

中华人民共和国行业标准



HG/T 20672—2005

尿素造粒塔设计规定

Specification for design of urea prilling tower

2005—07—10 发布

2006—01—01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

中华人民共和国行业标准

尿 素 造 粒 塔 设 计 规 定

Specification for design of urea prilling tower

HG/T 20672—2005

主编单位：五 环 科 技 股 份 有 限 公 司

批准部门：中华人民共和国国家发展和改革委员会

实施日期：2 0 0 6 年 1 月 1 日

中华人民共和国国家发展和改革委员会

公 告

2005 年 第 35 号

国家发展改革委批准《食品添加剂 复合疏松剂》等 102 项化工行业标准(标准编号、名称及实施日期见附件),其中化工产品行业标准 67 项、工程行业标准 35 项,现予公布。以上标准自 2006 年 1 月 1 日起实施。

以上化工产品行业标准由化工出版社出版,化工工程行业标准由中国计划出版社出版。

附件: 35 项化工工程行业标准编号及名称

中华人民共和国国家发展和改革委员会

二〇〇五年七月十日

附件：

35 项化工工程行业标准编号及名称

序号	标准编号	标 准 名 称	被代替标准编号
68	HG/T 20667—2005	化工建设项目环境保护设计规定	HG 20667—1986
69	HG/T 20672—2005	尿素造粒塔设计规定	HG/T 20672—1989
70	HG/T 20673—2005	压缩机厂房建筑设计规定	HG/T 20673—1989
71	HG/T 20674—2005	化工、石化建(构)筑物荷载设计规定	HG/T 20674—1989
72	HG/T 20681—2005	锅炉房、汽机房土建荷载设计条件 技术规定	HG/T 20681—1990
73	HG/T 21514—2005	钢制人孔和手孔的类型与技术条件	HG 21514—1995
74	HG/T 21515—2005	常压人孔	HG 21515—1995
75	HG/T 21516—2005	回转盖板式平焊法兰人孔	HG 21516—1995
76	HG/T 21517—2005	回转盖带颈平焊法兰人孔	HG 21517—1995
77	HG/T 21518—2005	回转盖带颈对焊法兰人孔	HG 21518—1995
78	HG/T 21519—2005	垂直吊盖板式平焊法兰人孔	HG 21519—1995
79	HG/T 21520—2005	垂直吊盖带颈平焊法兰人孔	HG 21520—1995
80	HG/T 21521—2005	垂直吊盖带颈对焊法兰人孔	HG 21521—1995
81	HG/T 21522—2005	水平吊盖板式平焊法兰人孔	HG 21522—1995
82	HG/T 21523—2005	水平吊盖带颈平焊法兰人孔	HG 21523—1995
83	HG/T 21524—2005	水平吊盖带颈对焊法兰人孔	HG 21524—1995
84	HG/T 21525—2005	常压旋柄快开人孔	HG 21525—1995
85	HG/T 21526—2005	椭圆形回转盖快开人孔	HG 21526—1995
86	HG/T 21527—2005	回转拱盖快开人孔	HG 21527—1995
87	HG/T 21528—2005	常压手孔	HG 21528—1995
88	HG/T 21529—2005	板式平焊法兰手孔	HG 21529—1995
89	HG/T 21530—2005	带颈平焊法兰手孔	HG 21530—1995
90	HG/T 21531—2005	带颈对焊法兰手孔	HG 21531—1995

序号	标准编号	标 准 名 称	被代替标准编号
91	HG/T 21532—2005	回转盖带颈对焊法兰手孔	HG 21532—1995
92	HG/T 21533—2005	常压快开手孔	HG 21533—1995
93	HG/T 21534—2005	旋柄快开手孔	HG 21534—1995
94	HG/T 21535—2005	回转盖快开手孔	HG 21535—1995
95	HG/T 20682—2005	化学工业炉燃料燃烧设计计算规定	HG/T 20682—1990
96	HG/T 20683—2005	化学工业炉耐火、隔热材料设计选用规定	HG/T 20683—1990
97	HG/T 20685—2005	化学工业炉名词术语统一规定	HG/T 20685—1990
98	HG/T 21510—2005	橡胶工厂初步设计文件内容深度规定	HG/T 21510—1992
99	HG/T 21624—2005	L47 型风机逆流式冷却塔通用图	HG/T 21624—1990
100	HG/T 21625—2005	L85 型风机逆流式冷却塔通用图 (单格)	HG/T 21625—1991
101	HG/T 21626—2005	L85 型风机逆流式冷却塔通用图 (双格)	HG/T 21626—1991
102	HG/T 21638—2005	树脂整体地面通用图	

前 言

《尿素造粒塔设计规定》(HG/T 20672—2005)是根据中国化工勘察设计协会中化勘设协字[2000]079号文的要求,在原《尿素造粒塔设计规定》(HG/T 20672—1989)基础上修编的。

原化工行业标准《尿素造粒塔设计规定》(HG/T 20672—1989)是中国五环科技股份有限公司总结我国20世纪七、八十年代大量引进化肥装置时,对尿素造粒塔这一特殊的结构形式进行分析、研究,利用计算机软件进行大量试算基础上并收集了多项工程实例数据,总结工程经验编制而成的。

该规定从造粒塔的建筑布置、结构选型、设计荷载、内力分布、配筋及构造要求以及防腐施工诸方面给予明确的指示,正确提出在满足一定构造尺寸要求下,只需构造配筋的规定。

该规定发布实施16年来,对指导造粒塔设计起了很大的作用。

本次修编主要进行了以下工作:

1. 进一步总结近十多年来的工程经验,在增设观察窗、塔底不应设置配电室及提高构件尺寸和配筋要求等方面进行了一些修改。

2. 与近年颁布的国家标准《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)等接轨,对风荷载计算、地震作用等公式进行修改,加大了造粒塔的埋深等。

3. 与正在编制的《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB 50046)协调,根据多年来防腐经验的积累和新材料的发展,在规范中充实了保证结构耐久性的条文,加大了钢筋保护层的厚度并再一次重申,

塔体防腐主要采用掺入减水剂、提高混凝土密实性、抗渗性和提高耐久性等措施,保证混凝土自身耐腐蚀性能,不必采用玻璃钢防护。涂料防腐也仅用于混凝土质量缺陷的补救。

在本规定修订工作中,征求了国内近十个部级、省级化工设计院的意见,并吸取了他们最新设计经验,经主编单位五环科技股份有限公司修改完善后,由全国化工建筑设计技术中心站杨文君、何进源审核定稿。

本规定由全国化工建筑设计技术中心站(北京 9824 信箱,邮编 100029)提出。

本规定主编单位和主要起草人:

主 编 单 位:五环科技股份有限公司

主要起草人:方连发 刘广智 高 伟 张葵阳 黄建忠
何进源 杨文君

目 次

1	总则	(1)
2	设计原则	(2)
2.1	工艺要求和建筑布置	(2)
2.2	设计原始资料	(5)
3	设计荷载	(6)
3.1	操作及检修荷载	(6)
3.2	风荷载	(6)
3.3	温度变化作用	(8)
3.4	地震作用	(10)
4	塔体结构选型	(14)
4.1	喷头层结构的选型	(14)
4.2	塔体支承结构的选型	(15)
5	塔体结构的内力分析	(17)
5.1	荷载效应组合	(17)
5.2	简化计算	(18)
5.3	地基计算	(19)
6	配筋计算	(21)
7	构造	(23)
7.1	造粒塔截面尺寸的确定	(23)
7.2	钢筋的配置和构造	(23)
7.3	材料	(27)
7.4	其他	(27)
8	建筑防腐蚀	(28)
8.1	塔体	(28)
8.2	操作间楼面	(28)

8.3	刮料层楼面及钢漏斗	(29)
8.4	造粒塔底部地面	(29)
8.5	造粒塔进风口处外壁	(29)
8.6	尿素造粒塔的总高度	(30)
9	施工要求	(31)
9.1	施工偏差	(31)
9.2	混凝土要求	(31)
9.3	沉降观测	(31)
附录 A	已建尿素造粒塔支承柱的配筋参考表	(33)
附录 B	已建尿素造粒塔筒体和楼梯间配筋表	(34)
附录 C	已建尿素造粒塔的实测自振周期(T)	(38)
附录 D	筒体结构风压表面分布系数 μ_s 的推导	(40)
附录 E	Stamicarbon 公司对于 $\phi=20\text{m}$ 、 $H=50\text{m}$ 造粒塔内 的温度图表	(43)
	本规定用词说明	(44)
	附:条文说明	(45)

1 总 则

1.0.1 尿素造粒塔既是构筑物,也是尿素生产中的重要化工设备。因此,在设计尿素造粒塔时,除应满足结构强度和稳定性的要求外,尚应满足工艺生产的要求,以确保化工生产持续正常运转。

