ICS 83.120
Q 23

中华人民共和国国家标准

GB 7190.2—1997

玻璃纤维增强塑料冷却塔 第2部分：大型玻璃纤维增强塑料冷却塔

Glass fiber reinforced plastic cooling tower—Part 2: Large glass fiber reinforced plastic cooling tower

1997-05-06发布　　1997-11-01实施

国家技术监督局　发布

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前　言

GB 7190—87《玻璃纤维增强塑料冷却塔》的发布和实施对我国中小型玻璃纤维增强塑料冷却塔的应用与发展起了巨大作用。但因科学技术的进步和市场对冷却塔不断提出新的要求，该标准需要修订。修订之后的标准定为GB 7190的第1部分，它适用于中小型玻璃纤维增强塑料冷却塔。

为了我国大型玻璃纤维增强塑料冷却塔水平的提高和发展而编制本标准。本标准定为GB 7190的第2部分。大型玻璃纤维增强塑料冷却塔的特点主要有：

——承重结构除有钢结构的以外，还有钢筋混凝土结构的；

——所有冷却塔均属工业型的；

——冷却塔下均需另设积水池；

——风机所配电动机，全部是卧式的，设在风筒之外。

本标准的性能试验方法参考了：日本的JIS B 8609—1981《机力通风式冷却塔的性能试验方法》；美国的ANSI/ASME—1986《冷却塔性能试验方法》；英国的BS4485：Part 2：1988《冷却塔　第2部分：性能测试方法》；德国的DIN 1947《湿式冷却塔热力性能验收测试》(1989年5月修订版)。

本标准的附录A、附录B、附录C、附录D、附录E均是标准的附录。

本标准由国家建筑材料工业局提出。

本标准由全国纤维增强塑料标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：机械工业部第四设计研究院。

本标准参加起草单位：西安建筑科技大学、中国水利水电科学研究院、中国石化北京设计院、国家建筑材料工业局玻璃钢研究设计院、北京市节约用水办公室、浙江联丰集团公司、广东阳江龙达集团股份有限公司、常州市冷却塔厂、成都金牛玻璃钢厂、江阴市空调除尘设备厂。

本标准主要起草人：周长西、王大哲、许玉林、寇秀卿、范本章、刘红、尹证。

中华人民共和国国家标准

玻璃纤维增强塑料冷却塔 第2部分：大型玻璃纤维增强塑料冷却塔

GB 7190.2—1997

代替 GB 7190—87

Glass fiber reinforced plastic cooling tower—
Part 2: Large glass fiber reinforced plastic cooling tower

1 范围

本标准规定了大型玻璃纤维增强塑料(下称玻璃钢)冷却塔的术语定义、产品分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存及其他等。

本标准适用于围护结构、出风筒、风机叶片等为玻璃钢材质的配用风机直径 4.7 m～9.14 m，电动机外置的机力抽风工业型冷却塔。如果划分范围与 GB 7190.1—1997 标准交叉，则冷却水量小于 1 000 m^3/h的冷却塔按 GB 7190.1—1997 标准。

2 引用标准

下列标准包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 1033—86 塑料密度和相对密度试验方法
GB/T 1040—92 塑料拉伸试验方法
GB/T 1449—83 玻璃纤维增强塑料弯曲性能试验方法
GB/T 2406—80 塑料燃烧性能试验方法 氧指数法
GB/T 2577—89 玻璃纤维增强塑料树脂含量试验方法
GB/T 3854—83 纤维增强塑料巴氏(巴柯尔)硬度试验方法
GB/T 8924—88 玻璃纤维增强塑料燃烧性能试验方法 氧指数法
GB/T 13041—91 包装容器 菱镁混凝土箱
GB 50204—92 混凝土结构工程施工及验收规范
GB 50205—1995 钢结构施工及验收规范

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 冷却塔 cooling tower
可将水冷却的一种装置。水在其内与流过的空气进行热交换、质交换，致使水温下降。

