ICS 53.020.30

CCS P 97



团　　体　　标　　准

T/CACEC　0000—202X

300t 及以上化工设备吊耳设计规程

Specification for Design of Lifting Lugs for Chemical Equipment of 300 t and Above

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布　　202X-XX-XX 实施

中国化工建设企业协会 发布

中 国 标 准 出 版 社 出版

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规 定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国化工建设企业协会提出并归口。

本文件起草单位：中国化学工程第十一建设有限公司、×××××、×××××。

本文件主要起草人：王 伟 ×××、×××、×××。

引 言

HG/T 21574—2018《化工设备吊耳设计选用规范》的适用公称吊重上限为 300 t，对于 300 t 以上化工设备的吊耳设计，该规范未给出专门的结构型式、计算方法和检验要求。随着大型化、超大型化化工装置的增多，公称吊重 300 t~2000 t 的吊耳在反应器、塔器、大型储罐等设备吊装中的使用日趋普遍，缺乏统一的设计计算规则可能导致结构安全裕度不明、校核口径不一致。

本文件作为 HG/T 21574—2018 的补充，针对公称吊重 300 t~2000t 的管轴式吊耳和公称吊重 300 t~1500t 的尾部板式吊耳，规定其分类、设计、计算、制造、检验和验收的技术要求。本文件不替代 HG/T 21574— 2018 中 300 t 及以下吊耳的规定；对于 300 t 以上吊耳中未涵盖的特殊结构，仍需按本文件第 5.3.3 条进行专项校核。

目　录

前言

引言

1　范围 1

2　规范性引用文件 1

3　术语和定义 2

4　吊耳类型及标记 5

5　吊耳设计 7

6　设备吊装载荷 12

7　管轴式吊耳设计、计算及选用 13

8　尾部板式吊耳设计、计算及选用 18

300t 及以上化工设备吊耳设计规程

1 范围

本文件适用于钢制化工设备及其部件在设备吊装时，公称吊重大于 300t 以上的吊耳设计、选材、制造、检验和验收。

本文件中管轴式吊耳的公称吊装范围为 300t~2000t，尾部板式吊耳的公称吊装范围为 300t~1500t。

本文件规定了吊耳的分类、型式代号、尺寸、材料、技术要求和吊耳本体的校核。

本文件吊耳的设计、选材、制造、检验和验收，除符合本规程中的规定外，还应符合国家现行有关标准的规定。

本文件不适用于吊盖式吊耳、侧壁板式吊耳、公称吊重小于 300 t 或大于 2000 t 的管轴式吊耳及公称吊重小于 300 t 或大于 1500 t 的尾部板式吊耳。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本规程必不可少的条款，其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包含所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 196 普通螺纹基本尺寸

GB/T 197 普通螺纹公差

GB/T 1804 一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带

NB/T 47013.2 承压设备无损检测第 2 部分：射线检测

NB/T 47013.4 承压设备无损检测第 4 部分：磁粉检测

NB/T 47013.5 承压设备无损检测第 5 部分：渗透检测

NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定

NB/T 47018 承压设备用焊接材料订货技术条件

HG/T 21574—2018 化工设备吊耳设计选用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

3.1 术语

3.1.1 吊耳 lifting lug

安装在设备上用于提升设备的吊点结构。

3.1.2 吊装 Lifting

在起重机械的作用下，设备被提升并安装于规定位置的作业程序。

3.1.3 公称吊重 nominal lifting capability

指在吊耳设计或选型中，单个吊耳允许的最大吊装重量，单位为 t（吨）。

3.1.4 动载荷系数 impact factor

考虑吊装过程中，动载荷相对于静载荷的比值。

3.1.5 不平衡系数 unbalance factor

考虑吊装过程中，多个吊耳间载荷分配的不均匀程度。

3.1.6 综合影响系数 total factor

在吊耳强度校核中，综合考虑动载荷、不平衡等影响因素而确定的相对于静载荷的放大系数，其值不小于不平衡系数和动载荷系数的乘积。

3.1.7 加强环板 reinforce pad eye

在吊孔两侧采用焊接连接，起加强作用的圆环形平板。

3.1.8 卸扣 shackle

由扣体和销轴装配而成的组合体。

3.1.9 销轴 pin

与扣体配合的圆截面销。

3.1.10 吊索张角 sling angle

在吊装过程中吊索与竖直方向的夹角。

3.1.11 提升角 lifting angle

在吊装过程中设备轴线与水平方向的夹角，一般设备卧置时取 0°，设备竖直时取 90°。

3.2 定义

3.2.1 几何特征

R——板式吊耳板半径，mm；

D——板式吊耳孔直径，mm；

D_0——管轴式吊耳管轴外径，mm；

D_1——管轴式吊耳垫板外径/系揽环板外径，mm；

D_2——管轴式吊耳挡板外径，mm；

D_3——管轴式吊耳垫板塞焊孔布置圆直径，mm；

D_4——管轴式吊耳垫板塞焊孔直径，mm；

D_5——管轴式吊耳 GZC 内筋板内径，mm；

L——管轴式吊耳容纳吊索距离/板式吊耳板孔中心到基础环板外沿距离，mm；

d_r——销轴直径，mm；

h——角焊缝计算厚度（当有垫板时，取 $0.56S_1$和 0.7δ 中的小者，当无垫板时取 0.7δ，mm；）

n——吊耳数量，个；

S——板式吊耳厚度或管轴式吊耳管轴厚度，mm；

S_1——管轴式吊耳垫板厚度/板式吊耳系揽环环板厚度，mm；

S_2——管轴式吊耳内筋板厚度，mm；

S_3——管轴式吊耳挡板厚度，mm；

W——单个吊耳吊装设计的有效质量，其值等于 W_L/n，kg；

W_n——吊耳的公称吊重，$\times 10^3$kg；

W_L——设备吊装重量，kg；

W_t——设备顶部吊点吊装重量，kg；

W_b——设备尾部吊点吊装重量，kg；

α——吊索张角，吊索与竖直方向的夹角，（°）；

δ——设置吊耳处的封头或筒节名义厚度减去材料厚度负偏差，mm；

θ——提升角，设备轴线与水平方向的夹角，（°）。

3.2.2 载荷、材料等

E——吊耳材料弹性模量，MPa；

G——设备吊装计算载荷，N

Q——立式设备尾部吊装计算载荷/卧式设备一端吊装计算载荷，N

F——立式设备顶部吊装计算载荷/卧式设备一端吊装计算载荷，N

F_L——吊索计算载荷，N；

μ——滑动摩擦系数，取 0.15~0.3；

g——重力加速度，取 9.81m/s^2；

K——吊装综合影响系数，K_d* K_u，取 1.35；

K_d——动载荷系数，取 1.2；

K_u——不平衡系数，取 1.125；

R_{eL}——金属材料标准室温屈服强度，MPa；

ν——吊耳材料泊松比，取 0.3；

σ_j——吊孔处的最大挤压应力，MPa；

$[\sigma]$——吊耳材料的许用拉应力，取 $R_{eL}/1.6$ 注，MPa；（“注”工程惯例）

$[\sigma_j]$——吊耳材料的许用挤压应力，取 $1.4[\sigma]$ 注，MPa；（“注”工程惯例）

$[\tau]$——吊耳材料的许用剪应力，取 $0.6[\sigma]$ 注，MPa；（“注”工程惯例）

Φ_a——角焊缝系数，取 0.7。

4 吊耳类型及标记

4.1吊耳类型

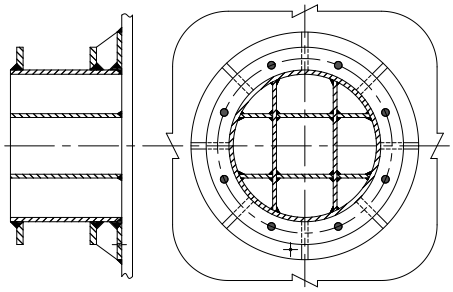
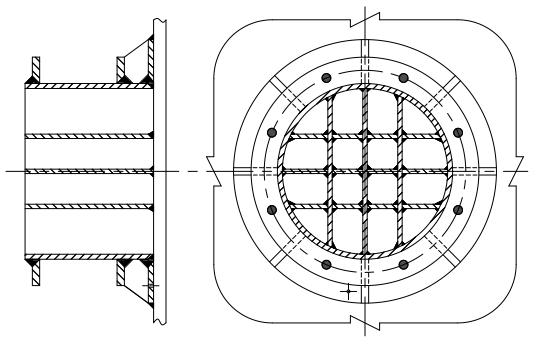
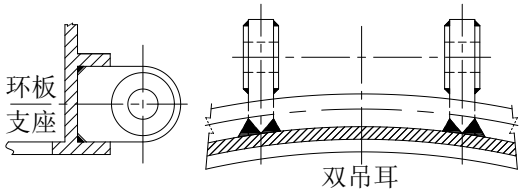
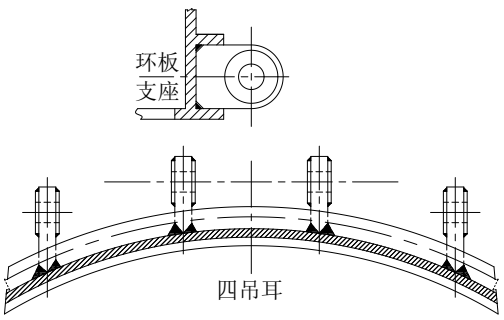
本规程含下列两种吊耳类型：

管轴式吊耳（GZA 型、GZB 型）；

尾部板式吊耳（BSA 型、BSB 型）。

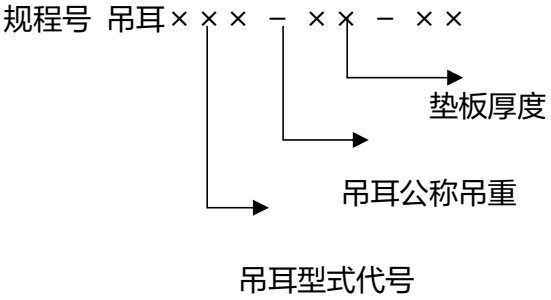
4.2 吊耳的分类、简图及代号

表 4.1.2 吊耳分类、简图及代号

类型	类型代号	吊耳简图	型式代号
管轴式吊耳	GZ		GZA
			GZB
尾部板式吊耳	BS		BSA
			BSB

4.3 标记

4.3.1 标记方法



注： BSA、BSB 型吊耳可不标记垫板厚度。

4.3.2 标记示例

1 公称吊重为 500t ，垫板厚度为 30mm 的管轴式吊耳，其标记为：规程号 吊耳 GZA-500-30

2 选用公称吊重为 800t 的 BSA 型吊耳，其标记为：规程号 吊耳 BSA-800

5 吊耳设计

5.1 一般规定

5.1.1 吊耳选用时，需根据设备本体情况及吊装规划，合理选用。吊耳的结构形式应根据设备的特点及吊装工艺确定，立式设备主吊耳宜选用管轴式吊耳。立式设备溜尾吊耳宜选用板式吊耳。

5.1.2 设备吊耳位置和数量的确定应符合下列规定

1 应保证设备吊装平稳。

2 应满足设备结构稳定性和强度要求。

3 吊索、吊具等应有足够的空间。

4 负荷分配应满足吊装要求。

5 应利于设备就位及吊索、吊具的拆除。

5.1.3 吊耳应满足最大吊装荷载下吊耳的自身强度和设备局部强度的要求。

5.1.4 立式设备尾部板式吊耳可根据情况选用双吊耳或四吊耳，也可选用其他结构形式。

5.1.5 卧式设备可根据情况确立是否使用吊耳吊装，使用吊耳吊装时，宜选用管轴式吊耳。

5.2 吊耳布置

5.2.1 立式设备的管轴式吊耳应对称布置在设备重心以上位置处。具体位置应考虑设备壳体焊缝、接管及附属结构，吊装时吊装机索具干涉、设备整体变形、吊耳处设备局部应力、吊装空间等因素。

5.2.2 卧式设备吊装时，需根据情况选择是否使用吊耳。若使用吊耳时，宜选用 4 个管轴式吊耳，对称布置在设备筒体两侧，同时沿设备重心横截面对称布置。

5.2.3 尾部板式吊耳的布置宜符合下列规定：

吊耳宜设置在设备裙座上，可将吊耳置于盖板和基础环板之间，也可将吊耳置于裙座筒体上。如因结构限制，吊耳可置于其他部位。

吊耳端部焊于裙座的壳体上。吊耳置于盖板和基础环板之间时，吊耳与盖板、基础环板分别焊接；吊耳置于裙座筒体上时，耳板上下边需设置加强筋板。吊耳处设备筒体内部需要设置支撑结构。

尾部板式吊耳方位须满足与主吊耳匹配使用的要求。

尾部板式吊耳设置在盖板和基础环板之间时，要保证设备就位时，地脚螺栓能顺利穿过螺栓孔，地脚螺母及垫片能顺利安装。

尾部板式吊耳设置在裙座筒体上时，具体位置应考虑设备裙座筒体焊缝、接管及附属结构，吊装时吊装索具干涉、吊耳处设备局部应力、吊装空间等因素。

5.2.4 典型的布置型式图

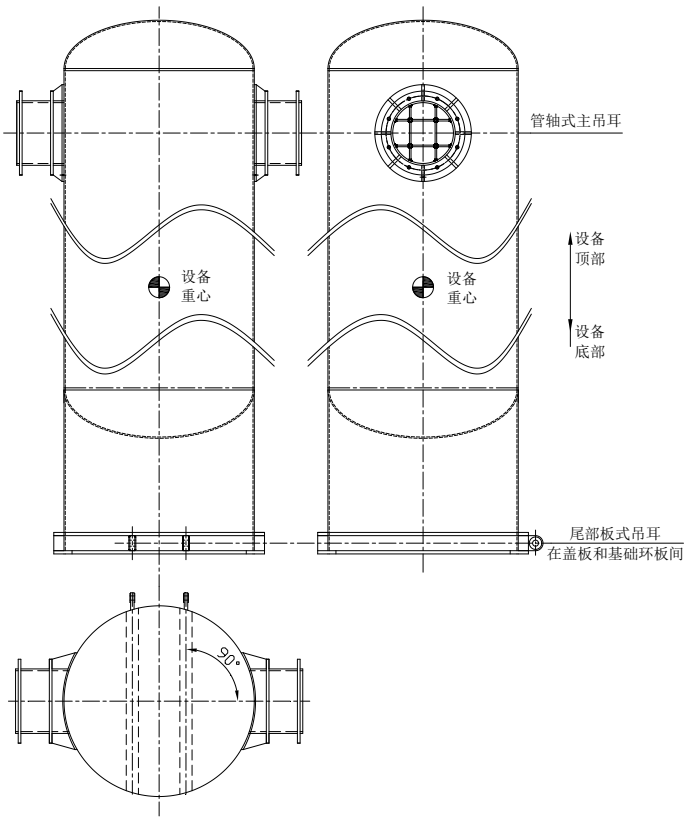


图 5.2.4-1 立式设备管轴式吊耳与尾部板式吊耳的布置示意图

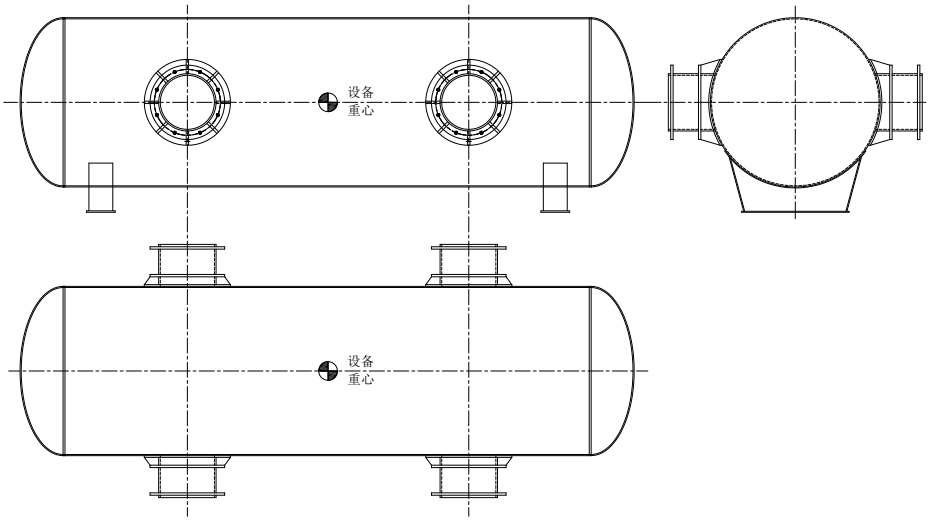


图 5.2.4-2 卧式设备吊耳的布置示意图

5.3 技术条件

5.3.1 吊装单位应选用合理可靠的吊装工艺和适宜的环境条件，应提供吊装工艺参数，使动载荷系数 Kd 和不平衡系数 Ku 的取值具有依据，当无更准确的工艺数据时，取 Kd=1.2、Ku=1.125，综合影响系数 K=1.35。