1.0.2 本规定适用于直径为 9~24m、抗震设防烈度为 9 度和 9 度以下的钢筋混凝土尿素造粒塔的设计。

设计硝酸造粒塔时,也可参照本规定。

1.0.3 按本规定设计尿素造粒塔时,尚应符合国家现行的有关标准、规范的规定。

1.0.4 尿素造粒塔的抗震设防类别为丙类,硝酸造粒塔的抗震设防类别为乙 2 类。抗震设防分类标准执行化工行业标准《化工建、构筑物抗震设防分类标准》(HG/T 20665—1999)的规定。

2 设计原则

2.1 工艺要求和建筑布置

2.1.1 喷头操作间型式的选择

塔顶喷头操作间的型式主要有两种:塔顶板上外露式和塔内封闭式。其型式选择应根据塔径大小、塔的结构型式、当地气象条件等综合考虑。

1 塔径大于 16m 时,宜选择塔顶板上外露式;塔径小于或等于 16m 时,宜选择塔体内封闭式;

2 喷头操作间板底隔热层可不设置;

3 喷头孔周围包衬的铝板必须与钢筋混凝土基层结合紧密牢固,铝板拼接用焊接满焊,亦可用咬口拼接,必须保证质量;

4 结合塔顶喷头操作间的型式的选择,应注意改善操作间内的操作条件,在自然通风条件较差时,可适当增加机械通风,必要时可考虑操作间的正压通风;

5 当选用塔内封闭式操作间时,必须处理好塔顶出风口的防雨雪飘入以及屋顶的防水处理。

2.1.2 出风口型式的选择

出风口主要有塔顶周边外挑式和塔顶中部集中式两种型式,其选择必须保证足够的出风面积,组织好气流和考虑到塔顶上雨水及含尿素污水的顺利排除。

1 当出风口采用塔顶周边外挑式,塔顶结构采用劲性或柔性环形辐射梁时,出风口应充分利用辐射梁上倾的坡度;

2 塔顶防水宜采用高聚物改性沥青防水卷材或合成高分子防水卷材等柔性防水做法。多风地区应在防水层上做整体保护层(如水泥砂浆面层),塔顶雨水可采用无组织的自由排水;

3 为便于对塔顶结构进行观察及维护,应在出风口内设置简单而安全的检修平台及栏杆;

4 喷头操作间为塔内封闭式时,其顶部出风口必须根据常年主导风向设置雨雪导向板。导向板的断面形状及其布置应考虑到出风口气流的阻力和有效的通风面积。

2.1.3 刮料层、漏斗层型式的选择

1 塔径大于 16m 时,宜选择刮料层做法;塔径小于或等于 16m 时宜选择漏斗层做法;

2 刮料层面层材料应选用耐腐蚀、抗冲击、耐磨损的整体或块材面层。块材的抗压强度不应小于 100MPa。块材面层下应设置整体防腐隔离层;

3 漏斗层的漏斗型式应根据塔径的大小、满足进风面积的要求,选择单身斗或双身斗(双层斗或裤衩斗);

4 漏斗的角度应根据塔径的大小和塔高综合考虑,不宜小于 50°。漏斗材质应考虑到防腐和维修方便。

2.1.4 进风口型式的选择

进风口的型式选择和布置必须保证足够的进风面积和均匀进风,并为刮料层或漏斗层提供观察与维修方便。

1 进风口应沿塔周均匀布置,在结构许可条件下,应加大进风口的面积和避免产生死角;

2 进风口底部的宽度计算和篦子板的布置,应考虑到篦子板对空气流的阻力和有效通风面积。

2.1.5 进风口风量的控制方法

进风口的风量调节控制应简便有效,并根据塔径的大小、当地气象条件,选择不同的调节控制方法。

1 塔径小于 16m 时,可在进风口篦子板上铺设橡胶毡调节进风量;

2 塔径大于或等于 16m 时,可选用活动木门或铝百叶窗调节进风量;

3 南方湿热地区不宜选用铝合金活动百叶窗扇。

2.1.6 楼电梯间与塔体的关系

楼电梯间宜附靠于塔体的一侧。

1 楼电梯间附着塔体时,必须根据塔径的大小合理布置,使其对塔底部进风口和塔顶出风口的影响最小;

2 塔径小于或等于 12m 时,楼电梯间内楼梯和电梯不宜沿塔周弧形布置;

3 楼电梯间内可利用空间开设洞口,以增加塔底的进风面积,洞口必须与楼梯间空间隔绝。

2.1.7 电梯机器房的位置及布置

1 电梯机器房的位置选择应根据塔顶和塔底部的环境比较,宜布置在电梯井道顶部;

2 电梯机器房面积和层高必须满足电梯制造厂的要求;

3 电梯机器房应密闭,不得在正对塔体的方向开设门窗;

4 电梯机器房布置在电梯井道顶部时,应考虑电梯曳引机的吊装(如机器房房顶先不封顶,待曳引机就位后封顶)。

2.1.8 电梯井道及电梯的选型

1 电梯井道必须封闭并与塔体完全隔绝,电梯井道门不得开在面向塔体方向。井道门门洞应有高出门外平台 50~100mm 的门坡,以防止污水流入井道;

2 电梯井道底部地坑坑面应做 1.0% 坡度,坡向集水坑,并直接排出坑外。电梯底层停站标高宜为 1.5m 左右,以保证井道底部地坑坑面高出室外自然地坪;

3 配合工艺专业,根据使用要求尽量减少电梯停站次数;

4 根据塔径大小,选用不同载重量的电梯。

塔径小于或等于 12m 时,电梯宜选用 5kN 级;

塔径大于 12m 时,电梯宜选用 10kN 级。

2.1.9 工艺管道安装空间

工艺管道的安装应根据工艺要求、楼电梯间的空间大小、当地

气象条件等综合考虑。

1 塔径小于或等于 12m 时,应减少楼电梯间的附塔面积。为节省楼电梯间的空间,工艺管道宜在楼电梯间外安装;但北方地区宜安装在管井内。

2 南方湿热地区,工艺管道不宜安装在楼电梯间内。

2.1.10 成品运输转运站的布置

1 成品运输转运站可靠在塔体的一侧,布置时应减少附靠面积,以免对塔底进风有较大影响,并注意转运站屋顶对进风的影响;

2 必须处理好塔体与转运站之间的沉降缝。

2.1.11 观察窗的设置

1 在楼梯间内塔壁上宜设置 600mm×600mm 的观察窗,数量不宜少于三个;

2 观察窗可设置在休息平台以上 1.5m 高的塔壁上;

3 喷嘴下 4.5m 左右应设一个观察窗。

2.1.12 其他

在造粒塔底部不应设置值班室、配电房等,可设储藏间,但要有安全通道。

2.2 设计原始资料

设计造粒塔时必须具有以下资料:

1 造粒塔塔径、塔体总高度、造粒塔通风方式、电梯制造厂家提供的土建条件图等等;

2 基本风压、基本雪压、冬夏季大气温度;

3 工程地质勘察资料:至少应有三个距塔外壁边缘 5m 且不在一条直线上的钻孔,并附有钻孔柱状图,以及地基压缩层厚度内各层土的物理力学性能,地下水位的变化和对基础的侵蚀作用;

4 抗震设防烈度。

3 设计荷载

3.1 操作及检修荷载

- 3.1.1 塔顶平面: 3kN/m^2 。
- 3.1.2 喷头层(操作间): 3kN/m^2 。
- 3.1.3 刮料层: 10kN/m^2 。
- 3.1.4 进风口钢篦子走道: 2.5kN/m^2 。
- 3.1.5 电梯间机房平面: 7kN/m^2 。
- 3.1.6 楼梯及楼梯间平台: 2kN/m^2 。

3.2 风荷载

风荷载标准值按下式计算:

$$w_k = \beta_z \mu_s \mu_z \mu_r w_0 \quad (3.2)$$

- 式中 w_k ——风荷载标准值(kN/m^2);
- β_z ——高度 z 处的风振系数(按《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)7.4 采用);
- μ_z ——风压高度变化系数(按《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)7.2 采用);
- μ_r ——重现期调整系数,可取 1.1;
- w_0 ——基本风压(kN/m^2)(按《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)附表 D.4 重现期 n 为 100 年的风压值采用);
- μ_s ——风荷载体型系数。

