



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 7190.1—2008  
代替 GB/T 7190.1—1997

## 玻璃纤维增强塑料冷却塔 第1部分：中小型玻璃纤维 增强塑料冷却塔

Glass fiber reinforced plastic cooling tower—  
Part 1: Middle and small glass fiber reinforced plastic cooling tower

2008-06-30 发布

2009-04-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
玻璃纤维增强塑料冷却塔  
第 1 部分：中小型玻璃纤维  
增强塑料冷却塔  
GB/T 7190.1—2008

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街 16 号  
邮政编码：100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电话：68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 44 千字  
2008 年 11 月第一版 2008 年 11 月第一次印刷

\*

书号：155066·1-33608

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话：(010)68533533

## 前 言

GB/T 7190《玻璃纤维增强塑料冷却塔》分为 2 个部分：

——第 1 部分：中小型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。

本部分代替 GB/T 7190.1—1997《玻璃纤维增强塑料冷却塔 第 1 部分：中小型玻璃纤维增强塑料冷却塔》。

本部分与 GB/T 7190.1—1997 相比主要变化如下：

——扩大适用范围(见第 1 章)；

——调整部分术语和定义(1997 年版的第 3 章,本版的第 3 章)；

——将冷却效率不小于 90%，修改为不小于 95.0%(1997 年版的 5.1.2.2,本版的 5.1.2.2)；

——增加了飘水率指标(见 5.4)；

——增加了飘水率试验方法(见附录 E)。

本部分的附录 A、附录 C、附录 D、附录 E 为规范性附录,附录 B 为资料性附录。

本部分由中国建筑材料联合会提出。

本部分由全国纤维增强塑料标准化技术委员会归口。

本部分负责起草单位：北京玻璃钢研究设计院、西安建筑科技大学、上海交通大学。

本部分参加起草单位：浙江联丰股份有限公司、江苏海鸥冷却塔股份有限公司、大连斯频德冷却塔有限公司、广州览讯科技开发有限公司、南京大洋冷却塔股份有限公司、山东金光集团有限公司、山东双一集团有限公司、中国良机集团、浙江金菱制冷工程有限公司、浙江上风冷却塔有限公司、广州新菱(佛冈)空调冷冻设备有限公司、北京东方睿港科技开发有限公司。

本部分主要起草人：尹证、王大哲、张立晨、吕琴、任世瑶。

本部分于 1987 年首次发布,1997 年第一次修订,本次为第二次修订。

# 玻璃纤维增强塑料冷却塔

## 第1部分：中小型玻璃纤维增强塑料冷却塔

### 1 范围

GB/T 7190 的本部分规定了中小型冷却塔的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存及其他等。

本部分适用于单塔冷却水量小于 1 000 m<sup>3</sup>/h、机力通风、装有淋水填料的混合结构开式冷却塔。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为 GB/T 7190 的本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

- GB/T 1449 纤维增强塑料弯曲性能试验方法
- GB/T 2576 纤维增强塑料树脂不可溶分含量试验方法
- GB/T 2577 玻璃纤维增强塑料树脂含量试验方法
- GB/T 3854 增强塑料巴柯尔硬度试验方法
- GB/T 8237 纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂
- GB/T 8924 纤维增强塑料燃烧性能试验方法 氧指数法
- GB/T 17470 玻璃纤维短切原丝毡和连续原丝毡
- GB/T 18370 玻璃纤维无捻粗纱布

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**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。

#### 3.2

**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。

#### 3.3

**名义冷却水流量** nominal cooling water capacity

标准设计工况的进塔冷却水流量(m<sup>3</sup>/h)。

#### 3.4

**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。



3.5

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 kg/kg(DA),DA 为干空气。

3.6

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有效距离。

3.7

喷头 **sprayer**

配水系统的末端组成部分。通常喷头内有一出水套管,即为喷嘴。

3.8

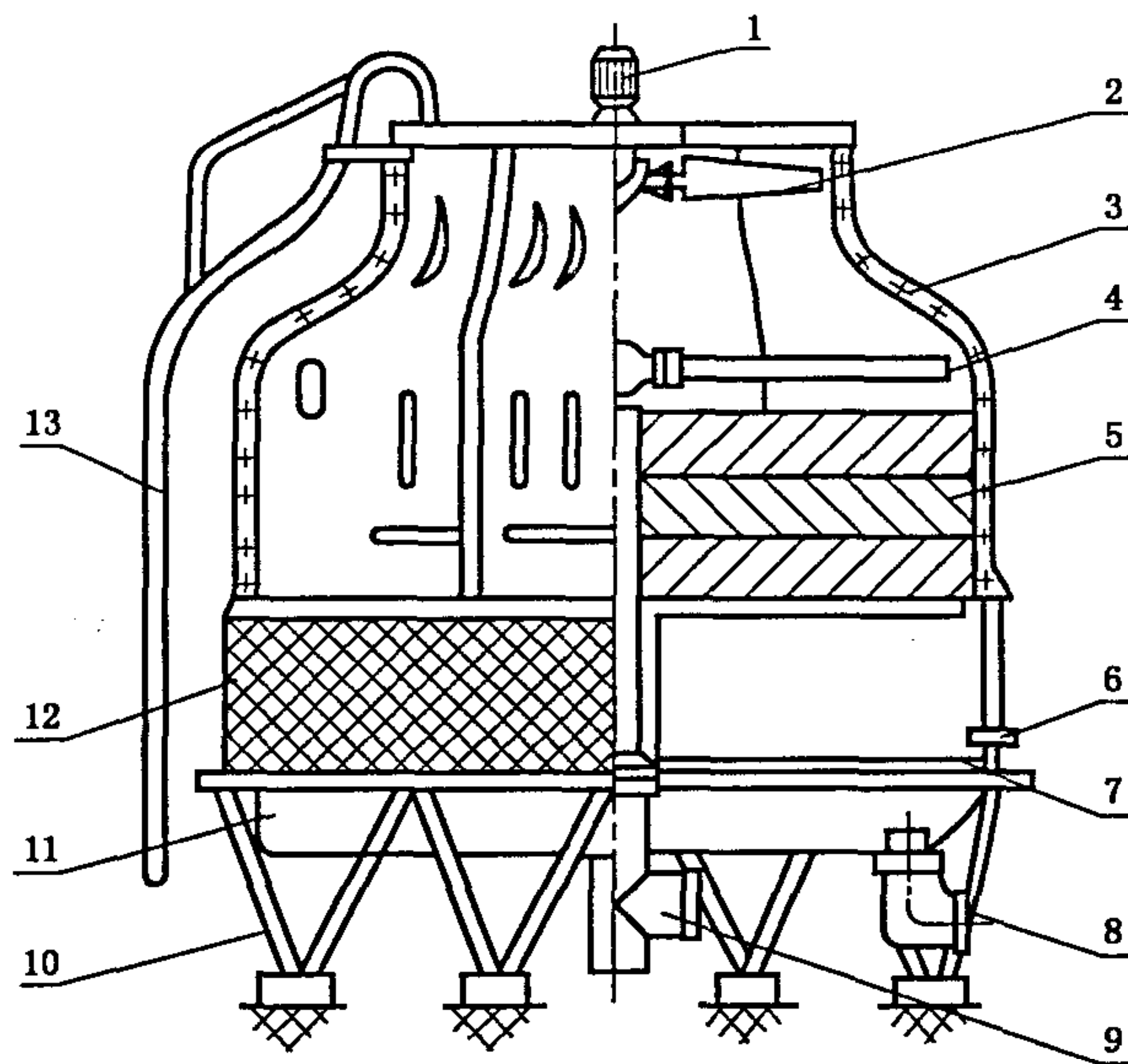
噪声的标准测点 **measuring noise standard point**

距塔进风口方向离塔壁水平距离为一个塔直径(或当量直径)、离地面(或水池顶)1.5 m 高的测点。

4 产品分类

4.1 产品型式

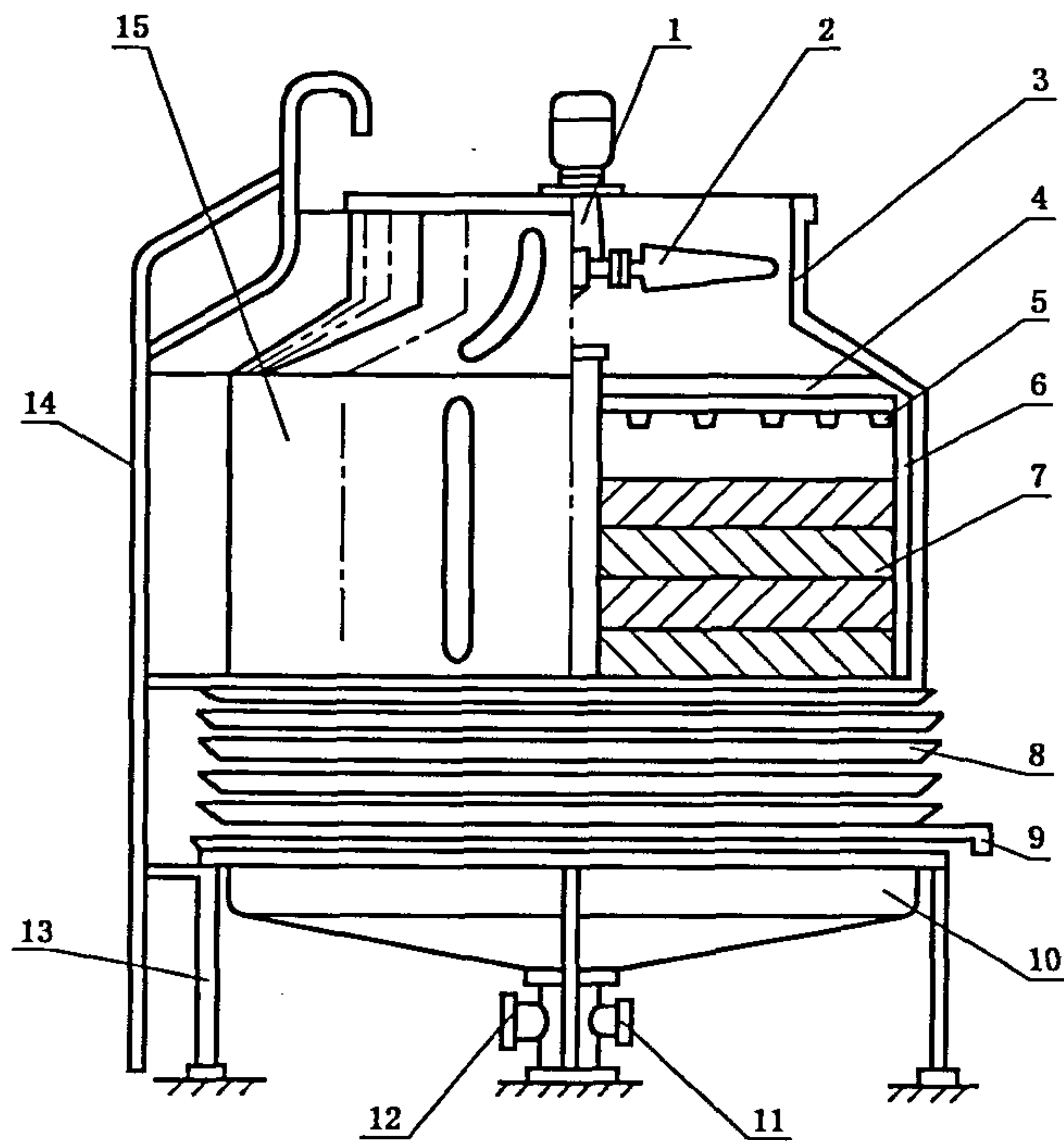
冷却塔根据水、空气在填料中的相对流向分为逆流式和横流式两种。根据塔体形状又分为圆形塔、方形塔。根据噪声风级又分为普通型、低噪声型、超低噪声型及工业型。逆流式圆形冷却塔示意图如图 1 所示;逆流式方形冷却塔示意图如图 2 所示;横流式冷却塔示意图如图 3 所示。