5.3.2 按本规程设计立式设备的吊耳时，须考虑设备直立全过程中各载荷的极限影响及组合应力的最大值，应计算设备从卧置至直立全过程中各阶段吊耳载荷及危险截面应力的最大值。计算工况应至少包括：起吊初始(提升角 0°)、中间提升角(宜取 30°、45°、60°、75°)和直立就位(90°)。

5.3.3 当出现下列情况之一时，应校核吊耳本体、吊耳与垫板危险截面的强度及稳定性：

a) 吊耳结构型式或焊缝型式与本文件规定不一致；

b) 吊耳的实际受力条件(如吊索张角、板外力、温度等)超出本文件适用范围；

c) 吊耳制造材料的力学性能低于 Q355B 的力学性能。

5.3.4 管轴式吊耳使用时宜垂直受力，吊索与竖直方向受力张角 α 应小于等于 10°。

5.3.5 尾部板式吊耳使用时宜垂直受力，吊索与吊耳板平面间的夹角 α 不得超过 5°。

5.3.6 应校核吊耳与设备筒节、垫板与设备筒节危险截面的局部强度及稳定性。需对与吊耳连接处的设备筒体进行局部应力分析，可采用有限元方法或按 HG/T 20582-2020《钢制化工容器强度计算规范》，及参照 WRC537 公报等公认方法进行评定。

5.3.7 卧式设备应校核吊装时设备各个危险截面的强度及稳定性，立式设备应校核设备直立全过程中设备各个危险截面的强度及稳定性。

5.3.8 吊装过程中，设备可能出现强度或稳定性失效时，应调整吊耳位置并在危险截面设置加强措施。

5.3.9 尾部板式吊耳的受力应保证在吊耳板平面内，当尾部板式吊耳在吊装过程中有板外力或（和）力矩时，还应校核吊耳板、吊耳板与设备焊接接头处的应力。

5.3.10 当所选吊耳在吊装过程有特殊考虑和要求时，应在图纸中明确标示。

5.4 材料

5.4.1 制作吊耳所用的钢板应符合现行国家标准《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带》GB/T 3274 的有关规定。本标准中的吊耳材质选用Q355B。

5.4.2 与设备本体直接焊接的材料宜选用与设备本体相同材料。允许采用其他材料制作吊耳零件，但应考虑材料的性能和可焊性。

5.4.3 制作吊耳的材料应有质量证明文件，材料不得有裂纹、重皮、夹层等缺陷。

5.4.4 吊耳垫板材料应与所连接的壳体材料相同。

5.4.5 焊接材料应符合现行行业标准《承压设备用焊接材料订货技术条件》NB/T 47018 的规定。

5.5 制造

5.5.1 吊耳板、垫板、挡板、筋板及连接板等的切割表面不应有裂纹、毛刺等缺陷。

5.5.2 管轴式吊耳的轴线应与设备轴向中心线垂直，偏差小于等于 0.5°。

5.5.3 管轴式吊耳的管轴采用板材卷制，要圆整光滑，纵向焊缝须打磨光滑，不得凸起。

5.5.4 管轴式吊耳挡板宜采用整板制作，当拼接时，拼接数量宜小于等于 2 块，焊接接头应均匀布置，焊缝须打磨光滑，不得凸起。

5.5.5 吊耳及其垫板边缘焊缝应合理避开壳体焊缝及壳体上其他附件焊缝。

5.5.6 吊耳垫板宜采用整板制作，当拼接时，拼接数量宜小于等于 2 块，焊接接头应均匀布置。

5.5.7 吊耳垫板应与壳体的曲面紧密贴合，间隙小于等于 1.0mm。板上应设置透气孔。吊耳垫板排气孔应采取封堵措施，避免进水。

5.5.8 焊接接头应采用现行行业标准《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014 无损探伤评定合格的焊接工艺和相应的焊接规程予以保证。

5.5.9 吊耳与设备的焊接应按设备焊接工艺进行。整体热处理的设备，吊耳应在设备热处理前焊接，并应一同热处理。

5.5.10 本规程中除图中注明外，其余机加工表面和非机加工表面的未注公差尺寸的极限偏差应符合现行国家标准《一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差》GB/T 1804 的规定，孔为 H14 和 H16，轴为 h14 和 h16,长度为 JS14（jsl4）与 JS16（jsl6）级精度。螺孔尺寸应符合现行国家标准《普通螺纹

基本尺寸》GB/T 196 的规定，其公差应符合现行国家标准《普通螺纹 公差》GB/T 197 的规定，为 7H。

5.6 检验与验收

5.6.1 用钢板卷焊制成的吊耳管轴，其对接接头须进行 100%无损检测，按行业标准《承压设备无损检测第 2 部分：射线检测》NB/T 47013.2，Ⅱ级合格，检测技术等级为 AB 级。

5.6.2 吊耳垫板采用拼接时，拼接的对接焊缝须进行 100%无损检测，按行业标准《承压设备无损检测第 2 部分：射线检测》NB/T 47013.2，Ⅱ级合格，检测技术等级为 AB 级。

5.6.3 除 5.6.1 与 5.6.2 以外的其余所有焊接接头均应进行外观检查，不应存在裂纹与未熔合缺陷。除管轴式吊耳的内筋板焊接接头以外，其余焊接接头还必须进行 100%磁粉或渗透检测，按现行行业标准《承压设备无损检测第 4 部分：磁粉检测》NB/T 47013.4-2015 或现行行业标准《承压设备无损检测第 5 部分：渗透检测》NB/T 47013.5-2015，I 级合格。

5.6.4 须检查吊耳垫板与设备壳体的焊接接头的质量，角焊缝不应有渗漏现象。

6 设备吊装载荷

6.1 立式设备吊装时受力简图

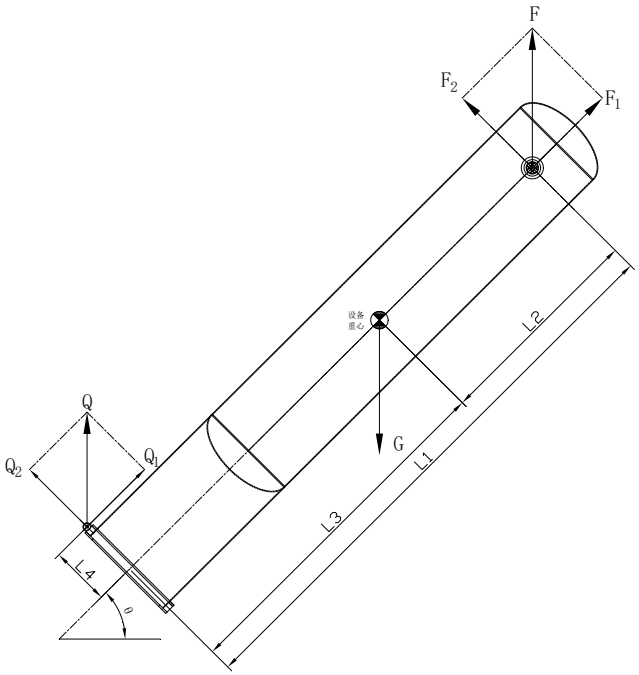


图 6.1 立式设备吊装过程受力简图

6.2 综合影响系数

$$K=K_dK_u \qquad \cdots\cdots (6.2)$$

6.3 吊装载荷

设备吊装总计算载荷：

$$G=K\,W_L\,g \qquad \cdots\cdots (6.3\text{-}1)$$

尾部吊装质量计算：

$$W_b=\frac{W_L L_2\cos\theta}{L_1\cos\theta+L_4\sin\theta} \qquad \cdots\cdots (6.3\text{-}2)$$

