

J05O3005

Q/SC

上海柴油机股份有限公司企业标准

Q/SC 2525—2018

版本 01

陆用发电机组用发动机配套手册

2018 - - 发布

2018 - - 实施

上海柴油机股份有限公司 发布

目 录

第一章 前言.....	1
第二章 型谱及主要技术参数.....	2
2.1 发动机命名规则及机组功率概述.....	2
2.1.1 发动机命名规则.....	2
2.1.2 机组功率概述.....	2
2.2 发动机功率型谱表.....	3
2.3 发动机主要技术参数.....	9
2.3.1 发动机基本参数.....	9
2.3.2 各系列发动机主要技术参数.....	9
第三章 发动机各零部件系统简介及注意事项.....	16
3.1 发动机支承系统.....	16
3.1.1 概述.....	16
3.1.2 总体要求.....	16
3.1.3 支承系统减振垫.....	16
3.1.4 发动机后支承.....	19
3.1.5 支承的结构型式与正确安装.....	20
3.1.6 支承系统的安装检查.....	20
3.2 进气系统.....	21
3.2.1 概述.....	21
3.2.2 进气系统的总体要求.....	21
3.2.3 进气口的位置选择.....	22
3.2.4 空滤器.....	23
3.2.4 中冷器.....	24
3.2.4 进气预热装置.....	26
3.2.5 进气管路布置总体要求.....	27
3.2.6 进气防水系统.....	29
3.2.7 进气系统的安装检查.....	30
3.3 排气系统.....	30
3.3.1 概述.....	30

3.3.2 排气系统的总体要求	30
3.3.3 排气口的位置要求	31
3.3.4 排气管路、支架、夹箍等	31
3.3.5 排气消声器	32
3.3.6 隔热措施	33
3.3.7 排气系统的安装检查	34
3.4 冷却系统	34
3.4.1 概述	34
3.4.2 冷却系统的总体要求	35
3.4.3 水泵	35
3.4.4 散热器	36
3.4.4 风扇	37
3.4.5 风扇导风罩	38
3.4.6 风扇与散热器匹配	39
3.4.7 膨胀水箱和除气系统	40
3.4.8 压力盖	41
3.4.9 散热器水管路及支架等	42
3.4.10 水温报警	43
3.4.11 冷却液	43
3.4.12 冷却系统的安装评定	43
3.5 燃油系统	44
3.5.1 概述	44
3.5.2 燃油系统的总体要求	44
3.5.3 输油泵	45
3.5.4 燃油预滤器	45
3.5.5 燃油系统管路	46
3.5.6 燃油系统的温度控制	47
3.5.7 燃油箱	47
3.5.8 机械泵供油操纵系统	48
3.5.9 燃油系统其它辅助装置	49

3.5.10 燃油	49
3.5.11 燃油系统的安装检查	49
3.6 润滑系统	50
3.6.1 概述	50
3.6.2 润滑系统的总体要求	50
3.6.3 润滑油压力	50
3.6.4 润滑系统报警装置	50
3.6.5 倾斜工作能力	51
3.6.6 自动加满机油	51
3.6.7 机油规格	51
3.6.8 润滑系统的注意事项	52
3.6.9 润滑系统的安装检查	52
3.7 曲轴箱通风系统	52
3.7.1 概述	52
3.7.2 曲轴箱通风的形式与特点	53
3.7.3 油气分离器	53
3.7.4 曲轴箱通风系统的安装检查	54
3.8 电气附件系统	54
3.8.1 概述	54
3.8.2 电器系统的总体要求	54
3.8.3 发电机	54
3.8.4 起动电机	56
3.8.5 蓄电池	57
3.8.6 停机电磁铁	57
3.8.7 线束	58
3.8.8 电器系统的安装检查	59
第四章 电子调速器	60
4.1 工作原理	60
4.2 电子调速系统的组成	60
4.2.1 电子调速控制器	60

4.2.1.1 基本电气特性.....	60
4.2.1.2 电子调速器控制器外形及安装尺寸.....	60
4.2.2 电子调速执行器.....	62
4.2.3 转速传感器.....	63
4.4 故障判断与处理.....	65
4.4.1 故障排查.....	65
4.4.2 磁性不充足的速度传感器信号.....	66
4.4.3 电磁干扰.....	66
第五章 动力传动系统.....	67
5.1 传动系统总体要求.....	67
5.2 前端动力传动.....	67
5.3 后端动力传动.....	68
5.4 动力输出系统的安装检查.....	69
第六章 使用、维护接近性要求及其它要求.....	70
6.1 零部件的维护保养.....	70
6.2 发动机的维护保养.....	70
6.3 发动机可接近性的衡量.....	71
6.4 发电机组的通风.....	71
第七章 特殊环境配套应用要求.....	72
7.1 概述.....	72
7.2 高原地区配套应用.....	72
7.3 高寒地区配套应用.....	73
7.4 高温地区配套应用.....	73
7.5 沙漠用发动机.....	74
7.6 负载加载特殊应用.....	74
第八章 典型故障案例.....	76
附录一 静态安装评定表.....	78
附录二 动态检测评定表.....	81

第一章 前言

发电机组的配套和应用过程中，发动机只有与散热器、发电机合理匹配，且正确、可靠的安装，才能发挥其最佳的动力性、经济性和可靠性，才能使得发动机的保养简单、高效，最终降低用户的使用及维护保养成本，提高机组的使用寿命。

上柴 SC 系列电站用发动机是当今世界最先进、最可靠发电机组配套动力，其中R系列引进意大利VM公司同名产品；H系列/D系列/E系列分别与英国RICARDO、美国西南研究院、奥地利AVL联合设计、共同开发打造；G系列/W系列源自军品，新一代产品联合奥地利AVL为电站市场特别开发。

SC系列电站用发动机功率覆盖范围是25kW~860kW，可匹配功率20kW~800kW、频率50Hz和60Hz发电机组，全系列产品满足电站市场全功率段匹配要求以及高速化的发展需求，主要应用于医疗卫生、城市楼宇消防、公路、铁路、发电厂以及通信工程等领域。

发电设备动力系统匹配合理，动力传递有效可靠，发动机才能发挥其最佳动力性、经济性和可靠性，并能降低用户的使用及维护保养成本，提高发动机的使用寿命。本配套手册规定的配套应用技术规范，是发动机应用工程师在配套应用中的基础技术指导资料，可供相关的维修、质保等部门参考使用。

限于编者的水平以及对发电机组行业的标准和应用的理解不深，错误和不足之处在所难免，热诚希望参考者给予批评指正。

本标准是对 Q/SC 2525-2017《陆用发电机组用发动机配套手册》的修订。

本标准与 Q/SC 2525-2017 的主要区别：

- 在“2.1 发动机命名规则及机组功率概述”中增加“机组功率概述”；
- 在“2.2 发动机型谱表”中增加“机组匹配备用功率”。

本标准从实施之日起代替 Q/SC 2525-2017。

工程应用中心
船机电站配套室
2018 年

第二章 型谱及主要技术参数

2.1 发动机命名规则及机组功率概述

2.1.1 发动机命名规则

如图 2-1 所示，电站用发动机命名方式分为内销型 (a)、出口型 (b) 两种，其中出口型专为静音箱布置设计，结构更紧凑，同时可降低出口运输成本，满足更高的排放标准的需求，故排放升级后（电控配置）电站用发动机命名方式仅采用出口型 (b) 一种。

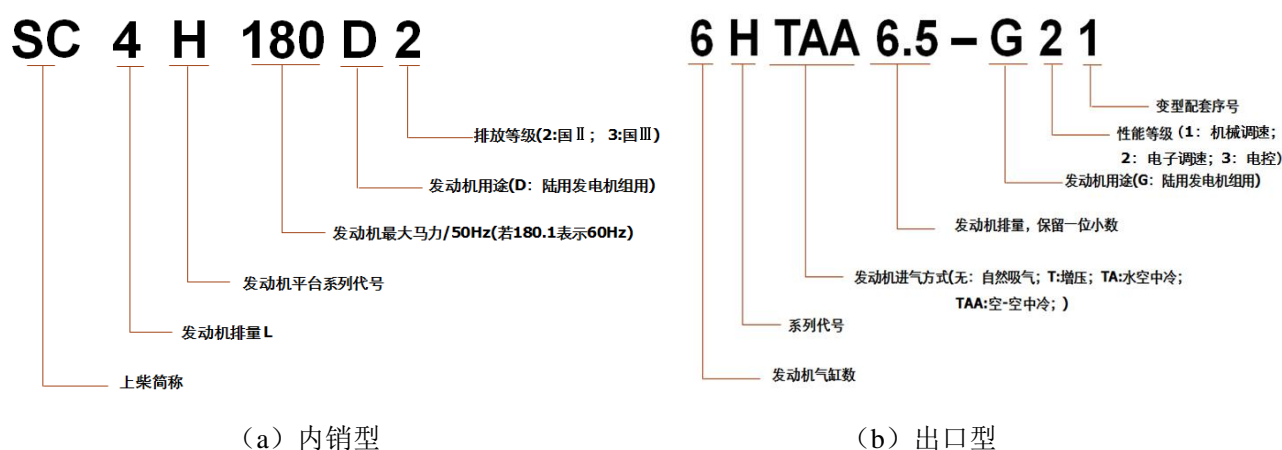


图 2-1 发动机命名规则

2.1.2 机组功率概述

交流同步发电机的额定功率是指额定转速下长期连续运转时，输出的额定电功率，用 P_G (kW) 表示。根据机组的运行环境和技术要求，机组输出的额定功率，由下式进行计算：

$$P_G = \eta (K_1 K_2 P_e - P_w)$$

式中，

P_G ——同步交流发电机输出的额定功率，kW；

P_e ——柴油机输出的额定功率，kW；

η ——同步交流发电机的效率；

K_1 ——柴油机功率修正系数，见表 2-1；

K_2 ——环境条件修正系数，见表 2-2 和表 2-3；

P_w ——柴油机风扇及其他辅助件消耗的机械功率，kW；

表 2-1 功率修正系数 K_1

连续工作时间 h	K_1
<12	1.0
长期运行	0.9

表 2-2 环境条件修正系数 K_2 (相对湿度 $\phi = 50\%$)

海拔 高度 /m	大气 压力 /kpa	环境空气温度 / °C												
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45			

0	101.35	-	-	-	-	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.89
200	98.66	-	-	-	0.99	0.97	0.95	0.93	0.92	0.89	0.86
400	96.66	-	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	0.84
600	94.39	1.00	0.87	0.95	0.94	0.92	0.90	0.88	0.86	0.84	0.82
800	92.13	0.97	0.94	0.93	0.91	0.89	0.87	0.85	0.84	0.82	0.79
1000	89.86	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77
1500	84.53	0.87	0.85	0.83	0.82	0.80	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71
2000	79.46	0.81	0.79	0.77	0.76	0.74	0.73	0.71	0.70	0.68	0.65
2500	74.66	0.75	0.74	0.72	0.71	0.69	0.67	0.65	0.64	0.62	0.60
3000	70.13	0.69	0.68	0.66	0.65	0.63	0.62	0.61	0.59	0.57	0.55
3500	65.73	0.64	0.63	0.61	0.60	0.58	0.57	0.55	0.54	0.52	0.50
4000	61.59	0.59	0.58	0.56	0.55	0.53	0.52	0.50	0.49	0.47	0.46

表 2-3 环境条件修正系数 K_2 (相对湿度 $\phi = 100\%$)

海拔 高度 /m	大气 压力 /kpa	环境空气温度 / °C									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
0	101.35	-	-	-	-	0.99	0.96	0.94	0.91	0.88	0.84
200	98.66	-	-	1.00	0.98	0.96	0.93	0.91	0.88	0.85	0.82
400	96.66	-	0.99	0.97	0.95	0.93	0.90	0.88	0.85	0.82	0.79
600	94.39	0.99	0.97	0.95	0.93	0.91	0.88	0.86	0.85	0.80	0.77
800	92.13	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.85	0.83	0.80	0.77	0.74
1000	89.86	0.93	0.91	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.78	0.75	0.72
1500	84.53	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77	0.75	0.72	0.69	0.66
2000	79.46	0.80	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71	0.69	0.66	0.63	0.60
2500	74.66	0.74	0.73	0.71	0.70	0.68	0.65	0.63	0.61	0.58	0.55
3000	70.13	0.69	0.67	0.65	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56	0.53	0.50
3500	65.73	0.63	0.62	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51	0.48	0.45
4000	61.59	0.58	0.57	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.41

2.2 发动机功率型谱表

发动机功率型谱表是用户机组匹配的选型参照，可指导机组选型及接口尺寸安装。同样分为内销型和出口型两种，如表 2-4 及表 2-5 所示，建议优先选用电子调速方式订货号。

其中 SC25G/27G 机组匹配接口尺寸，可根据用户需求选择 SAE1/2#、SAE14#或 SAE0#、SAE18#，订货时注明。

不同的发电机型号对应着不同的功率，用户往往按照其负载的总功率来选择发电机的功率，故用户在选型时需要全面了解其负载的性质、大小，对特殊的负载应独立考虑，如稳态负载、瞬态负载（电动机负载）或非线性负载，并咨询相关配套工程师，避免出现负载过大导致的发动机故障。

表 2-4 内销型发动机型谱

序号	型号	额定功率/转速 (kW/r/min)	最大功率/转速 (kW/r/min)	机组匹配接口尺寸	建议机组匹配 常用/备用功率 (kW)
1	SC4H95D2	62/1500	68/1500	SAE3#（飞轮壳） SAE11.5#（飞轮）	50/55@50Hz
2	SC4H115D2	78/1500	86/1500	SAE3#（飞轮壳） SAE11.5#（飞轮）	64/70@50Hz
3	SC4H160D2	105/1500	116/1500	SAE3#（飞轮壳） SAE11.5#（飞轮）	90/100@50Hz
4	SC4H180D2	120/1500	132/1500	SAE3#（飞轮壳） SAE11.5#（飞轮）	100/110@50Hz
5	SC7H230D2	154/1500	170/1500	SAE3#（飞轮壳） SAE11.5#（飞轮）	135/150@50Hz
6	SC7H250D2	168/1500	185/1500	SAE3#（飞轮壳） SAE11.5#（飞轮）	150/165@50Hz
7	SC8D220D2	146/1500	160/1500	SAE2#（飞轮壳） SAE11.5#（飞轮）	125/140@50Hz
8	SC8D250D2	168/1500	185/1500	SAE2#（飞轮壳） SAE11.5#（飞轮）	150/165@50Hz
9	SC8D280D2	185/1500	204/1500	SAE2#（飞轮壳） SAE11.5#（飞轮）	165/180@50Hz
10	SC9D310D2	208/1500	228/1500	SAE2#（飞轮壳） SAE11.5#（飞轮）	180/200@50Hz
11	SC9D340D2	228/1500	255/1500	SAE2#（飞轮壳） SAE11.5#（飞轮）	200/220@50Hz
12	SC12E460D2	307/1500	338/1500	SAE1#（飞轮壳） SAE14#（飞轮）	280/300@50Hz
13	SC12E500D3	339/1500	373/1500	SAE1#（飞轮壳） SAE14#（飞轮）	300/330@50Hz

14	SC13G280D2	187/1500	206/1500	SAE1# (飞轮壳) SAE14# (飞轮)	165/180@50Hz
15	SC13G310D2	206/1500	227/1500	SAE1# (飞轮壳) SAE14# (飞轮)	180/200@50Hz
16	SC13G355D2	236/1500	260/1500	SAE1# (飞轮壳) SAE14# (飞轮)	200/220@50Hz
17	SC13G420D2	280/1500	308/1500	SAE1# (飞轮壳) SAE14# (飞轮)	250/280@50Hz
18	SC15G500D2	330/1500	373/1500	SAE1# (飞轮壳) SAE14# (飞轮)	300/330@50Hz
19	SC25G610D2	405/1500	445.5/1500	SAE1/2# (飞轮壳) SAE14# (飞轮)	360/400@50Hz
20	SC25G690D2	459/1500	505/1500	SAE0# (飞轮壳) SAE18# (飞轮)	400/440@50Hz
21	SC27G755D2	505/1500	561/1500	SAE0# (飞轮壳) SAE18# (飞轮)	450/500@50Hz
22	SC27G830D2	565/1500	610/1500	SAE0# (飞轮壳) SAE18# (飞轮)	500/550@50Hz
23	SC27G900D2	602/1500	662/1500	SAE0# (飞轮壳) SAE18# (飞轮)	550/600@50Hz
24	SC33W990D2	660/1500	726/1500	SAE0# (飞轮壳) SAE18# (飞轮)	600/660@50Hz
25	SC33W1150D2	782/1500	860/1500	SAE0# (飞轮壳) SAE18# (飞轮)	720/800@50Hz
26	SC13G280.1D2	187/1800	206/1800	SAE1# (飞轮壳) SAE14# (飞轮)	165/180@60Hz
27	SC13G310.1D2	206/1800	227/1800	SAE1# (飞轮壳) SAE14# (飞轮)	180/200@60Hz
28	SC13G355.1D2	236/1800	260/1800	SAE1# (飞轮壳) SAE14# (飞轮)	200/220@60Hz
29	SC13G420.1D2	280/1800	308/1800	SAE1# (飞轮壳) SAE14# (飞轮)	250/280@60Hz
30	SC15G500.1D2	330/1800	373/1800	SAE1# (飞轮壳) SAE14# (飞轮)	300/330@60Hz

表 2-5 出口型发动机型谱

序号	型号	额定功率/转速 (kW/r/min)	最大功率/转速 (kW/r/min)	机组匹配接口尺寸	建议机组匹配 常用/备用功率 (kW)
1	4H4.3-G11	30/1500	33/1500	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	20/22@50Hz
2	4H4.3-G21	30/1500 35/1800	33/1500 39/1800	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	20/22@50Hz 25/28@60Hz
3	4H4.3-G12	42/1500	46/1500	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	25/28@50Hz
4	4H4.3-G22	42/1500 51/1800	46/1500 56/1800	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	25/28@50Hz 30/33@60Hz
5	4HT4.3-G21	51/1500 62/1800	56/1500 68/1800	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	40/44@50Hz 50/55@60Hz
6	4HT4.3-G22	62/1500 67/1800	68/1500 74/1800	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	50/55@50Hz 55/60@60Hz
7	4HT4.3-G23	78/1500 86/1800	86/1500 95/1800	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	64/70@50Hz 70/75@60Hz
8	4HTAA4.3-G11	95/1500	105/1500	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	84/92@50Hz
9	4HTAA4.3-G21	95/1500 105/1800	105/1500 116/1800	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	84/92@50Hz 92/100@60Hz
10	6HT6.5-G21	106/1500 122/1800	117/1500 134/1800	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	92/100@50Hz 105/115@60Hz
11	4HTAA4.3-G22	120/1500 120/1800	132/1500 132/1800	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	100/110@50Hz 100/110@60Hz
12	4HTAA4.3-G23	105/1500 120/1800	116/1500 132/1800	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	92/100@50Hz 100/110@60Hz
13	6HTAA6.5-G21	128/1500 136/1800	141/1500 150/1800	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	110/120@50Hz 120/132@60Hz
14	6HTAA6.5-G22	140/1500 150/1800	155/1500 165/1800	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	120/132@50Hz 128/140@60Hz
15	6HTAA6.5-G11	168/1500	185/1500	SAE3# (飞轮壳) SAE11.5# (飞轮)	150/165@50Hz

16	6HTAA6.5-G23	168/1500	185/1500	SAE3# (飞轮壳)	150/165@50Hz
		180/1800	198/1800	SAE11.5# (飞轮)	160/175@60Hz
17	6DTAA8.9-G21	185/1500	204/1500	SAE2# (飞轮壳)	165/180@50Hz
		205/1800	226/1800	SAE11.5# (飞轮)	180/200@60Hz
18	6DTAA8.9-G22	220/1500	242/1500	SAE2# (飞轮壳)	200/220@50Hz
		235/1800	259/1800	SAE11.5# (飞轮)	210/230@60Hz
19	6DTAA8.9-G23	230/1500	253/1500	SAE2# (飞轮壳)	200/220@50Hz
		255/1800	282/1800	SAE11.5# (飞轮)	220/240@60Hz
20	6DTAA8.9-G24	208/1500	228/1500	SAE2# (飞轮壳)	180/200@50Hz
		228/1800	250/1800	SAE11.5# (飞轮)	200/220@60Hz
21	6ETAA11.8-G21	307/1500	338/1500	SAE1# (飞轮壳)	280/300@50Hz
		307/1800	338/1800	SAE14# (飞轮)	280/300@60Hz
22	4RTAA2.8-G31	25/1500	28/1500	SAE3# (飞轮壳)	20/22@50Hz
		29/1800	32/1800	SAE11.5# (飞轮)	25/28@60Hz
23	4RTAA2.8-G32	29/1500	32/1500	SAE3# (飞轮壳)	25/28@50Hz
		34/1800	38/1800	SAE11.5# (飞轮)	28/30@60Hz
24	4RTAA2.8-G33	38/1500	42/1500	SAE3# (飞轮壳)	32/35@50Hz
		44/1800	49/1800	SAE11.5# (飞轮)	38/40@60Hz
25	4RTAA2.8-G34	50/1500	55/1500	SAE3# (飞轮壳)	40/44@50Hz
		60/1800	66/1800	SAE11.5# (飞轮)	48/52@60Hz
26	4HTAA4.3-G31	51/1500	56/1500	SAE3# (飞轮壳)	40/44@50Hz
		62/1800	68/1800	SAE11.5# (飞轮)	48/52@60Hz
27	4HTAA4.3-G32	62/1500	68/1500	SAE3# (飞轮壳)	50/55@50Hz
		67/1800	74/1800	SAE11.5# (飞轮)	55/60@60Hz
28	4HTAA4.3-G33	78/1500	86/1500	SAE3# (飞轮壳)	64/70@50Hz
		86/1800	95/1800	SAE11.5# (飞轮)	68/75@60Hz
29	4HTAA4.3-G34	95/1500	105/1500	SAE3# (飞轮壳)	84/92@50Hz
		105/1800	116/1800	SAE11.5# (飞轮)	88/95@60Hz
30	4HTAA4.3-G35	106/1500	117/1500	SAE3# (飞轮壳)	90/100@50Hz
		120/1800	132/1800	SAE11.5# (飞轮)	100/110@60Hz
31	4HTAA4.3-G36	125/1500	140/1500	SAE3# (飞轮壳)	110/120@50Hz
		125/1800	140/1800	SAE11.5# (飞轮)	110/120@60Hz
32	6HTAA6.5-G31	128/1500	141/1500	SAE3# (飞轮壳)	110/120@50Hz
		136/1800	150/1800	SAE11.5# (飞轮)	120/132@60Hz

33	6HTAA6.5-G32	140/1500	155/1500	SAE3# (飞轮壳)	120/132@50Hz
		150/1800	165/1800	SAE11.5# (飞轮)	128/140@60Hz
34	6HTAA6.5-G33	168/1500	185/1500	SAE3# (飞轮壳)	150/165@50Hz
		180/1800	198/1800	SAE11.5# (飞轮)	160/175@60Hz
35	6HTAA6.5-G34	186/1500	205/1500	SAE3# (飞轮壳)	160/175@50Hz
		186/1800	205/1800	SAE11.5# (飞轮)	160/175@60Hz
36	6HTAA6.5-G35	155/1500	170/1500	SAE3# (飞轮壳)	135/150@50Hz
		170/1800	187/1800	SAE11.5# (飞轮)	150/165@60Hz
37	6DTAA8.9-G31	185/1500	204/1500	SAE2# (飞轮壳)	160/175@50Hz
		205/1800	226/1800	SAE11.5# (飞轮)	180/200@60Hz
38	6DTAA8.9-G32	208/1500	228/1500	SAE2# (飞轮壳)	185/200@50Hz
		235/1800	259/1800	SAE11.5# (飞轮)	200/220@60Hz
39	6DTAA8.9-G33	230/1500	253/1500	SAE2# (飞轮壳)	200/220@50Hz
		255/1800	282/1800	SAE11.5# (飞轮)	220/250@60Hz
40	6DTAA8.9-G34	255/1500	280/1500	SAE2# (飞轮壳)	220/250@50Hz
		268/1800	282/1800	SAE11.5# (飞轮)	240/265@60Hz
41	6ETAA11.8-G32	280/1500	308/1500	SAE1# (飞轮壳)	250/280@50Hz
		307/1800	338/1800	SAE14# (飞轮)	280/300@60Hz
42	6ETAA11.8-G33	307/1500	338/1500	SAE1# (飞轮壳)	280/300@50Hz
		340/1800	380/1800	SAE14# (飞轮)	300/330@60Hz
43	6ETAA11.8-G31	340/1500	380/1500	SAE1# (飞轮壳)	300/330@50Hz
		340/1800	380/1800	SAE14# (飞轮)	300/330@60Hz

注：① 额定功率和最大功率工况均指发动机在标准大气状况下，经 44h 磨合运转后的最大总功率。标准大气状况，见表 2-6。

② 发动机的出厂试验、验收和定期抽查试验均按额定总功率及最大功率工况进行。

③ 机组常用功率：每年在可变负载的情况下无时间限制的运行。在任意连续的 250 小时运行周期内，可变负载的平均负荷不超过常用功率的 70%。每年在 100% 常用功率工况运行时间不超过 500 小时。在任意连续的 12 小时运行周期内允许超负荷 10% 运行 1 小时。每年在超负荷 10% 功率运行时间不得超过 25 小时。

④ 机组备用功率：每年累计运行时间不超过 200 小时且平均负荷不超过备用功率的 80%。其中在备用功率点运行每年不超过 25 小时。

表 2-6 出口型发动机型谱

大气压力	100kPa (750mmHg)
环境温度	298K (25℃)

相对湿度	30%
------	-----

2.3 发动机主要技术参数

2.3.1 发动机基本参数

- (1) 工作转速：1500 rpm/1800rpm；额定频率：50Hz/60Hz；
- (2) 稳态调速率（%） $\leq 0\sim 5$ （可调稳态）；瞬态调速率（%） ≤ 10 ；
- (3) 转速波动率（%）： ≤ 0.5 ；负荷突变稳定时间（S） ≤ 3 ；

(4) 发动机的标准输出功率是在标准环境状况下（环境温度 25℃，大气压力 100kPa，湿度 30%）下测定的，按技术条件规定的排气背压，不带风扇水箱的条件下，发动机的飞轮端输出的总功率。所以，因地域差异，发动机输出功率会随着气温的升高，大气压力的下降，相对湿度的增加而下降，此时应对发电机组的额定输出功率作适当的修正，避免发动机过热，造成早期损坏。