(1) 基础用整体计算, μ_s 见图 3.2-1, 近似按下式计算:

$$\mu_s = \frac{0.6L_1 + (0.8 + 0.5)L_2}{L_1 + L_2}$$

(2) 计算造粒塔圆筒体结构时用风压表面分布系数, 见图 3.2-2、图 3.2-3;

$$\mu_s = -0.8 + 0.2\cos\theta + 0.9\cos 2\theta + 0.7\cos 3\theta$$

筒体结构风压表面分布系数 μ_s 的推导见附录 D。

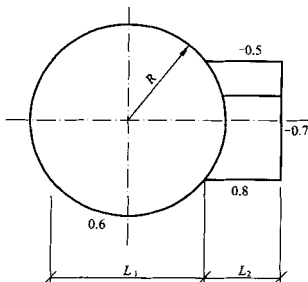


图 3.2-1 基础风荷载体型系数

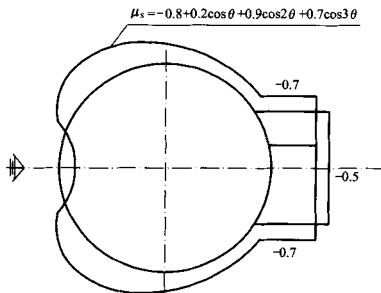


图 3.2-2 筒体风荷载体型系数

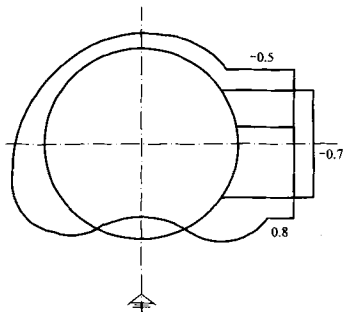


图 3.2-3 筒体风荷载体型系数

3.3 温度变化作用

3.3.1 筒壁内外表面温度差

筒壁内外表面温度差见图 3.3.1, 可按下式计算:

$$\Delta t_h = \frac{h}{\lambda_h} \cdot K \cdot \Delta T \quad (3.3.1)$$

式中 $\frac{1}{K} = \frac{1}{a_o} + \frac{h}{\lambda_h} + \frac{1}{a_i}$

$\Delta T = T_i - T_o$ ——塔壁内外空气温度差, 塔内空气温度参见附录 E;

a_o, a_i ——塔壁外面及内面向空气的传热系数, 可取

$$a_o = a_i = 14 [W/(m^2 \cdot K)];$$

h ——塔壁厚度(m);

λ_h ——混凝土的传热系数, 可取

$$\lambda_h = 2 [W/(m^2 \cdot K)].$$

3.3.2 日照温度

日照温度可按下式计算:

$$\Delta t(\theta) = \frac{\Delta T}{2}(1 + \cos\theta) \quad (3.3.2)$$

式中 ΔT ——朝阳(A点)和背阳(B点)塔壁外表面温度差,见图 3.3.2。

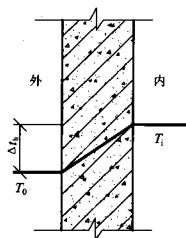


图 3.3.1 筒壁内外表面温度差

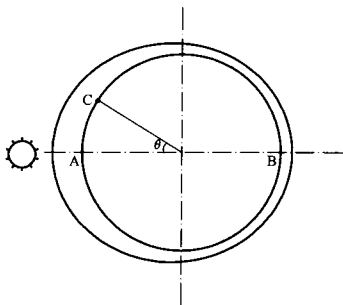


图 3.3.2 朝阳背阳塔壁外表面温度差

3.3.3 施工及混凝土收缩温度

施工的初始温度假定为 10°C 。

混凝土的收缩系数为 0.00025, 工程中考考虑混凝土徐变, 故取相当降温 15°C 。

3.4 地震作用

3.4.1 自振频率确定

尿素造粒塔的基本周期计算较为复杂, 若需获得造粒塔的基本周期, 可参考类似塔的实测数值, 亦可将造粒塔简化为一个单质点体系来考虑, 其基本周期近似计算公式为:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\Delta \cdot G_{eq}}{g}} \quad (3.4.1-1)$$

$$\Delta = H_0^3 / 3\Sigma EI \quad (3.4.1-2)$$

式中 G_{eq} ——等效总重力荷载, 取总重力荷载代表值(kN);

g ——重力加速度($g=9.81\text{m/s}^2$);

Δ ——作用于集中质点上的单位水平力在该点上引起的位移(m/kN);

H_0 ——基础顶面到塔体重心处的高度, 或取基础顶面到塔顶总高的 $2/3$ (即 $2H/3$);

E ——支承结构材料的弹性模量(kN/m², kPa);

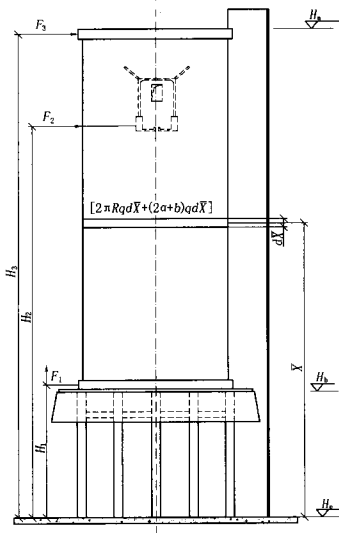
I ——支柱或筒壁对整个塔截面形心轴处的惯性距(m⁴)。

3.4.2 实测

脉动法实测的造粒塔自振频率详见附录 C。

3.4.3 水平地震作用的简化计算

由于造粒塔 $H/D \geq 3.5$, 且重量和刚度分布比较均匀, 可简化为一个质量均匀的高塔计算。



• 11 •

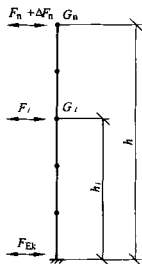


图 3.4.3-2 结构水平地震作用计算简图

突出塔顶的喷头操作室,其地震作用效应应乘以增大系数 3,但增大部分不应往下传递。

3.4.4 采用振型分解反应谱法计算

按《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)5.2.2 进行。

3.4.5 9 度时竖向地震作用计算

按《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)5.3.1 计算。见图 3.4.5。

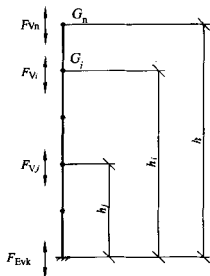


图 3.4.5 结构竖向地震作用计算简图

3.4.6 质点的确定

质点宜按下列方式确定：

- 1 对有楼面的部位设为质点(如刮料层、喷头层、屋面)；
- 2 变截面处设为质点；
- 3 结构刚度突变处设为质点；
- 4 等截面的筒体按每 8~10m 设一质点。

4 塔体结构选型

4.1 喷头层结构的选型

4.1.1 喷头层操作室置于塔体上部中间(适用于塔径 $D \leq 16\text{m}$)时:

1 一字型梁组成箱形结构形式;

可采用劲性钢筋混凝土大梁、柔性钢筋混凝土大梁、钢结构桁架,见图 4.1.1。

2 由塔顶大梁悬吊用钢结构组成的喷头操作室。

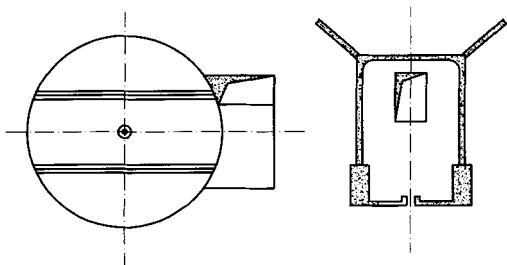


图 4.1.1 一字型梁组成的箱形结构

4.1.2 喷头层操作室置于塔顶上(适用于塔径 $D > 16\text{m}$)时:

1 井字形的劲性或柔性钢筋混凝土大梁,见图 4.1.2-1;

2 劲性或柔性钢筋混凝土辐射梁体系。

梁间距 15° 共 24 根,见图 4.1.2-2。

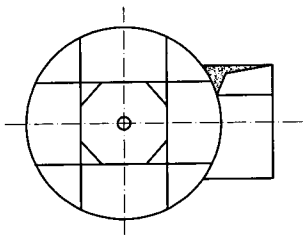


图 4.1.2-1 井字型钢筋混凝土梁

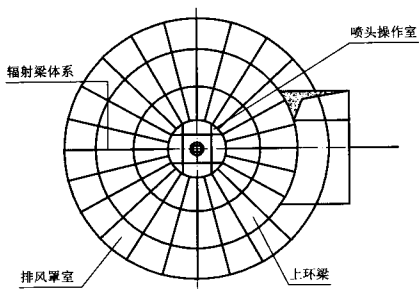


图 4.1.2-2 钢筋混凝土辐射梁体系

4.2 塔体支承结构的选型

4.2.1 塔体支承结构宜采用筒体结构；对于塔径 $D \leq 16\text{m}$ 的塔体，可采用框支筒体结构。当采用框支筒体结构时，框支柱宜为正方形且柱的高宽比 $l/b \leq 18$ (l 为基础顶面至环梁底的高度)。

4.2.2 筒体结构的进风窗横截面面积应小于塔体横截面面积的

50%。洞口按下述方法进行补强:消弱的混凝土横截面面积应补在窗间墙上,切断的钢筋面积也应补在窗间墙内,洞口两侧应设暗柱。窗间墙应按偏心受压柱计算其截面及配筋。

4.2.3 刮料层的结构

采用现浇的肋形钢筋混凝土结构,并与塔壁脱开,进行机座部分的计算时应乘以 1.5 动力系数。

4.2.4 地基基础

1 造粒塔可采用天然地基;建在中、高压缩性土层上的造粒塔,宜采用人工地基(桩基);

2 基础的型式宜采用圆环形,埋深不得小于 3m;

3 基础应进行抗倾覆、抗滑验算;

4 必要时,地基应进行稳定性验算。

4.2.5 进风口结构型式

1 宜采用钢筋混凝土整体浇筑,或用装配式钢筋混凝土结构;

2 宜采用钢结构支架外罩金属挡风板,圆钢走道。

4.2.6 出风口结构型式

1 宜采用钢筋混凝土整体浇筑,或用装配式钢筋混凝土结构;

2 宜采用钢结构支架外罩铝合金挡风板,不锈钢螺栓连接。

4.2.7 漏斗

当塔径 $D \leq 16\text{m}$,集料方式宜采用漏斗。漏斗材料宜采用钢结构。

5 塔体结构的内力分析

造粒塔旁一般附有一个楼电梯间,它是一个由梁、柱、板壳体组成的组合结构。内力分析宜采用有限单元法,亦可用数理法求解,即用微分方程求解。对于Ⅰ、Ⅱ类场地土,当抗震设防烈度小于或等于8度时在满足本规定有关构造要求后,也可采用本规定的简化计算。

5.1 荷载效应组合

5.1.1 对于承载力极限状态,采用下列设计表达式:

$$\text{非地震区} \quad \gamma_0 S \leq R \quad (5.1.1-1)$$

$$\text{地震区} \quad S \leq R/\gamma_{RE} \quad (5.1.1-2)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数,取 $\gamma_0=1.0$;

S ——荷载效应组合的设计值;

R ——结构构件抗力的设计值;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数。

5.1.2 荷载效应组合的设计值应按下列公式确定:

$$\text{地震区} \quad S = \gamma_G S_{GE} + \gamma_E S_{Ek} + \gamma_w \psi_w S_{wk} + \gamma_t \psi_t S_{tk} \quad (\text{地震包括水平、竖向两项}) \quad (5.1.2-1)$$

$$\text{非地震区} \quad S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_w S_{wk} + \gamma_t \psi_t S_{tk} + \gamma_Q \psi_Q S_{Qk} \quad (5.1.2-1)$$

式中 γ_G ——重力(永久)荷载的分项系数;(按《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)3.2.5取值);

S_{Gk} ——永久荷载标准值的效应;

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应;

γ_E 、 γ_w 、 γ_t 、 γ_Q ——分别为地震作用、风荷载、温度作用、可变

荷载的分项系数；(按《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)5.4.1、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)3.2.5取值)；

S_{Ek} 、 S_{Wk} 、 S_{tk} 、 S_{Qk} ——分别为地震作用、风荷载、温度作用、可变荷载标准值的效应；

ψ_w 、 ψ_t 、 ψ_Q ——分别为风荷载、温度作用、可变荷载的组合值系数，分别取 0.2、0.5、0.7。

5.2 简化计算

当造粒塔的高宽比 $H/D \geq 3.0$ 时，属长圆柱壳，可采用梁理论分析壳体内力。当造粒塔的 $H/D \geq 3.5$ 时，可将造粒塔作为一个悬壁管柱进行分析。

5.2.1 筒壁内外表面温度差 Δt_h 所产生的弯矩，可按式近似计算：

$$M_x = M_\varphi = \frac{-0.5E_h J \alpha \Delta t_h}{h(1-\mu)} \quad (5.2.1-1)$$

式中 M_x 、 M_φ ——竖向和环向的温度弯矩(kN·m/m)；

E_h ——混凝土的弹性模量(kPa)；

α ——混凝土的线膨胀系数，取 1.0×10^{-5} ；

J ——筒壁的惯性矩， $J = -\frac{1}{12}h^3$ (m⁴)；

μ ——混凝土的泊桑比，取 0.167；

0.5——考虑混凝土徐变时对 E_h 的折减系数。

代入 μ 值上式简化为：

$$M_x = M_\varphi = -0.05E_h h^2 \alpha \Delta t_h \quad (5.2.1-2)$$

5.2.2 支承式的柱计算。

1 柱轴力计算：

$$\sigma = \frac{W}{\Sigma F_i} \pm \frac{M_y}{\Sigma I_i} \quad (5.2.2-1)$$

式中 W ——计算截面上的全塔总垂直重力荷载(kN)；

ΣF_i ——全塔柱截面积(m^2);

ΣI_i ——与弯矩方向相对应的截面惯性矩(m^4);

y ——柱中心到截面形心轴的距离(m);

M ——与计算柱所对应的最不利弯矩($\text{kN} \cdot \text{m}$),

$$M = M_1 + M_2$$

M_1 ——风、地震引起的弯矩($\text{kN} \cdot \text{m}$);

M_2 ——由于全塔总的垂直重力荷载偏离塔重心轴所形成的偏心弯矩($\text{kN} \cdot \text{m}$)。

柱轴力: $N = \sigma \cdot A (\text{kN})$ (5.2.2-2)

式中 A ——柱横截面面积(m^2)。

2 柱弯矩计算:

$$M_k = QH/2 \quad (5.2.2-3)$$

$$Q = \frac{1.5P}{\Sigma F_i} A \quad (5.2.2-4)$$

式中 M_k ——柱端弯矩($\text{kN} \cdot \text{m}$);

Q ——柱顶剪力(kN);

H ——柱高(m);

P ——风、地震引起的总水平力(kN)。

5.2.3 简支承式进风口窗间墙计算

窗间墙可简化为一偏心受压柱来考虑,计算方法同 5.2.2。

5.2.4 简化计算中薄弱环节的处理

对塔壁、梯壁刚度突变之处,应在构造上作适当补强,见 7.2.3 条和 7.2.4 条。

5.3 地基计算

分析基底应力时可将造粒塔简化为一个独立的悬臂构件。

5.3.1 天然地基

除按《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002) 5.2.1、5.2.2 进行承载力计算外,还应符合下列要求。

当偏心荷载作用时,尚应符合下式要求:

$$P_{k\max} \leq f_a \quad (5.3.1-1)$$

$$P_{k\min} \geq 0 \quad (5.3.1-2)$$

式中 $P_{k\max}$ ——相应于荷载效应标准组合时,基础底面边缘的最大压力值;

$P_{k\min}$ ——相应于荷载效应标准组合时,基础底面边缘的最小压力值。

5.3.2 桩基

桩基计算应按国家现行标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)8.5 的有关规定执行。

5.3.3 基础倾斜值

1 造粒塔和工艺主框架基础紧相邻,基础选型时应考虑尽可能减少两者基础应力相互影响;

2 基础允许倾斜值($\tan\theta \leq 0.002$)

$$\frac{S_2 - S_1}{d} \leq \tan\theta \quad (5.3.3)$$

式中 S_2 、 S_1 ——基础倾斜方向两个端点的沉降值(m);

d ——基础倾斜方向两个端点间的距离(m)。

5.3.4 抗震验算

基础的抗震验算应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)第4章的有关规定执行。

6 配筋计算

6.0.1 塔壁和楼电梯间的配筋,在抗震设防烈度为 7~8 度、场地类别为 I~II 类时,均属构造配筋,需配置内外两层钢筋。

当塔径 $D \leq 12\text{m}$ 、壁厚 $\delta = 16\text{cm}$,配筋率 $\mu \geq 0.5\%$ (每一边);
 $D = 20\text{m}$ 、壁厚 $\delta = 20\text{cm}$,配筋率 $\mu \geq 0.4\%$ (每一边)。

纵横两个方向均为上述的配筋率。

已建成造粒塔塔体配筋表见附录 B。

楼电梯间壁的配筋率 $\mu \geq 0.3\%$ (每一边)。纵横两个方向均为上述配筋率。

6.0.2 进风口窗间墙的配筋,在纵横两个方向均为 $\mu \geq 0.4\%$ (每一边)。

6.0.3 支柱配筋,由内力组合取一组最不利的内力进行计算,计算简图见图 6.0.3。

$$\begin{cases} M_i \\ M_{ix} = M_i \cos\beta \\ M_{iy} = M_i \sin\beta \end{cases} \quad (6.0.3)$$

