

化工设备设计手册

(四)-1

铝制设备

8
0
-1

化工部化工设备设计专业技术中心站

内 容 提 要

本手册系化工机械及设备设计人员现场设计应用，也可为广大工程技术人员及化工机械、设备专业师生作参考。

本部分为铝制设备共分六章，介绍了铝制化工设备的应用范围；许用应力的确定；各种铝材的性能，品种，规格；并简单的叙述了铝制化工设备的计算和制造，焊接技术；对常用结构也作了一般性的介绍。为设计方便起见，还提出一些一般性的图纸上的技术要求供参考。

在附录中介绍了铝及铝合金的腐蚀与防护；各国铝材的性能和牌号对照；并列出了铝在各种介质的腐蚀表以及收集到的部分标准以供参考。

铝

化工设备设计手册

(四)-1

铝 制 设 备

*

化工部化工设备设计技术中心出版

(上海南京西路 1856 号)

*

内 部 发 行

开本 787×1082 毫米 $\frac{1}{18}$ · 印张 8

1968 年 6 月上海

定价：1.20 元

150070

序

为了更好地配合化工设备设计人员进行现场设计，根据化工部化工设备设计专业研究中心第四届会议对1967~1968年业务建设项目的安排，由本站组织各单位的力量，集中精力，编制化工设备设计手册。

伟大的领袖毛主席教导我们：“学习有两种态度。一种是教条主义的态度，不管我国情况，适用的和不适用的，一起搬来。这种态度不好。另一种态度，学习的时候用脑筋想一想，学那些和我国情况相适合的东西，即吸取对我们有益的经验，我们需要的是这样一种态度。”遵循这个教导，化工设备设计手册的编制，从化工机械设备专业实际需要出发，按照简明、实用和推荐的原则进行，尽可能把常用的内容汇编进去。对不常用的或可代替的，我们推荐几个有代表性的，作为设计时选择使用。

化工设备设计手册共分四部分(一)材料(二)机械零件(三)机械传动(四)设备设计。

由于(四)设备设计内容较多，故将予以分册出版。

本“手册”系化工机械及设备设计人员现场设计时应用，也可作为广大工程技术人员及化工机械、设备专业师生参考。

本部分为化工设备设计手册(四)设备设计之第一册(四)-1铝制设备由化工部第一、五、八设计院负责编制。

根据上述原则，对本部分所选内容作如下几点说明：

一、铝材性能数据如冶金部标准已列出的，则按冶标数据。如冶标中未列出，而设计时又需要应用的某些性能数据，则按国外近似成份的铝材性能数据推荐。

二、由于铝制设备的强度计算方法和钢制设备相同，为精简内容，故本部分仅列入铝制设备的特殊计算方法和图表，相同部分请参阅本站出版之《钢制化工容器设计规定》，但尚需遵守本册总论部分的规定。

三、本部分仅限于焊接及部分衬里结构的介绍；喷铝部分将在本站出版之《喷涂手册》中介绍。

四、目前铝的零部件标准很少，但考虑设计上的需要，我们把收集到的几项工厂标准列入，供参考，选用。

对化工设备设计手册的编制，由于我们经验不足，在内容及编排形式上一定存在不少缺点和错误，衷心希望有关专业人员及广大读者提出批评建议，以便今后修改和补充。

化工部化工设备设计专业研究中心编

1968年6月

目 录

第一章 总 论

一、概述	1
二、范围	1
三、载荷	1
四、设计压力	2
五、设计温度	2
六、壁厚附加量	3
七、最小壁厚	3
八、许用应力	3
九、焊缝系数	5
十、压力试验	5
1. 水压试验	5
2. 气压试验	5
3. 气密性试验	6
4. 常压容器试漏	6
十一、孔带削弱系数	6
十二、铝制设备的应用及注意事项	6

第二章 材 料

一、品种规格	8
二、性能	10

第三章 铝制容器的强度计算

一、内压圆筒和球壳计算	14
二、外压圆筒、球壳及加强圈的计算	14
三、封头计算	14
1. 平盖计算	14
2. 凸形封头计算	14
3. 锥形封头计算	14
四、开孔加强计算	22
五、热交换器管板计算	23
六、法兰计算	23
1. 螺栓计算	24
2. 平焊法兰	25
3. 高颈法兰	25
七、卧式容器计算	26
八、常压容器壁厚的选择	27