发动机的功率在海拔低于 2000m，温度低于 40℃是不用修正，湿度变化时功率不修正，温度，海拔继续升高时需要进行修正，具体修正方法按表 2-7 所示。

表 2-7 功率修正表

修正系数 气温℃	海拔高度 (M)						
	0-1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
不高于 40	1	1	1	0.87	0.83	0.78	0.72
45	0.96	0.92	0.87	0.835	0.8	0.77	0.72
50	0.93	0.89	0.845	0.81	0.77	0.74	0.72
55	0.9	0.86	0.82	0.78	0.75	0.72	0.69

2.3.2 各系列发动机主要技术参数

各系列电站用发动机主要技术参数如表 2-8、2-9、2-10、2-11、2-12、2-13 所示，如配套 OEM 制造商或者终端用户需求其他更详细的数据及参数、外形安装图纸，可向相关配套工程师沟通询问，进行配套选型。

表 2-8 H 系列电站用发动机主要技术参数

发动机型号	SC4H	4H4.3	4HT4.3	4HTAA4.3	SC7H	6HT6.5	6HTAA6.5
型式	直列、四冲程、水冷、直喷、四气门						
进气方式	增压/ 增压中冷	自然吸气	增压	增压中冷	增压中冷	增压	增压中冷
气缸数	4				6		
缸径×行程 mm	105×124						

排气量 L	4.3	6.5
压缩比	17.3:1	16:1
调速方式	国二——机械调速器/电子调速器（建议首选）；国三——电控	
稳态调速率	0~5% 可调	
点火顺序	1-3-4-2	1-5-3-6-2-4
燃油消耗率 g/kW.h	195	
机油消耗率 g/kW.h	≤0.2	
最低空载转速 r/min	≤900	
润滑油容量 L	11~13	15~17.5
冷却系容量 L	6.8	9.6
进气最大阻力 kPa	6	
排气最大阻力 kPa	6	
起动方式	电起动（24V）	
曲轴旋转方向	逆时针（从飞轮端看）	
冷态气门间隙 mm	0.25±0.08（进气门）	
	0.50±0.08（排气门）	
蓄电池容量 AH	120	150

表 2-9 D 系列电站用发动机主要技术参数

发动机型号	SC8D	SC9D	6DTAA8.9
型 式	直列、四冲程、水冷、直喷、两气门/四气门		
进气方式	增压中冷		
气缸数	6		
缸径×行程 mm	114×135	114×144	

排气量 L	8.3	8.9
压缩比	18:1	16.5:1
调速方式	国二——机械调速器/电子调速器（建议首选）；国三——电控	
稳态调速率	0~5% 可调	
点火顺序	1-5-3-6-2-4	
燃油消耗率 g/kW.h	198	
机油消耗率 g/kW.h	≤0.2	
最低空载转速 r/min	≤900	
润滑油容量 L	15~19	22~25
冷却系容量 L	12	
进气最大阻力 kPa	6	
排气最大阻力 kPa	6	
起动方式	电起动（24V）	
曲轴旋转方向	逆时针（从飞轮端看）	
冷态气门间隙 mm	0.30±0.08（进气门）	
	0.50±0.08（排气门）	
蓄电池容量 AH	180	

表 2-10 E 系列电站用发动机主要技术参数

发动机型号	SC12E	6ETAA11.8
型 式	直列、四冲程、水冷、直喷、四气门	
进气方式	增压中冷	
气缸数	6	
缸径×行程 mm	128×153	

排气量 L	11.8
压缩比	17:1
调速方式	国二——电子调速器；国三——电控
稳态调速率	0~5% 可调
点火顺序	1-5-3-6-2-4
燃油消耗率 g/kW.h	195
机油消耗率 g/kW.h	≤0.2
最低空载转速 r/min	≤900
润滑油容量 L	33~41
冷却系容量 L	23
进气最大阻力 kPa	6
排气最大阻力 kPa	6
起动方式	电起动（24V）
曲轴旋转方向	逆时针（从飞轮端看）
冷态气门间隙 mm	0.40±0.08（进气门）
	0.65±0.08（排气门）
蓄电池容量 AH	180

表 2-11 G 系列直列电站用发动机主要技术参数

发动机型号	SC13G	SC15G
型 式	直列、四冲程、水冷、直喷、两气门	
进气方式	增压/增压中冷	增压中冷
气缸数	6	
缸径×行程 mm	135×150	135×165

排气量 L	12.9	14.2
压缩比	16.2:1	15.5:1
调速方式	国二——机械调速器/电子调速器（建议首选）	
稳态调速率	0~5% 可调	
点火顺序	1-5-3-6-2-4	
燃油消耗率 g/kW.h	200	
机油消耗率 g/kW.h	≤0.4	
最低空载转速 r/min	≤900	
润滑油容量 L	33~41	
冷却系容量 L	25.5	
进气最大阻力 kPa	6	
排气最大阻力 kPa	6	
起动方式	电起动（24V）	
曲轴旋转方向	逆时针（从飞轮端看）	
冷态气门间隙 mm	0.30~0.35（进气门）	
	0.35~0.40（排气门）	
蓄电池容量 AH	180	

表 2-12 G 系列 V 型电站用发动机主要技术参数

发动机型号	SC25G	SC27G
型 式	V 型、四冲程、水冷、直喷、两气门	
进气方式	增压中冷	
气缸数	12	
缸径×行程 mm	135×150	135×155
排气量 L	25.8	26.6

压缩比	16:1
调速方式	国二——电子调速器
稳态调速率	0~5% 可调
点火顺序	1-12-5-8-3-10-6-7-2-11-4-9
燃油消耗率 g/kW.h	200
机油消耗率 g/kW.h	≤0.4
最低空载转速 r/min	≤900
润滑油容量 L	55~65
冷却系容量 L	48
进气最大阻力 kPa	6
排气最大阻力 kPa	6
起动方式	电起动 (24V)
曲轴旋转方向	逆时针 (从飞轮端看)
冷态气门间隙 mm	0.30~0.35 (进气门)
	0.35~0.40 (排气门)
蓄电池容量 AH	200

表 2-13 W 系列电站用发动机主要技术参数

发动机型号	SC33W
型 式	直列、四冲程、水冷、直喷、四气门
进气方式	增压中冷
气缸数	6
缸径×行程 mm	180×215
排气量 L	32.8
压缩比	15:1

调速方式	国二——电子调速器
稳态调速率	0~5% 可调
点火顺序	1-5-3-6-2-4
燃油消耗率 g/kW.h	200
机油消耗率 g/kW.h	≤0.4
最低空载转速 r/min	≤900
润滑油容量 L	50~75
冷却系容量 L	56
进气最大阻力 kPa	6
排气最大阻力 kPa	6
起动方式	电起动 (24V)
曲轴旋转方向	逆时针 (从飞轮端看)
冷态气门间隙 mm	0.40±0.08 (进气门)
	0.45±0.08 (排气门)
蓄电池容量 AH	200

第三章 发动机各零部件系统简介及注意事项

3.1 发动机支承系统

3.1.1 概述

发动机的支承系统主要功能为支承、隔振和限制位移的作用。

在机组安装时，需要采取振动隔离措施使发动机和机组底盘的振动、变形隔开，尽量减轻机组与支承结构的应力传递，避免由于机组底盘变形等原因传递到发动机的力过大而损坏发动机。同时限制发动机受冲击、惯性或其它外力引起的位移量，以免发动机与机组底盘等其他零部件发生碰撞。

发动机与机组底盘之间的控制装置、接线和管路在位移上应比发动机支承结构有更大的自由度，否则这些连接部分将对发动机支承的弹性产生不利影响。配套应用中既要保证发动机支承系统具有支承、缓冲和减振的功能，又要考虑发动机的倾角、共振和装配等多方面因素。

3.1.2 总体要求

- 在受各种干扰力（如移动式电站在车辆加速、制动等情况下）作用的情况下，应能有效地限制发动机受冲击、惯性或其它外力引起的最大位移，以避免发电机组与邻近件干涉。保证发动机大修前，不出现由于发动机的振动或位移过大引起的零部件损坏。
- 应能承受发动机、散热器、发电机、控制柜等发电机组的总质量。能充分地隔离由发动机产生的振动向机组传递，降低振动噪声。
- 保证发动机前端两侧面支承连接面及发动机机体与飞轮壳的连接面静态最大弯矩均不得超过发动机参数表中规定限值。
- 飞轮壳两侧面最大允许静态弯矩不得超过发动机参数表中规定限值。

3.1.3 支承系统减振垫

- 限位要求：如果发电机组的位移过大，会使机组本身或进排气管、控制系统、电气系统、配套气管路、配套水管路、接线等部件与周围的机件发生干涉，产生损伤或破坏，同时减振垫也容易疲劳损坏，因此必须从结构和刚度上限制过大位移。
- 频率要求：减振垫的主要作用是隔离振动，怠速时最易发生共振。为避免发动机或减振垫由于振动的激化而损坏，必须保证怠速区有足够的隔振效果（转速越高隔振效果越好），支承系统的固有频率应小于一定数值。当支承系统的固有频率为发动机点火频率的 70% 左右时，支承系统的传递率为 1，即没有产生任何隔振效果。配套要求减振垫的最低隔振效率为 60%，对于常用的阻尼比为 0.1 的减振垫来说，要求支承系统固有频率 f_o 为发动机的最低点火频率 f_d 的 1/2 或更低，但注意不得与机组机组底盘系统发生共振。发动机点火频率由下式计算求出：
$$f_d = \frac{ni}{60a} \text{ (Hz)}$$

其中：n —— 发动机转速 rpm；i —— 气缸数；a —— 系数，对于四冲程发动机 a=2。

SC 系列电站用发动机怠速一般为 900 r/min，对于阻尼系数为 0.1 的支承减振垫，发动

机/发电机总成转动固有频率对于四缸发动机应小于 15.0Hz；对于六缸发动机应小于 22.5Hz；对于十二缸发动机应小于 45.0Hz。

支承系统的隔振传递率如图 3-1 所示：

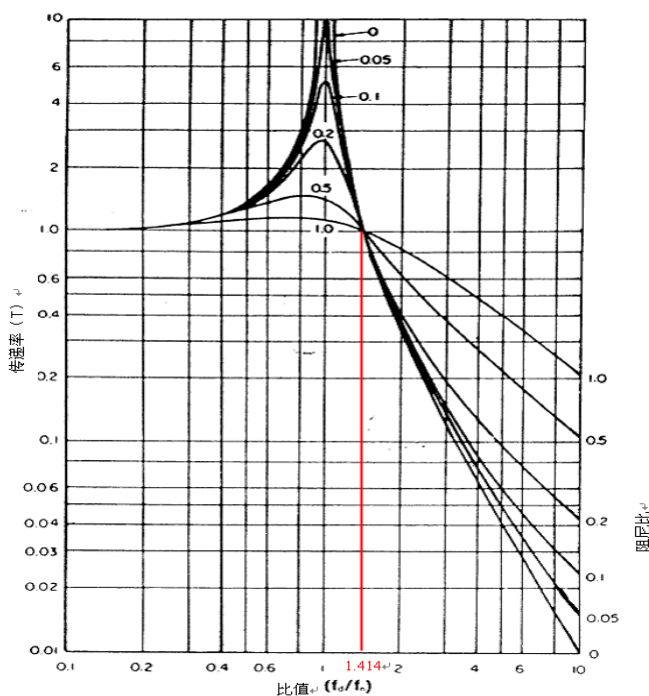


图 3-1 支承系统的传递率与阻尼、频率之间的关系图

支承系统固有频率越低，隔振效果就越好，但应根据机组底盘的刚度、发动机允许变形量、减振垫承受的负荷和变形量的要求来综合考虑匹配选择。选用的各减振垫的振动频率尽量一致。

是否发生了共振或者振动偏大，对于发电机组来讲，可以通过观察控制屏、管路的抖动情况或者测量机组整体振动水平来作为判断标准，但须保证发电机组本身置于水平硬质地面并直接接触地表。

- **减振垫变形量的要求：**根据承受的负荷、自振频率和结构选择单个减振垫，尽量使得各减振垫的变形量一致，尤其要注意在设计输入时要充分考虑减振垫的变形量。变形量确定之后，应设计减振垫正确的安装位置，并校核在安装发动机之后（即拧紧支承的紧固螺栓之后），发动机曲轴的轴线与发电机传动系传动轴的轴线是否相一致（计算单个支承的负荷时，应注意考虑机油和冷却液的重量），并且不会影响控制柜、电气系统等与发动机的连接，并保证可靠的动力输出。
- **前后支承的性能要求：**因为后支承必须承载发动机-发电机的大部分重量，所以安装于飞轮壳的支架设计很重要。后支承位置应尽量接近发动机扭转轴（发动机工作时的发火脉冲力和扭矩反作用力使发动机产生一个纵向转动的趋势）或主惯性轴，以提供良好的滚动隔离并减少支架和壳体的弯曲应力。后支承的位置一般会导致发动机在这些支承的滚

动几乎纯粹是垂直运动，后支承垂直方向上的刚度为主控制点，要求垂直方向上的减振率为85%以上。由于前支承距离扭转轴相对比较大，导致发动机在前支承中的扭转成为了侧向移动。这要求前支承设计水平刚度低，以很好地与振动隔离。

- 减振垫的承受负荷要求：减振垫应能够承受发动机的动、静态负荷。单独的支承载荷与发动机和发电机的总安装重量和支承位置布置有关。减振垫要满足承受惯性载荷的要求，惯性载荷的设计极限是向上、向下和向前三个方向上为重力的6倍，向后方向上为重力的9倍；减振垫还要能承受扭矩反作用力的要求，最大的反作用扭矩等于最低档的传动比与峰值扭矩的乘积。
- 减振垫的解耦布置：为了振动解耦，进一步提高隔振性能，前后减振垫的选配原则是调整前、后支承平面的弹性中心，使前、后支承的弹性中心尽量与发动机总成质心重合；使前后支承平面的弹性中心尽量落在发动机的扭矩轴上；把前、后支承尽量布置在共轭点上或弯曲振动的节点上。
- 减振垫装配要求：减振垫应无错位、变形、撕裂及松动等现象；安装螺栓不要使减振垫变形太大，以免破坏隔振性能，但要有可靠的防松结构，推荐采用双螺母防松结构，避免使用弹簧垫圈；减振垫与排气管距离不得小于200mm，无法避免时应加装隔热装置，防止橡胶受热老化；减振垫安装后两侧变形应大体一致，不能出现明显的拉偏现象；减振垫静态变形不得超过变形方向的20%，表3-1给出了一般减振垫橡胶材料的许用应力和许用变形；支承的螺栓孔布置要尽量便于拆装。如果前后均为水平布置的支承系统，飞轮端支承的位置要在曲轴中心线高度附近，自由端支承要比飞轮端支承略高，如图3-2所示：

表 3-1 常用减振垫的许用应力和许用变形

变形形式	允许应力 (MPa)	允许变形 (%)
压缩	1~1.5	15~20
剪切	0.1~0.2	20~30

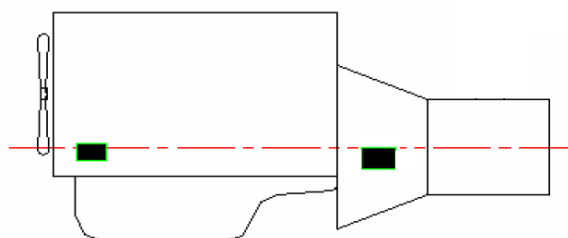


图 3-2 平置式支承减振垫布置

减振垫的位置要求：H/D前支承离支架在机体的安装点距离建议不要超过200mm。从支承平面到支承中心线的悬臂距离建议不要超过100mm。后支承在机组底盘的支座到发动机中

心线的距离建议不要超过355mm；E系列机体前侧左右悬置从支承平面到支承中心线的悬臂距离建议不要超过127mm，后支承在机组底盘的支座到后支承安装面的距离建议不要超过80mm；G/W系列均标配前后支承，减震垫安装在支承下方。后支承中心线到机体上支架安装平面的纵向距离建议不要超过50mm，以使得发动机支承面最大静弯矩不超过发动机参数表的规定值，一旦超出了限值，安装点的距离要进行适当的调整，如图3-3所示：

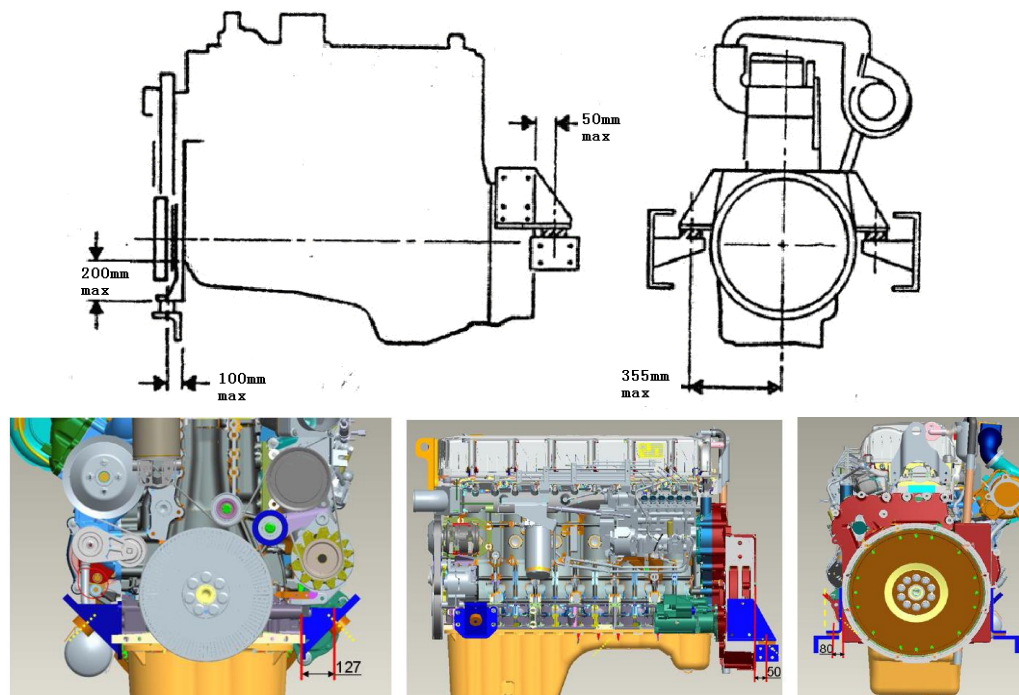


图 3-3 减振垫的位置要求

注：建议用户请勿随意改动或取消发动机随机附带支承，如需进行改动请与配套工程师联系沟通。

3.1.4 发动机后支承

- 对于发动机过重、发电机功率较大并装有其他附件电器附件或者机组整体尺寸较长的情况下，发动机机体后端面与飞轮壳结合面的静态弯矩超过设计规定限值，这时就需要增加发动机支承，建议匹配 250kW 以上发电机组用发动机增加后支承，如图 3-4 所示。

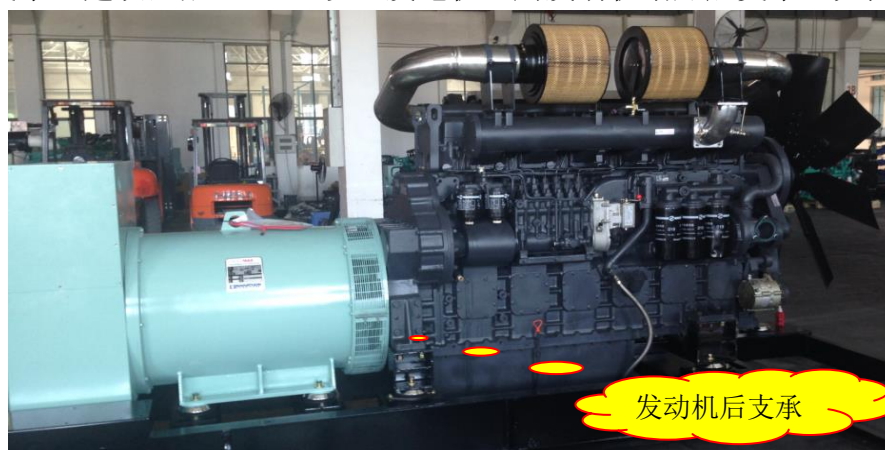


图 3-4 发动机后支承

- 设计原则是使飞轮壳和发动机机体后端结合面处的静态弯矩为零，同时注意考虑垂直方向上的减振。

3.1.5 支承的结构型式与正确安装

安装型式应由用户和发电机组制造厂家商定，可以由以下三种方式：刚性安装，安装发电机组的底架固定在低弹性衬底如软木砖、无弹性层的衬垫上；弹性安装，对于特殊用途（如船用电站或移动式）可能要求限制弹性安装。弹性安装分为全弹性安装和半弹性安装，全弹性安装是将发动机和发电机用隔振器弹性地安装在底座或基础上；半弹性安装是将发动机用隔振器弹性地而将发电机刚性地安装在底座或基础上。

电站机组为四点支承，根据用户要求提供单孔或双孔支承，发电机组制造厂家根据本公司提供的外形轮廓图设计机组底盘支承。减振垫为用户可选件。

- 支承布置：由于四点支承的稳定性好，能克服较大的转矩反作用力，虽然扭转刚度较大，不利于隔离低频振动，但是经过合理设计仍可满足要求。按照支承的结构布置方式划分为会聚式、斜置式和平置式，支承的布置方式如图 3-5 所示。

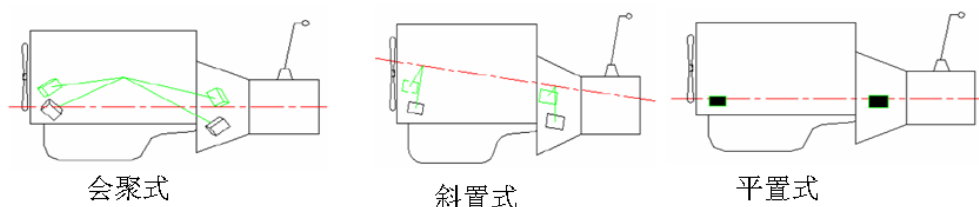


图 3-5 支承的布置方式

- 发电机组配套主要采用平置式的支承方式，前支承对称布置在机体两侧面或齿轮室下侧位置，后支承对称布置在机体两侧面或飞轮壳下侧位置或发电机组的两侧，由于平置式布置的制造精度和装配精度要求不高，安装相对简易，便于发动机与机组的安装匹配。
- 发动机与发电机的位置调整：由于装配误差，发动机与发电机连接时，需要进行位置的调整，推荐公共机组底盘发动机支承的螺栓安装孔设计成腰形孔，以便于调整发动机 X 向的安装位置。发电机和散热器支承的螺栓安装孔也设计为腰形孔，便于发动机 Y 向的调节。

注：发动机坐标轴定义：曲轴方向为 X 轴向，指向前端为正向；水平面内垂直于 X 轴，指向进气侧为 Y 轴正向；竖直向上为 Z 轴正向。下同。

发动机支承的设计与安装应保证在任何使用条件下，支承减振垫都不会发生刚性接触。对于受剪切力为主的支承，支承零件应具有限位功能。

3.1.6 支承系统的安装检查

在设计发动机支承及公共机组底盘系统时，要注意避免发动机支承的垂直固有频率与发电机等系统垂直或倾斜固有频率一致，防止产生共振，导致连接螺栓或钢片的断裂。

- 减振垫的变形量与设计值是否一致。

- 在任何使用条件下，支承减振垫是否无刚性接触。
- 支承减振垫的紧固螺栓有无采取可靠的防松措施。
- 怠速运转时发电机组的振动情况是否在可接受范围内。
- 发电机组运行过程中发动机周围机件有无与发动机相关部位干涉。

3.2 进气系统

3.2.1 概述

进气系统的作用是向发动机提供充足、清洁、干燥和一定温度的空气，最大限度的降低发动机的磨损并保持最佳的发动机性能，一般包括空滤器、进气管路、中冷器、胶管、夹箍、支架等。在用户可接受的保养周期内能有效的过滤进气灰尘和水分，并将进气阻力保持在可接受的限值内，如图 3-6 所示。因此系统的过滤效果、密封可靠、和低进气流动阻力是本系统的设计目标。

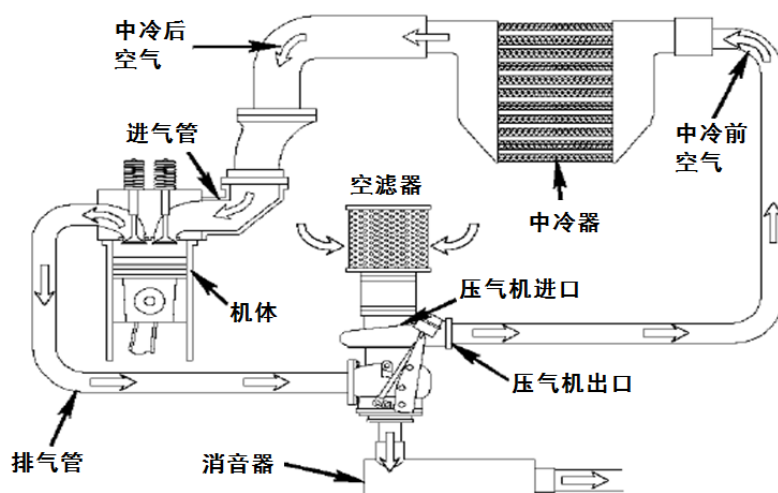


图 3-6 进气系统的示意图

3.2.2 进气系统的总体要求

- 各种安装方式都必须保证空气中的灰尘不得进入进气系统。
- 进气系统在空滤器之前要安装有效的防水和除尘相关装置，注意防止吸入雨、雪、灰尘等杂质或者发动机的排气及静音箱内的过热空气。
- 进气系统的安装及管路布置应保证发动机进气口的进气温度与环境温度的进气温升不得大于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，否则进气密度下降，影响发动机的性能发挥，并使排放恶化。进气温度过低会导致柴油无法被压燃，发火滞后，燃烧不正常。用于寒冷地区的发动机进气系统需要有效的进气加热装置，以改善发动机的冷启动性能。
- 距离增压器进气口小于等于 100mm 处发动机标定点时测得的进气阻力：二级空滤器一般不得超过 4.5kPa （新空滤器）/ 5.5kPa （旧空滤器）。三级空滤器一般不得超过 5.2kPa （新空滤器）/ 6.0kPa （旧空滤器）。系统应安装阻力报警装置或色变装置，以提醒用户及时维护保养进气系统。（注：新空滤器是指在肉眼看不到灰尘的干净的环境下使用 2h 以

内的滤清器；旧空滤器是指在肉眼看不见灰尘的环境下使用 2h 以上 30h 以内且按照常规做了滤芯清洁保养后的滤清器。)

- 空气滤清器必须具有发动机参数表上规定的除尘能力，布置位置应考虑到保养接近性和拆装空间，如图 3-7 所示，内嵌式空滤布置可降低发动机高度，便于低噪音静音箱布置及运输。



