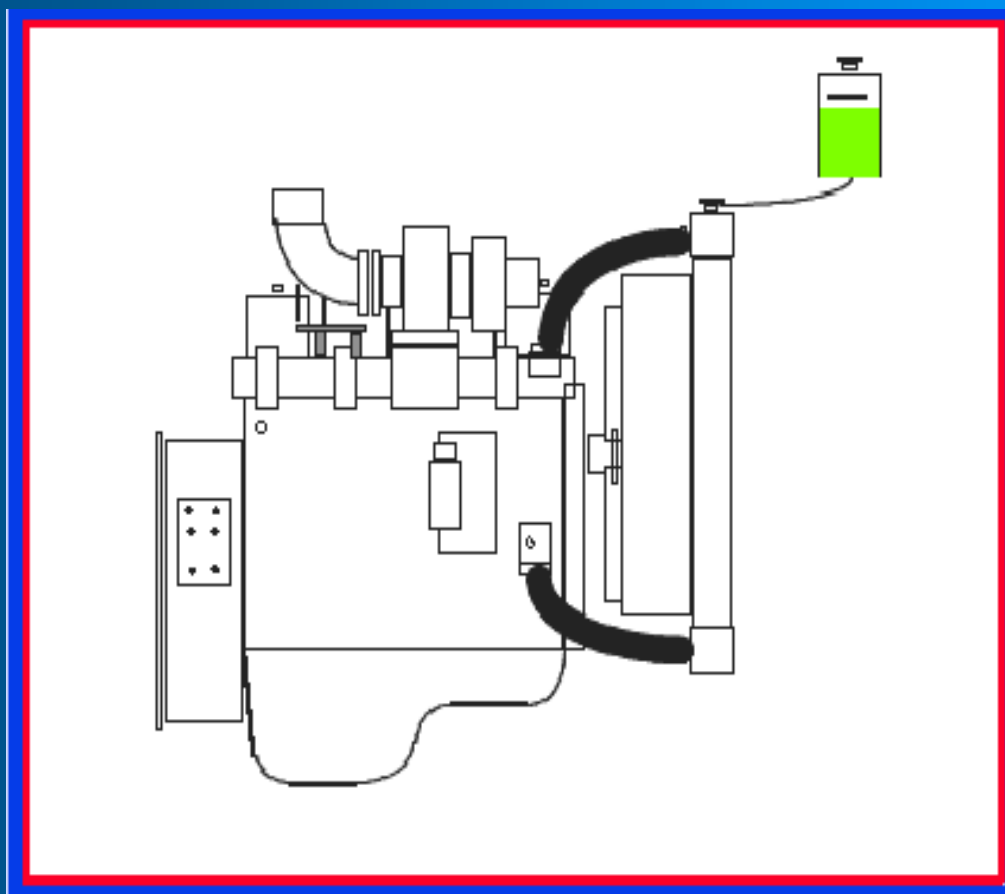


康明斯发动机应用工程培训

COOLING SYSTEM

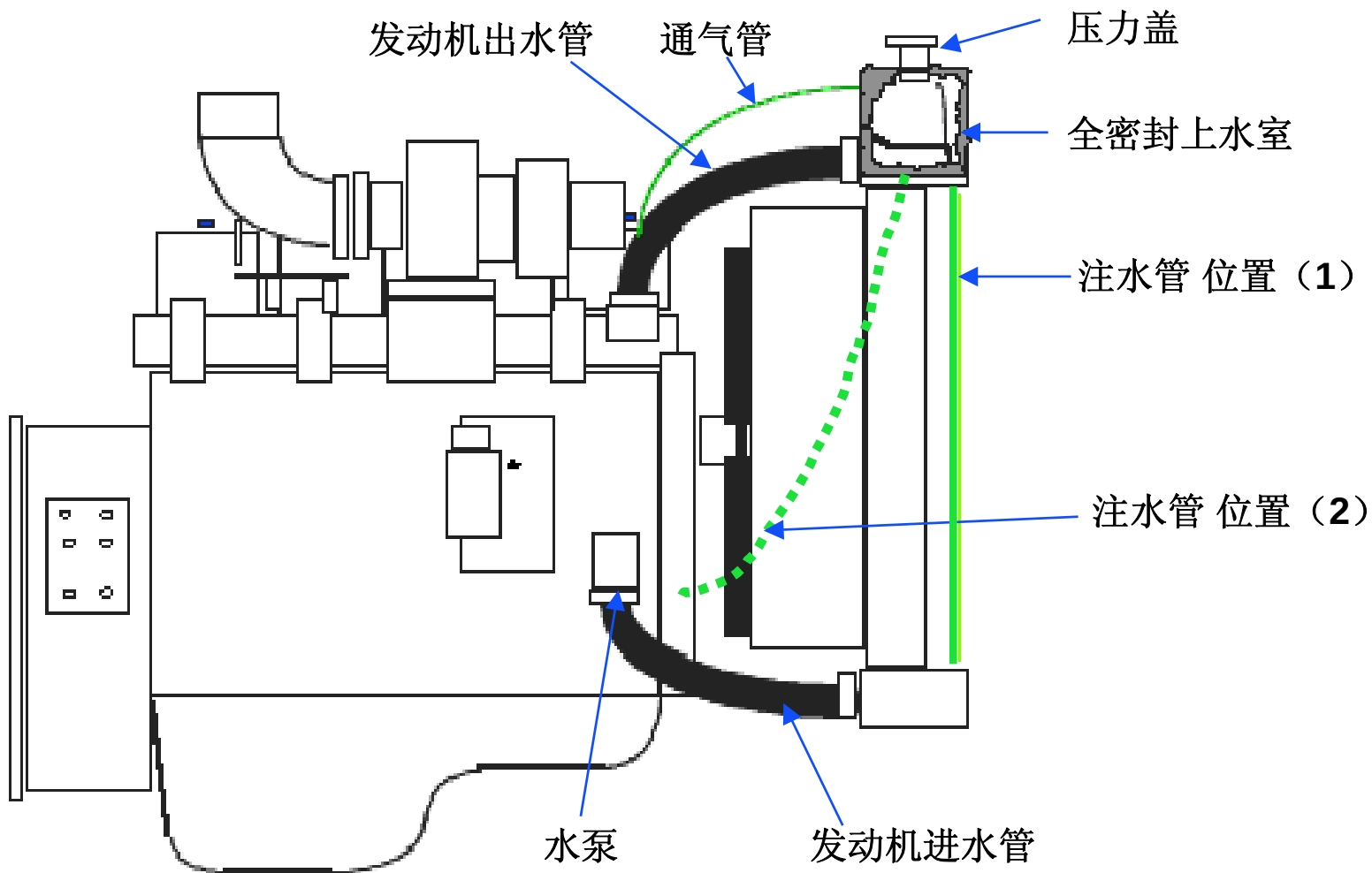
冷却系统





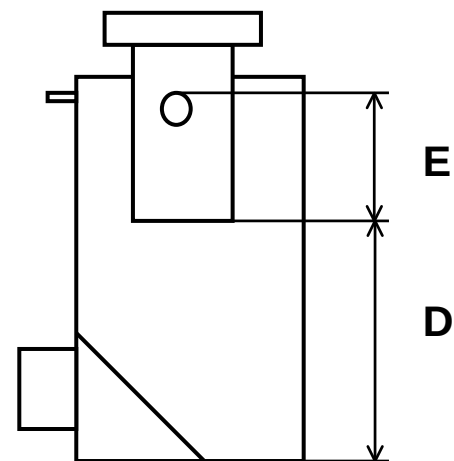
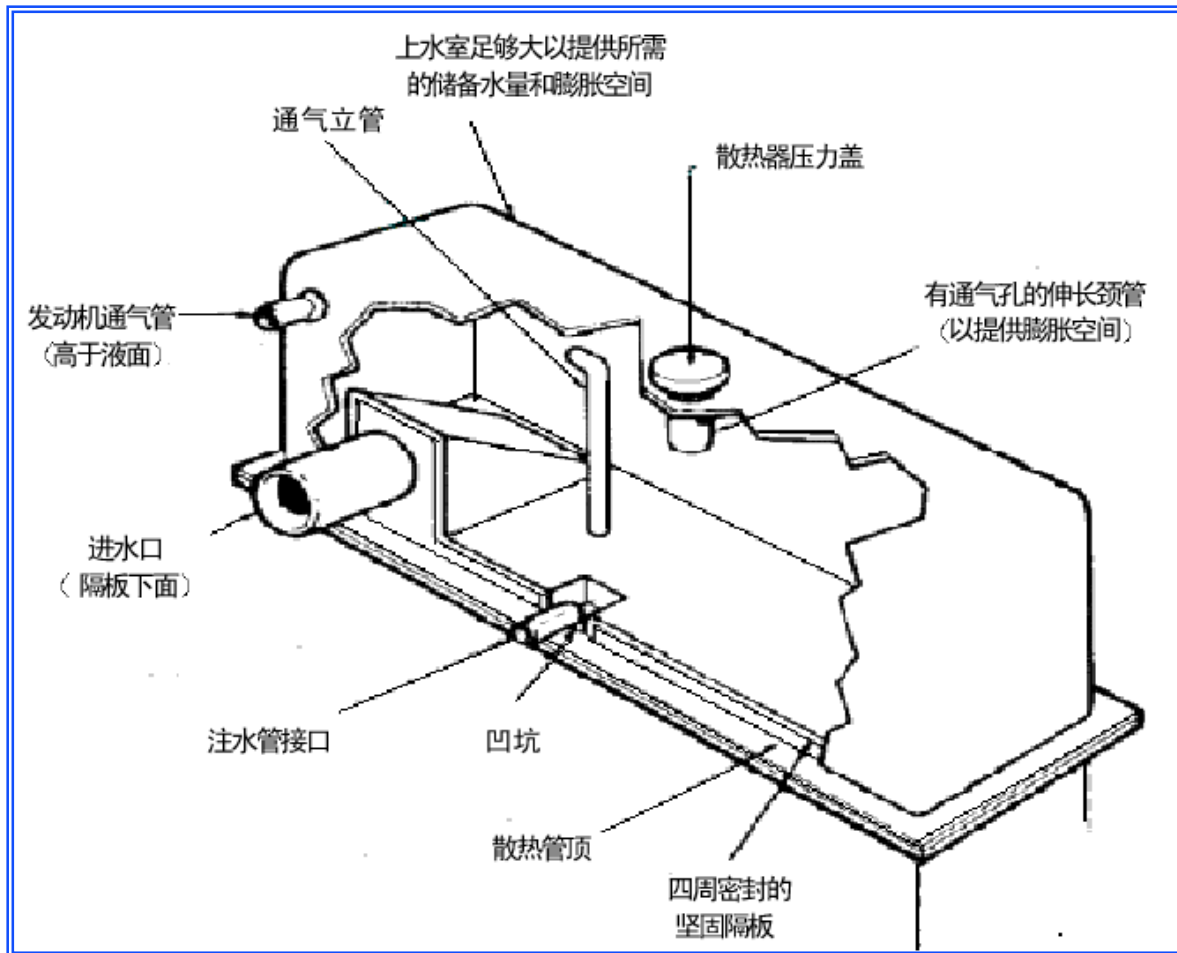
Cooling System 冷却系统

