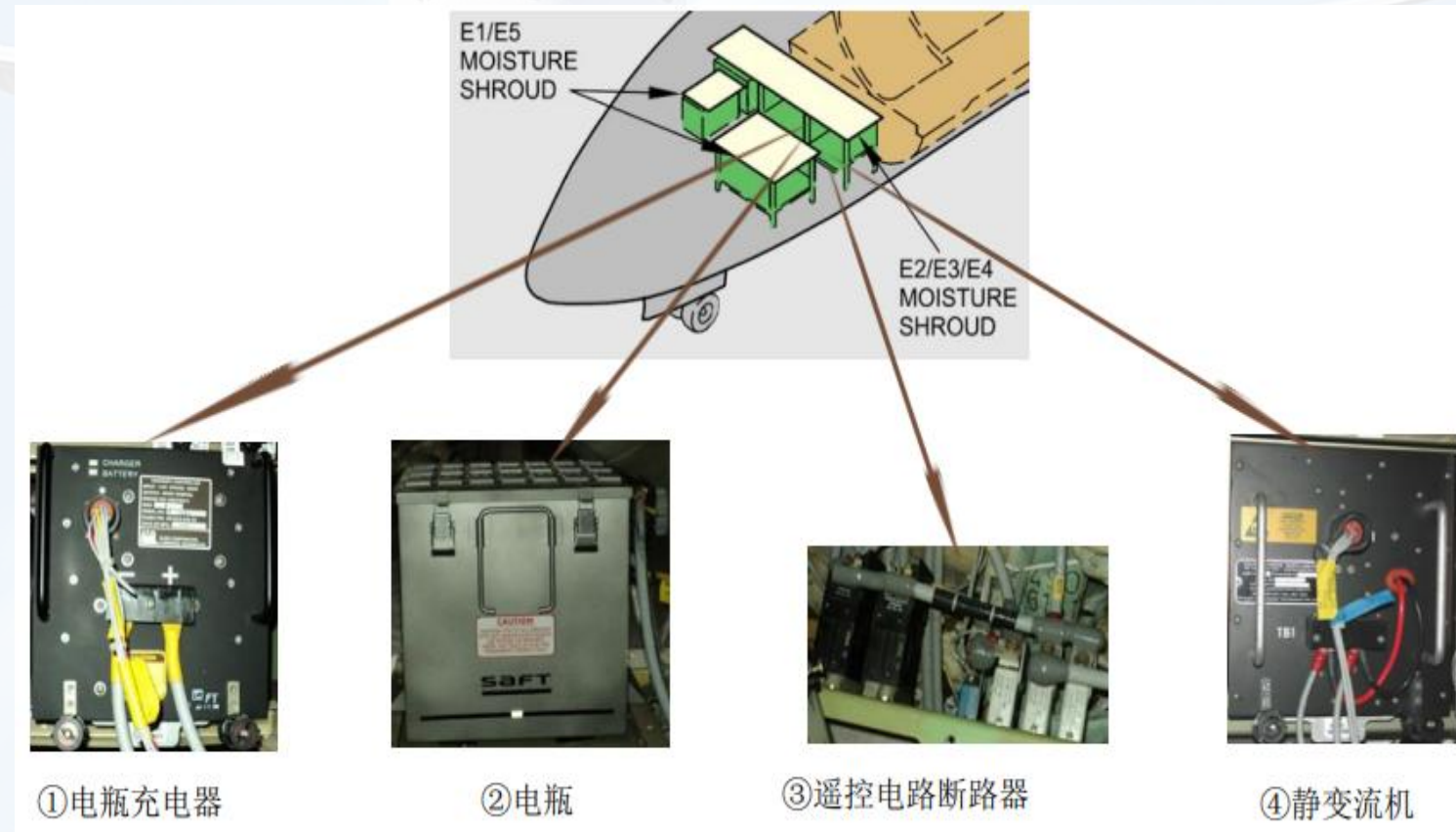
③发电机传动和备用电源组件

1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 典型飞机电源系统及部件识别:

(5) B737 飞机备用电源系统部件识别:

② B737 备用电源系统电子舱部件识别:

