

现代铜加工生产技术丛书

# 冷凝管生产技术

郭莉 李耀群 编著



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

现代铜加工生产技术丛书

# 冷凝管生产技术

郭莉 李耀群 编著

北 京

冶金工业出版社

2007

## 内 容 简 介

本书是《现代铜加工生产技术丛书》之一,详细介绍了冷凝管的制造过程与使用方法。全书共分8章,内容包括:概论、冷凝管标准及性能、铜合金冷凝管、不锈钢冷凝管、钛及钛合金冷凝管、新型冷凝管简介、冷凝管的腐蚀与防护、冷凝管选材等。

本书可供冷凝管生产的工程技术人员、高级技工以及相关专业的高校学生阅读,也可供冷凝管使用与安装部门的技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

冷凝管生产技术/郭莉等编著. —北京:冶金工业出版社,2007.2

(现代铜加工生产技术丛书)

ISBN 978-7-5024-4191-3

I. 冷… II. 郭… III. 铜—冷凝—金属管—生产工艺 IV. TG146.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 006875 号

出 版 人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

策划编辑 张登科(电话:010-64062877, E-mail: zhdengke@sina.com)

责任编辑 张登科 王雪涛 美术编辑 李 心

责任校对 栾雅谦 李文彦 责任印制 牛晓波

北京鑫正大印刷有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2007 年 2 月第 1 版, 2007 年 2 月第 1 次印刷

148mm×210mm; 9.75 印张; 260 千字; 300 页; 1—3500 册

29.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

# 《现代铜加工生产技术丛书》

## 编 委 会

主 任 潘家柱

副主任 郭照相 钟卫佳 贾明星

编 委 (按姓氏笔画排序)

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 王跃进 | 冯天杰 | 刘占海 | 刘 瑞 |
| 孙立金 | 孙叙芝 | 孙徐良 | 杨世弘 |
| 肖克建 | 李贻煌 | 李文君 | 李保成 |
| 李耀群 | 张登科 | 周 宁 | 林永兴 |
| 赵孟渌 | 徐 弘 | 袁映辉 | 浦益龙 |
| 郭铁军 | 唐燕林 | 戚建萍 | 傅迎客 |
| 蒋明根 | 鲍志成 | 潘兆友 |     |

## 编写组成员

组 长 李耀群

副 组 长 张登科

撰稿专家 (按姓氏笔画排序)

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 马可定 | 王碧文 | 兰利亚 | 刘永亮 |
| 杨丽娟 | 李耀群 | 范顺科 | 易茵菲 |
| 赵宝良 | 钱俏鹂 | 郭 莉 | 曹建国 |
| 萧恩奎 | 梅恒星 |     |     |

## 前 言

冷凝管是铜及铜合金管材中十分重要的产品之一,因其具有良好的力学性能、抗腐蚀性能、加工性能和较高的性价比而被广泛地应用于火力发电、船舶制造、海水淡化、石油化工等国民经济的重要领域。

20 世纪 70 年代之前,我国冷凝管的制造技术还处于一个比较初级的水平,产品的品种少、质量差,大量重要设备使用的管材需要进口。80 年代,随着国民经济进入快速发展期,能源工业、船舶制造、机械制造等行业对冷凝管的需求量大幅增加,同时对产品质量的要求也不断提高。市场需求的增加,大大促进了冷凝管研发、制造水平的提升和生产能力的增加,更多的抗腐蚀材料也不断地研发出来并投入使用,取得了良好的效果。产品质量水平和制造能力的提高,使国产产品的应用范围不断扩大并逐步取代了进口产品,进而实现了产品的出口。

进入 21 世纪,随着中国制造业水平的不断提高,冷凝管的市场和生产也呈现出进一步扩大的态势,许多铜管生产企业不同程度地进行了冷凝管生产线的扩建或改造。但是,对冷凝管行业来说,至今尚无比较系统完整的有关这方面的技术书籍,故有必要编写一本有关冷凝管的技术要求、适用范围、制造方法、安装使用以及使用过程中出现的腐蚀现象及防止措施等方面的书,详细介绍冷凝管的特性、要求与使用方法,并针对不同的条件进行