图 3-7 空滤的布置方式

- 过滤后的进气管路必须采用高强度螺钉或 T 型弹簧夹箍紧固，以保证发动机进气的清洁。散热器等附件的连接气管路，为了防止带有杂质的空气进入均要保持长效可靠的密封。
- 在发动机日常维护保养和操作过程中，应保证管路的完好性和管路接口的密封性。
- 进气管路的安装应考虑在适当位置增加固定支架，避免因其自重或相对运动使进气歧管或增压器承受过大的附加应力，如图 3-8 所示。

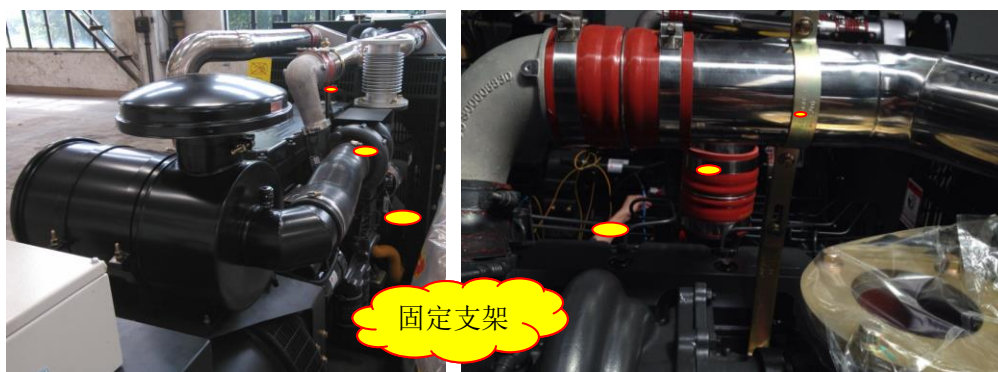


图 3-8 固定支架安装示意图

- 中冷器应具有足够的散热面积和迎风面积，在额定流量下（一般设计为发动机标定工况下进气流量的 1.1 倍）压力降不得超过相应发动机参数表中的规定值。
- 系统装配所有选装附件后，在发动机最大进气流量条件下，在发动机进气口处测得的进气阻力不得超过相关发动机参数表中的规定值。
- 如工作于可燃环境中，用户应在进气系统中增加断气停机装置。

3.2.3 进气口的位置选择

- 原始进气口之前不应有其它零部件阻挡。原始进气口位置要求尽可能高，外露的原始进

气口必须设置雨、雪过滤装置，防止雨、雪进入进气系统，并将吸入空气中所含的水份及时有效的分离出来，避免损坏发动机。

- 进气系统避免布置在可能吸入机房内热空气、散热器排出的热风、发动机排出的废气和路面飞溅物的位置。
- 原始进风口的截面积大于等于空滤器进气口截面积的 1.5 倍。

3.2.4 空滤器

- 空气滤清器的选择应满足发动机正常工作的额定流量，空气滤清器的额定流量不得小于相关发动机参数表中的规定值。考虑到进气系统的维护保养周期，空滤器的额定流量是发动机标定工况下实测流量的 1.2~1.5 倍。
- 发动机应采用带安全滤芯的双级空气滤清器。预滤器一般使用惯性分离法或离心分离法分离灰尘，并通过手动除尘阀或自动排尘系统排出。主滤芯和安全滤芯应选用干式纸质滤芯；在额定流量下，原始阻力不大于 2.45 kPa，叶片环旋流粗滤器的粗滤效率不低于 85%，总成原始滤清效率不低于 99.5%，空气滤清器容灰能力应不小于 6g/(m³/h)；
- 在恶劣环境下使用应采用高效率粗滤器，推荐采用切向或轴向旋流粗滤器、带有排尘装置的直通旋流管粗滤器，或考虑采用油浴式粗滤器，在额定流量下粗滤效率不低于 93%；当增加一级推荐的粗滤器时，在额定流量下空滤器总成的原始阻力允许不大于 2.95kPa，总成原始滤清效率不低于 99.9%，空气滤清器容灰能力应不小于 15g/(m³·h)。
- 进气口处须有护罩以防止雨水、飞溅物和粉尘、泥土进入。
- 空气滤清器应十分可靠地固定在支承结构上，不得因为振动造成滤芯的变形和不密封，同时还要注意在安装支架时采取隔振措施，避免引起附加噪音。空滤器与发动机之间必须使用一段柔性管路，以抵消发动机与机组底盘之间的相对运动。
- 发电机组用发动机的空滤器常装置于发动机上，这就有必要对空滤器支架进行应力和振动分析（如有限元分析）及试验验证。
- 空气滤清器要带有排尘装置，根据机组的运行工况应定期进行排尘操作；配套发电机组用发动机的工作环境相对比较好，所以多使用单级滤芯。但是用在环境恶劣的情况下，空气滤清器也要多级滤芯，要有自动排尘口，方便尘土自动从排尘口排除掉，而不须用人工操作。排尘口的安装位置要尽可能远离发动机的表面和迎风面。
- 空气滤清器上的保养指示器须布置在容易观察的地方，首选连接位置是应尽可能靠近涡轮增压器进口的直管段上，其次是位于空气滤清器外壳的出气管上。将指针连接至进气系统的配件必须具备工作期间指针损坏或敲落时可防止进气系统受到污染的过滤装置。特别注意空滤器保养指示器的安装可靠、正确，以免使用过程中出现松动、掉落，使其成为粉尘入口。一般空滤器真空度达到 6.2kPa 或发生了色变、报警时，需要对空滤器进行保养。

- 空气滤清器布置位置应考虑保养接近性和拆装空间，保证集尘盘容易拆卸和重装，同时确保纸滤芯不必拆卸其他零件就可轻易拆卸，拔拉滤芯时不会接触到任何污垢或者锐利的障碍物，同时注意将排尘口布置在空滤器的正下方，如图 3-9 空滤器的布置位置所示。



图 3-9 空滤器的布置位置

注：空滤器的吸尘量和初始阻力影响保养时间间隔，但不是滤清器效率的指示。空滤器的保养频率必须根据使用的经验和气候条件来确定。

3.2.4 中冷器

将增压后的空气在进入气缸前进行中间冷却的装置称之为中冷器，中冷器是一种用来冷却增压空气从而提高进气密度的散热器型式，增压中冷技术是现代发动机上普遍采用的一种技术。

增压发动机采用中冷后，进气温度降低，密度增加，可以大幅度提高功率并改善发动机的经济性，同时降低热负荷。若发动机功率不变，每当增压空气温度降低 10°C ，则燃料消耗降低 1.5%；最高燃烧温度和循环平均温度降低 3°C ，不仅如此，还使排气温度、缸盖温度都明显下降。

中冷器按冷却介质可分为：水-空中冷器，即用水来冷却增压空气；空-空中冷器，即用外界空气冷却增压空气，空气以一个独立风扇供给。由于受冷却液温度的限制，水-空中冷器的增压空气很难达到较低的进气温度（如 80°C 以下）；其次，由冷却液带走的这部分热量，实际上还要通过水箱散发到大气中，无形之中增加了冷却系统水散热器的负担，而且从传热过程来看它是二次传热，整体的传热效率较低；再者，由于在水-空中冷系统中，冷却液参与了中冷循环，容易因为中冷器泄漏导致冷却液进入气缸而出现水锤事故。因此电站用发动机越来越多采用空-空中冷器，此结构紧凑，并能完全防止中冷器冷却水涌入发动机。此外，空-空中冷器可与散热器前后排列，使整个冷却系统的组成部件少，结构相对简单，且制造成本低，广泛应用于发电机组用发动机，如图 3-10 中冷器结构型式所示。



图 3-10 中冷器结构型式

- 中冷器的额定流量应不低于相应发动机参数表中的规定值；在额定流量下中冷器的压力降应不超过相关发动机参数表中的规定值，如参数表中没有规定，许用压降（从压气机出口至进气歧管允许的最大压降）可按照表 3-2 验收，中冷器阻力每增加 5kPa，其性能（功率、油耗）恶化约 0.4%。同时，烟度和排温也会有不同程度的增加；为满足使用要求，中冷器的额定流量一般按发动机标定工况下进气量的 1.1 倍来确定，建议采用上海柴油机股份有限公司推荐中冷器。

表 3-2 中冷器许用压降

机型	4H	7H/6HT	8D	9D/6DT	12E/6ET	13G/15G	25G/27G	33W
许用压降 (kPa)	6	8	10	10	12	12	15	15

- 中冷器应有足够的散热面积和迎风面积，在最终选定的风扇流量、冷风压降的情况下，发电机组在全负荷工况下，中冷器的出口温度相对于环境温度的温升，不得大于 25 °C，设计完成后要经试验验证。设计要求中冷器出气温度要明显比冷却液温度低，因此，布置时应使冷却空气先冷却中冷器后冷却散热器。务必要注意中冷器和散热器不能相互遮挡芯部，如图 3.11 所示：

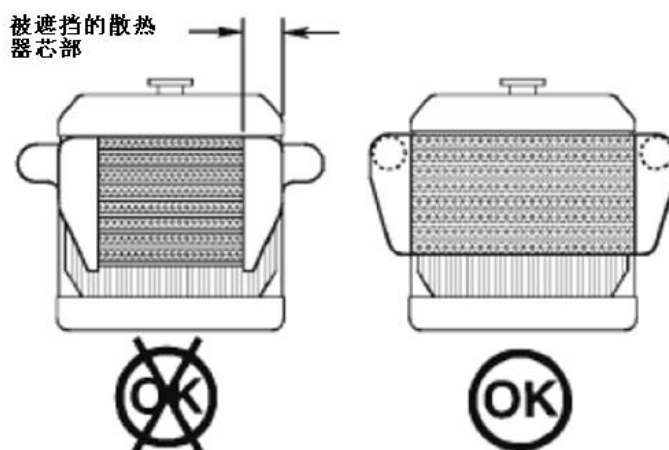


图 3.11 中冷器与散热器的相对位置

- 中冷器和连接管路的清洁度对发动机至关重要，整个中冷系统所有零部件所含杂质的总和及颗粒度要求不得超过相关零部件的规定限值。
- 增压器压气机出口连接管建议设计成一直的管件，圆锥形扩压角不得超过 30° ，以得到较好的性能。长度取决于装配位置，或者直到连接管出口处面积相当于压气机出口面积的 2 倍。压气机出口处尽量避免采用无钢箍成型橡胶弯头。如果连接的是带弯头的金属软管，建议将其通过支承固定在发动机上，如图 3.12 所示：

空气中冷系统管路布置

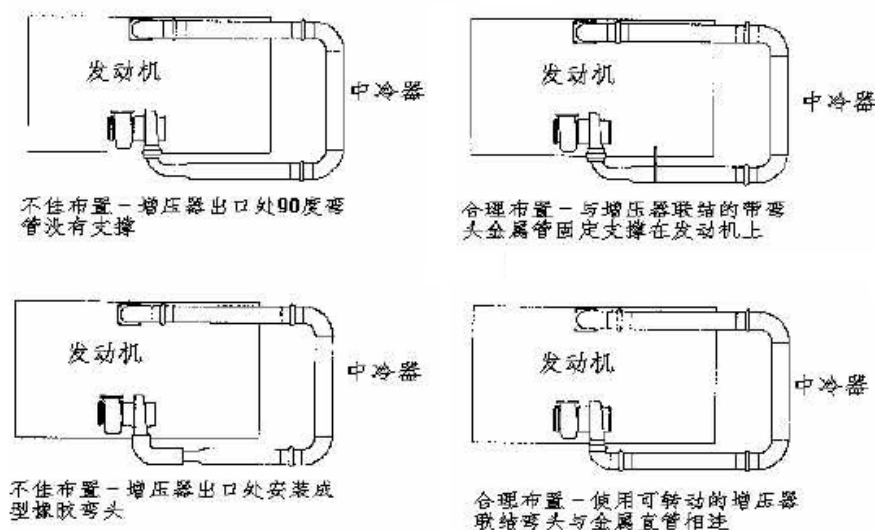


图 3.12 中冷器的管路布置

3.2.4 进气预热装置

在寒冷季节或寒冷地带，为顺利启动发动机并使起动后发动机的转速保持稳定，烟度得以改善，需要辅助预热装置。各系列发动机在不采用任何预热措施的情况下，能够起动的最低环境温度的温度详见各系列保养说明书，通常在环境温度为 -10°C 时就应使用预热辅助装置。辅助预热装置有火焰预热和电加热两种，安全起见，两者绝对不可同时配备使用。

采用火焰预热的方式一般带有水温传感器、燃油电磁阀、火焰预热塞和预热电控器等，

目前火焰预热采用较多的是通过柴油的燃烧进行进气加热的。火焰预热塞安装在发动机的进气管上，应保证预热塞在进气管内伸出的长度不小于 20mm，与气流方向夹角 α 为 $0^\circ\sim 45^\circ$ ，可适当增加火舌的长度，以获得最佳加热效果。根据发动机的实际情况和用户的要求，可选择装一只或两只预热塞。如果采用一个（两个）预热塞，回路中需要选用截面积为 5 mm^2 （ 10 mm^2 ）以上的导线连接，在预热电控器和预热塞之间需要连接一个中间继电器，继电器的触点电流建议不小于 50A（100A），线圈驱动电流小于 1A，保险丝建议选用 30A（60A）。进气系统会根据水温传感器所测得的发动机冷却液温度信号，自动判断是否投入工作，控制火焰预热塞的通电时间，保证预热塞发热体表面达到 $950^\circ\text{C}\sim 1050^\circ\text{C}$ 的点火温度，用户可根据指示灯所处的状态或者特定的环境要求，操作钥匙开关或者与发电机组控制模块连接自动启动，燃油电磁阀自动接通油路，向处于发热的预热塞供油，在进气管内产生喷射火焰，辅助发动机在短时间内启动成功。预热电控器安装在淋不到雨水及污染少的地方。

采用电加热预热辅助装置一般带有电阻预热器、温度传感器、预热指示灯等元件，其工作由 ECU 控制，功率通常比较大，一般为 $2\sim 3\text{ kW}$ ，因此选用的导线截面积为 16 mm^2 或以上，正极和 ECU 控制端需要用中间继电器来转换，中间继电器触点电流要大于 150A 或以上。ECU 根据水温传感器测得的发动机冷却液温度判断是否启动进气预热。一般将电阻预热器装配在进气接管上，通过 ECU 控制通电时间的长短来控制进气温度，使得发动机能够顺利启动。注意将预热器不接电源的另一个触点通过电线连接到对应的螺栓上，将其短路掉。由于进气预热装置一般布置在空滤器下游，应注意安装零件的密封性，使其不得成为发动机的进灰源。

3.2.5 进气管路布置总体要求

进气管路的设计目标是保持最小的进气阻力，并在管路系统中产生最小的温升，同时能满足密封及固定的可靠性要求。

进气管总体要求：在任何环境下，发动机正常的工作时，进气管均不允许出现变形或者毁坏。

- 进气管的温升要求：进气位置和管路布置必须确保发动机进气口与环境温度的温升不超过 25°C 。如果进气管道从热的构件旁经过，为避免管道内的空气被加热，进气管道与热的构件之间必须加装必要的隔热装置。
- 进气管的强度要求：进气管路须有足够的强度和刚度，能够适应系统的工作温度和压力要求，防腐蚀，在发电机组最大负载进气阻力最大（空气滤清器脏污时）的情况下具有足够的抗瘪性，还应能承受卡箍紧固力和由于发动机与机组构件间的相对运动而不损坏、变形、泄露或蹋瘪，尤其是空滤器到增压器压气机进口之前必须采用一段胶管，以抵消发动机与机组底盘之间的相对位移，该胶管要有足够的刚度，以防止由于负压造成吸扁、破损及局部窄缝等，或由于振动而变形。除必要的过渡接头，建议尽量少用橡胶、塑料类的过渡接管。

- 进气管的紧固要求：进气管路应该得到很好的固定，以免由于气流冲击和振动而使连接松动或脱落。连接胶管宜采用波纹管，该软管应能在-20℃~250℃下长期使用，有足够的耐老化能力。选择合适的卡箍，以保证有足够的强度来固定进气管路，使每个进气管路的连接处都有良好的密封，以防止灰尘杂物的进入。
- 进气管路阻力要求：管路布置应尽量平直，少拐弯，特别要避免小半径的急转弯；管路的内壁尽量平滑，以减少进气阻力。进气管的管径不得低于相应发动机参数表中的规定值，使得整个进气管路系统的阻力不超出发动机参数表中的规定值。中冷器管路布置应简洁、牢靠，尽量减少气流方向的改变，在方向改变处应尽量使用金属管，不得使用橡胶管。连接处采用胶管时，应注意控制连接零部件的尺寸公差，防止胶管扭曲，图 3-13 连接为不合理布置，结构布置较差的冷却系统。
- 进气管的弯矩要求：中冷系统管路安装应不会因其自重或相应的运动使进气歧管和增压器承受各种应力，为避免压气机壳体变形，增压器压气机进口最大静弯曲力矩为 6.8N.m。在压气机壳体与第一个管路支点间必须采用挠性连接。中冷器管路布置应简洁，固定牢靠，采用渗铝钢管或不锈钢管，并对管路内外壁进行防腐处理。
- 进气管的耐高温耐压要求：中冷器前后管口之间的连接必须采用耐热耐压橡胶管，应能耐 250℃ 的高温和 400 kPa 的高压；刚性管口之间的间隙推荐 15mm~20mm。
- 对于增压器前空气管道尺寸，推荐截面积按此标准确定： $A=50-65\text{mm}^2/\text{kW}$ 。
- 进气管的密封性要求：安装的管路必须保证完全密封。管路尽量避免焊接，对于不得不焊接管子，应防止假焊、脱焊，并彻底清除焊渣。硬管与橡胶管连接部位不允许采用钢板搭接焊接成管，应用无缝钢管或不锈钢管制作并且管口位置有凸缘，保证橡胶管与硬管为过盈配合连接。进气管路变径要逐渐过渡，不能突变，尽量保持通畅，不允许出现管道折弯现象，更不能与发电机组或发动机在运行或静止的过程中发生干涉。金属管插入橡胶管的长度确保在 30mm 以上，并使用平板带式卡箍或具有 360°密封性能的 T 型弹簧卡箍紧固胶管。绝对不允许管路中存在任何漏气现象，否则发动机无法发出正常功率，加速性和最高车速都达不到设计要求。如图 3-14 所示结构布置合理的冷却系统。



图 3-13 进气管路的不合理布置



图 3-14 进气管路的布置方式

3.2.6 进气防水系统

进气系统的水会浸透滤芯，导致进气阻力变大和过滤效率降低。在寒冷天气下，过滤器可能会被冰雪堵塞而阻滞甚至切断发动机的空气供给。清除进气系统中的湿气将会提升发动机、滤芯和进气管路的使用寿命和性能。

从进气系统中清除湿气可通过两个步骤：①进气口的除湿措施是将进气口设置在远离来水的区域，并采用雨帽、叶片帽等措施有效地掩蔽进气口以防止雨雪等水气的直接吸入；②采用湿气清除系统分离进气系统的湿气，一般为惯性分离器或冲击分离器等装置。这些装置中的多数可以并入车辆进气口和管路中，对空间略有或者没有额外要求或限制。如图 3-15 所示。

由于湿气会破坏进气系统和发动机的相关零部件，建议所用湿气清除系统应具备在按照 SAE J726 测试程序进行测试时可清除掉 80%湿气的的能力。

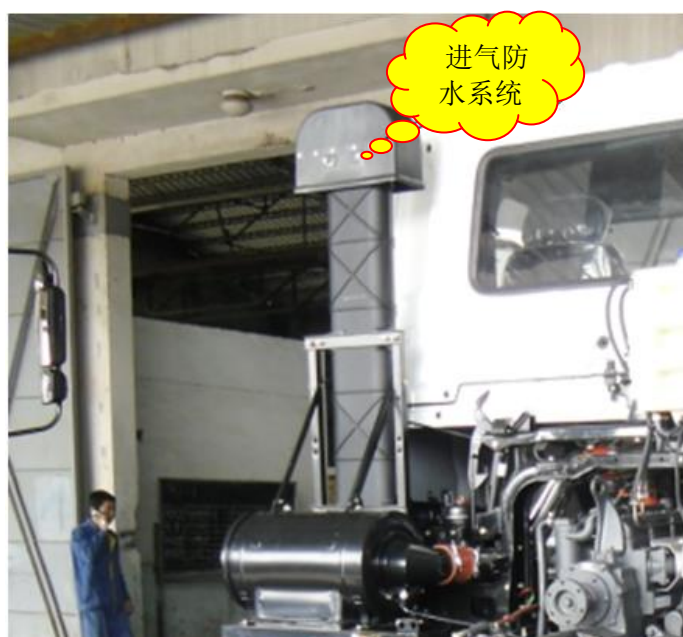


图 3-15 进气系统防水结构

3.2.7 进气系统的安装检查

- 空气滤清器的原始阻力及中冷器的进气阻力是否在发动机参数表的规定限值之内。
- 空滤器规格是否满足流量要求，滤芯安装有无短路。
- 结合冷却系统热平衡试验，中冷器的出气温度相对于环境温度的温升是否满足要求。
- 评估进气管路的密封性、管件的固定和管口紧固的可靠性。
- 评估进气口位置的合理性及防雨雪功能，进气温升及滤清效率、除湿效率是否满足要求。
- 进气温度/压力传感器是否正确安装在进气系统中，并且相应的线束是否远离热源或经过防护避免损坏。
- 断开式的连接是否处于空滤器的上游。
- 进气系统的保养时是否不必拆卸空滤器与增压器之间的零部件及维护的可接近性。
- 整个进气系统的清洁度是否经过评估且符合要求。
- 进气管路是否对增压器的压气机产生过大的附加应力。

3.3 排气系统

3.3.1 概述

排气系统是在保证发动机最佳性能的同时，降低排气噪声和尾气排放，防止排气泄漏，保持排气畅通，把所有废气安全地运离发动机并安静地排到大气中去。

3.3.2 排气系统的总体要求

- 排气管路的布置要尽量短、直，少拐弯，避免小半径的弯曲，保证排气的密封和通畅，总布置需要管路弯曲时，弯道的曲率半径也应尽可能大，90°弯头建议不超过3个，如图3-16所示。在标定转速下，为使发动机的排气背压不得大于10kPa，排气管的管径不得小于对应发动机参数表中的规定值，如表3-3所示。

表3-3 排气连接管尺寸

机型	建议排气总管最小内径(mm)
4H	100
7H/6HT	120
D	120
E	150
G	150
W	200

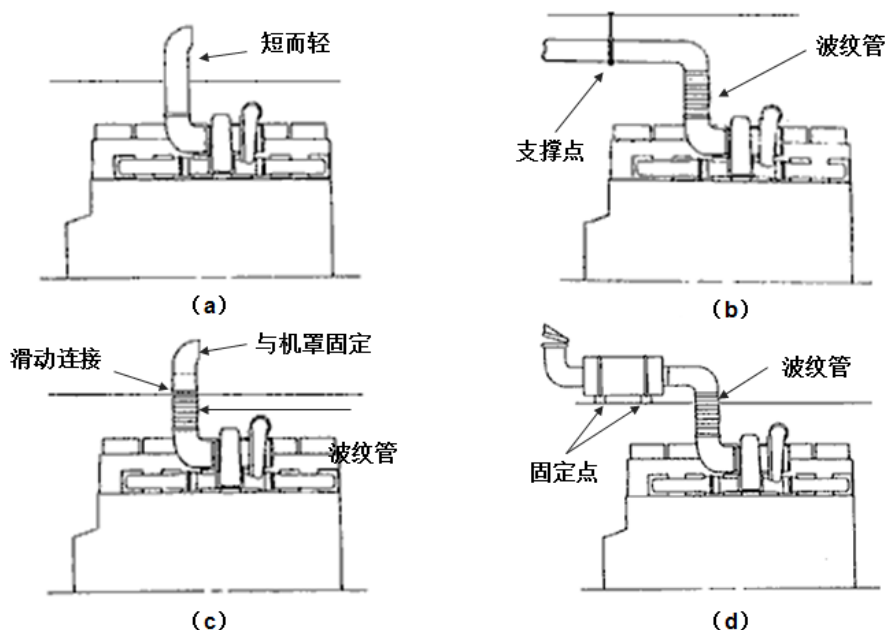


图 3-16 排气系统布置示例

- 每个发动机应该有单独的排气系统，不可以和其他发动机的排气系统连在一起，并且要安装消声器消减发动机的尾气排放及排气噪声以满足排放法规和客户对噪音要求。
- 由于重量，惯性，部件的相对运动和热膨胀引起的尺寸变化等原因，排气系统的部件不应应对排气歧管或增压器产生过大的应力。
- 排气系统必须有效驱除废气，排气管的出口应该加以布置在不影响空气滤清器的功能、外部环境、冷却系统以及不危害人员安全的地方。
- 排气系统必须注意防止发动机进水，选择适当的排气口布置及排气结构。
- 在增压器近废气涡轮出口总管的直管部分测量排气背压。

3.3.3 排气口的位置要求

- 排气口保证雨、雪或其他飞溅的水不能进入排气管和消声器，必要时采用罩帽或类似的装置进行遮挡。
- 排气出口方向应避开燃油箱、散热器、中冷器、空滤器进气口、储油罐及机组人员操作等位置。
- 若发电机组的进气口与排气口在驾驶室上方均装有通气管，且两者相距非常近，排气烟窗应高于并尽量避免面向空气进气口。

3.3.4 排气管路、支架、夹箍等

- 排气系统部件不应由于自身的重量、惯量、部件间的相对运动或因热膨胀产生的尺寸变化而对排气歧管或增压器施加过大的应力。排气管路与发动机排气口之间的连接，必须采用一段柔性的金属波纹连接，以消除或减小增压器出口所承受的附加应力，并使发动机的振动与机组的变形相互隔离，有利于发动机的隔振，提高可靠性。

- 增压器排气端安装面最大静弯矩不得超过 37 N·m，增压器出口不得超过 13.5 N·m 涡轮后的排气管应有可靠的支承与发动机相连，以避免排气管路对增压器产生附加应力。波纹管后的排气管路支承应该支承在机组底盘、机架或者静音箱横梁处而非发动机上。
- 在目前发动机采用典型的排气管直径和重量的情况下，到增压器的排气接管长度达到 1.2m 及以上时需要设置支承。如果不设置附加支承，消声器不应直接装在排气系统上。当采用一段长为 300~450mm 的挠性管并经过适当支承后，可使发电机组上的排气系统不会对发动机增压器部件产生过高的弯矩。
- 排气系统各管件的连接必须密封牢靠，紧固件有可靠地防松措施，防止管件和接头处泄露，防止因发动机、支架的振动而引起的接口松脱，建议用双螺母防松，并必须有完善的防火措施。
- 为防止排气系统各部件及管路释放的热量返回到发动机舱，造成各种零部件的热变形甚至火灾，应充分考虑设计隔热措施。包裹隔热材料的排气管路要距离可燃材料至少 15cm 的距离。
- 工作在煤灰环境下的发动机，排气管需进行包覆处理，防止发生火灾等严重后果。

