

## 柴油发电机组烟气处理系统研究

李彪

中国人民解放军 65056 部队 辽宁铁岭

**【摘要】**为解决柴油发电机烟气温度高的问题，本文研究了一种基于溴化锂吸收制冷原理的降温方法。通过三级逆流换热器，二次对排烟余热进行降温；在排烟出口采用自吸式混新风对排烟进行三次处理；对外部通风排烟孔实施深埋分流伪装处理，实现了对柴油发电机组排出烟气进行降温。最后，利用原型机对处理效果进行了实验验证，结果表明，降温效果较为明显。

**【关键词】**吸收式制冷机；三级逆流换热器；自吸式混新风装置

### Study on flue gas Treatment System of diesel generator set

Biao Li

Unit 65056, PLA, Tieling, Liaoning

**【Abstract】**In order to solve the problem of high temperature of diesel generator flue gas, a cooling method based on lithium bromide absorption refrigeration principle was studied. Through the three-stage countercurrent heat exchanger, the waste heat of exhaust smoke is cooled twice; The smoke exhaust outlet is treated three times by self-priming mixed fresh air. Deep buried shunt camouflage treatment was applied to the external ventilation vent to realize the cooling of the exhaust gas from the diesel generator set. Finally, the prototype is used to verify the treatment effect, and the results show that the cooling effect is more obvious.

**【Keywords】** absorption refrigerator; Three-stage countercurrent heat exchanger; Self-priming mixed fresh air device

#### 1 背景背景

柴油发电机组由于运行的稳定性和经济性，通常用作备用电源，在人防工程等地下工程中有着广泛应用。人防工程作为重要目标，是未来战争中精确打击的主要对象。因此，认真做好人防工程伪装，提高其生存率和战斗效能，对当前军事斗争准备具有深远的意义。由于工程内的发电机组较多，它们在工作时，排烟可达到 300-500℃左右（根据具体情况而定），起动或增加负荷时排出浓烈的黑烟，排放到工程外部的烟气温度比周围背景高出许多，与周围背景形成明显的热红外和光学暴露征候，容易被敌方的热红外设备侦察到。因此，必须对发电机排烟采取降温排烟措施。

目前，降温的方法主要有间壁式换热和混合式换热。间壁式换热，烟气与冷却水被壁面隔开，利用水的热传导降温，具有体积小、处理能力大的优点，但用水量大，而且冷却水的温度会越来越高，

长时间运转很难达到降温要求；混合式换热，烟气与水直接接触，利用水的气化降温，效果明显，但体积大，废水需要处理，洗涤剂对金属有一定的腐蚀性，形成二次污染。本文在间壁式换热的基础上，研究了一种基于溴化锂吸收制冷原理的三级逆流换热器用于烟气降温。

#### 2 烟气处理系统基本原理

##### 2.1 溴化锂制冷机组的工作原理

溴化锂制冷机是利用溴化锂的超强吸水特性，来进行工作的。如图 1 所示，真空环境中，水蒸发制冷，浓溴化锂溶液吸收水蒸气；溴化锂溶液变稀后，再用高温加热，产生水再次去制冷，如此循环，达到吸收热量的目的。溴化锂制冷机组吸收高温烟气的热量，同时为三级逆流换热器制造 7℃冷水。冷却水在冷却机组的同时，通过进风换热器提高进风温度。溴化锂制冷机组还设有储存冷水的冷水库和冷却机组的冷却水库。