合理选材和正确使用,以及在出现问题时能够运用正确的方法予以解决,提高其使用寿命。

本书在出版过程中,得到了高新张铜股份有限公司总经理郭照相、无锡隆达集团董事长浦益龙、洛阳双勇机器制造有限公司董事长郭铁军、温州永得利机器制造公司总经理林永兴、彰源金属工业(苏州)公司总经理杨世弘的大力支持。另外还得到了刘雅庭、王向东、田荣璋、钱俏鹞、张士宏、张智强、魏笔、文继有、张全叶、李卫等同志在资料、图片方面的帮助,在此一并表示感谢。

由于作者水平所限,书中不妥之处,欢迎业界专家和广大读者批评指正。

作 者  
2006 年 10 月

# 目 录

|                  |    |
|------------------|----|
| 1 概 论            | 1  |
| 1.1 冷凝管分类及用途     | 1  |
| 1.1.1 冷凝管分类      | 1  |
| 1.1.2 冷凝管用途      | 2  |
| 1.2 冷凝管发展过程      | 6  |
| 1.3 冷凝管发展方向      | 10 |
| 2 冷凝管标准及性能       | 11 |
| 2.1 铜合金冷凝管产品标准   | 11 |
| 2.1.1 合金牌号与供货范围  | 12 |
| 2.1.2 技术要求       | 13 |
| 2.1.3 铜合金焊接管技术要求 | 22 |
| 2.2 热交换器用不锈钢管    | 25 |
| 2.2.1 合金牌号与供货范围  | 25 |
| 2.2.2 技术要求       | 26 |
| 2.3 热交换器用钛及钛合金管  | 27 |
| 2.3.1 合金牌号与供货范围  | 27 |
| 2.3.2 技术要求       | 27 |
| 3 铜合金冷凝管         | 29 |
| 3.1 铜合金冷凝管材料     | 29 |
| 3.2 铜合金冷凝管生产方式   | 30 |
| 3.3 挤轧法生产工艺      | 31 |

---

|       |                 |     |
|-------|-----------------|-----|
| 3.3.1 | 工艺流程            | 31  |
| 3.3.2 | 熔炼与铸造           | 32  |
| 3.3.3 | 挤压              | 88  |
| 3.3.4 | 冷轧管             | 117 |
| 3.3.5 | 拉伸              | 139 |
| 3.3.6 | 热处理             | 164 |
| 3.3.7 | 辅助工序            | 177 |
| 3.3.8 | 冷凝管挤轧法生产过程的质量控制 | 188 |
| 3.4   | 其他生产方式简介        | 194 |
| 3.4.1 | 水平连铸-行星轧制法      | 194 |
| 3.4.2 | 水平连铸-冷轧法        | 196 |
| 3.4.3 | 焊接铜合金冷凝管        | 196 |
| 3.5   | 铜合金冷凝管的安装及注意事项  | 207 |
| 3.5.1 | 产品安装现场的检验与验收    | 207 |
| 3.5.2 | 安装注意事项          | 210 |
| 4     | 不锈钢冷凝管          | 212 |
| 4.1   | 概述              | 212 |
| 4.2   | 不锈钢冷凝管的生产       | 213 |
| 4.2.1 | 生产方式            | 213 |
| 4.2.2 | 生产工艺            | 214 |
| 4.2.3 | 典型规格的生产工艺参数     | 216 |
| 4.3   | 关键设备及主要技术参数     | 217 |
| 4.3.1 | 卷曲成形机组          | 218 |
| 4.3.2 | 焊接设备            | 219 |
| 4.3.3 | 在线固溶处理设备        | 220 |
| 4.3.4 | 涡流探伤仪           | 221 |
| 4.4   | 不锈钢焊管质量控制与质量保证  | 221 |
| 4.4.1 | 不锈钢带的质量保证       | 221 |
| 4.4.2 | 不锈钢管的几何尺寸控制     | 221 |