3.3.5 排气消声器

排气消声器是排气系统的主要部件，主要起到降噪的作用，它既要满足机组噪音的要求，又要满足排气阻力的要求，还要满足消耗功率尽可能少的要求。

- 排气消声器的容积应根据发动机最大排气流量来确定。发动机的排气流量可在相关发动机参数表中查得。
- 消声器的安装要保证在使用时能承受振动负荷而不致产生变形或损坏。消声器的支承或卡箍的位置必须要考虑到在其受热方向上有一定的裕度，避免因其热膨胀导致其他排气系统部件遭受严重的压力。
- 当消声器布置在车架上或距离增压器出口超过 300mm 时，增压器排气口至消声器间的管路中要设置柔性管段以避免发动机排气系统部件承受过应力。
- 增大消声器尺寸可改善消声效果，但要综合考虑消声器能利用的空间、对降噪的要求、允许的排气背压、价格等方面。对一给定容积的消声器来说，增强噪音抑制通常会增加排气背压。
- 发动机参数表中给出的排气管直径通常可作为消声器的进口直径。消声器的材料一般具有防腐蚀能力，如图 3-17 所示。



图 3-17 排气消声器布置位置

3.3.6 隔热措施

- 排气管和消声器等高温的外露零部件，要确保和周边零部件有足够的间隔：
 - ①与机组自身可燃零部件的间隔应大于 100 mm；
 - ②与电线束的间隔应大于 200 mm；
 - ③与发动机支承减震垫、水箱支承减震垫、消声器支承减震垫等的间隔应大于 200 mm；
 - ④与发电机、起动电机、电动停油装置、机组控制系统等电器设备的间隔应大于 200 mm；
 - ⑤与燃油、机油滤清器及管路的间隔应大于 200 mm；
 - ⑥如果受结构限制不能确保上述间隔的地方，应在相应位置设置隔热板进行隔热，设置有效的隔热板后，与隔热板的间隔应大于 35 mm。
- 高压油泵、喷油器、燃油滤清器、机油滤清器、燃油管路及接头、机油管路及接头、机油标尺管口、呼吸器管口的正下方均不允许布置消声器和排气管等高温外露零部件，以免因燃油、机油滴漏引起火灾。如果因结构限制需要布置时，必须设置有效的挡板。
- 如使用隔热棉隔热，必须采用符合相关的耐热材料规范的材料，如图 3-18 所示。

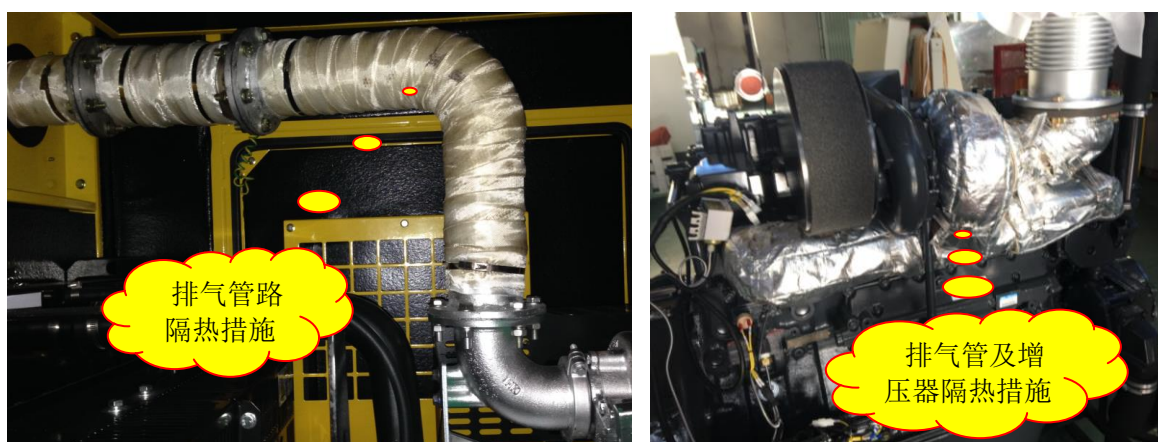


图 3-18 排气系统隔热示例

3.3.7 排气系统的安装检查

- 检查排气系统布置的合理性和管件连接的可靠性，排气管是否对增压器的涡轮机产生了过大的弯矩或应力。
- 检查排气系统的隔热和防火措施。
- 排气口的位置和布置方式是否合理。
- 排气管路的布置是否满足排气阻力要求，并远离油、线束等部件或采取一定的隔离措施。

3.4 冷却系统

3.4.1 概述

冷却系统的功能是使发动机在所有运行工况下都保持在适当的温度范围内，既要防止发动机夏季过热，也要防止发动机冬季过冷。在发动机冷启动之后，冷却系还要保证发动机迅速升温，尽快达到正常的工作温度，正常的冷却液出口温度为 $80^{\circ}\text{C}\sim 99^{\circ}\text{C}$ 。

在平原上运行的发动机压力盖推荐为 $0.5\text{bar}\sim 0.7\text{bar}$ ，高原推荐压力盖为 0.9bar 。

发动机冷却系统采用闭式冷却系统，如图 3-19 发动机冷却系统所示，利用水为介质，采用离心式水泵进行循环，系统由节温器、水泵、散热器、散热风扇、水温感应器等组成，从水泵泵出的冷却水依次进入机油冷却器、缸体缸盖，冷却后的水经节温器或走小环路回水泵进口或走大环路回水箱进行冷却。

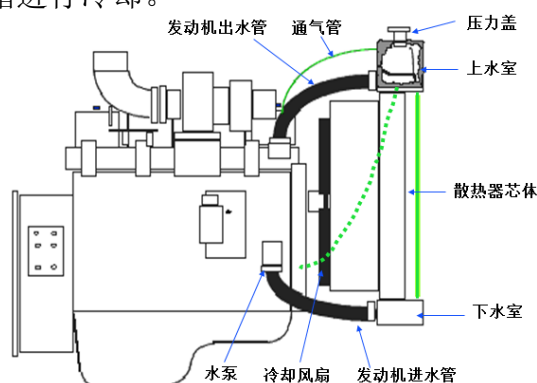


图 3-19 发动机冷却系统图

推荐采用长效防锈防冻液，这样对发动机的工作性能和可靠性更加有利。极限使用环境温度 LAT_B 如表 3-4 中的规定。

表 3-4 极限使用环境温度与使用环境及车辆用途之间的关系

使用环境	用途	极限使用环境温度 LAT_B
常温环境	静音机组	45°C
	开放式机组	50°C
高热或沙漠环境	—	55°C

备注：发往国外市场的发动机，应根据当地的环境及机组的负载情况具体分析，制定合适的极限使用环境温度，该值应在具体的配套协议中另行规定。

$$\text{使用环境温度： } LAT = T_{\max} - (T_{\text{test}} - T_{\text{ambient}})$$

T_{\max} ——最高允许出水温度； T_{test} ——测量得到的最高稳定出水温度； T_{ambient} ——试验时的环境温度。考虑到机组运行一段时间后，冷却系统的散热效率有可能会略有降低，和新机试验状态不太一致，同时考虑到实际试验、配套和用户实际使用状态的各种变化，SC 系列发动机配套发电机组常用功率推荐 T_{\max} 为 100°C 、备用功率推荐 T_{\max} 为 104°C 。

经销商和 OEM 制造商进行热平衡试验时，只有当 $LAT \geq LAT_B$ 时方能满足使用要求，推荐使用上海柴油机股份有限公司指定配套散热器厂家，详情咨询相关配套工程师，否则由于散热器原因导致的发动机性能及可靠性下降由经销商和 OEM 制造商自行负责。

3.4.2 冷却系统的总体要求

- 使发动机得到足够的冷却，即使在遇到可能的最高气温以及加上所有的附加热负荷时，系统仍能正常工作。
- 发动机起动后，应能在规定的时间内排除积存在冷却系内的空气。
- 加注冷却液时系统应能排除内部的空气，能够容易地一次加足冷却液，在设备运行时不会损坏发动机，一次加满率应大于等于总容积的 90%。
- 系统应具有一定的最小的储备水量（抗进气水量），且此水量应大于初次未加注水量。
- 系统应有适当的膨胀空间（至少 6%）以适应冷却液随温度变化的涨缩。
- 冷却系统除发动机以外的阻力应小于发动机技术参数表的限值，以保证水泵具有其额定性能，否则将影响水泵进水口压力及冷却液的循环流速。
- 水泵进口压力大于相应发动机参数表中的规定值，以防止水泵穴蚀。系统不装压力盖时，在发动机任何运转工况下水泵进口压力应大于大气压。
- 散热器、中冷器有足够的散热面积，散热器、导风罩及风扇要匹配合理，气流能均匀分布，以满足发动机对散热能力的要求，使得发动机出水温度能控制在合理的范围内。
- 风扇转速在规定限值内，以免引起过大的噪音或振动。
- 当冷却系统需要同时冷却中冷器、散热器时，应注意先后顺序，一般布置方式是将中冷器并列于散热器之前。

后面详细介绍了冷却系统主要零部件的结构和性能参数，用户可根据推荐值进行匹配计算，如果因为发电机组布置等原因所限，个别参数不能按推荐值选取，则必须通过强化其它参数来补偿。需要特别指出的是：冷却系统是个复杂的匹配过程，很难通过计算精确预测，所以计算结果还必须通过试验验证。

3.4.3 水泵

水泵进口要保持正压或发动机参数表中的规定值，设计时尽量提高散热器上水室位置或膨胀水箱位置。进行冷却系统设计时，需要根据发动机的阻力曲线、水泵流量特性曲线及附加安装的散热器系统、管路等的阻力曲线，确定发动机的实际运行点。为获得较好的冷却效果，各系列机型推荐散热器及外部管路阻力等发动机以外的冷却系统阻力值，参考表 3-5。

表3-5 冷却系统外部阻力

机型	冷却系统外部阻力限制(kPa)	标定功率水泵流量(L/min)
4H	30	120
7H	30	150
D	30	300
E	50	400
G (L)	40	450
G (V)	40	350*2
W	40	1130

3.4.4 散热器

散热器是冷却系统中的重要部件，其主要作用是对发动机进行强制冷却，以保证发动机能始终处于最适宜的温度下运行，以获得最高的动力性、经济性和可靠性。发动机最适宜的冷却液温度为 85 °C~95 °C。

影响散热器选型的主要因素是散热器的散热量要求、空间的大小、气流的阻力和成本的要求。

- 从空间的最佳利用来说，尽可能最大的迎风面积和最可能薄的芯厚组合起来的散热器是最经济的散热器。最好采用接近正方形的散热器芯子，由于具有最小的未被扫掠的芯子面积，因而使风扇能够充分发挥性能，提高散热器的利用效率。
- 散热器的总散热面积、芯子的迎风面积、结构形状和结构尺寸要通过发动机冷却系统所需最大散热量来计算确定（一般考虑常用功率工况、最大功率工况及使用环境要求确定），并应通过试验评价来最终确定。一般散热器芯子的迎风面积估算为 $(3.5\sim 3.8) \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{kW}$ 。
- 散热器进风口的实际面积建议不得小于散热器芯子迎风面积的 80%，以防止散热能力下降。静音箱发电机组散热器的排风通道要与发动机空间密封隔离，散热器周围要安装密封橡胶，以防止散热器的热排风回流到发动机进气通道，影响发动机性能及机组散热，同时进风通道的面积应不小于散热器芯子的迎风面积。
- 根据使用环境及冷却液状态，应定期清洗散热器，以避免散热器芯子被堵塞，影响散热效果。散热器芯子损坏时将会影响散热器的散热性能，如果散热器有 20%的水管焊死就需要更换新的散热器芯部。
- 安装散热器要紧固牢靠，与固定支架的连接必须采用减振垫，采用减振垫的目的是为了隔离和吸收来自发动机或机组机组底盘的部份振动和冲击，使散热器在机组运行中，不致发生振裂、扭曲等非正常损坏，延长散热器使用寿命。散热器结构及安装连接固定示例，如图 3-20 所示。

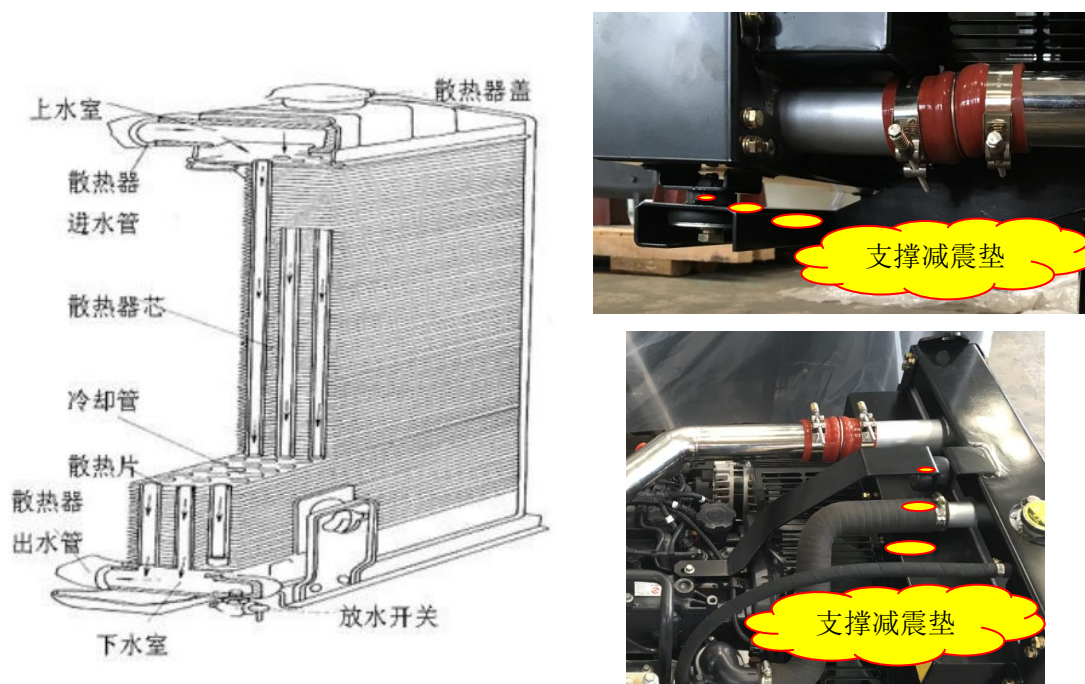


图 3-20 散热器结构及连接图示

- 综合考虑发电机组的初始成本和运转经济性，注意散热器与风扇的综合匹配，实现发动机的配套成本和附件耗电的最优设计。
- 如果在散热器的前面安装有中冷器的话，散热器的进气温度会不同程度的升高，而最终影响散热器的散热性能，在设计散热器时要给予充分考虑。
- 为保证散热器排风通畅，避免热空气回流导致发动机可靠性下降、燃油消耗率增大，建议散热器排风口前无遮挡，如无法避免，散热器排风口位置与遮挡物之间距离须大于 15 米，以保证良好的通风性，如图 3-21 所示，散热器排风口位置与墙体距离不足 1 米，导致发动机排温过高、经济性下降，无法满足正常使用。



图 3-21 散热器排风不畅

3.4.4 风扇

- 风扇首先应满足冷却系统对风量及风压的要求，优先选用噪声小、重量轻、成本低、有

较宽的高效率区的风扇。目前普遍采用的有金属风扇和塑料风扇两种，风扇叶片应具有足够的强度。SC 系列电站发动机用风扇多以普通的直驱风扇为主。

- 在布置空间允许及保证满足热平衡要求的情况下，优先采用大直径的、低转速（即小速比的）风扇方案，以减少功耗和噪声。风扇直径尽可能与散热器芯子迎风尺寸基本相同，以便风扇扫过的面积尽可能大地覆盖散热器芯子的迎风面积，使气流全面地通过散热器。确定风扇的直径和转速时，要注意风扇叶尖的圆周速度建议不得大于 85m/s。在进行风扇匹配时要综合考虑风扇的性能要求、可靠性要求及噪音要求，同时要结合机组的常用运行工况进行选配，否则对风扇的强度和噪音及发动机油耗不利。
- 为考虑冷却系统整体阻力，通过散热器芯部的压差不应大于所选风扇特性曲线中最大工作压力的 70%。风扇的风压、风速等设计应按发动机在标定工况下冷却水所需最大散热量来计算确定，并经发动机冷却系统的试验评价后最终确定。
- 发电机组多为固定式，一般采用吸风式风扇，风扇前端面至散热器芯子的距离建议为 60 mm~120mm，有利于气流均匀通过散热器芯部整个面积，尤其是散热器的四角；冷却风扇后端面至发动机前端面的距离应大于 100 mm，至其它零部件的距离应大于 20 mm，以最大限度地降低风扇噪声及叶片振动，并改善发动机的气流状况，满足发动机的冷却需要。
- 风扇一般由曲轴皮带轮通过惰轮或者皮带直接驱动，为保证风扇中心与曲轴中心距离固定不变，应设置皮带张力调整机构。同时曲轴皮带轮、惰轮和风扇皮带轮的轮槽必须控制在一个平面上，皮带和皮带轮的交差角应控制在 0.5°以内，必须先调整好后再安装皮带，否则会损坏皮带、皮带轮或轴承，甚至会发生皮带翻转或脱落。同时还要注意皮带和发动机上其它零部件之间的间隙，以免运行抖动的皮带与之碰擦失效。
- 安装风扇时，建议采用六角法兰面螺栓来紧固，以增大安装贴合面，防止风扇与连接法兰的固定失效。

3.4.5 风扇导风罩

风扇导风罩主要是为了提高风扇的冷却效率，使经过散热器芯部的气流均匀分布，并减少发动机舱内热空气的回流，因此，设计导风罩时应注意以下几个方面：

- 当导风罩和散热器集成在一起时，必须保证在机组和静音箱装配时可以作适当调整，使得叶尖与导风罩的间隙均匀，避免使用中由于颠簸，导致相互碰擦而使叶片折断。
- 风扇导风罩的设计分整体式和分开式两种，分开式导风罩两部分之间有相对运动，必须用帆布圈柔性可靠密封连接。
- 风扇导风罩和风扇的相对位置对风扇的效率有密切的关系：导风罩与风扇叶尖的径向间隙应尽可能小，以保证风扇冷却效率。当采用分开式导风罩时，风扇与导风罩无相对运行，其径向间隙应不超过风扇直径的 1.5%，或者 5 mm ~10 mm；当采用整体式导风罩

时, 风扇与导风罩有相对运动, 其径向间隙也不应超过风扇直径的 2.5%, 或者 15 mm ~20 mm。如图 3-22 所示:

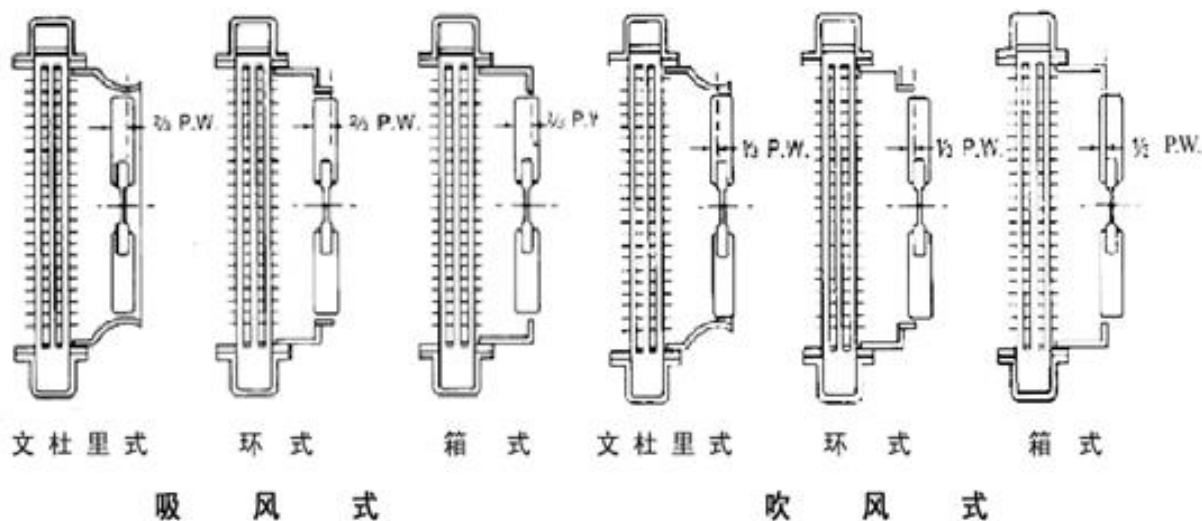


图 3-22 吸风式和吹风式风扇的轴向距离

- 应注意导风罩结构设计的合理性, 注意导风罩与散热器之间的连接应圆滑过渡, 不应有阻挡风扇气流的死角。
- 在安装导风罩时必须注意, 导风罩与散热器之间不得有缝隙, 应采用橡胶或泡沫塑料垫加以密封, 以保证冷却效率不降低。
- 为了提高发电机组运行过程中对操作相关人员的保护, 散热器导风罩外部增加防护网, 将发动机旋转零部件进行庇护, 同时需保证在机组运行过程中与旋转零部件不产生干涉, SC 系列电站用发动机散热器均采用全防护防护网, 如图 3-23 所示。



图 3-23 导风罩防护网

3.4.6 风扇与散热器匹配

风扇和散热器的匹配关系推荐如表 3-6 所示, 对于具体配套型号发动机也可以根据实际

需要进行适当调整，应与相关配套工程师确认。设计散热器位置时，应使得散热器的中心尽量靠近风扇的中心，保证风扇扫过散热器芯部的面积最大化，并尽可能不形成死区，否则，风扇性能将会受到影响。

表3-6 风扇与散热器的匹配关系

风扇直径	$(0.8\sim 1.0) \times$ 散热器芯体宽度
散热器网面和风扇之间的间距	60~120mm
风扇相对导风罩的安装位置	吸风：2/3 叶片宽度在导风罩内； 吹风：1/3 叶片宽度在导风罩内； 吹风：1/2 叶片宽度在导风罩内（带空空中冷）；
风扇功率	$\leq 5\%$ 发动机额定功率
风扇转速	风扇叶尖的圆周速度建议不得大于 85m/s

3.4.7 膨胀水箱和除气系统

膨胀水箱的主要功能是给冷却液提供一个膨胀空间，及时除去冷却液中积滞的空气以及发动机高温时产生的水蒸气，以便更有效的利用散热器的散热性能，提高冷却效率。

- 膨胀水箱应包含不小于占整个冷却系统总容积的 6% 的膨胀容积、占冷却系统总容积 11% 的储备容积以及必备的残余空间（计算冷却系总容积时，应注意将带有的水空中冷器的容积计算在内）。储备容积是为了确保冷却系由于微量不能觉察的泄漏和冷却液蒸发后仍能保持水套内正常的水压，而能及时补充冷却液，延长补液周期。必备的残留容积是为了防止冷却液在循环中吸入空气而设置的，要求冷却液的最低液面至膨胀水箱的底面距离不小于 35mm。
- 布置独立式膨胀水箱位置时，它的底平面至少应高出发动机水道顶部或散热器上水室顶 50mm，较佳的方案是高出 100mm 以上；布置集成式膨胀水箱（即散热器上水室和膨胀水室集成在一起）位置时，其膨胀水室底平面至少应高出发动机水道顶部，较佳的方案是高出 100mm 以上。
- 膨胀水箱上部应设置除气管接口，推荐除气管内径为 6.5~8mm，应连续上行，不能下垂和有下弯段，不允许与其他水管连接。注意膨胀水箱的接入口位置要高于冷却液受热膨胀的最高液面位置。另外应设计一种类似单向阀结构设计，当冷却液中的空气排清后，冷却液不会大量流经膨胀水箱，从而避免冬季时发动机水温升温过慢或夏季时水温过高现象的产生。
- 补偿水管应从膨胀水箱的底部引出至水泵进水管处，其管径要求不小于 19mm，原则是加注冷却液比较通畅，同时使得散热器和发动机水道连续除气和补水。
- 膨胀水箱应设置最高液面和最低液面标志，最高液面的上方应有不小于规定的膨胀容积，该容积内不可以加注冷却液（需要设计上采用专有结构来保证这一点）；最低液面与最高液面之间的容积应不小于规定的储备容积；膨胀水箱还应建议设置最低液面的液位传感

器，以便提醒用户及时添加冷却液。推荐膨胀水箱用透明的塑料水箱，便于检查液位的高度，但是要求其材料及结构设计能够满足压力和温度的要求。或者用铁皮水箱，但是需要增加一个可以观测到液面高低的辅助装置。在相关位置要明确标示高低液位。如图 3-24 所示：

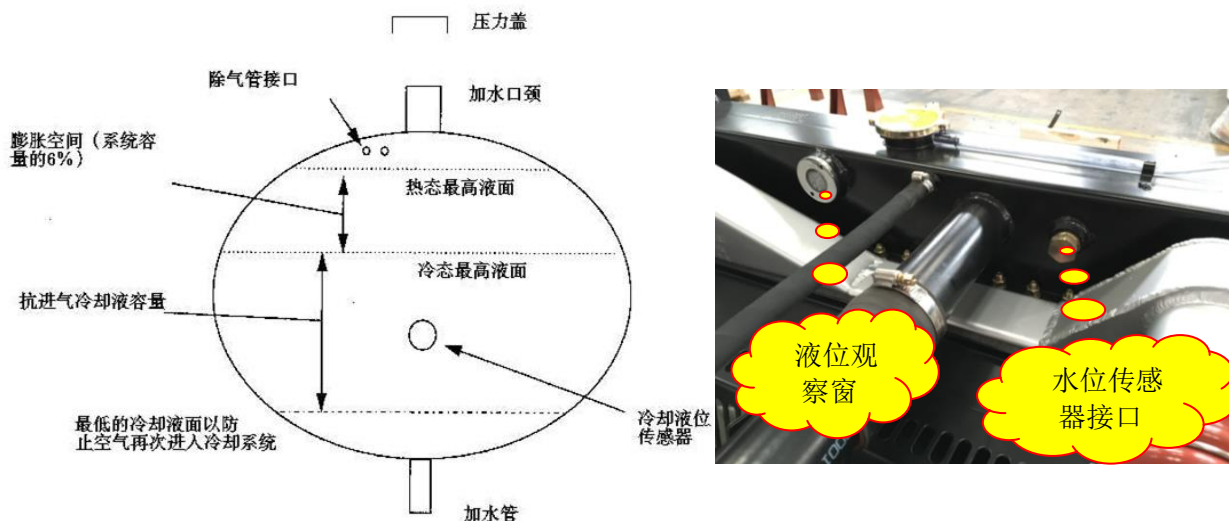


图 3-24 膨胀水箱的液位标示

- 第一次加注冷却液时，应同时将散热器下部和发动机水套下部的放水开关及除气接头打开，直到有冷却液溢出时再关闭，以便消除残留空气，顺利地将冷却液加满。一般要求发动机怠速运转 3~5min 后查看冷却液液面，如低于规定液位，需适当补充冷却液。冷却系一次加满率应大于等于总容积的 90%，并且在发动机启动后 25min 内应除尽初次加注时积存在冷却系统内的空气。
- 为确保在各种工况下发动机水套内冷却液的压力保持稳定，要确保加注的冷却液达到应有的冷却液高度水位。如果加注冷却液的时间有限，冷却液的加注速率不得低于 19L/min，如果时间比较长的话，可适当减慢加注速度，有利于整个冷却系统的除气，便于发动机一次加满。