3.2 机力抽风冷却塔 induced draft mechanical cooling tower
借助于设置在冷却塔顶部的风机，强制抽风的冷却塔。

3.3 逆流式冷却塔 counterflow cooling tower
在塔内填料中，水自上而下，空气自下而上，二者流向相反的一种冷却塔。

3.4 横流式冷却塔 crossflow cooling tower

国家技术监督局1997-05-06批准 1997-11-01实施

需要全本请访问 www.ertongbook.com

在塔内填料中，水自上而下，空气自塔外水平流向塔内，二者流向正交的一种冷却塔。

3.5 淋水填料 packing

将配水系统喷溅下来的热水，以水膜或水滴形式最大限度地增加水和空气接触面积和时间的一种装置，简称填料。

3.6 薄膜式填料 film packing

能将水在填料表面最大限度地形成水膜的一种填料。

3.7 点滴式填料 drench packing

能将水溅成细小水滴的一种填料。

3.8 填料径深 air entrancing packing length

横流式冷却塔每边的填料进出空气的二端面之间的水平距离。

3.9 配水系统 cooling water distribution system

位于填料顶部的水槽或管道与喷头组成的分配进塔热水的系统。

3.10 喷头 sprayer

是配水系统的末端组成部分。通常喷头内有一出水套管，叫喷嘴。

3.11 除水器 drift eliminator

用来收集出塔空气中所夹带水滴的一种装置。

3.12 围护结构 surrounding panel structure

设在冷却塔四周或二侧，主要作用是将塔内外分开的板状结构。

3.13 冷却塔的长度 length of cooling tower

进风口立面在水平面上投影线的尺寸。

3.14 冷却塔的宽度 width of cooling tower

与冷却塔长度垂直的塔的水平尺寸。

3.15 热力性能曲线 thermal performance curves

在直角坐标上，以 $\Omega=f(\lambda)$ 曲线形式表示冷却塔散热散质能力的曲线。

3.16 设计工况 designing working conditions

冷却塔设计的热力性能工作状态数据，包括：进塔空气干球温度、湿球温度、大气压力、进塔空气流量、冷却水流量、进塔水温、出塔水温等。

3.17 设计参数 designing parameters

包括设计工况及其他有关设计的数据，例如冷却数、塔的安装尺寸、淋水密度、气流阻力、电动机功率、噪声值、飘水率等。

3.18 名义冷却流量 nominal cooling water capacity

标准设计工况的进塔冷却水流量(m^3/h)。

3.19 气水比 air/water ratio

进塔干空气流量(kg/h)与进塔冷却水流量(kg/h)之比。

3.20 湿空气的含湿量 humidity of wet air

湿空气中的水汽质量(kg)和干空气的质量(kg)之比，也称比湿，单位为 kg/kg(DA)。

3.21 逼近度 approach

出塔水温与环境空气湿球温度之差。

3.22 淋水密度 water drenching density

单位时间内通过每平方米淋水填料水平断面的水量，单位通常以 $kg/(m^2 \cdot h)$ 表示。

3.23 飘水率 drifting ratio

单位时间内从出风筒飘出的水量(kg/h)与进塔冷却水流量(kg/h)之比。

3.24 噪声的标准测点 measuring noise standard point

指距塔进风口的水平距离，圆形塔为塔的直径，矩形塔为 $L=1.13\sqrt{A\times B}$（A、B 为塔的长度、宽度），距水池顶 1.5 m 高处的点。

3.25 耗电比 consumptive electric power ratio

每冷却水流量为 1 m^3/h 需输入风机配用电动机的功率。单位为 $kW/(m^3/h)$。

4 产品分类

4.1 产品型式

冷却塔根据水和空气在填料中流动方向分为二种型式：逆流式和横流式。

4.2 产品标记

按围护结构和出风筒材料、型式、主框架材料和名义冷却流量（体积流量）进行标记。

□ □ □-□ GB 7190.2

- □：名义冷却流量
- □：主框架的材料，S 表示混凝土，G 表示钢结构
- □：塔的型式，N 表示逆流式，H 表示横流式
- □：围护结构和出风筒的材料为玻璃钢

4.3 标记示例

BNS-700 GB 7190.1

表示名义冷却流量为 700 m^3/h，主框架为混凝土结构的逆流式玻璃钢冷却塔。

BHG-3 000 GB 7190.2

表示名义冷却流量为 3 000 m^3/h，主框架为钢结构的横流式玻璃钢冷却塔。

5 技术要求

5.1 热力性能

5.1.1 标准设计工况

进塔空气干球温度 $\theta=31.5$℃，湿球温度 $\tau=28$℃，大气压力 $P=9.94\times10^4$ Pa，进塔水温 $t_1=43$℃，出塔水温 $t_2=33$℃。

5.1.2 热力性能要求

按水温降对比法求出的实测冷却能力与设计冷却能力的百分比（η_{s1}）不得小于 95%。

5.2 噪声

冷却塔的噪声不应超过表 1 规定值。

表 1 噪声规定值

型　式	名义冷却流量 Q m^3/h	标准点噪声值 dB(A)
逆流式	$Q<2\,000$	78.0
	$2\,000\leqslant Q<3\,000$	79.0
	$3\,000\leqslant Q\leqslant4\,000$	80.0

表 1(完)

型　式	名义冷却流量 Q m^3/h	标准点噪声值 dB(A)
横流式	$700 \leqslant Q < 2\,000$	74.0
	$2\,000 \leqslant Q < 3\,000$	75.0
	$3\,000 \leqslant Q \leqslant 4\,000$	76.0

5.3 耗电比

实测耗电比不大于 0.055 kW/(m^3/h)。

5.4 飘水率

如为薄膜式填料,不超过名义冷却流量的 0.01%;如为点滴式填料,不超过 0.015%。

5.5 玻璃钢件

5.5.1 巴氏硬度

织物增强的不饱和聚酯玻璃钢件的巴氏硬度不小于 35。

5.5.2 弯曲强度

织物增强的不饱和聚酯玻璃钢件的弯曲强度不小于 147 MPa。

5.5.3 树脂含量(质量含量)

不小于 45%(不计胶衣层和富树脂层)。对富树脂层树脂含量不小于 70%。

5.5.4 围护结构和风筒外观

外表面应含有光稳定剂的光滑胶衣树脂层。内外表面不应有直径大于 5 mm 的气泡,直径 3 mm～5 mm 的可见气泡每平方米不得多于 3 个。内表面应有富树脂层。所有切边应整齐平顺,厚度均匀、无分层。切边应加封树脂层。

5.5.5 阻燃性能

阻燃玻璃钢件(不含胶衣层)的氧指数不低于 28,当冷却塔无阻燃要求时,除水器的除水片,氧指数不低于 28。

5.6 填料

如为薄膜式改性聚氯乙烯(PVC)材质填料片组装的填料时,填料片和组装块应符合以下要求:

a) 片材密度不大于 1.55 g/cm^3;

b) 平片拉伸强度不小于 40 MPa;

c) 阻燃氧指数不低于 28;

d) 平片在(90±1)℃水中,15 min 纵向变形率不大于 5%;

e) 填料块放在 65℃水中一小时,目测无明显变形;

f) 粘接或联杆联接的填料块,常温时在简支条件下承受 2.94 kN/m^2 均布荷载一小时,支承面及加载面应无明显变形,卸载后应无明显残余变形,粘结点松脱率不应超过 10%。

6 试验方法

6.1 热力性能

热力性能试验见附录 A(标准的附录)。

6.2 噪声

噪声试验见附录 B(标准的附录)。

6.3 耗电比

耗电比试验见附录 C(标准的附录)。

6.4 飘水率

飘水率试验见附录D(标准的附录)。

6.5 玻璃钢件

试样采用随炉试样。

6.5.1 巴氏硬度:按GB/T 3854;

6.5.2 弯曲强度:按GB/T 1449;

6.5.3 树脂含量:按GB/T 2577;

6.5.4 围护结构和风筒外观:目测;

6.5.5 阻燃性能:按GB/T 8924。

6.6 填料

6.6.1 片材密度:按GB/T 1033;

6.6.2 平片拉伸强度:按GB/T 1040;

6.6.3 阻燃氧指数:按GB/T 2406;

6.6.4 平片在(90±1)℃水中纵向变形率,组装块在65℃水中耐温性能和承载性能按附录E。

7 检验规则

7.1 检验分类

分交收检验和型式检验。

7.2 交收检验

7.2.1 检验项目

a) 整塔的热力性能和噪声;

b) 玻璃钢件的硬度、阻燃氧指数和外观;

c) 填料平片的密度、组装块耐65℃热水和承载性能。

7.2.2 抽样

以同原材料、同工艺、同类型的冷却塔为一批,每批抽检一台。

7.2.3 判定规则

a) 热力性能和噪声:符合5.1.2和5.2要求时为合格。如不符合要求,允许分别各采取一次补救措施,重做试验,如符合相应要求,则判为合格,否则判相应项为不合格。

b) 玻璃钢件:巴氏硬度符合5.5.1要求为合格,阻燃氧指数符合5.5.5要求为合格,外观符合5.5.4要求为合格。如不符合要求,则抽取二倍数量的试样,做不合格项试验,如符合要求则判为合格,否则判相应项为不合格。

c) 填料片和组装块符合5.6要求时为合格。如某项不符合要求,则抽取二倍数量的试样做不合格项试验,如符合要求则判为合格,否则判相应项为不合格。

d) 最终判定:若热力性能不合格时,则判整塔为不合格。其他各项如有二项或二项以上不合格时,则判整塔为不合格,如有一项不合格时,则判整塔为合格,同时注明不合格项。

7.3 型式检验

7.3.1 检验条件

有下列条件之一时应进行型式检验:

a) 首制塔;

b) 主要原材料或加工工艺改变时;

c) 正常生产每满3年时;

d) 停产一年以上,恢复生产时;

e) 国家质量监督机构或用户提出要求时。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

7.3.2 检验项目

本标准第5章中的全部项目。

7.3.3 抽样

以同工艺、同材料、同类型的冷却塔为一批，每批抽检一台。

7.3.4 判定规则

7.3.4.1 热力性能、噪声、耗电比

热力性能、噪声、耗电比分别符合相应要求时为合格。如其中任一项未符合要求，允许采取一次补救措施，重做试验(热力性能、噪声、耗电比同步进行)；若该项符合要求且另两项仍符合要求时，则判为合格，否则为不合格。