第四章 结 构

一、一般结构	28
1. 封头	28
2. 封头与筒体的联接结构	30
3. 接管	30
4. 视镜	33
5. 支座	33
二、容器	35
1. 卧式容器	35
2. 立式容器	36
三、换热器	39
四、塔器	44
1. 塔板与塔体的联接形式	44
2. 内件	45
五、反应器	48
1. 夹套结构	48
2. 蛇管结构	50
3. 搅拌	51
六、衬铝	51

第五章 制 造

一、制造技术	54
1. 材料要求	54
2. 制造要求	55
二、铝的焊接	58
1. 铝及铝合金的焊接特点	58
2. 焊接时的一般要求	58
3. 铝及铝合金的氩弧焊	60
4. 铝及铝合金的气焊	63

第六章 技 术 要 求

一、通用类	65
二、储槽类	65
三、换热器类	66
四、塔器类	66

附 录

一、铝及铝合金的腐蚀与防护	67
1. 铝及铝合金的耐蚀性能	67
2. 焊接接头的腐蚀试验方法	68
3. 影响腐蚀的因素及防护措施	69

二、各国铝合金牌号对照表	91
三、国产铝材的机械性能	92
四、英国常用铝材化学成份及机械性能	97
五、美国常用铝材化学成份、机械性能及工艺性能	100
六、国内铝制化工设备调查表(摘要)	105
七、铝制法兰及管件	108
1. 法兰盖	108
2. 活套钢法兰	109
3. 铝制肩圈	110
4. 铝法兰用软垫片	111
八、铝及铝合金焊制容器技术条件 Q/TH 45-68	112

第一章 总 论

一、概 述

使用本手册时应同时遵照以下标准。若标准有修改，应以最新版为准。

(1) 材料部分应遵照以下标准：

- ① GB340-64 有色金属及合金产品牌号表示方法；
- ② YB604-66 铝及铝合金加工产品的化学成份；
- ③ YB605-66 铝及铝合金板材品种；
- ④ YB606-66 不可热处理强化的铝及铝合金板；
- ⑤ YB608-66 铝及铝合金热轧板；
- ⑥ YB610-66 铝及铝合金管品种；
- ⑦ YB611-66 铝及铝合金薄壁管；
- ⑧ YB612-66 铝及铝合金挤压厚壁管；
- ⑨ YB613-66 铝及铝合金挤压棒；
- ⑩ YB615-66 铝及铝合金挤压型材；
- ⑪ YB616-66 铝及铝合金焊条用线材；
- ⑫ YB143-65 铸造铝合金。

(2) 焊制容器的技术条件应遵照 Q/TH45-68 “铝及铝合金焊制容器技术条件”。本手册根据各类化工设备的特点提出一些要求，供设计人员选用参考。

(3) 设计中采用的材料或材料设计温度超出本手册推荐范围时，设计人员应根据情况自行补充有关制造技术条件及材料、设备之检验标准。

二、范 围

(1) 本手册适用于铝及铝合金熔化焊接容器，不包括衬铝、喷铝、渗铝的钢制设备。

(2) 材料* (L1), L2, (L3), (L4), L5, LF2, (LF3), (LF5), LF11, LF21, ZL5, ZL7。

三、载 荷

设计容器时必须考虑以下载荷：

- (1) 设计内压或设计外压；

* 括弧中材料应尽量不用。

- (2) 在正常操作条件下液体介质的最大静压力;
- (3) 容器及其物料和內件、填料的重量, 或者容器及水压试验时水的重量;
- (4) 风载荷与其他载荷的复合。

必要时还需考虑以下应力或载荷的影响:

- (1) 由于支座、耳架、支脚、內件或连接管道所引起的局部应力;
- (2) 冲击载荷, 包括水锤、容器物料的冲击;
- (3) 由于操作压力不对称于容器的中性轴所引起的弯曲力矩;
- (4) 由于温差所引起的力, 包括材料膨胀系数不同的影响;
- (5) 在运输或吊装时产生的力;
- (6) 压力和温度的波动。