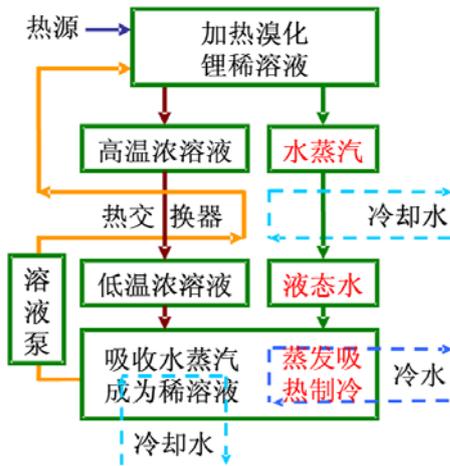


图1 溴化锂溶液吸热原理

### 2.2 三级逆流换热器

在换热器设计中，我们考虑有两种不同温度的流体参与换热，由于流体在换热器中的流动方向不同，对两侧流体的换热效能有着直接影响，同时，高温烟气（100℃以上）与低温冷水（7℃）在换热时会对管壁产生应激反应，造成管壁变形爆裂，缩短使用寿命。为了提高降温效果，避免发生应激反应，我们自行设计了三级逆流换热器，它由三组结构相同的翅片管式换热器组成，烟管采用直通式，这种设计在不增加排烟阻力的情况下，增加了烟气与冷水的接触面积，提高换热效果。管内烟气与管外冷水呈逆流换热，烟气与冷水温差得以减小，较好的解决了管壁应激反应问题。基本结构如图2所示。

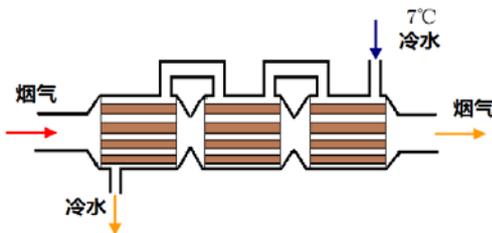


图2 三级逆流换热器基本结构

### 2.3 过滤净化烟气装置

过滤净化烟气装置基本结构如图3所示，由两部分组成：聚四氟乙烯烟气颗粒过滤和活性炭烟气净化。本装置采用抽屉式结构，可随时更换或清洗。

聚四氟乙烯烟气颗粒过滤：聚四氟乙烯（PTFE）是目前最好、抗水解、抗氧化性能最强的纤维。它

具有优良的高温及低温性能，熔点 327℃，瞬间耐高温 300℃；具有良好的过滤效率及清灰性能，阻燃性好、阻力低、使用寿命长，但价格昂贵。可作为过滤净化烟气装置的第一级，清除烟气颗粒物。

活性炭烟气净化：吸附是由于吸附剂和吸附质间的作用力引起的。本净化装置采用活性炭纤维作为吸附剂，活性炭纤维一般是用天然纤维或人造有机化学纤维经过炭化制成，其主要成分由碳原子组成，有较发达的比表面积（2000 m<sup>2</sup>/g）和较窄的孔隙结构——毛细管构成一个强大吸附力场。当气体污染物碰到毛细管时，活性炭孔周围强大的吸附力场会立即将气体分子吸入孔内，达到净化烟气的作用。作为过滤净化烟气装置的第二级。

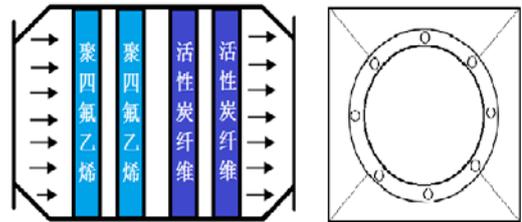


图3 过滤净化烟气装置

### 2.4 自吸式混新风装置

风机运行时，外部低温新风通过管道向外高速喷出，当空气进入喉部时，流速增加，压力下降，在变形烟管出口形成真空，变形烟管两端形成压力差。在压力差的作用下，烟气经变形烟管喷入喉部，在高速气流的撞击下，与低温新空气混合。烟气与低温新风相互扩散，达到烟气降温的目的。



图4 自吸式混新风装置原理

### 2.5 深埋分流伪装

排烟口暴露在地面，是易被发现的部位。因此，必须加强排烟口的伪装，减小目标与背景的反差，为了保证伪装效果，在实施伪装时尽可能遵循自然的原则。深埋分流伪装：就是以人工技术模仿目标与背景的信息特征差别，利用自然条件（地形、地物）伪装目标的措施。利用山体被覆层的恒温散热作用，尽量减小排烟口与周围地温的差别，与环境