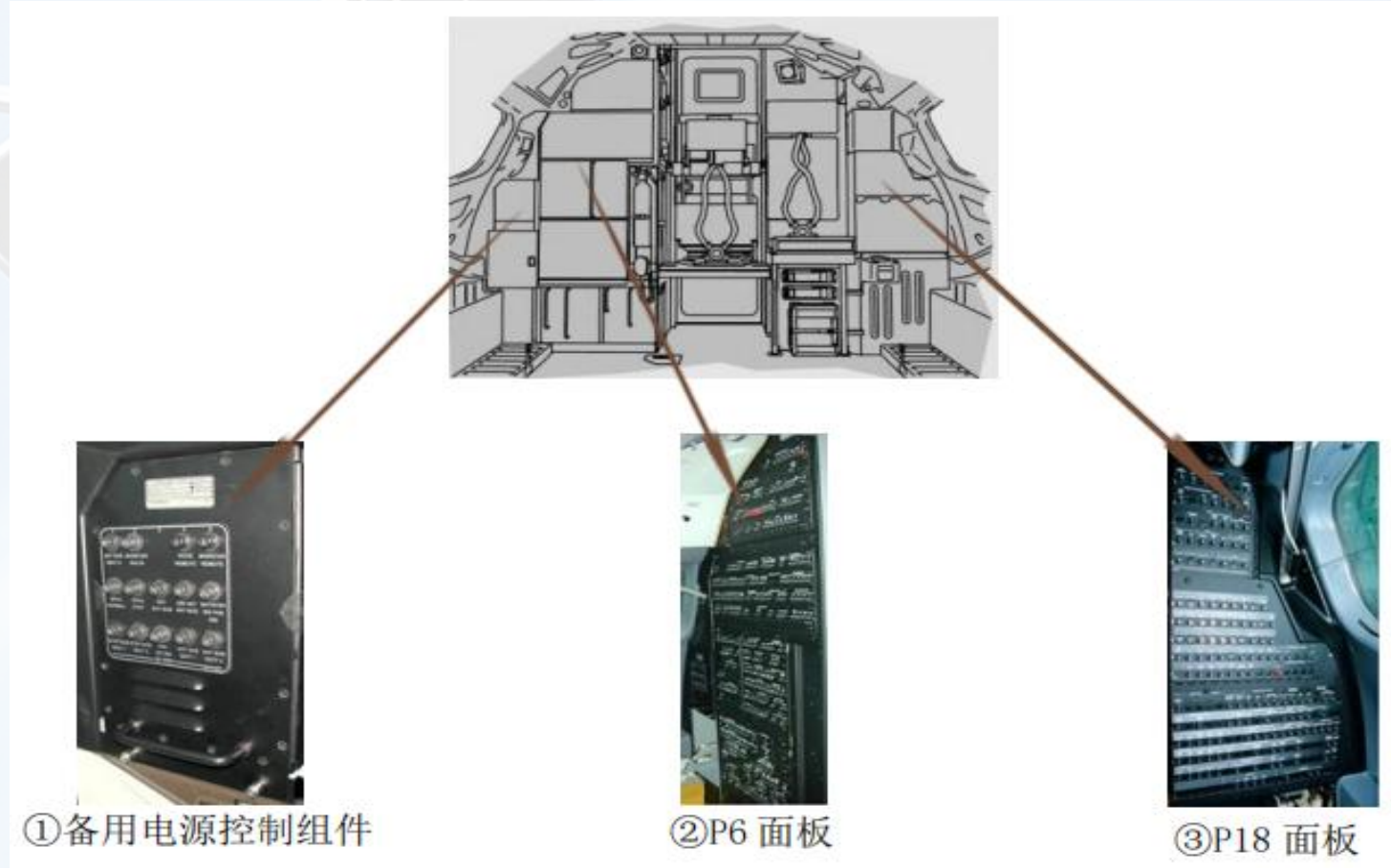


1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 典型飞机电源系统及部件识别:

(6) B737 飞机交流电源载荷分配系统部件识别:

① B737 飞机交流电源载荷分配系统驾驶舱部件识别:

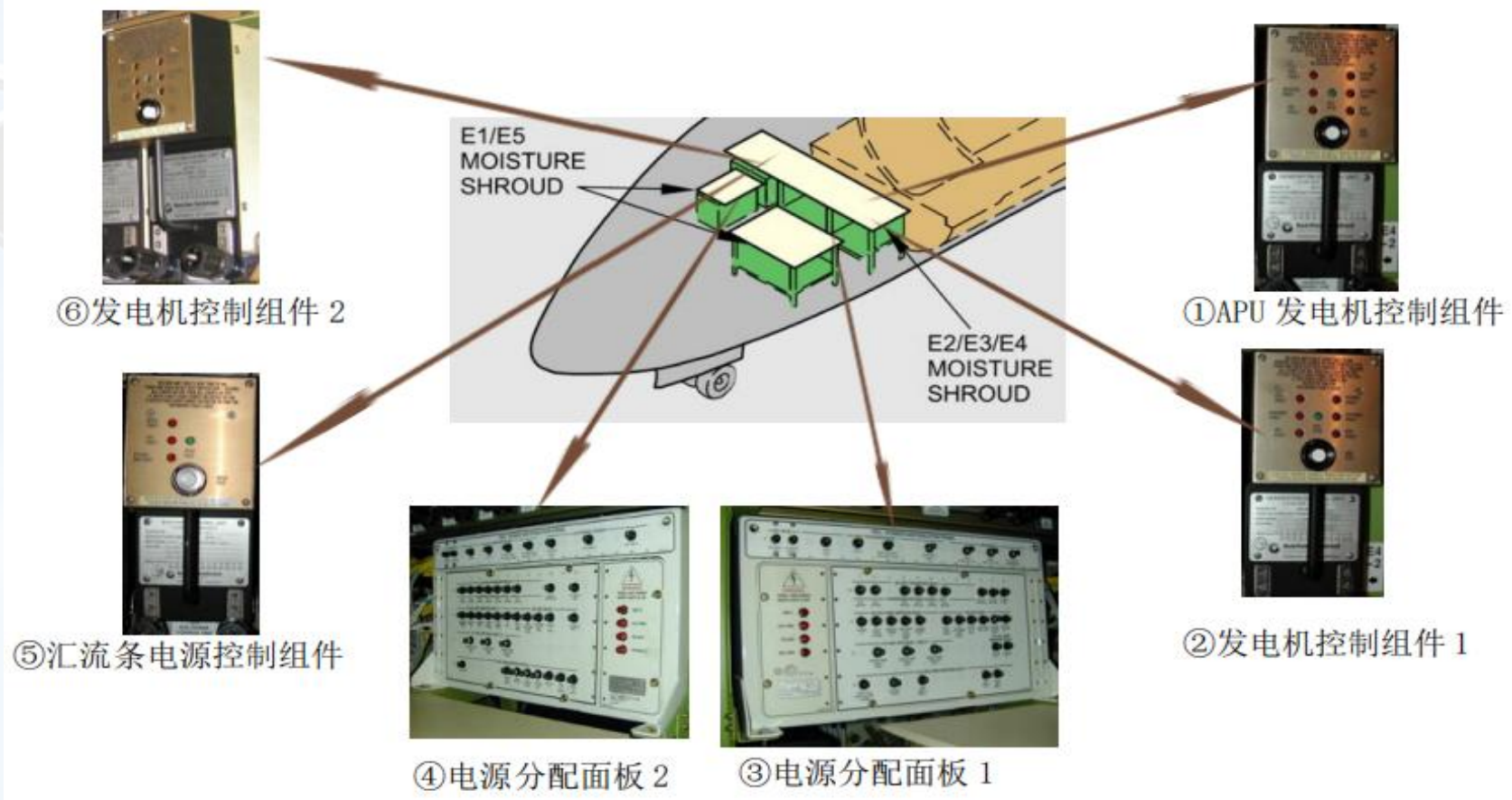


1 主交流配电系统、主直流系统和应急配电系统

1) 典型飞机电源系统及部件识别:

(6) B737 飞机交流电源载荷分配系统部件识别:

② B737 飞机交流电源载荷分配系统电子舱部件识别:



小结:

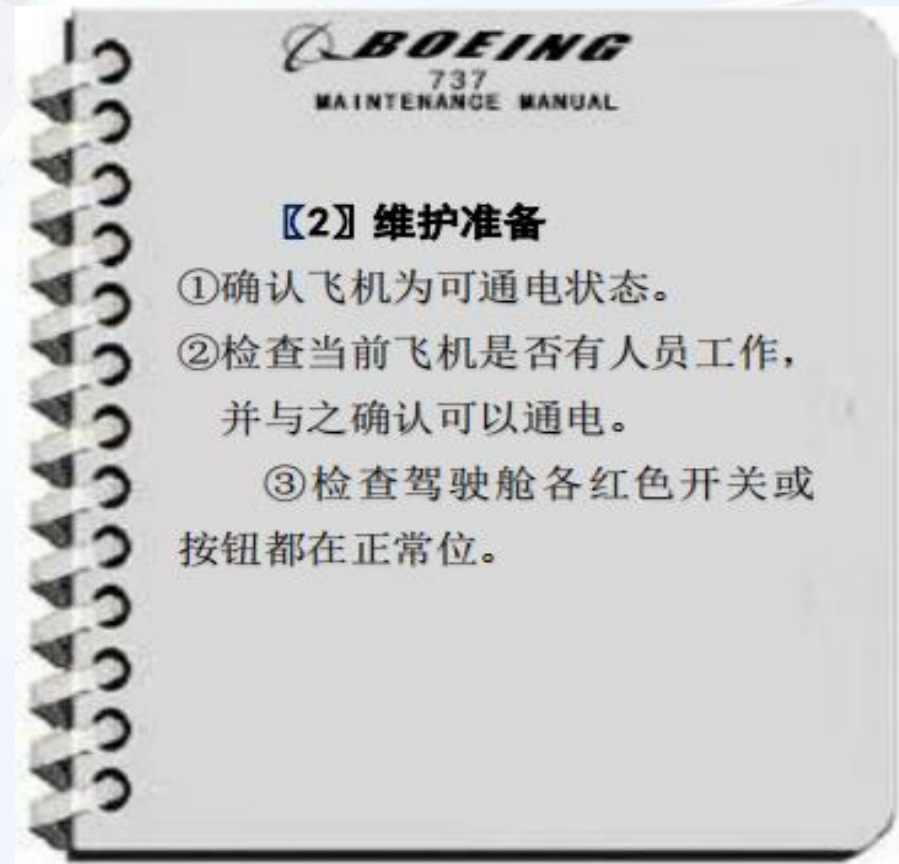
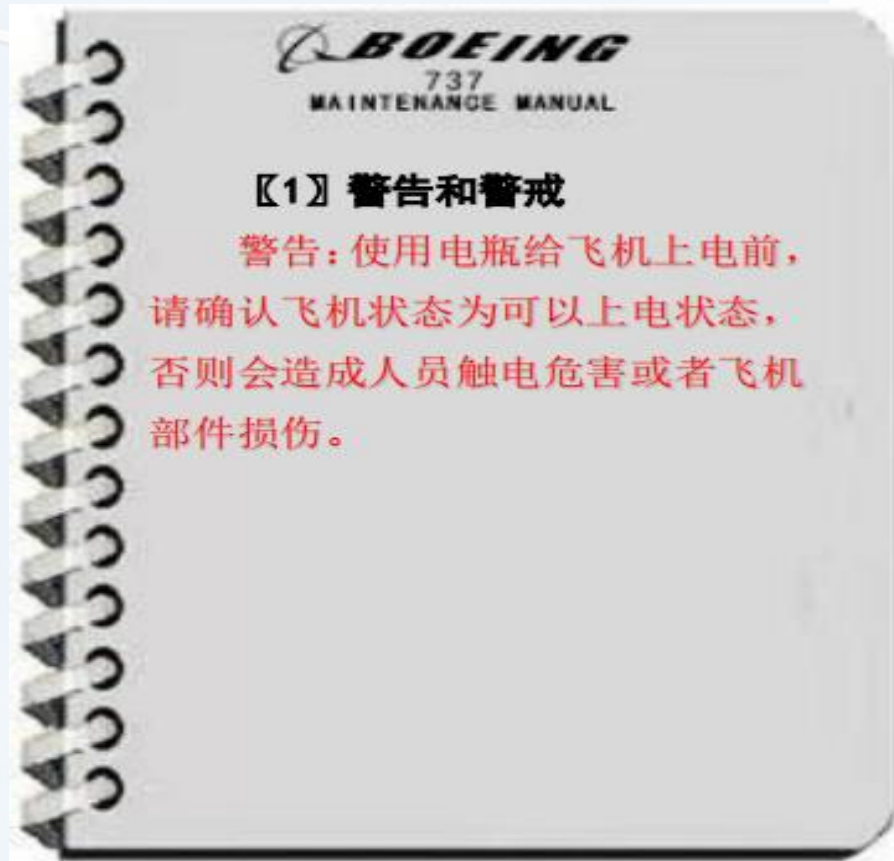
1. 737NG飞机电源系统的主要部件（控制面板、外接盖板、控制组件和电源接触器）的识别；
2. 发电机驱动系统的部件识别（IDG、发电机控制组件）；
3. 交流电源系统的部件识别（电子舱内、驾驶舱跳开关面板）；
4. 直流电源系统部件识别（电子舱内、驾驶舱处）；
5. 交流电源载荷分配系统部件识别（电子舱内、驾驶舱跳开关面板）。