尾部吊装载荷计算：

$$Q=K\,W_b\,g \qquad \cdots\cdots (6.3\text{-}3)$$

顶部吊装质量计算：

$$W_t=W_L-W_b \qquad \cdots\cdots (6.3\text{-}4)$$

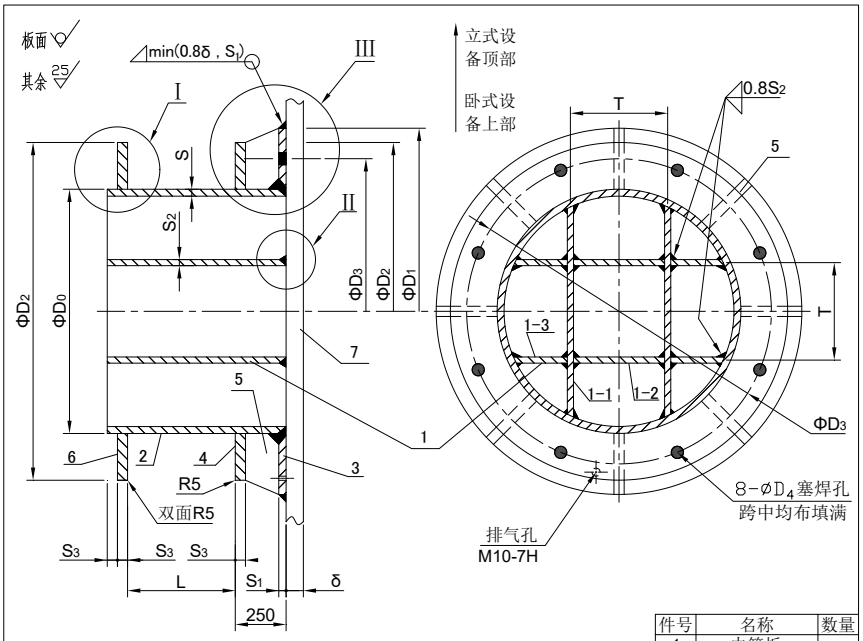
顶部吊装载荷计算：

$$F=K\,W_t\,g \qquad \cdots\cdots (6.3\text{-}5)$$

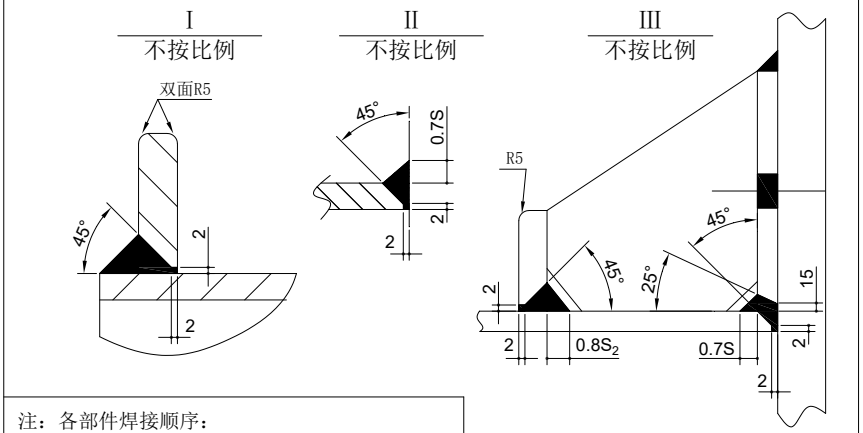
7　管轴式吊耳设计、计算及选用

7.1　管轴式吊耳结构

管轴式吊耳的分为 A、B 三种形式，如图 7.1-1 、图 7.1-2 所示。



件号	名称	数量
1	内筋板	
1-1	内筋板立板	2
1-2	内筋板横板1	2
1-3	内筋板横板2	4
2	管轴	1
3	垫板	1
4	内挡板	1
5	外筋板	8
6	外挡板	1
7	设备壳体	1



注：各部件焊接顺序：

1）件1内筋板与件7设备壳体焊接；

2）件1内筋板之间焊接，可采用双面交错间断焊，焊接长度应≥1/2总长度；

3）套入件2管轴，件2管轴与件5设备壳体焊接，将坡口焊接填满即可，焊缝高度暂不要超出件2的外沿，以防件3无法套入；件2管轴与件1内筋板间焊接，可采用双面交错间断焊，焊接长度应≥1/2总长度；

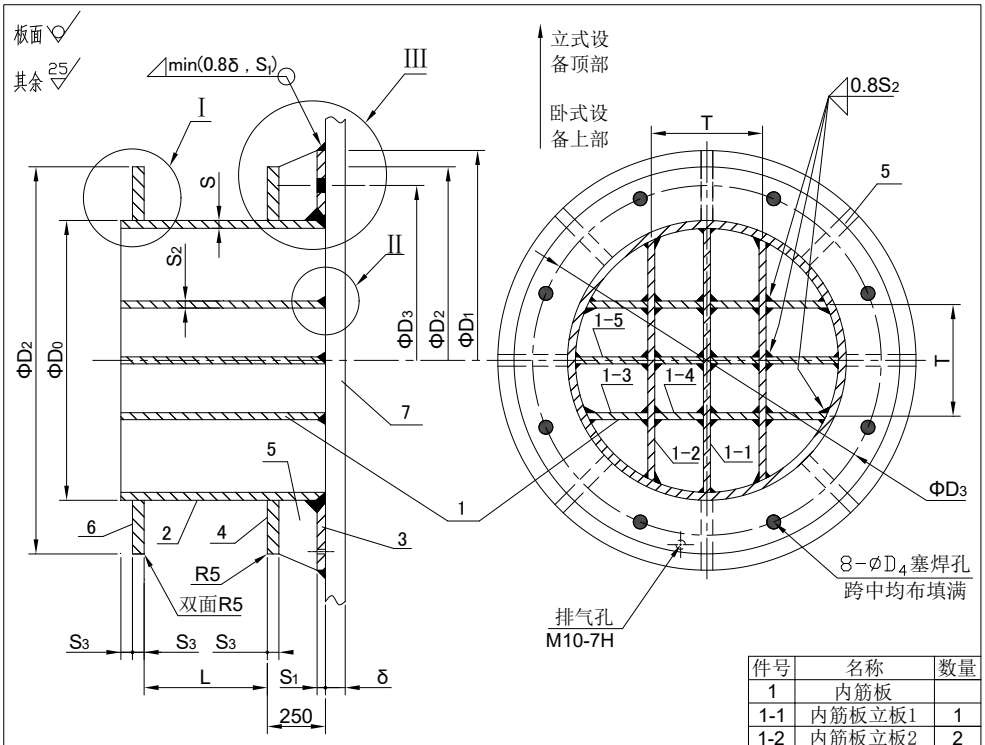
4）套入件3垫板，件3垫板与件2管轴间焊接，件3垫板与件5设备壳体间焊接,件3垫板塞焊孔与件5设备壳体填满焊接；