四、设计压力

(1) 操作压力: 容器正常操作时顶部的压力, 由工艺特性确定。操作压力应低于卸压装置的规定泄放压力。

(2) 最大操作压力: 容器操作时, 顶部可能达到的最大压力, 由工艺特性确定。卸压装置的泄放压力应比最大操作压力大一些。

(3) 设计压力: 在设计容器时, 作为计算依据的压力。设计压力要考虑容器各部分所受的液柱静压以及卸压装置的影响, 因此要大于最大操作压力。当容器按有安全阀时设计压力等于 1.1 倍最大操作压力加液柱静压。当按有爆破膜时设计压力等于 1.15~1.30 倍最大操作压力加液柱静压。当容器不装任何安全卸压装置时, 设计压力等于最大操作压力加液柱静压。带有夹套的容器其內筒设计压力的决定要考虑在开车、操作、停工时可能出现的最大压力差。

(4) 最大许用操作压力: 容器操作时在金属允许的溫度下容器顶部所允许的最大操作压力。计算此压力时, 容器壁厚应为实际厚度, 且需考虑第三节所述的所有载荷。可用设计压力代替最大许用操作压力。

五、设计温度

- (1) 操作温度: 容器正常操作时, 其部件的壁温。
- (2) 最大操作温度: 容器操作时, 其部件可能达到的最高壁温。
- (3) 设计温度: 取最大操作温度作为容器的设计壁温, 一般按下列方法确定:

① 对于不被加热或冷却的壁, 取装入介质的最高温度和最低温度。

② 对于用蒸汽、热水或其他液体介质加热或冷却的壁, 取加热介质的最高温度和冷却介质的最低温度。

除 LF3、LF5、LF11 设计温度不得超过 66°C 外, 本手册推荐的其余材料的最高设计温度推荐为 150°C。

六、壁厚附加量

壁厚附加量应按下式确定:

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

式中: C ——壁厚附加量

C_1 ——铝板材负偏差附加量, 取法如下:

$$S \leq 10 \text{ mm} \quad C_1 = 0.5 \text{ mm}$$

$$S = 11 \sim 20 \text{ mm} \quad C_1 = 1.0 \text{ mm}$$

$$S = 21 \sim 40 \text{ mm} \quad C_1 = 1.5 \text{ mm}$$

$$S = 41 \sim 60 \text{ mm} \quad C_1 = 2.0 \text{ mm}$$

$$S > 60 \text{ mm} \quad C_1 = 3.5 \text{ mm}$$

C_2 ——腐蚀裕度, 没有腐蚀的情况取 0, 如在腐蚀介质或铝不能有效抵抗的严重工业大气中使用时, 可根据腐蚀率和使用年限, 确定腐蚀裕度。

C_3 ——封头冲压拉伸减薄度, 按 Q/TH45-68 规定: 整体压制封头过渡区壁厚减薄度不得超过 20% S , 且不大于 4mm; 由数块瓣形铝板焊接成的封头, 其过渡区壁厚减薄度不得超过 10% S , 且不大于 2 mm。

由于铝材耐磨性较差, 如流体对器壁会产生磨损时, 必须采取适当措施或增加壁厚。

七、最小壁厚

(1) 无加强构件容器的最小壁厚不得小于 3mm, 有加强措施或有加强构件容器的最小壁厚不得小于 2mm。均不包括腐蚀裕度。

(2) 铸铝的最小壁厚应按铸造工艺确定。

八、许用应力

(1) 材料的许用应力取下列二者中的较小值。

$$[\sigma] = \frac{\sigma_b}{4.0} \quad \text{和} \quad [\sigma] = \frac{\sigma_{0.2}}{1.5}$$

式中: $[\sigma]$ ——材料在设计温度下的许用应力 kgf/mm²。

σ_b ——材料在设计温度下的强度极限 kgf/mm²。

$\sigma_{0.2}$ ——材料在设计温度下的条件屈服极限 kgf/mm²。即产生残余变形 0.2% 的屈服限。

采用铸铝时, 设计者应根据铸造厂生产水平, 采用的铸造工艺, 质量稳定情况及相应的技术条件, 验收标准选取安全系数。在一般情况下建议取

$$[\sigma] = \frac{\sigma_b}{6.0}$$

用作螺栓的铝材许用应力取下列二者的较小值:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_b}{5} \text{ 和 } [\sigma] = \frac{\sigma_{0.2}}{4}$$