7.3.4.2 飘水率

飘水率符合相应要求为合格。如不符合要求，允许采取一次补救措施，重做试验，若符合要求，则判为合格，否则判为不合格。

7.3.4.3 玻璃钢件

符合5.5的要求为合格。如某项不合格，则再抽取二倍数量的试样做不合格项检验，如符合要求，则判为合格，否则判该项为不合格。

7.3.4.4 填料片材及其组装块

符合5.6要求为合格。如其中某项不合格，则再抽取二倍数量试样做不合格项检验，如符合要求，则判为合格，否则判该项为不合格。

7.3.5 最终判定

冷却塔的热力性能、噪声、耗电比、阻燃玻璃钢件和填料的氧指数，五项中只要有一项不合格，则判整塔为不合格。其他各项如有二项或二项以上不合格，则判整塔为不合格。如其他各项只有一项不合格时，则判整塔为合格，同时注明不合格项。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

包装上和安装好的冷却塔上应有标志。标志宜在醒目处。标志宜用金属标牌或喷涂油漆形式。标志应包括：产品标记、制造厂名、设计单位、生产日期等。

8.2 包装

风机、减速器、电动机、联接轴、辅件、紧固件应用木箱、菱镁混凝土箱或其他足以保证贮运安全的包装。填料片宜用编织袋包装。玻璃钢件(风机叶片除外)和钢件可用草绳缠包。大件应有起吊钩环和标志。玻璃钢件和填料片不应挤压；应满足防火要求。

如用菱镁混凝土箱，应符合GB/T 13041的要求。

随包装应附以防水密封袋装文件，其内应有：

a) 产品零部件、组件检验合格证；

b) 装箱单；

c) 易损件明细表；

d) 配用的风机、减速器和电动机安装使用说明书，风机的空气动力性能曲线；

e) 冷却塔使用、维护说明书；

f) 产品说明书。

产品说明书应有以下资料：

应给出冷却塔的总装示意图、热力性能选用曲线、以 $\Omega=A\lambda^m$ 形式表示的正确的热力性能曲线、冷却塔基础及其荷载、混凝土结构的立柱与水池相接处的空间位置及尺寸、配筋图、进塔水管接口数量、空间位置、管径、接管形式等；

冷却塔抗风载及地震等级；

冷却塔适用条件，例如允许进塔水质、最高水温、最大水流量、最小最大进塔水压及电源电压、频率等。

8.3 运输和贮存

减速器和电动机的包装应正位平放。填料应避免暴晒。填料和玻璃钢件上不得堆压重物和碰撞，应满足防火要求。

9 其他

9.1 风机

9.1.1 叶片材质一般应为环氧玻璃钢，弯曲强度不小于 196 MPa，各截面应圆滑过渡，外表面应光洁、无裂缝、缺口、毛刺等缺陷，展向每 100 mm 内直径 2 mm～3 mm 的可见气泡数不大于 3 个，可见气泡直径不大于 3 mm。

9.1.2 风机应做静平衡试验，试验时应按“刚性转子平衡精度”，精度等级取 G6.3。平衡力矩由计算求出。平衡后，应编号。

9.1.3 叶尖距风筒内壁间隙设计平均值为 e，安装间隙为 $e\pm10$ mm，宜取 $e=0.005D$（D 为风机直径）。风机安装应按安装说明书。

9.1.4 风机性能应与冷却塔对其要求的参数相匹配，在一般情况下，应在高效率区段工作。

9.2 出风筒

应符合 5.5 要求。风筒壁应能承受 690 Pa 的压力。风筒线型应为动能回收型的。出风口扩散段宜取高度 $H=0.35D\sim0.5D$。内壁应光滑。

9.3 电动机、减速器

配用的电动机、减速器应与风机匹配。电动机为 Y 系列户外型，防护等级宜为 IP54。减速器应有油温和振动保护报警装置。当有要求时，可配用防爆电动机或变速电动机。电动机与减速器相联的轴应做动平衡试验。

9.4 配水系统

逆流式冷却塔宜优先采用低压管式配水系统，当水质太差时，例如悬浮物 70 mg/L，含油量 10 mg/L以上或含有其他易粘挂、堵塞的杂质时，宜采用槽式配水系统。

横流式冷却塔宜用槽式配水，靶式喷头。槽顶应有盖板。

9.5 除水器

应采用除水效率高、气流阻力小、容易安装且牢固的除水器。除水器组装块之间及其与柱、梁、板之间不应有气流短路的间隙和孔洞。从除水器出来的气流方向应与风机转向一致。

9.6 钢框架及其他钢件

加工、安装及验收应符合 GB 50205 的要求。

9.7 钢筋混凝土构件

施工及验收应符合 GB 50204 的要求。

9.8 防护措施

9.8.1 防腐措施

钢件，包括预埋钢件外露部分，应有防腐措施。

9.8.2 防冻、防雷和防爆措施

必要时，应有可靠的防冻、防雷和防爆措施。

9.8.3 满足检修、维护、安全等要求的措施

应有满足检修、维护、安全等要求的措施，例如：应设检修门、走道、平台、护栏等。

附 录 A
（标准的附录）
冷却塔热力性能试验方法

A1 范围

本方法适用于大型机力抽风工业型冷却塔的热力性能试验。

A2 主要符号及单位

θ——空气的干球温度，℃；
τ——空气的湿球温度，℃；
p——大气压力，Pa；
G——进塔空气体积（质量）流量，m^3/h（kg/h）；
Q——冷却水体积（质量）流量，m^3/h（kg/h）；
t_1——进塔水温，℃；
t_2——出塔水温，℃；
Ω——冷却塔的冷却数（特性数）；
C_w——水的比热，4.19 kJ/(kg·K)；
Δt——水温降；$\Delta t=t_1-t_2$，℃；
(DA)——干空气的代号；
h_1——进塔空气比焓，kJ/kg(DA)；
h_2——出塔空气比焓，kJ/kg(DA)；
h_1''——温度等于进塔水温 t_1 条件下的空气饱和比焓，kJ/kg(DA)；
h_2''——温度等于出塔水温 t_2 条件下的空气饱和比焓，kJ/kg(DA)；
K——蒸发水量带走热量的系数；
X——含湿量，kg/kg(DA)；
φ——空气相对湿度；
λ——气水比，亦即进塔干空气流量和水流量之比；
X_1''——温度为进塔水温 t_1 条件下的饱和空气的含湿量，kg/kg(DA)；
X_2''——温度为出塔水温 t_2 条件下的饱和空气的含湿量，kg/kg(DA)；
η_{st}——按水温降对比法求出的实测冷却能力与设计冷却能力的百分比；
下标：
d——设计的；
t——实测的；
c——换算出来的。

A3 原理

冷却塔的冷却能力是客观存在。它的实测冷却能力与设计冷却能力有可比性，前提是须将非设计工况下的实测冷却能力换算成相当于设计工况条件下的冷却能力。

A4 仪表

A4.1 通风干湿球温度计，最小分度值不大于 0.2℃，精度不低于 0.5 级。

A4.2 气压计。

A4.3 毕托管和压差计或电磁流量计，超声波流量计。压差计精度不低于1.5级，电磁流量计，超声波流量计精度不低于1.5%。

A4.4 棒式水银温度计，最小分度值不大于0.1℃，精度不低于0.2级，或热电偶、铂电阻温度计，最小分度值和精度，不低于棒式水银温度计。

A4.5 三相功率表和互感器，精度不低于1.5%。

A4.6 功率因数表，精度不低于1.5%。

A4.7 旋桨式风速仪或热球式风速仪，精度不低于1.5%。

A5 条件

A5.1 应在使用半个月之后一年之内进行。

A5.2 空气湿球温度应在31℃～10℃范围内，最好在夏季进行。

A5.3 应在环境风速小于4 m/s，阵风小于7 m/s，无雨条件下进行。

A5.4 进塔水流量应在设计水流量的90%～110%范围内，不排放，也不补充水。

A5.5 进塔水温应在53℃～33℃范围内。

A5.6 进塔水质总溶固体不超过5 000 mg/L，含油(包括焦油)量不超过10 mg/L，不含有直径大于5 mm的机械性杂质。

A6 步骤

A6.1 仪表校验要求

所用仪表应经过有资格的单位校验合格，且在有效期内。

A6.2 仪表安装、布点

a) 测量进塔干、湿球温度的通风干湿球温度计应布置在塔的进风口外距塔2 m之内，距水池顶1.5 m高处，每侧1～2个点，温度计应避开阳光直射，所在空间通风良好；

b) 测量大气压的气压计，测点布置同A6.2a，但只设一个；

c) 测进塔水流量的仪表，应安装在进塔水管上，测点前直管段长应大于10D(D为管直径)，测点后直管段长应大于5D，其间不应有接入、接出管道或有闸阀、法兰。如用毕托管，应另外满足以下要求：

