

中华人民共和国行业标准

化工企业冷却塔设计规定

HG 20522-92

主编单位： 化工部第八设计院
批准部门： 化 学 工 业 部

化工部工程建设标准编辑中心

1992 北 京

1 总 则

1.0.1 化工企业冷却塔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。

1.0.2 化工企业冷却塔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。

1.0.3 本规定适用于化工企业新建和扩建的机械通风湿式冷却塔的设计。当设计其它行业工程时,可按有关行业规定执行,如有相关行业无规定时,可执行本规定。

1.0.4 冷却塔的大、中、小型界限按下列划分:

大型:单格冷却水量负荷大于 $1500\text{m}^3/\text{h}$ 。

中型:单格冷却水量负荷大于 $500\text{m}^3/\text{h}$;小于和等于 $1500\text{m}^3/\text{h}$ 。

小型:单格冷却水量负荷小于和等于 $500\text{m}^3/\text{h}$ 。

1.0.5 换热器、冷凝器所需冷却水量与冷却水温度 t_1 、 t_2 有关,冷却塔设计应密切配合化工工艺,并进行多方案比较,达到技术先进、经济合理。

1.0.6 下列情况宜设置独立的循环冷却水系统:

1.0.6.1 当冷却水含有特种化学物质时,如乙炔、沼气、炭黑、烧碱、硫酸、磷肥等装置的冷却水系统。

1.0.6.2 换热器材质对冷却水质有特殊要求时。

1.0.7 循环冷却回水管道系统设计应考虑回水余压上塔,达到节省能耗。

1.0.8 当技术经济、气象参数、工艺参数条件适宜(温差小于

8℃、冷幅高为 5~7℃)时,可采用自然通风风筒型冷却塔。

1.0.9 冷却塔的热交换特性宜采用原型塔实测数据,当缺乏原型塔的实测数据时,可采用模拟塔的试验数据,并对模拟塔试验数据进行 0.85~1.00 的修正。

1.0.10 化工企业冷却塔设计除应执行本规定外,尚应符合现行有关的国家标准、规范的规定。

2 气象参数的取值和整理

2.0.1 应选用能代表冷却塔所在地气象特征的气象台、站的气象参数。必要时宜在冷却塔所在地设置气象观测站。

2.0.2 气象参数应采用近期连续不少于五年,并取每年最热时期三个月的日平均值。

2.0.3 气象参数的取值应以一昼夜四次或三次标准时间测值的算术平均值,作为日平均值。

2.0.4 化工企业冷却塔设计应按湿球温度频率统计法。应采用每年在最热时期,不超过五个日平均湿球温度,及其相对应的其它气象参数,计算冷却塔的冷却后水温。

3 一般规定

3.0.1 冷却塔设计的热力计算,宜采用焓差法或经验方法,还应遵循下列基本方程:

3.0.1.1 逆流型冷却塔

$$N = \frac{\Delta t C_p}{\Delta i_m} = \frac{B_{xv} V}{K_1 Q} \quad (1)$$

式中: N ——冷却数;

Δt ——水温差, $^{\circ}\text{C}$;

Δi_m ——平均焓差, J/kg , 干空气 (kcal/kg , 干空气);

C_p ——水的比热, $\text{J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ($\text{kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$);

B_{xv} ——含湿量差的容质散质系数, $\text{kg/m}^3 \cdot \text{h} (\text{kg/kg})$;

V ——填料体积, m^3 ;

Q ——冷却水流量, kg/h ;

K_1 ——修正系数(见表 3.0.1.1)。

3.0.1.2 横流型冷却塔

$$N = \frac{\Delta t \cdot C_p}{\Delta i_m} = \frac{B_{xv} H}{K_1 q} \quad (2)$$

式中: N ——冷却数;

Δt ——水温差, $^{\circ}\text{C}$;

Δi_m ——平均焓差, J/kg , 干空气 (kcal/kg , 干空气);

C_p ——水的比热, $\text{J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ($\text{kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$);

B_{xv} ——含湿量差的容质散质系数, $\text{kg/m}^3 \text{h} (\text{kg/kg})$;

q ——淋水密度, $\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}$;

H ——填料高度, m ;

K_1 ——修正系数(见表 3.0.1.1)。

$$K = 1 + \frac{t_m}{r_m}(1 - 0.12\lambda)$$

各种平均水温及气水比的

表

$$K_1 = 1 + 0.53 \frac{t_m}{r_m}(1 - 0.12\lambda)$$

表 3.0.1.1

平均水汽化热 r_m 温 t_m (°C)	气 水 比 λ																		
	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0			
20.0 586.00	1.0321 .0170	1.0317 .0168	1.0313 .0166	1.0309 .0164	1.0304 .0161	1.0300 .0159	1.0296 .0157	1.0292 .0155	1.0288 .0153	1.0284 .0151	1.0280 .0148	1.0276 .0146	1.0272 .0144	1.0268 .0142	1.0263 .0139	1.0259 .0137			
21.0 585.44	.0337 .0179	.0333 .0176	.0329 .0174	.0324 .0172	.0320 .0170	.0316 .0168	.0311 .0165	.0307 .0163	.0303 .0161	.0298 .0158	.0294 .0156	.0290 .0154	.0286 .0152	.0281 .0149	.0277 .0147	.0273 .0145			
22.0 584.88	.0354 .0188	.0349 .0185	.0345 .0183	.0340 .0180	.0336 .0178	.0331 .0175	.0326 .0173	.0322 .0171	.0317 .0168	.0313 .0166	.0308 .0163	.0304 .0161	.0299 .0158	.0295 .0156	.0290 .0154	.0286 .0152			
23.0 584.32	.0370 .0196	.0365 .0193	.0361 .0191	.0356 .0189	.0351 .0186	.0346 .0183	.0341 .0181	.0337 .0179	.0332 .0176	.0327 .0173	.0323 .0171	.0318 .0169	.0313 .0166	.0309 .0164	.0304 .0161	.0299 .0158			
24.0 583.76	.0386 .0205	.0382 .0202	.0377 .0200	.0372 .0197	.0367 .0195	.0362 .0192	.0357 .0189	.0352 .0187	.0347 .0184	.0342 .0181	.0337 .0179	.0332 .0176	.0327 .0173	.0322 .0171	.0317 .0168	.0312 .0165			
25.0 583.20	.0403 .0214	.0398 .0211	.0393 .0208	.0388 .0206	.0382 .0202	.0377 .0200	.0372 .0197	.0367 .0195	.0362 .0192	.0357 .0189	.0352 .0187	.0346 .0183	.0341 .0181	.0336 .0178	.0331 .0175	.0326 .0173			
26.0 582.64	.0419 .0222	.0414 .0219	.0408 .0216	.0403 .0214	.0398 .0211	.0393 .0208	.0387 .0205	.0382 .0202	.0377 .0200	.0371 .0197	.0366 .0194	.0361 .0191	.0355 .0188	.0350 .0186	.0345 .0183	.0339 .0180			
27.0 582.08	.0436 .0231	.0430 .0228	.0425 .0225	.0419 .0222	.0414 .0219	.0408 .0216	.0403 .0214	.0397 .0210	.0391 .0207	.0386 .0205	.0380 .0201	.0375 .0199	.0369 .0196	.0364 .0193	.0358 .0190	.0353 .0187			
28.0 581.52	.0457 .0242	.0447 .0237	.0442 .0234	.0435 .0231	.0429 .0227	.0424 .0225	.0418 .0222	.0412 .0218	.0406 .0215	.0401 .0213	.0395 .0209	.0389 .0206	.0383 .0203	.0377 .0200	.0372 .0197	.0366 .0194			