除气式冷却系统介绍——全密封上水室系统（图1）



Cooling System 冷却系统

除气式冷却系统介绍——全密封上水室（图2）



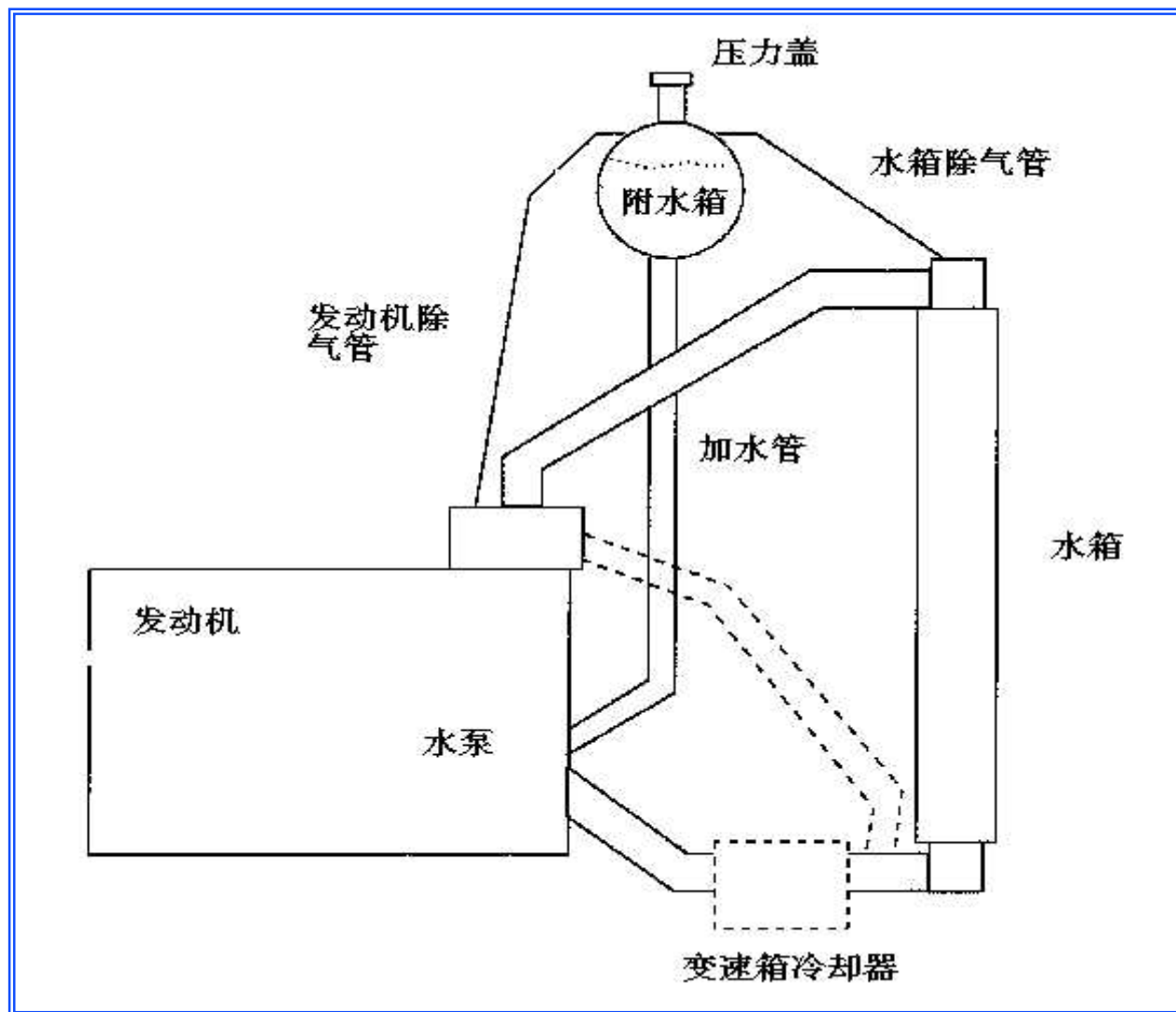
E: 膨胀空间 至少**6%**

D: 储备水量 至少**11%**



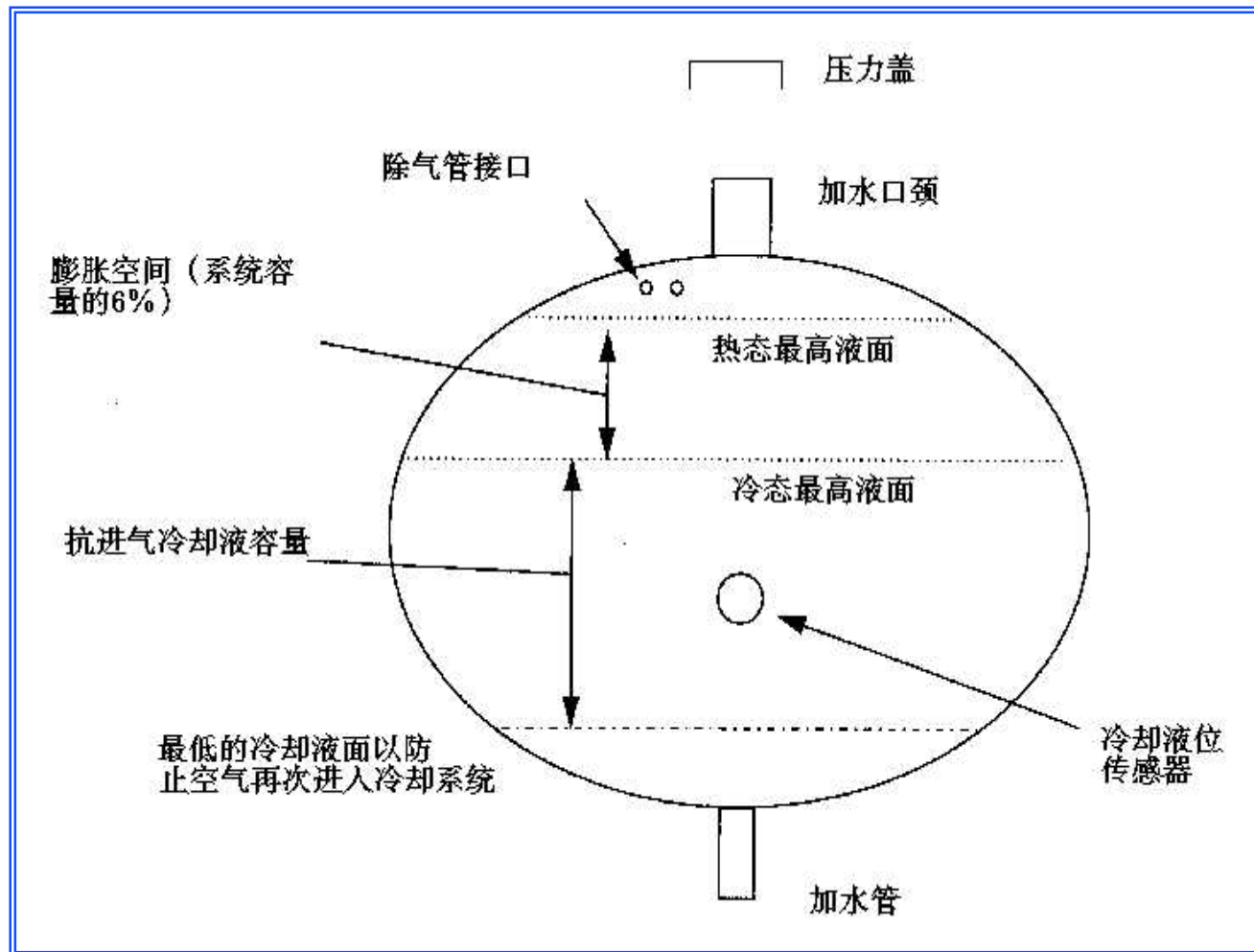
Cooling System 冷却系统

除气式冷却系统介绍——副水箱式系统（图3）



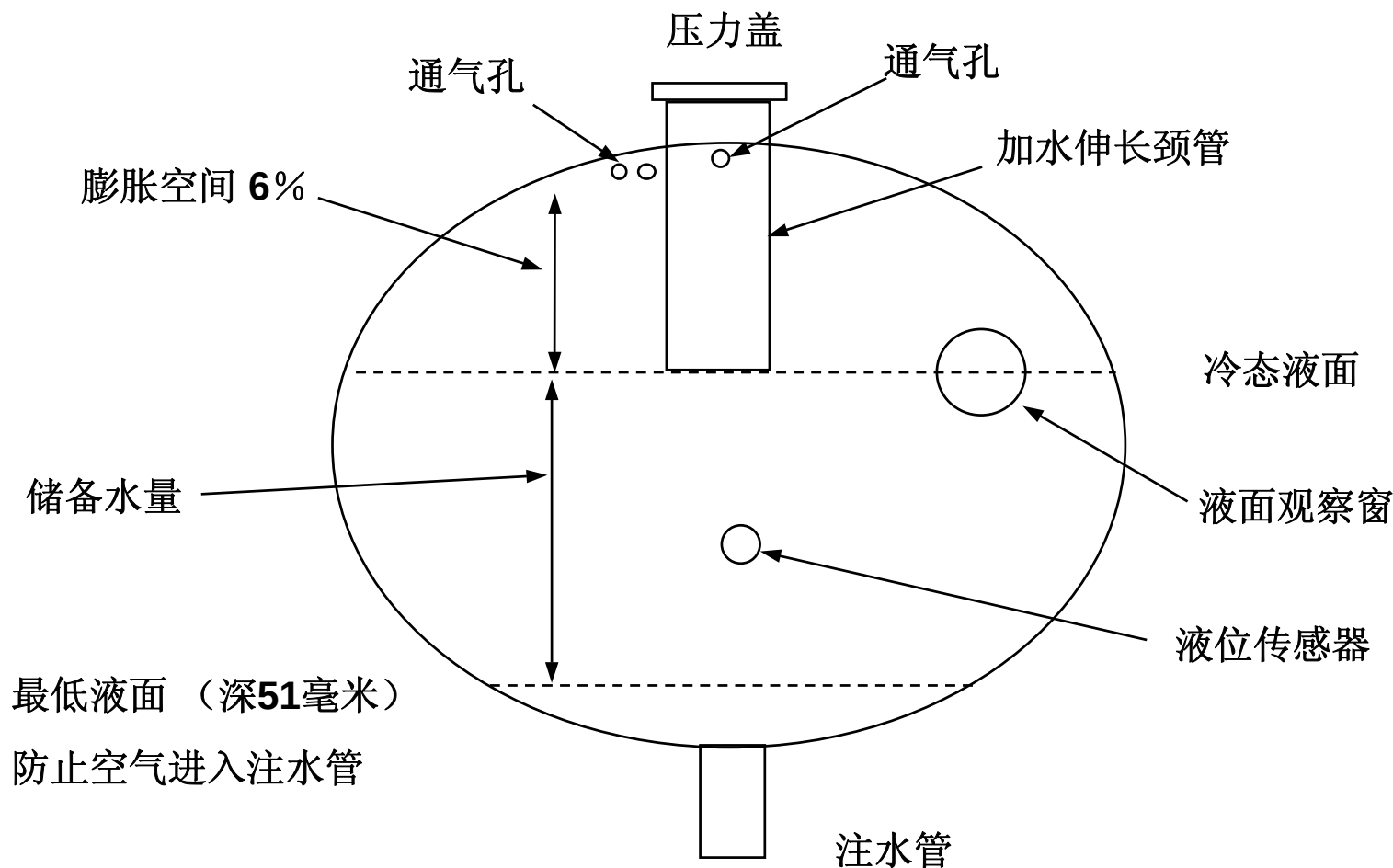
Cooling System 冷却系统

除气式冷却系统介绍 —— 透明副水箱 (图4)



Cooling System 冷却系统

除气式冷却系统介绍 —— 不透明副水箱（图5）





Cooling System 冷却系统

除气式冷却系统的原理

康明斯要求使用除气式冷却系统

图1为全密封上水室式除气系统，结构紧凑，一般用于工程机械。图2为全密封式上水室结构，上水室和下面的散热器之间由隔板完全隔离，仅通过立管连通。上水室顶部有与发动机相连的通气管，底部有与水泵入口相连的注水管。上水室加水口向下延伸，以提供膨胀空间。加水口脖径靠上位置有一个小孔，供排气用。要求使用压力水箱盖。加水时，防冻液经上水室流到注水管，然后从水箱底部进入水箱，从水泵入水口进入发动机，水箱和发动机中的空气分别通过上水室立管和发动机通气管排到上水室。在发动机运转过程中，由于循环水并不经过上水室，所以不会将上水室中的空气带入冷却水，同时，通过立管和发动机通气管，不断将冷却系统中的空气除去。汽车和一些工程机械也可以使用副水箱结构，参见图3、图4、图5。同上水室系统完全一样，只是上水室变成了副水箱，副水箱位置必须高于水箱。



Cooling System 冷却系统

除气式冷却系统的优点

- 1、发动机启动后，能迅速除去冷却系统中的空气，减少空气对发动机水套、水箱的腐蚀，提高发动机和水箱的使用寿命；
- 2、由于除气系统能保证冷却系统中没有空气，提高冷却液的热交换能力，从而提高冷却系统的散热能力；
- 3、由于冷却系统中没有空气，能有效减少缸套的穴蚀，提高发动机的寿命。



Cooling System 冷却系统

Requirements 基本安装要求

◆ 极限使用环境温度—LAT (Limited Ambient Temp.)