- 1——电动机和减速器;
- 2——叶片;
- 3——上塔体;
- 4——布水器;
- 5——填料;
- 6——补给水管;
- 7——滤水网;

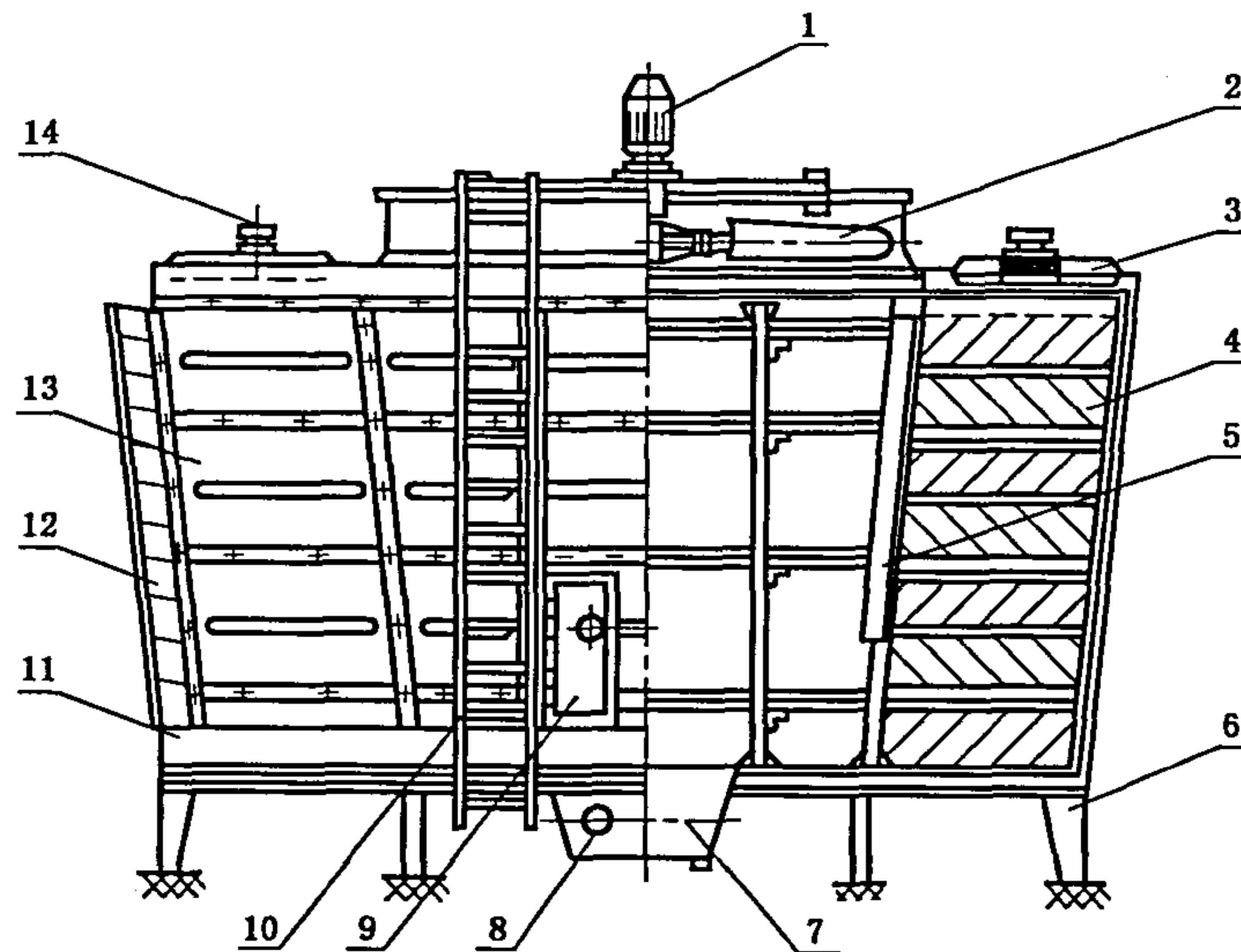
- 8——出水管;
- 9——进水管;
- 10——支架;
- 11——下塔体;
- 12——进风窗;
- 13——梯子。

图 1 逆流式圆形冷却塔示意图



- |            |         |
|------------|---------|
| 1—电动机和减速器； | 9—补给水管； |
| 2—叶片；      | 10—下塔体； |
| 3—上塔体；     | 11—进水管； |
| 4—除水器；     | 12—出水管； |
| 5—布水器；     | 13—支架；  |
| 6—钢架；      | 14—梯子；  |
| 7—填料；      | 15—中塔体。 |
| 8—进风窗；     |         |

图 2 逆流式方形冷却塔示意图

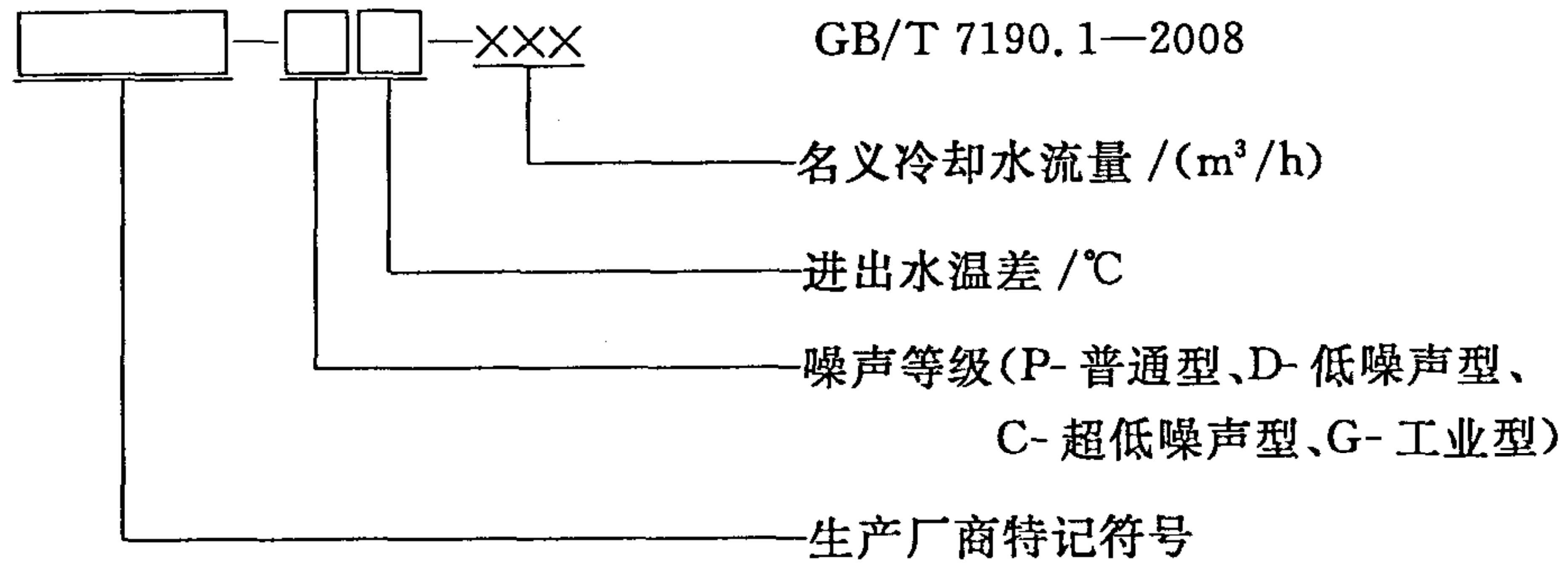


- |            |          |
|------------|----------|
| 1—电动机和减速器； | 8—出水管；   |
| 2—叶片；      | 9—门；     |
| 3—配水槽；     | 10—梯子；   |
| 4—填料；      | 11—下塔体；  |
| 5—除水器；     | 12—进风窗；  |
| 6—支架；      | 13—围护结构； |
| 7—集水箱；     | 14—进水管。  |

图 3 横流式冷却塔示意图

4.2 产品标记

冷却塔按生产厂商特记符号、噪声等级、进出水温差、名义冷却水流量和标准号进行标记。



示例：表示 BNC 公司生产的低噪声、5℃温差系列、名义冷却水流量 100 m<sup>3</sup>/h，执行 GB/T 7190.1—2008 的冷却塔标记为：

BNC-D5-100 GB/T 7190.1—2008

5 技术要求

5.1 热力性能

5.1.1 标准设计工况

各类冷却塔的标准设计工况见表 1。

表 1 标准设计工况

| 标准设计     | 塔 型  |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|
|          | P 型  | D 型  | C 型  | G 型  |
| 进水温度/℃   | 37.0 | 37.0 | 37.0 | 43.0 |
| 出水温度/℃   | 32.0 | 32.0 | 32.0 | 33.0 |
| 设计温差/℃   | 5.0  | 5.0  | 5.0  | 10.0 |
| 湿球温度/℃   | 28.0 | 28.0 | 28.0 | 28.0 |
| 干球温度/℃   | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 31.5 |
| 大气压力/kPa | 99.4 |      |      |      |

注：对其他设计工况的产品，必须换算到标准设计工况，并在样本或产品说明书中，按标准设计工况标记冷却水流量。

5.1.2 冷却能力

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  $\eta$  不小于 95.0%。

5.2 噪声

冷却塔的噪声指标应不超过表 2 的规定值。

表 2 冷却塔的噪声指标

| 名义冷却水流量/(m <sup>3</sup> /h) | 噪声指标/dB(A) |      |      |      |
|-----------------------------|------------|------|------|------|
|                             | P 型        | D 型  | C 型  | G 型  |
| 8                           | 66.0       | 60.0 | 55.0 | 70.0 |
| 15                          | 67.0       | 60.0 | 55.0 | 70.0 |
| 30                          | 68.0       | 60.0 | 55.0 | 70.0 |
| 50                          | 68.0       | 60.0 | 55.0 | 70.0 |
| 75                          | 68.0       | 62.0 | 57.0 | 70.0 |



表 2 (续)

| 名义冷却水<br>流量/(m <sup>3</sup> /h) | 噪声指标/dB(A) |      |      |      |
|---------------------------------|------------|------|------|------|
|                                 | P 型        | D 型  | C 型  | G 型  |
| 100                             | 69.0       | 63.0 | 58.0 | 75.0 |
| 150                             | 70.0       | 63.0 | 58.0 | 75.0 |
| 200                             | 71.0       | 65.0 | 60.0 | 75.0 |
| 300                             | 72.0       | 66.0 | 61.0 | 75.0 |
| 400                             | 72.0       | 66.0 | 62.0 | 75.0 |
| 500                             | 73.0       | 68.0 | 62.0 | 78.0 |
| 700                             | 73.0       | 69.0 | 64.0 | 78.0 |
| 800                             | 74.0       | 70.0 | 67.0 | 78.0 |
| 900                             | 75.0       | 71.0 | 68.0 | 78.0 |
| 1 000                           | 75.0       | 71.0 | 68.0 | 78.0 |