---

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 4.4.3 不锈钢管的焊缝质量保证 .....    | 222 |
| 4.4.4 不锈钢管性能和组织控制 .....    | 223 |
| 4.5 国内不锈钢焊管设备 .....        | 224 |
| 4.5.1 不锈钢管焊接生产线 .....      | 224 |
| 4.5.2 焊机 .....             | 226 |
| 4.5.3 光亮热处理炉设备 .....       | 227 |
| 4.5.4 精整设备 .....           | 227 |
| 4.5.5 检验设备 .....           | 228 |
| 5 钛及钛合金冷凝管 .....           | 230 |
| 5.1 概述 .....               | 230 |
| 5.2 冷凝管用钛及钛合金的性能 .....     | 231 |
| 5.2.1 钛的物理性能 .....         | 231 |
| 5.2.2 钛的化学性能 .....         | 231 |
| 5.2.3 钛的加工性能 .....         | 232 |
| 5.2.4 工业纯钛的力学性能 .....      | 232 |
| 5.3 钛及钛合金冷凝管生产 .....       | 233 |
| 5.3.1 焊接钛管工艺路线 .....       | 233 |
| 5.3.2 海绵钛的生产 .....         | 233 |
| 5.3.3 钛及钛合金的熔铸 .....       | 235 |
| 5.3.4 钛及钛合金冷凝管的生产 .....    | 242 |
| 6 新型冷凝管简介 .....            | 249 |
| 6.1 添加微量元素的新型铜合金材料 .....   | 249 |
| 6.1.1 加硼锡黄铜 .....          | 249 |
| 6.1.2 多元锡黄铜 .....          | 252 |
| 6.1.3 其他添加微量元素的铜合金材料 ..... | 252 |
| 6.2 铝青铜合金材料 .....          | 253 |
| 6.3 高效传热管 .....            | 254 |
| 6.4 铜合金-钛双金属管 .....        | 255 |

---

|            |                       |     |
|------------|-----------------------|-----|
| 6.4.1      | 双金属管的规格 .....         | 255 |
| 6.4.2      | 双金属管的制造方法 .....       | 256 |
| 6.4.3      | 双金属管的性能 .....         | 257 |
| 6.4.4      | 使用情况 .....            | 261 |
| 6.5        | 复合管耐蚀热交换器 .....       | 263 |
| 7          | 冷凝管的腐蚀与防护 .....       | 266 |
| 7.1        | 铜合金冷凝管的腐蚀 .....       | 266 |
| 7.1.1      | 铜合金腐蚀的影响因素 .....      | 266 |
| 7.1.2      | 铜合金冷凝管的腐蚀类型 .....     | 269 |
| 7.2        | 不锈钢冷凝管的腐蚀 .....       | 275 |
| 7.2.1      | 不锈钢冷凝管的腐蚀种类 .....     | 276 |
| 7.2.2      | 与铜合金管对比实例 .....       | 278 |
| 7.3        | 钛及钛合金冷凝管的腐蚀 .....     | 279 |
| 7.4        | 冷凝管的腐蚀防护 .....        | 279 |
| 7.4.1      | 一般要求 .....            | 279 |
| 7.4.2      | 管材使用时的防护措施 .....      | 281 |
| 8          | 冷凝管选材 .....           | 285 |
| 8.1        | 冷却水类型 .....           | 285 |
| 8.2        | 冷却水水质 .....           | 285 |
| 8.2.1      | 影响凝汽器管使用寿命的水质指标 ..... | 285 |
| 8.2.2      | 国内部分典型水质情况 .....      | 287 |
| 8.3        | 选材导则 .....            | 293 |
| 8.3.1      | 凝汽器管选用原则 .....        | 293 |
| 8.3.2      | 凝汽器管的选用 .....         | 293 |
| 参考文献 ..... |                       | 299 |

# 1 概 论

冷凝管是热交换器用管中所占比重较大的一类,在许多情况下,人们习惯地将部分热交换器管称为冷凝管。冷凝管的主要功能是蒸汽或其他介质的冷凝或进行热交换,是制作管式热交换器的重要材料之一。用于制作此类设备或装置的材料主要有铜及铜合金、钛及钛合金以及不锈钢。在这些不同的冷凝管材料中,铜及铜合金以其众多的品种、优良的工艺性能和较高的性能价格比,成为种类最多、用途最广、适应性最强、所占比重最大的一种。不同的国家对热交换器用铜管的定义有些差别,这些差别主要表现在定义域的范围,如美国材料与试验协会的 ASTM 标准中对冷凝管的定义是:加工成适用于冷凝器和热交换器特殊要求的尺寸允许偏差、表面质量和状态的管材。根据此定义,在 ASTM 标准中将所有符合上述定义的铜及铜合金管材产品以及所用材料全部列入了冷凝管的范畴。而我国,热交换器管的定义域范围则相对更为细化,一般系指冷却介质为天然水,开放式(包括开式循环)水冷系统的冷凝器和热交换器所用的铜合金管材。而对应用于制冷行业、以有机化合物为冷却介质、封闭循环冷却系统的冷凝器和热交换器所使用的铜管材,则在其他的标准中加以规定。本书重点对以天然水为冷却介质,开放式水冷系统的冷凝器和热交换器用铜合金管材、不锈钢管材以及钛及钛合金管材加以论述。