应 用		轻 载	中 载	重 载
公路车辆		38	41	46
工程机械：	正常气温地区	35	41	46
	高温地区	41	46	52
负荷系数 %		<40	40-70	>70

◆ 加注要求 Fill - In

加注速度： **5gpm (19L/m)**，且最长加注时 间小于技术
参数表上的规定值。

一次加满率：总容积的 **90 %**以上。



Cooling System 冷却系统

Requirements 基本安装要求

- ◆ 一次未加满率 - **VNIF(Volume of Not Initial Filled)**
同一次加满率相反，必须小于**10%**。

- ◆ **除气 - Deaeration**

发动机起动后 **25** 分钟内应除尽初次加注时积存在冷却系中的空气。

- ◆ **储备水量（抗进气水量） Drawdown**

当冷却液泄漏到空气开始进入冷却系统时的泄漏水量。必须至少比初次未加注水量要多总容积的**1%**，即应大于总容积的**11%**。有暖风机时应达**20%**

- ◆ **膨胀空间 Expansion Space:**

至少是总容积的 **6%**。



Cooling System 冷却系统

Requirements 基本安装要求

- ◆ **注水管内径:**
 - 19mm -- 水泵流量小于 757L/m**
 - 25 - 38 mm --- 水泵流量大于 757L/m**
- ◆ **通气立管内径: 8 mm**
- ◆ **发动机与散热器通气管:** 应连续上行, 不能下垂和有下弯段。
不允许与其它水管T形连接。
 - 5mm ---- 排量 10L 以下的发动机**
 - 5 — 8mm ---- 排量大于 10L 的发动机**
- ◆ **加水伸长颈管上的通气孔内径: 3.2 - 4.8 mm**
- ◆ **发动机与散热器间的进出水管直径应大于发动机上的相应接口的直径。**



Cooling System 冷却系统

Engine Datasheet 发动机技术参数表

应用工程培训

COOLING SYSTEM

Coolant Capacity - Engine Only.....	— litre (U.S. gal.)	9.8	(2.6)
Maximum Engine Cooling Circuit External Resistance	— kPa (psi)	34	(5)
Minimum Pump Inlet Pressure with Open Thermostat and no Pressure Cap	— mm Hg (in. Hg)	See AEB 90.24	
Maximum Static Head of Coolant Above Engine Crankshaft Centerline	— m (ft.)	TBD	
Standard (modulating) Thermostat Range.....	— °C (°F)	79 - 91(175 - 195)	
Maximum Block Coolant Pressure with Closed Thermostat and no Pressure Cap	— kPa (psi)	276	(40)
Minimum Pressure Cap	— kPa (psi)	50	(7)
Maximum Engine Coolant Temperature at Engine Outlet	— °C (°F)	98.9	(212)
Maximum Engine Coolant Temperature for Engine Protection Devices	— °C (°F)	104.4	(220)
Minimum Engine Coolant Temperature	— °C (°F)	79.4	(175)
Minimum Fill Rate	— litre/min. (U.S. gpm)	19	(5)
Maximum Initial Fill Time	— min.	5	
Minimum Coolant Expansion Space	— % of System Capacity	6	
Maximum Deaeration Time	— min.	25	
Minimum Drawdown	— % Of Total System Capability	11%	
(Drawdown Must Exceed the Volume Not Filled at Initial Fill & Must Not Include Expansion Space)			
(2) Maximum External Resistance in Aftercooler Circuit	— kPa (psi)	N/A	
(2) Minimum Coolant Flow Through the Aftercooler Circuit with Open Thermostat	— litre/min. (U.S. gpm)	N/A	
(2) Coolant Temperature at Aftercooler Radiator Inlet at Maximum Engine Coolant Outlet Temperature	— °C (°F)	N/A	
(2) Maximum Water Temperature into the Aftercooler at Maximum Engine Coolant Outlet Temperature	— °C (°F)	N/A	
(1) Maximum Intake Manifold Temperature	— °C (°F)	N/A	
(1) Maximum Intake Manifold-to-Ambient Temperature Differential (IMTD)	— °C (°F)	N/A	
Fan-on Engine Coolant Outlet Temperature	— °C (°F)	93	(200)
Shutter Opening Coolant Outlet Temperature	— °C (°F)	93	(200)
Shutter Opening Intake Manifold Air Temperature	— °C (°F)	N/A	
(1)(2) Shutter Opening Intake Manifold Air Temperature	— °C (°F)	N/A	
(1) Winterfronts Must Not Restrict Air Passage Area Below 120 sq. in. (774 sq. cm)			



Cooling System 冷却系统

冷却液回收罐

2、冷却液回收罐（参见图6）

当使用全密封上水室式除气水箱时，可以选择（不推荐）安装冷却液回收罐，当水温升高水箱内的冷却液膨胀溢出时流入回收罐，当水温降低水箱内的冷却液收缩时，靠负压将回收罐内的冷却液吸回到水箱。

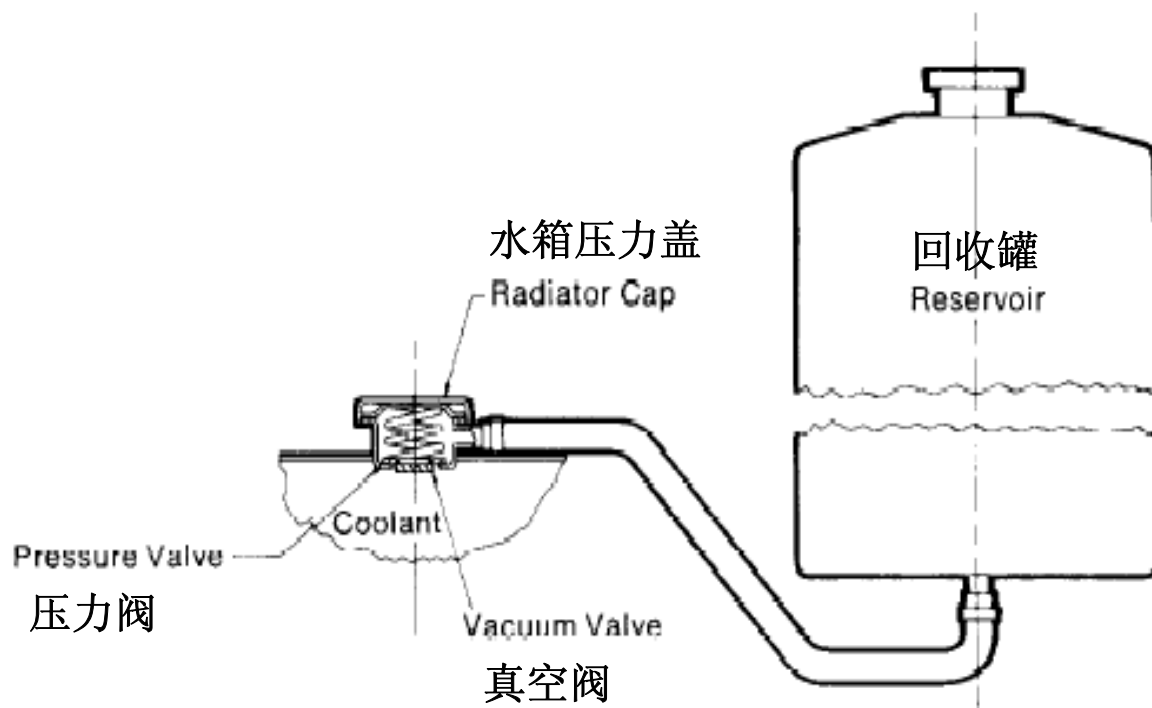
设计注意事项：

- 1、水箱压力盖的结构：水箱压力到**50kpa**时冷却液从水箱流向回收罐，水箱压力低于大气压时冷却液从回收罐流回水箱。
- 2、必须保证水箱和回收罐之间的管路的密封，胶管不会被吸瘪。
- 3、回收罐的容积须大于系统总容积的**8%**，和大气之间有通气孔，必须有冷水和热水时的水位刻度，建议选择透明回收罐。
- 4、同副水箱不同，回收罐的位置可以高于或低于水箱上水室。
- 5、建议在上水室安装透明水位观察窗。
- 6、**检查水位时要同时检查上水室和回收罐的水位并进行补充，防止因管路泄露造成的回收罐水位正常，上水室缺水的假象，不管回收罐高于或低于上水室。**

Cooling System 冷却系统

冷却液回收罐

◆ 图7 - 冷却液回收罐





Cooling System 冷却系统

Guidelines 设计指南

◆ 散热器的选择

(1) 在空间允许的情况下，应选择正面面积大、厚度薄、正方形的散热器芯。因为散热器正面面积大可以匹配直径大、转速低的风扇，从而降低风扇消耗功率和噪音。散热器越厚阻力越大，越容易被灰尘、碎片、毛絮、昆虫堵塞。正方形的散热器可以保证风扇扫气面积最大。

(2) 散热片的最佳密度为**6~10片/英寸**，越密阻力越大，越容易堵塞。

(3) 可以通过计算或测试确定散热器的面积，也可以按下述方法估算：**正面面积 = $2.5\sim 3\text{ ft}^2/100\text{hp}$ ($0.31\sim 0.37\text{m}^2/100\text{kW}$)**。

(4) 水箱散热器应通过减振器固定在车体上，防止水箱受到剧烈振动，防止水箱热胀冷缩时应力过大。

(5) 当水箱散热器和其他散热器串联时，应在散热器之间布置清理通道，以便清理散热器外部的杂物。

(6) 为防止空气再循环降低冷却效果，建议在水箱周围安装隔板



Cooling System 冷却系统

Guidelines 设计指南

◆ 风扇的选择

(1) 吸风和排风风扇：对行走速度较高的设备，当发动机安装在设备前端时，选择吸风风扇可以很好地利用迎面风增强冷却效果；当发动机安装在后端时，一般选择排风风扇。

对于行走速度不高的设备，可以选择吸风风扇，也可以选择排风风扇。一般来说，由于吸风风扇利用温度较低的空气冷却水箱，效率要明显高于排风风扇。

(2) 风扇转速和直径：消耗功率相同的情况下，低速、大风扇的冷却效果和噪声要明显好于高速、小风扇。另外，选择风扇时要注意风扇的叶尖线速度不要超过**4200~5000m/min**。