续表 3.0.1.1

平均水汽化热 r_m 温 t_m (°C)	(kcal/ kg)	λ															
		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
29.0	580.96	1.0469 .0249	1.0463 .0245	1.0457 .0242	1.0451 .0239	1.0445 .0236	1.0439 .0233	1.0433 .0229	1.0427 .0226	1.0421 .0223	1.0415 .0220	1.0409 .0217	1.0403 .0214	1.0397 .0210	1.0391 .0207	1.0385 .0204	1.0379 .0201
30.0	580.40	1.0486 .0258	1.0480 .0254	1.0473 .0251	1.0467 .0248	1.0461 .0244	1.0455 .0241	1.0449 .0338	1.0442 .0234	1.0436 .0231	1.0430 .0228	1.0424 .0225	1.0418 .0222	1.0411 .0218	1.0405 .0215	1.0399 .0211	1.0393 .0208
31.0	579.84	1.0503 .0267	1.0496 .0263	1.0490 .0260	1.0483 .0256	1.0477 .0253	1.0470 .0249	1.0464 .0246	1.0458 .0243	1.0451 .0239	1.0445 .0236	1.0438 .0232	1.0432 .0229	1.0426 .0226	1.0419 .0222	1.0413 .0219	1.0406 .0215
32.0	579.28	1.0519 .0275	1.0503 .0272	1.0506 .0268	1.0499 .0264	1.0493 .0261	1.0486 .0258	1.0479 .0254	1.0473 .0251	1.0466 .0247	1.0460 .0244	1.0453 .0240	1.0446 .0236	1.0440 .0233	1.0433 .0229	1.0426 .0226	1.0420 .0223
33.0	578.72	1.0536 .0284	1.0529 .0280	1.0522 .0277	1.0515 .0273	1.0509 .0270	1.0502 .0266	1.0495 .0262	1.0488 .0259	1.0481 .0255	1.0474 .0251	1.0468 .0248	1.0461 .0244	1.0454 .0241	1.0447 .0237	1.0440 .0233	1.0433 .0229
34.0	578.16	1.0553 .0293	1.0546 .0289	1.0539 .0286	1.0532 .0282	1.0525 .0278	1.0518 .0275	1.0510 .0270	1.0503 .0267	1.0496 .0263	1.0489 .0259	1.0482 .0255	1.0475 .0252	1.0468 .0248	1.0461 .0244	1.0454 .0241	1.0447 .0237
35.0	577.60	1.0570 .0302	1.0562 .0298	1.0555 .0294	1.0548 .0290	1.0541 .0287	1.0533 .0282	1.0526 .0279	1.0519 .0275	1.0511 .0271	1.0504 .0267	1.0497 .0263	1.0490 .0260	1.0482 .0255	1.0475 .0252	1.0468 .0248	1.0461 .0244
36.0	577.02	1.0586 .0311	1.0579 .0307	1.0571 .0303	1.0564 .0299	1.0557 .0295	1.0549 .0291	1.0542 .0287	1.0534 .0283	1.0527 .0279	1.0519 .0275	1.0512 .0271	1.0504 .0267	1.0497 .0263	1.0489 .0259	1.0482 .0255	1.0474 .0251
37.0	576.44	1.0603 .0320	1.0596 .0316	1.0588 .0312	1.0580 .0307	1.0573 .0304	1.0565 .0299	1.0557 .0295	1.0549 .0291	1.0542 .0287	1.0534 .0283	1.0526 .0279	1.0519 .0275	1.0511 .0271	1.0503 .0267	1.0496 .0263	1.0488 .0259
38.0	575.86	1.0620 .0329	1.0612 .0324	1.0604 .0320	1.0597 .0316	1.0589 .0312	1.0581 .0308	1.0573 .0304	1.0565 .0299	1.0557 .0295	1.0549 .0291	1.0541 .0287	1.0533 .0282	1.0525 .0278	1.0517 .0274	1.0509 .0270	1.0502 .0266
39.0	575.28	1.0637 .0338	1.0629 .0333	1.0621 .0329	1.0613 .0325	1.0605 .0321	1.0597 .0316	1.0588 .0312	1.0580 .0307	1.0572 .0303	1.0564 .0299	1.0556 .0295	1.0548 .0290	1.0540 .0286	1.0531 .0281	1.0523 .0277	1.0515 .0273