按双向偏心受压柱计算配筋。

已建造粒塔支承柱配筋表见附录 A。

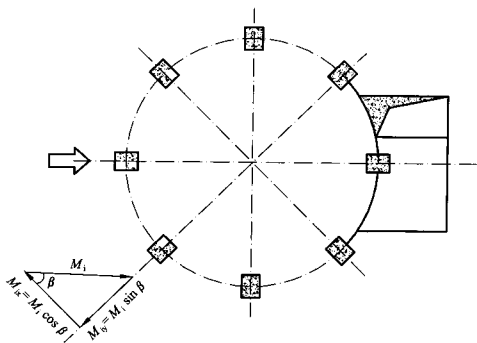


图 6.0.3 支柱计算简图

7 构 造

7.1 造粒塔截面尺寸的确定

7.1.1 塔壁厚度的确定

塔壁厚度选用范围可按下式确定：

$$\delta/r = 1/30 \sim 1/50 \quad (7.1.1)$$

式中 δ ——塔壁厚度(cm)；

r ——塔体内半径(cm)。

为了保证塔壁施工质量，塔壁厚度不宜小于下列数值：

塔直径 $D \leq 14\text{m}$ 时，壁厚不宜小于 16cm；

塔直径 $D = 16 \sim 20\text{m}$ 时，壁厚不宜小于 20cm；

楼电梯间壁厚不宜小于 16cm。

7.1.2 进风窗窗间墙长度宜大于或等于 $8b_w$ (b_w 为墙厚)，窗间墙轴压比宜小于或等于 0.6。

7.1.3 框支柱：框支柱轴压比宜小于或等于 0.6。

7.2 钢筋的配置和构造

7.2.1 钢筋的配置

1 塔壁的配筋为内外两层，环向钢筋应配置在竖向钢筋的外侧，并用铁丝绑扎或电焊在竖筋上；

2 竖向钢筋应长短错开，每组四根钢筋，每根钢筋相差 50cm；

3 竖向钢筋直径 $d \geq 12\text{mm}$ 时，宜用 HRB335 级钢筋；

4 水平方向每处钢筋接头不宜超过 25%，钢筋搭接长度应满足要求；

5 在门窗孔的每侧，附加钢筋的面积应等于孔洞内被切断钢筋面积的一半；

6 孔洞每个角处附加斜向钢筋面积 (cm^2) 不应小于 $1/5$ 塔

壁的厚度,并不少于 $\geq \phi 16$,长度为 1.3m;

$$A_k = \frac{1}{5} \delta (\text{cm}^2);$$

7 墙体的边缘构件应按《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)中有关剪力墙约束边缘构件、构造边缘构件规定设置;

8 框支柱纵向钢筋配筋率不宜小于 1.5%,箍筋加密区体积配箍率对抗震设防烈度为 6、7、8、9 度时分别不应小于 1.0%、1.2%、1.2%、1.5%。

7.2.2 塔壁钢筋保护层

- 1 当塔壁厚度为 $\delta = 18 \sim 22 \text{cm}$,保护层厚度为 35mm;
- 2 当塔壁厚度为 $\delta = 16 \text{cm}$,保护层厚度为 30mm;
- 3 其他梁柱钢筋保护层为 40mm。

7.2.3 塔体局部配置补强钢筋

- 1 当操作室置于塔体上部中间时,在操作室底面下 1m 至顶板面上 1m 的范围内,塔体纵向、环向钢筋的直径均应加大一档;
- 2 考虑到塔顶刚性环梁附近的局部应力,在距塔顶环梁底下 1m 的范围内,纵向、环向钢筋的直径均加大一档。

7.2.4 楼电梯间墙与塔壁交接处的构造

楼电梯间墙与塔壁交接处的构造见图 7.2.4。

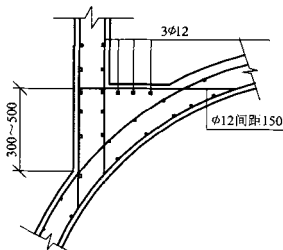


图 7.2.4 楼电梯间墙与塔壁交接处的构造

7.2.5 刮料层现浇肋形楼盖与塔体的联结构造

1 刮料层应待整个塔体施工完毕后再施工；

2 刮料层平面内两个方向大梁与塔壁壁柱联结,宜做成铰接形式,梁在长度方向应可以自由胀缩,与塔壁四周有 20mm 的空隙,见图 7.2.5-1；

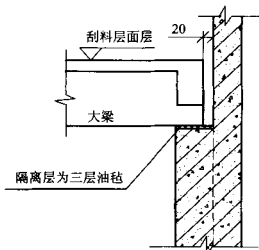


图 7.2.5-1 刮料层平面大梁与塔壁壁柱的联结

3 刮料层平面梁板的混凝土浇捣过程中,应在平面中心两个方向各留出 600~700mm 缝隙作为后浇施工缝,待四个星期后用标号高一级的混凝土浇灌缝内,位置见图 7.2.5-2；

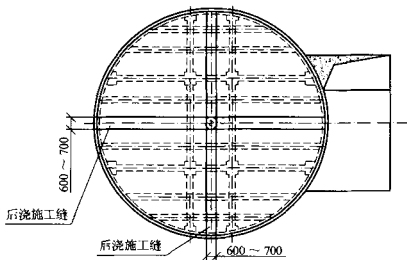


图 7.2.5-2 刮料层平面后浇施工缝位置

4 刮料层平面内的梁断面不宜取得过大,梁的配筋率宜大于 0.5%。梁侧面应增加抵抗温度应力的纵向钢筋,间距为 200mm,直径不宜小于 $\phi 12$ 。

7.2.6 环形基础的构造

对于直径 $D \geq 20\text{m}$ 的环形基础,为防止混凝土的收缩,应在其圆周长 1/3 位置上设置后浇施工缝,宽度为 800~1000mm,基础内的钢筋应连续,待四个星期后缝内冲洗干净用标号高一级混凝土浇灌于缝内,位置见图 7.2.6。

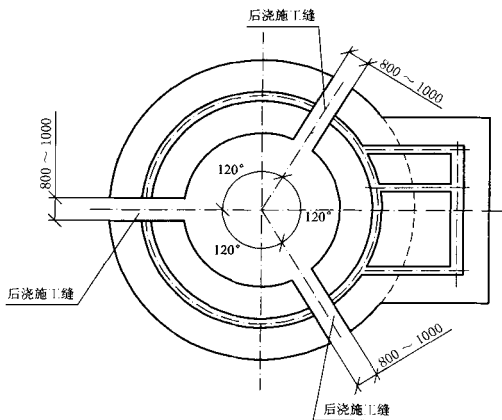


图 7.2.6 环形基础后浇施工缝位置

7.2.7 避雷

避雷的引下接地线可用滑模爬杆代替。爬杆的接头应满焊,爬杆滑模出塔顶与塔顶的避雷环焊牢。作为避雷引下线的滑模爬杆应该有明显标志。

7.3 材 料

7.3.1 水泥宜选用强度等级为 42.5 的普通硅酸盐水泥。整个塔体施工过程中应用同一品种水泥,注意出厂的日期。

7.3.2 骨料:石子的粒径宜为 5~40mm,要求有良好的级配,砂子宜采用中粗砂。

7.3.3 钢材:受力钢筋应采用 HRB355 级钢筋,型钢应采用 Q235B。

7.4 其 他

7.4.1 木门窗:尿素造粒塔门窗除底层大门为钢木大门外,其余门窗均应选用木门窗,并应加强门窗五金的防腐。

7.4.2 栏杆、平台的安全措施:

1 塔内外所有钢梯及平台,凡所在位置的标高在 30m 以上者,栏杆高度不应小于 1.2m,踏步和平台面应采用花纹钢板铺设,不应采用圆钢和扁钢篦子;

2 塔内外所有钢梯及平台栏杆均应采用角钢栏杆,扶手应用角钢或钢管;

3 凡位于塔内腐蚀严重部位的(如出风口)、高空不易检修的、光线不好、有危险不易察觉的钢梯及平台,可局部或全部采用不锈钢制作。

8 建筑防腐蚀

8.1 塔 体

8.1.1 塔壁宜采用应用液压滑模施工。混凝土内应掺加一定量的减水剂,出模后塔壁应喷涂养护剂,以利于提高塔身的耐腐蚀性能。

密实混凝土的抗渗等级不应低于 0.8MPa。在施工前必须做好充分的施工准备,根据工程设计的要求选择水泥品种,确定骨料级配,选择减水剂品种及其掺用量和计量方法,选择养护剂的品种及确定施工程序等。

8.1.2 塔内壁各种涂料防腐面层只宜作为由于施工、材料等原因造成塔体密实混凝土质量上缺陷的补救措施。

1 各种涂料面层的选用应根据各地的施工经验、当地气象条件和材料供应情况综合考虑,并由专业施工队负责施工。施工前必须对材料性能、配合比和施工方法进行充分试验。施工时应按现行各有关施工及验收规范、规定执行,并注意加强劳动保护;

2 涂料面层可以选用聚氨酯、聚氨酯聚取代乙烯互穿网络涂料、高氯化聚乙烯涂料、聚氯乙烯含氟涂料、氯磺化聚乙烯或造粒塔专用涂料等,涂层厚度不应低于 $150\mu\text{m}$ 。当密实混凝土的质量难以保证时,在涂层中可设 1~2 层玻璃布或采用环氧玻璃钢面层。