(3) 风扇到散热器芯的距离：吸风大于**2英寸**，排风大于**4英寸**。

(4) 风扇到发动机的距离：在风扇支撑弯矩（**7NM**）许可的情况下，应尽量远，但风扇垫块厚度一般不允许超过**3英寸**。

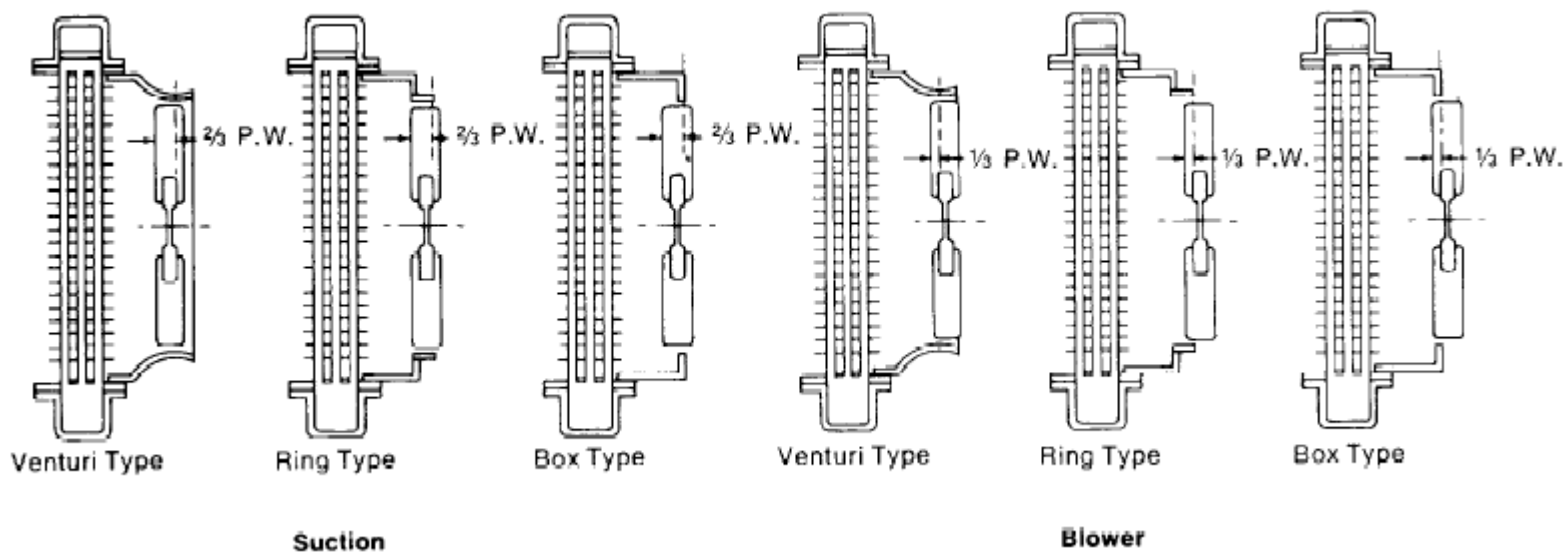
(5) 安装风扇时禁止使用弹性放松垫圈，防止风扇法兰因集中应力损坏。

Cooling System 冷却系统

Guidelines 设计指南

◆ 导风罩的选择

- (1) 常用导风罩有三种：箱式、环式、喉口式，参见下图。
- (2) 导风罩和散热器之间一定要密封。
- (3) 风扇叶尖和导风罩之间的间隙一般为风扇直径的**1.5~2.5%**；
- (4) 风扇在导风罩中位置：吸风，**2/3**在里，排风，**1/3**在里。

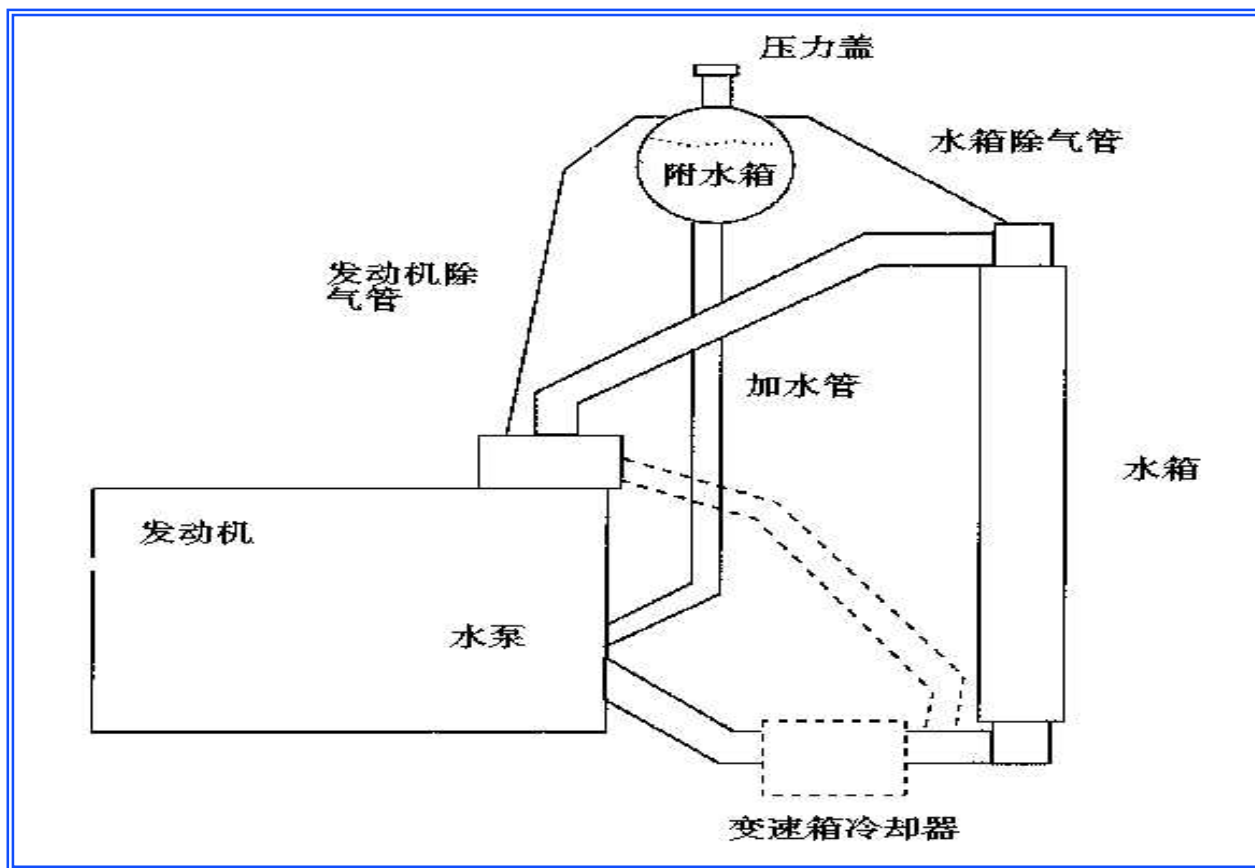


Cooling System 冷却系统

Guidelines 设计指南

◆ 变矩器冷却器

参见下图，要求使用带旁通的节温器。





Cooling System 冷却系统

Guidelines 设计指南

◆ 驾驶室加热器

- (1) 驾驶室加热器供水管和回水管连接位置参见发动机安装图，连接接头参见选件手册；
- (2) 驾驶室加热器必须能承受发动机缸套的水压（见发动机技术参数表，一般为**300kpa**左右）；为安全起见，建议在供水管安装内径**4mm**左右的节流孔；
- (3) 一般只允许在供水管安装节流阀，不允许在回水管安装节流阀；

◆ 水温控制和报警

发动机的正常工作温度为**71~99°C**，由节温器控制。要求安装水温表和报警装置，报警温度参见发动机技术参数表。

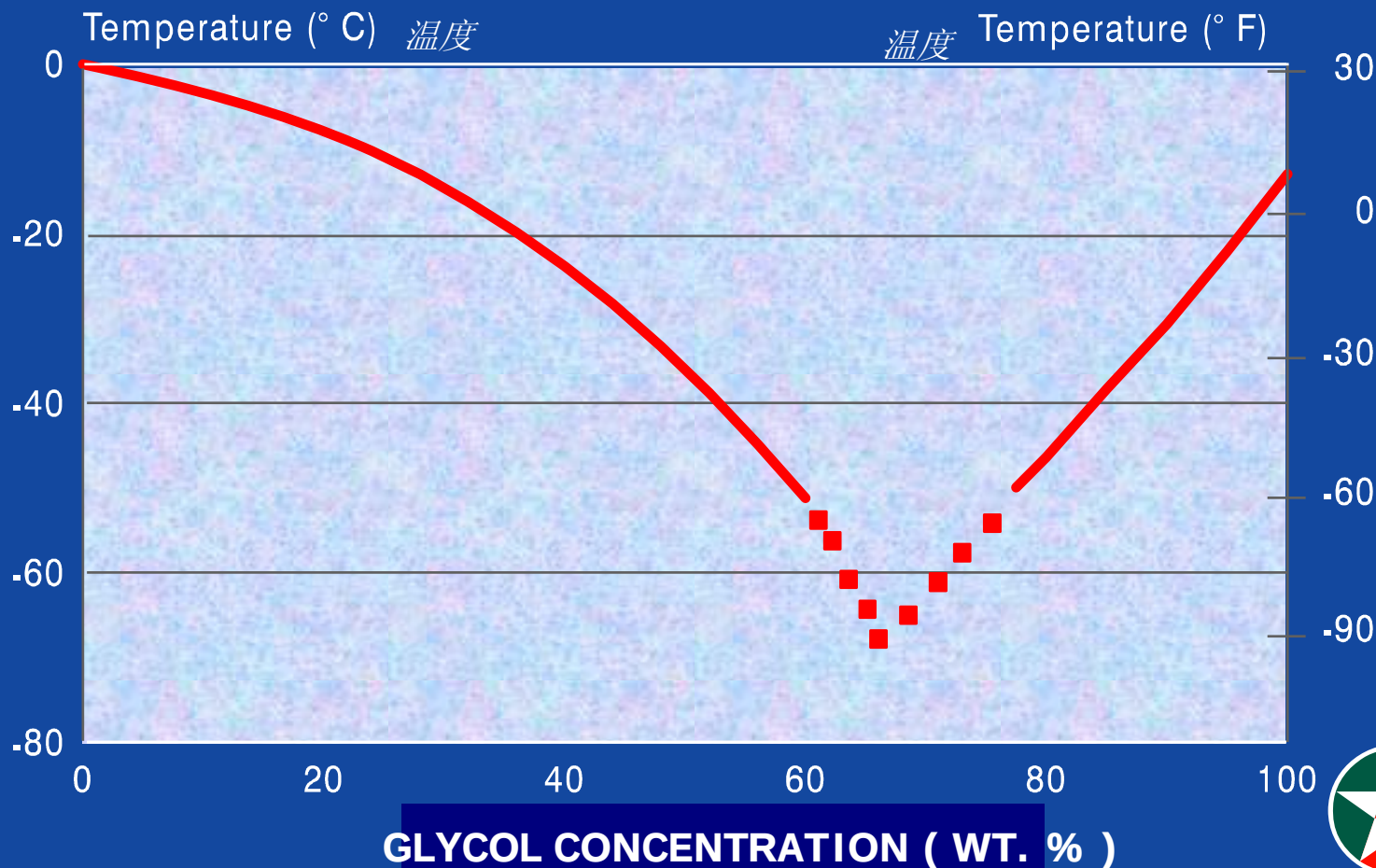


Cooling System 冷却系统

Guidelines 设计指南

- ◆ **防冻液**
- ◆ 康明斯公司推荐在大多数气候条件下使用**50%** 乙烯乙二醇或丙烯乙二醇基的防冻液与**50%** 纯净水的混合液作发动机的冷却液。对使用湿缸套的**C**系列以上的发动机还需要添加规定浓度的防腐蚀剂**DCA4**。某些新型防冻液可以不需要**DCA4**，如加德士公司的**Extended Life Coolant**。
- ◆ 防冻液具有防冻和防沸的双重特性，同时还需具有防腐蚀等功能。
- ◆ 防冻液浓度不能超过**68%**，否则性能会恶化。