续表 3.0.1.1

平均水汽化热 r_m 温 t_m (°C)		气 水 比 λ																
		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	
40.0	574.70	1.0654 .0347	1.0646 .0342	1.0638 .0338	1.0629 .0333	1.0621 .0329	1.0612 .0324	1.0604 .0320	1.0596 .0316	1.0587 .0311	1.0579 .0307	1.0571 .0303	1.0562 .0298	1.0554 .0294	1.0546 .0289	1.0537 .0285	1.0529 .0280	
41.0	574.12	.0671 .0356	.0663 .0351	.0654 .0347	.0646 .0342	.0637 .0338	.0628 .0333	.0620 .0329	.0611 .0324	.0603 .0320	.0594 .0315	.0586 .0311	.0577 .0306	.0568 .0301	.0560 .0297	.0551 .0292	.0543 .0288	
42.0	573.54	.0688 .0365	.0680 .0360	.0671 .0356	.0662 .0351	.0653 .0346	.0644 .0341	.0636 .0337	.0627 .0332	.0618 .0328	.0609 .0323	.0600 .0318	.0592 .0314	.0583 .0309	.0574 .0304	.0565 .0299	.0557 .0295	
43.0	572.96	.0705 .0374	.0696 .0369	.0687 .0364	.0678 .0359	.0669 .0355	.0660 .0350	.0651 .0345	.0642 .0340	.0633 .0335	.0624 .0331	.0615 .0326	.0606 .0321	.0597 .0316	.0588 .0312	.0579 .0307	.0570 .0302	
44.0	572.38	.0723 .0383	.0713 .0378	.0704 .0373	.0695 .0368	.0686 .0364	.0676 .0358	.0667 .0354	.0658 .0349	.0649 .0344	.0640 .0339	.0630 .0334	.0621 .0329	.0612 .0324	.0603 .0320	.0593 .0314	.0584 .0310	
45.0	571.80	.0740 .0392	.0730 .0387	.0721 .0382	.0711 .0377	.0702 .0372	.0693 .0367	.0683 .0362	.0673 .0357	.0664 .0352	.0655 .0347	.0645 .0342	.0636 .0337	.0626 .0332	.0617 .0327	.0608 .0322	.0598 .0317	
46.0	571.24	.0757 .0401	.0747 .0396	.0738 .0391	.0728 .0386	.0718 .0381	.0709 .0376	.0699 .0370	.0689 .0365	.0680 .0360	.0670 .0355	.0660 .0350	.0651 .0345	.0641 .0340	.0631 .0334	.0622 .0330	.0612 .0324	
47.0	570.68	.0774 .0410	.0764 .0405	.0754 .0400	.0745 .0395	.0735 .0390	.0725 .0384	.0715 .0379	.0705 .0374	.0695 .0370	.0685 .0363	.0675 .0358	.0665 .0352	.0656 .0348	.0646 .0342	.0636 .0337	.0626 .0332	
48.0	570.12	.0791 .0419	.0781 .0414	.0771 .0409	.0761 .0403	.0751 .0398	.0741 .0393	.0731 .0387	.0721 .0382	.0711 .0377	.0700 .0371	.0690 .0366	.0680 .0360	.0670 .0355	.0660 .0350	.0650 .0345	.0640 .0339	
49.0	569.56	.0809 .0429	.0798 .0423	.0788 .0418	.0778 .0412	.0767 .0407	.0757 .0401	.0747 .0396	.0736 .0390	.0726 .0385	.0716 .0379	.0705 .0374	.0695 .0368	.0685 .0363	.0674 .0357	.0664 .0352	.0654 .0347	
50.0	569.00	.0826 .0438	.0815 .0432	.0805 .0427	.0794 .0421	.0784 .0416	.0773 .0410	.0763 .0404	.0752 .0399	.0742 .0393	.0731 .0387	.0721 .0382	.0710 .0376	.0699 .0370	.0689 .0365	.0678 .0359	.0668 .0354	

3.0.2 设计冷却塔排出空气焓值应按下列公式计算:

$$i_2 = i_1 + \frac{K\Delta t}{\lambda} \quad (3)$$

式中: i_1 ——进塔空气焓, J/kg, 干空气(kcal/kg, 干空气);

Δt ——水温差, °C;

λ ——空气和水的质量流量比;

K ——修正系数(见表 3.0.1.1)。

3.0.3 为提高冷却塔风机运行总效率, 宜采取下列措施:

3.0.3.1 风筒扩散段设计宜采用圆锥台型或抛物线型。

3.0.3.2 应控制风机叶片尖端至风筒内壁的间隙等于或小于 30mm。

3.0.3.3 横流型冷却塔宜控制填料顶部至风机吸入段下缘高度, 等于或大于风机直径的 0.2 倍。

3.0.3.4 逆流型冷却塔宜控制填料顶部至风机吸入段下缘的收缩段的高度, 等于或大于风机直径的 0.5 倍。

3.0.4 设计逆流型冷却塔时, 其淋水密度和塔内风速宜采用下列数据:

3.0.4.1 大、中型冷却塔: 淋水密度: $7 \sim 12 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$;

塔内风速: $1.5 \sim 2.3 \text{ m/s}$ 。

3.0.4.2 小型冷却塔: 淋水密度: $8 \sim 16 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$;

塔内风速: $2.0 \sim 2.5 \text{ m/s}$ 。

3.0.5 设计横流型冷却塔时, 其淋水密度应控制在 $7.5 \sim 58 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$; 塔内风速控制在 $1.8 \sim 3.3 \text{ m/s}$ 。

3.0.6 多排布置的塔群, 应考虑占地面积、湿热空气回流和干扰的影响因素, 每排长度和宽度之比宜按下列数据选用:

大、中型冷却塔为 $3:1 \sim 4:1$;

小型冷却塔为 $4:1 \sim 5:1$ 。

3.0.7 多排布置逆流型塔群的塔排间距, 宜按表 3.0.7 规定。

表 3.0.7

塔排中单格塔淋水面积, m ²	<10	<20	<100	<200	>200
塔 排 净 距, m	9	12	25	27	33

3.0.8 多排布置的逆流型塔群,当塔排长度小于 70m 时,考虑其湿热空气回流和干扰的影响,宜按设计选定的湿球温度值再附加 0.1~0.3℃。

3.0.9 多排布置的横流型塔群,当塔排长度小于 70m 时,考虑其湿热空气回流和干扰的影响,宜按设计选定的湿球温度值再附加 0.1~0.5℃。

3.0.10 多格组合的塔群,应根据化工工艺开试车程序、冷却塔风机检修条件,在塔下集水池适当采取分隔措施。

4 设计计算

4.1 热力计算

4.1.1 逆流型冷却塔的热力计算,宜遵循下列规定:

4.1.1.1 冷却水温差为 $6\sim 15^{\circ}\text{C}$ 的中、小型冷却塔的热力计算,宜采用平均焓差法(对数均值法)。

4.1.1.2 冷却水温差为 $6\sim 15^{\circ}\text{C}$ 的大型冷却塔的热力计算,宜采用辛普生近似积分法。

4.1.1.3 冷却水温差大于 15°C 的大、中、小型冷却塔、新开发冷却塔的热力计算,宜采用辛普生近似积分法。

4.1.2 横流型冷却塔的热力计算,宜遵循下列规定:

4.1.2.1 冷却水温差为 $6\sim 15^{\circ}\text{C}$ 的中、小型冷却塔的热力计算,宜采用别尔曼近似求解法(B. 努谢尔特公式)。

4.1.2.2 冷却水温差为 $6\sim 15^{\circ}\text{C}$ 的大型冷却塔的热力计算,应采用经过鉴定的电算程序,条件暂不具备时,宜采用分段积分法。

4.1.2.3 冷却水温差大于 15°C 的大、中、小型冷却塔、新开发冷却塔的热力计算,应采用经过鉴定的电算程序。

4.2 通风阻力计算

4.2.1 冷却塔的通风阻力系数,宜采用原型塔的实测数据,当缺乏实测数据时,可按经验方法计算。

4.2.2 按经验方法采用分步计算的总阻力系数往往偏小,在选择风机时应留有适当裕度。

4.3 水量损失计算

冷却塔的水量损失应根据蒸发、风吹、排污损失水量确定。

4.3.1 初步确定冷却塔蒸发损失水量占进入冷却塔循环水量的百分数,可按下列经验公式计算:

$$P_e = K\Delta t \quad (3)$$

式中: P_e ——蒸发损失率, %;

Δt ——冷却塔进水与出水温度差, $^{\circ}\text{C}$;

K ——系数, $1/^{\circ}\text{C}$ (按表 4.3.1 采用)。

表 4.3.1

环境气温, $^{\circ}\text{C}$	-10	0	10	20	30	40
$K, 1/^{\circ}\text{C}$	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16

4.3.2 机械通风冷却塔的风吹损失水量占进入冷却塔循环水量的 0.2%~0.3%。

4.3.3 排污损失水量应根据对循环水水质的要求计算确定。

5 塔型选择

5.0.1 冷却塔塔型的选择,一般宜根据冷却水量、冷却幅宽($t_1 - t_2$)、冷却幅高($t_2 - \tau$)、冷却水质、运行方式、设备材料供应情况,及可供布置冷却塔位置的大小和施工条件,通过技术经济方案比较后确定。

5.0.2 选择塔型时,应使组合塔群的冷却能力和工艺装置要求的总冷却水量相匹配。

5.0.3 冷却塔设计在满足化工工艺要求的冷却水温(t_2)条件下,塔型选择应遵循下列规定:

5.0.3.1 冷却幅高($t_2 - \tau$)为 5°C 以下时,宜采用逆流型冷却塔。

5.0.3.2 冷却幅高($t_2 - \tau$)为 4°C (包括 4°C) 以上时,宜采用横流型冷却塔。

5.0.4 在冷却幅宽($t_1 - t_2$)已定条件下,当化工工艺冷却水量参数变化幅度为 $\pm 10\%$ 左右时,宜采用逆流型冷却塔;变化幅度为 $\pm 20\%$ 左右时,宜采用横流型冷却塔。

5.0.5 塔体结构选择宜遵循下列原则:

5.0.5.1 大、中型冷却塔的塔体主要承重部分,应采用钢筋混凝土结构或钢结构。

5.0.5.2 小型冷却塔的塔体主要承重部分,宜采用钢筋混凝土结构、钢结构以及玻璃钢结构。

5.0.6 大、中型冷却塔的风机风筒设计,宜遵循下列规定:

5.0.6.1 风筒喉部风机叶片水平轴线以下的吸入段,应采用流线型,吸入段高度宜大于 1.2m 。

5.0.6.2 风筒喉部风机叶片水平轴线以上的扩散段(筒)高度,宜等于风机的半径;扩散段(筒)的中心角宜为 14° ;扩散段(筒)的出口直径按下式计算:

$$D_o = D_f + 0.246L_o \quad (4)$$

式中: D_o ——扩散段(筒)出口直径,m;

D_f ——风机直径,m;

L_o ——扩散段(筒)高度,m。

5.0.6.3 风机风筒宜采用钢筋混凝土、聚酯玻璃钢制作。

5.0.7 大、中、小型冷却塔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:

5.0.7.1 塔型。

5.0.7.2 循环冷却水的水温和水质。

5.0.7.3 填料的热力特性和阻力性能。

5.0.7.4 填料的物理力学性能、化学性能和稳定性(耐温度变化、抗老化和抗腐蚀等)。

5.0.7.5 施工和检修方便。

5.0.7.6 填料的支承方式和结构。

5.0.8 大、中型冷却塔的配水系统应满足配水均匀、通风阻力小、能量消耗低和便于维修的要求。

5.0.8.1 逆流型冷却塔宜采用管式配水系统,配水干管的起点流速宜采用 $1.0 \sim 1.5\text{m/s}$ 。

5.0.8.2 横流型冷却塔宜采用池式配水系统,水深的设计值应大于溅水喷嘴内径,或配水底孔直径的 6 倍;池壁超高不小于 0.1m ;池顶宜设盖板或采取防止光照下滋长微生物和苔藓的措施。

附加说明 本规定提出单位、主编单位 和主要起草人

提出单位：化工部给排水设计技术中心站

主编单位：化工部第八设计院

主要起草人：

编 制：石震曾

审 定：潘 椿 秦瑞良

化工企业冷却塔设计规定

HG 20522-92

条文说明

1 总 则

1.0.1 提出在冷却塔设计中,需要贯彻国家技术经济方针、政策的几个重要方面。

1.0.2 随着我国化工企业的发展,工业冷却水将大量增长。由于水资源的限制,冷却水的循环使用必将日益发展。为了使设计的冷却塔能够安全、经济、高效、实用,必须坚持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的技术。

1.0.3 规定了本规定的适用范围

在适用的工程类别方面,规定了新建和扩建工程。由于改建工程的实际情况比较复杂,不便作统一规定,可参照本规定有关条文执行。

在冷却塔类别方面,本规定仅适用于机械通风湿式冷却塔的设计。

1.0.4 冷却塔大、中、小型的界限划分,可按风机直径的大小、土建结构尺寸和结构难易度,以及单格塔的冷却水量进行划分。本规定按照上述各方面的因素和国内化工企业较成熟的冷却塔系列,

规定了按单格冷却水量负荷划分界限。

1.0.5 冷却塔的设计是依据化工工艺所提供需要的冷却水量、冷却幅宽(t_1-t_2)、以及当地气象条件数据,进行设计计算的。

由于目前国内成熟的塔型系列较少,通常产生如下类似情况:计算结果仅需 3.2 格塔,设计者轻率采用 4 格塔,故本条规定应密切配合化工工艺,进行多方案比较,达到技术先进,经济合理,以克服目前化工企业冷却塔设计过份保守的倾向。

1.0.6.1 本条系考虑易受污染的工业冷却水不会发生相互干扰和中和,以便于操作维护。

1.0.6.2 本条规定设计人员宜依据换热器的材质,来确定循环冷却水系统,如不锈钢管材限定了氯离子允许值,铜管材不允许含氨等。

1.0.7 本条系根据化工企业生产部门反映的意见制订的。

1.0.8 自然通风风筒型冷却塔基建投资较高,但运行成本低、管理检修方便,所以在条件适宜时,通过技术经济比较后,可以采用自然通风风筒型冷却塔。

1.0.9 冷却塔的热交换特性通常以冷却数 N 、容质散质系数 B_{xv} 的经验关系式表示:

$$N = A\lambda^m \quad (1)$$

$$B_{xv} = Bg^m q^n t_1^p \quad (1')$$

式中: g ——通风密度, $\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$;

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

t_1 ——进水温度, $^{\circ}\text{C}$;

m, n, p ——经验指数。

常数 A, B 和指数 m, n, p , 均需通过原型塔或模拟塔试验求得。依据国内外有关资料,在使用模拟塔试验成果时,应采用 0.85~1.00 的修正值。

1.0.10 本条规定了执行本规定与其它国家标准、规范之间的关

系。

2 气象参数的取值和整理

2.0.1 本条规定了收集气象资料时选择气象台、站的原则。在实际工作中,往往冷却塔所在地没有国家气象台、站,必要时可在冷却塔所在地设短期气象观测站,用短期观测资料求取与国家气象台、站的相关关系,只有选取相关关系较好的气象台、站的资料,才可进行必要的修正,以供设计使用。

2.0.2 本条依据《工业循环水冷却设计规范》(GBJ 102-87)第218条条文说明四:“采用连续五年的资料,能够满足设计精度的要求”。

2.0.3 本条依据《工业循环水冷却设计规范》(GBJ 102-87)第218条条文说明三:“以一昼夜四次标准时间测值的算术平均值作为日平均值是适宜的”和国内习惯采用的一昼夜三次标准时间测值的算术平均值的取值方法。

2.0.4 本条依据《工业循环水冷却设计规范》(GBJ 102-87)第218条条文说明二的内容、美国 CTI 标准、英国冷却塔规范 BS 4485 及国内习惯采用的方法计算冷却塔的冷却后水温。

3 一般规定

3.0.1 压差动力法和焓差动力法两种计算方法的精度,从理论上难评优劣。由于焓差法具有求解简便的优点,而且得到世界各国工

程技术人员的普遍应用,目前我国有关部门在冷却塔的热力试验中,基本上都采用焓差法整理试验数据,因此本规定推荐采用焓差法。

本条还规定了逆流型和横流型两类冷却塔应遵循的基本方程式。在逆流型冷却塔设计时,当 B_{xv} 、 Q 、 K_1 为定值时,冷却数 N 与填料体积 V 成正比例关系;而在横流型冷却塔设计时,当 B_{xv} 、 Q 、 K_1 为定值时,冷却数 N 与填料高度 H 成正比例关系。目前在化工企业横流塔设计时,往往忽略了这种关键的相关关系,造成填料高度 H 值偏低,使之不能达到设计能力。

表 3.0.1.1 系引自上海化工设计院李德兴著《冷却塔》。修正系数 K 、 K_1 公式的推导,详见该书论述。

3.0.2 依据修正系数 K 导出的冷却塔排出空气焓计算公式。

3.0.3 依据尼尔 W. 凯利著,李德兴、梁淑兰编译的《横流冷却塔性能手册》1.9 中规定风机总效率为 75%;[美]马利公司的运算手册中规定在工业塔轴功率计算时,总效率取值为 75%;《工业循环水冷却设计规范》(GBJ 102-87)第 223、224 条文说明,并对国内各塔型系列进行推算的成果数据。

3.0.4 本条规定的参数,系根据国内外各工程设计数据和现行样本推算成果,同时参照[美]N. F. 彻雷密西诺夫著《凉水塔》第六章内容,经整理分析后制订的。在开发大、中型逆流冷却塔时,依据国内风机性能系列,允许塔内风速为 2.5m/s 左右,淋水密度为 $14\text{m}^3/\text{m}^2$ 左右。

3.0.5 本条规定的参数系参照尼尔 W. 凯利著《横流冷却塔性能手册》中的数据。

3.0.6 依据各类塔型、各种塔排布置形式进行湿热空气回流和干扰影响因素推算及占地面积推算成果,筛选后提出推荐的数据。苏联规范规定为 3:1;英国规范规定宜取 5:1。在总图平面布置狭窄地区,大、中型冷却塔可放宽至 5:1,但应对湿热空气和干扰影

响进行精确计算。

3.0.7 表 3.0.7 选自苏联 В. А. ГЛАД КОВ 经验数据表。我们经过详细的测算,发现单格淋水面积小于 100m^2 的塔排间距 21m ,似嫌偏小,故改为 25m 。当受地区条件限制,采用小于表 3.0.7 中的塔排净距数值时,3.0.8 内容失效,宜相应增加湿球温度附加值。

关于多排布置横流型塔群的塔排间距问题,英国 BS 4485 规定“两塔排平行长轴在同一直线上的单列布置或两塔排平行长轴不在同一直线上的双列或多列布置,都是 $L \geq 1/2(L_1 + L_2)$,式中 L_1 、 L_2 分别为相邻塔排长度”。美国 COOLING TOWERS 规定:“当在同一直线上的单列布置时, $L \geq 1/8(L_1 + L_2)$; 当双列或多列布置时, $L \geq 1/2(L_1 + L_2)$ ”。上述计算公式所需占地面积太大,不适国情,未予推荐,有待于进一步调查研究,设计者可暂参照表 3.0.7 因地制宜地选用。

3.0.8 本条规定从下列几个方面加以说明:

3.0.8.1 名词的定义

回流——是指进塔的空气中混入一部分本塔排出的湿热空气。

干扰——是指进塔的空气中混入一部分其它塔排出的湿热空气。

3.0.8.2 关于回流、干扰计算方法的探讨

(1) 美国冷却塔协会(CTI)推荐的公式:

$$R_e = \frac{0.073L}{1 + 0.004L} \% \quad (2)$$

式中: R_e ——回流率,%, $R_e = \frac{G_e}{G}$;

G_e ——回流空气量, kg/h ;

G ——设计空气量, kg/h ;

L ——塔距, m 。

从这个公式分析,回流率 R_e 与塔距 L 成正比例关系。 L 为塔

距,即是工程通称的塔排长度,而不是塔排间距,这也可从[美]N. P. 彻雷西诺夫著《凉水塔》中得到证实。因此,有的译为“塔间距”是错误的。公式应修正为:

$$R_e = \frac{0.073L_1}{1+0.004L_1} \quad (L_1 \text{ 为塔排长度}) \quad (3)$$

从《凉水塔》中的论述可以推断,在满足美国规定的塔排间距条件下,回流率 R_e 计算公式仅含回流因素一项,不包括干扰因素。

(2) 日本经验公式:

$$R_e = \frac{0.22L_1}{1+0.012L_1} \quad (4)$$

式中: R_e ——回流率, %;

L_1 ——塔排长度, m。

这个计算公式常见于《中小型冷却塔设计与计算》、李德兴著《冷却塔》、及《给水排水设计手册》第4册中。目前不清楚对塔排间距的要求,尚未找到出处。一般情况,用该公式计算的干扰回流影响产生的附加正值较大,但考虑到过去设计习惯采用该公式,本规定仍以该公式进行复核验算,并作为旁证数据。

(3) 英国冷却塔规范(BS 4485)

规范认为:在塔的下风侧空气回流的百分比最大为出塔空气量的20%,并建议按最大回流率的60%作为设计采用的预计回流率。要求的塔排间距见3.0.7,由于使用范围不明确,故未采用BS 4485规范规定。

(4) 苏联“ВОД ГЕО”经验公式:

$$\tau_1' = \tau_1 + 0.2B[1 + K(n-1)\sin\alpha] \quad (5)$$

式中: τ_1' ——考虑回流后的冷却塔进口湿球温度, °C;

τ_1 ——未考虑回流的设计湿球温度, °C;

n ——顺风向排列的塔排序号;

α ——风与塔排长轴的夹角;

K ——考虑塔排间距影响的系数;

B——考虑塔排长度影响的系数。

塔排间距, m	20	25	30	35	40
K	1.00	0.48	0.32	0.20	0.10
塔排长度, m	100	75	50	25	10
B	1.0	0.8	0.5	0.2	0.1

苏联经验公式,系单格塔面积为 $64\text{m}^2 \sim 192\text{m}^2$ 的多格塔排及单格面积 400m^2 的塔排,塔排间距为 $20\text{m} \sim 40\text{m}$,并且是逆流型冷却塔。

从公式分析 $0.2B$ 一项,系指塔排长度影响湿球温度的附加值,而 $0.2B[K(n-1)\sin\alpha]$ 一项,系指塔排间距尺寸的大小影响湿球温度的附加值。两项之和,即考虑干扰,也考虑回流的影响因素。

本规定推荐采用苏联“全苏给水排水水工构筑与水文地质研究所”计算逆流型冷却塔的干扰和回流影响的经验公式。

3.0.8.3 各种计算公式成果分析

回流率 R 。确定后,宜按下列公式计算回流影响因素后的相对湿度 ψ' 、进塔空气湿球温度 τ_1' 、进塔干球温度 θ_1' 。

$$i_1' = i_1 + (1 + 0.00085t_2) \frac{R_e}{1 - R_e} \cdot \frac{\Delta t}{\lambda} \quad (\text{kcal/kg}) \quad (6)$$

$$X_1' = X_1 + \frac{0.00085R_e}{1 - R_e} \cdot \frac{\Delta t}{\lambda} \quad (\text{kg/kg}) \quad (7)$$

$$i_1' = 0.24\theta_1' + (597.3 + 0.44\theta_1')X_1' \quad (8)$$

由公式(8)求 θ_1'

由 θ_1' 、 i_1' 或 θ_1' 、 X_1' 查相关图表,即可求到回流影响因素后的 ψ' 、 τ_1' 、 θ_1' 。

式中: i_1 、 X_1 ——冷却塔周围空气的焓及相应含湿量;

i_1' 、 X_1' ——冷却塔周围空气和回流空气混合后的焓及相应含湿量;

t_2 ——冷却后水温,℃; Δt ——水温度差,℃;
 λ ——气水比; R_e ——回流率。

湿球温度附加值($\tau_1' - \tau_1$)成果表

塔排长度 m	日本经验公式 $R_e = \frac{0.22L_1}{1+0.012L_1} \%$	美国 C. T. I 公式 $R_e = \frac{0.073L}{1+0.004L} \%$	苏联经验公式 $\tau_1' = \tau_1 + 0.2B[1+K(n-1)\sin\alpha]$	
			不考虑干扰因素 $K=0$	考虑干扰因素
50	$R_e=6.88 \quad \tau_1' - \tau_1 \approx 0.3^\circ\text{C}$	$R_e=3.00 \quad \tau_1' - \tau_1 \approx 0.1^\circ\text{C}$	$\tau_1' - \tau_1 \approx 0.1^\circ\text{C}$	$\tau_1' - \tau_1 \approx 0.15^\circ\text{C}$
60	$R_e=7.67 \quad \tau_1' - \tau_1 \approx 0.4^\circ\text{C}$	$R_e=3.50 \quad \tau_1' - \tau_1 \approx 0.1^\circ\text{C}$	$\tau_1' - \tau_1 \approx 0.13^\circ\text{C}$	$\tau_1' - \tau_1 \approx 0.18^\circ\text{C}$
70	$R_e=8.37 \quad \tau_1' - \tau_1 \approx 0.5^\circ\text{C}$	$R_e=4.00 \quad \tau_1' - \tau_1 \approx 0.1^\circ\text{C}$	$\tau_1' - \tau_1 \approx 0.15^\circ\text{C}$	$\tau_1' - \tau_1 \approx 0.20^\circ\text{C}$
100	$R_e=10.00 \quad \tau_1' - \tau_1 \approx 0.7^\circ\text{C}$	$R_e=5.20 \quad \tau_1' - \tau_1 \approx 0.3^\circ\text{C}$	$\tau_1' - \tau_1 \approx 0.20^\circ\text{C}$	$\tau_1' - \tau_1 \approx 0.25^\circ\text{C}$
说 明	未找到公式的原版资料, 不明确对塔排间距和塔排长度的适用范围, 有待于进一步探讨研究	公式中 L 一项应该是塔排长度。美国认为布置合理干扰就可避免, R_e 值不包括干扰因素	该经验公式仅适用于机械通风逆流型冷却塔干扰系数 K 和回流系数 B, 见前述已给出, 适用范围也已确定	

从成果表数据分析,3.0.8的规定是可行的。

3.0.9 本条规定值既然符合3.0.8,那么说明中的日本经验公式(4)也符合美国CTI公式。

3.0.10 本条系根据化工企业生产部门反映的意见制订的。

4 设计计算

4.1 热力计算

4.1.1 本条规定了逆流型冷却塔热力计算采用的公式,推荐的原则为力求计算简便、误差较小,主要依据是化工部第六设计院编制的《冷却塔热力计算探讨》、苏联Л.Д.别尔曼著《循环水的蒸发冷却》、《中小型冷却塔设计与计算》、[美]N.P.彻雷密西诺夫著《凉水塔》及各工程的设计计算,经过复核、筛选后,提出推荐的计算公式。

4.1.1.1 平均焓差法(对数均值法)的计算公式:

$$N = \int_{t_2}^{t_1} \frac{dt \cdot C_p}{i'' - i} = \frac{\Delta t \cdot C_p}{\Delta i_m} \quad (9)$$

式中: Δt ——冷却塔进出口水温差,℃;

Δi_m ——平均焓差,J/kg(kcal/kg)。

计算式:

$$\Delta i_m = \frac{\Delta i_1 - \Delta i_2}{2.3 \lg \left(\frac{\Delta i_1}{\Delta i_2} \right)} \quad (10)$$

$$\Delta i_1 = i_1'' - i_2 - \delta i'' \quad (11)$$

$$\Delta i_2 = i_2'' - i_1 - \delta i'' \quad (12)$$

$$\delta i'' = 1/4(i_1'' + i_2'' + 2i_m'') \quad (13)$$

式中: Δi_1 ——塔顶焓差, J/kg(kcal/kg);

Δi_2 ——塔底焓差, J/kg(kcal/kg);

$\delta i''$ ——别尔曼推荐修正值, J/kg(kcal/kg);

i_1, i_2 ——冷却塔进出口空气焓, J/kg(kcal/kg);

i_1'', i_2'' ——水温为 t_1 和 t_2 时的饱和空气焓, J/kg(kcal/kg);

i_m'' ——平均水温时的饱和空气焓, J/kg(kcal/kg)。

4.1.1.2 辛普生近似积分法应采用的计算公式:

$$N = \int_{t_2}^{t_1} \frac{dt \cdot C_p}{i'' - i} = \frac{dt \cdot C_p}{3} \left(\frac{1}{\Delta i_0} + \frac{4}{\Delta i_1} + \frac{2}{\Delta i_2} + \frac{4}{\Delta i_3} + \frac{2}{\Delta i_4} + \dots + \frac{2}{\Delta i_{n-2}} + \frac{4}{\Delta i_{n-1}} + \frac{1}{\Delta i_n} \right) \quad (14)$$

式中: Δi_0 ——水温为 t_2 时的焓差, J/kg(kcal/kg);

Δi_1 ——水温为 $t_2 + dt$ 的焓差, J/kg(kcal/kg);

Δi_{n-1} ——水温为 $t_2 + (n-1)dt$ 的焓差, J/kg(kcal/kg);

Δi_n ——水温为 $t_2 + ndt$ 的焓差, J/kg(kcal/kg)。

将水温差 $\Delta t = t_1 - t_2$, 分成 n 等分 (n 应为偶数), 则每等分为

$$dt = \frac{\Delta t}{n}。$$

当 $\Delta t < 10^\circ\text{C}$ 时, 可取 $dt = 1 \sim 1.5^\circ\text{C}$;

当 $\Delta t \geq 10^\circ\text{C}$ 时, 可取 $dt = 1.5 \sim 2.0^\circ\text{C}$ 。

4.1.1.3 因水温差大于 15°C 的冷却塔热力计算, 当采用平均焓差法(对数均值法)计算时考虑易产生较大的误差, 以及开发新塔设计时应具有足够的准确度, 故规定采用辛普生近似积分公式。

4.1.2 本条规定了中、小型横流冷却塔热力计算采用的公式和大型横流冷却塔采用的计算方法。推荐的原则力求计算简便, 误差较小, 主要依据和 4.1.1 相同, 需要说明的是横流型冷却塔的热力计算, 应采用经过鉴定的电算程序, 由于客观条件的限制, 本规定推荐的计算公式及计算方法仅是过渡的措施。

别尔曼近似计算公式为:

$$N = \int_{t_2}^{t_1} \frac{dt \cdot C_p}{i'' - i} = \frac{\Delta t \cdot C_p}{\Delta i_m} \quad (15)$$

式中: Δt ——冷却塔进出口水温差, $^{\circ}\text{C}$;

Δi_m ——平均焓差, J/kg(kcal/kg) 。

计算式为:

$$\Delta i_m = X(i_1'' - \delta i'' - i_1) \quad (16)$$

i_1 ——冷却塔进口空气焓, J/kg(kcal/kg) ;

$\delta i''$ ——别尔曼推荐修正值, J/kg(kcal/kg) 。

$$\delta i'' = 1/4(i_1'' + i_2'' - 2i_m'') \quad (17)$$

i_1'', i_2'' ——水温为 t_1, t_2 时的饱和空气焓, J/kg(kcal/kg) ;

i_m'' ——平均水温时的饱和空气焓, J/kg(kcal/kg) ;

X ——修正系数, 由图4. 1. 2查得。

4. 2 通风阻力计算

4. 2. 1 冷却塔的通风阻力宜按下式计算:

$$H = 1/2 \zeta \rho_m V_m^2 \quad (18)$$

式中: H ——冷却塔的通风阻力, Pa ;

V_m ——淋水填料断面平均风速, m/s ;

ρ_m ——塔内湿空气平均密度, kg/m^3 ;

ζ ——总阻力系数。

目前国内对机械通风冷却塔总阻力系数的计算, 尚无恰当的计算方法, 设计时宜采用同型冷却塔的实测数据, 由于目前国内实测阻力资料较少, 故条文规定, 当缺乏实测数据时, 可按经验方法计算, 即取分步计算法。