背景相协调,防止敌热像仪探测和遥感技术的侦察,使敌热能探测器难以获取目标。

### 3 烟气处理系统基本结构

日常经验告诉我们,当加热一个物体到一定温度时就会感到灼热,这是因为受热物体发出热辐射被我们皮肤接收而产生的感觉。常温物体也能发出辐射,但由于强度太弱不能被人所感觉,但可被灵敏度很高的红外设备探测到。自然背景如树林、土地、水面等通常是无源的,虽然它们的温度不高,但由于自身热特性不同,在受到太阳加热和与周围物体进行热交换时表现出自己特有的温度特性,能被红外侦察器材识别。发电机组在工作时烟气是有源目标,烟气温度高于周围背景温度许多,形成明显的对比,所具有的温度特性更容易被红外侦察器材发现、识别。我们就是要把有源目标的温度特性伪装成无源目标的温度特性,也就是说,我们把发电机组的高温排烟经过一系列的降温处理,排放到大气中的烟气与空气的温度、颜色等主要指标相近,达到伪装的目的。

烟气处理系统基本原理如图 5 所示,共分为五个部分。第一部分利用溴化锂吸收式制冷机,吸收高温排烟热量,首先降低排烟温度,同时制造冷水;第二部分冷水通过三级逆流换热器,二次对排烟余热进行降温;第三部分柴油机烟气污染物的主要成分是颗粒物、氮氧化物、碳氢化合物、和一氧化碳。为减少光学侦察的发现概率,采用吸附净化烟气装置,净化烟气;第四部分在排烟出口采用自吸式混新风装置对排烟进行三次降温处理;第五部分对外部排烟孔实施深埋分流伪装处理,通过自然被覆层换热,使排烟温度最大限度的接近地表温度,实现了柴油电站排烟降温。

### 4 系统测试

为检验该装置的应用效果,对柴油机进行 48 小时持续运行测试,一台机组直接排放烟气,另一台机组烟气经烟气处理系统处理后排放,得到实验数据如表 1 所示。从表中可以看出,处理后的烟气温度大大降低,排放到大气中的烟气与环境温差小于 4℃,使用热成像仪对排烟口进行测量,无明显热源特征,达到了伪装设计要求。

### 5 结束语

利用柴油发电机排烟余热制冷,一方面降低排

烟温度,另一方面用制取的冷水对排烟进行二次降温。然后又利用净化、混新风、深埋分流散热等措施对排烟进行处理,效果明显,达到了消除暴露征候的目的。

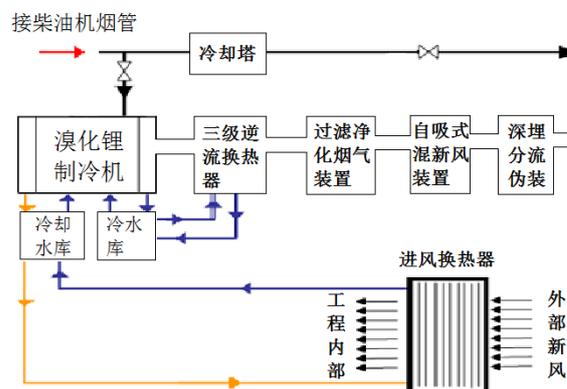


图 5 柴油机烟气处理系统基本原理图

表 1 烟气处理系统实验数据

温度测试点	不处理	处理后
发电机排烟温度(℃)	300-500	90-150
三级降温温度℃	无	55-85
冷却塔温度(℃)	175-245	无
混新风装置温度(℃)	无	22-32
烟道散热(℃)	55-80	16-22
深埋分流散热(℃)	无	温差≤4

### 参考文献

- [1] 史培甫.《工业锅炉节能减排应用技术》[M].化学工业出版社.2009.9.
- [2] 谢国珍,姜守忠,罗勇.《制冷技术》[M].机械工业出版社.2008.6.
- [3] 余建祖.《换热器原理与设计》[M].北京航空航天大学出版社.2006.1..

收稿日期: 2022 年 9 月 16 日

出刊日期: 2022 年 11 月 25 日

引用本文: 李彪, 柴油发电机组烟气处理系统研究[J]. 电气工程与自动化, 2022, 1(4): 12-14  
DOI: 10.12208/j.jeea.20220041

检索信息: RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网(CNKI Scholar)、万方数据(WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS