

UDC

中华人民共和国国家标准

GB

P

GB/T 50102—2003

---

# 工业循环水冷却设计规范

Code for design of cooling for industrial recirculating water

2003—04—15 发布

2003—08—01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中华人民共和国建设部

联合发布

中华人民共和国国家标准

工业循环水冷却设计规范

**Code for design of cooling for industrial recirculating water**

**GB/T 50102—2003**

主编部门：中华人民共和国国家电力公司东北电力设计院

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2 0 0 3 年 8 月 1 日

2003 北 京

# 中华人民共和国建设部公告

第 141 号

## 建设部关于发布国家标准 《工业循环水冷却设计规范》的公告

现批准《工业循环水冷却设计规范》为国家标准,编号为 **GB/T 50102—2003**,自 **2003** 年 **8** 月 **1** 日起实施。原《工业循环水冷却设计规范》**GBJ 102—87** 同时废止。

本规范由建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国建设部

二〇〇三年四月十五日

# 前 言

本规范是根据国家建设部标准定额司 1998 年 3 月发出的 (98)建标技字第 15 号“关于同意国家标准《工业循环水冷却设计规范》改为全面修订的函”的要求,由国家电力公司负责,具体由国家电力公司东北电力设计院会同有关单位,共同对 1987 年 3 月由国家计划委员会以“计标[1987]384 号文”批准颁布执行的国家标准《工业循环水冷却设计规范》(GBJ 102—87)进行全面修订。

本次修订工作中,规范修订组进行了广泛的调查研究,认真总结了近年我国各工业部门在工业循环水冷却设施的设计、施工和运行方面的实践经验和本规范 1987 年版本颁布实施 10 余年各单位在执行中的反馈意见;吸取了国内外近年在工业循环水冷却方面的科学技术最新成果;参考国外同类规范的最新版本;广泛征求了国内有关单位和专家的意见。经反复修改讨论,最后由国家电力公司会同有关部门审查定稿。

本规范原条文分四章计 120 条。修订后仍为四章,即:总则、冷却塔、喷水池和水面冷却。条文增至 203 条,并增加 2 个附录。修订后的规范在原有工业循环水冷却设施工艺设计内容基础上,增加了冷却塔的热力计算和空气动力计算、水面冷却计算中的水面蒸发系数和水面综合散热系数等方面的常用计算公式;增加了冷却塔和喷水池结构设计及利用海湾冷却循环水的工艺设计等方面的内容;还根据近年科研和实践成果对原条文中的一些数据作了修改,如冷却塔的风吹损失水率、进风口面积与淋水面积之比、机械通风冷却塔风筒的高度等。在修订条文的同时,对增加和修改的条文均相应增加和修改了条文说明。有些条文虽未修改,但根据近年科研和实践成果对条文说明作了修改和补充。由于第

**2.4 节“开放式冷却塔”和第 3 章“喷水池”各条规定比较简明,易于操作,对这些章、节的条文未作说明。**

修订后的本规范内容更为全面,各项条文有较好的操作性,各项规定技术先进、经济合理,利于安全生产,便于施工、运行及维护管理,对我国工业循环水冷却设施的设计工作可以起到较好的指导作用。

本规范的具体解释工作由国家电力公司东北电力设计院负责。该院地址:吉林省长春市人民大街 **118** 号,邮政编码 **130021**,电话 **0431—5642361**。

**修订主编单位:**国家电力公司东北电力设计院

**参编单位:**国家电力公司西北电力设计院

**主要起草人:**李志悌 华钟南 金喜卿

# 目 次

<b>1</b>	<b>总 则</b>	<b>( 1 )</b>
<b>2</b>	<b>冷 却 塔</b>	<b>( 2 )</b>
2.1	一般规定	( 2 )
2.2	机械通风冷却塔	(12)
2.3	风筒式自然通风冷却塔	(14)
2.4	开放式冷却塔	(15)
2.5	冷却塔结构设计基本要求及材料	(15)
2.6	风筒式自然通风冷却塔的荷载及内力计算	(17)
2.7	机械通风冷却塔的荷载及内力计算	(25)
2.8	淋水装置构架	(26)
2.9	构造要求	(27)
<b>3</b>	<b>喷 水 池</b>	<b>(30)</b>
3.1	喷水池工艺设计	(30)
3.2	喷水池结构设计	(31)
<b>4</b>	<b>水面冷却</b>	<b>(33)</b>
4.1	一般规定	(33)
4.2	冷却池	(35)
4.3	河道冷却	(37)
4.4	海湾冷却	(38)
附录 A	风筒式自然通风冷却塔通风筒内壁设计气温 取值	(39)
附录 B	机械通风冷却塔风机和电动机当量静荷载 计算方法	(40)
	本规范用词说明	(42)

# 1 总 则

**1.0.1** 本规范适用于新建和扩建的敞开式工业循环水冷却设施的工艺和结构设计。

**1.0.2** 工业循环水冷却设施的设计应符合安全生产、经济合理、保护环境、节约能源、节约用水和节约用地,以及便于施工、运行和维修等方面的要求。

**1.0.3** 工业循环水冷却设施的设计应在不断总结生产实践经验和科学试验的基础上,积极开发和认真采用先进技术。

**1.0.4** 工业循环水冷却设施的类型选择,应根据生产工艺对循环水的水量、水温、水质和供水系统的运行方式等使用要求,并结合下列因素,通过技术经济比较确定:

- 1 当地的水文、气象、地形和地质等自然条件;
- 2 材料、设备、电能和补给水的供应情况;
- 3 场地布置和施工条件;
- 4 工业循环水冷却设施与周围环境的相互影响。

**1.0.5** 工业循环水冷却设施应靠近主要用水车间,并应避免修建过长的给水排水管、沟和复杂的水工建筑物。

**1.0.6** 工业循环水冷却设施的设计除应执行本规范外,尚应符合国家现行有关的强制性标准的规定。

## 2 冷却塔

### 2.1 一般规定

**2.1.1** 冷却塔在厂区总平面布置中的位置应符合本标准第**1.0.5**条和下列规定；

**1** 在寒冷地区厘却塔应布置在厂区主要建筑物及露天配电装置的冬季主导风向的下风侧；

**2** 冷却塔应布置在贮煤场等粉尘污染源的全年主导风向的上风侧；

**3** 冷却塔应远离厂内露天热源；

**4** 冷却塔之间或冷却塔与其他建筑物之间的距离除应满足冷却塔的通风要求外,还应满足管、沟、道路、建筑物的防火和防爆要求,以及冷却塔和其他建筑物的施工和检修场地要求；

**5** 冷却塔的位置不应妨碍工业企业的扩建。

**2.1.2** 当环境对冷却塔的噪声有限制时,视工程具体条件,应采取下列措施降低噪声：

**1** 机械通风冷却塔应选用低噪声型的风机设备；

**2** 应改善配水和集水系统,降低淋水噪声；

**3** 冷却塔周围宜设置消声设施；

**4** 冷却塔的位置应远离对噪声敏感的区域。

**2.1.3** 冷却塔的集中或分散布置方案的选择,应根据使用循环水的车间数量、分布位置及各车间的用水要求,通过技术经济比较后确定。

**2.1.4** 冷却塔可不设备用；冷却塔检修时应有不影响生产的措施。

**2.1.5** 冷却塔的热力计算宜采用焓差法或经验方法。

**2.1.6** 冷却塔的热力计算采用焓差法时,宜按下列公式计算:

1 逆流式冷却塔:

$$\frac{KK_a V}{Q} = \int_{t_2}^{t_1} \frac{C_w dt}{h'' - h} \quad (2.1.6-1)$$

$$K = 1 - \frac{C_w t_2}{r_{t2}} \quad (2.1.6-2)$$

式中  $V$ ——淋水填料的体积( $\text{m}^3$ );

$Q$ ——进入冷却塔的循环水流量( $\text{kg/s}$ );

$K$ ——考虑蒸发水量散热的系数;

$r_{t2}$ ——与冷却后水温相应的水的汽化热( $\text{kJ/kg}$ );

$K_a$ ——与含湿量差有关的淋水填料的散质系数( $\text{kg/m}^3 \cdot \text{s}$ );

$C_w$ ——循环水的比热( $\text{kJ/kg} \cdot \text{°C}$ );

$t_1$ ——进入冷却塔的水温( $\text{°C}$ );

$t_2$ ——冷却后水温( $\text{°C}$ );

$h$ ——湿空气的比焓( $\text{kJ/kg}$ );

$h''$ ——与水温  $t$  相应的饱和空气比焓( $\text{kJ/kg}$ )。

式(2.1.6-1)右侧可采用辛普森(Simpson)近似积分法或其他方法求解。当采用辛普森近似积分法求解时,对水温  $t_1$  至  $t_2$  的积分区域宜分为不少于 4 的等份;当水温差小于  $15\text{°C}$  时,水温  $t_1$  至  $t_2$  的积分区域也可分为 2 等份。

2 圆形横流式冷却塔。从圆形横流式冷却塔环形淋水填料中切取中心角为  $\theta$  的填料单元,水从上面淋下,空气从周向进入,采用柱坐标系,坐标原点为塔的中轴线与淋水填料顶面延长线的交点, $z$  向下为正, $r$  向外为正。

$$C_w q \frac{\partial t}{\partial z} = g_i \frac{r_1}{r} \cdot \frac{\partial h}{\partial r} = -K_a (h'' - h) \quad (2.1.6-3)$$

边界条件为  $r = r_1, h = h_1, z = 0, t = t_1$ 。

式中  $r$ ——塔半径( $\text{m}$ );

$r_1$ ——塔进风口半径( $\text{m}$ );

$q$ ——淋水密度( $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ );

$g_i$ ——进风口断面的平均质量风速( $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ );

$h$ ——进入冷却塔的湿空气比焓( $\text{kJ}/\text{kg}$ )。

式(2.1.6-3)可采用解析法或差分法求解。

**3 矩形横流式冷却塔。**从矩形横流式冷却塔切取一填料单元。水从上面淋下,空气从进风口进入,进风口在左边。采用直角坐标系,坐标原点为淋水填料顶面与进风口的交点, $z$ 向下为正, $x$ 沿气流流向为正。

$$-C_w q \frac{\partial t}{\partial z} = g_i \frac{\partial h}{\partial x} = K_a (h'' - h) \quad (2.1.6-4)$$

边界条件为  $z=0, t=t_1; x=0, h=h_1$ 。

式(2.1.6-4)可采用解析法或差分法求解。

矩形横流式冷却塔也可利用式(2.1.6-3)进行热力计算,此时可设塔的内半径为一极大的数值。

**2.1.7 冷却塔热力计算中的其他参数宜按下列各式计算:**

**1 湿空气的比焓:**

$$h = C_d \theta + X(r_0 + C_v \theta) \quad (2.1.7-1)$$

式中  $C_d$ ——干空气的比热,可取  $1.005\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{C}$ ;

$C_v$ ——水蒸汽的比热,可取  $1.846\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{C}$ ;

$\theta$ ——空气的干球温度( $\text{C}$ );

$r_0$ ——水在  $0\text{C}$ 时的汽化热,可取  $2500\text{kJ}/\text{kg}$ ;

$X$ ——空气的含湿量( $\text{kg}/\text{kg}$ )。

**2 饱和水蒸汽压力:**

$$\begin{aligned} \lg P'' = & 2.0057173 - 3.142305 \left( \frac{10^3}{T} - \frac{10^3}{373.16} \right) \\ & + 8.2 \lg \frac{373.16}{T} - 0.0024804(373.16 - T) \end{aligned} \quad (2.1.7-2)$$

式中  $P''$ ——饱和水蒸汽压力( $\text{kPa}$ );

$T$ ——开尔文温度( $\text{K}$ )。

### 3 湿空气密度:

$$\rho = \frac{1}{T} (0.003483 P_A - 0.001316 \varphi P''_{v\theta}) \quad (2.1.7-3)$$

式中  $\rho$ ——湿空气密度(kg/m<sup>3</sup>);

$\varphi$ ——空气的相对湿度;

$P_A$ ——大气压力(Pa);

$P''_{v\theta}$ ——温度为  $\theta$  时的饱和水蒸汽压力(Pa)。

### 4 出塔空气干球温度:

$$\theta_2 = \theta_1 + (t_m - \theta_1) \frac{h_2 - h_1}{h''_m - h_1} \quad (2.1.7-4)$$

式中  $\theta_1$ ——进塔空气干球温度(°C);

$\theta_2$ ——出塔空气干球温度(°C);

$t_m$ ——进、出冷却塔水温的算术平均值(°C);

$h_2$ ——排出冷却塔的湿空气比焓(kJ/kg);

$h''_m$ ——与水温  $t_m$  相应的饱和空气比焓(kJ/kg)。

### 5 出塔空气比焓:

$$h_2 = h_1 + \frac{C_w \Delta t}{K\lambda} \quad (2.1.7-5)$$

式中  $\Delta t$ ——进、出冷却塔的水温差(°C);

$\lambda$ ——进入冷却塔的干空气和循环水的质量比(又称气水比)。

**2.1.8** 淋水填料的热交换特性宜采用原型塔的实测数据。当缺乏原型塔的实测数据时,可采用模拟塔的试验数据,并应根据模拟塔的试验条件与设计的冷却塔的运行条件之间的差异,对模拟塔的试验数据进行修正。

**2.1.9** 冷却塔的通风阻力宜按下式计算:

$$H = \xi \rho_m \frac{v_m^2}{2} \quad (2.1.9)$$

式中  $H$ ——冷却塔的全部或局部通风阻力(Pa);

$v_m$ ——计算风速。当计算全塔总阻力时,  $v_m$  为淋水填料计

算断面的平均风速；当计算冷却塔的局部阻力时， $v_m$  为该处的计算风速(m/s)；

$\rho_m$ ——计算空气密度。当计算全塔总阻力时， $\rho_m$  为进、出冷却塔的湿空气平均密度；当计算冷却塔的局部阻力时， $\rho_m$  为该处的湿空气平均密度(kg/m<sup>3</sup>)；

$\xi$ ——冷却塔的总阻力系数或局部阻力系数。

**2.1.10** 冷却塔的通风阻力系数宜符合下列规定：

- 1 采用与所设计的冷却塔相同的原型塔的实测数据；
- 2 采用与所设计的冷却塔相似的模型塔的试验数据；
- 3 当缺乏上述数据时，可按经验方法计算；
- 4 逆流风筒式自然通风冷却塔的总阻力系数宜按下式计算：

$$\xi = \xi_a + \xi_b + \xi_e \quad (2.1.10-1)$$

$$\xi_a = (1 - 3.47 \varepsilon + 3.65 \varepsilon^2)(85 + 2.51 \xi_f - 0.206 \xi_f^2 + 0.00962 \xi_f^3) \quad (2.1.10-2)$$

$$\xi_b = 6.72 + 0.654 D + 3.5 q + 1.43 v_m - 60.61 \varepsilon - 0.36 v_m D \quad (2.1.10-3)$$

$$\xi_e = \left(\frac{F_m}{F_e}\right)^2 \quad (2.1.10-4)$$

式中  $\xi$ ——总阻力系数；

$\xi_a$ ——从塔的进风口至塔喉部的阻力系数(不包括雨区淋水阻力)；

$\xi_b$ ——淋水时雨区阻力系数；

$\xi_f$ ——淋水时的填料、除水器、配水系统的阻力系数；

$\varepsilon$ ——塔进风口面积(按进风口上缘直径计算的进风口环向面积)与进风口上缘塔面积之比， $0.35 < \varepsilon < 0.45$ ；

$D$ ——淋水填料底部塔内径(m)；

$v_m$ ——淋水填料计算断面的平均风速(m/s)；

$\xi_e$ ——塔筒出口阻力系数；

$F_m$ ——冷却塔淋水面积(m<sup>2</sup>)；

$F_e$ ——塔筒出口面积( $m^2$ )。

**2.1.11** 冷却塔的最高冷却水温不应超过生产工艺允许的最高值;计算冷却塔的最高冷却水温的气象条件应符合下列规定:

1 根据生产工艺的要求,宜采用按湿球温度频率统计方法计算的频率为**5%~10%**的日平均气象条件;

2 气象资料应采用近期连续不少于**5**年,每年最热时期**3**个月(一般为**6、7、8**三个月)的日平均值。

3 当产品或设备对冷却水温的要求极为严格或要求不高时,根据具体要求,也可适当提高或降低气象条件标准。

**2.1.12** 计算冷却塔的各月的月平均冷却水温时,应采用近期连续不少于**5**年的相应各月的月平均气象条件。

**2.1.13** 气象资料应选用能代表冷却塔所在地气象特征的气象台、站的资料,必要时宜在冷却塔所在地设气象观测站。

**2.1.14** 冷却塔的水量损失应根据蒸发、风吹和排污各项损失水量确定。

**2.1.15** 冷却塔的蒸发损失水量占进入冷却塔循环水量的百分数(又称蒸发损失水率)宜按下列公式计算确定:

1 当不进行冷却塔的出口气态计算时,蒸发损失水率按下式计算:

$$P_e = K_{ZF} \cdot \Delta t \times 100\% \quad (2.1.15-1)$$

式中  $P_e$ ——蒸发损失水率;

$K_{ZF}$ ——系数( $1/^\circ C$ ),按照表 2.1.15 的规定采用;当进塔气温(干球温度)为中间值时可采用内插法计算。

表 2.1.15 系数  $K_{ZF}$

进塔气温( $^\circ C$ )	-10	0	10	20	30	40
$K_{ZF}(1/^\circ C)$	0.0008	0.0010	0.0012	0.0014	0.0015	0.0016

2 对进入和排出冷却塔的空气状态进行详细的计算时,蒸发损失水率按下式确定:

$$P_e = \frac{G_d}{Q} (X_2 - X_1) \times 100\% \quad (2.1.15-2)$$

式中  $G_d$ ——进入冷却塔的干空气质量流量(kg/s);

$X_1$ ——进塔空气的含湿量(kg/kg);

$X_2$ ——出塔空气的含湿量(kg/kg)。

**2.1.16** 冷却塔的风吹损失水量占进入冷却塔循环水量的百分数(又称风吹损失水率),应按冷却塔的塔型和设计选用的除水器的逸出水率以及从塔的进风口吹出的水损失率确定。当缺乏除水器的逸出水率等数据时,可按表 2.1.16 采用。

表 2.1.16 风吹损失水率(%)

塔型	机械通风冷却塔	风筒式自然通风冷却塔	开放式冷却塔
有除水器	0.1	0.05	—
无除水器	—	—	1.00~1.50

**2.1.17** 排污损失水量应根据对循环水水质的要求计算确定。

**2.1.18** 淋水填料的型式和材料的选择应根据下列因素综合考虑确定:

- 1 塔型;
- 2 循环水的水温和水质;
- 3 填料的热力特性和阻力性能;
- 4 填料的物理力学性能、化学性能和稳定性(耐温度变化、阻燃耐火、抗老化和抗腐蚀等);
- 5 填料的价格和供应情况;
- 6 施工和检修方便;
- 7 填料的支承方式和结构。

**2.1.19** 机械通风冷却塔和风筒式自然通风冷却塔均应装设除水器。除水器应选用除水效率高、通风阻力小、经济、耐用的型式。

**2.1.20** 冷却塔的配水系统应满足在同一设计淋水密度区域内配水均匀、通风阻力小、能量消耗低和便于维修等要求,并应根据塔型、循环水质等条件按下列规定选择:

1 逆流式冷却塔宜采用管式或管槽结合的型式；当循环水含悬浮物和泥沙较多时宜采用槽式；

2 横流式冷却塔宜采用池式或管式；

3 小型机械通风逆流式冷却塔宜采用管式或旋转布水器。

**2.1.21** 管式配水系统宜符合下列要求：

1 配水干管起始断面设计流速宜采用  $1.0\sim 1.5\text{m/s}$ ，大型冷却塔此流速可适当提高；

2 利用支管使配水干管连通成环网；

3 配水干管或压力配水槽的末端必要时应设通气管及排污措施。

**2.1.22** 槽式配水系统应符合下列要求：

1 主水槽的起始断面设计流速采用  $0.8\sim 1.2\text{m/s}$ ；配水槽的起始断面设计流速采用  $0.5\sim 0.8\text{m/s}$ ；

2 配水槽夏季的正常设计水深应大于溅水喷嘴内径的 6 倍，且不应小于  $0.15\text{m}$ ；

3 配水槽的超高不应小于  $0.1\text{m}$ ；在可能出现的超过设计水量工况下，配水槽不应溢流；

4 配水槽断面净宽不应小于  $0.12\text{m}$ ；

5 主、配水槽均宜水平设置，水槽连接处应圆滑，水流转弯角不大于  $90^\circ$ 。

**2.1.23** 配水池应符合下列要求：

1 池内水流平稳，夏季正常设计水深应大于溅水喷嘴内径或配水底孔直径的 6 倍；

2 池壁超高不宜小于  $0.1\text{m}$ ；在可能出现的超过设计水量工况下不应溢流；

3 池底宜水平设置；池顶宜设盖板或采取防止光照下滋长菌藻的措施。

**2.1.24** 溅水喷头应选用结构合理、流量系数适宜、喷溅均匀和不易堵塞的型式。

**2.1.25** 配水竖井或竖管应有放空措施。配水竖井内应保持水流平稳,不产生旋流。同一单元循环水系统中各冷却塔的竖井水位或竖管水头高程应一致。

**2.1.26** 逆流式冷却塔的进风口高度应结合进风口空气动力阻力、塔内空气流场分布、冷却塔塔体的各部分尺寸及布置、淋水填料的型式和空气动力阻力等因素,通过技术经济比较确定。

冷却塔的进风口面积与淋水面积之比一般采用下列数值:

1 风筒式自然通风冷却塔宜为 **0.35~0.40**;

2 机械通风冷却塔一般不宜小于 **0.5**;当进风口面积与淋水面积之比小于 **0.4** 时,应在进风口上缘装设导风板。

**2.1.27** 横流式冷却塔的淋水填料的高和径深应根据工艺对冷却水温的要求、冷却塔的通风措施、淋水填料的型式、塔的投资和运行费等因素,通过技术经济比较确定。淋水填料高和径深的比一般采用下列数值:

机械通风冷却塔宜为 **2.0~3.0**;

风筒式自然通风冷却塔当淋水面积大于 **1000m<sup>2</sup>** 时,宜为 **1.2~1.5**;当淋水面积等于或小于 **1000m<sup>2</sup>** 时,宜为 **1.5~2.0**。

**2.1.28** 冷却塔的集水池应符合下列要求:

1 集水池的深度一般不大于 **2.0m**。当循环水采用阻垢剂、缓蚀剂处理时,集水池的容积应满足水处理药剂在循环水系统内允许停留时间的要求;

2 集水池应有溢流、排空及排泥措施;

3 池壁的超高不小于 **0.3m**;小型机械通风冷却塔不得小于 **0.15m**;

4 出水口应有拦污设施。大、中型冷却塔的出水口应设置安全防护栏栅;

5 集水池周围应设回水台,其宽度为 **1.0~3.0m**,坡度为 **3%~5%**。回水台外围应有防止周围地表水流入池内的措施;

6 同一单元循环水系统中,各冷却塔集水池水位高程应一致;

7 敷设在集水池内的进水管,应有防止当管道放空时浮管的措施。

**2.1.29** 冷却塔进风口处的支柱和冷却塔内空气通流部位的构件应采用气流阻力较小的断面及型式。

**2.1.30** 冷却塔内外与水汽接触的金属构件、管道和机械设备均应采取防腐蚀措施。

**2.1.31** 视不同塔型和具体条件,冷却塔应有下列设施:

- 1 通向塔内的人孔;
- 2 从地面通向塔内和塔顶的扶梯或爬梯;
- 3 配水系统顶部的人行道和栏杆;
- 4 塔顶的避雷保护装置和指示灯;
- 5 运行监测的仪表。

**2.1.32** 寒冷和严寒地区的冷却塔,根据具体条件,采用下列防冻措施:

1 在冷却塔的进风口上缘沿塔内壁宜设置向塔内下方喷射热水的喷水管,喷射热水的总量宜为冬季进塔总水量的 **20%~40%**;

2 淋水填料内外围宜采用分区配水,冬季可加大外围配水量;

3 当同一循环冷却水系统中冷却塔的数量较多时,可减少运行的塔数。停止运行的塔的集水池应保持一定量的热水循环或采取其他保温措施;

4 塔的进水阀门及管道应有防冻放水管或其他保温措施;

5 机械通风冷却塔可采取减小风机叶片安装角,采用变速电动机驱动风机,或停止风机运行等措施减少进入冷却塔的冷空气量;也可选用允许倒转的风机设备,当冬季塔内填料结冰时,可倒转风机融冰;

6 机械通风冷却塔的风机减速器有润滑油循环系统时,应有对润滑油的加热设施;

7 风筒式自然通风逆流冷却塔的进风口上缘内壁宜设挡水

檐,檐宽宜采用 0.3~0.4m;

**8** 风筒式自然通风冷却塔宜在进风口设置挡风板。大型风筒式自然通风冷却塔应配备摘挂挡风板的机械设备;

**9** 风筒式自然通风逆流冷却塔的进水干管上宜设置能通过部分或全部循环水量的旁路水管,当循环水系统冬季冷态运行或热负荷较低时,循环水可通过旁路直接进入塔的集水池。

**2.1.33** 冷却塔的运行管理宜设专人。冷却塔设计应对施工、运行及维护提出要求,并附有冷却塔的热力特性曲线。

**2.1.34** 新建的冷却塔在投入正常运行前应进行调试;在投入正常运行后的一年内应对冷却塔的冷却能力进行验收考核试验。新设计的冷却塔应有供验收测试使用的仪器和仪表的安装位置和设施。验收考核试验数据的整理应符合本规范第 2.1.6 条和第 2.1.7 条的规定。

## **2.2 机械通风冷却塔**

**2.2.1** 机械通风冷却塔一般宜采用抽风式塔。当循环水对风机的侵蚀性较强时,可采用鼓风式塔。

**2.2.2** 单格的机械通风冷却塔的平面宜为圆形或正多边形;多格毗连的机械通风冷却塔的平面宜采用正方形或矩形。

当塔格的平面为矩形时,边长比不宜大于 4:3;进风口宜设在矩形的长边。

**2.2.3** 逆流抽风式冷却塔的淋水填料顶面至风机风筒的进口之间的气流收缩段宜符合下列规定:

**1** 当塔顶盖板为平顶时,气流收缩段的顶角不宜大于 90°;当塔顶设有导流圈时,气流收缩段的顶角可采用 90°~110°;

**2** 当塔顶盖板自配水装置以上为收缩型时,盖板收缩段的顶角宜采用 90°~110°。

**2.2.4** 抽风式塔的风机风筒进口应采用流线型;风筒的出口应考虑减少动能损失的措施,必要时宜设扩散筒。扩散筒的高度宜采

用  $0.4\sim 0.5 D_f$  ( $D_f$  为风机直径), 中心角宜采用  $14^\circ\sim 18^\circ$ 。

**2.2.5** 机械通风横流式冷却塔的淋水填料从顶部至底部应有向塔的垂直中轴线的收缩倾角。点滴式淋水填料的收缩倾角宜为  $9^\circ\sim 11^\circ$ ; 薄膜式淋水填料的收缩倾角宜为  $5^\circ\sim 6^\circ$ 。

**2.2.6** 单侧进风塔的进风面宜面向夏季主导风向; 双侧进风塔的进风面宜平行于夏季主导风向。

**2.2.7** 当塔的格数较多时, 宜分成多排布置。每排的长度与宽度之比不宜大于 **5:1**。

**2.2.8** 两排以上的塔排布置应符合下列要求:

- 1 长轴位于同一直线上的相邻塔排净距不小于 **4m**;
- 2 长轴不在同一直线上相互平行布置的塔排净距不小于塔的进风口高的 **4** 倍。

**2.2.9** 周围进风的机械通风冷却塔之间的净距不应小于冷却塔的进风口高的 **4** 倍。

**2.2.10** 根据冷却塔的通风要求, 塔的进风口侧与其他建筑物的净距不应小于塔的进风口高的 **2** 倍。

**2.2.11** 设计机械通风冷却塔时, 应考虑冷却塔排出的湿热空气回流和干扰对冷却效果的影响, 必要时应对设计气象条件进行修正。

**2.2.12** 机械通风冷却塔格数较多且布置集中时, 冷却塔的风机宜集中控制; 各台风机必须有可切断电源的转换开关及就地控制风机启、停的操作设施。

**2.2.13** 风机设备应采用效率高、噪声小、安全可靠、材料耐腐蚀、安装及维修方便、符合国家标准或行业标准的产品。

**2.2.14** 风机的设计运行工况点应根据冷却塔的设计风量和计算的全塔总阻力确定。风机在设计运行工况点应有较高的效率。

**2.2.15** 风机的减速器应配有油温监测和报警装置, 当采用稀油润滑时应配有油位指示装置; 大型风机应配有振动监测、报警和防振保护装置。

**2.2.16** 机械通风冷却塔应有固定或临时起吊风机设备的设施。

**2.2.17** 双侧进风的逆流式机械通风冷却塔填料底部至集水池水

面之间宜设挡风隔板。

**2.2.18** 逆流式冷却塔的进风口一般不宜设百叶窗式导风装置；横流式冷却塔以及在多风地区建造的逆流式冷却塔的进风口应设百叶窗式导风装置。

**2.2.19** 采用工厂生产的冷却塔时，应根据该型产品实测的热力特性曲线进行选用。选用的产品应符合国家有关产品标准。

### 2.3 风筒式自然通风冷却塔

**2.3.1** 相邻的风筒式自然通风冷却塔的净距应符合下列规定：

- 1 逆流式冷却塔不应小于塔的进风口下缘的塔筒半径；
- 2 横流式冷却塔不应小于塔的进风口高的 3 倍；
- 3 当相邻两塔几何尺寸不同时应按较大的塔计算。

**2.3.2** 根据冷却塔的通风要求，塔与其他建筑物的净距不应小于塔的进风口高的 2 倍。

**2.3.3** 风筒式自然通风冷却塔的抽力宜按下式计算：

$$Z = H_e g (\rho_1 - \rho_2) \quad (2.3.3)$$

式中  $Z$ ——塔抽力(Pa)；

$H_e$ ——塔的有效抽风高度，应采用淋水填料中部至塔顶的高差(m)；

$g$ ——重力加速度(m/s<sup>2</sup>)；

$\rho_1$ ——进塔湿空气密度(kg/m<sup>3</sup>)；

$\rho_2$ ——出塔湿空气密度(kg/m<sup>3</sup>)。

**2.3.4** 冷却塔的淋水面积应采用淋水填料顶部可淋到水并充分通风的面积。

**2.3.5** 风筒式自然通风冷却塔的塔顶应设人行道及栏杆，人行道上应设检修孔。检修孔平时应封盖。

**2.3.6** 风筒式自然通风冷却塔从地面通向塔顶的爬梯必须设护栏。

**2.3.7** 在大风地区建造的风筒式自然通风逆流冷却塔，其填料底

部至集水池水面间宜在两相互垂直的直径方向设挡风隔板。

## 2.4 开放式冷却塔

**2.4.1** 当循环水量较小,工艺对冷却水温要求不严格时可采用开放式冷却塔;在大风、多沙地区不宜采用开放式冷却塔。

**2.4.2** 开放式冷却塔的位置应选择在气流通畅的地方。

**2.4.3** 开放式冷却塔的淋水填料宜采用点滴式。淋水填料安装的宽度不宜大于 4.0m。淋水填料的安装高度与宽度之比宜采用 2~3。

**2.4.4** 塔的平面宜采用矩形。塔的长边宜与夏季主导风向垂直布置。

**2.4.5** 开放式冷却塔的填料周围宜设百叶窗。

**2.4.6** 开放式冷却塔与其他建筑物的净距应大于 30m。

## 2.5 冷却塔结构设计基本要求及材料

**2.5.1** 风筒式自然通风冷却塔的塔筒宜采用双曲线型钢筋混凝土薄壳结构;寒冷地区也可采用钢架镶板结构。塔筒的几何尺寸应满足循环水的冷却要求,并结合结构、施工等因素通过技术经济比较确定。当采用双曲线型钢筋混凝土塔筒时,塔筒壳体的几何尺寸宜采用表 2.5.1 中的数值:

表 2.5.1 双曲线型风筒壳体几何尺寸

塔高与壳度(0.0m)直径的比	喉部面积与壳底面积的比	喉部高度与塔高的比	塔顶扩散角 $\alpha_t$	壳体子午线倾角 $\alpha_b$
1.2~1.6	0.30~0.40	0.75~0.85	6°~8°	16°~20°

**2.5.2** 双曲线型自然通风冷却塔塔筒基础可参照下列条件,通过技术经济比较确定:

- 1 大、中型塔,宜采用环板型基础;
- 2 中、小型塔在天然地基较差的条件下,宜采用倒 T 型基础;
- 3 当地基为岩石时,宜采用单独基础。

**2.5.3** 机械通风冷却塔宜采用预制或现浇的钢筋混凝土框架结构,围护结构可采用钢筋混凝土墙板或其他轻质墙板。

**2.5.4** 自然通风和机械通风冷却塔的钢筋混凝土结构强度计算与裂缝宽度验算,应按现行的《混凝土结构设计规范》(GB 50010)执行。

冷却塔塔筒筒壁、框架、斜支柱和池壁等构件的允许最大裂缝宽度为 **0.2mm**。

**2.5.5** 自然通风和机械通风冷却塔的地基基础设计应按现行的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007)执行。

**2.5.6** 自然通风和机械通风冷却塔的荷载除本规范已有规定外,应按现行的《建筑结构荷载规范》(GB 50009)执行。

**2.5.7** 自然通风和机械通风冷却塔的抗震设计,应按现行的《构筑物抗震设计规范》(GB 50191)和《建筑抗震设计规范》(GB 50011)执行。

**2.5.8** 冷却塔应采用水工混凝土,并符合下列要求:

**1** 水泥品种宜采用普通硅酸盐水泥,其熟料中铝酸三钙含量不宜超过 **8%**;

**2** 混凝土强度等级、抗冻等级和抗渗等级可按表 **2.5.8** 采用;

**表 2.5.8 混凝土的强度等级、抗冻等级和抗渗等级**

结构部位	混凝土 强度等级	抗冻等级				抗渗 等级
		寒冷地区冻融次数		严寒地区冻融次数		
		≤100	>100	≤100	>100	
塔筒及支柱、框架 及墙板	<b>C30</b>	<b>F150</b>	<b>F200</b>	<b>F200</b>	<b>F300</b>	<b>W<sub>8</sub></b>
集水池壁,倒 T 型、 环板型基础	<b>C25</b>	<b>F100</b>	<b>F150</b>	<b>F150</b>	<b>F200</b>	<b>W<sub>6</sub></b>
单独基础及水池底板	<b>C20</b>	—	<b>F50</b>	<b>F50</b>	<b>F100</b>	<b>W<sub>4</sub></b>
淋水装置构架	<b>C30</b>	<b>F150</b>	<b>F200</b>	<b>F200</b>	<b>F300</b>	<b>W<sub>8</sub></b>
垫层	<b>C10</b>	—	—	—	—	—

注:1 “地区”的划分:严寒地区指最冷月月平均气温低于 **-10℃**;寒冷地区指最冷月月平均气温在 **-3~-10℃**。

2 塔筒、支柱、框架、墙板及基础混凝土的水灰比不应大于 0.5。

3 在混凝土中可掺塑化剂、加气剂及减水剂等塑性附加剂；

4 水工混凝土不得掺用氯盐。

2.5.9 冷却塔宜使用热轧变形钢筋，不得使用冷拉钢筋。

## 2.6 风筒式自然通风冷却塔的荷载及内力计算

2.6.1 风筒式自然通风冷却塔塔筒内力计算应考虑以下荷载：

1 结构自重；

2 风荷载；

3 温度作用；

4 地震作用；

5 施工荷载；

6 地基不均匀沉降影响。

2.6.2 计算自重时，钢筋混凝土重度可采用  $25\text{kN/m}^3$ 。

2.6.3 作用在双曲线冷却塔表面上的等效设计风荷载应按下列式计算：

$$\omega(z, \theta) = \beta C_{p(\theta)} \mu_z \omega_0 \quad (2.6.3-1)$$

式中  $\omega(z, \theta)$ ——作用在塔表面上的等效设计风荷载( $\text{kN/m}^2$ )；

$\omega_0$ ——基本风压( $\text{kPa}$ )；

$C_{p(\theta)}$ ——平均风压分布系数；

$\beta$ ——风振系数；

$\mu_z$ ——风压高度变化系数。

1 基本风压  $\omega_0$  以当地较为空旷平坦地貌离地面 10m 高、重现期为 50 年的 10min 平均最大风速  $v(\text{m/s})$  计算；一般  $\omega_0 = v^2/1600$ ，但不得小于  $0.3\text{kN/m}^2$ 。

当冷却塔建在不同地形处，其基本风压值应按《建筑结构荷载规范》(GB 50009)中有关规定执行。

2 风压沿高度变化，其变化规律与地貌有关，根据地面粗糙类别，应按《建筑结构荷载规范》(GB 50009)规定执行。

3 双曲线冷却塔平均风压分布系数可按下式确定：

$$C_{p(\theta)} = \sum_{k=0}^m \alpha_k \cos k\theta \quad (2.6.3-2)$$

式中  $\alpha_k$ ——系数,见表 2.6.3—1;

$m$ ——项数,一般取  $m=7$ 。

表 2.6.3—1 系数  $\alpha_k$

$\alpha_k$	无肋双曲面	加肋双曲面
$\alpha_0$	-0.4426	-0.3923
$\alpha_1$	0.2451	0.2602
$\alpha_2$	0.6752	0.6024
$\alpha_3$	0.5356	0.5046
$\alpha_4$	0.0615	0.1064
$\alpha_5$	-0.1384	-0.0948
$\alpha_6$	0.0014	-0.0186
$\alpha_7$	0.0650	0.0468

4 塔高  $H=165\text{m}$  以下的双曲线冷却塔,在不同地面粗糙度类别条件下的风振系数  $\beta$  值,一般可按表 2.6.3—2 采用。

表 2.6.3—2 风振系数  $\beta$

地面粗糙度类别	A	B	C
风振系数	1.6	1.9	2.3

**2.6.4** 当计算冬季运行工况筒壁温度应力时,其筒壁内外温差应按以下要求进行计算:

- 1 冬季塔外计算气温按 **30** 年一遇极端最低气温计算;
- 2 冬季塔内计算温度按进风口、淋水填料及淋水填料以上不同部位分别确定,参见本标准附录 A;

3 塔筒筒壁内外表面温度差按下式计算：

$$\Delta t_b = \frac{h}{\lambda_h} K_{ch} \Delta t \quad (2.6.4-1)$$

$$\frac{1}{K_{ch}} = \frac{1}{\alpha_0} + \frac{h}{\lambda_h} + \frac{1}{\alpha_i} \quad (2.6.4-2)$$

式中  $\alpha_0$ 、 $\alpha_i$ ——筒壁外、内面向空气的放热系数，可取  $\alpha_0 = \alpha_i = 23.26 \text{W/m}^2 \cdot \text{C}$ 。

$h$ ——筒壁厚度(m)；

$\lambda_h$ ——混凝土的热导率，可取  $1.98 \text{W/m}^2 \cdot \text{C}$ ；

$\Delta t_b$ ——筒壁内外表面温度差( $\text{C}$ )；

$\Delta t$ ——筒壁内外空气温度差， $\Delta t = t_1 - t_0$  ( $\text{C}$ )；

$K_{ch}$ ——传热系数( $\text{W/m}^2 \cdot \text{C}$ )；

2.6.5 当需要验算夏季日照下的温度应力时，日照筒壁温差可近似按塔高为恒值计算：

$$\Delta t_{b(\theta)} = \frac{\Delta t_{b0}}{2} (1 + \cos \theta) \quad (2.6.5)$$

式中  $\Delta t_{b(\theta)}$ ——筒壁温差( $\text{C}$ )；

$\theta$ ——计算点与最大壁温差处的夹角( $^\circ$ )；

$\Delta t_{b0}$ —— $\theta = 0^\circ$ 处的壁温差，可采用  $10 \sim 15 \text{C}$ 。

2.6.6 冷却塔抗震验算及抗震构造措施应按现行《构筑物抗震设计规范》(GB 50191)12.1~12.2 节执行。

1 塔筒的地震作用标准值效应，应按下式确定：

$$S_E = \xi \sqrt{\sum_{j=1}^m S_{Ehj}^2 + \sum_{j=1}^m S_{Evj}^2} \quad (2.6.6)$$

式中  $S_E$ ——塔筒地震作用标准值效应；

$S_{Ehj}$ 、 $S_{Evj}$ ——分别为第  $j$  振型水平、竖向地震作用的标准值效应；

$\xi$ ——地震效应折减系数，可采用  $0.35$ ；

$m$ ——计算振型数，淋水面积小于  $4000 \text{m}^2$  的塔筒宜取不少于 3 个振型；淋水面积为  $4000 \sim 9000 \text{m}^2$  的

塔筒宜取不少于 5 个振型；淋水面积大于 9000m<sup>2</sup> 的塔筒，宜取不少于 7 个振型。

2 冷却塔塔筒可不进行抗震验算范围，应按《构筑物抗震设计规范》(GB 50191)第 12.2.1 条执行。

2.6.7 施工方法(如：悬挂或爬升脚手架、起重架缆索锚固等)所引起的附加荷载，应由施工部门提出，设计部门必须进行验算。当施工荷载较大，引起结构断面或材料增加过多时，应采用临时措施解决，不宜由塔体结构承担。

2.6.8 当遇有不均匀地基时，应复核地基不均匀沉降对塔筒筒壁、支柱及基础的承载能力和裂缝宽度的影响。

当复核风荷载产生的地基不均匀沉降时，应采用地基土的弹性模量代替变形模量。

2.6.9 设计双曲线冷却塔塔筒时，应对承载能力和正常使用两种极限状态分别进行荷载效应组合，并分别取其最不利情况进行设计。

2.6.10 按承载力极限状态计算时，应考虑以下几种荷载组合情况：

1 当考虑基本组合时：

$$1) \quad S = G + 1.4W + \Psi_t T \quad (2.6.10-1)$$

$$2) \quad S = G + 1.4W\Psi_w + T \quad (2.6.10-2)$$

以上二项组合应满足  $S \leq R$ 。

2 当考虑地震作用偶然组合时：

$$S = G + 0.25 \times 1.4W + \Psi_t T + 1.3S_E \quad (2.6.10-3)$$

地震荷载组合应满足  $S \leq R/\gamma_{RE}$ 。

式中  $S$ ——结构作用效应(内力)总设计值；

$R$ ——结构构件承载力设计值；

$\gamma_{RE}$ ——承载力抗震调整系数， $\gamma_{RE}$ 采用 0.85；

$G$ ——自重荷载的标准值效应；

$W$ ——计入风振系数的风荷载标准值效应；

$T$ ——计入徐变系数的温度作用标准值效应；

$S_E$ ——塔筒地震作用标准值效应，按(2.6.6)式计算；

1.3——地震作用分项系数；

1.4——风荷载分项系数；

$\Psi_w$ ——风荷载效应组合值系数，一般地区均可取 0.6，对于历年最大风速出现在最冷季节(12月、1月、2月)的地区，按气象统计资料(取 30 年一遇最低气温时相应的大风荷载与 50 年一遇最大风荷载的比值)确定；

$\Psi_t$ ——温度作用组合值系数，一般地区均可取 0.6，对于历年最大风速出现在最冷季节(12月、1月、2月)的地区，按气象统计资料(取 50 年一遇最大风荷载时相应的低气温与 30 年一遇最低气温的比值)确定。

**2.6.11** 按正常使用极限状态计算时，塔筒设计应按荷载短期效应组合验算裂缝。

1 短期效应组合为：

$$1) \quad S_k = G + W + \Psi_t T \quad (2.6.11-1)$$

$$2) \quad S_k = G + \Psi_w W + T \quad (2.6.11-2)$$

式中  $S_k$ ——荷载效应(内力)总标准值。

2 裂缝宽度按短期最大裂缝宽度计算：

$$\omega_{smax} = \frac{1}{\tau_1} \omega_{max} \quad (2.6.11-3)$$

式中  $\omega_{smax}$ ——短期最大裂缝宽度(mm)；

$\omega_{max}$ ——考虑长期作用影响的最大裂缝宽度(mm)；按《混凝土结构设计规范》(GB 50010)第 8.1.2 条(8.1.2-1)~(8.1.2-4)式计算；

$\tau_1$ ——长期作用扩大系数， $\tau_1 = 1.5$ 。

3 塔筒上、下刚性环环向验算时，可考虑正常使用极限状态下裂缝对刚度影响，温度效应可乘以 0.6 折减系数后再进行验算。

4 允许裂缝宽度见本规范第 2.5.4 条。

**2.6.12** 计算筒壁温度作用时,混凝土可考虑徐变系数  $C_t=0.5$ 。

**2.6.13** 双曲线冷却塔塔筒内力计算,宜按旋转壳体有矩理论计算。塔筒的支承条件可按离散支承或连续支承考虑。当按连续支承考虑时,风筒下环梁应迭加按深梁计算由风筒自重及风荷载等所产生的内力。

**2.6.14** 双曲线冷却塔塔筒的弹性稳定验算应按下列公式计算:

1 塔筒整体稳定验算:

$$q_{cr} = CE \left( \frac{h}{r_0} \right)^{2.3} \quad (2.6.14-1)$$

$$K_B = \frac{q_{cr}}{\omega} \geq 5 \quad (2.6.14-2)$$

式中  $K_B$ ——弹性稳定安全系数;

$q_{cr}$ ——塔筒屈曲临界压力值(kPa);

$\omega$ ——塔顶设计风压值(kPa);

$C$ ——经验系数,其值为 0.052;

$E$ ——混凝土弹性模量(kPa);

$r_0$ ——塔筒喉部半径(m);

$h$ ——塔筒喉部处壁厚(m)。

2 塔筒局部弹性稳定验算:

$$0.8 K_B \left( \frac{\sigma_1}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}} \right) + 0.2 K_B^2 \left[ \left( \frac{\sigma_1}{\sigma_{cr1}} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}} \right)^2 \right] = 1 \quad (2.6.14-3)$$

$$\sigma_{cr1} = \frac{0.985 E}{\sqrt[4]{(1-\nu^2)^3}} \left( \frac{h}{r_0} \right)^{4/3} K_1 \quad (2.6.14-4)$$

$$\sigma_{cr2} = \frac{0.612 E}{\sqrt[4]{(1-\nu^2)^3}} \left( \frac{h}{r_0} \right)^{4/3} K_2 \quad (2.6.14-5)$$

应满足  $K_B \geq 5$ 。

式中  $\sigma_1, \sigma_2$ ——由  $G+W+W_{sog}$  组合产生的环向、子午向压力,

其中  $W_{sog}$  为内吸力引起的压力(kPa);

$\sigma_{cr1}, \sigma_{cr2}$ ——环向、子午向的临界压力(kPa);

$h$ ——筒壁厚度(m);

$\nu$ ——混凝土泊松比；  
 $K_1$ 、 $K_2$ ——几何参数，查表 2.6.14。

表 2.6.14 几何参数表

$\tau_0 / Z_r$		$\tau_0 / r_u$						
		0.517	0.6	0.628	0.667	0.715	0.800	0.833
$K_1$	0.250	0.105	0.102	0.098	0.092	0.081	0.063	0.056
	0.333	0.162	0.157	0.150	0.138	0.124	0.096	0.085
	0.416	0.222	0.216	0.210	0.198	0.185	0.163	0.151
$K_2$	0.250	1.280	1.330	1.370	1.450	1.560	1.760	1.850
	0.333	1.200	1.250	1.300	1.370	1.490	1.730	1.830
	0.416	1.130	1.170	1.230	1.310	1.430	1.680	1.820

注： $r_u$ ——塔筒壳底半径(m)。

$Z_r$ ——塔筒喉部至壳底的距离(m)。

**2.6.15** 冷却塔斜支柱应按本规范第 2.6.9~2.6.11 条规定的两种极限状态，对塔筒下传至柱上、下端的内力进行组合计算，并分别取其最不利情况进行设计。

当需要复核冬季停运状态时，支柱内力可按下式计算，并与塔筒自重及实际风荷载作用下传至柱上、下端的内力进行组合计算：

$$S = G + 1.4 W_K \Psi_w + T_K \quad (2.6.15-1)$$

$$M_K = \frac{6 EI_{\alpha_1} \Delta t_k r_u}{L^2} \quad (2.6.15-2)$$

$$Q_K = \frac{2 M_K}{L} \quad (2.6.15-3)$$

式中  $W_K$ ——冬季停运时实际风荷载(计入风振系数)的标准值效应；

$T_K$ ——冬季停运时柱端产生的内力( $M_K$ 、 $Q_K$ )。其中力矩为  $M_K$ (kN·m)，切力为  $Q_K$ (kN)；

$\alpha_1$ ——混凝土的线膨胀系数，取  $\alpha_1 = 1.0 \times 10^{-5} (\text{°C}^{-1})$ ；

$\Delta t_k$ ——支柱上、下端温度差(支柱上端温度即停运时气温；下端温度当为环板基础时即为停运时柱下端

实际温度,当为倒 T 型基础时取池壁内外平均温度)( $^{\circ}\text{C}$ );

$I$ ——支柱断面惯性矩( $\text{m}^4$ );

$r_u$ ——塔筒底部半径( $\text{m}$ );

$L$ ——支柱长度( $\text{m}$ )。

**2.6.16** 计算塔筒支柱纵向弯曲长度时,支柱可考虑为一端固定一端铰支。支柱纵向弯曲计算长度  $L_0$ ;径向取  $0.9L$ ,环向取  $0.7L$ 。

**2.6.17** 冷却塔地基承载力计算时,其荷载组合应按下式计算:

$$S=1.1G+\frac{W}{\beta}+\psi_t T \quad (2.6.17)$$

**2.6.18** 冷却塔塔筒基础内力应按塔筒、支柱、基础和地基整体分析计算,并考虑基础与地基的变形协调。

在不具备整体分析的条件下,可按斜支柱下传的内力进行下列计算:

1 环板型基础的内力,一般可按下列各项分别计算后迭加:

1)在风筒自重(包括支柱与支承在风筒牛腿上的淋水装置荷载)作用下产生的环向拉力:

$$S=1.1G \quad (2.6.18-1)$$

式中 1.1——荷载分项系数。

2)风载产生的环向拉力(指按轴对称内力折减计算的环向拉力)。

3)当需要进行地震验算时,还应按本规范第 2.6.10 条计算地震作用产生的环向拉力。

4)在自重及风载作用下,环向内力按连续梁计算。这时,地基反力的荷载组合为:

$$S=1.1G+1.4W \quad (2.6.18-2)$$

5)径向内力按塔筒支柱下端传来的子午向力(弯矩、切力)和地基反力共同作用下计算。

6)在土和水的压力作用下,池壁内力按悬臂计算。

**2** 倒 T 型基础的内力,除按上列 2.6.18 条 1 款各项计算外,还应进行下列计算:

1)池壁内外温差所产生的温度应力。

2)施工闭合温度与运行最低温度之差所产生的环向拉力,当采取降低施工闭合温度的措施后,闭合温度差可采用 5~15℃。

- 注:1 在计算本条 1 款 1)、2)、3)与本条 2 款 2)项时,应考虑地基与基础变形协调;  
2 在计算 1 款 1)、2)、3)与 2 款 1)、2)时,基础变位及温度作用计算中的混凝土  $E$  值可乘以徐变系数 0.5;  
3 在计算 1 款 2)、3)项时,地基变位计算中的地基剪切刚度可采用动剪切刚度,在缺乏资料时,建议采用 3 倍静剪切刚度;  
4 在计算 2 款 2)项时,环向拉力可乘以结构松弛系数 0.5。

**2.6.19** 冷却塔塔筒基础应进行上拔力平衡验算。

1 对于环板型和倒 T 型基础,验算时,应按承载能力极限状态  $S = G + 1.2W$  荷载组合进行,基础底面出现上拔力的平面范围应控制在圆心角小于或等于 30°内。

2 对于单独基础,基础底面不允许出现上拔力,且自重  $G$  产生的压力与风荷载  $W$  产生的拉力之比应大于或等于 1.2。

## 2.7 机械通风冷却塔的荷载及内力计算

**2.7.1** 机械通风冷却塔塔体应考虑以下荷载:

- 1 结构和设备自重;
- 2 顶板活荷载和检修荷载;
- 3 风荷载;
- 4 风机和电动机振动荷载;
- 5 淋水装置支承于塔体结构上的荷载;
- 6 地震作用。

**2.7.2** 顶板的活荷载一般可取  $4\text{kN/m}^2$ ;顶板的检修荷载可按设备检修的具体情况确定,但不小于  $5\text{kN/m}^2$ 。这两项荷载不同时组合。

**2.7.3** 计算框架时,顶板的活荷载或检修荷载可乘以**0.7**折减系数。

**2.7.4** 风机和电动机的震动荷载可按当量荷载计算(参见本规范附录B)。

**2.7.5** 对于壳体结构的机械通风冷却塔,温度作用可参照自然通风冷却塔计算。

**2.7.6** 多格的机械通风冷却塔一般在纵、横向可按框架计算。

**2.7.7** 按承载能力极限状态计算框架时,应考虑下列荷载组合:

**1** 基本组合荷载包括:结构和设备自重、顶板活荷载或检修荷载、风机和电动机震动荷载、淋水填料支承于框架上的荷载和风荷载。

**2** 偶然组合荷载包括:结构和设备自重、顶板活荷载或检修荷载、风机和电动机震动荷载、淋水填料支承于框架上的荷载和地震力。

注:1 地震力在地震设计烈度**7**度及**7**度以上时考虑;

2 荷载分项系数,组合效应系数按现行《建筑结构荷载规范》(GB 50009)采用。

**2.7.8** 按正常使用极限状态验算裂缝宽度时,应按荷载基本组合下的荷载效应标准值进行。

**2.7.9** 塔体框架应进行振幅计算,振幅一般不宜超过**0.25mm**。

## **2.8 淋水装置构架**

**2.8.1** 自然通风和机械通风冷却塔的淋水装置构架,宜采用钢筋混凝土结构。

**2.8.2** 冷却塔采用槽式和池式配水时,水槽和配水池宜采用钢筋混凝土结构。当采用管式或管槽式配水时,其管材宜采用塑料或钢管。

**2.8.3** 淋水装置构架设计,应符合下列要求:

**1** 结构布置稳定,构件类型较少;

- 2 构件尺寸及形状有利于通风,阻力较小;
- 3 构件有足够的强度和刚度;
- 4 便于安装和检修填料。

**2.8.4 冷却塔淋水装置构架,应考虑以下荷载:**

- 1 淋水装置自重。
- 2 配水槽管和配水池内的水重。
- 3 淋水填料表面结垢重度(结垢厚度一般按 **1.0mm** 考虑,在特殊情况下,可酌情增减)。
- 4 淋水填料表面水膜重(水膜厚度按 **0.5~1.0mm** 考虑)。
- 5 寒冷地区淋水填料下层构件的挂冰荷载,可采用 **1.5~2.5kN/m<sup>2</sup>**(水平投影面积)。
- 6 自然通风冷却塔塔筒检修时,作用在主、配水槽上的检修荷载可采用 **2~3kN/m<sup>2</sup>**。
- 7 地震作用。

- 注:1 荷载组合时,风筒检修荷载与挂冰荷载不同时组合;
- 2 荷载组合时,风筒检修荷载与主、配水槽水重不同时组合;
- 3 结垢重度可按 **20kN/m<sup>3</sup>** 计算;
- 4 寒冷地区的划分参见本规范表 **2.5.8** 注。

**2.8.5 淋水装置构架抗震验算及抗震构造措施可按《构筑物抗震设计规范》(GB 50191)12.3 节执行。**

## 2.9 构造要求

**2.9.1 自然通风冷却塔塔筒筒壁厚度应根据强度、稳定性及施工条件确定,筒壁最小厚度不宜小于表 2.9.1 数值。**

**表 2.9.1 筒壁最小厚度**

淋水面积(m <sup>2</sup> )	筒壁最小厚度(mm)
<b>1000~2000</b>	<b>120</b>
<b>2500~4500</b>	<b>140</b>
<b>5000~10000</b>	<b>160</b>

- 2.9.2** 自然通风冷却塔塔顶刚性环处的筒壁厚度应渐变加厚。
- 2.9.3** 风筒式自然通风冷却塔塔筒在子午向及环向均需双层配筋,钢筋截面按计算确定。最小配筋率在子午向及环向的内层和外层均不应小于混凝土计算截面的 **0.2%**。
- 2.9.4** 塔筒的双层配筋间,应设置拉筋,拉筋直径不应小于 **6mm**,子午向及环向间距不大于 **600~700mm**,拉筋应交错布置。
- 2.9.5** 筒壁子午向及环向受力钢筋接头的位置应相互错开,在任一搭接长度的区段内,有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积子午向应按 **1/3** 采用,环向应按 **1/4** 采用。
- 2.9.6** 塔筒基础、塔筒支柱及环梁的钢筋接头处宜采用绑扎连接或焊接,受力筋直径  $d > 28\text{mm}$  时,不宜采用绑扎接头。
- 2.9.7** 塔筒支柱钢筋伸入环梁的长度应采用 **60~80** 倍钢筋直径;伸入基础的长度应采用 **40~60** 倍钢筋直径。
- 2.9.8** 塔筒及基础池壁上开孔处应设置加强钢筋,在孔洞四周加设水平筋、垂直筋和对角处斜钢筋,每侧水平筋或垂直筋的截面应不小于开孔处被切断钢筋截面的 **0.75** 倍。
- 2.9.9** 受力钢筋保护层最小厚度应采用:  
塔筒、墙板(机械塔) **25mm**;塔筒支柱 **35mm**;塔筒基础 **35mm**;框架(机械塔) **30mm**;水池底板 **25mm**;淋水装置构架 **20~30mm**。
- 注:筒壁厚度为 **120mm** 时,钢筋保护层最小厚度可采用 **20mm**。
- 2.9.10** 塔筒的水平施工缝应按现行的《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB 50204)执行。
- 2.9.11** 冷却塔塔筒的内表面宜设防水层。
- 2.9.12** 冷却塔的集水池底板与柱基为分离式时,其底板厚度不宜小于 **150mm**,底板上层宜设  $\phi 8$  构造钢筋,间距为 **200~250mm**。底板与混凝土垫层间应设沥青防水层。
- 2.9.13** 冷却塔集水池应设集水坑或排水沟。淋水面积在 **5000m<sup>2</sup>** 以上的自然通风冷却塔集水池中应有进池坡道。

**2.9.14** 风筒式自然通风冷却塔水池底板宜设伸缩缝。集水池底板与塔筒基础和配水竖井等荷重差异较大的结构间应设沉降缝。伸缩缝与沉降缝宜采用止水带或填柔性防水填料。

**2.9.15** 当采用装配式墙板的、多格毗连的机械通风冷却塔长度超过 30m 时,应设伸缩缝。

**2.9.16** 风筒式自然通风冷却塔进水管穿越基础时,宜设置穿墙套管或波纹补偿器,回水沟与基础之间应设沉降缝。

**2.9.17** 风筒式自然通风冷却塔塔筒基础在环向应设不少于 4 个沉降观测点;当地基较差时,配水竖井也应设置沉降观测点。

机械通风冷却塔,宜设置沉降观测点。

**2.9.18** 风筒式自然通风冷却塔环形基础长度大于 200m 时,宜采用分段跳仓浇筑混凝土,分段长度为 25~40m,分段断面宜留设在斜支柱跨度的 1/4 处。

**2.9.19** 环形基础施工完毕应及时回填。寒冷地区未投入运行前如要越冬,则水池应采取保温措施。冬季冷却塔停止运行时,水池应用热水循环或对水池及环形基础采取保温措施。

**2.9.20** 淋水装置预制钢筋混凝土构架的接头要尽量避免外露铁件。如有外露铁件,应采取可靠的防腐蚀措施。

**2.9.21** 冷却塔塔内外的金属爬梯及栏杆,宜采用热镀锌防腐。

## 3 喷 水 池

### 3.1 喷水池工艺设计

**3.1.1** 当循环水量较小,工艺对冷却水温要求不严格,且场地开阔,环境允许时可采用喷水池;在大风、多沙地区不宜采用喷水池。

**3.1.2** 喷水池可按经验曲线进行热力计算。

**3.1.3** 计算喷水池的冷却水温时,选用的气象条件应符合本规范第 2.1.11 条、第 2.1.12 条和第 2.1.13 条的规定。

**3.1.4** 喷水池的损失水量应根据下列各项确定:

- 1 蒸发损失水量应符合本规范第 2.1.15 条 1 款的规定;
- 2 风吹损失水量占循环水量的百分数可取 1.5%~3.5%;
- 3 排污损失水量应根据对循环水质的要求经计算确定。

**3.1.5** 喷水池的淋水密度应根据当地气象条件和工艺要求的冷却水温确定;一般可采用  $0.7\sim 1.2\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 。

**3.1.6** 喷水池不宜少于两格,当允许间断运行时亦可为单格。

**3.1.7** 喷水池的喷嘴宜选用渐伸线型或 C—6 型。

喷嘴前的水头:渐伸线型应为 5~7m;C—6 型不应小于 6m。喷嘴布置宜高出水面 1.2m 以上。

**3.1.8** 喷水池内的设计水深宜为 1.5~2.0m。

**3.1.9** 喷水池的超高不应小于 0.25m;池底应有坡向放空管的适当坡度。

**3.1.10** 喷水池宽不宜大于 60m;最外侧喷嘴距池边不宜小于 7m。喷水池的长边应与夏季主导风向垂直布置。

**3.1.11** 喷水池应有排污、放空和溢流设施。出水口前应设置拦污设施。

**3.1.12** 配水管末端应装设放水管。配水管应有坡向放水管的0.1%~0.2%的坡度。

**3.1.13** 寒冷和严寒地区的喷水池应采取下列防冻措施：

1 在进水干管上宜设旁路水管，旁路水管的排水口应位于水池出水口的对面一侧；

2 干管及配水管上的闸门应装设防冻放水管或采取其他保温措施。

## **3.2 喷水池结构设计**

**3.2.1** 喷水池的设计应以完整的工程地质和水文地质资料为依据，结合土质特点进行防水层设计，并应考虑放空时地下水浮力的影响。

**3.2.2** 喷水池建在不透水土壤上时，可不另做防水层。如建在透水性土壤上时，则应根据当地材料供应情况和工程地质条件等，可选择粘土、沥青或土工膜为防水层材料。

**3.2.3** 用粘土做防水层时，其塑性指数一般为15~17，厚度不宜小于300mm；其表面应做现浇混凝土板护面，厚度不宜小于100mm。

**3.2.4** 用两层混凝土板中间夹沥青层做防水层时，沥青层一般用IV号石油沥青并掺细填料，厚度一般为8mm。混凝土板厚度不宜小于100mm。

**3.2.4** 喷水池底层混凝土标号应不低于C10，面层混凝土标号应不低于C15，抗渗性标号一般为W<sub>4</sub>。在寒冷地区应根据气候条件提出相应的抗冻性要求。

喷水池水位经常变化的部分，应适当提高其混凝土的标号。

**3.2.6** 喷水池冬季施工或冬季停止使用放空时，应有防止土壤冻胀导致防水层损坏的措施。

**3.2.7** 喷水池宜采用下挖式，建造在地震区的喷水池应作边坡稳定计算。

**3.2.8** 喷水池边缘应有回水台；回水台的宽度不宜小于 **3m**。回水台倾向水池的坡度宜为 **2%~5%**。回水台外围应有防止周围地表水流入池内的措施。

## 4 水面冷却

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 利用水面冷却循环水时,宜利用已有水库、湖泊、河道或海湾等水体,也可根据自然条件新建冷却池。

**4.1.2** 利用水库、湖泊、河道或海湾等水体冷却循环水时,水体的水量、水质和水温应满足工业企业取水和冷却的要求。

**4.1.3** 利用水库、湖泊、河道或海湾等水体冷却循环水时,应征得水利、农业、渔业、航运和环境保护等有关部门的同意。

**4.1.4** 设计水面冷却工程,应考虑排水对环境的影响和冷却水体的综合利用。

**4.1.5** 工业企业使用综合利用水库或水利设施冷却循环水,应取得水利工程管理单位的供水协议。

**4.1.6** 取水、排水建筑物的布置和型式应有利于冷水的吸取和热水的扩散冷却。有条件时,宜采用深层取水。排水口应使出流平顺,排水水面与受纳水体水面宜平缓衔接。

**4.1.7** 设计取水建筑物的进水口应注意进口流速的均匀性。进水口平均流速一般可采用  $0.1\sim 0.2\text{m/s}$ 。必要时,可通过模型试验确定进水口流速。

**4.1.8** 有条件时,宜采用冷热水通道分开的差位式取排水口布置。当采用重叠的差位取排水口布置时,受热水体应有足够的水深。设计应考虑各种不利因素对设计最低水位和表面热水层厚度的影响。

**4.1.9** 水面蒸发系数和水面综合散热系数宜按下列公式计算确定:

$$\alpha=(22.0+12.5v^2+2.0\Delta T)^{1/2} \quad (4.1.9-1)$$

$$K_m = (b + k) \alpha + 4 \varepsilon \sigma (T_s + 273)^3 + (1/\alpha)(b \Delta T + \Delta e) \quad (4.1.9-2)$$

$$\Delta T = T_s - T_a \quad (4.1.9-3)$$

$$\Delta e = e_s - e_a \quad (4.1.9-4)$$

$$k = \frac{\partial e_s}{\partial T_s} \quad (4.1.9-5)$$

式中  $\alpha$ ——水面蒸发系数( $W \cdot m^{-2} \cdot hPa^{-1}$ );

$K_m$ ——水面综合散热系数( $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$ );

$b$ ——可取  $0.66 \frac{P}{1000} (hPa \cdot ^\circ C^{-1})$ ;

$P$ ——水面以上 1.5m 处大气压(hPa);

$v$ ——水面以上 1.5m 处的风速(m/s);

$\varepsilon$ ——水面辐射系数,可取 0.97;

$\sigma$ ——Stefan - Boltzman 常数,其值为:

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} (W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-4})$$

$T_a$ ——水面以上 1.5m 处的气温( $^\circ C$ );

$T_s$ ——水面水温( $^\circ C$ );

$e_s$ ——水温为  $T_s$  时的相应水面饱和水汽压(hPa);

$e_a$ ——水面以上 1.5m 处的水汽压(hPa)。

**4.1.10** 自然水温应根据实测资料或条件相似水体的观测资料确定。当缺乏上述资料时,可按热量平衡方程或经验公式计算确定。

**4.1.11** 当水体的冷却能力不足或需要降低排水温度时,可根据综合技术经济分析,选用辅助的冷却设施。

**4.1.12** 冷却水体中有渔业生产时,取水建筑物应设拦鱼设施。

**4.1.13** 取水口和排水口应装设测量水温和冷却水体水位的仪表。

**4.1.14** 取水口和排水口应尽量避免开水生物养殖场。设计中应考虑温排水对水体环境的影响。

**4.1.15** 利用水库、湖泊、河道、海湾或建设新的冷却池冷却循环

水时,视工程具体条件和设计阶段,应通过物理模型试验或数学模型计算以及其他方法,确定不同设计条件下水体的冷却能力、取水温度、水体表面和深层的水温分布、温排水的扩散范围等,并结合技术经济分析,优化取水口和排水口的布置。

## 4.2 冷却池

**4.2.1** 新建冷却池,应不占或少占耕地。设计应采取防止池岸和堤坝冲刷及崩坍的措施;还应采取措施,防止因冷却池附近地下水位升高对农田和建筑物造成不良影响。

**4.2.2** 利用水库或湖泊冷却循环水,应根据水域的水文气象条件、水利计算、运行方式和水工建筑物的设计标准等资料进行设计。

**4.2.3** 冷却池的设计最低水位,应根据水体的自然条件、冷却要求的水面面积和最小水深、泥沙淤积和取水口的布置等条件确定。

**4.2.4** 冷却池在夏季最低水位时,水流循环区的水深不宜小于2m。

**4.2.5** 冷却池的正常水位和洪水位,应根据水量平衡和调洪计算成果、循环水系统对水位的要求和池区淹没损失等条件,通过技术经济分析确定。

**4.2.6** 新建冷却池,应根据冷却、取水、卫生和其他方面的要求,对池底进行清理。

**4.2.7** 新建冷却池,初次灌水至运行要求的最低水位所需的时间,应满足工业企业投入生产的要求。

**4.2.8** 从冷却池取水的最高计算温度,不应超过生产工艺允许的最高值。

计算冷却池的设计冷却能力或取水的最高温度的水文气象条件,应根据生产工艺的要求确定。一般宜符合下列规定:

**1** 深水型冷却池,采用多年平均的年最热月月平均自然水温和相应的气象条件;

**2** 浅水型冷却池,采用多年平均的年最炎热连续 15 天平均自然水温和相应的气象条件。

**4.2.9** 计算冷却池的各月月平均取水水温,应采用多年相应各月的月平均水文和气象条件。

**4.2.10** 冷却池必须有可靠的补充水源。

冷却池补充水源的设计标准,应根据工业企业的重要性和生产工艺的要求确定。一般可采用保证率为 95%~97% 的枯水年水量。

**4.2.11** 冷却池的损失水量应按自然蒸发、附加蒸发、渗漏和排污等各项计算的损失水量确定。

**4.2.12** 冷却池的自然蒸发率宜按下式计算:

$$E = \frac{86400}{\rho_w r_{ts}} \alpha (e_s - e_a) \quad (4.2.12)$$

式中  $E$ ——水面自然蒸发率( $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ );

$\rho_w$ ——水的密度,可近似采用  $1000 \text{kg}/\text{m}^3$ ;

$r_{ts}$ ——与水面水温  $T_s$ ,相应的水汽化热可采用  $2500 - 2.39 T_s$  ( $\text{kJ}/\text{kg}$ )。

**4.2.13** 自然蒸发水量的计算应符合下列规定:

**1** 年调节水量的冷却池,当为地表径流补给时,应采用与补充水源同一设计标准的枯水年;人工补水时,可按历年中蒸发量与降水量的差值最大年份考虑;

**2** 多年调节水量的冷却池,可采用多年平均值;

**3** 蒸发量年内各月分配可采用设计枯水年的年内月分配。

**4.2.14** 冷却池的附加蒸发水量宜按下式计算:

$$q_e = K_e \cdot \Delta t \cdot Q \quad (4.2.14 - 1)$$

$$K_e = \frac{C_w [\alpha k + (e_s - e_a) / \alpha]}{K_m r_{ts}} \quad (4.2.14 - 2)$$

式中  $q_e$ ——附加蒸发水量( $\text{t}/\text{h}$ );

$Q$ ——循环水流量( $\text{t}/\text{h}$ );

$\Delta t$ ——循环水的排水与取水温差( $^{\circ}\text{C}$ );

$K_e$ ——附加蒸发系数( $1/^{\circ}\text{C}$ )。

**4.2.15** 冷却池的渗漏水量可根据池区的水文地质条件和水工建筑物的型式等因素确定。必要时,冷却池应采取防渗漏的措施。

**4.2.16** 冷却池的排污水量,应根据对循环水水质的要求计算确定。

**4.2.17** 冷却池应考虑泥砂和各种污物对取、排水和冷却能力的影响,必要时应采取防止或控制淤积发展的措施。

**4.2.18** 当冷却池有地表径流补给水时,宜设置向冷却池下游排放热水的旁路设施。

**4.2.19** 冷却池取水口和排水口方位的选择,应考虑风向对取水温度和热水扩散的影响。

**4.2.20** 为提高冷却池的冷却能力或降低取水温度,可采用导流堤、潜水堰和挡热墙等工程措施。

**4.2.21** 地表径流补水的冷却池,应有排泄洪水的建筑物。人工补水的冷却池,应根据需要,设置溢流和放水等设施。

**4.2.22** 工业企业自建的冷却池,应设专人管理。

**4.2.23** 冷却池工程的级别以及冷却池的堤坝、进排水沟渠和泄水构筑物等水工建筑物的级别应按《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252—2000)有关规定执行。

### 4.3 河道冷却

**4.3.1** 计算河道的设计冷却能力或冷却水最高温度的水文气象条件,应根据生产工艺的要求确定。一般可采用历年最炎热时期(一般以3个月计算)频率为5%~10%的日平均水温和相应的水文气象条件。冷却水的最高计算温度,不应超过生产工艺允许的最高值。

**4.3.2** 利用河网冷却循环水,应根据河网的规划设计,论证和选择设计最低水位。

**4.3.3** 排水口宜设在取水口下游。当排水口设在上游时,应采取减少进入取水口的热水量的措施。

**4.3.4** 感潮河段应采取避免和减少排水热量在水体中积蓄对取水温度影响的措施。

**4.3.5** 利用河道或河网冷却循环水时,应校核在不利水文条件下的可取水量。必要时应采取措,以保证工业企业取得必需的循环冷却水量。

#### **4.4 海湾冷却**

**4.4.1** 利用海湾冷却循环水时,应注意海域内海流流向和温跃层的影响;当取水口海域有温跃层时,宜采用深层取水方式;排水方式可根据工程的具体条件确定。

**4.4.2** 利用河口、海湾冷却循环水时,应注意海水盐度垂直分布不均匀对取水水温和温排水扩散的影响。当可能出现这种影响时,应重视取排水高程的选定。采用重叠式取排水口布置应有试验核定。

**4.4.3** 无化冰要求的环抱式港池内不宜同时设置循环冷却水的取、排水口。

**4.4.4** 当用于冷却循环水的海湾有泥沙和海流运行时,应首先研究和论证泥砂对取排水设施的淤积和海流对取、排水设施的冲刷影响,并考虑利于吸取冷水和温排水的扩散,确定合理的取、排水设施的位置和型式。

# 附录 A 风筒式自然通风冷却塔通风筒内壁设计气温取值

附表 A 风筒式自然通风冷却塔通风筒内壁设计气温取值

气温取值 位置示意图	环梁有挡水设施				环梁无挡水设施	
	大气温为-15℃地区		大气温为-25℃地区		单元系统	母管系统
	单元系统	母管系统	单元系统	母管系统		

注:1 环梁有(无)挡水设施,指淋水装置范围有(无)挡水板等防止热水直接溅到塔壁上的设施。

2 单元系统指一机一塔供水,冬季运行时不能调整水塔座数的情况。

3 母管系统指多机多塔供水,冬季运行时能调整水塔座数(如二机一塔)的情况。

4 大气温为其他值的地区,塔内壁气温可参照表中数值研究确定。

## 附录 B 机械通风冷却塔风机和电动机 当量静荷载计算方法

### B.0.1 竖向当量静荷载：

$$G_v = K_v W \quad (\text{B.0.1-1})$$

式中  $G_v$ ——竖向当量静荷载(kN)；  
 $W$ ——风机或电动机自重(重力)(kN)；  
 $K_v$ ——竖向动力系数，风机可取 2.0，电动机可取 1.5。

### B.0.2 水平当量静荷载。

1 风机正常运行时产生的扰力，可按下式计算：

$$F_g = \frac{W_1 S n^2}{250} \quad (\text{B.0.2-1})$$

式中  $F_g$ ——水平扰力(kN)；  
 $W_1$ ——风机转动部分重量(重力)(kN)；  
 $S$ ——风机转动部件的偏心距，可按实际情况取值，一般可取 1mm；  
 $n$ ——风机转速( $s^{-1}$ )。

2 计算框架时，每台风机的水平当量静荷载可按下式计算：

$$G_H = K_H F_g \beta_1 \quad (\text{B.0.2-2})$$

$$\beta_1 = \frac{1}{(1 - \frac{n}{f})^2 (1 - C_\mu) C_\mu} + \frac{0.07}{(1 - 0.4 \frac{n}{f})^2 + C_\mu} \quad (\text{B.0.2-3})$$

式中  $G_H$ ——每台风机水平当量静荷载(kN)；  
 $K_H$ ——风机水平动力系数，可取 4.0；  
 $\beta_1$ ——风机对塔体的动性能系数；  
 $n$ ——风机转速( $s^{-1}$ )；  
 $f$ ——塔体自振频率(Hz)；

$C_{\mu}$ ——材料非弹性阻力系数,可取 0.1;

$F_g$ ——每台风机的水平扰力(kN)。

3 电动机的水平当量静荷载可不考虑。

## 本规范用词说明

**1** 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

**1)**表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

**2)**表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

**3)**表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

**2** 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 贝律铭写给年轻设计师的十点忠告

[1]好好规划自己的路，不要跟着感觉走！

[2]可以做设计，切不可沉湎于设计

[3]不要去做设计高手，只去做综合素质高手！

[4]多交社会三教九流的朋友！

[5]知识涉猎不一定专，但一定要广！

[6]抓住时机向工程管理或行政方面的转变！

[7]逐渐克服自己的心里弱点和性格缺陷！

[8]工作的同时要为以后做准备！

[9]要学会善于推销自己！

[10]该出手时便出手！

我的个人网站: <http://www.leechunguang.com> 。

设计之路-给排水消防 QQ 群: 186983222。

希望能与相同志向的同行沟通。