注 1: 介于两流量间时, 噪声指标按线性插值法确定。  
注 2: 对噪声指标有特殊要求时, 由供需双方商定。

### 5.3 耗电比

实测耗电比: 在电动机的实际工作电流不大于其额定电流的条件下, G 型塔不大于 0.05 kW/(m<sup>3</sup>/h); 其他型塔不大于 0.035 kW/(m<sup>3</sup>/h)。

### 5.4 飘水率

冷却塔的飘水率, 不大于名义冷却水流量的 0.015%。

### 5.5 玻璃钢件

#### 5.5.1 外观

5.5.1.1 塔体外表面应有均匀的胶衣层, 表面应光滑、无裂纹、色泽均匀。

5.5.1.2 塔体表面的气泡和缺损允许修补, 但应保持色泽基本一致。修补后的塔体外表面上直径 3 mm~5 mm 的气泡在 1 m<sup>2</sup> 内不允许超过 3 个; 不允许有直径大于 5 mm 以上的气泡。

5.5.1.3 下塔体内表面应为富树脂层。

5.5.1.4 塔体边缘应整齐、厚度均匀、无分层、切割加工断面应加封树脂。

#### 5.5.2 树脂含量

5.5.2.1 玻璃钢塔体的树脂含量: 富树脂层应在 70% 以上; 短切毡和喷射成型层应在 65% 以上; 结构层为 45%~55%。

5.5.2.2 玻璃钢风机叶片的树脂含量为 43%~50%。

#### 5.5.3 固化度

聚酯玻璃钢的固化度不小于 80%; 环氧玻璃钢的固化度不小于 90%。

#### 5.5.4 弯曲强度

织物增强聚酯玻璃钢的弯曲强度不低于 147 MPa; 织物增强环氧玻璃钢的弯曲强度不低于 196 MPa; 短切毡增强玻璃钢的弯曲强度不低于 78.4 MPa。

#### 5.5.5 巴氏硬度

聚酯玻璃钢的巴氏硬度不小于 35。

#### 5.5.6 阻燃性能

对有阻燃要求的冷却塔, 玻璃钢的氧指数不低于 28%。



## 5.6 金属件

5.6.1 除有色金属外,所有黑色金属部件(包括连接件)表面应作去油、防锈、防腐处理。

5.6.2 玻璃钢件内的预埋金属件,应作去油、除锈、打毛、清洗处理。

## 6 试验方法

### 6.1 热力性能

6.1.1 性能试验见附录 A。

6.1.2 当冷却水量等于名义冷却水流量、进塔水温为  $37\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、进塔空气湿球温度为  $10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  的时,可采用简便的热力性能测试法,参见附录 B。

### 6.2 噪声

噪声试验见附录 C。

### 6.3 耗电比和不淋水塔风量

6.3.1 耗电比试验见附录 D。

6.3.2 不淋水时塔的风量采用微速风表、热球风速仪、毕托管等风速仪表测量冷却塔的进风口或出风口的风速,然后根据进风口或出风口的面积换算成进塔或出塔空气量,即不淋水时塔的风量。

### 6.4 飘水率

飘水率试验见附录 E。

### 6.5 玻璃钢件性能

#### 6.5.1 试件

采用随炉试样。对塔体也可在观察窗开孔处取样。

#### 6.5.2 外观

目测。

#### 6.5.3 树脂含量

树脂含量试验按 GB/T 2577 的规定进行。

#### 6.5.4 固化度

固化度试验按 GB/T 2576 的规定进行。

#### 6.5.5 巴氏硬度

巴氏硬度试验按 GB/T 3854 的规定进行。

#### 6.5.6 弯曲强度

弯曲强度试验按 GB/T 1449 的规定进行。

#### 6.5.7 阻燃性能

氧指数试验按 GB/T 8924 的规定进行。

### 6.6 金属件

金属件外观采用目测方法。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

### 7.2 出厂检验

#### 7.2.1 检验项目

a) 产品外观、巴氏硬度应逐个进行检查。

b) 树脂含量、弯曲强度、不淋水时塔的风量,按表 3 组批和抽检。

表 3 抽样方案

| 批量范围/(台) | 取样数 | 判定数组 |    |
|----------|-----|------|----|
|          |     | Ac   | Re |
| 1~15     | 2   | 0    | 1  |
| 16~25    | 3   | 0    | 1  |
| 26~90    | 5   | 0    | 1  |
| 91~150   | 8   | 1    | 2  |
| 151~280  | 13  | 1    | 2  |
| 281~500  | 13  | 1    | 2  |

注 1: Ac——作出批合格判断样本中所允许的最大不合格品数或不合格数。  
注 2: Re——作出批不合格判断样本中所不允许的最小不合格品数或不合格数。

### 7.2.2 判定规则

- 外观符合 5.5.1、5.6 规定,判该项合格。如不符合该条规定,允许修补一次;如修补后符合规定,则判该项合格,否则为不合格;
- 巴氏硬度符合 5.5.5 的规定,判该项合格。如不符合该条规定,允许进行处理,15 天后再次试验,如已符合规定,判该项合格,否则为不合格;
- 树脂含量、弯曲强度、风机耗电比符合相应的规定,则判相应项为合格,否则为不合格;
- 不淋水塔风量测定值不小于设计值为合格,若不符合此要求,允许调整风机叶片安装角一次,再次检验,若符合要求,判为合格,否则为不合格。

以上各项全部符合要求,则判该批冷却塔出厂检验合格;否则为不合格。

### 7.3 型式检验

#### 7.3.1 检验项目

第 6 章中的全部项目。

#### 7.3.2 检验条件

有下列情况之一时,应对临近检验时生产的一台冷却塔进行型式检验。

- 首制塔;
- 主要原材料或工艺方法有较大改变时;
- 正常生产每满三年时;
- 停产一年以上,恢复生产时;
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- 质量监督机构提出要求或供需双方发生争议时。

#### 7.3.3 判定规则

- 热力性能、噪声、耗电比、飘水率分别符合相应要求时为合格。如其中任何一项未符合要求,在不更换零部件的前提下,允许采取一次补救措施,重做试验(热力性能、噪声、耗电比、飘水率同时进行),若该项已符合要求且另两项仍符合要求,则判该项合格,否则判该项不合格。
- 玻璃钢符合 5.5、金属件符合 5.6 要求为合格。如某项不合格,允许重新取样做不合格项试验,如已符合要求,则判该项合格;否则判该项不合格。
- 每项指标均符合要求,判该塔合格。

## 8 标志、包装、运输和贮存

### 8.1 标志

塔体上应有产品标记、设计单位、制造厂名和生产日期等。

## 8.2 包装

8.2.1 包装必须牢固可靠,有安全起吊标志。

8.2.2 随同产品提供如下文件:

- a) 样本或产品说明书:主要包括设计湿球温度、进出塔水温、冷却水流量、风量、电动机功率、标准点噪声、主要安装尺寸、基本尺寸、基础载荷、安装及维修说明;产品样本或产品说明书应提供根据热力测试资料计算的热力性能曲线,以供用户在非标准设计工况时确定冷却塔的有关参数;

注:样本及产品说明书,必须与销售过程中提供给选用单位的一致。

- b) 出厂合格证;

- c) 产品说明书:主要包括安装尺寸,基础尺寸,基础荷载,安装和维护等;

- d) 产品易损件明细表;

- e) 装箱单。

## 8.3 运输

齿轮减速器不可倒放,塔体和风机叶片及填料等上面不准堆放重物。

## 8.4 贮存

8.4.1 齿轮减速器不可倒放,应室内存放。

8.4.2 玻璃钢件和淋水填料不许暴晒和堆压重物,存放处应干燥、防水、防火,无腐蚀介质。

8.4.3 风机应妥善保管,防止叶片变形。

## 9 其他

### 9.1 原材料

9.1.1 玻璃钢塔体,玻璃纤维毡应符合 GB/T 17470 的规定,玻璃纤维无捻粗纱应符合 GB/T 18369 的规定,玻璃纤维布应符合 GB/T 18370 的规定,不饱和聚酯树脂应符合 GB/T 8237 的规定。

9.1.2 当冷却塔的进水温度大于 46 °C 时,应采用相应的基体材料和成型工艺。

### 9.2 风机

9.2.1 风机特性参数应符合设计工况要求,其主要配件(如电动机、减速器)应符合有关技术规定。

9.2.2 任何材质的风机叶片要求强度可靠,表面光洁,各截面过渡均匀、无裂纹、缺口、毛刺等缺陷。玻璃钢风机叶片的表面,其可见气泡直径不大于 3 mm,展向每 100 mm 区域内气泡数不超过 3 个。

9.2.3 风机组装前,风机叶片应作静平衡试验,并按“刚性转子平衡精度”,取 G6.3 等级,平衡力矩由计算求出。叶片平衡后应定位、编号。

9.2.4 叶尖距风筒内壁之间的间隙应保持均匀,其值宜不大于 0.008D(D 为风机直径)。

9.2.5 风机传动系统采用皮带传动型式时,皮带轮应与风机同时进行静平衡试验。

9.2.6 电动机必须采用户外电动机。

### 9.3 布水系统

应将冷却水均匀布洒在填料顶部。

9.3.1 采用旋转布水器布水时,应保证布水管正常运转,管上开孔方向正确、孔口光滑,管端与塔体间隙以 20 mm 为宜,管底与填料间隙宜不小于 50 mm。

9.3.2 横流塔宜采用带盖板的池式布水,配水池应水平,孔口光滑,积水深度宜不小于 50 mm。

### 9.4 淋水填料

9.4.1 填料材料应选用冷却效率高、通风阻力小的阻燃材料。

9.4.2 填料安装时要求间隙均匀、顶面平整、无塌落和叠片现象,每平方米能承受力 2.94 kN,填料片不得穿孔破裂。



**9.5 抗震要求**

对有抗震要求的冷却塔,结构设计时应根据地震设防烈度进行防震计算。

**9.6 塔体刚度**

塔体刚度应符合设计要求。

**9.7 试验报告**

9.7.1 冷却塔的热力性能、噪声、耗电比、飘水率等指标相互关联,不宜就其中某项指标做单独测试并出具测试报告。

9.7.2 试验报告内容包括以下各项中的全部或部分:

- a) 试验任务、目的;
- b) 冷却塔设计、施工、运行的概况及有关示意图;
- c) 方法、仪表及测点布置;
- d) 试验记录整理、数据汇总;
- e) 试验计算结果、数据汇总;
- f) 存在问题及分析;
- g) 负责与参加试验的单位、人员、试验日期。

附 录 A  
(规范性附录)  
热力性能试验方法

A.1 范围

本方法适用于单塔冷却水量小于 1 000 m<sup>3</sup>/h、有淋水填料的机力通风冷却塔。

A.2 原理

冷却塔的实测冷却能力与设计冷却能力有可比性,前提是需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,用实测风量(或设计风量)及实测工况,求出实测交换数,将该交换数代入标准设计的冷却水流量、进塔水温、湿球温度及对应的实测风量(或设计风量),求出出塔水温进行评价。

A.3 仪表

A.3.1 通风干湿球温度计,最小分度值不大于 0.2 °C,精度不低于 0.5 级。

A.3.2 气压计。

A.3.3 毕托管和压差计,孔板、堰板或电磁流量计、超声波流量计。

A.3.4 棒式水银温度计,最小分度值不大于 0.1 度,精度不低于 0.2 级;或热电偶、铂电阻温度计,最小分度值不大于 0.1 度。精度不低于 0.2 级。

A.3.5 三相功率表和互感器。

A.3.6 旋桨式风速仪、微速风表。

A.4 条件

A.4.1 新塔或运行一年以内。

A.4.2 空气湿球温度应在 10 °C~31 °C,最好在夏季测试。

A.4.3 应在环境风速小于 4 m/s、阵风小于 7 m/s、无雨的条件下测试。

A.4.4 进塔水流量应为设计水流量 90%~110%。

A.4.5 进塔水温应为( $t_b \pm 2$ )°C( $t_b$  为设计进塔水温)。

A.4.6 进塔水质总固体不超过 5 000 mg/L,含油(包括焦油)不超过 10 mg/L,不含有直径大于 5 mm 的机械性杂质。

A.5 步骤

A.5.1 仪表检验

所用仪表必须经检验合格,在有效期内。

A.5.2 仪表安装布点

a) 干湿球温度计安装在距进风口外 2 m~5 m 处,距地面 1.5 m。温度计应避开阳光直射,所在空间通风良好;

b) 测量大气的气压计的测点布置同 A.5.2a,但只设一个测点。也可选用附近气象站的相应参数;

- c) 测量进塔流量的仪表应安装在进塔水管上,测点前后均需有(5~7)个倍管径的平直段;
- d) 侧进塔水温的测点应靠近冷却塔的壓力管内,在管道上应事先焊上装温度计的铜管,并内装少许机油,使传热均匀,横流塔也可布置在配水槽内;
- e) 测出塔温度的温度计布置在出水管或回水沟内;
- f) 测进塔空气流量应在塔的出风口用毕托管和微压计测出压差再计算出风量;当无条件在风筒喉部测量时,也可在冷却塔进风口采用风速仪进行测量,宜将进风断面分为若干等面积的方格,在每个方格中心测量风速,方格尺寸宜不大于(1.0×1.0)m<sup>2</sup>。

#### A.5.3 每组测试数据的允差范围

- a) 进塔空气湿球温度:±1.0℃;
- b) 进塔水温:±1℃;
- c) 进塔水流量:±5%;
- d) 水温降:±5%。

#### A.5.4 每组测试数据稳定时间

在 A.5.3 允差范围内稳定 30 min。出塔水温比进塔水温滞后 2 min~5 min 读数。

#### A.5.5 有效测试数据组数

有效测试数据组数不少于 3 组。

### A.6 结果及计算

#### A.6.1 热力性能按式(A.1)计算:

$$\eta = \frac{\Delta t_t}{\Delta t_c} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$\eta$ ——实测冷却能力与设计冷却能力的百分比, %;

$\Delta t_t$ ——实测的进出塔水温差,单位为摄氏度(℃);

$\Delta t_c$ ——修正到标准设计工况后的进出塔水温差,单位为摄氏度(℃)。

#### A.6.2 所需参数的计算公式。

##### A.6.2.1 进塔空气相对湿度按式(A.2)计算:

$$\Phi = \frac{p''_{\tau} - Ap_0(\theta_1 - \tau)}{p''_{\theta_1}} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$\Phi$ ——进塔空气相对湿度, %;

$p''_{\tau}$ ——进塔空气在湿球温度  $\tau$  时饱和空气的水蒸气分压,单位为千帕(kPa);

$p''_{\theta_1}$ ——进塔空气在干球温度  $\theta_1$  时饱和空气的水蒸气分压,单位为千帕(kPa);

$A$ ——不同干湿球温度计的系数。屋式阿弗古斯特干湿球温度计为  $A=0.000\ 797\ 4$ ;通风式阿斯曼干湿球温度计为  $A=0.000\ 662$ ;

$p_0$ ——大气压力,单位为千帕(kPa);

$\theta_1$ ——干球温度,单位为摄氏度(℃);

$\tau$ ——湿球温度,单位为摄氏度(℃)。

饱和空气的水蒸气分压在 0℃~100℃时按式(A.3)计算:

$$\lg p'' = 2.005\ 717\ 3 - 3.142\ 305 \left( \frac{10^3}{T} - \frac{10^3}{373.16} \right) + 8.2 \lg \frac{373.16}{T} - 0.002\ 480\ 4(373.16 - T) \quad \dots\dots\dots (A.3)$$



式中:

$p''$ ——饱和空气的蒸汽分压,单位为千帕(kPa);

$T$ ——绝对温度, $T=(273.16+t)$ ,单位为开尔文(K)。

A.6.2.2 进塔干空气密度按式(A.4)计算:

$$\rho_1 = \frac{(p_0 - \Phi p''_{\theta_1}) \times 10^3}{287.14(273 + \theta_1)} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

$\rho_1$ ——进塔干空气密度,单位为千克每立方米(kg/m<sup>3</sup>);

$p_0$ 、 $\Phi$ 、 $\theta_1$ 与  $p''_{\theta_1}$  同式(A.2)。

A.6.2.3 气水比按式(A.5)计算:

$$\lambda = \frac{\rho_1 G}{Q} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

$\lambda$ ——气水比;

$G$ ——风量,单位为立方米每小时(m<sup>3</sup>/h);

$Q$ ——冷却水流量(质量流量),单位为千克每小时(kg/h)。

$\rho_1$ 同式(A.4)。

A.6.2.4 进塔空气焓按式(A.6)计算:

$$h_1 = 1.006\theta_1 + 0.622(2\,500 + 1.858\theta_1) \frac{\Phi p''_{\theta_1}}{p_0 - \Phi p''_{\theta_1}} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

$h_1$ ——进塔空气焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);

$\theta_1$ 、 $\Phi$ 、 $p''_{\theta_1}$ 、 $p_0$ 同式(A.2)。

A.6.2.5 出塔空气焓按式(A.7)计算:

$$h_2 = h_1 + \frac{C_w \Delta t}{k \cdot \lambda} \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

$h_2$ ——出塔空气焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);

$h_1$ ——进塔空气焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);

$C_w$ ——水的比热, $C_w=4.187$  kJ/(kg·°C);

$\Delta t$ ——水温降,单位为摄氏度(°C);

$k$ ——系数, $k=1 - \frac{t_2}{586 - 0.56(t_2 - 20)}$ ;

$\lambda$ 同式(A.5)。

A.6.2.6 塔内空气的平均焓按式(A.8)计算:

$$h_m = \frac{h_2 + h_1}{2} \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

$h_m$ ——塔内空气的平均焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);

$h_1$ 、 $h_2$ 同式(A.7)。

A.6.2.7 温度为  $t$  时,饱和空气焓按式(A.9)计算:

$$h'' = 1.006t + 0.622(2\,500 + 1.858t) \frac{p''_t}{p_0 - p''_t} \dots\dots\dots (A.9)$$

式中:

- $h''$ ——温度  $t$  时的饱和空气焓, 单位为千焦每千克(kJ/kg);
- $p''$ ——温度  $t$  时的饱和空气的水蒸气分压, 单位为千帕(kPa);
- $p_0$  同式(A. 2)。

A. 6.3 逆流式冷却塔热力按式(A. 10)计算:

$$N = \frac{k\beta_w V}{Q} = \int_{t_2}^{t_1} \frac{C_w dt}{h'' - h} \dots\dots\dots (A. 10)$$

式中:

- $N$ ——交换数;
- $\beta_w$ ——容积散质系数, 单位为千克每[立方米·小时][(kg/(m<sup>3</sup>·h))];
- $V$ ——淋水填料体积, 单位为立方米(m<sup>3</sup>);
- $h$ ——空气焓, 单位为千焦每千克(kJ/kg);
- $k, C_w$  同式(A. 7);
- $Q$  同式(A. 5);
- $h''$  同式(A. 9);
- $t_1$ ——进塔水温, 单位为摄氏度(°C);
- $t_2$ ——出塔水温, 单位为摄氏度(°C)。

式(A. 10)的积分可采用辛普森两段近似积分公式, 如下式(A. 11):

$$C_w \int_{t_2}^{t_1} \frac{dt}{h'' - h} = \frac{C_w \Delta t}{6} \left( \frac{1}{h''_2 - h_1} + \frac{4}{h''_m - h_m} + \frac{1}{h''_1 - h_2} \right) \dots\dots\dots (A. 11)$$

式中:

- $h''_m$ ——平均水温  $(t_1 + t_2)/2$  的饱和空气焓, 单位为千焦每千克(kJ/kg);
- $h''_1$ ——进塔水温  $t_1$  的饱和空气焓, 单位为千焦每千克(kJ/kg);
- $h''_2$ ——出塔水温  $t_2$  的饱和空气焓, 单位为千焦每千克(kJ/kg)。

A. 6.4 横流式冷却塔热力按式(A. 12)计算:

$$N = \frac{k\beta_w V}{Q} = \frac{C_w}{L} \int_0^L \int_0^H \frac{1}{i'' - i} \times \frac{\partial^2 t}{\partial x \partial z} dz dx \dots\dots\dots (A. 12)$$

式中:

- $L$ ——填料径深, 单位为米(m);
- $H$ ——填料高度, 单位为米(m)。

式(A. 12)中积分可采用平均焓差计算, 如下式(A. 13):

$$\frac{C_w}{L} \int_0^L \int_0^H \frac{1}{h'' - h} \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial x \partial z} dz dx = \frac{C_w \Delta t}{\Delta h_m} \dots\dots\dots (A. 13)$$

式中:

- $\Delta h_m$ ——平均焓差, 单位为千焦每千克(kJ/kg),  $\Delta h_m = x(h''_1 - \delta''_i - h_1)$ ;
- $x$ —— $\eta$  和  $\zeta$  的函数, 由图(A. 1)中查出。

其中:

$$\eta = \frac{h''_1 - h''_2}{h''_2 - \delta''_i - h_1};$$

$$\zeta = \frac{h_2 - h_1}{h''_2 - \delta''_i - h_1};$$

$$\delta''_i = \frac{h''_1 + h''_2 - 2h''_m}{4}.$$

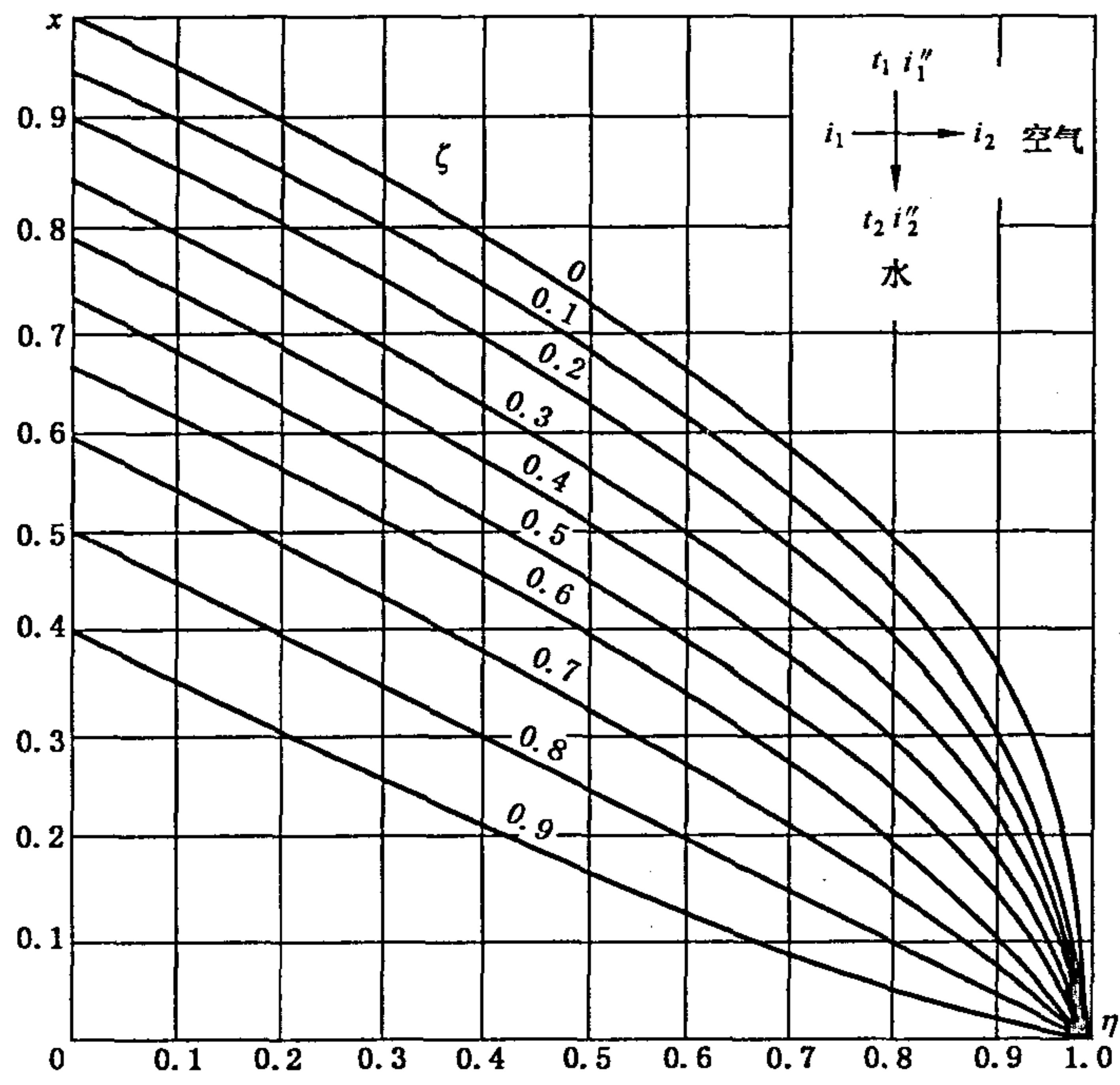


图 A.1 横流塔平均焓差计算曲线图



附录 B  
(资料性附录)

标准设计工况冷却塔的简便热力性能试验方法

B.1 范围

本试验方法适用于单塔冷却水量小于  $1\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$ 、有淋水填料、标准设计工况  $5\ ^\circ\text{C}$  温差的机力通风冷却塔。

B.2 原理

同 A.2。

B.3 仪表

同 A.3。

B.4 条件

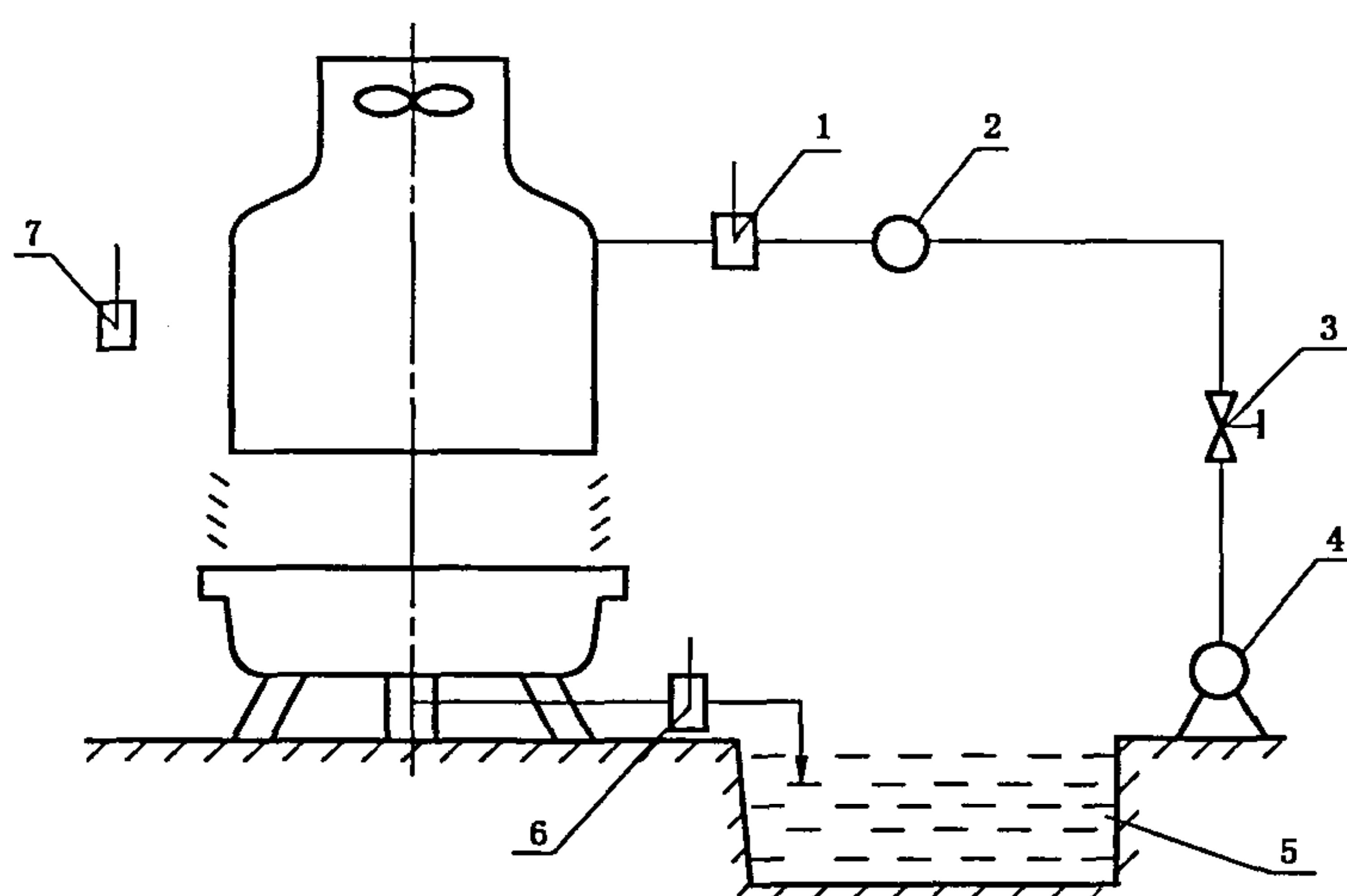
B.4.1 标准设计工况下的冷却塔。

B.4.2 其他条件同 A.4。

B.5 步骤

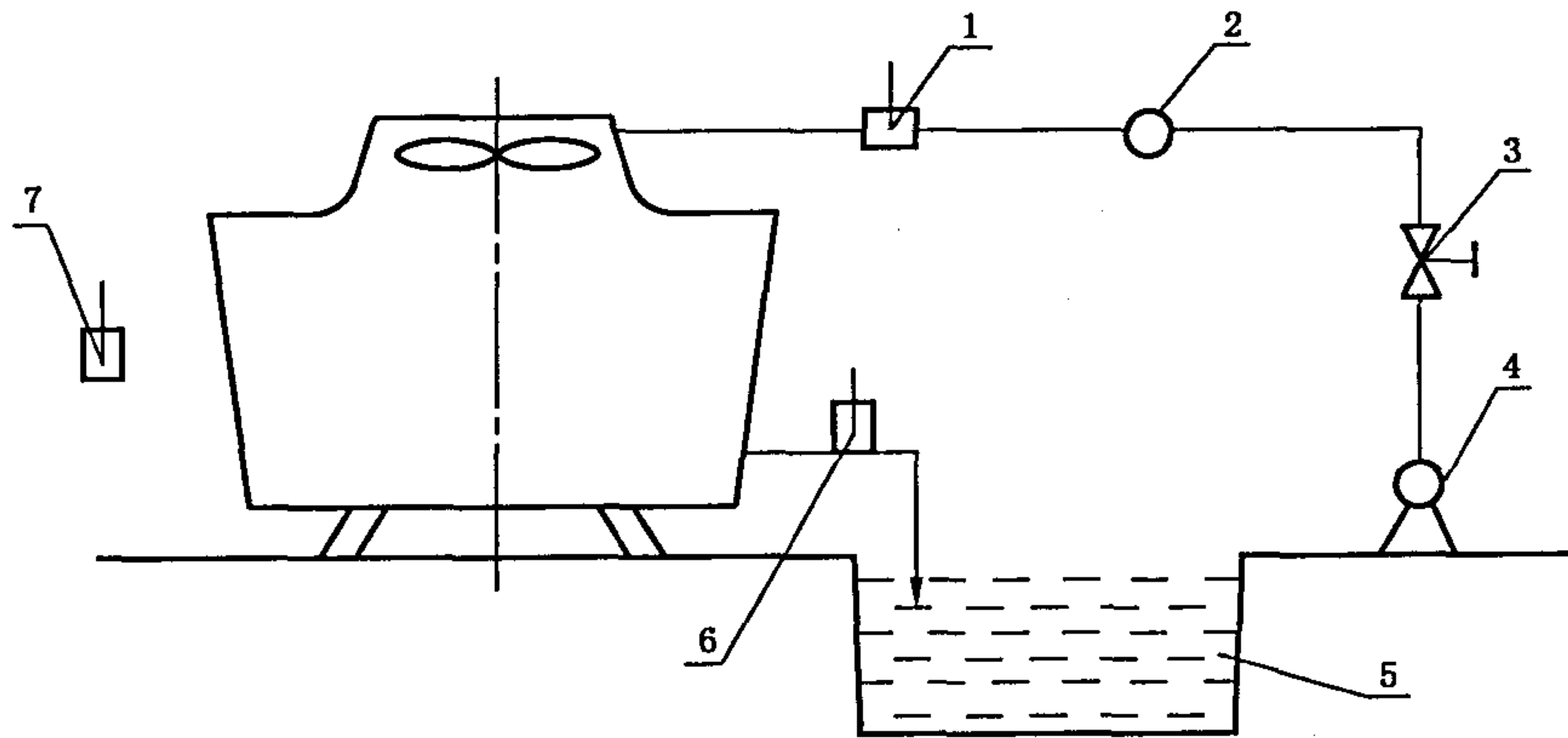
B.5.1 装置

试验装置见图 B.1、图 B.2。



- 1——温度计；
- 2——流量计；
- 3——流量调节阀；
- 4——泵；
- 5——热力；
- 6——温度计；
- 7——干湿球温度计。

图 B.1 逆流式试验塔



- 1——温度计；
- 2——流量计；
- 3——调节流量阀；
- 4——泵；
- 5——热力；
- 6——温度计；
- 7——干湿球温度计。

图 B.2 横流式试验塔

B.5.2 其他步骤同 A.5。

B.6 结果及计算

B.6.1 标准设计工况冷却塔(包括低噪声塔和超低噪声塔)按附录 A 进行测试,将三次以上的试验平均值代入式 B.1,先将在允许变化范围的进水温度换算成设计工况的进水温度(即 37 °C)的水温降。

$$\Delta t_B = \Delta t \left[ 1 + \frac{t_1 - \tau + 45 - \Delta t}{45(t_1 - \tau) - \frac{\Delta t^2}{3}} (t_B - t_1) \right] \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- $\Delta t_B$ ——标准设计工况进水温度(37 °C)的水温降,单位为摄氏度(°C)；
- $\Delta t$ ——测定的水温降,单位为摄氏度(°C)；
- $t_1$ ——测定的进水温度,单位为摄氏度(°C)；
- $\tau$ ——测定的湿球温度,单位为摄氏度(°C)；
- $t_B$ ——设计的进水温度,37 °C。

B.6.2 设计湿球温度是应用气象站使用的屋式温度计所得数据的统计值。因此,如用通风式(阿斯曼)湿度计测试,所测得的湿球温度加修正值  $\Delta\tau$  等于屋式湿度计测得的湿球温度(见图 B.3)。

B.6.3 由水温降  $\Delta t_B$  和湿球温度  $\tau$ ,利用图 B.4 换算成标准型设计工况(即  $\tau$  为 28 °C)的水温降。具体方法如图 B.5 所示:在横坐标上取测得的湿球温度  $\tau$  值与纵坐标上的水温降  $\Delta t_B$  相交于 B 点,作曲线群的平行线与横坐标上的设计湿球温度 28 °C 相交于 C 点,从 C 点作平行线至纵轴,即可求出该测试塔在设计工况的水温降( $\Delta t_A$ )。

B.6.4 按式(B.2)计算被测冷却塔的热力性能,比值不小于 95.0%为合格。

$$\eta = \frac{\text{被测塔水温降}}{5} \times 100 = \frac{\Delta t_A}{5} \times 100 \dots\dots\dots (B.2)$$

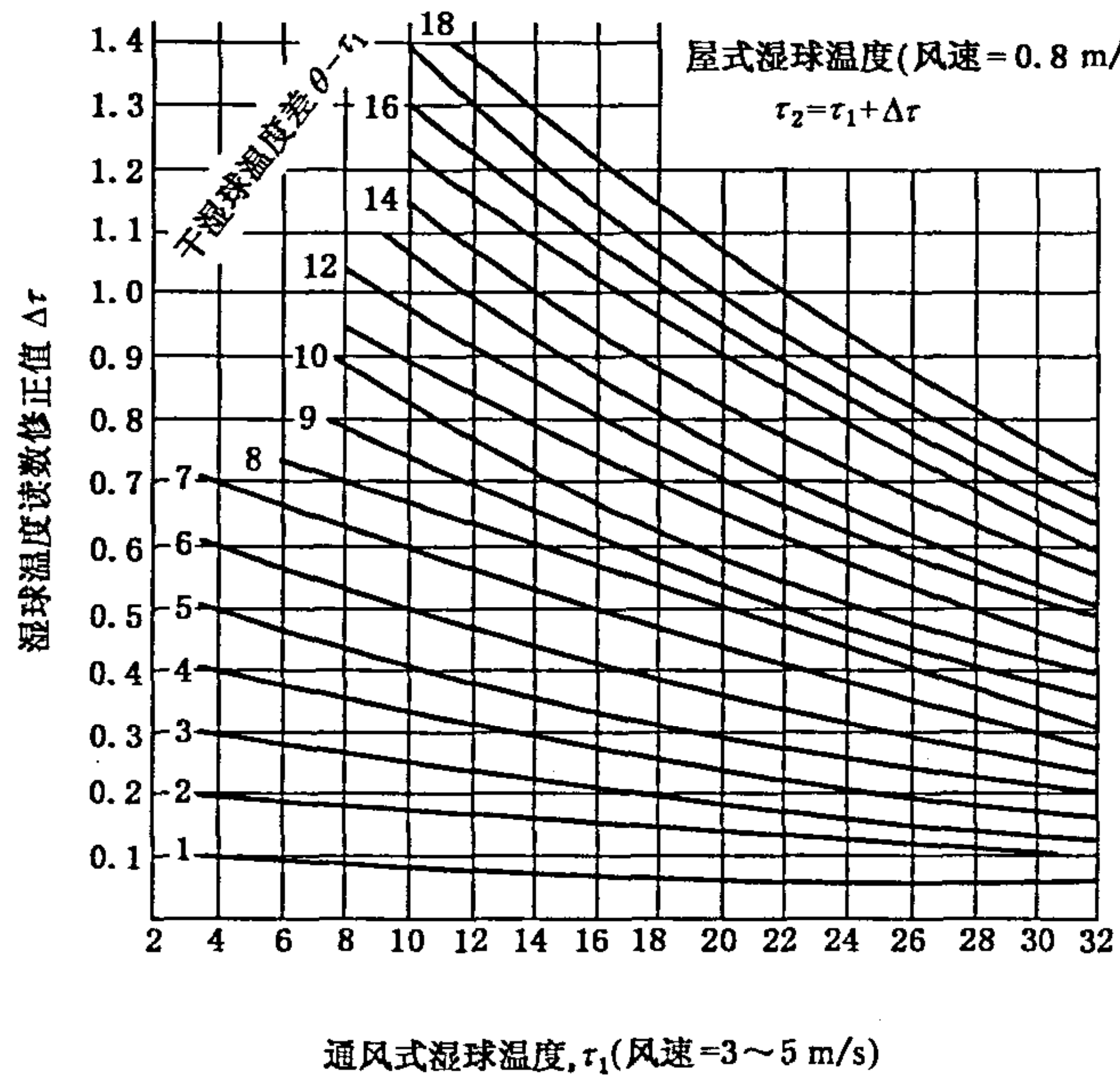


图 B.3 湿球温度换算曲线表



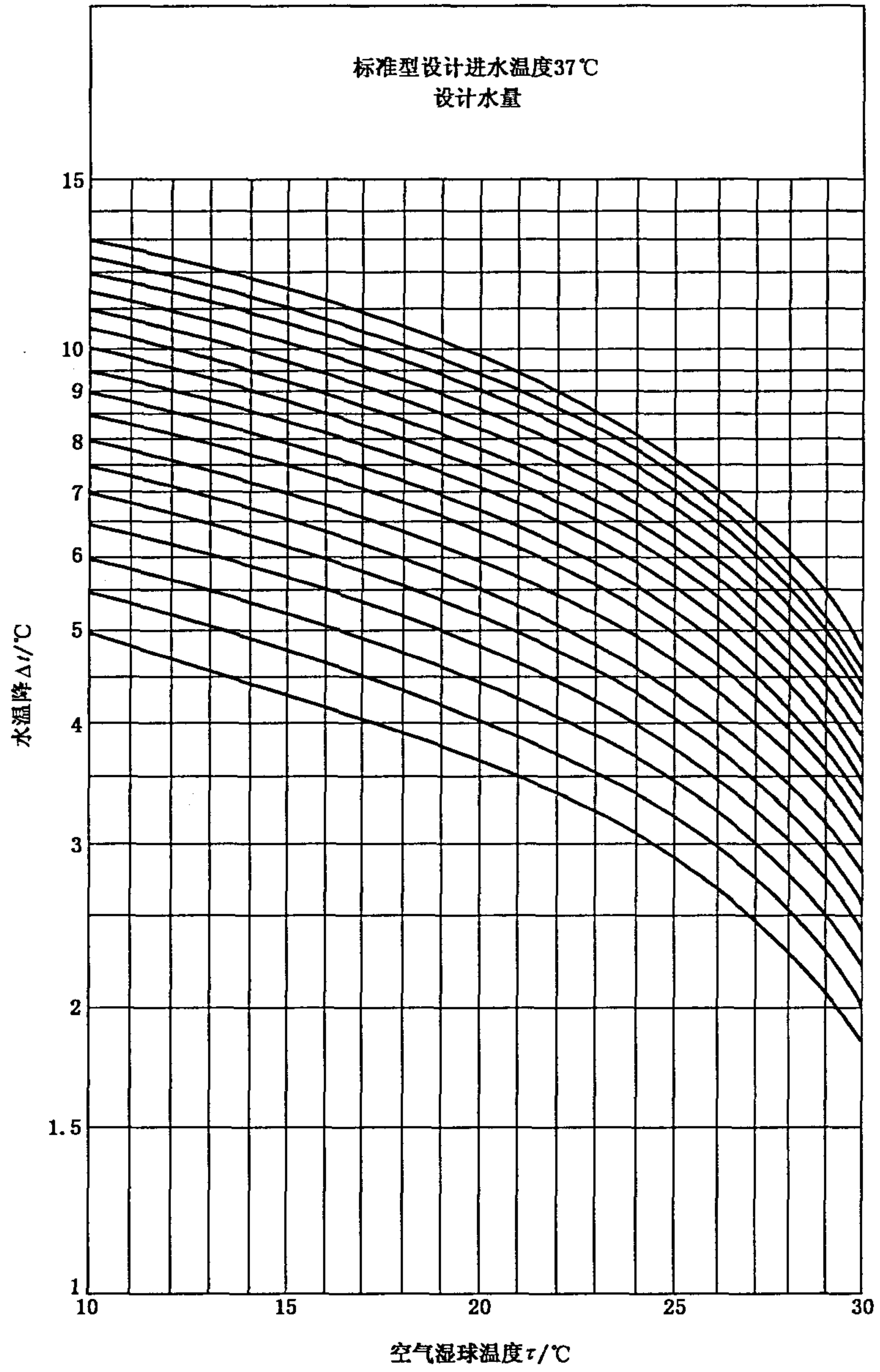


图 B.4 冷却塔  $\Delta t-\tau$  曲线图

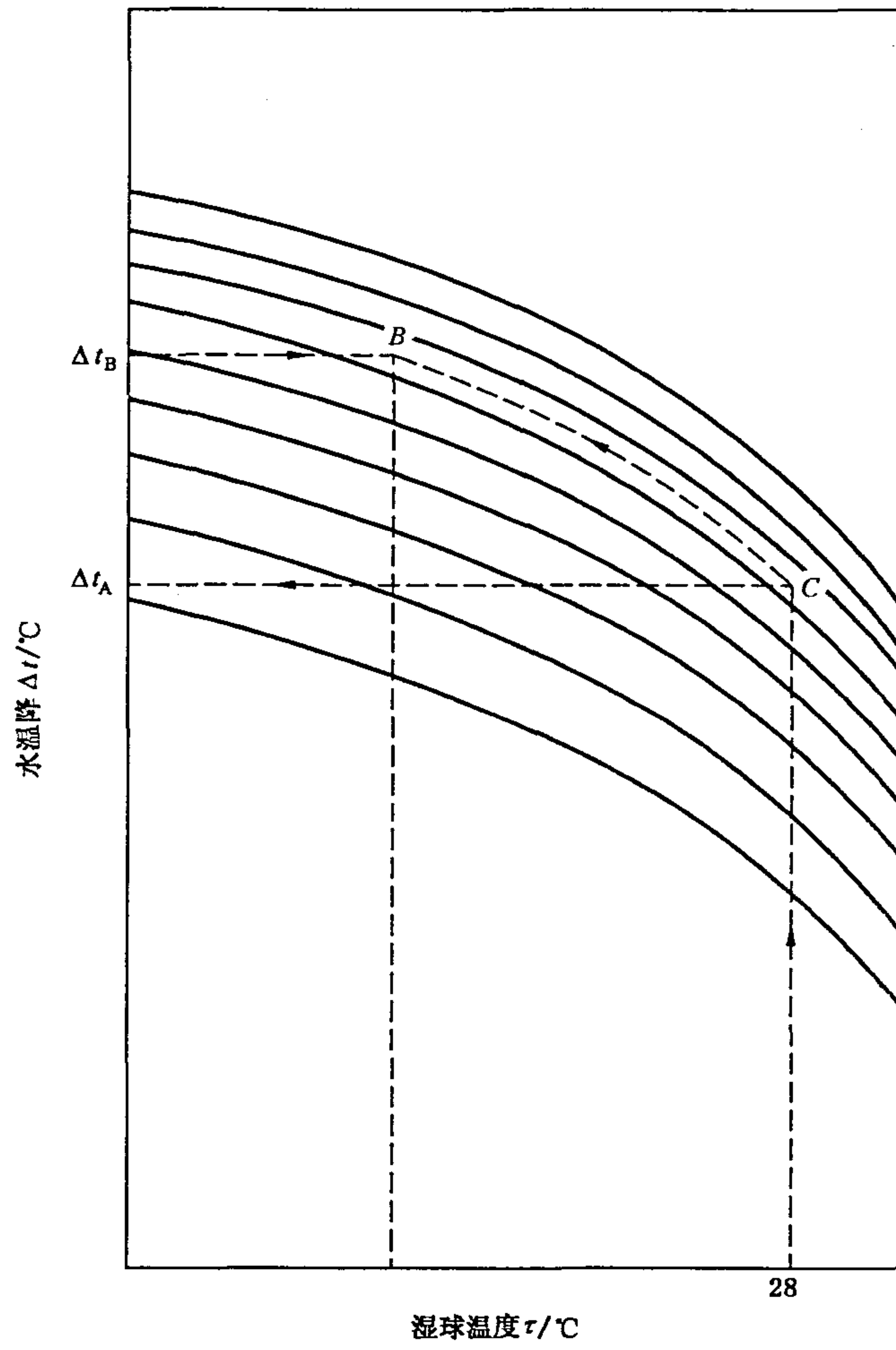


图 B.5 求解设计工况水温降

附录 C  
(规范性附录)  
噪声测定方法

C.1 范围