## 1.1 冷凝管分类及用途

### 1.1.1 冷凝管分类

冷凝管的分类可以在多个层面上进行:

按照金属的特性可分为铜及铜合金管、钛及钛合金管以及不

锈钢管,其中铜合金管中又可细分为黄铜管、白铜管、青铜管;黄铜管还可再细分为普通黄铜管、锡黄铜管、铝黄铜管等。

按照制造方式可分为焊接管和无缝管;

按照产品的形状可分为光面管、波纹管、翅片管;

按照其交货形态可分为直条管和盘管;

按照用途可分为热交换器用管、海水淡化用管和船舶用管等。

### 1.1.2 冷凝管用途

#### 1.1.2.1 电力行业

火力发电是利用燃煤、燃油或天然气等自然能源的燃烧将水加热成为水蒸气,由水蒸气推动汽轮机高速旋转带动发电机组达到发电的目的,实现不同能量之间的转换。凝汽器是汽轮发电机组重要的辅机设备,其主要任务是将汽轮机的排气凝结成水并在汽轮机排气口建立和维持一定的真空度,以提高机组的运行效率。通过凝汽器冷凝的水,重新回到锅炉开始下一个循环。核能发电与之不同的是用铀作为燃料来替代煤炭、石油或天然气等自然能源,核燃料在反应堆中进行裂变产生的大量热能进入蒸汽发生器,将水转变为水蒸气,之后通过汽轮机发电机组及其系统将热能转换为电能。由此可见,凝汽器及其附属设备可靠性的优劣与发电企业的经济性运行关系密切。

冷凝管是凝汽器的关键部件之一,承担着全部热交换过程的重要任务。通常管内通过海水或陆地淡水,而管外侧则是处于高温、高压状态的蒸汽。通过管内流动的冷却水将蒸汽冷凝成水实现热交换过程。随着科技的发展和技术的进步,火力发电机组已由过去的 6~200 MW 发展到今天的 800~1200 MW 超临界机组。设备的大型化提高了效率和效益,降低了成本和能耗,但对设备部件的材料和质量要求也提出了更高的要求。面对苛刻的使用条件,材料的耐水质腐蚀和抗冲击腐蚀能力以及力学性能、工艺性能和换热效率都要达到一个较高的水准。

我国是一个水资源极其匮乏的国家,为扼制因缺水阻碍电力发展的势态,大型直接或间接空冷机组应运而生并陆续投入运行。它的空冷凝汽器一改传统湿冷凝汽器的面貌与结构,其冷凝管全部是由长 10 m 的单排翅片管束组成,布置在巨大的空冷平台上,呈 A 字形结构矩形方阵排列,顶部设有大直径蒸汽分配管,四周设有挡风墙,如图 1-1 所示。图 1-2 是 600 MW 直接空冷机组钢结构空冷平台的支撑结构,由直径为 3.8 m 的 16 根空心清水混凝土柱所组成。空冷岛的壮观外形,已成为空冷电站的标志性建筑,冷凝管家族也因此又多了一位新成员。

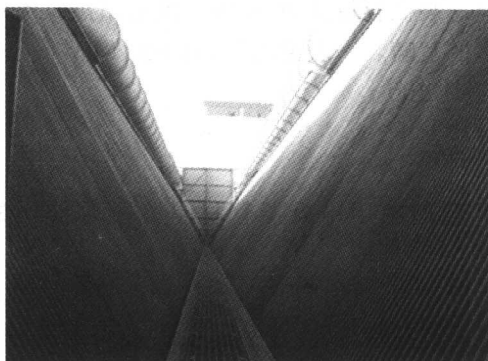


图 1-1 空冷凝汽器装置



图 1-2 600 MW 直接空冷机组钢结构空冷平台支撑结构

我国火力发电行业在近三十年的时间里,得到了长足的发展,1978年我国200 MW机组仅有18台,到2000年已有545台,是1978年的30倍。单机容量已由20世纪80年代初期的最大200 MW机组发展到今天1000 MW的超临界机组。总装机容量超过1000 MW的大型电厂,80年代初期仅有几个,现在大型电厂的总装机容量已达3000 MW,超过1000 MW的电厂已遍布大江南北。1996年我国电力发展速度为7.2%,至2004年增加到12.8%;截至2005年末,我国电力总装机容量已达5亿多千瓦。

核电作为清洁能源,近几年来在我国呈现出强劲发展的态势,目前我国核电总装机容量7840 MW。核电站蒸发器用U形传热管也属冷凝管的范畴。一般情况下,每600 MW核电装机容量需用U形传热管约100 t。

#### 1.1.2.2 船舶制造

舰船及大型油轮用冷凝器管材是冷凝管应用的又一重要领域。

油轮作为原油运输的重要工具,其功能是将原油由产地运送到具有炼油能力的另一地,由于原油黏度较高加之海上温度有时很低,需将原油加热以便于输出。热交换用管材按照计算出的必要的换热面积敷设于油舱的底部及四壁,因在海上,实现热交换的介质多为海水。所以,要求管材具有优异的耐海水腐蚀能力和较高的力学性能、工艺性能。产品除满足相应标准外,其各项性能指标还应满足IACS(国际船级社协会)要求或中国CCS规范,即《钢质海船入籍与建造规范》。产品在上船使用前还应通过具有相应资质的船级社的企业认证或批产品认证,并提供认证合格证书。此类管材大多采用铝黄铜管,规格较大,特别是用于连接部分的管材,如常用加热管规格为 $\phi(42\sim44)\text{ mm}\times2\text{ mm}\times6000\text{ mm}$ ,连接管规格为 $\phi56\text{ mm}\times6\text{ mm}\times6000\text{ mm}$ 。

另有一部分舰船用热交换器管材使用在主机空冷器、船用汽轮机、船用热交换器、润滑油冷却器、给水加热器等舰船的关键组

件上。其合金牌号根据冷却介质有不同的选择,主要采用铁白铜,产品规格多为常用规格,其质量要求较高,特别是军用舰只。世界上第一艘核动力舰就使用了约 30 t 白铜冷凝管。

我国的船舶制造业自改革开放以来也有了较大幅度的发展,油轮的制造水平已由 20 世纪 80 年代的万吨级提高到今天的 70 万吨级,其他各类舰船的制造水平和制造能力也有较大幅度的提升。舰船工业所使用的冷凝管用量也逐年增加,现用量已达 6 万 t。

### 1.1.2.3 海水淡化

淡水约占地球水资源的 3%,通过海水淡化获取新的淡水资源是世界今后用水的一大趋势。面对日趋严重的水资源危机,海水淡化技术更被认为是解决我国淡水资源危机的有效途径。

“海水淡化”顾名思义就是脱除海水中的大部分盐类,使处理后的海水达到生活用水标准的水处理技术。海水淡化技术的种类很多,但达到商业规模的到目前为止主要有反渗透法和蒸馏法。蒸馏淡化技术又分为低温多效、多级闪蒸和压汽蒸馏三种。这些方式都是基于蒸发和冷凝的原理,有的增加了反渗透处理。目前主流的多级闪蒸海水淡化技术,其淡化过程是先将海水除气,接着海水在热交换器中被蒸汽加热到一定的温度,然后逐渐减压,当环境压力低于被加热海水的温度所对应的饱和蒸汽压时,加热海水急速蒸发至蒸汽态。水蒸气通过一个用来除去固体颗粒的分离器,然后在一个含有冷却水的热交换器的外表面冷凝成为淡水。

海水淡化成本和投资费用过高一直是海水淡化实现产业化的一大障碍,然而,开采地下水作为一个重要的开源措施,工程量小、成本低,这是很吸引人的优点,但在沿海地区长年过度开采地下水,不仅会造成地下水位下降,地层下沉,而且地下水含盐量也逐年升高,可见地下水的开采有一个限度。至于远程调水,其工程投资费用以及被引水地区的间接经济损失、日常运行费用、管理费用等总成本也非常高。美国曾有资料认为,远程调水超过 40 km,其成本就超过海水淡化。因此,通过海水淡化获取淡水仍是解决淡

水资源匮乏的行之有效的办法之一。为了降低海水淡化的成本,我国及国外许多国家的科技人员在研制更为先进的海水淡化方法。据报道,我国科学家日前宣布,利用核能可以实现大规模的海水淡化,制造  $1 \text{ m}^3$  淡化水的成本只需人民币 1 元左右。美国国际水能公司日前发明了一种叫做“快速喷雾蒸馏法”(RSD)的海水淡化技术,不仅可以大大减少成本,还有利于保护环境。这些低成本的海水淡化技术将会大大促进海水淡化产业的快速发展。