2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(1) B737NG 飞机电源系统常见维护操作

B737NG飞机电瓶上电断电操作程序

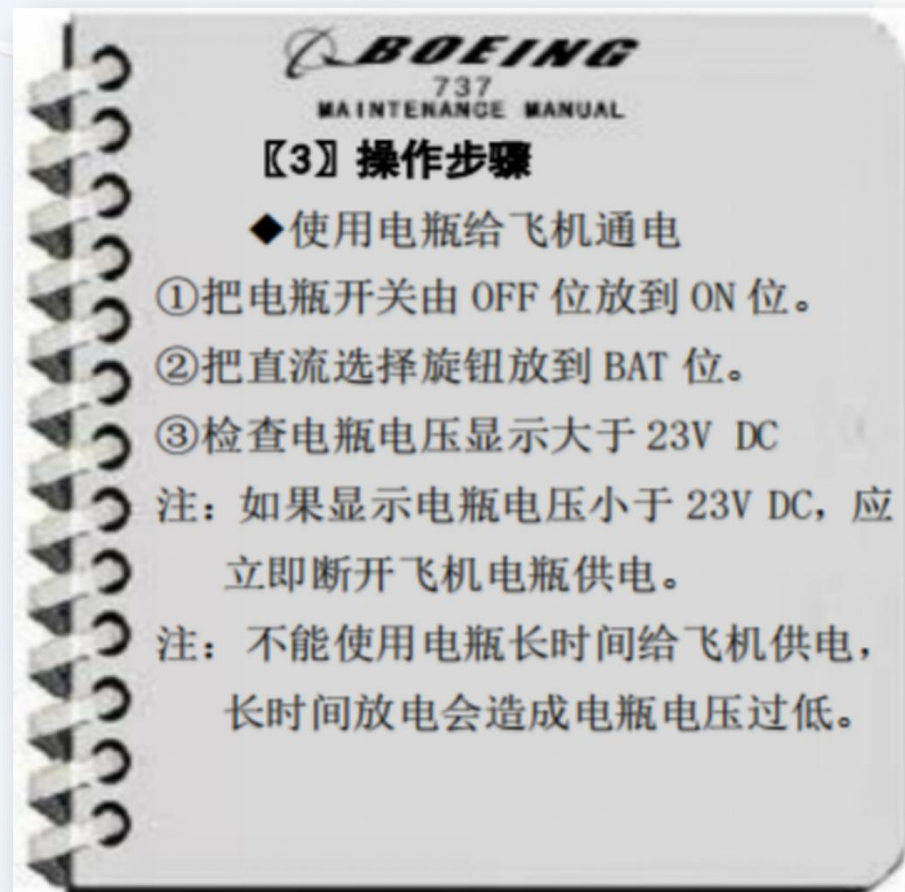


2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(1) B737NG 飞机电源系统常见维护操作

B737NG飞机电瓶上电断电操作程序

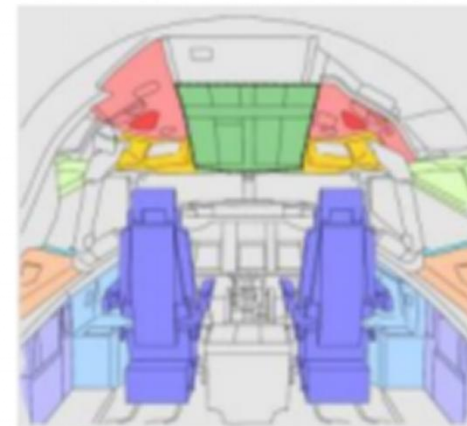
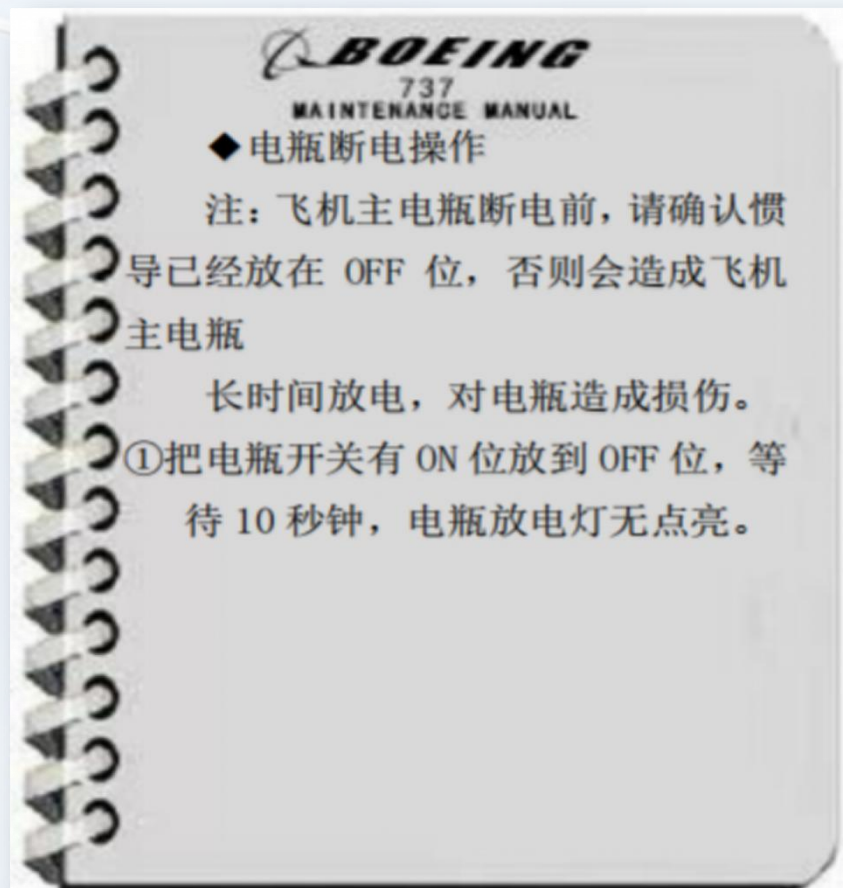


2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(1) B737NG 飞机电源系统常见维护操作

B737NG飞机电瓶上电断电操作程序

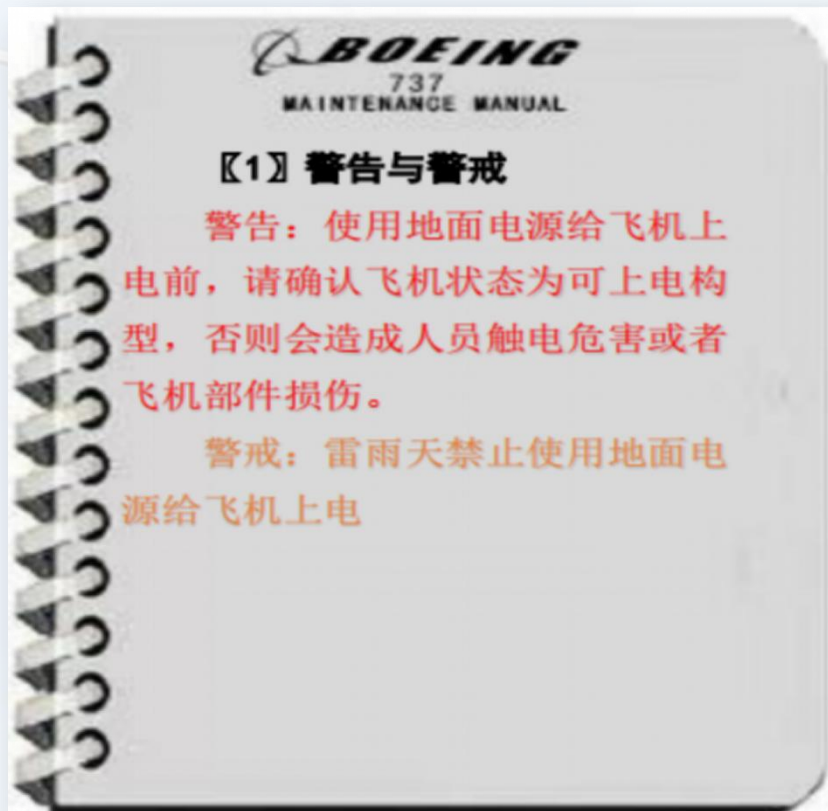


2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(1) B737NG 飞机电源系统常见维护操作

B737NG地面电源通断电操作程序



2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(1) B737NG 飞机电源系统常见维护操作

B737NG地面电源通断电操作程序

【2】维护准备

———维修工作单卡———

- ①确认飞机为可上电状态。
- ②检查当前飞机是否有人员工作，并为之确认可以上电。
- ③如果使用地面电源车，电源车接近时注意与飞机的间隔。
- ④检查驾驶舱各红色开关、按钮和跳开关都在正常位。
- ⑤检查外接电源特性是 115V AC/28V DC/400HZ 功率 90KVA。
- ⑥检查地面电源插头是否完好
- ⑦检查飞机地面电源插座是否完好

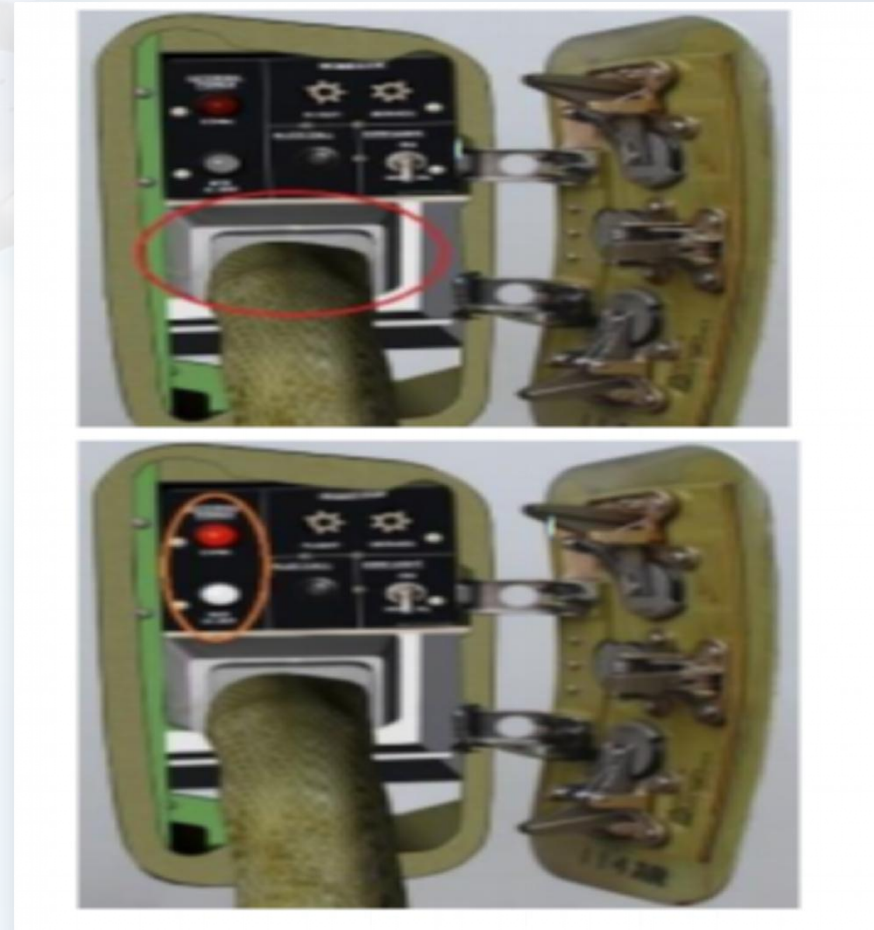
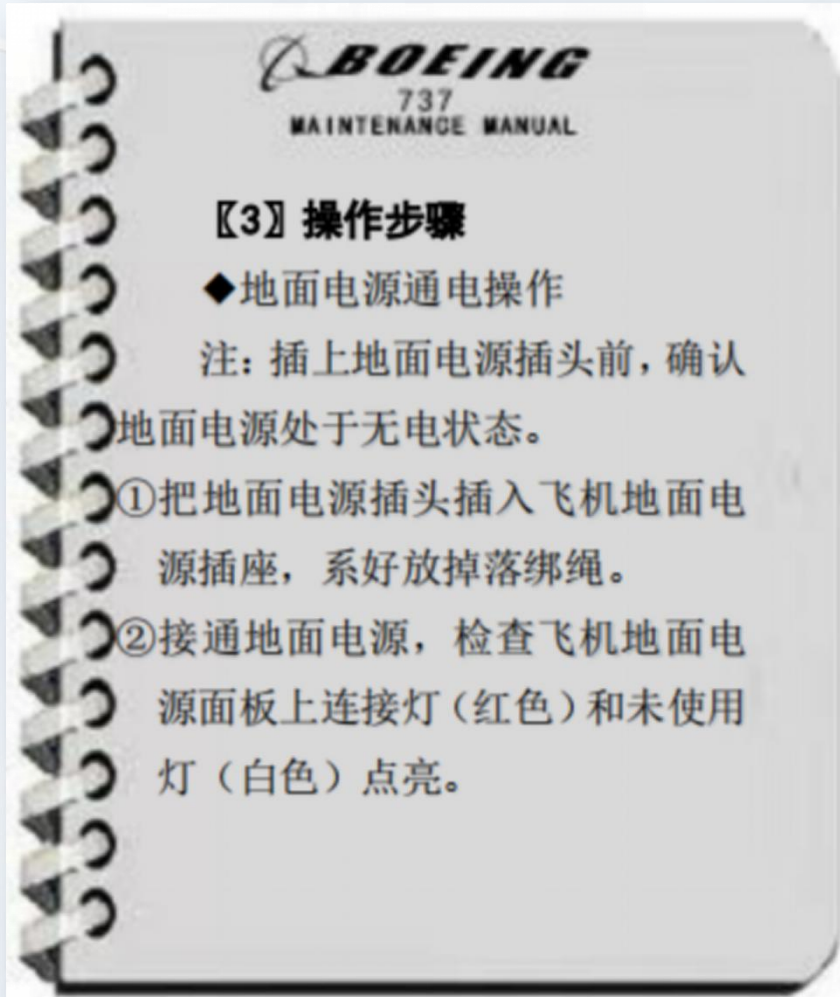


2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(1) B737NG 飞机电源系统常见维护操作

B737NG地面电源通断电操作程序

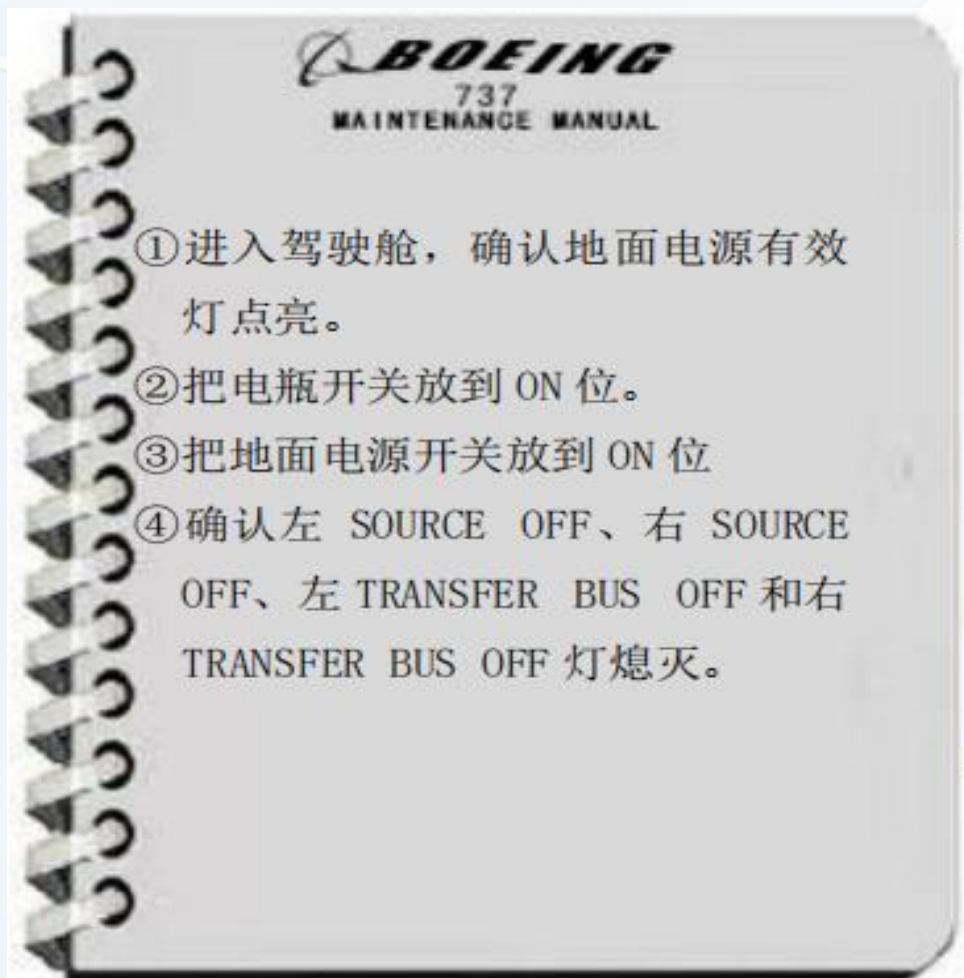


2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(1) B737NG 飞机电源系统常见维护操作

B737NG地面电源通断电操作程序



2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(1) B737NG 飞机电源系统常见维护操作

B737NG地面电源通断电操作程序

BOEING
737
MAINTENANCE MANUAL

◆地面电源断电操作

注：断开外接电源供电前，需确认当前飞机处于待断电构型。

- ①把地面电源开关放到 OFF 位。
- ②地面电源有效灯依旧亮。
- ③确认左 SOURCE OFF、右 SOURCE OFF、左 TRANSFER BUS OFF 和右 TRANSFER BUS OFF 灯点亮。
- ④把电瓶开关放到 OFF 位。

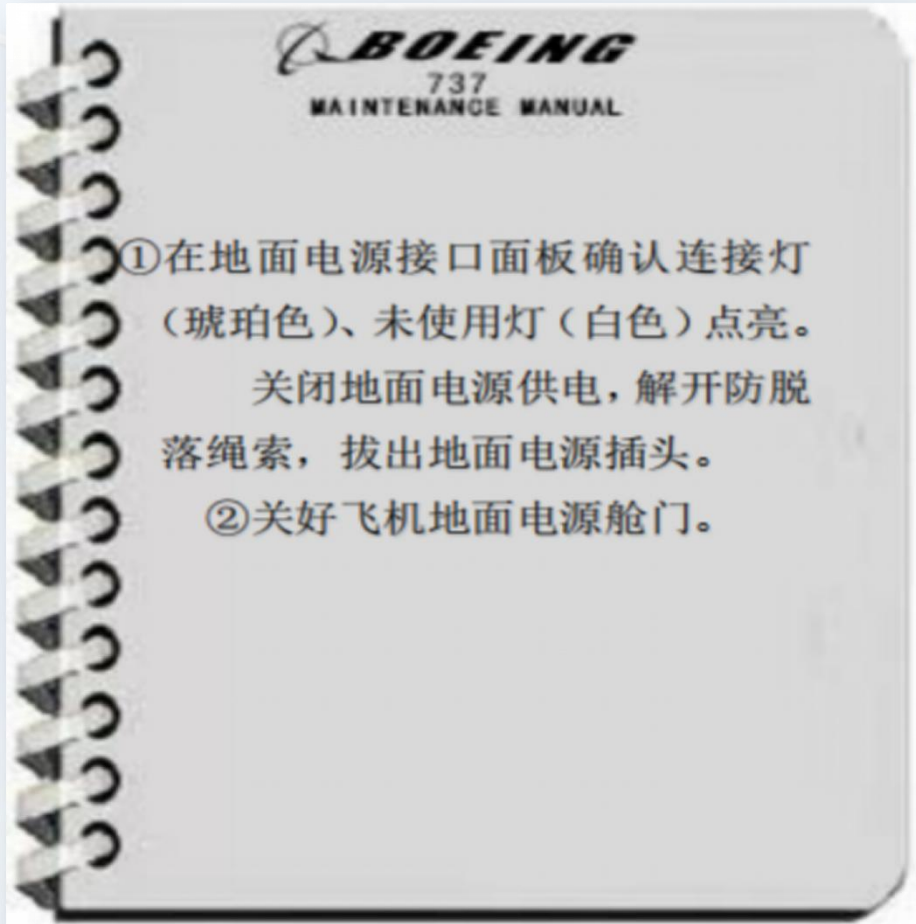


2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(1) B737NG 飞机电源系统常见维护操作

B737NG地面电源通断电操作程序



2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(1) B737NG 飞机电源系统常见维护操作

B737NG飞机APU通断电操作程序

【1】警告与警戒

- **警告：**如果飞机正在加油，请遵守加油注意事项，否则会造成人员伤害。当外接电源或APU给飞机供电，备用液压泵会工作4秒，可能会使方向舵和反推移动，这样可能会造成该区域人员受伤。
- **警戒：**检查APU进气门是否有结冰，损伤或周围是否有异物，否则会造成部件损坏。