8.2 操作间楼面

8.2.1 操作间楼面应做好坡度,坡度为 3%~5%,坡向地漏。

8.2.2 操作间楼面宜为树脂砂浆面层以及耐酸砖块材面层。块

材面层采用树脂胶泥砌筑,其耐热温度不得低于 100℃。操作间楼面均应做玻璃钢隔离层。在墙面和楼面交接处,隔离层应上翻 300 mm 以上。

8.2.3 操作间四周墙体(包括塔壁)应做防护墙裙。墙裙做法宜与楼面防腐面层做法相同。墙裙高度不应小于 1.5m,厚度不应大于 20mm。

8.3 刮料层楼面及钢漏斗

8.3.1 刮料层楼面宜采用防腐块材面层。常用块材有花岗石、石英岩、耐酸砖等,厚度不应小于 60mm,并用树脂砂浆或树脂胶泥砌筑。块材面层必须做玻璃钢隔离层,沿塔壁四周上翻 300mm 以上。在有经验的地方,刮料层楼面可采用抗冲击、耐磨损和耐湿的树脂砂浆整体面层。

8.3.2 刮料层楼面四周应做防护踢脚板。踢脚板做法与楼面防腐面层做法相同,踢脚高度不应小于 300mm。

8.3.3 必须保证刮料层楼面的倾角和平整度。

8.3.4 钢漏斗表面防腐宜选用耐尿素干湿交替腐蚀、与钢铁基层附着力强、耐磨损的防腐涂料。涂料面层的品种可按 8.1.2 条第 2 款进行选择。

8.4 造粒塔底部地面

造粒塔底部地面宜采用聚合物水泥砂浆整体面层,厚度 20~30mm。墙裙做法宜与地面防腐面层做法相同,墙裙高度不应小于 1.0m。室外散水面层宜采用聚合物水泥砂浆,厚度 20mm。

8.5 造粒塔进风口处外壁

造粒塔进风口处外壁防腐涂层应采用附着力强、耐久性优良的防腐涂料,涂层厚度不宜小于 120 μ m,高度宜为 15~20m。

8.6 尿素造粒塔的总高度

尿素造粒塔的总高度应得到航空有关部门批准,并在塔顶涂装白天障碍标志,涂装高度不宜小于 20m。

9 施工要求

滑模施工应根据国家现行的《液压滑动模板施工技术规范》(GBJ 113)进行。

9.1 施工偏差

9.1.1 塔体垂直偏差为塔高的 $\frac{1}{1000}$,总偏差值不应大于 50mm。

电梯间垂直偏差只允许正偏差 30mm,不允许产生负偏差。

9.1.2 塔体椭圆度(长短轴偏差)为 10mm。

9.2 混凝土要求

9.2.1 混凝土标号宜为 C 30,水泥用量不宜少于 300kg/m³,水灰比宜小于 0.5。

9.2.2 混凝土内添加剂:为了提高混凝土塔壁自身抗尿素浸蚀能力,在混凝土内宜添加减水剂,增加混凝土的密实性。加入减水剂的混凝土,不得减少水泥用量。使用时应按照产品说明书,控制加入量。施工前必须事先配方,以便掌握特性,得到最佳的配比(如高浓 NNO 二聚体减水剂的掺加量为水泥重量的 1.0%)。

9.2.3 塔壁的养护:滑出塔壁用原浆或少许加有减水剂的水泥砂浆抹平、压光、压实,并在塔壁内外两面涂刷树脂型的塑料薄膜养护剂(如氯乙烯-偏氯乙烯,RT-175 水泥养生液),涂刷遍数根据施工时的气温确定。

9.3 沉降观测

造粒塔为一重要的高耸构筑物,应设置沉降观测点。在高于

地坪 100mm 处沿造粒塔四周设置 3~4 沉降观测点,宜对称布置。
从施工至开车生产应定期观测、记录,并绘制沉降曲线。

附录 A 已建尿素造粒塔支承柱的配筋参考表

表 A 已建尿素造粒塔支承柱的配筋参考表

厂名	风压 W_k (kN/m^2)	抗震设防 烈度	塔直径 D (m)	支柱数量 n	支柱断面 $b \times h$ (mm)	配筋率 (%)	配筋数量	备 注
山东胜利氨厂	0.50	—	12	10	800×800	1.84	24 $\phi 25$	
河南平顶山化肥厂	0.45	不考慮	12	8	800×800	1.84	24 $\phi 25$	
广西河池化肥厂	0.30	不考慮	12	12	800×800	2.31	24 $\phi 28$	
吉林化肥厂	0.45	不考慮	12	8	800×800	1.84	24 $\phi 25$	
云南沾益化肥厂	0.40	7 度 构造处理	12	10	800×800	1.84	24 $\phi 25$	
贵州化肥厂	—	—	13	10	800×300	2.31	24 $\phi 28$	
四川化工厂	0.25	6 度	11	8	800×800	2.74	16 $\phi 28$	
江西氨厂(改产尿素)	0.40	不考慮	12	8	700×700	2.00	16 $\phi 28$	
山东鲁南化肥厂	0.50	不考慮	9	6	750×750	1.75	16 $\phi 28$	
湖南湘江氨化肥厂	0.45	不考慮	9	6	700×700	2.62	16 $\phi 32$	
吉林前郭化肥厂	0.60	6 度	9	6	800×800	2.15	28 $\phi 25$	
刘家峡化肥厂	0.45	7 度	9	6	700×700	2.00	16 $\phi 28$	
河北石家庄化肥厂	0.45	没有考虑	9	6	700×700	2.62	16 $\phi 32$	
河北迁安化肥厂	0.55	7 度	9	6	700×700	2.00	16 $\phi 28$	
山东邹县化肥厂	0.40	7 度	9	6	700×700	2.00	16 $\phi 28$	
北京首都钢铁公司化肥厂	0.45	不考慮	8	6	700×700	2.00	16 $\phi 28$	
银川化肥厂	0.50	—	8	6	700×700	2.00	16 $\phi 28$	

附录 B 已建尿素造粒塔筒体和楼梯间配筋表

表 B 已建尿素造粒塔筒体和楼梯间配筋表

厂 名	直径 D (m)	壁厚 b (cm)		配 筋				备 注
		筒体	楼梯间	筒 体		楼 电 梯 间		
				纵 向	横 向	纵 向	横 向	
山东胜利氮肥厂	12	16	16	$\phi 14@150$	$\phi 12@200$	$\phi 14@150$	$\phi 12@200$	双面配筋
河南平顶山化肥厂	12	16	16	$\phi 14@200$	$\phi 12@200$	$\phi 14@200$	$\phi 12@200$	双面配筋
广西河池化肥厂	12	16	16	$\phi 14@200$	$\phi 12@200$	$\phi 14@200$	$\phi 12@200$	双面配筋
吉林化肥厂	12	16	16	$\phi 14@200$	$\phi 12@80\sim 200$	$\phi 14@200$	$\phi 12@80\sim 200$	环向钢筋 沿高度间距: 80、125、 150、200
云南沾益化肥厂	12	16	16	$\phi 14@150$	$\phi 12@120$	$\phi 14@150$	$\phi 12@120$	双面
四川化肥厂	11	15	15	$\phi 14@200$	$\phi 10@200$	$\phi 12@200$	$\phi 10@200$	双面

续表 B

厂名	直径 D (m)	壁厚 b (cm)		配筋				备注
		筒体	楼梯间	筒体		楼梯间		
				纵向	横向	纵向	横向	
江西氮肥厂	12	16	16	$\phi 12@150$	$\phi 12@150$	$\phi 12@150$	$\phi 12@150$	双面
贵州化肥厂	13	16	16	$\phi 14@150$	$\phi 12@200$	$\phi 14@150$	$\phi 12@200$	双面
山东邹县化肥厂	9	16	16	$\phi 12@150$	$\phi 12@150$	$\phi 12@150$	$\phi 12@150$	双面
湖南湘江氮肥厂	9	15	—	$\phi 14@200$	$\phi 12@200$			双面
刘家峡化肥厂	9	15	—	$\phi 10@300$	$\phi 12, \phi 8, \phi 12@200$			环向钢筋 沿高度变化 双面
石家庄化肥厂	9	15	—	$\phi 14@200$	$\phi 12@200$			双面
北京首都钢铁公司化肥厂	8	15	—	$\phi 14@200$	$\phi 12@200$			双面

续表 B

厂名	直径 D (m)	壁厚 b (cm)		配筋				备注
		筒体	楼梯间	筒体		楼梯间		
				纵向	横向	纵向	横向	
广州氮肥厂	16	20	20	$\phi 14@150$	$\phi 14@150$	$\phi 16@200$	$\phi 14@200$	双面
吴泾化工厂	16	20	—	$\phi 14@150$	$\phi 14@150$			双面
四川化工厂 48万吨/年尿素	14	25	15	$\phi 16@200$ $\phi 14@200$	变化	$\phi 14@200$	$\phi 12@200$	双面
泸州天然气化工厂	20	20	15	$\phi 16@150$ $\phi 16@120$	$\phi 16@150$	$\phi 12@200$	$\phi 12@200$	双面
云南天然气化工厂	20	20	16	$\phi 16@200$	$\phi 14@150$	$\phi 12@200$	$\phi 12@200$	双面
沧州化肥厂	20	20	20	$\phi 16@150$	$\phi 16@125$	$\phi 16@150$	$\phi 16@150$	双面