本测定方法适用于所有单台冷却塔。

C.2 仪表

经计量单位校验合格的声级计。

C.3 条件

C.3.1 噪声应在冷却塔正常运转时测定。

C.3.2 噪声测定时周围环境必须安静,冷却塔不运转时冷却塔的本底噪声应比运转时的 A 声级至少低 10 dB(A),当实测噪声与本底噪声差值小于 10 dB(A)时,应按表 C.1 对其实测值进行修正。

表 C.1 噪声修正值表

单位为分贝

| 噪声差值   | $\leq 3.0$ | 4.0~5.0 | 6.0~9.0 | $\geq 10.0$ |
|--------|------------|---------|---------|-------------|
| 减去的修正值 | 3.0        | 2.0     | 1.0     | 0           |

C.4 测点布置

测点布置见图 C.1、图 C.2。

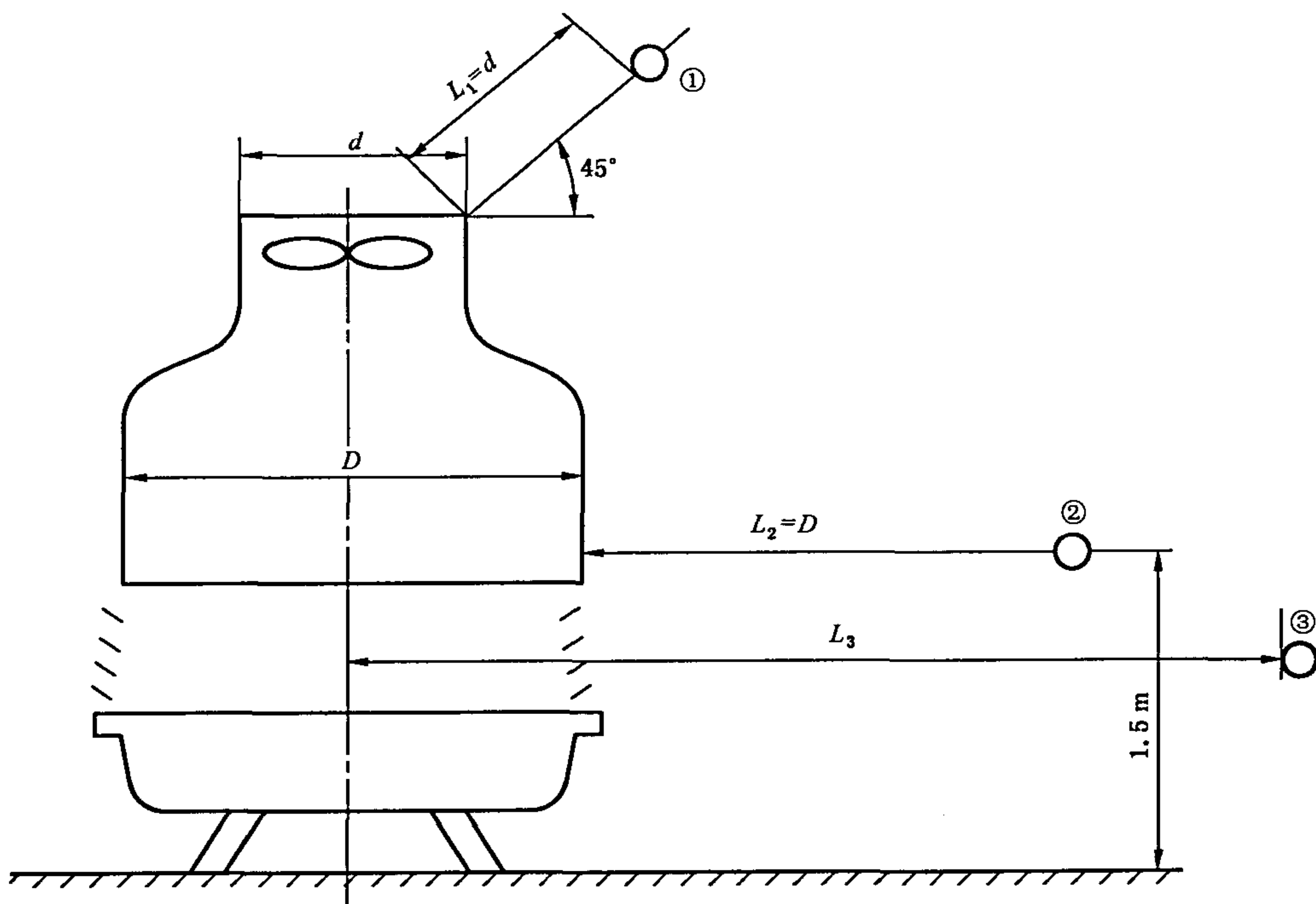


图 C.1 逆流式塔测点布置图



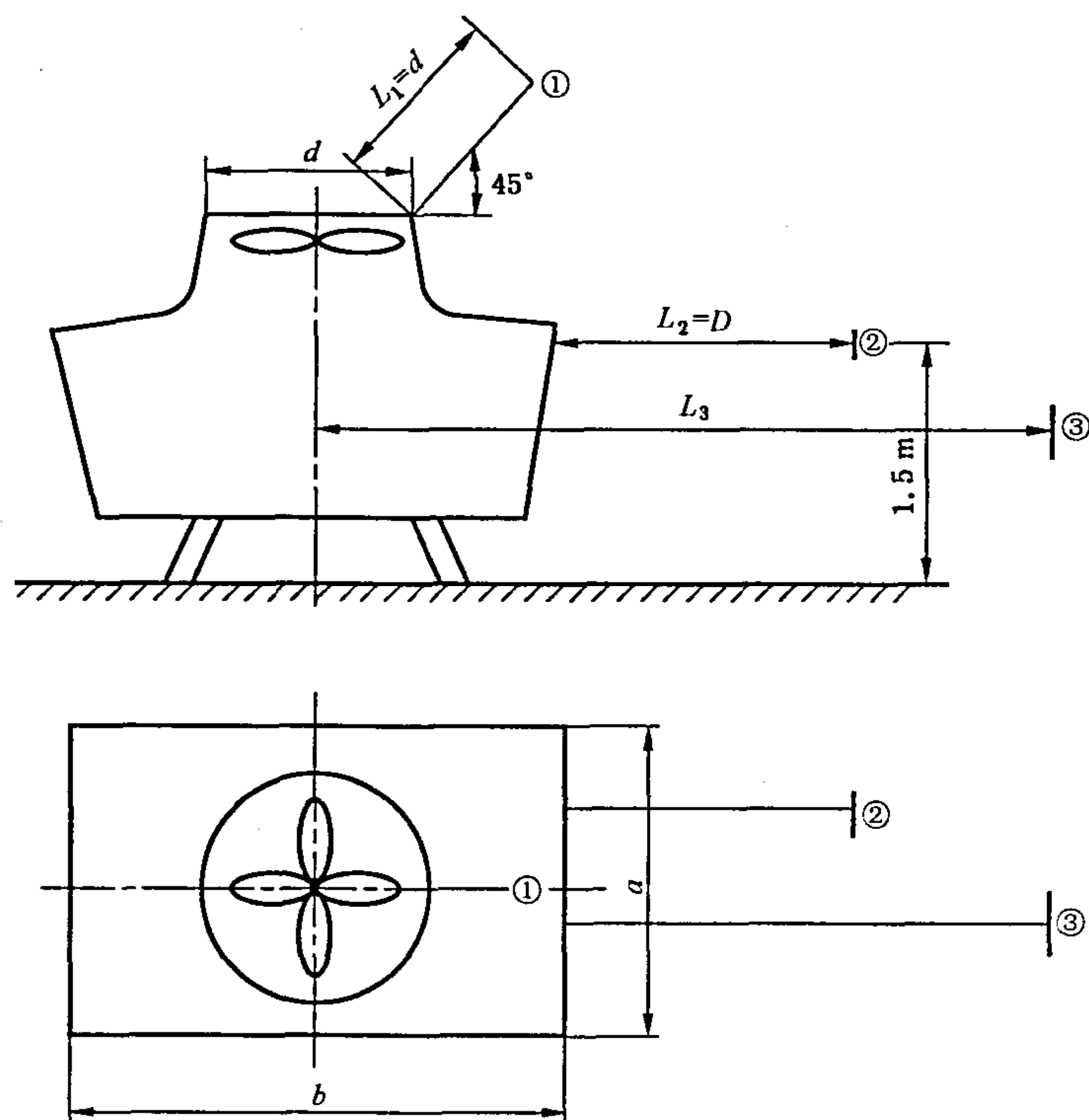


图 C.2 横流式塔测点布置图

C.4.1 测点①在出风口  $45^\circ$  方向, 离风筒为一倍出风口直径, 当出风口直径大于 5 m 时, 测定距离取 5 m。

C.4.2 测点②在塔进风口方向, 离塔壁水平距离为一倍塔体直径。当塔体直径小于 1.5 m 时, 取 1.5 m; 当塔形为方形或矩形时, 取塔体的当量直径:  $D=1.13 \sqrt{ab}$ ,  $a$ 、 $b$  为塔的边长。