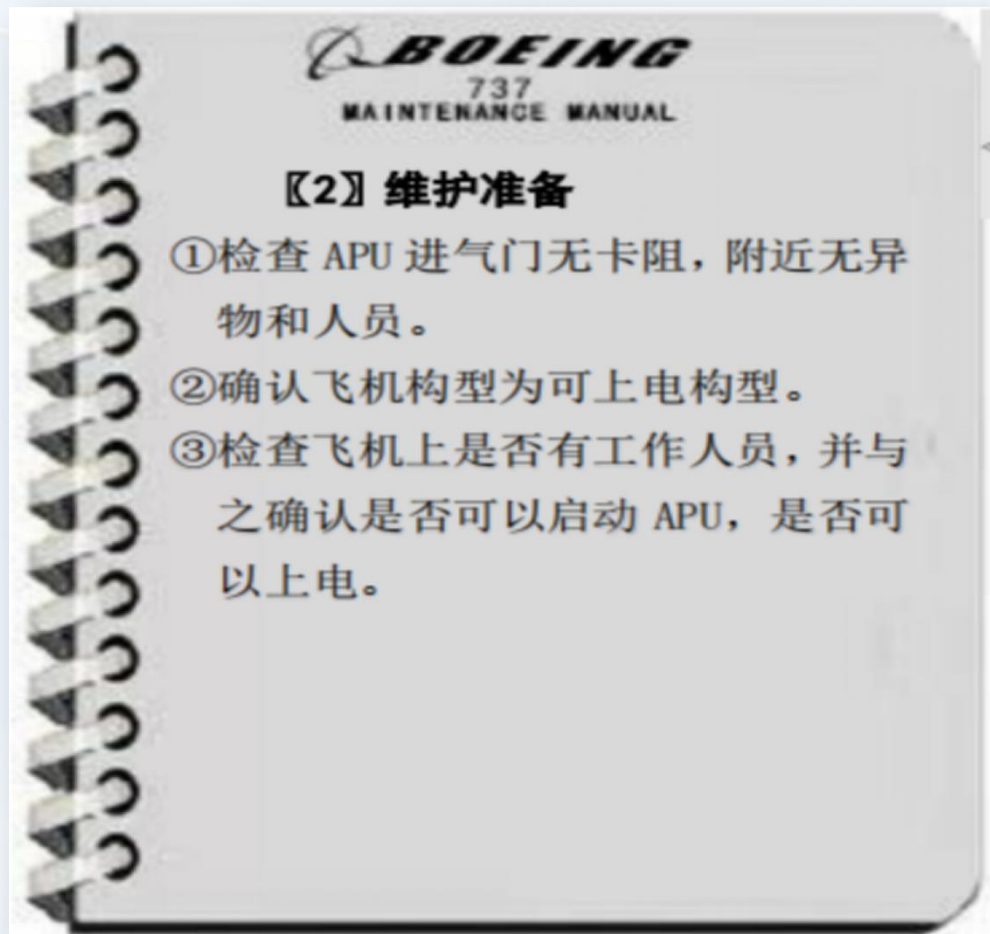


2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(1) B737NG 飞机电源系统常见维护操作

B737NG飞机APU通断电操作程序

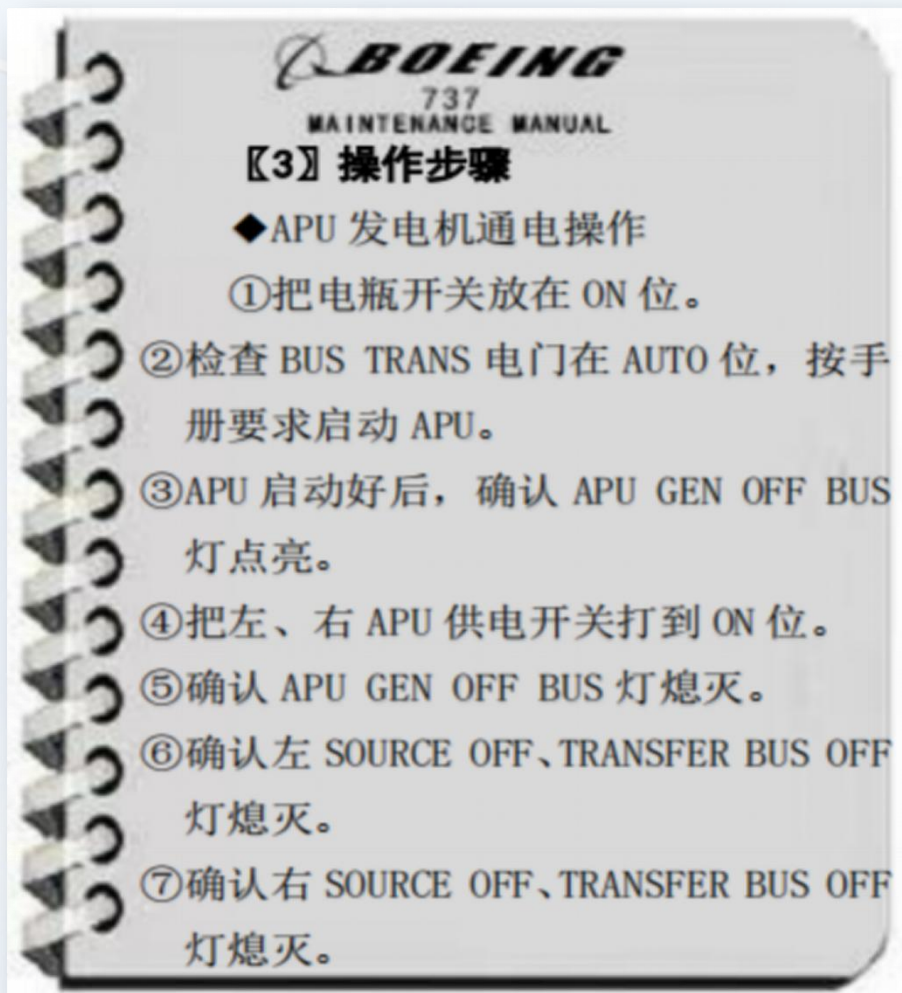


2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(1) B737NG 飞机电源系统常见维护操作

B737NG飞机APU通断电操作程序

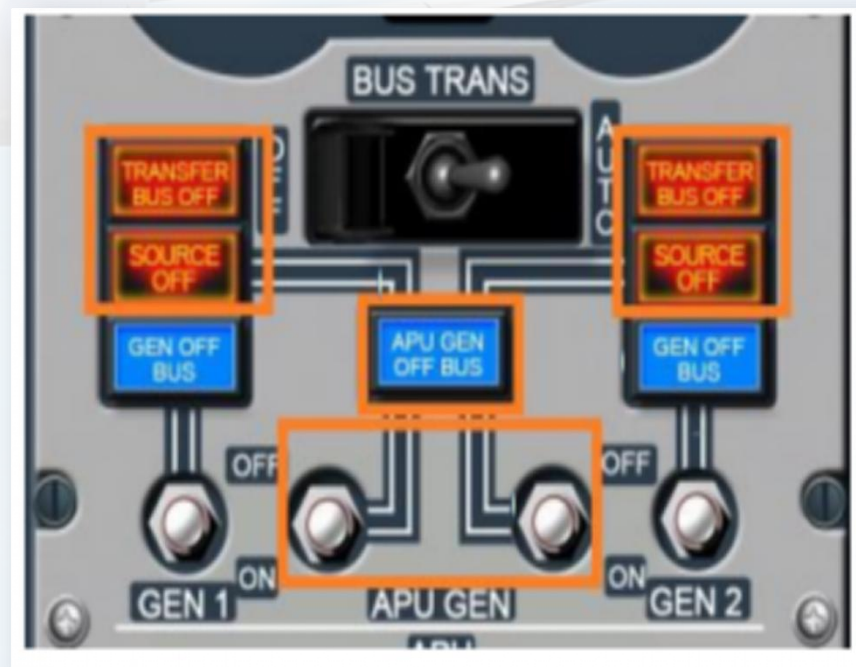