(2) 由强度计算的容器熔焊部件, 不管材料的实际状态如何, 均取材料退火状态下的强度限或条件屈服限计算许用应力。非熔焊部件以及由刚度计算的容器熔焊部件, 可取材料实际状态下的强度限或条件屈服限计算许用应力。

(3) 纯铝退火状态下的条件屈服限 $\sigma_{0.2}$ 如查不到, 可只计算 $[\sigma] = \frac{\sigma_b}{n_b}$, 但 n_b 此时应如下选取:

L2: $n_b = 5.7$ 。

L5: $n_b = 4.7$ 。

这是因为纯铝在退火状态时的条件屈服限与强度限的比值很低, 为保证 n_b 不小于 1.5, 在缺少 $\sigma_{0.2}$ 数据的情况下需提高 n_b 。

(4) 高于室温的许用应力: 在目前国产铝材缺乏高温强度限和高温屈服限数据的情况下, 推荐表 (1-1) 的数据。

(5) 低于室温的许用应力: 取常温时的许用应力。

表 1-1 铝板材在不同设计温度下的许用应力

材料号及 热处理状态	最小抗拉 强度 σ_b kgf/mm ²	最小屈服 强度 $\sigma_{0.2}$ kgf/mm ²	延伸率 δ %	不同设计温度时的许用应力 kgf/mm ²					安全系数	
				38℃	66℃	93℃	121℃	149℃		
L2	M	7	—	28	1.2	1.2	1.15	1.05	0.90	$n_b = 5.7$
	Y ₂	10	—	6	2.5	2.5	2.4	2.25	1.90	$n_b = 4.0$
L5	M	8	—	28	1.7	1.7	1.65	1.50	1.30	$n_b = 4.7$
	Y ₂	10	—	6	2.5	2.5	2.4	2.25	1.90	$n_b = 4.0$
LF2	M	17	—	18	4.25	4.25	4.25	4.10	3.70	$n_b = 4.0$
	Y ₂	24	—	6	6.0	6.0	6.0	5.5	4.90	$n_b = 4.0$
LF3	M	20	10	15	5.0	5.0	不推荐使用			$n_b = 4.0$
	Y ₂	23	20	8	5.75	5.75				$n_b = 4.0$
LF5 LF11	M	28	15	15	7.0	7.0				$n_b = 4.0$
LF21	M	10	—	20	2.5	2.35	2.20	2.0	1.8	$n_b = 4.0$
	Y ₂	15	—	6	3.75	3.65	3.50	3.30	3.0	$n_b = 4.0$

注: 1. 纯铝退火状态下的最小抗拉强度因治标没有规定, 故根据调查结果确定, 其他 σ_b , $\sigma_{0.2}$, δ 均按 YB606-66 不可热处理强化的铝及铝合金板。如管子或其他型材, 应按相应标准中之 σ_b 或 $\sigma_{0.2}$ 计算许用应力。

2. 上表所列材料牌号并不齐全, 其他材料可按有关标准中之 σ_b 或 $\sigma_{0.2}$ 计算许用应力。

3. 热处理状态代号: M——退火的; Y₂——半冷作硬化的。

九、焊缝系数

气 焊	双面对接焊	0.7~0.8
	单面对接焊	0.5~0.7
不熔化极氩弧焊	双面对接焊	0.8~0.85
	单面对接焊	0.7~0.8
熔化极氩弧焊	双面对接焊	0.85~0.90
	单面对接焊	0.8~0.85