C.4.3 测点③在塔进风口方向, 离塔中心线水平距离 16 m, 高度为 1.5 m。

### C.5 结果及分析

C.5.1 至少测二个方向, 取其算术平均值。

C.5.2 确定声级标准以测点②的 A 档总声级为准。①、③二点作为对比用。

**附 录 D**  
**(规范性附录)**  
**风机耗电比测定方法**

**D.1 范围**

本测定方法适用于所有冷却塔。

**D.2 仪表**

**D.2.1** 三相功率表配合互感器测定实耗功率。

**D.2.2** 按 A.3.3 的相应仪表测定冷却水量。

**D.3 结果及计算**

风机耗电比按式(D.1)计算：

$$\alpha = \frac{N_e}{Q} \dots\dots\dots(D.1)$$

式中：

$\alpha$ ——风机耗电比,单位为千瓦·小时每立方米(kw/(m<sup>3</sup>/h))；

$N_e$ ——电动机实际消耗有功功率,单位为千瓦(kW)；

$Q$ ——冷却水流量(体积流量),立方米每小时(m<sup>3</sup>/h)。

**D.4 结果及评定**

**D.4.1** 对工业型塔, $\alpha$ 不大于0.050kW/(m<sup>3</sup>/h)。

**D.4.2** 对其他类冷却塔, $\alpha$ 不大于0.035kW/(m<sup>3</sup>/h)。

附录 E  
(规范性附录)  
飘水率试验方法

### E.1 范围

本方法适用于机力通风冷却塔飘水率的试验。

### E.2 仪表及设施

E.2.1 计量秒表。

E.2.2 分析天平,感量 0.001 g。

E.2.3 理化试验室普通干燥设备、塑料袋、120 mm×120 mm 普通滤纸,及将滤纸放到冷却塔风筒出口定点位置的固定辅助设备。

单位为毫米

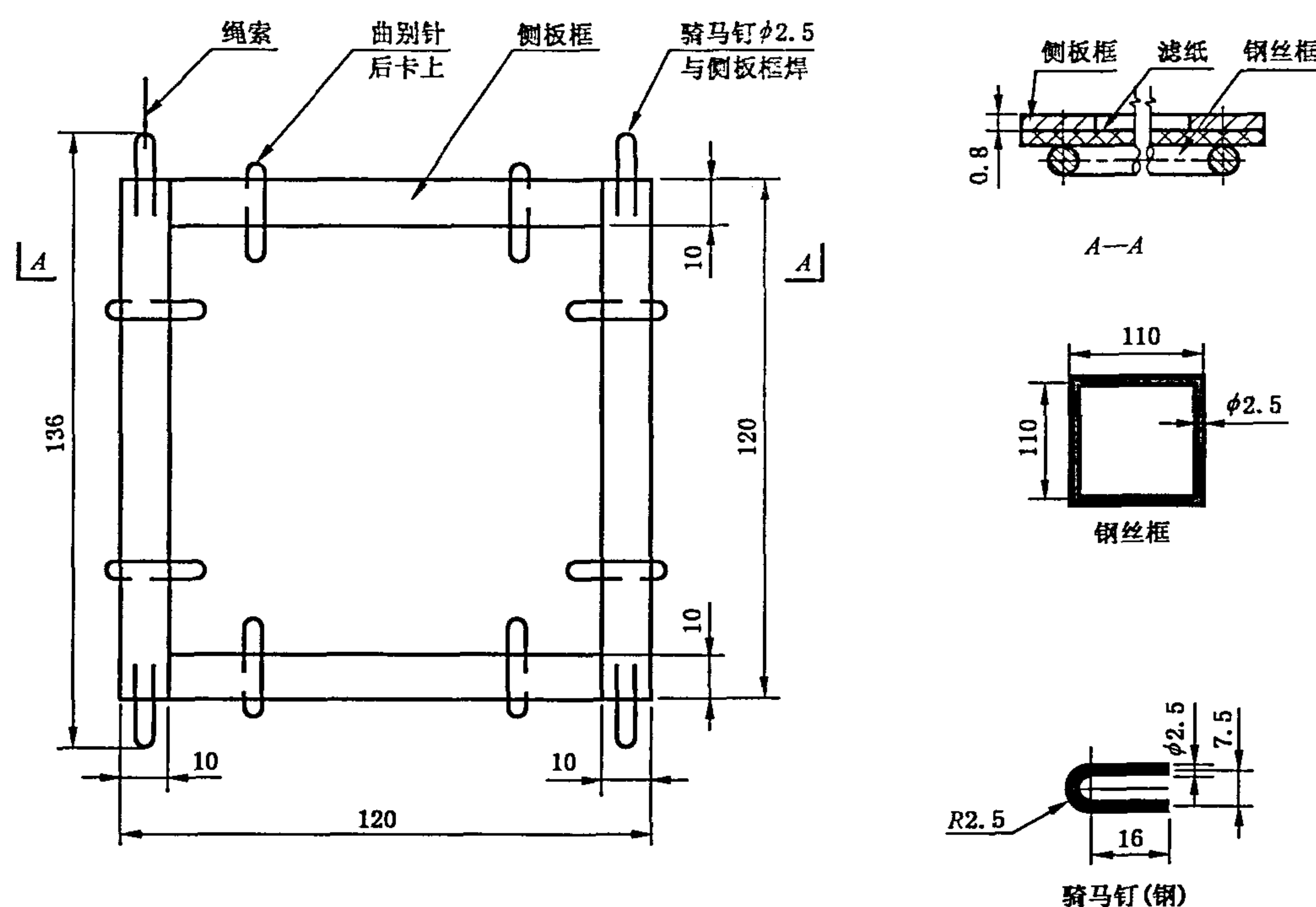


图 E.1 固定滤纸辅助设施示意图

### E.3 测点布置

根据出风筒直径的大小,将冷却塔出风口顶划分成(3~5)个等面积环,每个环中对称布置 2 个。

### E.4 试验条件

进塔空气流量与进塔水流量应与热力性能试验时相近,差值在±5%之内。为了减少热力蒸发量的影响,有条件时,最好让进塔水温尽量低,可以不与热力性能试验同步进行。

E.5 试验步骤

将滤纸干燥之后放入塑料袋,用天平称量,取出滤纸,用辅助设施将滤纸水平放到各测点,记时。视飘水情况放置 1 min~5 min,快速取出,记时。放入原塑料袋中,用天平称量。得出先后两次称量的差值,精确到 0.01 g。

E.6 试验结果

由滤纸的总增量、总面积、出风口面积,滤纸的放置时间可计算出飘水总量  $Q_n$ ,再与进塔水流量比较,可求出飘水率,按式(E.1):

$$p_i = \frac{Q_n}{Q_i} \dots\dots\dots(E.1)$$

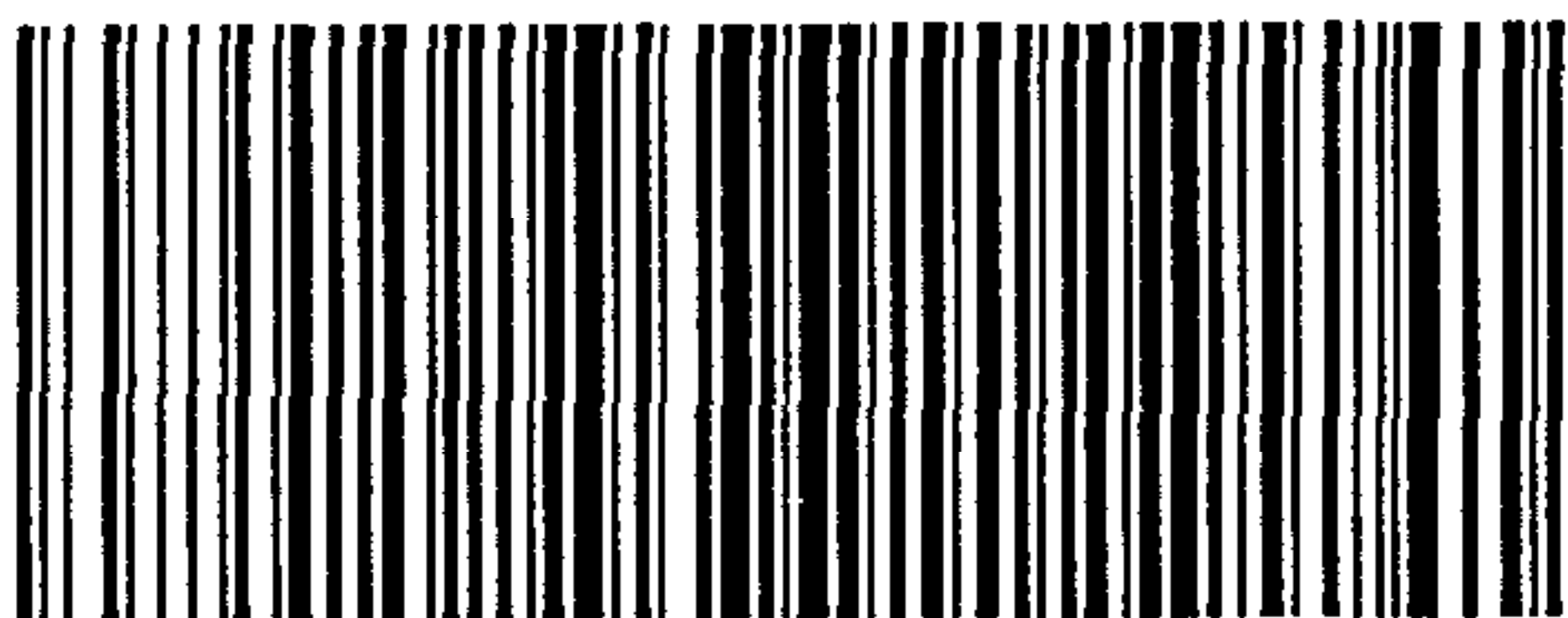
式中:

$p_i$ ——飘水率;

$Q_n$ ——冷却塔出风口飘水量(质量流量),单位为千克每小时(kg/h);

$Q_i$ ——进塔冷却水流量(质量流量),单位为千克每小时(kg/h)。

进塔冷却水流量的试验见附录 A。



GB/T 7190.1—2008

版权专有 侵权必究

\*

书号:155066·1-33608