FREEZE POINT 凝点

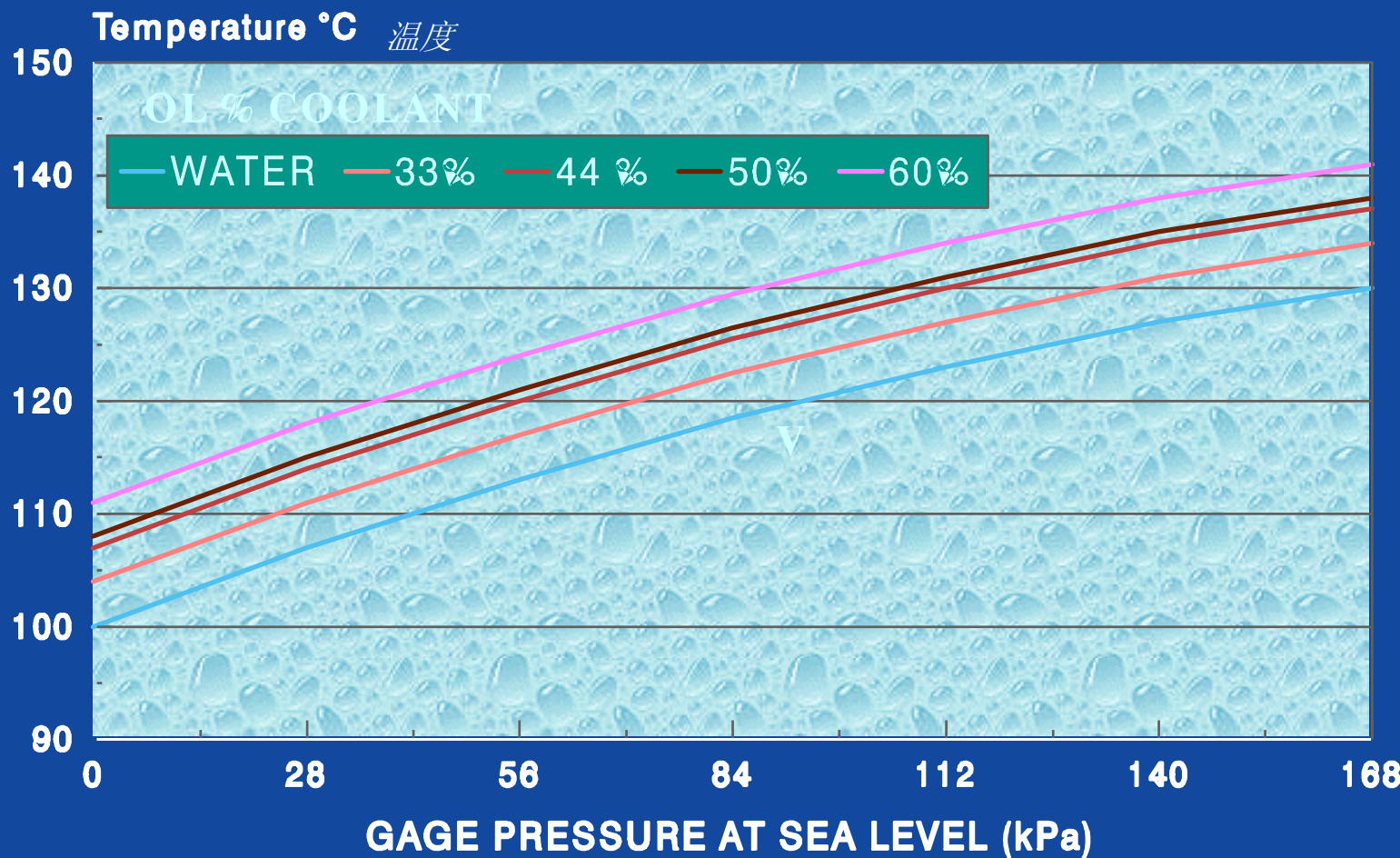


乙二醇浓缩液 (质量百分数, %)



CALTEX

BOILING PROTECTION 沸点保护



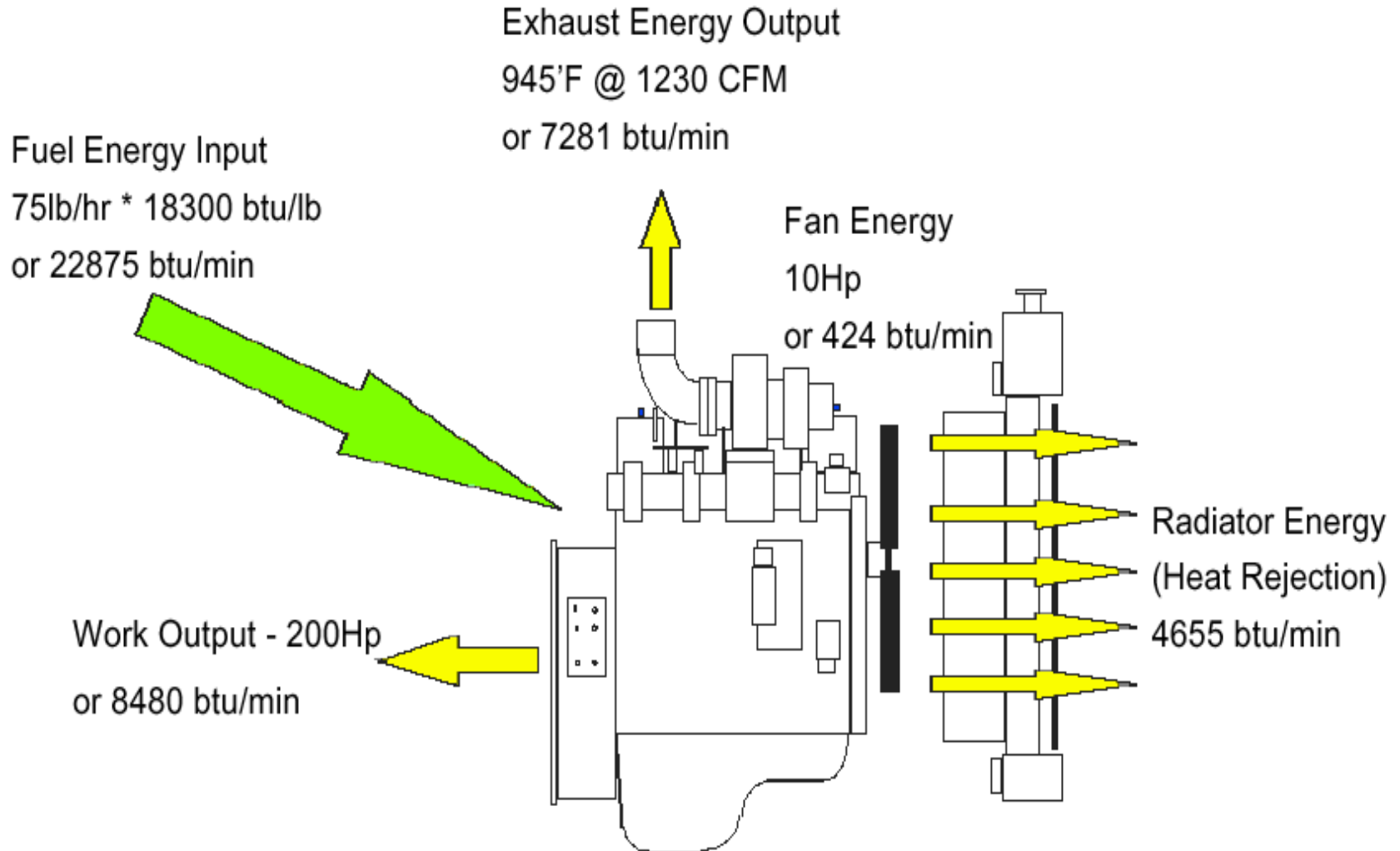
水平線計量計的壓力 (kPa)





Cooling System 冷却系统

Calculation 冷却系统计算--能量分配





Cooling System 冷却系统

Calculation 冷却系统计算--发动机参数表

应用工程培训

从发动机技术参数表查找:

- 1、发动机和风扇转速
- 2、发动机向冷却液的散热量
- 3、水泵流量

Fuel Rating Option used for these Data: FR-90180

Engine Speed	— rpm
Gross Power Output	— kW(bhp)
Torque	— N•m (lb.-ft.)
Intake Manifold Pressure	— mm Hg (in. Hg)
Motoring Friction Horsepower.....	— kW(hp)
(3) Turbocharger Compressor Outlet Pressure....	—mm Hg (in. Hg)
Intake Air Flow	—litre/sec. (cfm)
(3) Intake Air Flow	— kg/min. (lb./min.)
Exhaust Gas Flow	— litre/sec.(cfm)
(3) Turbocharger Compressor Outlet Temperature	— °C (°F)
Exhaust Gas Temperature - Dry Stack.....	— °C (°F)
Heat Rejection to Ambient (Dry Manifold)	— kW (BTU/min.)
(4) Heat Rejection to Coolant (Dry Manifold)	—kW (BTU/min.)
Heat Rejection to Fuel	— kW (BTU/min.)
(4) Engine Coolant Flow	— litre/sec. (U.S. gpm)
@ External Cooling Circuit Resistance	— kPa Δ P(psi Δ P)

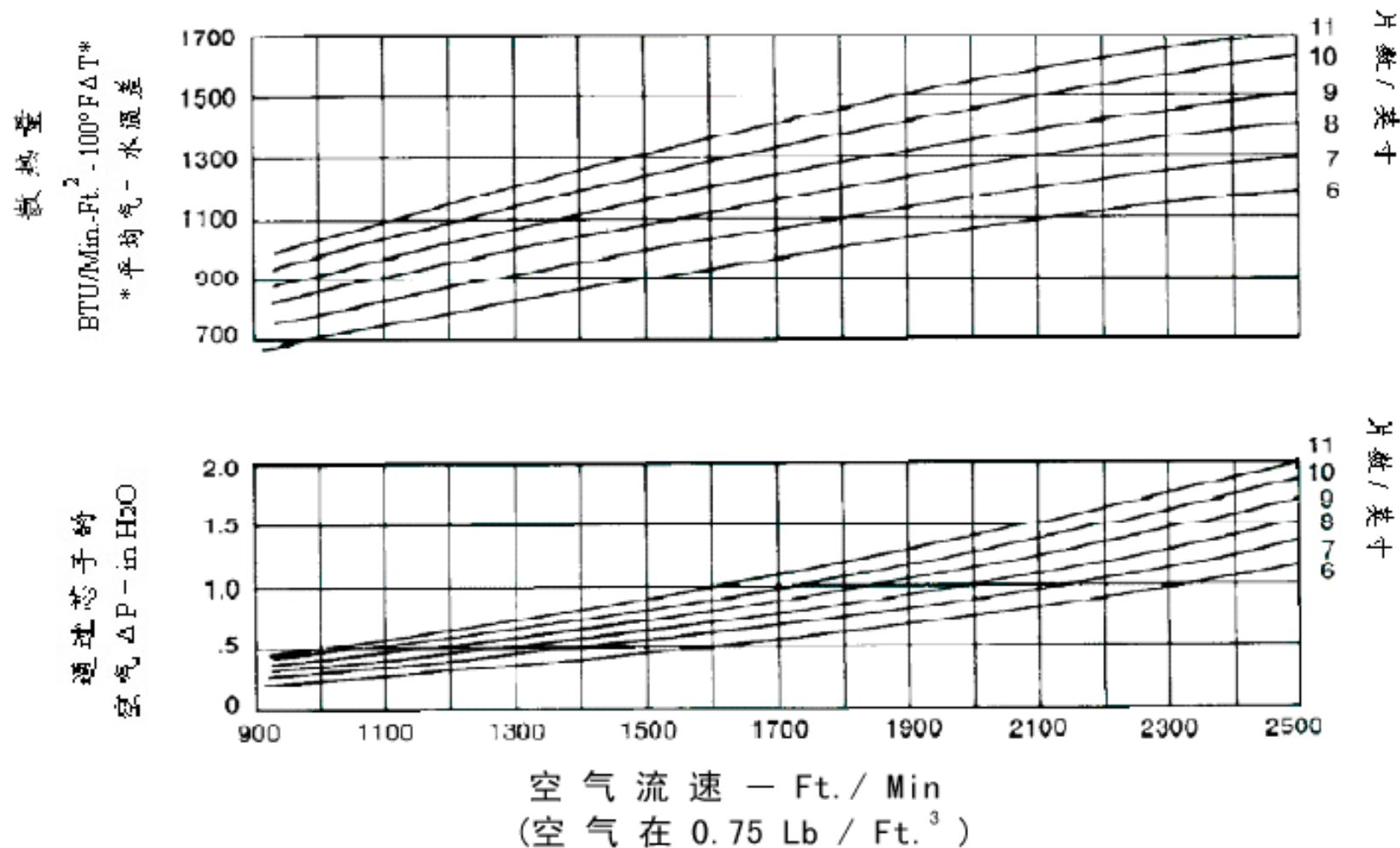
INTERMITTENT		
RATED	MAXIMUM POWER POINT	PEAK TORQUE
2200	2000	1500
194 (260)	205 (275)	176 (236)
842 (621)	979 (722)	1119 (825)
1270 (50)	1300 (51.2)	1118 (44)
TBD	TBD	TBD
N/A	N/A	N/A
311 (660)	293 (622)	201 (425)
N/A	N/A	N/A
906 (1920)	818 (1733)	597 (1265)
N/A	N/A	N/A
496 (950)	562 (1043)	568 (1080)
N/A	N/A	N/A
114.6 (6518)	TBD	92.9 (5282)
TBD	TBD	TBD
5.0 (81)	4.6 (73)	3.4 (55)
34.5 (5)	N/A	17.3 (2.5)