十、压力试验

受压容器制成后应进行压力试验，压力试验应在焊缝射线检验后进行，压力试验后，如需进行焊补，则焊补后仍需进行射线检验和压力试验。

1. 水压试验

容器的设计压力大于 0.7 kgf/cm^2 者均应进行水压试验。

(1) 内压容器的水压试验压力

$$P_{\text{水}} = 1.5P \cdot \frac{[\sigma]'}{[\sigma]} \quad (1-1)$$

式中： $P_{\text{水}}$ ——水压试验压力， kgf/cm^2 ；

P ——设计压力， kgf/cm^2 ；

$[\sigma]'$ ——水压试验温度下材料的许用应力， kgf/mm^2 ；

$[\sigma]$ ——设计温度下材料的许用应力， kgf/mm^2 。

$P_{\text{水}}$ 应包括作用于考虑点上的静压头。

(2) 单壁真空容器的水压试验压力取 2 kgf/cm^2 ，如真空度小于 500 mm 汞柱，可把水压试验压力降到 1 kgf/cm^2 。低于大气压的试验由设计人员自行考虑提出要求。

(3) 夹套容器的水压试验其夹套和内筒应在另一方无压力时分别进行，其试验压力按(1)和(2)项确定。

水压试验时应在容器最高处安装适当的放气装置，以免形成气袋。

2. 气压试验

当容器的设计和结构不宜充满水时，以及容器在使用过程中不允许有微量水存在时，可采用气压试验代替水压试验，对容器进行强度考验。

(1) 内压容器的气压试验压力

$$P_{\text{气}} = 1.25P \cdot \frac{[\sigma]'}{[\sigma]} \quad (1-2)$$

在气压试验时，压力应缓慢上升至试验压力 $P_{\text{气}}$ ，然后下降到 $P \cdot \frac{[\sigma]'}{[\sigma]}$ 的压力，在

此压力下进行检查。

(2) 单壁真空容器的气压试验压力取 2 kgf/cm^2 ，如真空度小于 500 mm 汞柱，可取气压试验压力为 1 kgf/cm^2 。

(3) 夹套容器的内筒可按(1)或(2)项受内压或外压的容器进行试验，但如内筒的设计压力远低于夹套中的压力则为例外，此时只需对夹套部分作加压试验。夹套的试验压力取 1.15 倍内筒的设计外压。

无论是水压试验或气压试验，在试验时器壁所达到的应力均不应超过 $0.90 \sigma_s$ ，并须保证容器的稳定性，否则应增加壁厚。

3. 气密性试验

已通过水压试验的容器根据需要可进行气密性试验，气密性试验的压力取设计压力。对大型容器，可在焊缝、连接处涂肥皂水，对小型容器还可以直接放在水中，均不得有冒泡现象，检查完毕后必须把肥皂水彻底清洗干净。如容器要求极严格，还可以同时规定泄漏量不得超过允许值，该允许值按设计要求定出。

在作气压试验时，对要求作气密性试验的容器可同时结合进行。但需根据气压试验和气密性试验的不同要求，分别作出记录。

4. 常压容器试漏

常压容器的试漏可采取盛水试漏或煤油渗透等方法。盛水试漏试验在 24 小时内外壁不得有冒汗现象。涂煤油试验在 12 小时内外壁不得有油迹。

十一、孔带削弱系数

开有很多孔的壳体，其强度的减弱与除去金属的总量成正比。由于铝材较贵，故不允许由于不加强孔带的存在而对铝容器进行整体加强。对常压容器不考虑孔带削弱系数。对受压容器，单个不加强孔的直径不得大于 50mm，直径小于 50mm 的孔带，其轴向孔带削弱系数不得小于焊缝系数，环向孔带削弱系数不得小于焊缝系数之二分之一。孔带不得开在焊缝上。否则在计算时应由 $\phi \cdot J$ 的乘积代替焊缝系数 ϕ 。个别孔可允许开在焊缝上。孔带削弱系数按化工部“钢制化工容器设计规定”(试行)中有关规定计算。

十二、铝制设备的应用及注意事项

由于铝表面氧化膜的特性，铝制设备特别适用于某些化学介质及大气腐蚀*。熔焊的铝材在 $0^\circ\text{C} \sim -196^\circ\text{C}$ 之间，冲击韧性不下降，在此范围使用时无需作低温冲击韧性试验**。因此，铝和铝合金特别宜于制作负温设备。铝的导热性及传热速度较高***。故用