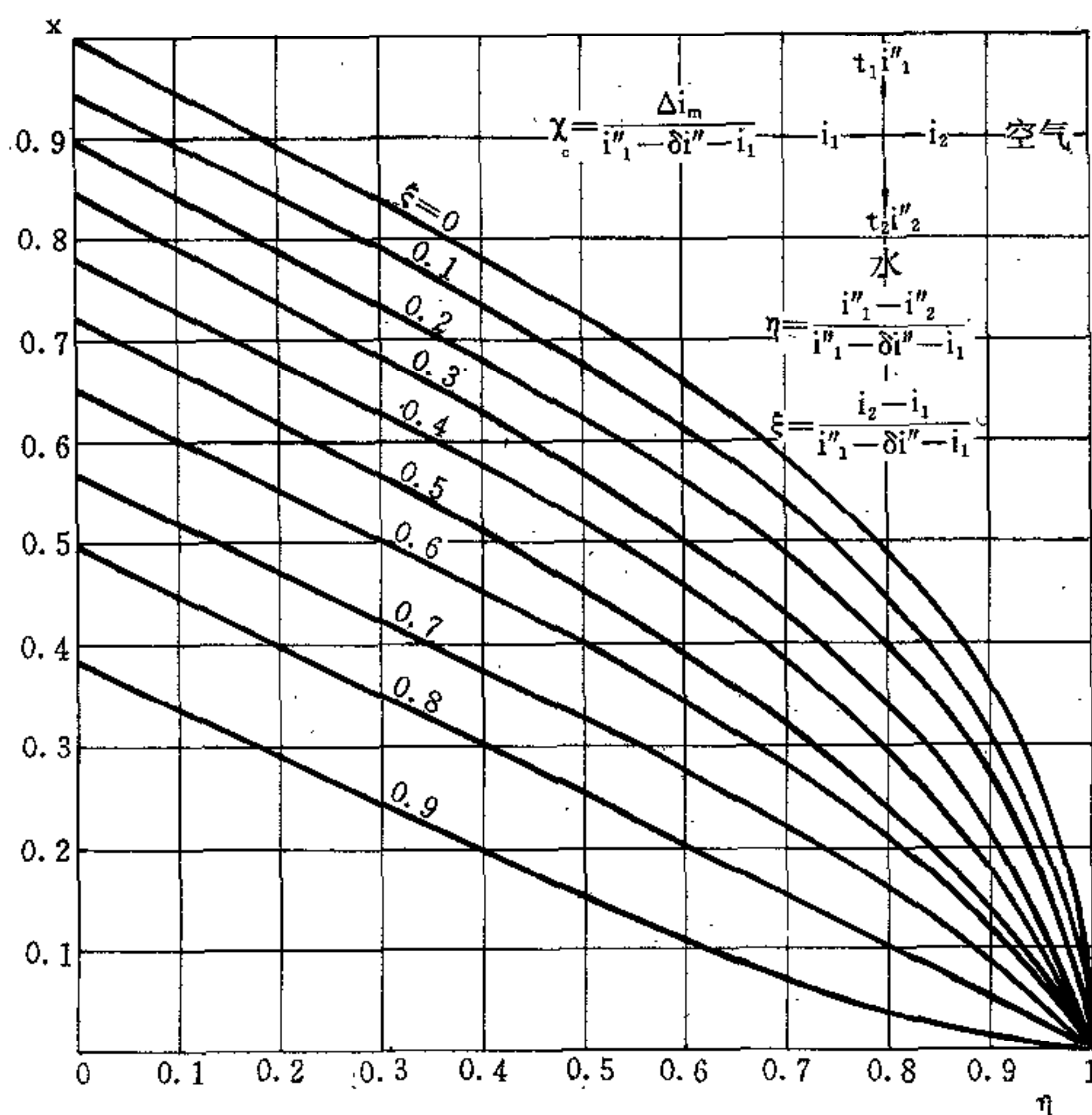


图4.1.2 横流塔平均焓差计算曲线

4.2.2 本条依据高级工程师周光亮的论文“试论冷却塔空气动力计算”，并建议采用1.1~1.2系数。

4.3 水量损失计算

本条规定了水量损失项目。国内设计者通常将排污水量计入

冷却塔水量损失,国外苏联给水设计规范、英国冷却塔设计规范以及美国冷却塔协会规范,均将排污损失计入冷却塔水量损失。

4.3.1 表4.3.1的数据主要采用苏联给水设计规范的条文内容,经与英国《冷却塔设计规范》(BS 4485)对照,所推算得蒸发损失率 P_e 数据基本相符。

4.3.2 本条系参照英国《冷却塔设计规范》(BS 4485)和苏联给水设计规范以及国内有关冷却塔设计资料,并依据《工业循环水冷却设计规范》(GBJ 102-87)第213条规定。

4.3.3 冷却塔的排污水量应根据对循环冷却水的水质要求、水质稳定处理方法、循环冷却水的浓缩倍数等因素,并按《工业循环冷却水处理设计规范》(GBJ 50-83)的有关规定,经过计算确定。

5 塔型选择

5.0.1 本条规定了塔型选择时应考虑的因素,并要求通过技术方案比较后确定塔型。

5.0.2 本条规定塔群的总冷却能力和工艺要求的总冷却水量相匹配,系说明冷却塔的设计应经济合理,不宜过份保守,当设计冷却塔群时,不应考虑备用塔。

5.0.3 本条规定的的数据,系根据四川维尼纶厂逆流型冷却塔和北京东方化工厂横流型冷却塔两现场通过实验测试得出的数据,并参照有关冷却塔设计资料确定的。

5.0.4 本条系参照尼尔 W. 凯利《横流冷却塔性能手册》中1.11“局限性和通用性”提出的推荐数据。

5.0.5 本条按大、中、小型冷却塔分类规定应采用的塔体结构。

5.0.5.1 依据尼尔 W. 凯利《横流冷却塔性能手册》中“1.10有

效动压计算”。

5.0.5.2 依据《工业循环水冷却塔设计规范》(GBJ 102-87)第2.2.4条规定和尼尔 W. 凯利著《横流冷却塔性能手册》中“1.10有效动压计算”所推荐的数据公式,与美国标准一致。

5.0.6 本条规定风机风筒以风机叶片水平轴线为界,以下称吸入段,以上称扩散段(筒),与通常所指的逆流型冷却塔淋水填料上部的收缩段相区别。

关于喉部高度参数,由于资料不足,本条未作规定。〔美〕马利-600型冷却塔,Φ8.53m 风机风筒(总高5.48m),系由吸入段和扩散段两部分组成,其中喉部高度约为1.0m,分别包含在吸入段与扩散段中;中国石油化工总公司标准《石油化工企业循环水场设计规范》规定集气段上缘应高出叶片水平轴线200mm,集气段高度宜为风机直径的15%,以上资料可作为设计参考。

5.0.7 本条和《工业循环水冷却塔设计规范》(GBJ 102-87)第215条相同。

5.0.8 本条依据《工业循环水冷却塔设计规范》(GBJ 102-87)及其条文说明。