在测点所在管道横断面上划分等面积环，其上的测点距管中心的距离R_n按公式(A1)计算

$$R_n = R\sqrt{\frac{2n-1}{2a}} \qquad \cdots\cdots(A1)$$

式中：R_n——测点距管中心距离，m；

R——管道半径，m；

n——从管中心计起，测点位置的顺序数；

a——等面积环数；

a不应小于表A1的规定数。

表A1 管道等面积环数a

管道直径，mm	<300	300～900	1 000～1 500
等面积环数a	3	5	7

d) 测进塔水温的温度计布置在进塔水管内，或放空水嘴处，或配水竖井内，横流塔也可布置在配水槽内；

e) 测出塔水温的温度计，最好布置在出水管内或出水渠内。必要时布置在集水池上所设置的集水槽或集水盘内。集水槽宽宜取200 mm，不少于4条。集水盘直径宜取200 mm，不少于12个。集水槽和

集水盘均布，可串联。

A6.3 每组测试数据的允差范围和稳定时间

A6.3.1 允差范围

a) τ，±1.0℃；

b) t_1，±0.5℃；

c) Q，±5%；

d) Δt，±5%。

A6.3.2 稳定时间

在A6.3.1允差范围内，稳定30 min才能读数。

A6.4 试验参数及相应读数频率

见表A2。

表A2 主要试验参数及相应读数频率

序号	参数	读数频率 次/时	每次间隔 min
1	进塔空气干湿球温度及大气压	6	10
2	进塔空气流量	2	30
3	进塔、出塔水温	6	10
4	冷却水流量	6	10
5	风机配用电动机的输入功率	2	30

A6.5 出塔水温比进塔水温读数滞后时间

2 min～5 min。

A6.6 试验数据有效组数

不少于3组。

A6.7 进塔空气流量的测求

A6.7.1 推荐用间接测求法，亦即测量风机的轴功率，借用某些数据用公式(A2)测求。

$$G_t = G_d\left(\frac{\gamma_d}{\gamma_t}\right)\left(\frac{N_t}{N_d}\right)^{\frac{1}{3}}\left(\frac{\rho_d}{\rho_t}\right)^{\frac{1}{3}} \qquad \cdots\cdots(A2)$$

式中：G_t，G_d——分别为实测的、设计的进塔空气流量，kg(DA)/s；

γ_d，γ_t——分别为设计的、实测的空气比容，$m^3/kg(DA)$；

N_t，N_d——分别为实测的、设计的风机轴功率，kW；

ρ_d，ρ_t——分别为设计的、实测的进塔空气密度，kg/m^3。

A6.7.2 如直接测求进塔空气流量，宜用毕托管和压差计。在风机吸入侧，风机以下0.6 m处的水平断面上，布置在互相垂直的二个半径上。各点距塔中心距离，按(A1)公式求出，总测点数14～30个，每个等面积环的面积不宜大于3 m^2。计算气流通过的面积时应将风机基础所占面积扣除。

A6.7.3 如在冷却塔进风口或风筒出口测量，可用旋桨式风速仪或热球式风速仪。进风口的测点，每点负担面积不宜大于2 m^2。出风口的测点位置、个数可按A6.7.2。

A6.7.4 逆流塔不淋水时，可在塔内除水器以上0.5 m处的水平断面上测量，布点按A6.7.2。

A7 结果及计算

A7.1 每组工况的某项(例如出塔水温)测试数据的处理

取该单项在本组的多次(例如4次)测试数据的算术平均值,做为该单项在此组工况中的一个数据。

A7.2 进塔空气湿球温度实测值的修正

应将通风干湿球温度计测得的 τ_t 修正到用屋式干湿球温度计测得的数值 τ_c 修正方法如下:

$$\tau_c = \tau_t + \Delta\tau \qquad \cdots\cdots(A3)$$

式中:$\Delta\tau$——湿球温度修正值,℃;