续表 B

厂 名	直径 D (m)	壁厚 b (cm)		配 筋				备 注
		筒体	楼梯间	筒 体		楼 电 梯 间		
				纵 向	横 向	纵 向	横 向	
广州石油化工厂	20	22	20	$\phi 12@150$	$\phi 16@125$ $\phi 14@125$	$\phi 18, \phi 20@150$ $\phi 18, \phi 16@150$	$\phi 12@150$	双面
浙江镇海化肥厂	20	20	16	$\phi 12@150$	$\phi 12@125$ $\phi 12@150$	$\phi 12@150$	$\phi 12@150$	双面

注:表中的钢筋均为 II 级钢筋。

附录 C 已建尿素造粒塔的实测自振周期(T)

表 C 已建尿素造粒塔的实测自振周期(T)

厂 名	结 构 简 况			自振周期 $T(s)$		实 测 单 位	
	塔体 高度(m)	内径 (m)	壁厚(cm) 刮料层以上 刮料层以下	支承 方式	沿楼电梯 间方向		垂直于楼 电梯间 方向
四川化工厂	56	14	25	筒支承	0.68	0.67	原一机部第一设计院 化工部第四设计院
邯郸化肥厂	58.3	11.84	16	柱支承	0.61	0.68	
大庆化肥厂	60	20	$\frac{20}{50}$	筒支承	0.67	0.67	
北京化工实验厂	46	8	16	柱支承	0.56	0.71	化工部抗震办公室
石家庄化肥厂	64	9	15	柱支承	1.25	1.3	化工部抗震办公室
辽河化肥厂	60	20	$\frac{20}{40}$	筒支承	0.55	0.68	化工部原工程抗震设计研究室

续表 C

厂名	结 构 简 况				自振周期 T(s)		实测单位
	塔体 高度(m)	内径 (m)	壁厚(cm)		沿楼电梯 间方向	垂直于楼 电梯间方 向	
			刮料层以上	刮料层以下			
湖北省化肥厂	60	20	$\frac{20}{40}$		0.54	0.62	化工部原工程抗震设计研究室
湖南洞庭化肥厂	60	20	$\frac{20}{40}$		0.56	0.66	化工部原工程抗震设计研究室
安庆化肥厂	63.45	20	$\frac{22}{35}$		0.54	0.66	化工部原工程抗震设计研究室
广州石油化工厂	64.35	20	$\frac{22}{35}$		0.704	0.667	化工部原工程抗震设计研究室

附录 D 筒体结构风压表面分布系数 μ_s 的推导

1 本规定采用的风荷载体型系数为

$$\mu_s = -0.8 + 0.2\cos\theta + 0.9\cos 2\theta + 0.7\cos 3\theta$$

2 根据荷载规范 TJ 9—74 表 12, 取圆截面构筑物 $\frac{h}{D}=7$ 时,

用富里哀级数变换
$$y = f(\theta) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^3 a_n \cos n\theta$$

n 取 1、2、3。

取 $m=24$ 等分圆周 $m\alpha=24 \times 15^\circ=360^\circ$

$$\text{系数: } a_0 = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} y$$

$$a_1 = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} y \cos \theta$$

$$a_2 = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} y \cos 2\theta$$

$$a_3 = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} y \cos 3\theta$$

富里哀级数变换系数表

θ°	$y=f(\theta)$	$y\cos\theta$	$y\cos 2\theta$	$y\cos 3\theta$	$\mu_s = -0.8 + 0.2\cos\theta + 0.9\cos 2\theta + 0.7\cos 3\theta$
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
15	0.8	0.77	0.69	0.57	0.668
30	0.1	-0.037	0.05	0	-0.177
45	-1.7	-1.2	0	1.2	-1.1536
60	-2.2	-1.1	1.1	2.2	-1.85
75	-2.2	-0.57	1.9	1.56	-2.02
90	-1.7	0	1.7	0	-1.7

续表

θ°	$y=f(\theta)$	$y\cos\theta$	$y\cos2\theta$	$y\cos3\theta$	$\mu_s = -0.8 + 0.2\cos\theta + 0.9\cos2\theta + 0.7\cos3\theta$
105	-0.8	0.21	0.69	-0.566	-1.137
120	-0.6	0.3	0.3	-0.6	-0.65
135	-0.6	0.424	0	-0.424	-0.45
150	-0.5	0.433	-0.25	0	-0.52
165	-0.5	0.483	-0.453	0.354	-0.7
180	-0.5	0.5	0.5	0.5	-0.8

$$0^\circ \sim 345^\circ$$

$$\sum_0^{m-1} y = -19.3$$

$$\sum_0^{m-1} y\cos\theta = 1.174$$

$$\sum_0^{m-1} y\cos2\theta = 12$$

$$\sum_0^{m-1} y\cos3\theta = 10.1$$

系数:

$$a_0 = \frac{2}{24} \sum_0^{m-1} y = \frac{-2}{24} \times 19.3 = -1.61$$

$$a_1 = \frac{2}{24} \sum_0^{m-1} y\cos\theta = 1.174/12 = 0.1$$

$$a_2 = \frac{2}{24} \sum_0^{m-1} y\cos2\theta = \frac{2}{24} \times 12 = 1$$

$$a_3 = \frac{2}{24} \sum_0^{m-1} y\cos3\theta = \frac{2}{24} \times 10.1 = 0.84$$

得出体型系数公式为:

$$y = \frac{a_0}{2} + a_1 \cos \theta + a_2 \cos 2\theta + a_3 \cos 3\theta$$

$$= -0.8 + 0.1 \cos \theta + \cos 2\theta + 0.84 \cos 3\theta$$

3 从图 D 中可看出本规定采用的 μ_s 公式与荷载规范 TJ 9—74, 取 $h/D=7$ 所推导结果极其接近。

4 现行国家标准《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001) 中相应系数 μ_s 与 TJ 9—74 变化不大。

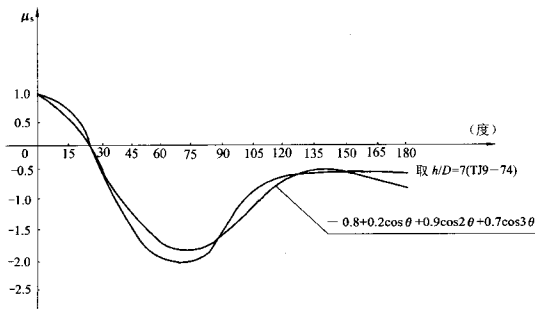


图 D 2 个 μ_s 公式所绘曲线

附录 E Stamicarbon 公司对于 $\phi=20\text{m}$ 、 $H=50\text{m}$ 造粒塔内的温度图表

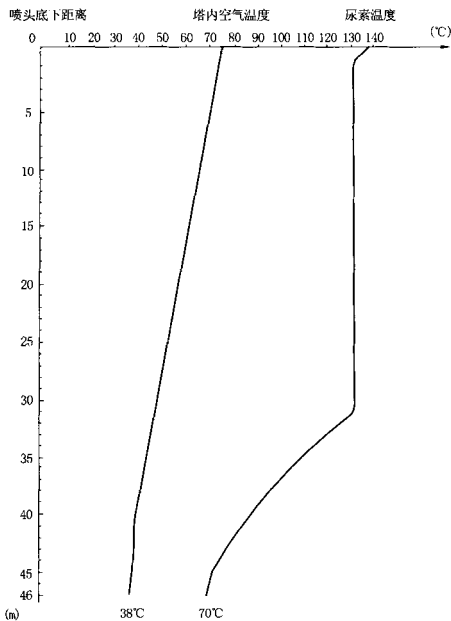


图 E Stamicarbon 公司对于 $\phi=20\text{m}$ 、 $H=50\text{m}$ 造粒塔内的温度图表

本规定用词说明

1 为便于在执行本规定条文时区别对待,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 本规定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”。

中华人民共和国行业标准

尿素造粒塔设计规定

HG/T 20672—2005

条文说明

目 次

1	总则	(49)
2	设计原则	(50)
2.1	工艺要求和建筑布置	(50)
3	设计荷载	(51)
3.1	操作及检修荷载	(51)
3.2	风荷载	(51)
3.4	地震作用	(51)
4	塔体结构选型	(53)
4.2	塔体支承结构的选型	(53)
5	塔体结构的内力分析	(54)
5.1	荷载效应组合	(54)
5.3	地基计算	(54)
6	配筋计算	(55)
7	构造	(56)
7.2	钢筋的配置和构造	(56)
7.3	材料	(56)
8	建筑防腐蚀	(57)
9	施工要求	(58)
9.1	施工偏差	(58)
9.2	混凝土要求	(58)