5）件4内挡板与件2管轴件焊接；

6）件5外筋板与件2、件3、件4间焊接；

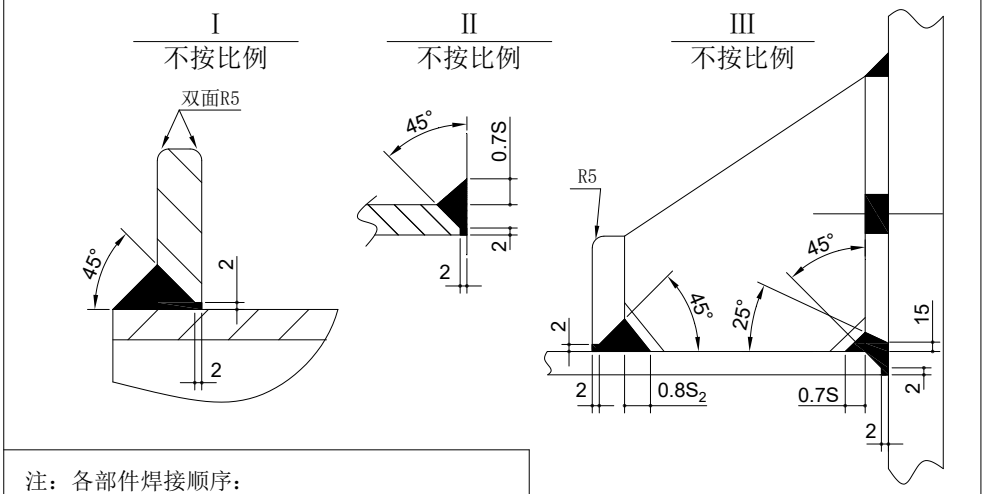
7）件6外挡板与件2焊接。

图 7.1-1 GZA 型管轴式吊耳



件号	名称	数量
1	内筋板	
1-1	内筋板立板1	1
1-2	内筋板立板2	2
1-3	内筋板横板1	4
1-4	内筋板横板2	6
1-5	内筋板横板3	2
2	管轴	1
3	垫板	1

件号	名称	数量
4	内挡板	1
5	外筋板	8
6	外挡板	1
7	设备壳体	1



注：各部件焊接顺序：

1）件1内筋板与件7设备壳体焊接；

2）件1内筋板之间焊接，可采用双面交错间断焊，焊接长度应≥1/2总长度；

3）套入件2管轴，件2管轴与件5设备壳体焊接，将坡口焊接填满即可，焊缝高度暂不要超出件2的外沿，以防件3无法套入；件2管轴与件1内筋板间焊接，可采用双面交错间断焊，焊接长度应≥1/2总长度；

4）套入件3垫板，件3垫板与件2管轴间焊接，件3垫板与件5设备壳体间焊接,件3垫板塞焊孔与件5设备壳体填满焊接；

5）件4内挡板与件2管轴件焊接；

6）件5外筋板与件2、件3、件4间焊接；

7）件6外挡板与件2焊接。

图 7.1-2 GZB 型管轴式吊耳

7.2 吊耳载荷

7.2.1 受力简图

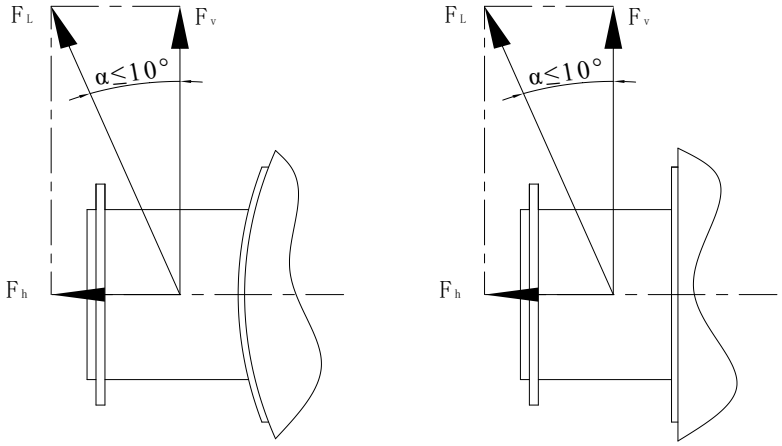


图 7.2.1 管轴式吊耳受力简图

7.2.2 单个吊耳载荷计算

吊耳所受竖向计算载荷（F 取最大值）：

$$F_v = \frac{F}{n} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots（7.2.2\text{-}1）$$

吊耳所受横向计算载荷（仅考虑吊索外张的情况）：

$$F_h = F_v \tan\alpha \quad （\alpha \leqslant 10°） \qquad \cdots\cdots\cdots（7.2.2\text{-}2）$$

吊索计算载荷：

$$F_L = \frac{F_v}{\cos\alpha} \quad （\alpha \leqslant 10°） \qquad \cdots\cdots\cdots（7.2.2\text{-}3）$$

7.3 管轴式吊耳校核计算

7.3.1 吊耳管轴强度校核

横向应力计算：

$$\sigma_h = \frac{F_h}{\pi(D_0 - S)S} \qquad \cdots\cdots\cdots（7.3.1\text{-}1）$$

剪应力计算：

$$\tau = \frac{F_v}{\pi(D_0-S)S} \leq [\tau] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (7.3.1-2)$$

弯曲应力计算：

$$\sigma_b = \frac{32F_v(L+250)D_0}{\pi({D_0}^4-(D_0-2S)^4)} \qquad \cdots\cdots\cdots (7.3.1-3)$$

组合应力校核计算：

$$\sigma_{\hbar} + \sigma_b \leq [\sigma] \qquad \cdots\cdots (7.3.1-4)$$

$$\sigma_c = \sqrt{(\sigma_{\hbar} + \sigma_b)^2 + \tau^2} \leq [\sigma] \qquad \cdots\cdots (7.3.1-5)$$

7.3.2 耳轴与端头挡板连接角焊缝强度校核

剪应力计算：

$$\tau_{\hbar} = \frac{F_{\hbar}}{\varphi_a \times 0.8 \times S_3 \times 0.5 \times \pi \times D_0} \leq [\tau] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (7.3.2)$$

7.3.3 垫板与筒节连接角焊缝强度校核

剪应力计算：

$$\tau_{pv} = \frac{F_v}{\pi\hbar\ D_1\varphi_a} \leq [\tau] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (7.3.3-1)$$

横向载荷引起的拉应力计算：

$$\sigma_{p\hbar} = \frac{F_{\hbar}}{\pi\hbar\ D_1\varphi_a} \leq [\sigma] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (7.3.3-2)$$

弯曲应力计算：

$$\sigma_{pb} = \frac{32D_1F_vL}{\pi\left(\left(D_1+2\hbar\right)^4-D_1^4\right)\varphi_a} \leq [\sigma] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (7.3.3-3)$$

组合应力校核计算：

$$\sigma_{p\hbar} + \sigma_{pb} \leq [\sigma] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (7.3.3-4)$$

$$\sigma_{pc} = \sqrt{\left(\sigma_{p\hbar} + \sigma_{pb}\right)^2 + \tau_{pv}^2} \leq [\sigma] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (7.3.3-5)$$

7.3.4 说明

管轴式吊耳的吊索张角α≤10°。

以上管轴式吊耳的计算应考虑设备直立全过程中，各载荷的极限影响及组合应力的最大值。

以上管轴式吊耳的计算仅表示吊耳强度满足要求，实际使用时，吊耳与设备筒壁的局部应力需进行校核。

7.4 管轴式吊耳尺寸

管轴式吊耳规格尺寸表

公称吊重/t	GZA													
	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950
D_0/mm	850	900	980	1020	1090	1130	1190	1220	1280	1300	1360	1370	1410	1410
D_1/mm	1480	1570	1700	1780	1900	1970	2080	2130	2240	2270	2380	2390	2460	2460
D_2/mm	1190	1260	1370	1440	1530	1590	1680	1730	1820	1850	1930	1960	2000	2020
D_3/mm	1160	1230	1340	1400	1490	1550	1630	1670	1760	1780	1870	1880	1930	1930
D_4/mm	50	60	60	60	60	60	60	70	70	70	70	80	80	80
L/mm	280	305	325	345	360	380	395	415	430	445	460	460	460	460
T/mm	280	290	320	330	360	370	390	400	420	430	450	450	460	460
S/mm	24	26	26	28	28	30	30	32	32	34	34	36	36	38
S_2/mm	24	24	24	24	24	24	24	30	30	30	30	30	30	36
S_3/mm	24	24	24	28	28	28	28	32	32	32	32	36	36	36