“十一五”期间,我国将以突破海水淡化关键技术为重点,尽快实现海水资源的规模化利用。我国将组织编制沿海省(区、市)海水利用专项规划,积极开展海水利用示范城市、示范海岛和示范区活动,建立国家级海水利用研发基地。同时加快开发  $5 \text{ 万 t/d}$  低温多效蒸馏海水淡化、单套  $1 \text{ 万 t/d}$  反渗透海水淡化示范工程,发展 10 万吨级海水循环冷却成套技术与装备和海水预处理技术,增强海水资源利用装备和产品的自主创新能力。

#### 1.1.2.4 其他应用领域

在石油精炼和相关的石油化学处理过程中,很多的冷凝器和热交换器单元也有大量的铜合金冷凝管在使用。此外,核能发电厂蒸汽分离器,火力发电厂供水用高、低压加热器,大型设备的冷却器,燃气引擎用热交换器,制盐、制糖等行业也是冷凝管的应用范围。

### 1.2 冷凝管发展过程

早在 19 世纪,铜锌合金即黄铜因其具有良好的力学性能和工艺性能以及耐一般性腐蚀的稳定性就首先被应用在蒸汽机的冷凝器上,其使用的产品为含锌 30% 的普通黄铜管材。由于普通黄铜在不良水质情况下有着比较严重的脱锌腐蚀和局部腐蚀现象,19 世纪末,人们发现在含锌 30% 的黄铜中加入 0.5%~1.5% 的锡,能极大地提高合金的耐蚀性,特别是在海水中的耐蚀性,因而,这类合金也获得了“海军黄铜”的名称。在黄铜中加入适量的



(1.5%~3.5%)铝,得到铝黄铜。铝可以急剧提高合金的强度和硬度,使合金表面形成坚固的抗腐蚀氧化膜,从而改善铜锌合金的耐蚀性,因此,这类黄铜合金有着良好的耐腐蚀性能。这些经过合金化过程、各项性能都有所改善的黄铜合金,在使用过程中仍存在一些弱点,主要表现在耐腐蚀性方面,其主要腐蚀形式是脱锌腐蚀、应力腐蚀和冲击腐蚀。20世纪30年代,美国技术人员研究发现在铜铝合金中加砷会阻碍脱锌腐蚀,并证明了其砷含量在0.04%时效果最好,便开始在冷凝管合金中加砷并申请了专利。

铜镍合金也称为白铜,被用于冷凝管材料也有悠久的历史。它具有良好的工艺性能、较高的力学性能和耐腐蚀性能,特别是对应力腐蚀有着其他合金材料无法比拟的优势。20世纪30年代,美国一公司研究发现在低镍含量的铜镍合金中加入一定量的铁可大大增加材料抗海水冲击腐蚀能力,加入少量的锰可消除硫和碳在合金中的有害影响,有助于提高合金的力学性能和工艺性能。因此,含有一定量铁和锰的铁白铜合金材料被广泛地应用于热交换设备,一直沿用至今。

我国冷凝铜管的研发和生产大致分为三个阶段:

第一阶段:20世纪50~60年代,沈阳有色金属加工厂、洛阳铜加工厂、上海铜厂等一些国有大中型企业研发、生产少量的冷凝管,仅生产H68、HSn70-1和HA177-2三种不加砷的黄铜冷凝管,产品品种、规格少,产量低,质量水平一般。由于当时大型电力设备多为进口,其辅机及配套的冷凝管材也同时随机进口。在电厂运转使用中,冷凝管普遍存在着比较严重的脱锌腐蚀,从而导致管材泄漏率高、寿命低等现象,严重制约我国电力事业的发展。为解决这一问题,60年代末,由国家经委牵头,一机部、冶金部、电力部参加,组建了包括大专院校、科研单位、生产厂家和部分电厂在内的技术攻关队伍,开展了提高冷凝管使用寿命的研究、试制工作。到70年代初,成功研制出了H68A、HA177-2A和HSn70-1A三种加砷冷凝管,经电厂装机运行取得了良好的效果,较好地解决了黄铜管的脱锌腐蚀问题。80年代初,国产白铜冷凝管也在