3.4.8 压力盖

- 冷却系加装压力盖，可以提高冷却液的沸腾温度，使发动机在高温条件下不产生沸腾，保证发动机工作安全；可使冷却液温度与环境大气温度之间液——气温差变大，从而提高散热器的散热能力；可以减轻或消除冷却液循环中的气泡和气阻现象，保证冷却液实际循环流量的稳定；可以减缓或消除发动机水套内高温壁面上的膜态换热，改善热传导质量，使受热表面得到良好的冷却。同时也防止了在低沸点的高原上由于停车时冷却液沸腾后引起的冷却液损失或减少。
- 无膨胀水箱的冷却系统压力盖装在散热器上水室的加注口上，此时加注口要高于发动机出水口至少 50mm。带有膨胀水箱的冷却系统，压力盖则是装在膨胀水箱的加注口上。同时压力盖也应一般带有真空阀，SC 电站发动机配套散热器压力盖真空度设置在

90kPa。由于冷却液外溢或冷却后，系统将会产生负压，真空阀打开，外界中的空气进入散热器或膨胀水箱，使得系统内压力和外界的压力基本保持平衡，对管路、密封垫或散热器均起到保护作用。

- 装配压力盖时要注意检查压力盖的完好性，不得使用损坏的压力盖，否则将直接影响系统压力的建立。

3.4.9 散热器水管路及支架等

- 连接发动机与散热器之间的管路应尽量短而直，减少弯曲；总布置需要拐弯时，管子的曲率半径应尽可能大，以减少管道阻力，且管路的弯角处或截面变化处必须圆滑过渡；对散热器远置发电机组，由于散热器与发动机之间距离较远，管路较长的布置，则管路应沿水流方向适当上翘，避免采用水平布置和拱形布置的管路，以利于冷却系中空气和蒸汽的排出，如有必要，则应在冷却系统最高点设置放气阀，加注冷却液时应打开该放气阀，使系统内的气体及时排出。
- 散热器进出水管路要有一定的柔性，以适应发动机和散热器之间的相对运动，但散热器至水泵之间的进水管应以刚性管为主，尽量采用较短的柔性管，以免工作时被吸扁。
- 散热器的管路可用成形胶管或金属接管加胶管接头；金属接管要进行防锈处理，外径和发动机进出水口部位的管径相同或稍大；成形胶管或胶管接头的内径应和发动机进出水口的外径相同或稍大；胶管壁厚应在 5mm 以上，且加有一层纤维，具有耐热、耐压、耐防冻液等性能，能在-40℃~120℃温度下长期正常使用，耐压能力应超过 300 kPa；如管路较长时，应对冷却管路固定，固定间隔约 500mm；金属接管插入连接胶管的长度应大于 30mm~50mm。如图 3-25 所示：

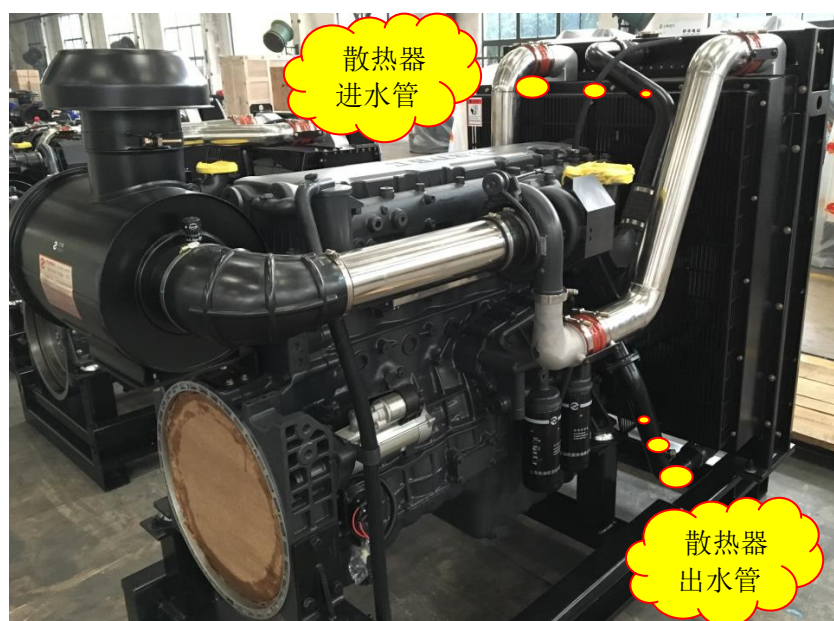


图 3-25 散热器进出水管的布置

3.4.10 水温报警

- 发动机在正常工作条件下，最合适的冷却液工作温度为 85℃~95℃，仪表或控制柜上必须安装冷却液温度参数显示。推荐设置高温报警装置和超高温自动保护装置。机械泵发动机冷却液温度达到 100℃或电控泵发动机冷却液温度达到 102℃时应有红灯闪或者蜂鸣器报警；电控发动机理论上每个机型都应进行冷却系统的标定，确定发动机的水温保护策略，如没有条件进行发电机组冷却系统的标定时，建议采用表 3-7 的水温保护控制策略，建议最高报警停机温度不超过 104℃。

表 3-7 发动机油量与出水温度之间的关系

出水温度℃	102	104	106	108	110	112
发动机油量%	100	80	70	60	50	50

- 一旦冷却液温度参数显示的红灯闪或蜂鸣器报警并同时出现开锅缺水现象发生，此时应对发动机适当降低功率运转，但是不能使发动机直接熄火，在负荷降低不再开锅后再想办法补充冷却液。此时的方法是要停车和补充冷却液后启动怠速再停车，至少反复 3 次才能加满冷却液。加注防冻液时尽量使得冷却液的温度降低至 60℃ 以下后再加注，防止蒸汽喷射伤人。

3.4.11 冷却液

SC 系列电站发动机要求使用长效防冻防锈液，或者使用一定配比的水/乙二醇冷却液（同时要使用上海柴油机股份有限公司 DCA 添加剂），保证在规定的保养时间内有效防止发动机冷却液通过管道表面的腐蚀、穴蚀和结垢，提高炎热夏天的沸点，降低冬季的凝点。乙二醇与水的容积比为 50:50 的防冻液在标准大气压下，沸点为 108℃，冰点为 -37℃。在密封良好的冷却系中，无须经常添加冷却液，减少保养工作量。一般更换周期为 2 年。如果采用后者冷却液的话，需要定期对于冷却液中的 DCA4 含量进行监测，要求每升冷却液的 DCA4 含量为 6g 左右，不得超出 3g~12g 之外。另对于一些特定工作地区如常年在 3℃ 以上的发电机组，可以选择添加长效防冻防锈液；如果要用冷却水代替防冻液的话，需要与上海柴油机股份有限公司技术和质保部门协商确定考虑是否增加 DCA 添加装置。

防冻液与水的容积比例可根据发动机实际运行的环境温度进行适当调整，一般要求防冻液的冰点要低于环境温度 5℃，注意防冻液浓度不能超过 68%，否则冷却性能恶化。

3.4.12 冷却系统的安装评定

- 检查风扇传动系统安装是否可靠，风扇径向间隙及风扇前端与水箱的间隙、风扇伸入量是否符合要求。
- 检查冷却系统管路的布置合理性和连接的可靠性。
- 检查冷却液的除气特性，加注冷却液时系统应能排除内部的空气，能容易的一次加足冷却液。发动机启动后应在规定的时间内排除积存在冷却系中的空气。

- 检查膨胀水箱膨胀空间的合理性，系统是否有适当的膨胀空间，以适应冷却液随温度变化的涨缩，膨胀水箱的液面是否可视并明确标记高低液位。
- 检查膨胀水箱最小储备水量的合理性，系统应具有发动机参数表中规定的最小储备水量，且此水量应大于初次未加注水量。
- 系统在不装压力盖时，在发动机任何运转工况下，水泵的进口压力是否大于大气压力。
- 发动机以外的冷却系统总阻力是否小于发动机参数表中的规定值。
- 检查冷却系统环境适应的能力，各种用途和功率段的发动机应根据自身特性的热平衡试验结果进行评定。
- 寒区用发动机是否提供选装的预热或冷启动装置。

3.5 燃油系统

3.5.1 概述

燃油系统必须保证在任何时候都能向喷油泵供给充足而干净的燃油，这是发动机实现正常的启动和工作特性的前提；可存储一定数量的燃油，保证发电机组的最大使用周期。

3.5.2 燃油系统的总体要求

- 发动机的输油泵进油压力真空度不得超过输油泵的限定值，电控泵压力范围为-30kPa~20kPa，机械泵压力不得小于-45kPa。
- 机械泵燃油系统的最大回油阻力不大于 69kPa；电控泵燃油系统的最大回油阻力不大于 40kPa。
- 为防止燃油箱及燃油管路杂质、沉淀物进入输油泵，建议安装燃油预滤器。在一定流量要求及颗粒度线径要求的条件下必须满足过滤效率及阻力的要求。
- 燃油箱必须有足够的通气能力，通气口应能有效防止杂质和水的进入。
- 油箱进出油口的相对位置要防止发动机进油吸入空气或被加热。
- 为了避免由于油料的泄露导致火灾，供油系统必须远离热源（如排气管等）或采用有效隔离措施，保证油温不超过 60°C，必要时可对燃油的回油采取冷却措施。
- 整个系统必须有很好的密封性，各管路及接头处不得泄露或进气。
- 管路应尽量平直，没有高低起伏和急剧的弯曲，避免管路中间出现局部节流导致进回油不畅等现象，严禁出现管路吸瘪或打折弯的现象；保证管路系统应能承受机械振动，管路须良好固定并采取必要的防磨损措施。
- 供油管路和回油管路材料应具有较好的耐油性和抗老化性。
- 所有燃油管路及油箱内壁均不得使用含有铅、铜、锌或锡的材料或镀有相关材料的涂层。
- 确保燃油系统的清洁度满足要求，避免各种颗粒杂质、灰尘、水分等进入燃油系统，以免影响燃油喷射系统的寿命。

3.5.3 输油泵

根据整个燃油系统的要求选择合适的输油泵，SC 系列电站发动机均需要装配输油泵（通常将输油泵与燃油泵集成在一起），发动机工作时应保证输油泵的最大进油阻力不得超过输油泵的限定值。电控车输油泵进口压力建议为 $-30\text{kPa}\sim 20\text{kPa}$ ，预滤器为新滤芯时，输油泵前的阻力应小于 20kPa ，旧滤芯时，输油泵前阻力应小于 30kPa 。机械泵发动机输油泵的进口压力建议不小于 -45kPa ，在预滤器为新滤芯时，输油泵前的阻力应小于 35kPa ，旧滤芯时，输油泵前的阻力应小于 45kPa 。否则将会引起启动困难、动力不足、排放恶化或发动机熄火等现象。

输油泵进油口接头上一般安装有滤网装置，该过滤网装置主要用于过滤进入输油泵燃油中的杂质，主要安装在铰接螺栓内孔中，不允许拆除。如果堵塞的话，需清洗干净后装回原位置，以保护输油泵，避免出现过早磨损。如图 3-26 所示结构：



图 3-26 输油泵进油口滤网装置

3.5.4 燃油预滤器

为了防止燃油箱和燃油管路内的杂质和沉淀物进入输油泵和提高燃油精滤器的保养周期，在燃油系统中建议装配燃油预滤器。燃油预滤器用以过滤燃油中的杂质和水分，与燃油滤清器组合使用保护发动机燃油系统在其使用周期内不受损坏。

燃油预滤器必须安装在易于日常检查和维护的位置上，并且要有足够的空间进行拆卸和安装。如装配于机组机组底盘上时，一般装在大梁外侧；如装置于发动机上时，应布置在发动机完成机组成套后便于维护的位置。燃油粗滤器的安装高度应高于油箱低于输油泵。

燃油预滤器的额定流量应不小于发动机燃油滤清器的流量，对于机械泵发动机，额定流量 $5\text{L}/\text{min}$ 时燃油预滤器的滤清效率 $\geq 80\%$ ，水分离效率 $\geq 80\%$ ；对于电控系统发动机，额定流量 $5\text{L}/\text{min}$ 时阻力 $\leq 8\text{kPa}$ ，燃油预滤器 $30\mu\text{m}$ 颗粒的滤清效率应 $\geq 98\%$ （ISOTS13353 试验标准），水分离效率 $\geq 93\%$ （ISO4020 标准试验）；额定流量 $7.5\text{L}/\text{min}$ 时阻力 $\leq 13\text{kPa}$ ，燃油预滤

器 30 μ m 颗粒的滤清效率应 $\geq 95\%$ (ISOTS13353 试验标准), 水分离效率 $\geq 93\%$ (ISO4020 标准试验)。

燃油预滤器必须垂直安装, 放水开关朝下。部分过滤器内装有水位电子报警装置, 信号显示灯或报警蜂鸣器应安装在操作人员身旁, 注意该报警装置在发动机使用过程中不得断开电子线路, 否则会影响发动机的动力性能。部分过滤器底部有透明滤杯, 便于操作人员观察水位和杂质情况, 进行定期维护。燃油预滤器的死区空间推荐不大于 25cm³。常见布置如图 3-27 所示。为了避免燃油粗滤器失效导致的燃油系统的损坏, 建议具体规格选用前与相关配套工程师咨询。



图 3-27 油水分离器除水及水位报警装置

3.5.5 燃油系统管路

- 燃油进管路的配套原则是油管尽量短而直, 进油管管径应有足够大的尺寸, 以确保输油泵进油阻力不高于设计值。进管路的配套原则是尽量减小油箱与输油泵之间的高度差。电控泵发动机油管路长度小于 7m 时, 供油管通路建议不小于 $\Phi 11$, 粗滤器接头接口螺纹规格建议采用 M18 \times 1.5; 长度大于 7m 时, 供油管通路内径建议不小于 $\Phi 12$, 粗滤器接头接口螺纹规格建议采用 M18 \times 1.5 规格或更大的螺纹规格。机械泵发动机用输油泵进油管通路建议不小于 $\Phi 10$, 粗滤器接头规格建议不小于 M16 \times 1.5。对于部分机型如果油箱与输油泵的高度差较小, 发动机的转速较低并且油管较短的情况下, 可选用较小通路及接头螺纹规格, 但建议不得小于 $\Phi 8$ 及 M14 \times 1.5 的限值。接头的通路尽量不小于管路的通路。管径的大小最终要结合燃油的流量及管路接头、油管的长度、走向及输油泵相对于油箱高度差等综合考虑, 如果上述范围不能满足设计要求, 可适当增大燃油管路通路及接头规格, 以使得输油泵的进口压力不小于规定值。
- 回油管的设计目标是使得回油阻力不得超过设计值。如回油管总长度小于 6m, 回油管通路建议不小于 $\Phi 8$ mm; 回油长度为 6m~10m, 通路不小于 $\Phi 10$ mm; 回油管长度大于 10m, 通路不得小于 $\Phi 12$ mm。管径的大小要结合燃油的流量及管路接头、油管的长度、

走向及油箱高度等综合考虑，如果上述范围不能满足设计要求，可适当增大燃油管路管径，使得回油管的回油阻力不得大于规定值。

- 燃油管路和回油管路材料应能在-40℃~150℃范围内安全可靠地工作；在内外压差 100 kPa 时不会吸扁或开裂，但不得采用含有铅或锌的材料。
- 燃油系统必须具有很好的密封性，各管路及接头处不允许泄漏或进气，否则将会造成发动机起动困难，运行粗暴、熄火、功率过低以及烟度过大和敲缸等。
- 燃油管和回油管要用夹箍在适当位置上固定，回油管未加固定的长度不得大于 1m，以防止由于振动与其它零件干涉。
- 燃油和回油软管所使用材料应与燃油兼容，且在车辆运行中不会发生扭结、膨胀、弯折、破裂或降解。

3.5.6 燃油系统的温度控制

- 燃油系统必须确保向发动机提供的燃油温度不高于发动机参数表中的规定值。燃油温度过高会导致发动机功率损失，并缩减燃油系统相关零部件的使用寿命。
- 如果燃油温度测试表明供给燃油温度高于允许限值，则需要额外冷却燃油。为此，可循环两个燃油箱内的燃油（如果配备两个燃油箱）、加装燃油冷却器、或加大燃油冷却器尺寸。
- 燃油温度过低时柴油中会开始出现蜡晶；达到凝点温度时将不再流动。冷燃油中的蜡晶会阻塞燃油管路、配件和滤清器。在寒冷气候可通过加热燃油而有效控制燃油中析出蜡晶的问题，但必须加以控制使其不会在夏天加热燃油而引起燃油过热的问题。

3.5.7 燃油箱

- 燃油箱应有适当的膨胀空间（至少 5%），以适应燃油随温度的涨缩，防止燃油溢出。
- 燃油箱应根据发电机组的使用周期设计适合要求的容积。
- 为了保证发动机工作期间，维护燃油箱内正常的工作压力，燃油箱应设置通气孔，并具有足够的通气能力。一般直径为 $\Phi 1.5\text{mm}$ 的通气孔已足够使燃油箱通气。如果设备可能会在很大的倾斜位置上运行，通气口的设计和布置必须保证机器在任何位置下都能正常的通气。通气孔必须加以保护，以防止灰尘和水进入燃油箱。
- 由于回油的压力和温度比较高，回油管流回燃油箱时易产生气泡，回油管必须离开吸油管一段距离，以免吸油管吸入空气或者吸入的燃油温度过高，影响发动机的性能。在安装时，回油管口应伸入油箱燃油液面以下，高度与吸油管口相当，两者的距离应大于 300mm，这是为了防止发动机停机后，回油管内的燃油流空，进入空气致使启动困难。
- 燃油吸油管应使得在任何油位下燃油都有尽可能大的表面，以促使燃油的气化。油箱的进回油口必须一直浸在燃油液面下，建议在油箱上增加燃油加油警戒液位，提醒用户尽早加油，并保证在报警时，进油口仍然在液面以下 20mm 以上。进油口应伸入油箱 2/3

以下，但距底部有 25mm~40mm 的距离，以防吸入水和沉积物；吸油管管口处应设置网眼型过滤器，以防止吸入油箱内沉淀的水和杂质。回油管口应伸入燃油箱内燃油平面以下，高度与吸油管口相当或更低，以防止发动机停机后，回油管内的燃油流空而进入空气，导致起动困难。布置如图 3-28 所示：

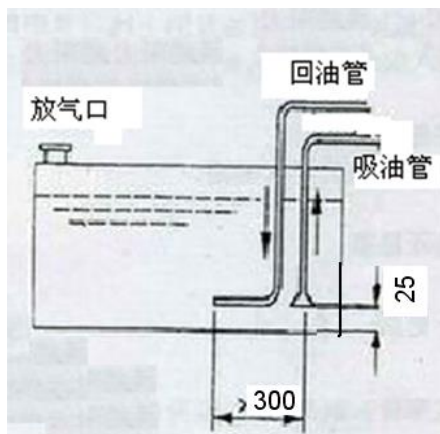


图 3-28 燃油箱内进回油管位置布置

- 燃油箱底部应具备有放油螺塞，以便定期清除掉燃油箱底部沉积的水和沉淀物。
- 燃油箱应低于燃油粗滤器和燃油精滤器，且油箱吸油口底部与输油泵进油口的高度差应尽可能小，不得大于 1m。

注：如果采用塑料制油箱，需要对材料的耐油性和温度方面进行分析和试验验证。

3.5.8 机械泵供油操纵系统

- 供油操纵系统直接影响到发动机的动力性、经济性和安全性，设计供油操纵系统时，应遵循下列原则：操纵灵敏、轻松，不易疲劳；有较好的可靠性，较长的使用寿命；必须保证达到怠速和全油门行程；使用中不得有发卡、发沉及不回位现象；应有限位装置，以防损坏油泵，造成飞车，建议增加停车电磁铁或停油电磁阀等超速停机保护装置。
- 采用软轴操纵系统时，在位置最终固定前，要先在发动机侧固定，使其周围有足够的空间(≥ 40 mm)，避免软轴振动时与发电机组的其他附件干涉。然后再在机组底盘侧或机组其它可靠位置固定，否则油门拉杆软轴就会发抖，使高压油泵供油量不均匀，导致发动机游车或振动过大。软轴的布置不要发生松弛现象，要用固定卡箍夹牢；软轴两端必须使用橡胶保护罩；加速踏板控制系上要安装回位弹簧，防止发动机上油门控制拉杆回位太慢或不回位，引起超速飞车。如图 3-29 所示机械泵的供油操纵系统。
- 长期在严寒地区使用的发电机组，应特别注意防水，保证软轴和软轴套不能有阻滞。



图 3-29 供油操作系统的软轴结构

3.5.9 燃油系统其它辅助装置

为了排除进油管内的空气，一般在燃油预滤泵或输油泵上装置一个手动泵，在燃油滤清器或输油泵相关油管路上装配一个螺钉之类的零件，发动机启动前，旋松相关燃油管路中的放气螺钉，通过手动泵排除燃油管路中的空气，使得柴油充满燃油滤清器及喷油泵的低压油腔，有利于发动机的正常启动。

3.5.10 燃油

发动机的性能和可靠性受燃油品质的影响很大，所以要正确使用燃油。一般根据使用环境按燃油的凝固点选择轻柴油的牌号，适用于风险率为 10% 的最低气温在对应温度值之上的地区使用，如表 3-8 所示：

表 3-8 使用环境温度与轻柴油牌号之间的关系

轻柴油牌号	10#	5#	0#	-10#	-20#	-35#	-50#
使用环境温度	12℃ 以上	8℃ 以上	4℃ 以上	-5℃ 以上	-14℃ 以上	-29℃ 以上	-44℃ 以上

同时要注意根据发动机的排放要求选用对应排放规格的油品（尤其是含硫量的规定）。长期使用低于排放标准的油品规格，不但排放难达到要求，还将影响供油、喷射及燃烧系统的可靠性。国二阶段发电机组用发动机可采用 GB252 规格的柴油，而采用 GB19147 标准的燃油，方可满足国三及以上排放阶段污染物的排放要求。

当发动机经常在 -18℃ 环境下工作时，如西藏、新疆、青海、内蒙、黑龙江等地，建议采用燃油加热器，以保持在 10℃ 燃油雾点以上的温度，防止燃油中蜡结晶堵塞燃油滤清器，及未经过滤的燃油击穿燃油滤清器而流入发动机油道。

3.5.11 燃油系统的安装检查

- 是否安装有满足流量和滤清效率要求的燃油预滤器，是否具备维护可及性。
- 检查燃油管路布置的合理性和安全可靠，油箱中进回油管的相对位置是否可以防止发

动机进油管吸入空气或被加热。

- 油箱中进回油管口是否低于最低燃油液位，进油管是否有过滤装置，油箱是否有合适的膨胀空间及通气孔。
- 燃油系统的进回油阻力是否在限定的范围之内。
- 采用手动输油泵时是否在滤清器的燃油进油口安装有单向阀。

3.6 润滑系统

3.6.1 概述

发动机润滑系统是保证发动机在运转过程中各相对运动件之间的摩擦面能够形成油膜，实现液体润滑，减少摩擦阻力、降低功率消耗、减轻机件磨损，从而达到提高发动机可靠性和耐久性要求。润滑系统还有冷却、清洗、密封和防锈等相关功能。目前 SC 系列电站用发动机采用的油底壳均为湿式油底壳。

3.6.2 润滑系统的总体要求

- 润滑系统能够满足发动机的纵倾、横倾的要求，使得发动机无论在哪个角度，吸油管均能吸到机油。
- 能够为发动机各主要运动件提供一定压力的清洁机油。
- 润滑系统能满足系统的压力要求和必要的报警装置。
- 对客户选定布置的柔性油尺进行功能测试，油尺不会卡滞。

3.6.3 润滑油压力

发动机的正常油压值：怠速时一般不小于 100kPa，标定转速时不小于 250kPa。这些压力值是指发动机在正常运行温度下的机油压力。当机油温度较低时，压力值可能超过热机时的 150%，因此，在选择压力传感器和仪表时应加以考虑，以免冲坏压力表。

3.6.4 润滑系统报警装置

发电机组必须具备油压测量、低压报警系统或低压自动停机装置，油压的正确测量位置在发动机的主油道上，或者在机油滤清器与主油道相通的油腔上，发动机外形图上均有标注，可咨询配套工程师获得技术支持。机油压力低报警值可参考表 3-9。

表3-9 机油压力低报警设置值（转速 \geq 1000r/min）

机型	报警值(kPa)	停车值(kPa)
4H	100	80
7H	100	80
D	120	100
E	120	100
G (L)	120	100
G (V)	120	100
W	120	100

3.6.5 倾斜工作能力

润滑系统倾斜工作能力主要考虑的是吸油盘在发动机最低液面并且是倾斜的情况下还能吸到机油；在最高油面并且倾斜的情况下对曲轴和连杆等曲轴箱转动零部件的扰油现象处于可接受的范围内。发动机在工作中允许的倾斜角度见发动机参数表，发动机的倾斜能力还应考虑安装发动机的倾斜角，即允许倾斜角减去安装倾斜角，见表 3-10。

表 3-10 使用环境温度与轻柴油牌号之间的关系

内燃机用途		倾斜角度/ (°)	
		横倾	纵倾
三轮汽车和低速货车/车用		10	15
工程机械用	履带式推土机、装载机、单斗挖掘机等	35	35
	轮胎式推土机、装载机、单斗挖掘机、振动压路机等	25	30
	自行式铲运机、平地机等	20	25
	汽车起重机、叉车等	15	20
	多斗挖掘机、翻斗车等	20	15
拖拉机用	轮式	20	20
	履带式	20	30
联合收割机用		20	20
移动式发电机组用	在移动中不工作	10	10
	在移动中工作(功率不大于 30 kW)	28.5	15
船用	主机及辅机	15	5
	应急用内燃发电机组	22.5	10
注：对横倾与纵倾有特殊要求的内燃机，其数值由制造厂与用户商定。			

3.6.6 自动加满机油

如果使用自动机油加注系统，则必须确保通往机组油箱的连接软管没有发生扭结和磨损现象，并且远离发动机高温部件（例如排气歧管）。所用软管的品质必须符合机油管路的相关技术规范。必须确保无污垢或加工残渣混入油路。如有必要可在上游再连接一个滤油器。