$\Delta\tau$ 的求解见图A1。

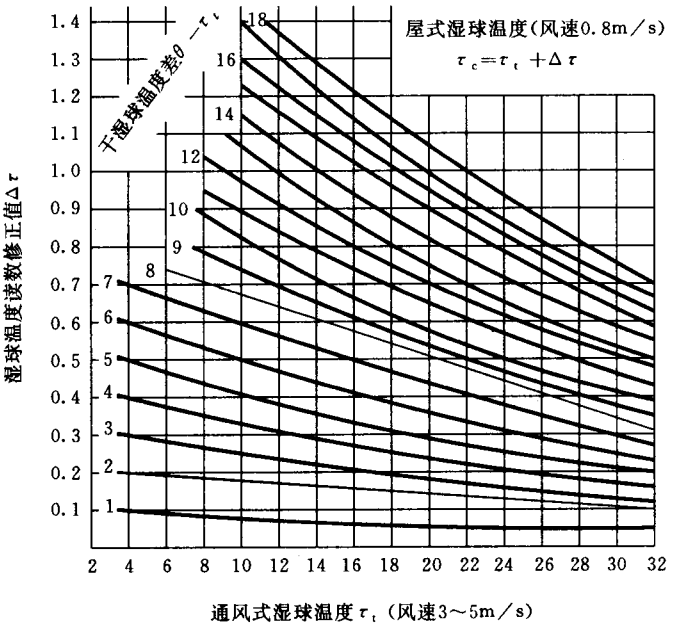


图 A1 $\Delta\tau$ 的求解曲线

A7.3 热平衡计算

某组工况测试结果是否有效,应通过热平衡计算确定。如果热平衡百分比误差 $\Delta\eta_H \leqslant \pm 5\%$,则为有效,否则无效。

$$\Delta\eta_H = \left[1 - \frac{G_t(h_2 - h_1)}{Q_t C_w (t_1 - t_2)}\right] \times 100\% \qquad \cdots\cdots(A4)$$

A7.4 热力性能和 η_{st} 的计算方法

按焓差法。

A7.5 η_{st} 的计算公式

$$\eta_{st} = \frac{\Delta t_t}{\Delta t_c} \times 100\% \qquad \cdots\cdots(A5)$$

式中:Δt_t——实测水温降,℃;

$\Delta t_t = t_{1t} - t_{2t}$;

t_{1t}——实测进塔水温,℃;

t_{2t}——实测出塔水温,℃;

Δt_c——用实测数据按设计计算公式(或设计热力性能曲线)求出的换算的水温降,℃。

A7.6 Δt_c 的求解

a) 先假定五个出塔水温 t_2,再会同其他实测数据:θ_t、τ_t、p_t、G_t、Q_t、t_{1t} 计算出相应的五个冷却数 Ω(计算方法见A7.7)。其中 G_t 应按A6.7.1测求;

b) 将以上五个假定的 t_2 和计算出的五个 Ω 绘在以下 $\Omega=f(t)$ 的图上;

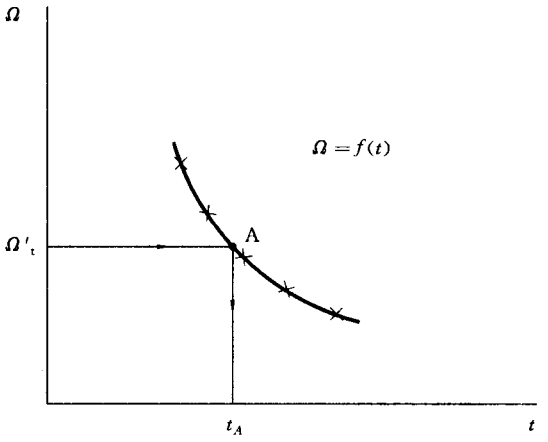


图 A2　求换算出来的出塔水温示例图

c）用实测的气水比 λ_t 按冷却塔供货商提供的热力性能曲线或计算公式可求得冷却数 Ω'_t。在图 A2 上先由 Ω'_t 出发，作水平线交 $\Omega=f(t)$ 曲线于点 A，由此可得 A 点对应的 t_A，则：$t_{1t}-t_A=\Delta t_c$。

A7.7　Ω 的求解

A7.7.1　逆流式冷却塔冷却数 Ω_n 的求解

$$\Omega_n = C_W\int_{t_2}^{t_1}\frac{dt}{h''-h} \qquad \cdots\cdots(A6)$$

用切比雪夫公式求 Ω_n

$$\Omega_n = \frac{C_W\Delta t}{4}\left(\frac{1}{\Delta h_1}+\frac{1}{\Delta h_2}+\frac{1}{\Delta h_3}+\frac{1}{\Delta h_4}\right) \qquad \cdots\cdots(A7)$$

式中：

$$\Delta h_1[\mathrm{kJ/kg(DA)}] = h_{c1}'' - h_{G1} \qquad \cdots\cdots(A8)$$

h_{c1}''——在出塔水温 t_2 经过修正以后的温度 t_{c1} 条件下的饱和空气比焓，kJ/kg(DA)。

$$t_{c1}(℃) = t_2 + 0.1\Delta t \qquad \cdots\cdots(A9)$$

h_{G1}——第一个点经过修正以后的空气比焓。

$$h_{G1}[\mathrm{kJ/kg(DA)}] = h_1 + 0.1\Delta t C_W/\lambda \qquad \cdots\cdots(A10)$$