Cooling System 冷却系统

Calculation 冷却系统计算--散热器曲线

请散热器生产厂提供散热器散热量曲线和阻力曲线

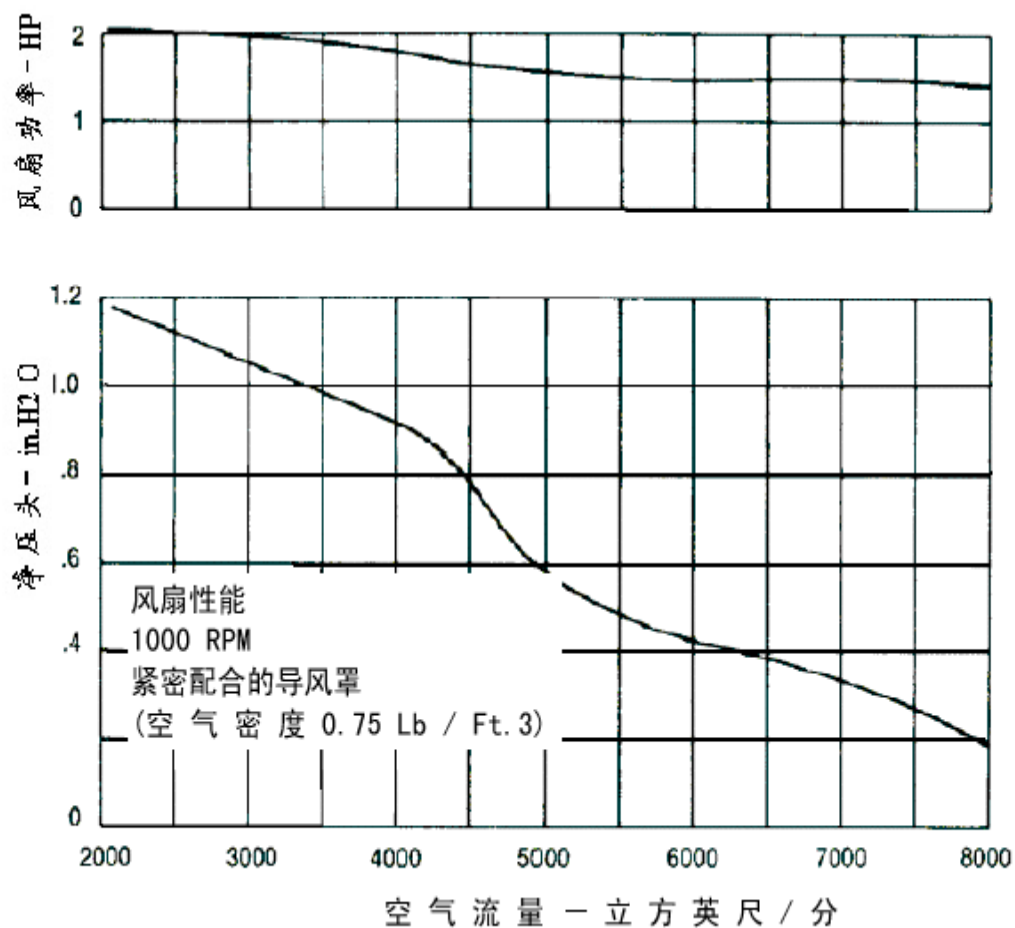




Cooling System 冷却系统

Calculation 冷却系统计算--风扇曲线

典型风扇特性

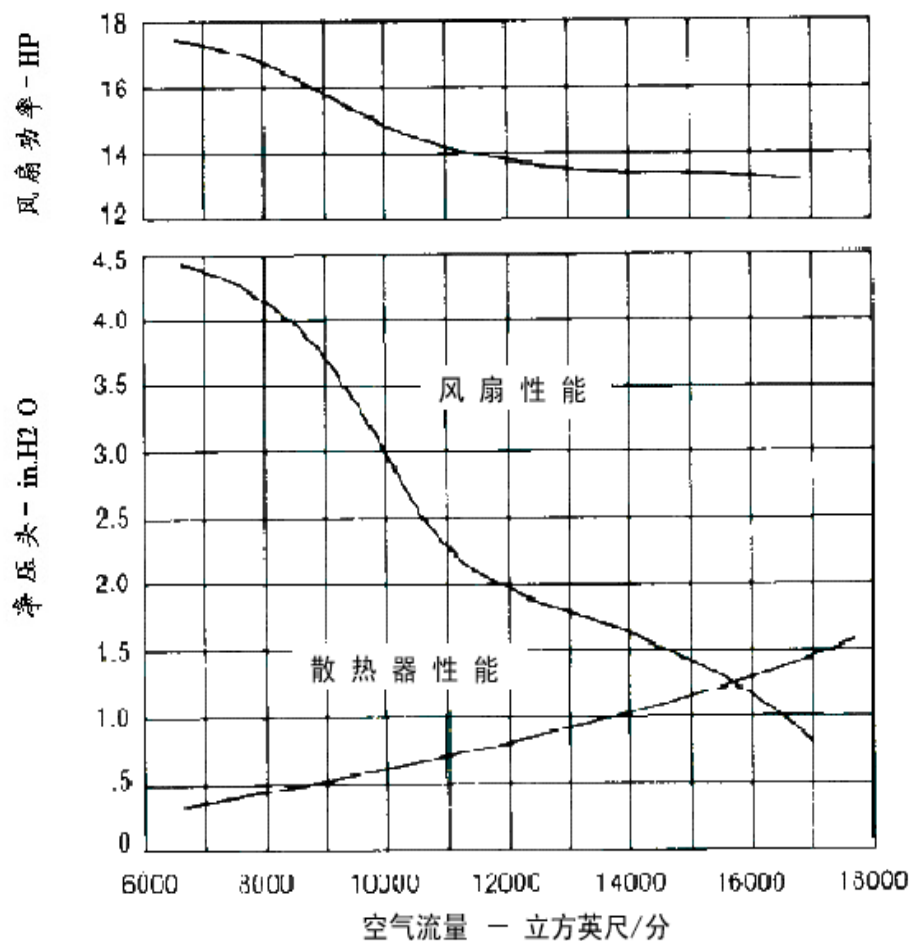




Cooling System 冷却系统

Calculation 冷却系统计算-理论空气流量

风扇与散热器匹配特性

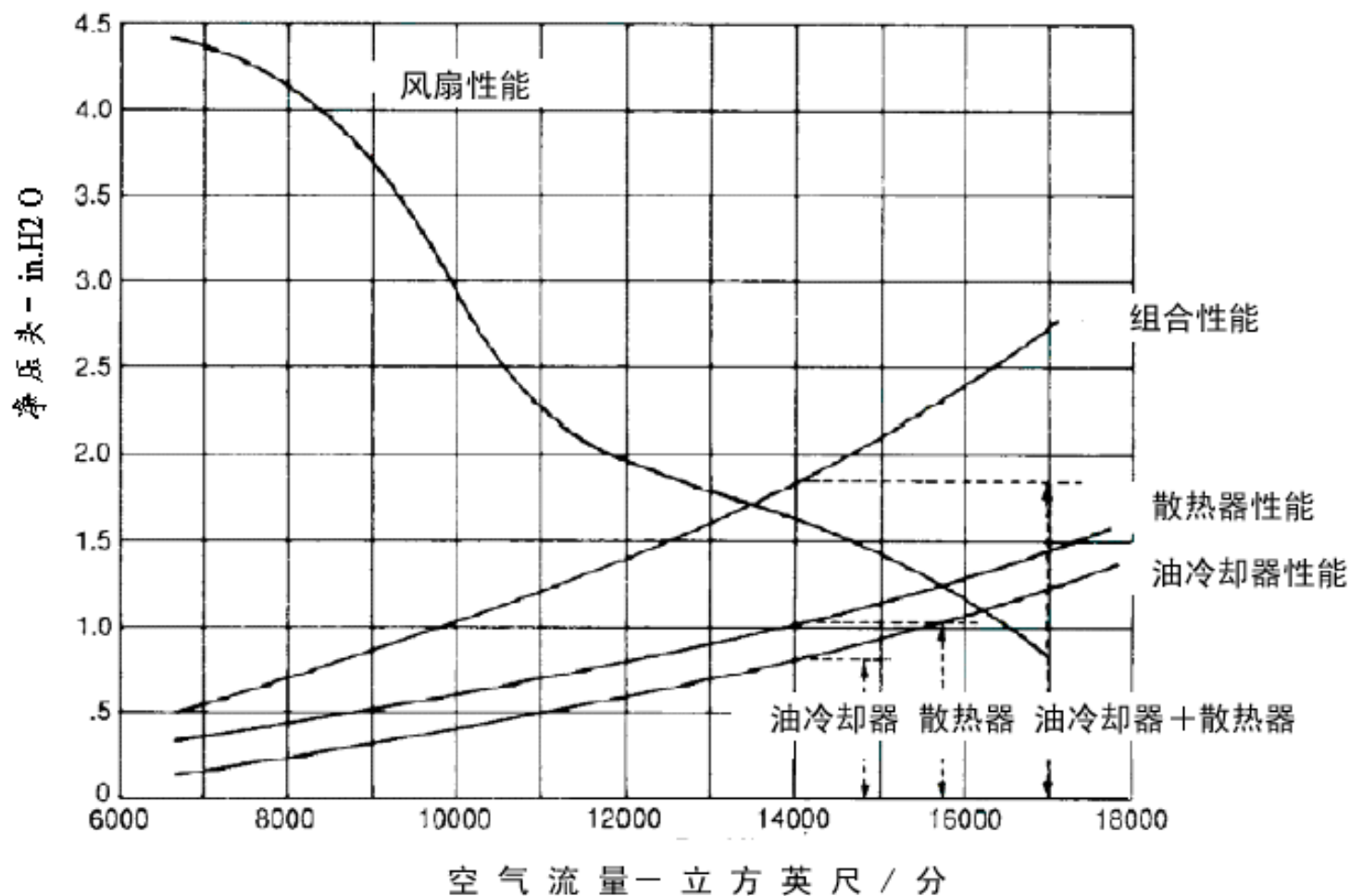




Cooling System 冷却系统

Calculation 冷却系统计算-理论空气流量

当有其它冷却器与散热器串联安装时的组合匹配特性





Cooling System 冷却系统

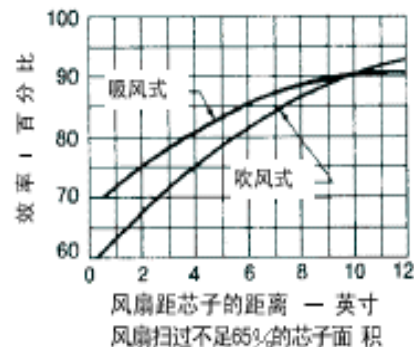
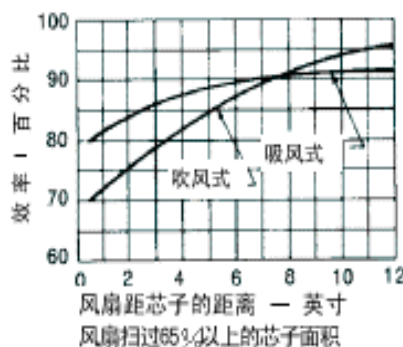
Calculation 冷却系统计算-理论空气流量修正

风扇效率

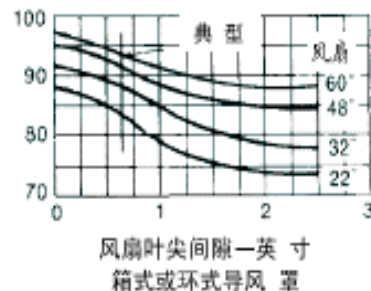
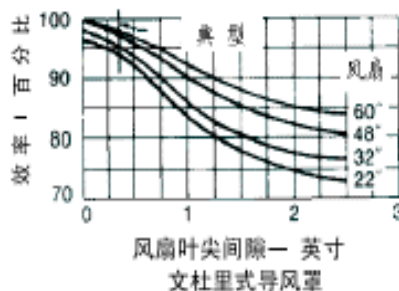
$$\text{系统总效率} \eta = \sum \eta_i$$

$$\text{实际风量} Q = \text{理论风量} Q_0 \times \text{效率} \eta$$

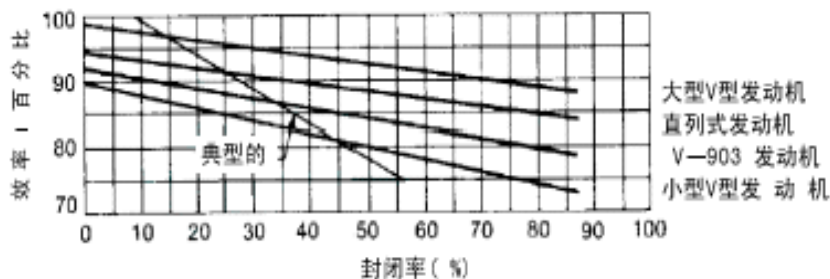
风扇的影响



导风罩的影响



发动机舱的影响





Cooling System 冷却系统

Calculation 冷却系统计算

Figure 16: Cooling System Calculation Form

Equipment Description _____ Date _____ By: _____

Calculation Point: ☐ Governed Speed ☐ Peak Torque ☐ 70% Converter Efficiency ☐ Other

ENGINE	FAN	RADIATOR
Model _____	Part No. _____	Part No. _____
(Max. This Inst.) HP @ _____ RPM	Make _____	Make _____
Calculation Point:	Dia. _____ In. P.W. _____ In.	Core Designation _____ Area _____
_____ HP @ _____ RPM	Drive Ratio _____	Width _____ In. Height _____
_____ BTU Engine Heat Rejection	_____ HP _____ RPM	Rows of Tubes _____ Fins/In. _____
_____ GPM Water Flow	_____ RPM @ Calc. Point	

HEAT LOAD

	To Water	To Air
Engine Heat Rejection × _____ Correction Factor*	= _____ BTU/Min.	
*Correction Factor = 1.00 + .01 per 10° F Ambient above 100° F + .015 per 10° F Air Cleaner Intake Temp. Above 100° F.		
Torque Converter @ _____ % Eff. = (Flywheel HP – Output HP) × 42.5 =	_____ BTU/Min.	_____ BTU/Min.
Other (Describe) _____ = + _____	BTU/Min.	BTU/Min.
TOTAL HEAT LOAD =	_____ BTU/Min.	_____ BTU/Min.

AIR FLOW

Air Flow (Theoretical Maximum) from Fan/Radiator(s) Match Curve = _____ CFM
(Include Restriction of Air to Oil Cooler in Series)

Corrected Air Flow = Match Curve Air Flow × _____ % System Eff. = _____ CFM

(System Eff. = Fan Factor _____ % × Shroud Factor _____ % × Restriction Factor _____ %)

AIR-WATER TEMPERATURE DIFFERENTIAL

Core Air Velocity = $\frac{\text{Corrected Air Flow, CFM}}{\text{Core Frontal Area, Ft.}^2}$ = _____ Ft./Min.

Radiator Specific Heat Rejection (From Curve) = $\frac{\text{BTU}}{\text{Min.} \cdot \text{Ft.}^2 \cdot 100^\circ \text{F} \Delta T}$

Radiator Heat Rej. @ 100° F T = Sp. Heat Rej. × Core Area, Ft.² = $\frac{\text{BTU}}{\text{Min.} \cdot 100^\circ \text{F} \Delta T}$

Air-Water Temp. Diff. = $\frac{\text{Total Heat Load, (to Water), BTU/Min.}}{\text{Rad. Heat Rej., BTU/Min.} \cdot 100^\circ \text{F} \Delta T} \times 100 =$ _____ °F

COOLANT TEMPERATURE DROP ACROSS RADIATOR CORE

Temperature Drop = $\frac{\text{Total Ht. Load (To Water), BTU/Min.}}{\text{Rad. Water Flow, GPM} \times 8.06} =$ _____ °F

DESIGN AMBIENT TEMPERATURE

Maximum Expected Operating Ambient _____ °F

Increased Temperature from Coolers in Series with Radiator** + _____ °F

Design Ambient Temperature _____ °F

** $\left(\frac{\text{Heat Load to Air, BTU/Min.}}{.075 \text{ Lb./Ft.}^3 \times .24 \text{ BTU/Lb.} \cdot ^\circ \text{F} \times \text{Corrected Air Flow, CFM}} \right)$

DESIGN MAXIMUM RADIATOR TOP TANK TEMPERATURE

Maximum Top Tank Temp. = Design Ambient Temp. + Air-Water Temp. Diff. + $\frac{\text{Temp. Drop Across Rad.}}{2} =$ _____ °F



Cooling System 冷却系统

Verification Procedure 评审程序

◆ 加注试验 (Cooling System Fill)

试验方法：

- 1、如发动机已运转过相当长时间，先把系统补满（至加水口脖径底部），然后完全放净，计量系统总容量。
- 2、调整加注水流速为**5gpm**即**19升/分**，记录“加满”时间；放净水后记录加水量，做**3**次左右，结果应有相当的重复性，否则应分析原因。

一次加满率 = 加水量 / 系统总容量 * 100，应大于90%。

- 3、起动发动机，记录缸体建立水压的时间。

15秒内必须建立缸压，否则停机。

- 4、不装水箱压力盖，高怠速运行，直至冷却液温度达到**180—190° F (82-88 ° C)**，记录水压，并进行除气和储备水量测试。应采取必要措施使水温尽快上升，如拆除风扇、用纸版遮住散热器等。

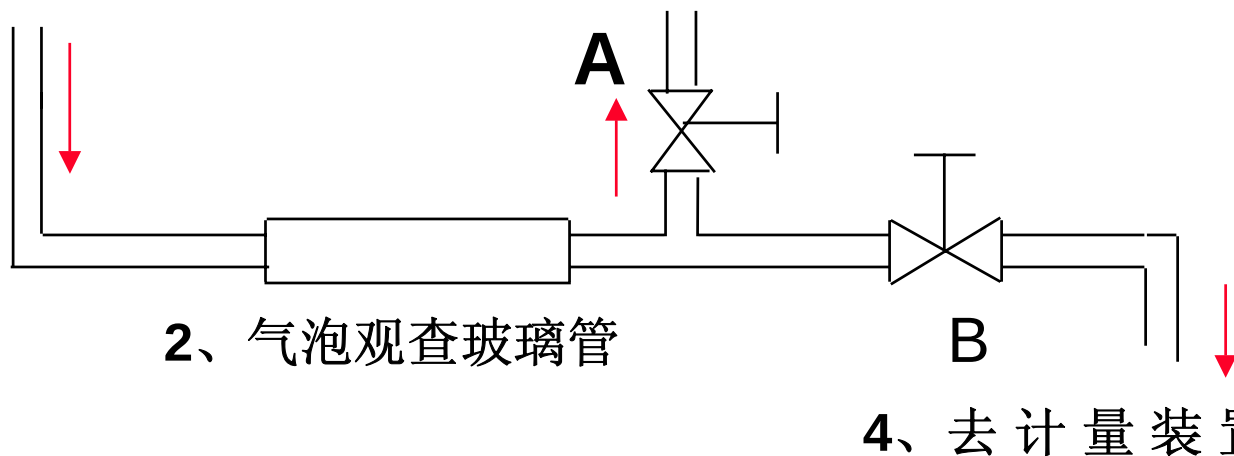
Cooling System 冷却系统

Verification Procedure 评审程序

◆ 除气试验(Deaeration/Drawdown)

1、自发动机

3、回发动机



除气 (Deaeration) : A开—B关, 流向 1--2--3, 观察2中气泡, 应在25分钟内全部消失。

储备水量 (Drawdown) : B开, 流向 1--2--4 观察2中是否有气泡, 当观察到气泡时关闭B。计算放出的冷却液容量。应大于系统容积的11 %.



Cooling System 冷却系统

Verification Procedure 评审程序

◆ 水泵进口压力及系统阻力

测试条件：水箱盖打开，发动机高怠速运行，水温达到节温器全开的温度，通常**92°C**（或使用全开节温器）。

要求：水泵入口正压，系统阻力符合要求。

一 膨胀空间

先将水加到加水口脖径底部，运转发动机几分钟后停机，检查水位，如果低于加水口底部，补充水至加水口底部。在此基础上用容器缓慢加水至水开始溢出，记录加入的水量。

要求：膨胀空间大于系统容积的6%。



- ◆ 冷却能力试验 (**Cooling Ability**):
 - ☯ 使用全开节温器
 - ☯ 全负荷运行
 - 额定转速和最大扭矩转速，或设备的最大运行负荷。
 - ☯ 直到出水温度稳定，即达到热平衡。记录出水温和环境气温。



Cooling System 冷却系统

Verification Procedure 评审程序

- ◆ 冷却能力试验测量参数：
 - ◆ - 发动机转速
 - ◆ - 发动机进 / 出水温度
 - ◆ - 大气环境温度；
 - ◆ - 进气歧管压力（增压压力）
 - ◆ - 选项：散热器进、出风温度、机舱温度等
 - ◆ - 通常同时测量进气温升和中冷系统性能



◆ 冷却能力试验

评价指标：

LAT (Limited Ambient Temperature)

极限使用环境温度

公式：
$$LAT = TTT_{\max} - (TTT_{\text{test.}} - T_{\text{ambient}})$$

$TTT_{\max}$ 最高允许出水温度 -- Data Sheet

$TTT_{\text{test.}}$ 测量得到的最高稳定出水温度

T_{ambient} 试验时的环境温度

Cummins 推荐标准：中国 LAT 38° C — 45° C



Cooling System 冷却系统

Common Issues 常见问题

- ◆ 冷却能力不足
 - 风扇、散热器选择或匹配不当
 - 散热器周围不密封导致热风回流
 - 进风舱密封和隔热不好，导致进风温度高
- ◆ 散热器系统水阻力大
 - 散热器自身阻力大
 - 进出水管管径小
- ◆ 水泵进口负压
 - 注水管过长，弯曲；接口距水泵远
 - 上水室隔板不密封



Cooling System 冷却系统

Common Issues 常见问题

- ◆ 加注和除气性能不合格
 - 通气管路：下垂，阻塞，管径
 - 注水管：位置，管径，走向
- ◆ 散热器上水室或附水箱结构不对
 - 容量小，膨胀空间和储备水量不足
 - 加水伸长颈管过短或缺少，缺少通气孔
 - 发动机通气接口位于液面以下
 - 附水箱加水口与顶部水口均用压力盖
 - 扁平结构（最好为瘦高型）
 - 注水管位在水室一侧