3.6.7 机油规格

为了防止发动机在正常的保养周期内机油的变质和老化，根据使用油品的不同，最高许用机油温度不得超过发动机参数表的规定值。发动机使用的润滑油，至少应满足 GB 11122-2006 标准规定的 CF 级品质要求，更高的品质要求可采用 CH 或 CI 级润滑油。粘度级别应根据使用环境来选择符合相应粘度级别的低粘度多级机油。

选用机油最基本的使用要求：

- 最低使用环境温度在-10℃以上，可选用 15W/40 CF 级 GB 11122-2006；
- 最低使用环境温度在-20℃以上，可选用 10W/30 CF 级 GB 11122-2006；
- 最低使用环境温度在-20℃以下，可选用 5W/30 CF 级 GB 11122-2006；

3.6.8 润滑系统的注意事项

采用的机油滤清器必须满足流量和压力降的要求；在进行维修时，务必要注意机油滤清器充满机油后再旋入机油滤清器座，以便发动机重新启动时机油压力的快速建立；放油阀、油尺、机油加油口和滤清器的布置要注意维护的可接近性。

- 增压发动机停机前应该在怠速运转一段时间，以保持增压器的润滑油流量。
- 对备用机组，必须定期启动和运转发动机以保证系统的润滑。
- 根据使用的机型和机组运行环境选择正确规格的润滑油。
- 润滑油的更换周期根据发动机型号、油底壳型号和负荷率的不同而不同。
- 润滑系统中使用的所有软管，必须能够满足使用环境温度及工作压力的要求，和最小的爆破压力的要求。
- 如果油底壳装有油位传感器，则应确保这些传感器仅在处于规定倾斜状态下的发动机中正确工作。

3.6.9 润滑系统的安装检查

- 检查润滑油的最高使用温度、冷机和热机时的机油压力是否满足发动机的设计要求。
- 润滑系统各管路、机油滤清器、放油螺塞、机油加热器、传感器及相关接头是否满足密封性及保养可接近性要求。
- 通过柔性油尺检查机油液面是否满足刻线加注位置要求，同时检查油尺是否卡滞。
- W 系列电站发动机随机配套电动机油泵，安装时进油口须位于油底壳液面以下，参考图 3-30 所示，在机组启动前应，进行不少于 30s 的预供油操作对零部件润滑。

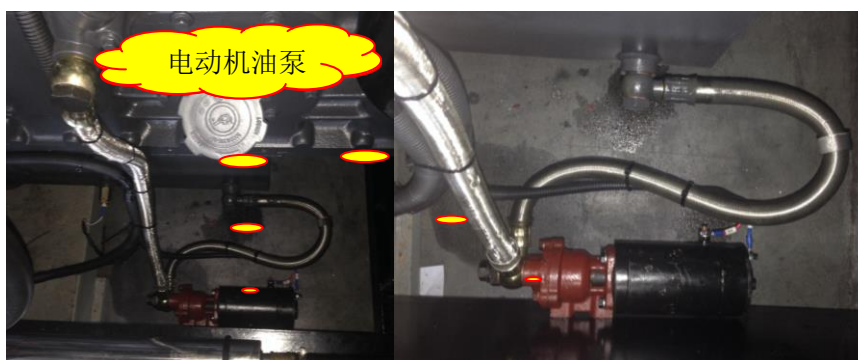


图 3-30 电动机油泵安装示意图

3.7 曲轴箱通风系统

3.7.1 概述

在发动机工作时，总有一部分可燃混合气和废气经活塞环窜到曲轴箱内，窜到曲轴箱内的混合气体凝结后将使机油变稀，性能变坏。废气内含有水蒸气和二氧化硫，水蒸气凝结在机油中形成泡沫，破坏机油供给，这种现象在冬季尤为严重；二氧化硫遇水生成亚硫酸，亚硫酸遇到空气中的氧生成硫酸，这些酸性物质的出现不仅使机油变质，而且也会使零件受到

腐蚀。由于可燃混合气和废气窜到曲轴箱内，曲轴箱内的压力将增大，机油会从曲轴油封、曲轴箱衬垫等处渗出而流失。流失到大气中的机油蒸气会加大发动机对大气的污染。为了防止机油变质及曲轴油封、曲轴箱衬垫的渗漏及机油的流失，就需要对曲轴箱进行必要的通风和分离。

3.7.2 曲轴箱通风的形式与特点

曲轴箱通风分为自然通风和强制通风。曲轴箱内的气体可以直接导入大气中去，这种通风方式叫自然通风。利用发动机进气系统的抽吸作用抽吸曲轴箱内的气体，这种通风方式叫强制通风。前者通风方式结构比较简单，使用方便，但排出的气体会污染空气。后者通风方式结构有些复杂，但可以将窜入曲轴箱内的可燃混合气和废气回收使用，不仅有利于提高发动机的经济性，而且还减轻发动机的排放污染。

自然通风按导入大气中的方式分为普通式和呼吸器式。上柴 SC 系列电站发动机采用的就是呼吸式通风系统。曲轴箱内的油蒸气通过一个呼吸器式的装置与大气相通。这种呼吸器装置是一个过滤装置可将有害气体吸附，防止污染大气。发动机工作时，窜入曲轴箱的各种气体由呼吸器的进气口进入呼吸器，经过滤网的过滤、分离，最后干净的空气由出气口经橡胶管排出。由于呼吸器中有过滤网，油雾极少排出，既保证了曲轴箱内的压力平衡，又防止曲轴箱内的油气对大气的污染。

3.7.3 油气分离器

- 要注意确保通风管走向，防止可能引起的损害；确保通风管的出口位置是合适的；延伸的通风管不能增加过多的阻力。建议将通风口接管引至散热器排风口后，以便利于将曲轴箱内的气体抽出，有利于曲轴箱的良好通风。油气分离器出口方向应避开燃油箱、散热器芯体、电器件、中冷器、空滤器进气口等，如图 3-31 所示。
- 保持油气分离器出气管畅通，不得压瘪，并保证出气口通径不小于 $\Phi 19\text{mm}$ 。
- 油气分离器出气口材料，需耐机油，并保证在 $-40^{\circ}\text{C}\sim+135^{\circ}\text{C}$ 可正常工作。
- 油气分离器的阻力不得超出设计限值。



图 3-31 油气分离器通气管安装示意图

3.7.4 曲轴箱通风系统的安装检查

- 油气分离器的出气管位置和方向是否合理；
- 检查管路有无压扁、坏、漏等情况；
- 检查出气管管径是否满足要求，出气是否通畅。

3.8 电气附件系统

3.8.1 概述

发动机电气系统的性能对发动机的日常起动、工作可靠性、安全性以及使用寿命带来很大的影响。由于发电机组应用范围广，对电气附件的装置安装也有不同的限制要求。移动电站机组电源车如果在较恶劣的环境下工作，再加上使用和维护不当，很容易造成发动机电器装置的损坏。发动机电气系统各电器装置之间即相对独立又互相影响，为提高发动机电气系统的完好率，不仅要求电器装置有完善、合理的结构和良好的工作性能，而且要求安装合理和正确使用。

3.8.2 电器系统的总体要求

- 蓄电池容量及冷启动电流要满足发动机上正常的用电需求及冷启动要求。
- 起动电机的回路阻力不得大于设计值。
- 电气系统要可靠接地。
- 线束要远离排气管和其他高温元器件，根据需要可在适当位置增加隔热板。
- 所有电器系统零部件及电线的周围温度应在 80℃ 以下，相对湿度应在 90% 以下，对必要的部位进行适当的通风。

3.8.3 发电机

- 在选择发电机时，既要考虑起动和用电设备两者的功率要求，也要考虑到配套对象可能在怠速下或较低转速下运行的时间长短。发电机的最大额定输出功率应该比最大连续负荷至少大 25%。一台选择得当的交流发电机基本上在发动机任何转速下都能对蓄电池充电。应合理选择交流发电机及传动比，不使发电机长期工作在超负荷状态下，以减少对发电机的损坏，保证发电机的输出电流可以满足发动机的需要。
- SC 系列电站发动机常用发电机规格见表 3-11 所示，若有其他用途应用需要配置较大电流发电机，请与配套工程师沟通定型。

表3-11 SC电站发动机标配发电机规格

机型	电压(V)	电流(A)
H	28	35
D	28	55
E	28	70
G (L)	28	55
G (V)	28	55
W	28	55

- SC 系列电站发动机标准配置为单线制发电机，若需配套双线制发电机，负极接线的线径与正极接线的线径差不得大于 20%，信号导线截面积为 $0.75\sim 1.5\text{mm}^2$ 。考虑到温度、导线长度等因素的影响，建议流经导线每 mm^2 的电流不得超出 5A。为了减少发电机对负载和蓄电池充电过程中在线路上的损耗，发电机应直接连接到蓄电池或起动机正极和负极上，减少导线连接端的数量，发电机到蓄电池和负载的线路阻抗必须得到限制。根据发电机电流规格，推荐的电线截面积如表表 3-12 所示。

表3-12 SC电站发动机标配发电机规格

发电机容量 A	≤45	≤60	≤80	≤110	≤120	≤140	≤150
电线截面积 mm^2	≥8	≥15	≥20	≥30	≥40	≥40	≥40

- 发电机旋转发电时，若突然切断发电机的输出端和蓄电池的连接，输出端就会产生瞬时高压，调节器内部的电子部件就会损坏，所以必须设置手动操作的蓄电池开关。只有当发动机停止转动后才能断开蓄电池，并在发电机组醒目位置设置警示牌：“发动机旋转时不能切断蓄电池手动开关”。
- 发电机拆装及机组机组底盘进行电焊加工时，必须断开电瓶及发电机连线。引线应先断负极再断正极，安装时先装正极后装负极。要确保各绝缘垫、套完好无损，否则必须更换，尤其要注意发电机正极端与壳体不得短路。
- 发电机充电回路须安装适当的保险装置，所用保险的容量必须大于发电机最大输出电流的 1.25 倍。
- 要求发电机接线正确、牢固，各端子切勿接错，以免造成线束烧毁或电器件的损坏。接线螺母、螺栓或接线片一定要定期检查，防止松动。禁止发电机输出导线与油管捆绑在一起，导线应尽量垂直于地面。
- 为了降低电气系统的噪音，一般要求发电机连接至起动电机负极端子，如果起动电机没有负极端子，发电机必须连接至起动电机与电池负极的连接点或发动机与电池负极的连接点上。理想情况下，发电机直接连接至电池的正极和负极端子。
- 发电机应正确、牢固、可靠的安装于发动机上。皮带轮槽与主动轮槽应在同一平面内。发电机支架必须保证有必要的强度和刚度，防止振动造成发电机的损坏。合理支架的安装位置应该是，使发电机远离排气管道，并有足够的空间来拆装螺钉。撑条的设计和定位应考虑撑条尽可能做到短而直并尽可能具有最大刚性和足够的强度，撑条应连到发电机安装凸耳的后侧。螺栓与发电机接触面应有足够大的面积，以保证所需的夹紧力。
- 皮带张紧力不宜过松或过紧，过松会造成发电机发电量不足、电瓶亏电、定子烧毁等故障。过紧则易损坏轴承，加剧皮带的磨损。安装皮带轮时应适当调整调节臂，保证皮带张紧力适当。用手在两轮中心距 1/2 处施力 150N，能够将皮带按下 10~20mm 为宜（或带负载运转时无明显抖动）。

3.8.4 起动电机

为保证在低温环境温度不依靠低温起动装置使得发动机顺利起动，起动电机至少提供发动机 70 rpm 以上（最好为 100rpm 以上）拖动转速。SC 系列电站发动机常用起动电机规格见表 3-12 所示。

当发动机在-10℃以下的寒冷地区和在 2000 m 海拔以上的高原地区使用时，应采用大容量蓄电池和低温蓄电池，以补偿起动电流因温度下降而造成的损失。推荐起动电机参考选用的蓄电池（常为两蓄电池并联装配）容量及冷启动电流如表 3-13、表 3-14 所示。

表3-13 SC电站发动机标配起动电机规格表

机型	电压(V)	功率(kW)	环境温度℃（无预热）
4H	24	5	-10
7H	24	6	-10
D	24	9	-10
E	24	7.5	-10
G (L)	24	9	-10
G (V)	24	9	-5
W	24	13	0

表3-14 参考蓄电池规格表

一般地区使用		高寒地区使用	
蓄电池容量 (Ah)	冷起动电流 (A)	蓄电池容量 (Ah)	冷起动电流 (A)
≥120	420	≥150	450
≥180	540	≥195	585

- 所有与起动电机连接的导线应是耐高温导线，并且不受燃油和润滑油的影响。起动电机主回路电阻一般条件下不得大于 0.004 Ω；恶劣条件下不得大于 0.017 Ω。正确选用电线的截面积很重要，尽量使电线布置得最短，如果电线过长，选用的截面积要相应加大，因为电路电阻过大，会造成电压降加大，会发生起动电机的齿轮啮合不良，或者起动转速过低，使低温起动性能恶化。
- 起动电机采用的是单线制，因此发动机和蓄电池要可靠接地，搭铁线与气缸体、车架之间联接时，要去除油漆和锈迹等，并确实接牢，防止接触电阻增加，引起电压降过大。如果将机组底盘作为起动电路的一部分，那么连接机组底盘的每个接头必须去除金属表面氧化层保证裸露的金属可靠连接，特别需要注意的是高电流起动电路需要保持牢固连接，接头部分最好使用橡胶或塑料套保护以防腐蚀。根据起动电机的额定功率，推荐电线的截面积，见表 3-15 所示。

表3-15 启动电机功率与导线横截面积的关系

起动电机功率 kW	起动电机电源线截面积 mm ²	电磁开关控制线截面积 mm ²
5	50~60	≥10
7.5	85~100	≥16

- 安装起动电机时，驱动小齿轮在静止位置时，小齿轮端面和飞轮齿圈端面之间的距离应在 3mm~5mm 之间，可采用一组不同厚度尺寸的调整垫片进行相应调整。
- 起动继电器要选用质量好、可靠性高的继电器。继电器触点闭合和断开的移动方向应与发动机重心方向垂直，避免出现外力作用下使控制继电器触点自动接通。
- 起动电机继电器的接点容量在钥匙开关接通状态下，推荐设计成满足表 3-16 规定的起动电路电流。

表3-16 起动电机功率与电流之间的关系

起动电机功率 (kW)	吸合线圈电流 (A)	维持线圈电流 (A)
5	135	15
7.5	60	15

- 起动电机不能连续通电，否则，有可能烧坏起动电机线圈。
- 气动和液压起动：为了满足特殊需要，部分机组用途需安装空气或液压起动系统。由于这类起动系统总是用在特殊的工作条件下，必须适合特定的用途，所以不能制定出一套通用的安装规范，如需要采用，可与配套工程师沟通协商。

3.8.15 蓄电池

- 发电机组应用选择的电池数量和类型直接决定发动机系统的性能及耐久性。选择的电池必须达到合适的冷启动电流强度（CCA）和备用容量（RC）等级。电池 CCA 等级反映了可在短时、高电流消耗情况如发动机启动下电池的电流强度。电池备用容量 RC 是用来衡量电池在发动机关闭的较长时间内供应较低电流的能力。
- 蓄电池对热量和振动较为敏感。电池盒应位于机组免受损坏的低振动区域，比如机组机组底盘纵梁之间。
- 电池盒安装应布置在不受排气管加热的位置，且可以接近电池以便维修。因为电池放电时会放出氢气，电池盒应通风，以防氢气积聚。蓄电池必须牢固的安装在蓄电池箱内，以防止蓄电池的损坏。
- 蓄电池在使用中，常有充电不足的现象，应根据需要进行补充充电，一般每月至少一次，如发现下列现象，必须及时进行充电：
 - a) 低温时，电解液密度低于 1.24g/cm^3 ；高温时，电解液密度低于 1.20g/cm^3 。
 - b) 起动无力、电压过低。
- 蓄电池箱和支架应安装牢固，否则机组使用过程中的振动容易损伤蓄电池外壳和极板。

3.8.6 停机电磁铁

停机电磁铁通过控制发动机喷油泵调速器上的断油手柄来实现发动机停机功能的。为使停机电磁铁能长时间工作而不被烧毁，目前使用的电磁铁基本上都是根据双线圈原理设计

的，也就是停机电磁铁工作初期，是由吸合线圈工作的，它通过的电流通常在 30A 左右，能产生足够的吸（推）力，将铁芯吸（推）到停机电磁铁铁芯腔的底部，然后由控制开关将其从吸合线圈工作状态切换到维持线圈工作状态，由于维持线圈通过的电流在 0.5A 左右，因此，双线圈电磁铁能长期通电而不被烧毁。停机电磁铁通过不同的安装方式和连接线路，根据用户需求可实现断电断油和通电断油两种工作方式。推荐用户使用通电断油方式。

安装停机电磁铁时尽量避开过热、过潮及大量尘土侵蚀的地方，无法避免的应采取有效的防护措施。安装的支架必须能承受停机电磁铁的吸力、振动及撞击，同时要求铁芯必须与负载力的方向成一直线，否则偏载会增加摩擦力。由于停机电磁铁通常都加装了较强的回位弹簧，因此，铁芯从自然状态到底部的行程应大于停机电磁铁的有效行程。安装时，应将铁芯固定在有效行程以内，即安装时回位弹簧上应有预紧力。

由于每台喷油泵调速器停机手柄的通断油位置都有误差，因此停机电磁铁在实际使用中，都必须对每台停机电磁铁连接件长度进行调整。调节连接长度，使电磁铁能完成整个行程，停机电磁铁的通断电位置应对应断油手柄的通断油位置，实际使用中，停油手柄超过通油位置一段行程后才遇到通油限位装置；同样，其超过断油位置一段行程后才遇到断油限位位置，以断油手柄和停机电磁铁连接点为基准，油门全开和全闭之间距离应略大于铁芯行程，使停机电磁铁工作时，确保铁芯完全吸合到底，此点尤为重要，否则停机电磁铁将会被烧毁。为适应断油手柄位置的误差，停机电磁铁连接件长度是可以调节的，首先将连接件上的螺母松开，调节连接杆长短到合适的位置，然后将螺母再拧紧即可。

目前停机电磁铁有通过钥匙开关控制的三根接线方式的停机电磁铁和通过自动复位按钮控制的二根接线方式的停机电磁铁。三根接线方式：白线连接吸入线圈；红线连接维持线圈；黑线连接接地端。二根接线方式：白线连接正极，黑线连接接地端。

用两个独立的继电器将停油电磁铁与起动电机的电路分开。在起动时吸入线圈每次通电时间不得超过 30 秒，连续两次通电时间间隔为 2 分钟，连续通电最多只能三次，如果发动机仍未起动的話，则须等到停机电磁铁充分冷却至室温后才能再次重复以上的启动操作。

为了保证停机电磁铁的正常工作必须选用合适的继电器和导线，线路压降损耗不得超过额定电压的 7%。

停车电磁铁的另一种结构是利用储气罐内的压缩空气控制停车手柄。该种结构在实际使用中比较可靠，需要的电流也比较小。

3.8.7 线束

- 线束的布置应走向清晰、固定可靠。线束穿过钢板孔时，要使用绝缘橡胶保护套圈，并应有 5mm 以上的间隙，以防止线束损坏发生短路；发动机上的电器零部件电线要有足够的松弛量，以适应发动机与机组底盘之间的相对位移，同时还要保证不与其它零部件干涉；线束与起动电机和发电机的连接应牢固可靠，接头应使用绝缘橡胶护套罩住，防止意外短路。

- 线束要远离排气系统 200 mm 以上，可根据需要设置隔热板；线束应避免和各种管件捆扎在一起，应单独用带绝缘橡胶套圈的线箍固定，线箍的间隔为 200 mm ~ 300 mm，以免下垂或与其它零部件干涉；线束与各种管件之间的间隙应在 10 mm 以上，线束连接接头与各种管件之间的间隙应在 30 mm 以上；不用的电线要用绝缘胶布包扎好。
- 线束必须可靠接地，接地点严禁生锈或被喷涂油漆，连接接地之前必须要清除干净杂质。
- 传感器的连接器必须和线束接线端口有相同的金属表面，相对而言镀金端口效果比较好。所有的传感器必须进行抗振检测。
- 在发电机组制造过程中，推荐在生产线的最终工序之后再连接发电机电线。

3.8.8 电器系统的安装检查

- 评估蓄电池容量及冷启动电流强度是否满足设计要求。
- 检查起动电机主回路电阻是否大于限值。
- 检查电器系统的是否可靠接地，设计、导线截面的选用、线束的布置和固定的正确性和安全性。
- 电控发动机配套发电机组用户必须与上海柴油机股份有限公司签订技术协议、电气协议，明确供货配置、线束布置、ECU 功能等需求，以免在发动机配套过程中造成不必要的麻烦。
- 电控发动机配套用户开机运行前应进行电气系统检查。

第四章 电子调速器

4.1 工作原理

发动机调速器是将发动机稳定控制在设定工作转速下运行的精密控制装置。电子调速器因其性能可靠、功能齐全、安装维护方便以及调速性能优异等有别于其它类型调速器的独特优势，正越来越广泛地应用于发动机调速系统、发电机组监控系统之中，成为行业应用的一种发展趋势。

电子调速器具有转速设定、测速、比较、运算、驱动输出、执行元件、调节系数设定、保护或限制等机构或部件，各机构或部件经过有效组合形成一个闭环控制系统，如图 4-1 所示。

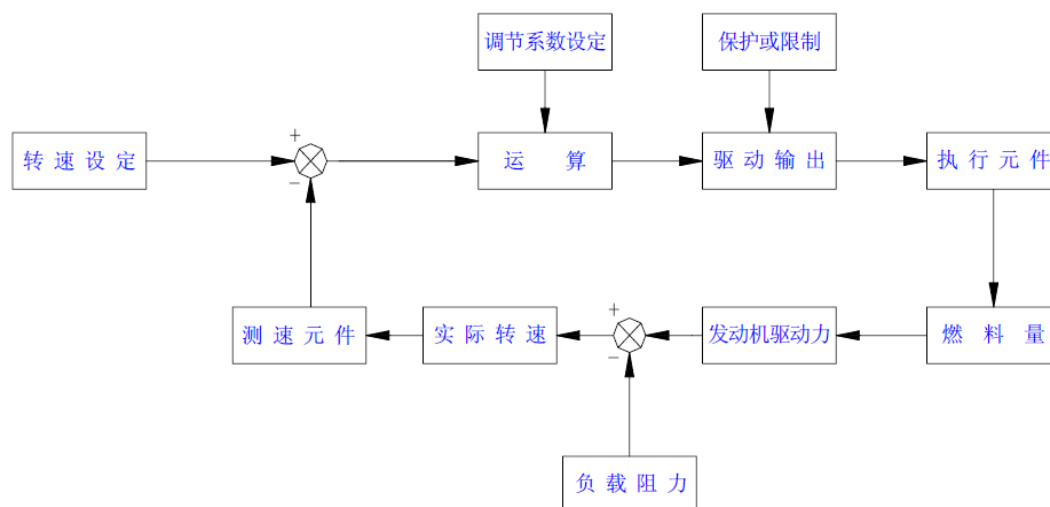


图 4-1 调速器原理示意图

电子调速器的闭环控制方式能够对发动机瞬间负荷变化产生快速和精确的响应，用以控制发动机的转速。通过手动调整控制器增益、稳定性以及稳态调速率电位器可满足不同发动机对于稳态调速率、瞬态调速率和稳定时间的需求。

4.2 电子调速系统的组成

4.2.1 电子调速控制器

4.2.1.1 基本电气特性

- 电源电压：DC24V（范围 18V~32V）
- 电源消耗：<0.1A（不包括执行器）
- 转速波动率：≤±0.25 %
- 稳态调速率：0~5 %可调
- 环境温度：-40℃~+85℃
- 环境湿度：<95%

4.2.1.2 电子调速器控制器外形及安装尺寸

电子调速控制器通常安装于控制柜之中或直接固定在发动机上，外形及接线示意图如图

4-2、图4-3所示。电子调速控制器有防潮处理，但仍须防水，雾或者凝结物与控制器接触。并且安装时应远离高温或热辐射以防止控制器高温损坏。建议发电机组增加独立超速保护装置，不能仅仅依赖电子调速控制系统来阻止超速。

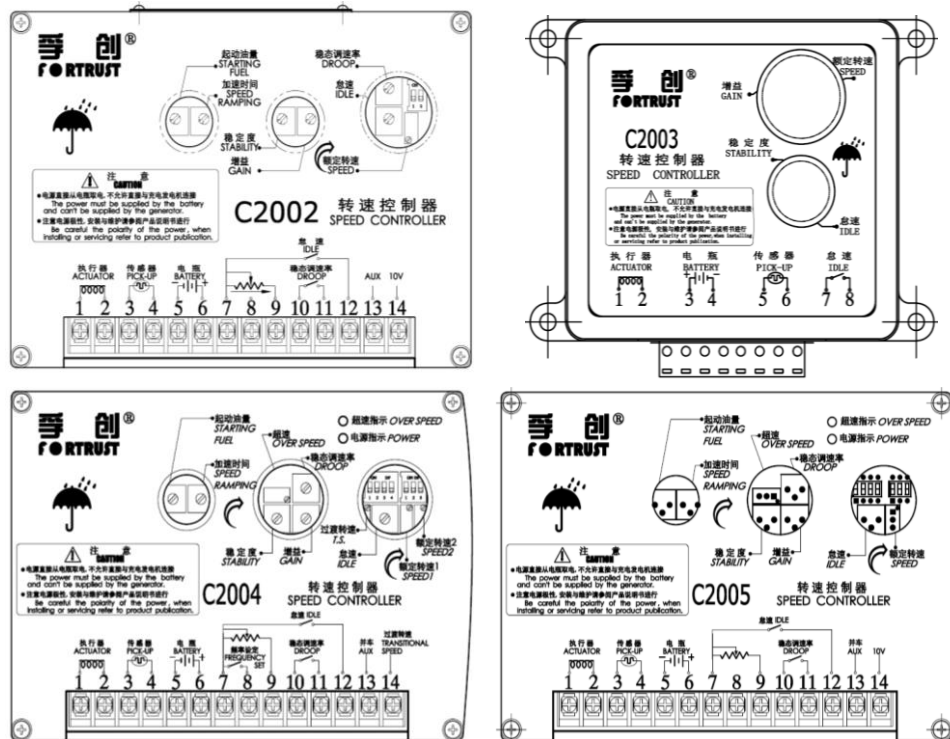


图 4-3 控制器外形示意图

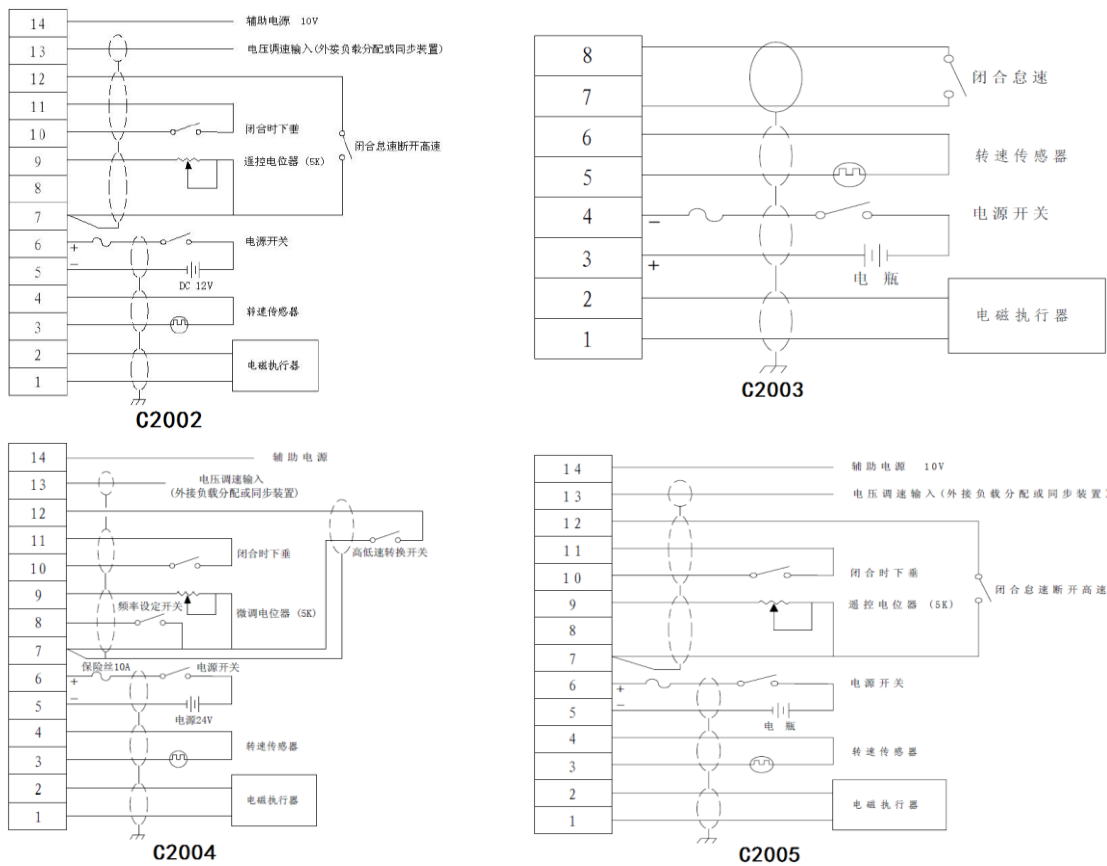


图 4-4 控制器接线示意图

- 1、2 端子接执行器，5、6 端子接电瓶，要求两组线截面 1.3 mm^2 或更粗，线缆越长要求线径越粗，以减小电压降。同时为防止意外发生，电池组正极到电子调速控制器电源正极(即端子 6)之间的线缆上串接 10A 的保险丝是十分必要的；控制器的电源线应单独、直接从电瓶的正负极取出，而不得绕道其他接口，正确接线如图 4-4 所示：

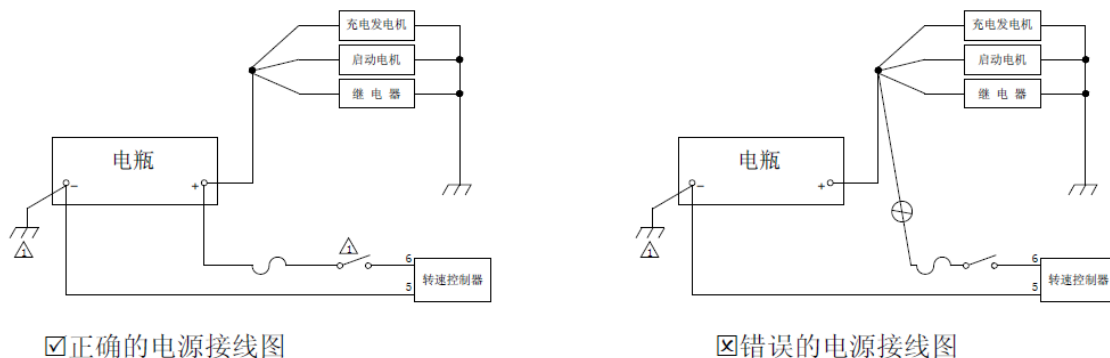


图 4-4 接线示意图

- 3、4 端子接速度传感器，速度传感器必须全程使用编织屏蔽网线缆连接，线缆的屏蔽网部分应 360° 环接到支点上，不可与发动机的其他任何地连接，否则干扰信号可能进入转速控制器，造成难以预测的后果；
- 7、9 端子可接转速微调电位器，并可加长线缆进行遥控（最长线缆可达 5m），如果线缆长度超过所要求的极限值，则必须使用屏蔽网线缆进行连接，屏蔽网应 360° 环接到端子 7 上，所要求的电位器阻值为 5K，调速范围可达到 2400Hz；
- 7、8 端子(C2004)可接频率设定开关，当需要在两种额定工况下频繁切换使用时，可通过该开关进行简单、快速的切换，从而省却对转速重新进行设定的复杂步骤；
- 10、11 端子接稳态调速率开关，断开时稳态调速率为 0，发动机运行在等值调速状态；闭合后通过调整控制器上稳态调速率电位器可使发动机在 0-5%的稳态调速率范围内运行；
- 7、12、14 端子通过专用三档位钮子开关，在怠速、过渡转速、额定转速之间顺序进行切换，当发动机转速跨度较大或惯性力较高时，可从过渡转速过渡一下，来保护发动机；
- 13 端子可外接电压调速装置，作为一个敏感的输入端子，建议与附件间的连接使用屏蔽线缆；该端可直接接入孚创公司生产的同步控制器和负载分配器使用；单机运行时可不接；
- 14 端子外供 10V/20mA 电源，但在使用中如发生短路或超负荷使用将损坏控制器。

4.2.2 电子调速执行器

电子调速执行器取代高压油泵机械调速器部分与高压油泵本体直接相连构成一体，内部执行器齿杆与高压油泵齿条联动。执行器的外部有停车手柄，并可通过调整停车手柄的位置实现对最大油量的限定，如图4-5所示。

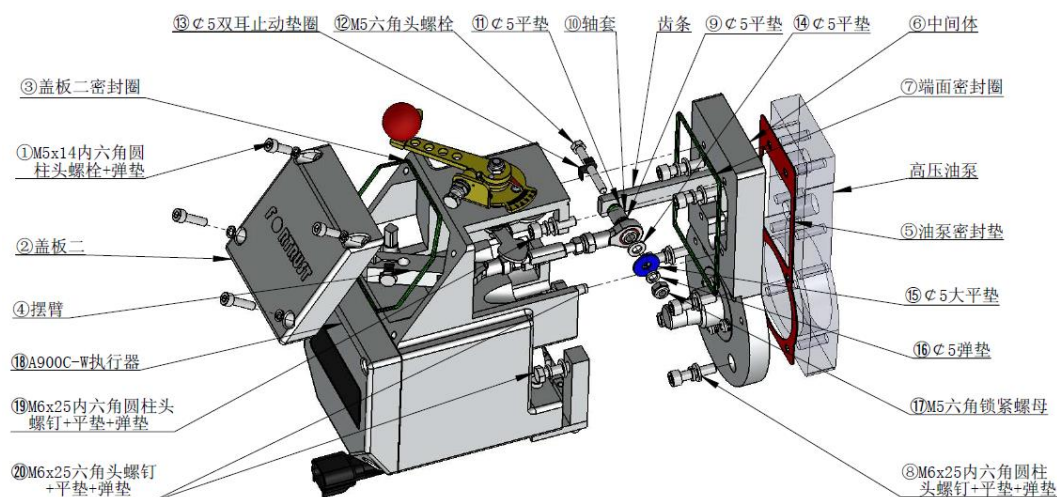


图 4-5 执行器安装示意图

4.2.3 转速传感器

转速传感器采用无源磁电式转速传感器，测速齿轮旋转引起的磁隙变化，在探头线圈中产生感应电动势，安装时将转速传感器固定在发动机齿轮盘上，通过感应飞轮齿数来判断发动机的转速，传感器的安装应在接触到齿轮的齿顶后退出1/2-3/4圈（约0.45mm），这是一个较为理想的间隙，如图4-6所示。

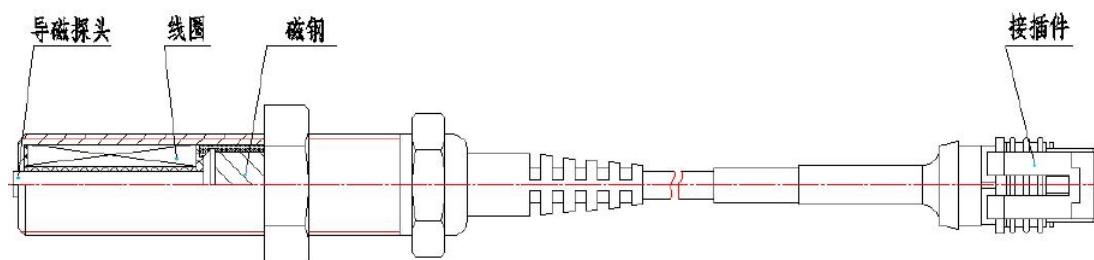


图 4-6 转速传感器外形

4.3 电子调速系统的安装与调试

4.3.1 电子调速器的安装

电子调速控制器通常安装于控制柜之中或固定在发动机其它外围设备上，安装时应尽量选择空气干燥、温度适宜的地方安装；转速控制器有防潮处理，但仍须防止水、雾或者凝结物等与控制器接触；安装时应远离高温及热辐射，以防止控制器高温损坏，如果在水和湿气比重较大的地方使用应将控制器垂直安装。

注：1. 发动机应有独立的超速保护装置，不能依赖调速控制系统来阻止超速；

2. 外接端子7与9之间必须接配套的微调电位器；若微调电位器损坏则必须将7与9之间用导线短接，两引脚不得悬空使用。

4.3.2 起动发动机前的调整

若是首次起动发动机，安装时应严格检查如下几点：

①检查供油杆的灵活性

要求油泵的整个供油行程无卡滞，供油杆推拉灵活。此项检查非常重要，若供油杆不灵

活，意味着可能出现控制系统失灵，造成发动机转速不稳、超速、甚至飞车等严重故障。

②检查执行器的动作是否灵活

要求执行器的连杆与供油杆之间的连接无间隙，执行器的动作灵活，执行器在自然状态下的最小位置应能断油，在最大限位位置应能达到最大供油；

③检查相关电气连接

按照配套电子调速系统图的要求，检查电气连接是否正确，电瓶电压应符合使用要求（电瓶空载时略大于24V，起动瞬间不低于18V）；

④检查出厂参数设置

电调在出厂时一般都己根据配机单及供货状态协议进行过参数设置，只需按要求核对一下即可，若在特殊情况下无法了解到这些信息，那么按以下几点进行检查和设置时必要的：

(1) 检查起动油量电位器在较大位置（顺时针为增大方向）；观察增益和稳定度电位器的位置，在不确定情况下请将它们设置在12点位置（即中间位置）；

(2) 拨码开关位置若非特别注明，请按如下要求设置：四位的补偿电容调整拨码开关置于1上、2上、3下、4下的状态；三位的状态调整拨码开关置于1下、2上、3下的状态；

(3) 将三档转速切换开关置于低速的一端（怠速），加速时间电位器在升速斜率较慢的一端，不确定时可设置在12点（顺时针方向为升速斜率慢的一端）；

(4) 控制器的转速设定在出厂时已经根据用户数据进行了预设，在起动发动机前一般无需对控制器的转速设定电位器进行调整，用户只需在起动发动机后进行更为精准的调整；若不能确定转速设置值，请将额定转速设定电位器逆时针旋转几圈，同时观察一下怠速电位器的位置，在不确定的情况下可将怠速电位器设定在12点钟的位置。

4.3.3 发动机起动后转速控制器的参数调整

在开始进行参数设定之前，以下事项需要关注：控制器上的所有电位器除额定转速、超速电位器可转动25圈外（如图4-7），其余电位器如起动油量、加速时间、稳定度、增益、稳态调速率、怠速、过渡转速等电位器都是旋转不到一圈的电位器，最大有效调整角度为270度，从时钟方向看约为从7点顺时针到4点的范围，在进行参数调整时，切记不得超过此范围强行转动，否则将导致电位器损坏，引起发动机停机、不稳定、甚至超速等严重故障。以上电位器均为精密电子器件，调整时应使用专用工具缓慢调节，以防造成人为破坏。

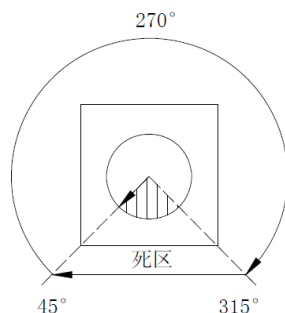


图 4-7 转速传感器外形

用户根据机组的不同使用用途及要求，需对起动油量（烟度）、转速、升速时间、超速

保护设定、稳定性、稳态调速率及辅助输入等参数的调整详见电子调速器使用说明书，并及时与配套工程师联系沟通，以防由于参数的错误调整导致发动机的性能恶化、可靠性及使用寿命的降低。

4.4 故障判断与处理

4.4.1 故障排查

电子调速器故障将引起发动机性能下降，以至于发动机不能运行；如果调速系统不起作用，且能明确判断为电子调速器故障，更换电子调速器即可；如果是发动机及其辅助系统故障，有可能通过发动机转速达不到使用要求表现出来，更换电子调速器也不能解决问题，因此，故障原因应通过对系统的综合分析，逐项验证排查来判断，如表 4-1 所示

表 4-1 故障现象初步排查表

故障现象	检测部位	检测方法
发动机不能起动	电瓶电压	测量 5、6 端电瓶电压应为 DC24V
	传感器	1、转速传感器安装不良，间隙过大
		2、转速传感器电缆断线，测量其直流电阻应为 300Ω~500Ω
执行器	1、执行器与油泵齿条联动部分有卡阻现象	
	2、执行器电缆断线，测量执行器线圈内阻为 2.5Ω~3.0Ω	
执行器不能将油阀完全打开	电瓶电压	起动时测量电瓶电压，如果电压低于额定工作电压的 75%，则电瓶欠压，需要对电瓶进行充电
	执行器	执行器与油泵齿条联动部分有卡阻现象
发动机转速不稳	控制器	1、调节控制器上的稳定性和增益电位器，具体方法详见使用说明书
		2、测量 14、7 端电压应为 10±0.5V
执行器	检查执行器与油泵齿条联动部分是否有间隙及松动现象	
发动机超速	控制器	1、发动机齿数确认有误，高速设置过高
		2、增益设置过低，灵敏度差，导致突卸负载时转速瞬间过高
		3、电子调速控制器故障，应更换
	执行器	1、执行器与油泵齿条联动部分有卡阻现象或连接松脱
2、执行器与油泵供油零位不匹配，执行器断电后仍不能关断油泵供油		

	转速传感器	转速传感器信号出错, 接线损坏
--	-------	-----------------

4.4.2 磁性不充足的速度传感器信号

当转速传感器信号较强, 则能抵抗外部脉冲干扰, 电子调速控制器能够测量到转速传感器输出 3V 以上的有效值信号。当电压低于 3V 时, 应减小速度传感器和发动机的齿间隙, 可以提高信号的振幅。间隙要小于 0.45mm。如此时电压仍低于 3V, 应检查转速传感器的磁性是否太弱。

4.4.3 电磁干扰

电缆或者直接辐射的控制电路信号是很大的干涉源, 将给调速系统带来不良影响。转速传感器的连接应使用带屏蔽的电缆。由于干扰源不一样, 推荐使用双屏蔽的电缆线。并且速度控制器的金属板接地或安装在密封的金属箱内, 防电子辐射。用金属罩或金属容器效果更好。采用屏蔽线是最普通的抗干扰措施。若配用有刷的发电机其电火花干扰是不能忽略的, 所以大干扰环境应采用特殊的屏蔽措施。

第五章 动力传动系统

传动系统的设计目标就是尽量以最低的成本和最轻的重量将发动机动力传输到所有传动组件，优化发电机组性能并且避免对发动机相关零部件造成损坏，同时避免不必要的振动和噪音。动力输出系统的任何部件在发动机工作范围内，决不能引起发动机扭振的较大变化，如果有相对较大质量直接与发动机连接或者加载大负荷直接启动时，例如拖泵、电动机负载等，应提供充分的资料，供配套工程师分析、认可。

传动系的正确设计、选择、安装与环境和使用条件有关，它们会影响机组的运行稳定性、振动、噪音和油耗。

5.1 传动系统总体要求

- 传动系统必须保证结构强度可靠，并有效平稳地传递扭矩。
- 传动系统应保证发动机工作时，飞轮端不应承受较大轴向力和径向力。
- 传动系统上的任何部件在发动机工作转速范围内决不能引起发动机产生扭振。
- 传动系统的部件决不能在发动机静止时给发动机止推轴承施加机械负荷。
- 各系列曲轴的轴向止推间隙见表 5-1。

表 5-1 轴向止推间隙

H 系列	D 系列	E 系列	G (L) 系列	G (V) 系列	W 系列
0.17~0.42mm	0.125~0.288mm	0.17~0.40mm	0.15~0.36mm	0.18~0.37mm	0.20~0.43mm

- 传动系统不应受到较大的附加扭矩和冲击力作用，并保证有足够的轴向补偿量。
- 发动机必须结合外界施加的最高负载，能够从低怠速加速至工作转速。此外发动机还必须在规定的最高海拔高度下能满足动力性的要求。在高原地区使用时，应考虑发动机因为空气稀薄等引起的功率下降，在 2000 m 海拔以上的增压发动机，一般海拔高度每升高 500 m，功率、扭矩下降 2%~4%。
- 在发动机与发电机的动力匹配计算时要充分考虑发动机的净输出功率及对应发电机的电机效率，根据发动机的不同用途和使用工况，选择合适的电机型号、功率、接线方式等参考数值。同时要注意应用环境以对发动机功率进行修正，尽量使得发电机组的常用工况运行在发动机经济有效区内。
- 如出现以下配套情况需向配套工程师提供充分资料进行分析评估：发电机组带载启动、电机匹配功率选择、配套电动机应用等。

5.2 前端动力传动

发电机组用发动机由于结构布置等因素，一般前端仅驱动冷却风扇、水泵、发电机等机身零件。风扇的消耗功率与风扇的转速、风量和风压有关，风扇安装后，会对风扇轴承座或风扇传动轴带来附加弯曲力矩，该附加弯曲力矩主要与风扇耗功、风扇重量（与叶片材质及

风扇结构相关)及风扇垫块尺寸结构有关,如用户自行改装风扇,该值超出常用规格时,应向配套工程师提供详细的使用情况,以便进行分析和校核。

同时用户如需在特定基础上要求前端输出动力,请提供对应扭矩值,并向配套工程师提供详细的使用情况,以便进行分析和校核。

5.3 后端动力传动

后端动力传动一般是发动机通过飞轮与发电机钢片连接进行动力输出,同时飞轮壳与发电机端盖连接固定,如图 5-1 所示。当装配电机之后,应检查曲轴的轴向间隙,以保证曲轴不存在机械负荷。这种结构发动机与发电机通过止口定位连接好,一起装在机组底盘上,同时对发动机和发电机底脚进行通过螺栓锁止固定。



图 5-1 后端传动连接方式

另一种连接方式属于刚性连接如图 5-2 所示,发动机与传动轴连接后,驱动后端动力设备工作,这就要求保证发动机与传动轴、后端动力设备的同轴度,在对中连接后,同样对发动机及动力设备进行锁止固定。发动机与传动轴的同轴度要求 $\leq \phi 0.10\text{mm}$;如采用其他弹性连接方式,同轴度要求 $\leq \phi 0.30\text{mm}$,用户可与配套工程师沟通确定选择较合理的连接方式。

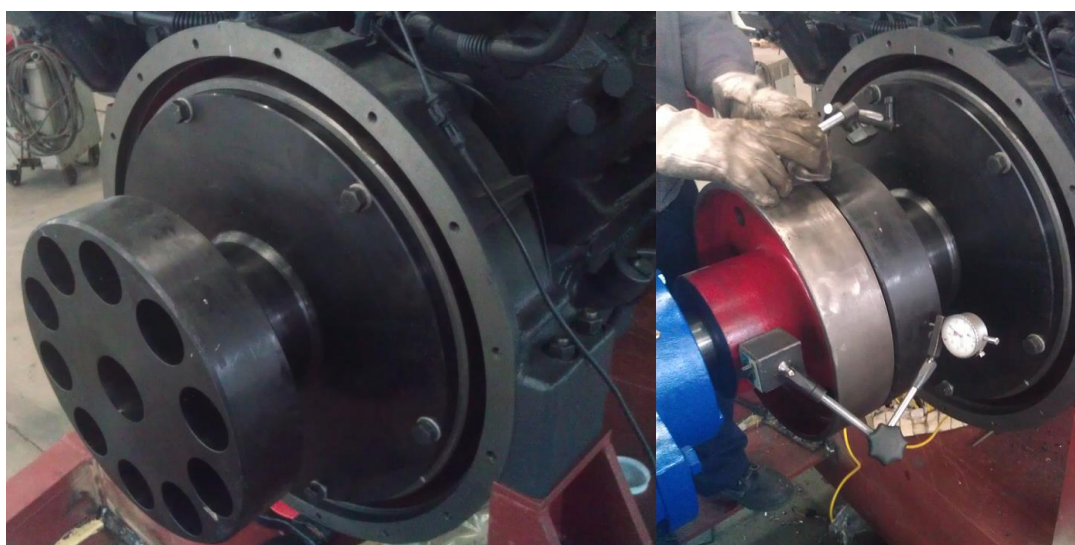


图 5-2 连接方式及同轴度校核

为了便于用户在选用 SC 系列电站发动机后的动力设备安装，以及相关管路的连接，可参考表 5-2 接口尺寸选用对应的螺栓及管路。

表 5-2 SC 系列电站发动机接口尺寸

发动机系列	进油管接头规格	回油管接头规格	放油螺栓规格	温度传感器接口	压力传感器接口	飞轮螺孔规格（螺纹/孔深）	飞轮壳螺孔规格（螺纹/孔深）
H 系列	φ10	φ10	M22*1.5	M16*1.5	M10*1	8*M10 螺纹深 25	12*M10 螺纹深 30
D 系列 两气门	φ10	φ10	M18*1.5	Rc1/2	Rc1/8	8*M10 螺纹深 25	12*M10 螺纹深 25
D 系列 四气门	φ10	φ10	M18*1.5	M16*1.5	Rc1/8	8*M10 螺纹深 25	12*M10 螺纹深 25
E 系列	φ14	φ14	M18*1.5	水温 M16*1.5 油温 M18*1.5	NPT1/8	8*M12 螺纹深 20	12*M10 螺纹深 30
G 系列 直列	φ12	φ10	M30*2	Rc1/2 NPT3/8	Rc1/8	8*M12 螺纹深 24	12*M12 螺纹深 18
G 系列 V 型 (1/2&14)	φ12	φ10	R1	Rc1/2	Rc1/8	8*M12 螺纹深 27	12*M12 螺纹深 18
G 系列 V 型 (0&18)	φ12	φ10	R1	Rc1/2	Rc1/8	6*M16 螺纹深 27	16*M12 螺纹深 18
W 系列	φ14	φ10	M39*2	Rc1/2	Rc1/8	6*M16 螺纹深 27	16*M12 螺纹深 20

5.4 动力输出系统的安装检查

- 检查曲轴的轴向间隙，是否满足设计要求。曲轴推力轴承受到的间歇负荷和连续负荷是否超过相关参数值。
- 在选择传动轴的型式和安装位置时，是否有较大的附加扭矩和冲击力作用在传动系上。
- 根据不同的应用情况，选择不同的连接方式，最重要的是保证设计要求的同轴度，并进行有效的检验和校正。

第六章 使用、维护接近性要求及其它要求

对于用户来说，发电机组的利用率和维护费用是十分重要，因此停机时间应保持在最低限度。在运输之前发动机的所有进出气口、进出水口均应有相应的堵头堵住或塑料袋、油纸之类的包裹，防止有灰尘、杂质等的进入。当发动机安装到机组机组底盘上后，影响停机和修理费用的一个主要因素就是发动机各零部件维护检修的可接近性。

6.1 零部件的维护保养

- 发动机日常维护保养项目，应提供充足的接近空间，以使用户容易观测和操作，应能在五分钟内无需使用工具轻易的完成这些项目。如检查机油液面和冷却液液面，检查空气滤清器的阻力等。
- 对定期保养的项目，应提供足够的间隙，以便更换时拆装方便。如拆装燃油滤清器和燃油粗滤器、机油滤清器、空气滤清器滤芯，拆装油底壳放油螺塞、油气分离器、机油油尺，加注机油及冷却液，泄放燃油箱杂质和沉淀，调整风扇皮带、水泵皮带及发电机皮带，调节喷油器和气门间隙等。
- 对维修检查的项目，也应提供足够的间隙，以便于拆装和检查。如拆装缸盖罩盖、油底壳、输油泵、增压器、水泵、起动电机、发电机、节温器、燃油泵、减震器，检查曲轴推力间隙等。
- 为方便检查和拧紧外露紧固件，应留有一定的扳手空间；为了方便定期检查气门间隙、静态供油提前角和喷油压力，也应留有一定的接近空间和操作空间。
- 蓄电池的装配位置也应具有的维护可接近性。

6.2 发动机的维护保养

- 发电机组的设计，尤其是静音箱的设计应给发动机留有足够的安装空间，即拆卸和重新安装发动机，不必将发动机的一些零部件拆除。对于可能妨碍发动机拆卸和重新安装的机组底盘或相关的零部件，应采用螺栓或其它类似的可拆卸方式进行安装，不得采用焊接或铆接等永久性安装固定方式。
- 发动机出厂时，在空气、冷却液、燃油等开口部位都带有防尘罩盖，发动机整体包装木箱及塑料罩。OEM 制造商验收后，直到装配到机组机组底盘之前，要保持好发动机的出厂状态，并在干燥的室内保管发动机。
- 发动机装配到机组机组底盘之前，所有开口部位的防尘罩盖均不应拆除，一经发现防尘罩盖破损或丢失时，应确认未进入异物，并立即用防水胶带完全密封，务必注意发动机内部不能混入异物，包括水、泥砂、尘土、破布、螺钉、螺母等。
- 发动机长期保管（3 个月）之后，在装配到机组底盘之前，应将曲轴顺时针(前视)旋转 3~5 次，以防各部粘连故障发生；发动机库存期超过 1 年（自出厂之日算起）时，应启动检查或退回厂家检修。

- 发动机装配在机组底盘上之后，第一次启动时，转速不宜急速上升，应怠速运转 3 min ~5 min，使润滑油在各部位充分润滑，然后提高转速。
- 发动机被组装成发电机组后，直到被销售为止的库存期间，应每隔 15 天~20 天启动一次发动机，怠速运转 3 min ~5 min，使润滑油润滑各部位，启动后不宜直接升速运转。

6.3 发动机可接近性的衡量

评价发电机组的可接近性是按照在机组底盘上完成维护保养项目和检修操作所需要的时间作为依据的，因此发动机的可接近性也应用“时间”作为基本的衡量依据，即用它来反映一个装置的可接近性和用户的要求。安装人员的目标是应提供一种装置，使在机组底盘上进行的维护和检修所需要的时间尽量接近自由空间操作所需要的时间。

6.4 发电机组的通风

发动机运转时，表面会产生一定热量，尤其是应用于静音箱内的发电机组，应通过充分通风，使冷却空气流动畅通来散发这些热量，从而防止热量集聚。一般情况下，为保护热敏元件，发动机连续运转时的机舱内部最高温度不允许超过 80℃，而为了同时满足标准热平衡性能要求，应用环境温度不建议超过 50℃。若需在特殊环境温度下应用，建议与配套工程师沟通协商，选用合适的散热器以满足要求。

另外燃油温度较高会导致功率下降、油耗上升甚至发动机熄火，因此 OEM 制造商可根据需要自行提供独立的燃油冷却系统。

第七章 特殊环境配套应用要求

7.1 概述

如果发动机运行在特殊的气候环境和地理环境，配套应用也需要有特殊的要求。如在高原地区，气候寒冷，昼夜温差大，空气稀薄，低压缺氧，太阳光紫外线辐射强烈，风沙严重等，南方持续的高温天气和北方寒冷地带，都将会对发动机的动力性、起动性、冷却系统、配气系统、润滑系统、传动系统都有着不同程度的影响。高寒地区对于发动机的启动要求及高热对于冷却方面的要求等与普通环境下运行的发动机均有所区别。对于高尘、高寒和高原等环境中工作的发动机一定要注意换油周期。

用户如有特殊环境配套应用需求，请先与配套工程师沟通确定相应的配置参数。

7.2 高原地区配套应用

为了保证发动机在高原环境下使用的可靠性，提高其适应能力，发动机应采用大容量、高可靠性的低温蓄电池，必须满足发动机技术参数表中规定的冷启动电流的要求。这种电池应能在 $-40^{\circ}\text{C}\sim 65^{\circ}\text{C}$ 之间正常工作。增设水套预热装置或在进气管上增加燃油预热装置或电热片等装置，用于改善发动机的低温启动性能，可使发动机在高原地区 -25°C 时正常启动。

发电机组在高原地区可能因风沙、尘土严重，易使空气滤清器堵塞而影响发动机动力性的问题，推荐采用低吸阻力的三级旋流式大容量型空气滤清器，并在排气消声器上安装排气引射管，实现自动排尘；燃油箱应尽量保持高位，当油面低于发动机供油泵 500mm 时，油面应考虑 $0.03\text{MPa}\sim 0.05\text{MPa}$ 的加压，并适当强化油箱结构；涂装材料选用紫外线防护性能强的。

由于高原地区海拔的升高、水的沸点降低，同时低气压将对冷却空气的产生不利影响，冷却空气的风压和冷却空气质量减少，在单位时间内散热量增加，因此冷却系统的散热条件要比平原差。匹配的风扇和散热器要适当增大，但是务必注意风扇的线速度控制在合理的范围之内，以适应发动机热负荷增加时，能够快速、有效的进行散热。一般在高海拔地区不宜采用开式冷却循环，可采用加压的闭式冷却系统以提高高原使用时冷却液的沸点。

针对高原地区空气稀薄的特点，为保证发动机的燃油与空气有适当的混合比，克服过快积炭、胶结，节约燃料，提高其输出功率，推荐选用增压发动机并适当减少供油量。根据不同的海拔高度减少供油量，可在应用现场调整供油量，即调整高压油泵内的齿条行程，同时观察发动机的工作状况，将发动机的供油提前角增大 $1\sim 2^{\circ}$ 。

为了防止高原紫外线照射以及低温对橡胶管件的损伤，应对暴露在外部的油管，尽可能采用耐低温、抗紫外线能力强的橡胶材料如硅橡胶等，也可以在橡胶管件上安装防紫外线护套，降低紫外线的照射强度，并对橡胶件进行定期的检查和维护。

发动机使用的橡胶材料应需要注意低温脆化性。

根据高原寒区的特点，合理选用适应于高原环境下的润滑油，该润滑油应具备闪点高、

凝点低、粘温性能变化小，已经抗氧化、抗腐蚀、防锈蚀的能力，以确保发动机的动力性、可靠性和安全性处于最佳状态。

注：SC 系列电站用发动机功率 $\leq 726\text{kW}$ 常规应用海拔 2000m 以下，功率 $> 726\text{kW}$ 常规应用海拔 1000m 以下。

7.3 高寒地区配套应用

低温使得发动机蓄电池工作能力下降，燃料的蒸发性变差，润滑油的粘度增大，致使发动机启动困难，加剧磨损。燃料消耗增加、零件的性能变差，发动机冷启动变差，排气污染严重。

严寒地区发动机应采用容量大、高可靠性的低温电瓶，这种电瓶应能在 $-40^{\circ}\text{C}\sim 65^{\circ}\text{C}$ 之间可靠工作。蓄电池的应注意保温，一般采用木质的保温箱，保温箱有的做成夹层，在夹层中装有保温材料。发动机和水箱罩采用保温套，发动机油底壳可采用双油底壳或外表面封上一层玻璃纤维进行保温。寒区使用的冷却液务必为防冻液，选配的防冻液冰点应比地区的最低气温低 5°C 。选用的燃料应具有良好的挥发性、流动性、低含硫量以便启动和减少磨损。选用的润滑油应为粘度较低的冬季润滑油，低温启动时开启发动机的预热装置。

在高寒地区，普通的纸质滤芯易变形、易堵塞，直接影响发动机的进气量，滤芯的寿命也将缩短。为此，可采取以下措施：换用大直径的空滤器，以增大发动机的进气量。或将纸质空滤器改成油浸式或复合式空滤器，既增大进气量，又不易堵塞，还可减少发动机的非正常磨损。

长期工作于高寒地区的发电机组，要确认进油管直径是否满足设计要求，避免由于进油阻力过大以及发动机冷启动困难。

7.4 高温地区配套应用

在高温条件下，冷却系的散热效率降低，尤其是静音发电机组箱内温度高，如图 7-1 所示，空气密度减小，导致发动机充气系数下降，发动机功率降低。过热的发动机加剧了润滑油的热分解、氧化和聚合过程。发动机的工作温度越高，润滑油变质越快，不正常燃烧的废气窜入曲轴箱，既提高了油底壳的温度，又污染了润滑油，使润滑油粘度降低，油性变差，导致机件的润滑变差、磨损加剧。

结构方面可以考虑通过改进来增大冷却系的冷却强度，例如：采用通风良好地发动机罩，增加风扇叶片数、直径或叶片角度，提高风扇转速，采用过渡圆滑的护风圈，尽量使气流畅流、分布均匀、阻力小、消除热风回流现象并避免散热器正面存在死区。但要注意风扇与水箱的匹配，并保证风扇满足自身转速限值的要求，同时要保证散热器盖上通气管路的畅通。

加强冷却系的维护，保证冷却液充足；清除水垢，保持冷却系良好的冷却效果。水垢对冷却系的散热强度影响很大，试验表明水垢的导热率比铸铁小几十倍，比铝小 100~300 倍，加强冷却系水垢的清除对提高散热能力比较重要。此外，还应定期检查节温器的工作情况及

冷却风扇传动带的松紧程度。在技术维护中要注意机油平面的检查，适当缩短换油周期，在条件允许的情况下选用优质机油。

由于高温条件下空气密度低，应调整发动机供油系统，减小供油量，以防混合气过浓。高温时，混合气燃烧速率快，应减小点火提前角；夏季蓄电池电解液蒸发快，应经常检查电解液平面高度，及时加注。适当调小蓄电池电压调节器的充电电流。

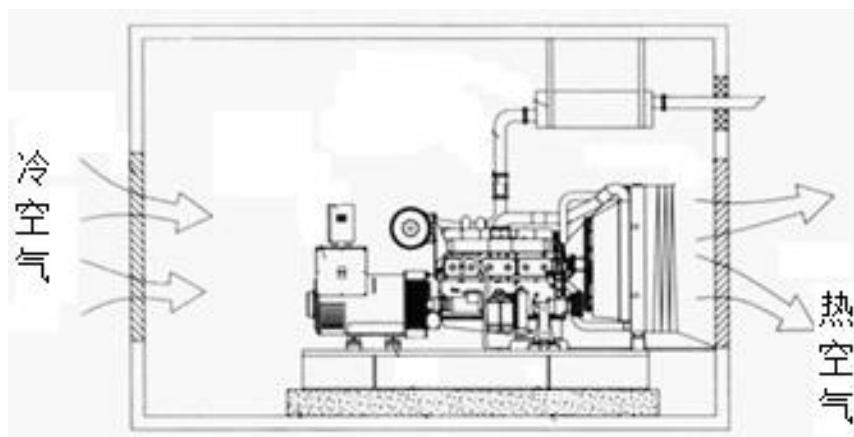


图 7-1 发电机组静音箱

7.5 沙漠用发动机

沙漠的环境温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ ，适应海拔高度 $0\sim 3200\text{m}$ ，并且高粉尘、风沙。在该环境下运行的发动机重点工作在于优化进气系统、冷却系统等，一般采用沙漠型空滤系统、温度适应性技术措施等对发动机进行保护。

7.6 负载加载特殊应用

对于不同项目、不同供电容量的应用，发电机选择的功率肯定有所不同。发电机的目的就是用来加载负载的，首先按负载大小来确定，其次如果负载多为电机的话，要考虑启动电流大小，硬启动电流是几倍则功率要乘以相应倍数。还有是负载多为非线性负载的话，通常的作法是选择永磁励磁机(PMG)发电机组。

发电机组一般一次性加载不便于超过 60%，过大的突加负载会造成发电机和发动机扭矩冲击过大，同时对电球电压波动过大。以负载为 50kW 电动机发电机选型为例，电动机直接启动时电流为 7 倍左右，首先得满足发电机组 $>7\times$ 电动机功率，最好选用 350kW 左右发电机组（其它启动方式计算方法同上——只将启动倍数更改即可）。

参考 GB/T2820.5 负载加载推荐指导值，电站发动机首次突加负载功率如表 7-1 所示。

表 7-1 首次加载参考值

型号	SC4H95D2	SC4H115D2	SC4H160D2	SC4H180D2	SC7H230D2
首次突加负载功率 kW	45	45	50	50	70
型号	SC7H250D2	SC8D220D2	SC8D250D2	SC8D280D2	SC9D310D2
首次突加负载功率 kW	70	85	85	85	95
型号	SC9D340D2	SC12E460D2	SC13G280D2	SC13G310D2	SC13G355D2

首次突加负载功率 kW	95	125	135	135	135
型号	SC13G420D2	SC15G500D2	SC25G610D2	SC25G690D2	SC27G755D2
首次突加负载功率 kW	135	150	265	265	285
型号	SC27G830D2	SC27G900D2	SC33W990D2	SC33W1150D2	
首次突加负载功率 kW	285	335	355	355	

注：用户在特殊负载加载应用时，请先与配套工程师沟通，以防出现加载时发动机性能恶化、机组电压、频率及稳定时间等性能指标的超差现象。

第八章 典型故障案例

SC系列电站发动机都配套SAE标准的飞轮和飞轮壳，与电机连接的高强度螺丝应该涂上密封胶水以防止振动变松，并且根据不同型号机型的许用间隙进行调整。发动机、电机底脚须增加合理的减震垫进行固定，以防振动的传递导致发动机及机组可靠性下降。

通过以下案例进一步说明发电机组配套安装匹配的重要性，建议首次配套、特殊用途等配套过程中，及时与配套工程师联系沟通，减少发动机的非正常故障，保证用户的使用可靠性。

案例一：

某工地采用SC系列电站发动机配套发电机组作为供电系统电源，配套排气系统消音器排气口垂直向上未做防护，导致雨水天气使用时排气系统雨水沉积，排气背压增大，增压器及排气管发红，发动机性能指标恶化，发电机组功率不足，无法正常使用，如图8-1所示。



图 8-1 排气系统布置不合理

案例二：

某项目采用SC系列电站发动机配套发电机组作为备用电源，用户自行配套散热器及中冷器，由于管路布置不合理、中冷器阻力过大，导致进出气压损过大，发动机进气不足，增压器及排气管发红，发动机性能指标恶化，发电机组功率不足，无法正常使用，如图8-2所示。



图 8-2 中冷器阻力过大

案例三：

某用户采用SC系列电站发动机型号SC7H230D2（标定功率154kW）配套常用150kW发电机组，SC8D280D2（最大功率204kW）配套备用200kW发电机组，导致功率不足，电压、频率不稳定，影响机组正常使用，如图8-3所示。



图 8-3 电机功率选择不合理

案例四：

某用户采用SC系列电站发动机型号SC12E460D2配套发电机组，自行采购散热器，开机带载5分钟后出现水温高报警并停机，无法正常使用。经现场排查，由于除气管布置不合理，冷却系统内存在大量空气，导致短时间内水温快速升高，如图8-4所示。

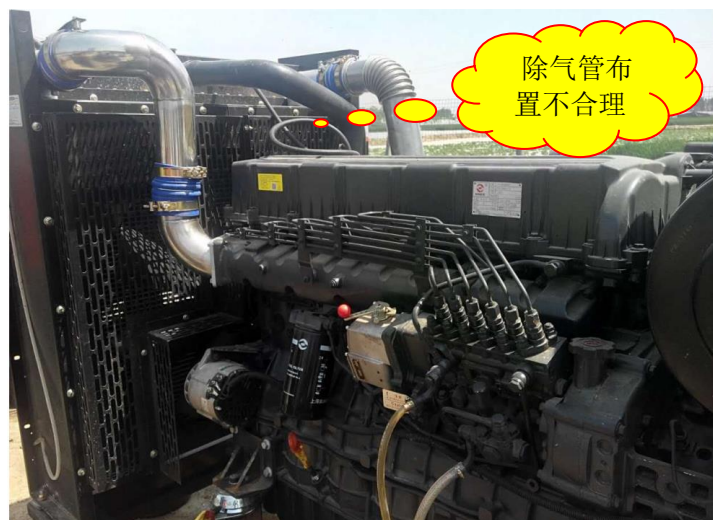


图 8-4 除气管布置不合理

SC系列电站发动机出厂前均经过严格测试，建议发电机组用户依据发动机功率合理选择配套发电机功率、散热器型号等零部件，同时对散热器/中冷器的管路、进/排气管路合理布置，杜绝由于外围零部件的不合理导致的发动机性能指标恶化、可靠性下降的现象，选型时可与配套工程师进行沟通，并可视情况需要安排发电机组检测评定工作，以解决使用前后的各类问题。

附录一 静态安装评定表

序号	评定项目及要求	实际评定记录	评定结论 (是否满足要求)
1	支撑系统		
1.1	发电机设置辅助支撑,且装配时适当调整以避免装配应力	请判定:合适()不合适()	
1.2	发动机支撑形式(建议4点为宜)	请判定:合适()不合适()	
2	进气系统		
2.1	空滤器安装位置	请判定:合适()不合适()	
2.2	空滤器取气口面积	请判定:合适()不合适()	
2.3	确保可能进入进气系统中的雨水不会进入发动机。	请判定:是()否()	
2.4	进气系统各管联结和固定应支承可靠	请判定:可靠()不可靠()	
2.5	进气口的定位不应使发动机舱成为发动机进气源	请判定:合适()不合适()	
2.6	进气口的位置应远离尘土和碎屑源	请判定:是()否()	
2.7	进气管的布置应远离热源(例如排气管和/或者消声器),以减少不需要的进气加热	请判定:是()否()	
2.8	所有进气管和软管材料应满足:发动机在其正常工作压力下将不会变形或者毁坏。	请判定:是()否()	
3	排气系统		
3.1	外接长排气管应有辅助支撑	请描述:有()无()	
3.2	消声器的安装支架不与其他管路干涉且固定可靠	请判定:合适()不合适()	
3.3	消声器与发动机出水胶管等之间有防护或防护距离	请描述:有()无()	
3.4	若安装了附加的排气部件,涡轮增压器涡轮出口法兰处不应承受过大弯矩	请判定:可靠()不可靠()	
3.5	硬连接到发动机和机组底盘上的排气管,在管路中的某处应有柔性部分以便补偿发动机的运动和热变形	请描述:有()无()	
3.6	排气管路和增压器涡轮壳体等高温零件与机组其它敏感部件有合适防护距离,必要时应增加隔热装置	请判定:是()否()	
4	冷却系统		
4.1	冷却系统闭式循环必须有膨胀水箱,需有高低液位指示且该储备空间容积大于系统容积11%,低液位面至底面不小于35mm	请描述:有()无()	
4.2	膨胀水箱中的膨胀空间容积应大于冷却水总容积的6%	请判定:是()否()	
4.3	安装膨胀水箱位置时,它的底平面至少应高出发动机水道顶部或散热器上水室顶部高点50mm,如空间许可下建议高出200~300mm以上。	请判定:合适()不合适()	
4.4	水箱除气管、发动机除气管: $\phi 6 \leq \text{通径} \leq \phi 12$,布置通气管必须连续上升,不许呈马鞍形或打圈	请判定:合适()不合适()	
4.5	膨胀水箱补液管: $\phi 16 \leq \text{通径} \leq \phi 30$,布置补液管必须连续下降,不许呈马鞍形或打圈	请判定:合适()不合适()	
4.6	压力盖蒸汽阀开启压力建议 >50 kPa	请判定:合适()不合适()	
4.7	压力盖真空阀开启压力建议 $-1 \sim -4$ kPa	请判定:合适()不合适()	
4.8	安装使用风扇类型(普通、硅油离合器或电子)	请描述:	
4.9	风扇安装方式(吹风或吸风)	请描述:	
4.10	风扇叶尖线速度建议不大于85m/s(对应发动机标定工况)	请判定:合适()不合适()	

4.11	风扇叶前边缘距散热器芯子距离 L1 建议 L1=50~150mm	请描述:	
4.12	风扇叶尖距导风罩径向间隙 $A \leq 2.5\%D$, 风扇与导风罩的同轴度应小于 3mm	请判定: 合适 () 不合适 ()	
4.13	风扇叶尖距导风罩轴向尺寸 C: $C=1/3B$ (增压); $C=1/2B$ (增压中冷) (B—风扇叶尖侧向投影宽度)	请判定: 合适 () 不合适 ()	
4.14	机罩的通风情况	请判定: 合适 () 不合适 ()	
4.15	水泵进水管连接及固定	请判定: 可靠 () 不可靠 ()	
4.16	风扇与导风罩应对中 (机组安装时应调整)	请描述: 合适 () 不合适 ()	
4.17	风扇不应该碰到护网	请描述: 合适 () 不合适 ()	
4.18	最近的障碍物 (不指护风罩) 与风扇之间的距离应大于 15mm	请描述: 合适 () 不合适 ()	
4.19	水温表量程最低和最高温度值合理设置	请描述: 合适 () 不合适 ()	
4.20	热空气回风应有预防措施	请描述: 有 () 无 ()	
4.21	中冷器和散热器之间周边应有密封措施	请描述: 有 () 无 ()	
5	燃油系统		
5.1	油门开度: 1. 机械泵: 机组控制模块油门到底时, 发动机调速器手柄必须碰到油量限位螺钉, 2. 电控电子油门最大开度时检测数据显示应为 100%。 (注: 机组不允许超配)	请判定: 合适 () 不合适 ()	
5.2	油泵进出油管连接	请描述: 可靠 () 不可靠 ()	
5.3	停车电磁铁拉杆调整应可吸合到底 (若配套)	请判定: 是 () 否 ()	
5.4	主机厂应配有一只柴油沉淀器	请描述: 是 () 否 ()	
5.5	燃油供油和回油软管的布置应可以避免/防止磨损和由于弯曲造成的卷曲	请描述: 是 () 否 ()	
5.6	燃油供油管路阻力 (规定最小内径值): 对于电控发动机, 供油管路总长在 7m 以内时, 内径不小于 11mm; 总长大于 7m 时, 内径不小于 12mm; 对于机械泵发动机, 供油管路内径一般不小于 10mm, 油管较短的也不允许小于 8mm	请描述: 是 () 否 ()	
6	润滑系统		
6.1	应有机油压力表或机油压力显示	请描述: 是 () 否 ()	
6.2	机油压力报警方式及压力设置值应合适	请判定: 合适 () 不合适 ()	
7	电器系统		
7.1	电瓶线总电阻: 按电瓶国标要求 起动导线电阻 (为减少电压降, 规定导线规格): 功率 启动电机电源线截面积 电磁开关控制线截面积 5 kW 50~60 mm ² ≥10 mm ² 7.5kW 85~100 mm ² ≥16 mm ²	请描述: 是 () 否 ()	
7.2	继电器安装	请描述: 合适 () 不合适 ()	
7.3	发电机接线	请判定: 正确 () 不正确 ()	
7.4	电瓶应固定可靠	请判定: 可靠 () 不可靠 ()	
7.5	电瓶电极不应有短路可能	请描述: 合适 () 不合适 ()	
7.6	电磁铁与调速器上搭子不应该干涉	请描述: 合适 () 不合适 ()	
7.7	启动系统中继电器、保险丝的塑料外壳应远离排气管	请描述: 是 () 否 ()	
7.8	所有的导线和电缆都正确布线、支撑以及没有摩擦点 (以便防止紧缩、磨损、裂口延伸、老化等)	请描述: 是 () 否 ()	
7.9	在蓄电池正极和所有无保险丝或者非保护性线路之间应有一个主断开开关	请描述: 是 () 否 ()	

7.10	蓄电池容量	请描述：合适（ ）不合适（ ）	
7.11	线束套应使用柔性盘管形材料和编织材料	请描述：是（ ）否（ ）	
7.12	线束应该都远离所有锐利物或有隔离措施	请描述：是（ ）否（ ）	
7.13	针对电控共轨发动机，需要做电器功能检查，按专门的检查表开展，并编制提交专题报告。	针对电控共轨发动机的要求。	
7.14	启动电机、发电机应负极接地且包括电瓶需安装接线端子保护套	请描述：是（ ）否（ ）	
8	动力传动		
8.1	发电机组安装后，应保证发动机曲轴轴向留有间隙	请描述：有（ ）无（ ）	
8.2	发电机组安装后，匹配发电机组功率	请描述：	
9	附件系统		
9.1	发动机通气管应通畅	请描述：是（ ）否（ ）	
9.2	电子调速控制器安装位置	请判定：合适（ ）不合适（ ）	
9.3	电子调速转速传感器距飞轮齿圈齿顶间隙约 0.45mm	请判定：合适（ ）不合适（ ）	
10	维护保养可接近性	静音箱、底盘及各种门、盖板等的设计应方便对发动机的保养和维修	
10.1	启动电机拆装应比较方便	请描述：是（ ）否（ ）	
10.2	油底壳放油应比较方便	请描述：是（ ）否（ ）	
10.3	发动机加机油应比较方便	请描述：是（ ）否（ ）	
10.4	空气滤清器的位置便于直接拆卸和插入滤清器滤芯，而不会接触到任何污垢或者锐利的障碍物	请描述：是（ ）否（ ）	
10.5	进气阻力表、报警灯、声音报警器和/或者滤清器指示装置的安装位置应能让操作员在操作和/或者日常保养维护期间看到或者听到	请描述：是（ ）否（ ）	
10.6	油尺应较容易接近而无需使用工具	请描述：是（ ）否（ ）	
10.7	燃油预滤器应安装在容易看见的位置	请描述：是（ ）否（ ）	
10.8	皮带张紧轮调整应比较方便	请描述：是（ ）否（ ）	
11	发电机组自配线束、管路及支架等	指发电机组与发动机相关	
11.1	发电机组自配线束应该都远离所有高温零部件或有隔热措施	请描述：是（ ）否（ ）	
11.2	发电机组自配线束应该都远离所有锐利物及旋转件	请描述：是（ ）否（ ）	
11.3	发电机组自配管路应该都远离所有高温零部件或有隔热措施？	请描述：是（ ）否（ ）	
11.4	发电机组自配管路应该（如大于 500mm）是否都有固定支架？	请描述：是（ ）否（ ）	

附录二 动态检测评定表

序号	测试评定项目及参数	技术要求	实际检测数据及记算	检测结论 (是否满足要求)
1	支撑系统			
1.1	振动频率和振动加速度等(只有在反映振动过大时由总师办试验技术室测量及分析)	和柴油机自振频率相比,检查模块或仪表显示清晰度,以此判断抖动情况		
2	进气系统			
2.1	进气系统阻力	不大于 4kPa(测点布置增压器压气机进口前(直管段))		
2.2	中冷器进出气口的压力差	不大于 15kPa		
2.3	空滤器进增压器前进气温度	满足最大推荐匹配功率时,不大于 40℃		
2.4	中冷器出口温度	和环境温度比,相差不大于 25℃		
2.5	中冷器进口空气温度	记录实测值(在直管等管径处测)		
2.6	中冷器进口压力	记录实测值(在直管等管径处测)		
2.7	中冷器出口压力	记录实测值(在直管等管径处测)		
3	排气系统			
3.1	排气系统阻力	不大于 10 kPa (在涡轮出口处测量)		
4	冷却系统			
4.1	冷却液加注所需时间(可选,无特殊要求可忽略)	以 16L/min 的流速对水箱加注冷却液 5min 之内加满		
4.2	冷却系除气所需时间(可选,无特殊要求可忽略)	25min 之内除尽气泡(加水后接着做发动机的高怠速除气)		
4.3	允许的最高适应环境温度 (环境温度建议 35℃以上测试)	102℃ - 出水温度 + 环境温度 \geq 45℃		
4.4	环境温度	记录实测值(测点,避阳光直射,避发动机辐射热影响)		
4.5	柴油机出水温度	记录实测值(恒温器前测量)		
4.6	柴油机进水温度	记录实测值(水泵进水口测量)		
4.7	柴油机进出水温差	不大于 8° C		
4.8	进水箱冷却空气温度	记录实测值(在进排气两侧各测一点)		
4.9	出水箱冷却空气温度	记录实测值(在进排气两侧各测一点)		
4.10	水泵进水压力(可选)	不许出现持续时间负压(柴油机最高空车转速运转到出水温度 80° C,在直管等管径处测)		
4.11	柴油机出水压力(可选)	实测值(在恒温器后直管等管径处测)		