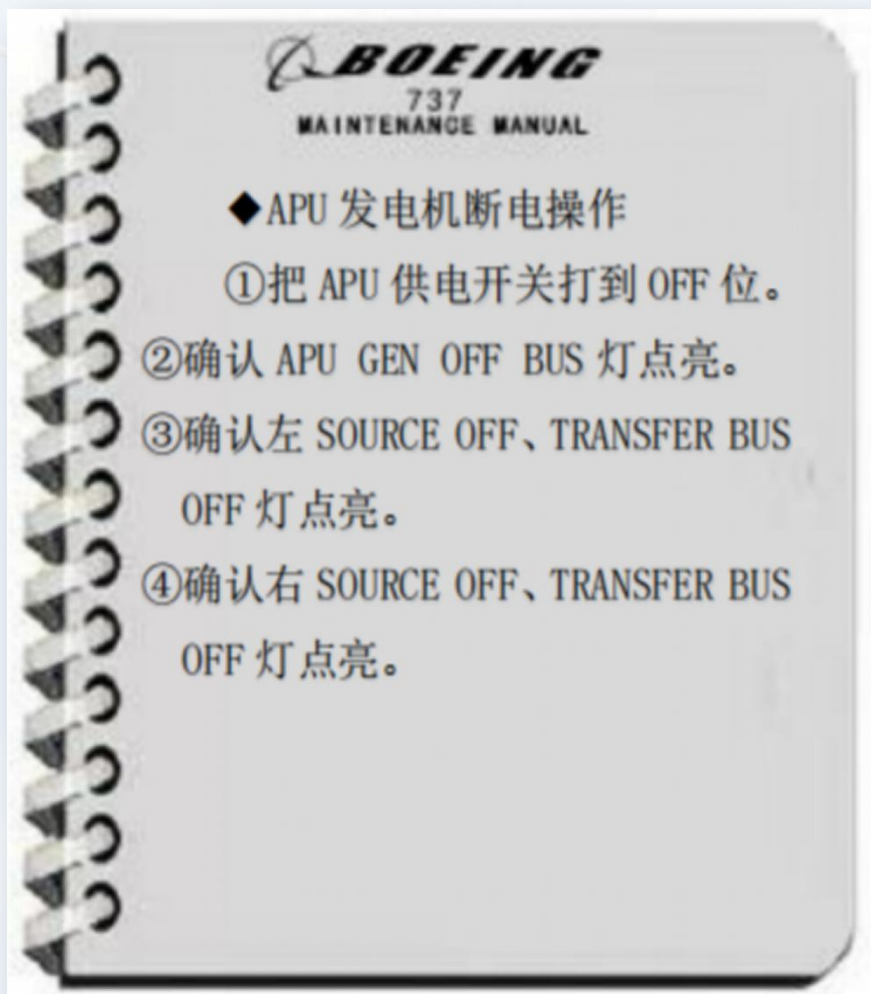


2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(1) B737NG 飞机电源系统常见维护操作

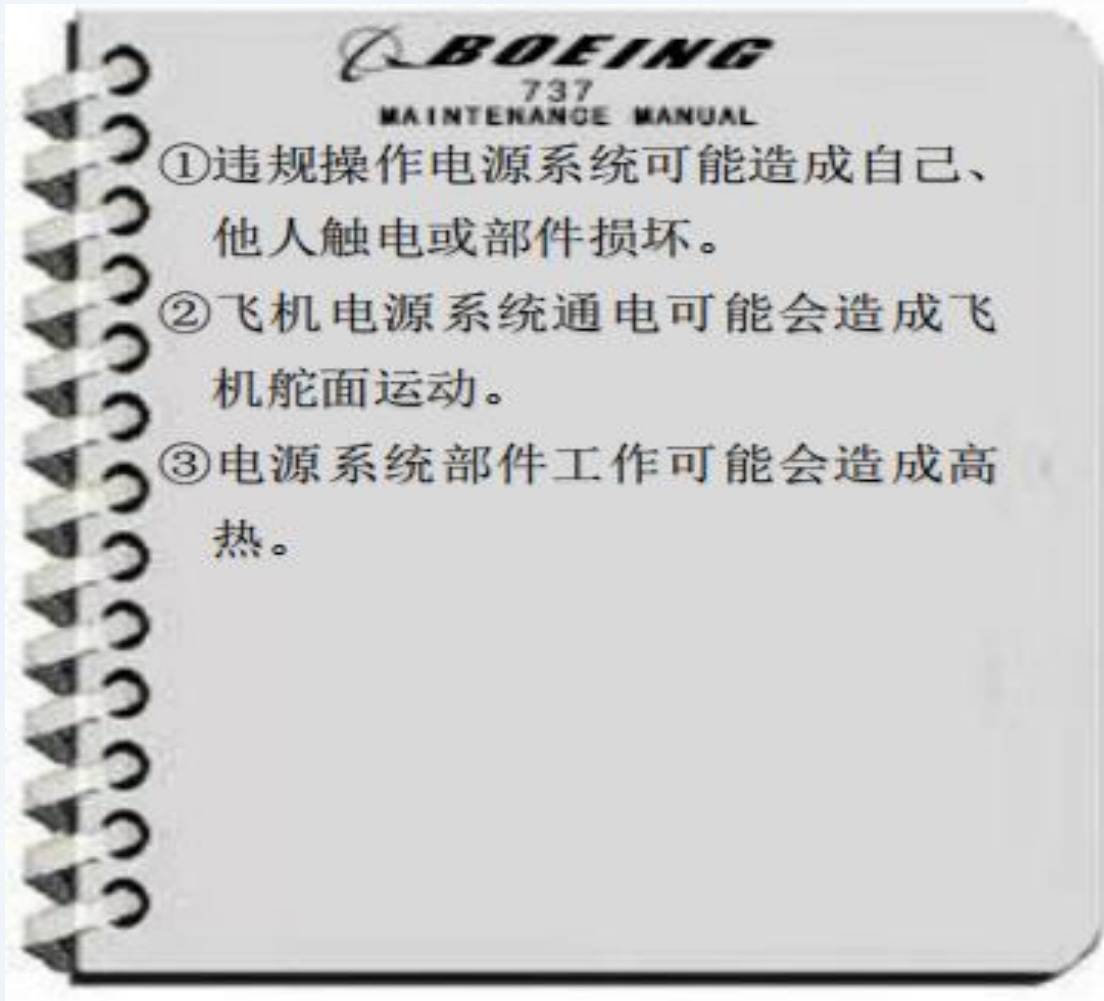
B737NG飞机APU通断电操作程序



2 典型飞机电源系统维护介绍

1) 典型飞机电源系统常见维护及安全注意事项:

(2) B737NG 飞机电源系统常见安全注意事项:



小结:

1. B737NG飞机电瓶上电和断电操作;
2. B737NG飞机地面电源通断电操作;
3. B737NG飞机APU通断电操作。



感谢聆听，欢迎指正