1 总 则

1.0.2 本规定适用于直径为 9~22m、抗震设防烈度为 9 度和 9 度以下的钢筋混凝土尿素造粒塔的设计。塔直径 9~22m 这个尺寸系列来自目前国内现有的尿素装置生产能力。如装置生产能力为年产 4 万 t 尿素,塔直径为 9m;年产 11~13.2 万 t,塔直径为 12~15m;年产 16~24 万 t,则塔直径为 16~20m。这些直径尺寸属于一般情况,个别特殊情况例外。

设计钢筋混凝土硝铵造粒塔时亦可参考本规定,意指结构设计是可以参考的,塔内壁的防腐处理则不能参考。尿素对塔壁的腐蚀是渗透、结晶、膨胀,纯属于一种物理破坏。硝铵对塔壁腐蚀不同于尿素,因此采取的防腐措施亦不同。

1.0.4 本条根据《化工建、构筑物抗震设防分类标准》(HG/T 20665—1999),对造粒塔抗震设防类别分类,便于与《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)衔接。

2 设计原则

2.1 工艺要求和建筑布置

2.1.11 根据对现有造粒塔使用状况的调查,适当增加观察窗便于了解造粒塔运行状况。

2.1.12 本条是考虑环境对工作人员的健康影响和外部氨气对配电房的影响。

3 设计荷载

3.1 操作及检修荷载

3.1.5 电梯间机器房的均布活荷载为 6kN/m^2 , 这样的提法较笼统。这是根据国内电梯制造厂家提供的资料, 未计及卷扬机、电机的位置如何配置。如果卷扬机、电动机的荷重较大, 订货时要求制造厂家分开提供, 则建议均布活荷载取用 4kN/m^2 , 再把吊笼、卷扬机、电机等设备荷载逐一提出。

3.2 风荷载

本节根据《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)及《高耸结构设计规范》(GBJ 135—1990)修订。对于风荷载体型系数, 原《尿素造粒塔设计规定》(HG/T 20672—1989)是根据试验确定的, 且其体型与《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)中圆截面构筑物的体型有所区别, 故本次未作修订。

3.4 地震作用

本节按现行《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)及《构筑物抗震设计规范》(GB 50191—1993)修改。

3.4.1 自振频率确定。

[例]: 河北邯郸化肥厂尿素造粒塔自振频率实测沿电梯方向为 0.61s , 垂直于电梯方向为 0.68s (详见附录 C)。塔直径 12m , 附有一个楼电梯间。总高 62m , 塔体 ± 0.000 以上为 1700t , 塔体重心位置到基础顶面的高度为 $36+2=38\text{m}$, 混凝土 200 号, $E=2.6\times 10^5\text{kg/cm}^2=2.6\times 10^6\text{t/m}^2$ 。

塔柱及楼电梯间壁对整体截面形心轴的惯性矩：

$$I_x = 167.32 \text{m}^4; \quad I_y = 96 \text{m}^4$$

沿电梯方向：

$$\Delta = H_0^3 / 3 \sum EI = 38^3 / 3 \times 2.6 \times 10^6 \times 167.32 = 0.000042$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{G_{eq} \Delta}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{1700 \times 0.000042}{9.81}} = 0.544 \text{s}$$

垂直电梯方向：

$$\Delta = H_0^3 / 3 \sum EI = 38^3 / 3 \times 2.6 \times 10^6 \times 96 = 0.000073$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{G_{eq} \Delta}{g}} = 0.72 \text{s}$$

与实测的数值较为接近。

4 塔体结构选型

4.2 塔体支承结构的选型

根据工程经验,对塔体支承结构的选型予以进一步明确。

4.2.4 根据工程经验和《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002),参照高层建筑要求,加大埋深并应满足抗倾覆、抗滑等稳定性验算。

5 塔体结构的内力分析

5.1 荷载效应组合

本节根据现行《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)和《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)进行修订。

5.3 地基计算

与新颁布的有关国家标准接轨。

6 配 筋 计 算

化四院曾与复旦大学数学力学系合作,用有限单元法对尿素造料塔壳体结构进行内力分析。之后,又与中国科学院计算中心合作,用 SAP—5 程序复核。结论是:在基本烈度为 8 度、位于 I、II 类场地土上的情况下,就目前采用的造粒塔的高度和壁厚,一般均属于构造配筋。详情可参阅化四院编写的“尿素造粒塔设计计算报告”。

7 构 造

根据多年工程经验,增加了构件尺寸和配筋的构造要求。

7.2 钢筋的配置和构造

7.2.3 塔体局部配置补强钢筋。

在顶环梁下约 1m、在操作室上下各约 1m 的范围内,由于塔体在这些部位的刚度发生突变,应力集中,从而产生弯曲效应,故在这些部位的配筋,应较上下截面内钢筋截面积加大一个档次。

7.2.5 关于刮料层现浇肋形楼盖和塔体联结构造,其内容是新增加的。近年来发现直径 20mm 造粒塔的刮料层梁板均有裂缝,数量还不少。裂缝宽度大多在 0.2~0.3mm。目前虽然不影响使用,但会导致钢筋的锈蚀,最终会影响正常使用。所以,从构造上采取一些措施。裂缝产生的原因及处理的方法可参阅“尿素造粒塔刮料层大梁裂缝原因的探讨”一文(由中国武汉化工工程公司编写)。

7.3 材 料

7.3.1 选用强度等级为 42.5 的普通硅酸盐水泥。整个塔体施工过程中应用同一种类水泥。

关于为何不应用标号较高的水泥,以及矿渣水泥等,其原因是鉴于硅酸盐水泥有早强作用,有利于滑模,而矿渣水泥早强差,不利于滑模。加之塔体壁中水泥用量已限定,因此不宜再提高混凝土标号。而且塔壁混凝土中外掺减水剂,不存在强度问题。另外,用标号较高的水泥配置的混凝土将增加塔壁的收缩应力,这是力求避免的。总之,采用 425 号硅酸盐水泥较为合适。

8 建筑防腐蚀

根据多年工程经验,塔体防腐可不采用玻璃钢,涂层防腐也仅用于混凝土质量缺陷的补救。

塔体的防腐蚀是关系到造粒塔使用寿命的问题,因此也是设计单位和生产厂家最为关注的问题。对于防腐的设防标准,长期未得到统一认识。厂方的观点一直是“一劳永逸”,“永不再维修”。

我们认为涂刷防腐涂料仅是治标的问题,关键应该治本。近几年来我们做了一些工作,如在塔壁混凝土中添加减水剂,改善混凝土中骨料的级配,使混凝土中的游离水降至最少;外刷养护剂,使混凝土塔壁中水蒸发量减少,更好发生水化作用,从而提高混凝土的密实度;为加强防腐蚀能力,适当刷些涂料加强,等等。但是,对整个塔体大部分位置,我们不主张做防腐面层,这也是本规定的基本指导思想。

根据多年工程经验,加之防腐蚀材料的发展,8.2节、8.3节作了部分修改并新增8.4~8.6节,以确保防腐效果。

9 施工要求

尿素造粒塔施工是采用液压滑升模板连续施工,不留施工缝。近来一些施工单位提出可否用翻转模板施工。本规定要求用滑模施工,因翻转模板施工有如下缺点:有几十条水平施工缝,塔壁留下很多个为固定模板用的螺丝孔,塔壁内外表面较粗糙和有麻面,不能用原浆压光等等。这对造粒塔采取自身密实防腐蚀增加很多隐患,而这些隐患,正是为塔壁遭致尿素的腐蚀提供“良好的条件”。

9.1 施工偏差

9.1.1 ……“电梯间垂直偏差只允许正偏差 30mm,不允许产生负偏差。”上述条文是根据电梯制造厂家在土建条件图上的说明,意指电梯井道必须垂直,几何尺寸允许比条件图上尺寸大 30mm,不允许小,因为小了电梯装不进去,或者电梯上下时卡轨。

9.2 混凝土要求

9.2.2 混凝土内添加剂

目前市场上出售的减水剂品种很多。从功能上来说,有些施工单位用它来提高混凝土强度,以减少水泥用量;我们则以增加混凝土的和易性、提高混凝土的密实性、提高混凝土自身抗尿素腐蚀的能力为目的,水泥用量是不能减少的。

本规定推荐采用高浓 NNO 二聚体作为减水剂,是做过一系列的试验和比较的,即与当时从荷兰引进的 T. M 减水剂相比较,各项指标均优于 T. M 减水剂。

选用其它品种的减水剂时,应在施工前做一定项目的试验:如

合适的掺入量、减水量、水压下渗透性、在尿素溶液中的渗透性、对钢筋锈蚀强度、加入后混凝土的收缩量、强度提高程度等等。只有满足这些指标要求才可使用。

更 正

本标准由中国石油和化学工业协会提出并归口。文中有关内容，以此提法为准。

郑 重 声 明

本书已授权“全国律师知识产权保护协作网”对专有出版权在全国范围予以保护,盗版必究。

举报盗版电话: 63906404