h_1——进塔空气比焓，kJ/kg(DA)。

$$\Delta h_2[\mathrm{kJ/kg(DA)}] = h_{c2}'' - h_{G2} \qquad \cdots\cdots(A11)$$

h_{c2}''——在出塔水温 t_2 经过修正以后的温度 t_{c2} 条件下饱和空气比焓，kJ/kg(DA)。

$$t_{c2}(℃) = t_2 + 0.4\Delta t \qquad \cdots\cdots(A12)$$

h_{G2}——第二个点经过修正以后的空气比焓。

$$h_{G2}[\mathrm{kJ/kg(DA)}] = h_1 + 0.4\Delta t C_W/\lambda \qquad \cdots\cdots(A13)$$

$$\Delta h_3[\mathrm{kJ/kg(DA)}] = h_{c3}'' - h_{G3} \qquad \cdots\cdots(A14)$$

h_{c3}''——在进塔水温 t_1 经过修正以后的温度 t_{c3} 条件下的饱和空气经焓，kJ/kg(DA)。

$$t_{c3}(℃) = t_1 - 0.4\Delta t \qquad \cdots\cdots(A15)$$

h_{G3}——第三个点经过修正以后的空气比焓。

$$h_{G3}[\mathrm{kJ/kg(DA)}] = h_2 - 0.4\Delta t C_W/\lambda \qquad \cdots\cdots(A16)$$

$$h_2[\mathrm{kJ/kg(DA)}] = h_1 + \frac{C_W\Delta t}{K\lambda} \qquad \cdots\cdots(A17)$$

$$K = 1 - \frac{t_2}{586 - 0.56(t_2 - 20)} \qquad \cdots\cdots(A18)$$

K——蒸发水量带走热量系数。

$$\Delta h_4[\mathrm{kJ/kg(DA)}] = h_{c4}'' - h_{G4} \qquad \cdots\cdots(A19)$$

h_{c4}''——在进塔水温 t_1 经过修正以后的温度 t_{c4} 条件下的饱和空气比焓，kJ/kg(DA)。

$$t_{c4}(℃) = t_1 - 0.1\Delta t \qquad \cdots\cdots(A20)$$

h_{G4}——第四个点经过修正以后的空气比焓。

$$h_{G4}[kJ/kg(DA)] = h_2 - 0.1\Delta t C_W/\lambda \qquad \cdots\cdots(A21)$$

空气比焓值的求解：

$$h = C_g\theta + X(r_0 + C_q\theta) \qquad \cdots\cdots(A22)$$

$$X = 0.662\frac{\varphi p_\theta''}{p - \varphi p_\theta''} \qquad \cdots\cdots(A23)$$

$$\varphi = \frac{p_\tau'' - 0.000\,662p(\theta - \tau)}{p_\theta''} \qquad \cdots\cdots(A24)$$

式(22)～式(24)中：C_g——干空气的比热，取 1.005 kJ/(kg·℃)；

C_q——水蒸气的比热，取 1.842 kJ/(kg·℃)；

r_0——温度为 0℃时水的汽化热，取 2 500.8，kJ/kg；

p_θ''——空气温度为 θ 时饱和水蒸气分压力，kPa；

p_τ''——空气温度为 τ 时饱和水蒸气分压力，kPa。

饱和水蒸气分压力可用下式求解：

$$p''(kPa) = 98.066\,5 \times 10^E \qquad \cdots\cdots(A25)$$

式中：$E = 0.014\,196\,6 - 3.142\,305\left(\frac{10^3}{T} - \frac{10^3}{373.16}\right) + 8.2\lg\left(\frac{373.16}{T}\right)$

$$- 0.002\,480\,4(373.16 - T) \qquad \cdots\cdots(A26)$$

式中：T——绝对温度，$T = 273.16 + \theta$。

饱和空气比焓宜根据求比焓公式求出：

$$h'' = C_g t + X''(r_0 + C_g t) \qquad \cdots\cdots(A27)$$

式中：t——饱和空气的温度，℃；

X''——饱和空气含湿量，用式(A23)求解。

空气的比焓值及饱和空气的比焓值也可借助图表求出。

A7.7.2 横流冷却塔冷却数 Ω_H 的求解——修正系数法

先按求逆流冷却塔冷却数的方法求出 Ω_n，再除以修正系数 F_0

$$\Omega_H = \frac{\Omega_H}{F_0} \qquad \cdots\cdots(A28)$$

式中：$F_0 = 1 - 0.106\left(1 - \frac{h_2'' - h_2}{h_1'' - h_1}\right)^{3.5}$ $\cdots\cdots(A29)$

A8 试验报告

试验报告应包括以下内容：

a) 注明试验按本标准；

b) 试验任务、目的；

c) 冷却塔的设计、制造、使用单位；

d) 冷却塔的型号、规格和设计、施工、运行概况，有关示意图；

e) 试验项目、仪表和测点布置；

f) 试验数据汇总、结果及说明；

g) 存在问题及分析；

h) 负责及参加试验单位和人员，试验日期。

需要全本请访问 www.ertongbook.com