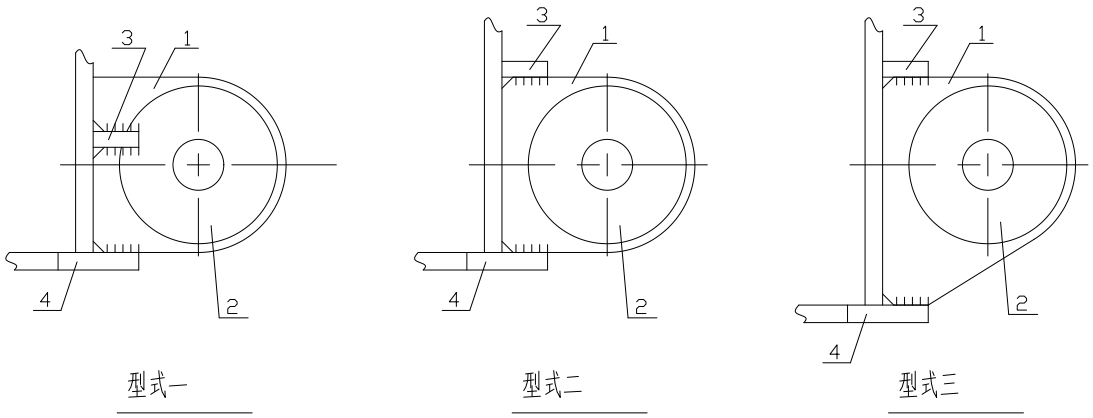
公称吊重/t	GZB										
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
D_0/mm	1450	1490	1560	1600	1660	1690	1750	1770	1840	1840	1900
D_1/mm	2530	2600	2730	2800	2900	2950	3060	3090	3220	3220	3320
D_2/mm	2080	2130	2250	2310	2390	2390	2480	2520	2620	2640	2710
D_3/mm	1990	2040	2140	2200	2280	2320	2400	2430	2530	2530	2610
D_4/mm	80	80	80	90	90	90	90	100	100	100	100
L/mm	460	460	460	460	460	460	460	460	470	485	500
T/mm	680	700	740	750	780	800	830	830	870	870	900
S/mm	38	40	40	42	42	44	44	46	46	50	50
S_2/mm	36	36	36	36	36	40	40	40	40	40	40
S_3/mm	36	40	40	42	42	44	44	46	46	50	50

注：S_1值需对筒体局部强度进行核算后确定，可等于设备筒节的厚度δ，不得超过设备筒节的厚度；尺寸 S_2、T 仅适用于 GZA 和 GZB 型吊耳，尺寸 D_5仅适用于 GZC 型吊耳。

8 尾部板式吊耳设计、计算及选用

8.1 尾部板式吊耳结构

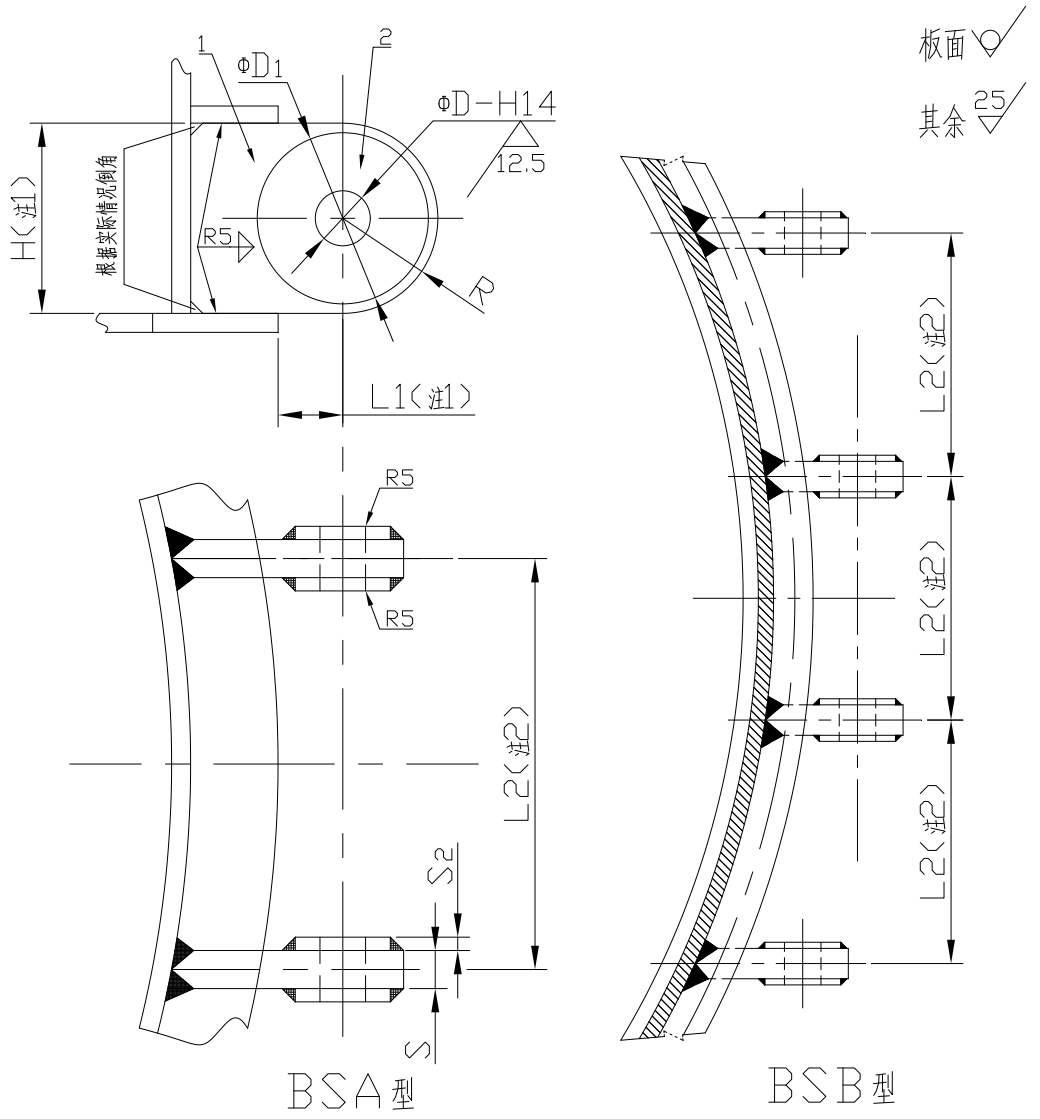
8.1.1 尾部板式吊耳结构形式



1－吊耳板，2－加强圈（系缆环板），3－基础环板盖板，4－基础环板底板

图 8.1.1 尾部板式吊耳置于盖板和基础环板处布置形式图

8.1.2 尾部板式吊耳结构图



注:

1)H值可根据盖板与基础环板的间距调整，但不得小于2R，L值可根据盖板和基础环板的外伸长度调整以方便吊装为原则。

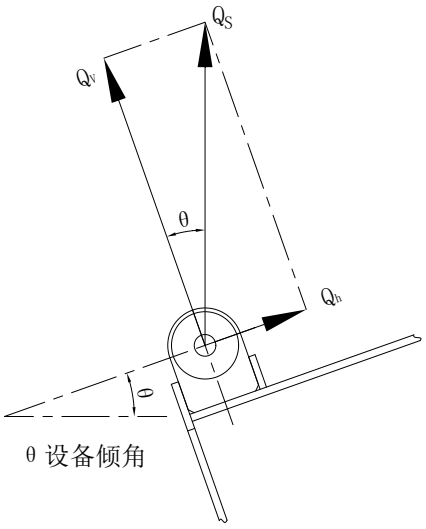
2)该距离可根据实际情况更改，要保证：工作时，卸扣不会相互影响，同时要考虑对地脚螺栓孔及地脚螺栓螺母的影响，要兼顾卸扣安装方便。

件号	名称
1	吊耳板
2	系揽环板

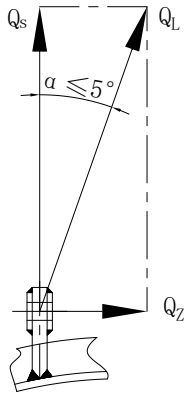
图 8.1.2 尾部吊耳结构图

8.2 吊耳载荷

8.2.1 受力简图



沿吊耳板面方向
受力简图



垂直吊耳板面方向
受力简图

8.2.2 单个吊耳载荷计算

吊耳所受竖向计算载荷：

$$Q_s = \frac{Q}{n} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (8.2.2\text{-}1)$$

吊耳所受沿设备径向载荷：

$$Q_v = Q_s \, Cos\, \theta \qquad (\alpha \leqslant 5^\circ) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (8.2.2\text{-}2)$$

吊耳所受沿设备轴向载荷：

$$Q_h = Q_s \, Sin\, \theta \qquad (\alpha \leqslant 5^\circ) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (8.2.2\text{-}3)$$

吊耳所受垂直于吊耳板方向载荷：

$$Q_z = Q_s \, Tan\, \alpha \qquad (\alpha \leqslant 5^\circ) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (8.2.2\text{-}4)$$

吊索计算载荷：

$$Q_L = \frac{Q_s}{\cos\alpha} \qquad （\alpha \leqslant 5°） \qquad \cdots\cdots（8.2.2-5）$$

8.3 尾部板式吊耳校核计算

8.3.1 轴孔板头部强度校核

轴孔板头部挤压应力按式（8.3.1-1）和式（8.3.1-2）计算：

无系揽环板时：$\sigma_j = \frac{Q_s}{Sd_r} \leq [\sigma_j]$ ……（8.3.1-1）

有系揽环板时：$\sigma_j = \frac{Q_s}{(S+2S_1)d_r} \leq [\sigma_j]$ ……（8.3.1-2）

轴孔板头部拉应力按式（8.3.1-3）和式（8.3.1-4）计算：

无系揽环板时：$\sigma_Q = \frac{Q_s}{S(2R-D)} \leq [\sigma]$ ……（8.3.1-3）

有系揽环板时：$\sigma_Q = \frac{Q_s}{S(2R-D)+2(D_1-D)S_1} \leq [\sigma]$ ……（8.3.1-4）

轴孔板头部剪应力按式（8.3.1-5）和式（8.3.1-6）计算：

无系揽环板时：$\tau_Q = \frac{\sqrt{Q_s^2+Q_z^2}}{S(2R-D)} \leq [\tau]$ ……（8.3.1-5）

有系揽环板时：$\tau_Q = \frac{\sqrt{Q_s^2+Q_z^2}}{S(2R-D)+2(D_1-D)S_1} \leq [\tau]$ ……（8.3.1-6）

8.3.2 轴孔板根部强度校核

轴孔板根部拉应力计算：

$$\sigma_{Qv} = \frac{Q_v}{2SR} \leq [\sigma] \qquad \cdots\cdots（8.3.2-1）$$

轴孔板根部剪应力计算：

$$\tau_{Qb} = \frac{\sqrt{Q_h^2+Q_z^2}}{2SR} \leq [\tau] \qquad \cdots\cdots（8.3.2-2）$$

轴孔板根部受沿设备轴向载荷产生弯曲应力计算：

$$\sigma_{bQ\hbar} = \frac{3Q_{\hbar} L}{2SR^2} \leq [\sigma] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (8.3.2-3)$$

轴孔板根部受垂直于吊耳板方向载荷产生弯曲应力计算：

$$\sigma_{bQz} = \frac{3Q_z L}{RS^2} \leq [\sigma] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (8.3.2-4)$$

轴孔板根部组合应力计算：

$$\sigma_{Qv} + \sigma_{bQ\hbar} + \sigma_{bQz} \leq [\sigma] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (8.3.2-5)$$

$$\sigma_{pc} = \sqrt{\left(\sigma_{Qv} + \sigma_{bQ\hbar} + \sigma_{bQz}\right)^2 + \tau_{Qb}^2} \leq [\sigma] \quad (8.3.2-6)$$

8.3.3 尾部板式吊耳焊缝强度校核(Q_v取最大值)：

$$\sigma_{Qb} = \frac{Q_v}{2SR} \leq [\sigma]$$

注：尾部板式吊耳焊缝强度校核时，可忽略基础环板的盖板及地板的影响。

8.4 尾部板式吊耳尺寸

尾部板式吊耳规格尺寸表

单个吊耳 公称吊重/t	300	400	500	600	700	800	900
D/mm	155	190	190	250	250	280	280
S/mm	120	126	150	150	160	180	180
R/mm	320	400	400	450	480	490	550
S_1/mm	30	30	30	40	40	40	50
D_1/mm	450	700	700	750	800	800	850
L/mm	250	280	280	290	290	300	320

单个吊耳 公称吊重/t	1000	1100	1200	1300	1400	1500
D/mm	280	310	310	310	310	310
S/mm	186	190	200	200	200	210
R/mm	570	610	615	680	710	720
S_1/mm	50	50	50	50	60	60
D_1/mm	850	900	900	950	950	950
L/mm	320	330	330	350	350	350

8.5 尾部吊耳加固结构形式

8.5.1 尾部吊耳加固支撑结构形式

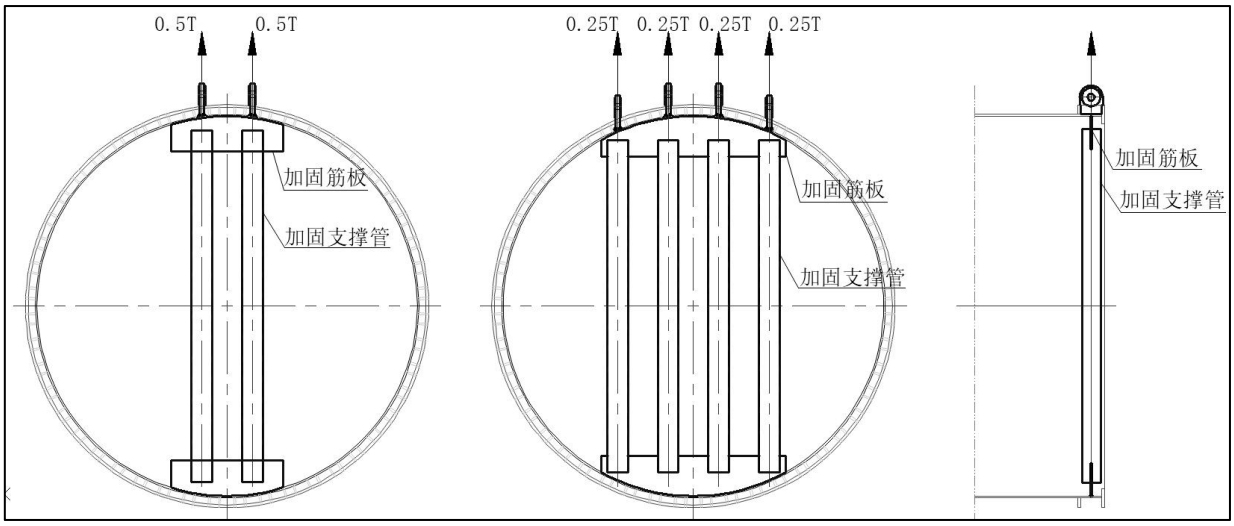


图 8.5.1 尾部吊耳结构形式图

8.5.2 尾部吊耳加固支撑结构图

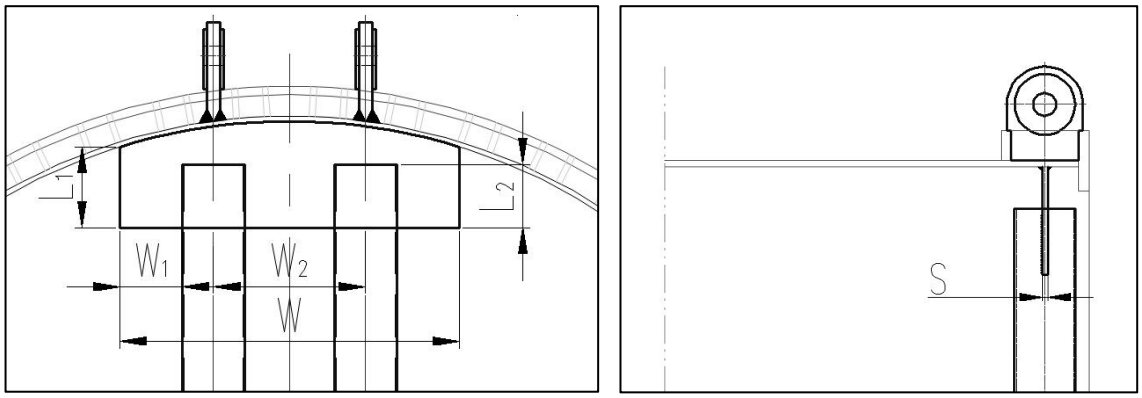


图 8.5.2 尾部吊耳结构图

8.6 尾部吊耳加固支撑校核计算

支撑杆横截面积：

$$A=\pi*D*\delta_1 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (8.6.1-1)$$

支撑杆截面内力：

$$F1=+0.5T \text{ 或 } F1=+0.25T \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (8.6.1-2)$$

拉伸或者压缩应力计算：

$$\sigma = KFi/A \leq [\sigma] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (8.6.1-3)$$

8.7 尾部吊耳加固支撑尺寸

尾部吊耳加固支撑规格尺寸表

公称吊重/t	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	130	1400	1500
S/mm	20	26	20	22	26	30	30	32	36	38	40	42	48
L/mm	支撑杆长度根据设备直径确定												
L_1/mm	320	360	300	300	320	360	360	380	380	400	420	450	500
L_2/mm	300	330	240	260	300	330	330	350	360	380	400	420	450
W/mm	W=2*W1+2*D+W2												
W_1/mm	300	300	300	300	300	330	330	330	350	350	380	400	400
W_2/mm	与吊耳间距相等												
加固钢管规格	Φ325*10	Φ377*14	Φ273*10	Φ273*12	Φ325*12	Φ377*12	Φ377*14	Φ377*14	Φ377*16	Φ377*16	Φ457*18	Φ457*18	Φ480*20

参考文献

[1] HG/T 20582—2020钢制化工容器强度计算规范
[2] WRC Bulletin 107 Welding Research Council Bulletin:Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings
[3] GB/T 700碳素结构钢
[4] GB/T 1591低合金高强度结构

附件 1：《300t 及以上化工设备吊耳设计规程》编制说明

附件 2：《300t 及以上化工设备吊耳设计规程》征求意见表

附件1：

《300t 及以上化工设备吊耳设计规程》

编制说明

一．编制《300t 及以上化工设备吊耳设计规程》的背景、目的和意义

目的:制定《300t 以上化工设备吊耳设计计算规程》为大型设备吊装提供有力保障，提供大

型设备吊耳的设计依据。意义:在当前形势下,大型设备重量越来越重，重型设备整体吊装都较为常见，现 1000t 以上设备吊装都比较频繁，而国内现行的《化工设备吊耳设计选用规范》(HG/T21574-2018)中单个吊耳的最大吊装能力较小，不能完全满足目前施工建设中设备吊装的使用要求，新制定的规范可作为国内现行规范中吊耳吊装能力覆盖范围外的有力补充。

二．编制原则和编制依据

1．编制原则

本标准在制定工作中遵循“统筹兼顾、协调一致、全面系统、简单适用、及时修订、不断完善”的原则。

本标准在结构编写和内容编排等方面依据GB/T1.1-2009《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》进行编写。

2.编制依据

本规程的编制以国家吊装方面现有法律、法规、标准为主要依据，主要有：

GB/T196 普通螺纹基本尺寸

GB/T197 普通螺纹公差

GB/T1804 一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB/T3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带

NB/T47013.2 承压设备无损检测第 2 部分：射线检测

NB/T47013.4 承压设备无损检测第 4 部分：磁粉检测

NB/T47013.5 承压设备无损检测第 5 部分：渗透检测

NB/T47014 承压设备焊接工艺评定

NB/T47018 承压设备用焊接材料订货技术条件

HG/T21574—2018 化工设备吊耳设计选用规范

3．编制计划

1）标准编制前期工作：2021 年 9 月立项后启动 300t 及以上化工设备吊耳设计专题研究；2021 年 10 月—2023 年 10 月对已完工的大型化工建设项目重型设备吊耳设计、校核及现场吊装应用情况开展实地调研、案例收集与数据梳理，归纳吊耳设计常见问题与工程经验，为制定标准提供基础支撑。

2)2023 年 12 月，组织编写组，召开标准编写启动会，分工起草标准初稿；

3）2024 年 12 月，完成标准初稿；

4）2025 年 6 月前，完成标准征求意见稿；

5）2026 年 1 月前，完成标准送审稿。

三．《300t 及以上化工设备吊耳设计规程》编制主要内容与结构

本标准适用于钢制化工设备及其部件在设备吊装时，公称吊重大于 300t 以上的吊耳设计、选材、制造、检验和验收。

本标准中管轴式吊耳的公称吊装范围为 300t～2000t，尾部板式吊耳的公称吊装范围为 300t～1500t。

本标准规定了吊耳的分类、型式代号、尺寸、材料、技术要求和吊耳本体的校核。

本标准吊耳的设计、选材、制造、检验和验收，除符合本规程中的规定外，还应符合国家现行有关标准的规定。

本标准不适用于吊盖式吊耳、侧壁板式吊耳、公称吊重小于 300t 或大于 2000t 的管轴式吊耳及公称吊重小于 300t 或大于 1500t 的尾部板式吊耳。

本标准编制主要包括以下 11 个方面内容：

前言

引言

1 范围

2 规范性引用文件

3 术语和符号

4 吊耳型式及选用

5 吊耳设计

6 标记

7 设备吊装载荷

8 管轴式吊耳设计、计算及选用

9 尾部板式吊耳设计、计算及选用

四．与国际、国外标准情况的对比

经查，该标准无对应的国际标准或国外先进标准。本标准未采用国际、国外标准。

五．与现行法律、法规及国家标准的关系

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

六．实施本标准的管理措施及建议

本标准的制定，将填补国内300t及以上化工设备吊耳设计标准的空白。

鉴于本标准为首次编制，在实施过程中可采用先试行一段时间，根据试行情况及反馈信息，进行进一步的修订完善，力争最终形成适用的、精准的化工重型设备吊耳设计规范体系及技术管理文件，更好的满足化工建设项目大型设备吊装安全管控、风险防控的需要。

此外，随着大型吊装装备的不断更新及数字化设计技术的不断得到应用，化工重型设备吊装新工艺、新技术、新方案的实践经验的积累，因此《300t及以上化工设备吊耳设计规程》通过发布实施后，通过标准编制组平台建立相关信息的反馈机制，适时解决标准应用中的问题，及时了解

和总结吊耳设计、校核与现场应用中的新动向，根据其变化和发展不断完善、拓展和更新标准的内容。

七．标准水平分析

本标准的编制可以填补国内300t及以上化工设备吊耳设计规程的空白。吸纳行业成熟吊装工程实践经验，兼顾安全性、适用性与可操作性，能够有效指导大型化工设备吊耳的设计与校核工作，防范重型吊装安全风险，提升化工大型设备吊装的规范化水平。

《300t及以上化工设备吊耳设计规程》编制组

2021年9月

附件 2：

中国化工建设企业协会团体标准征求意见表

标准项目名称：《300t 及以上化工设备吊耳设计规程》

提出意见单位：

联系人：　　电话：

年　月　日

序号	章条号	提出意见	理由
1			
2			
3			
4			
……			

注：1.请于 2026 年 12 月 31 日前反馈给电子邮箱：ccit2017@126.com

2.联系人及联系方式：

联系人：张浩楠

联系电话：010-82032187，18519952699（微信同号）