Cooling System 冷却系统

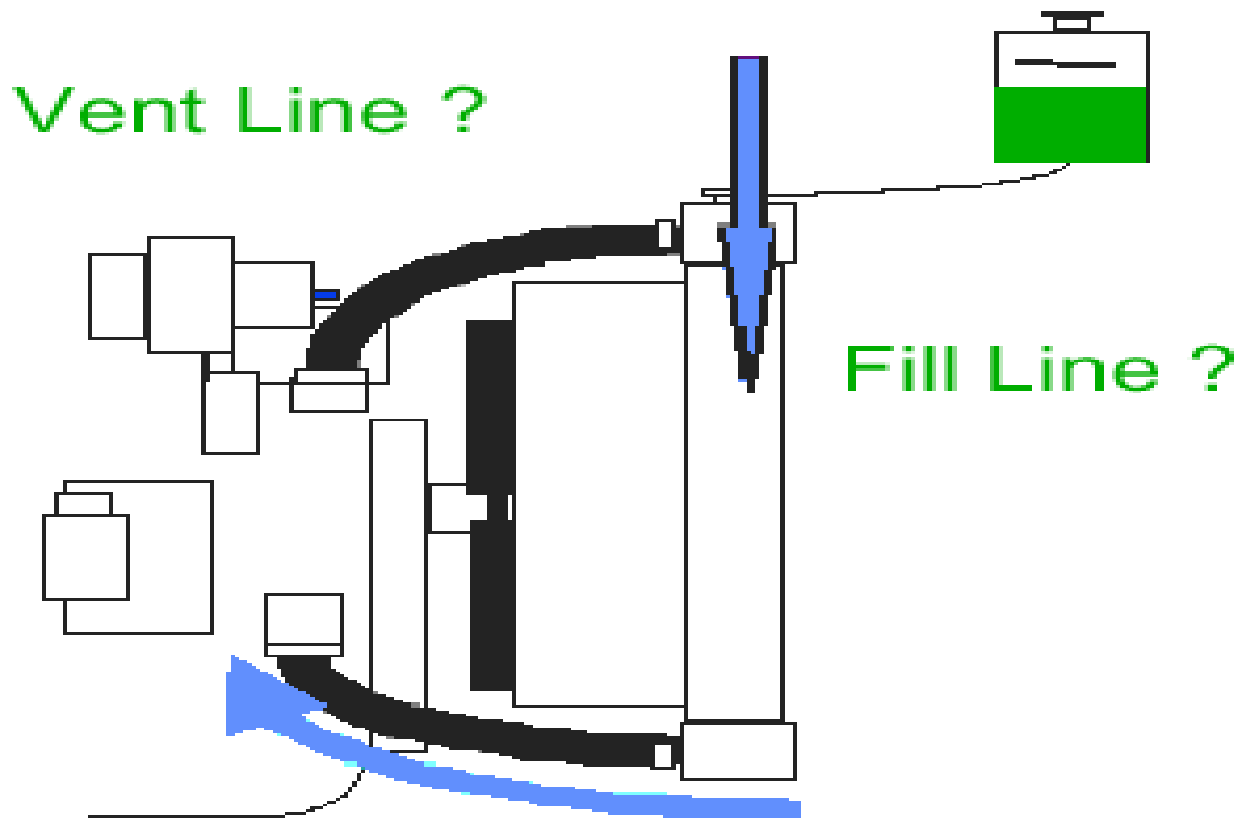
Common Issues 常见问题

- ◆ 其它管路与通气管T型连接：除气不良
- ◆ 其它管路，尤其是暖风回水管接入注水管，导致水泵进口出现负压。
- ◆ 使用“非除气”水箱



Cooling System 冷却系统

设计指南 —— 非除气水箱



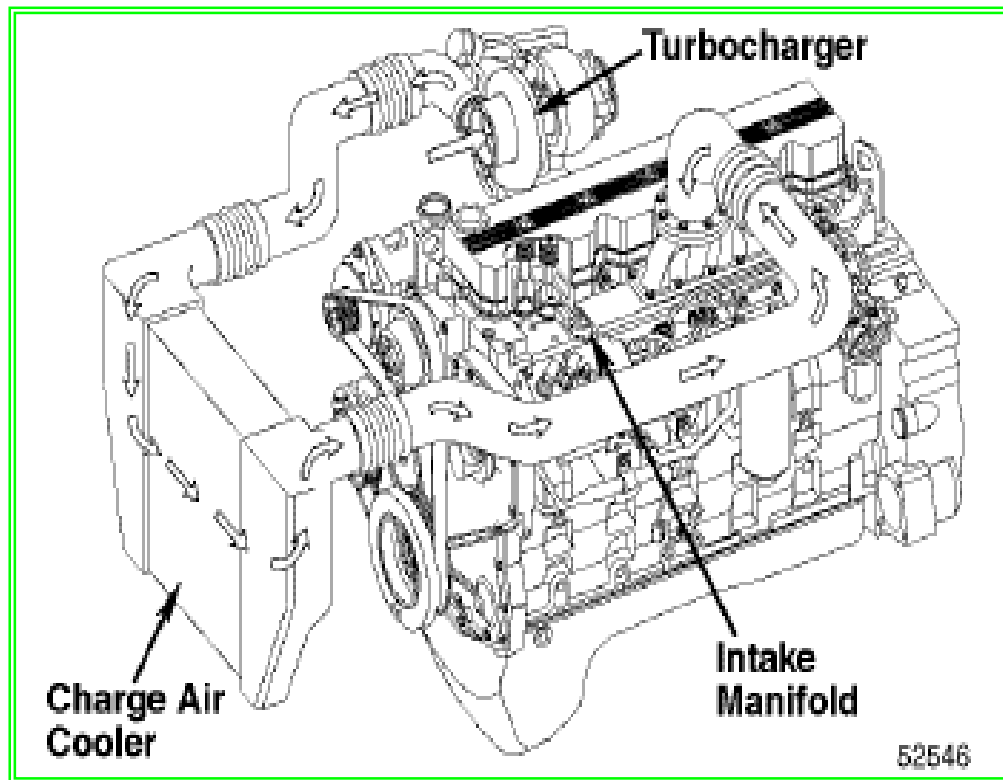
Cooling System 冷却系统

冷却系统发展新趋势

◆ 空-空中冷器

- 1、满足排放要求
- 2、提高发动机功率

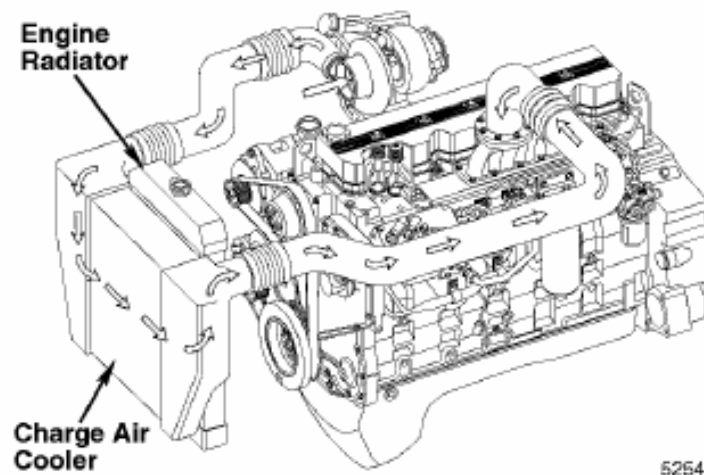
康明斯所有**100**马力以上**Tier2** 发动机（包括电控和机械式发动机）都要求使用空-空中冷器



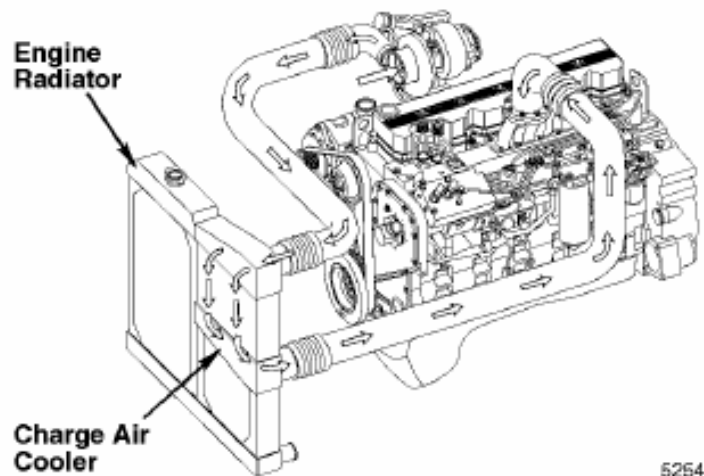
Cooling System 冷却系统

冷却系统发展新趋势

- ◆ 空-空中冷器的布置
- ◆ 1、和水箱串联（前后布置）
- ◆ 2、和水箱并联（左右布置）



Side-by-side (parallel) with the engine radiator:



Cooling System 冷却系统

冷却系统发展新趋势

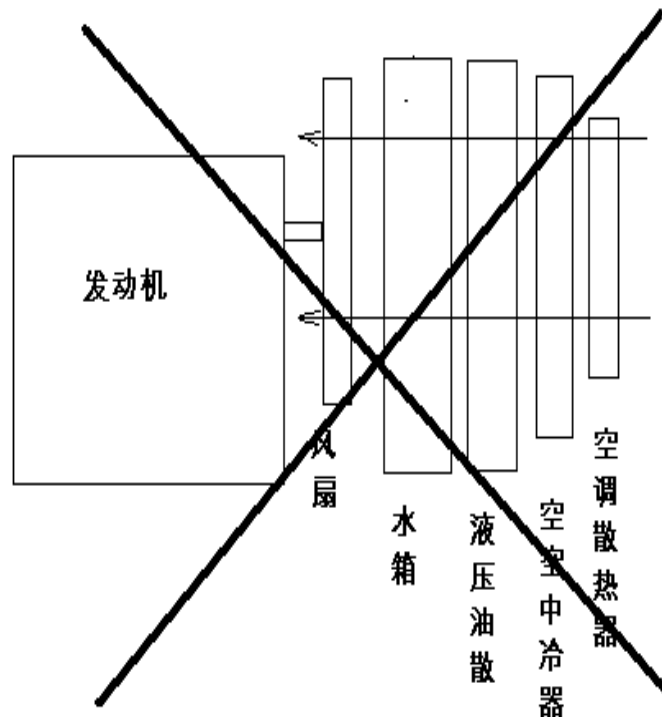
◆ 传统散热系统布置

传统的散热系统布置一般将风扇安装在发动机上，将水散、液压油散热器、空调散热器、空-空中冷器前后布置。

优点：成本低；

缺点：风阻大，容易堵塞，容易过热；
不好布置；采用吹风风扇时很难避开发动机和消声器的热辐射；采用吸风风扇时发动机对风扇气流的阻力比较大；

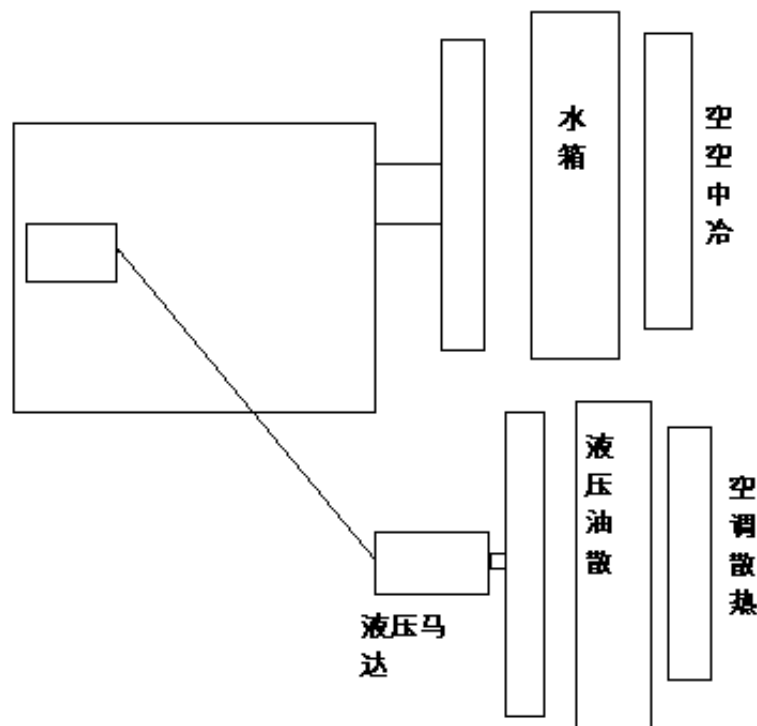
建议：当散热器总数（含水箱、液压油散热器、空-空中冷器、空调散热器、变矩器冷却器等）超过3个时，不要采用。



Cooling System 冷却系统

冷却系统发展新趋势

- ◆ 独立散热系统
- ◆ 1、将一部分或全部散热器布置到一个不受发动机影响的地方，风扇由液压马达驱动。
- ◆ 优点：
 - 1、布置灵活；
 - 2、远离发动机的热辐射
 - 3、可以根据水温控制风扇转速，降低功率损耗
 - 4、保养方便。





应用工程培训

Cooling System 冷却系统

冷却系统发展新趋势

◆ 独立冷却系统举例





应用工程培训

Cooling System 冷却系统

冷却系统发展新趋势

◆ 独立冷却系统举例



Cooling System 冷却系统

冷却系统发展新趋势

◆ 独立冷却系统举例