* 见附录表 1: 铝在各种介质中的耐腐蚀性能。

** 此问题尚有不同看法，国内有些厂对深冷设备仍要求作低温冲击韧性试验。这是我们的看法，如有不妥请提出意见。

*** 如 L2 的 $\lambda=0.56 \text{ cal/cm}^\circ\text{Csec}$ ，LF3 的 $\lambda=0.33 \text{ cal/cm}^\circ\text{Csec}$ 而 20 号钢的 $\lambda=0.186 \text{ cal/cm}^\circ\text{Csec}$ 。

铝制造换热设备特别适宜。铝不会产生电火花，因此用以贮存易燃、易爆物料是很安全的。铝反射的幅射热可达95%，用于贮存易挥发性介质的容器，铝是很好的材料。用铝制作的设备不易污染产品，因此，要求高纯度产品，不允许有杂质或铁离子时，可采用铝设备。由于铝资源的特别丰富，并具有如上的优良性能，因此在一定的介质、温度、压力条件下，正确选用铝及铝合金，并在设计、结构上加以重视，制造上采用惰性气体保护焊，对于铝及铝合金制设备的推广，节约昂贵稀缺的铜、铜合金和不锈钢，并节约维修费用，都是具有重要意义的。但由于铝的耐磨性较差，故在使用时要防止流体，特别是固体颗粒的高速冲刷，如换热器流体入口处要安装挡板以免冲刷管束，旋风分离器的器壁也要予以注意。设计时避免在液体介质（特别是含有电解质的电解液）下使用铝-钢（或其他金属），以免引起电化学腐蚀。铝-贵金属结构是不许可的。铝和其他金属相接触，最好在后者的表面涂以涂料，如过氯乙烯漆、酚醛清漆等。铝的保温材料需是中性的，不得用碱性或酸性材料。铝件不要直接放在混凝土构件上。软铝的螺纹连接容易咬死，影响松开或再上紧，因此要避免用纯铝和纯铝的螺纹连接。可以用硬铝、不锈钢和纯铝的螺纹连接。

第二章 材 料

一、品 种 规 格

表 2-1 铝、防锈铝合金及铸造铝合金的化学成份

组 别	材 料 牌 号	代 号	主 要 成 份 (%)						杂 质 不 大 于 (%)						
			Mg	Mn	Si	Ti	Al	Fe	Si	Fe+Si	Cu	Mg	Zn	其它	杂质总和
工业纯铝	一号工业纯铝	L1					99.7	0.16	0.16	0.26	0.01				0.30
工业纯铝	二号工业纯铝	L2					99.6	0.25	0.20	0.36	0.01				0.40
工业纯铝	三号工业纯铝	L3					99.5	0.30	0.30	0.45	0.015				0.50
工业纯铝	四号工业纯铝	L4					99.3	0.30	0.35	0.60	0.05			0.1	0.7
工业纯铝	五号工业纯铝	L5					99.0	0.50	0.50	0.90	0.02				1.0
防锈铝合金	二号防锈铝合金	LF2	2.0~2.8	或Cr 0.15~ 0.4			余量	0.40	0.40	0.60	0.10			0.1	0.8
防锈铝合金	三号防锈铝合金	LF3	3.2~3.8	0.3~0.6	0.5~0.8		余量	0.5			0.05			0.2	0.85
防锈铝合金	五号防锈铝合金	LF5	4.0~5.5	0.3~0.6			余量	0.5		0.5	0.05			0.2	0.1
防锈铝合金	十一号防锈铝合金	LF11	4.8~5.5	0.3~0.6		0.02~0.10或 钛0.02~0.20	余量	0.5	0.5	0.05	0.05			0.2	0.1
防锈铝合金	二十一号防锈铝合金	LF21	1.0~1.6				余量	0.7	0.6		0.2			0.05	0.1
铸造铝合金	五号铸造铝合金	ZL5	9.5~11.5	Fe: 0.3			余量	Mn: 0.1	0.3	Ti: 0.07	0.3				1.1
铸造铝合金	七号铸造铝合金	ZL7		Fe: 0.6	11.0~13.0		余量	Mn: 0.3			0.8				2.2

注: 铸造铝合金摘自 YB143-05, 其余摘自 YB604-66.

表 2-2 铝、防锈铝合金板

材 料	厚 度 (mm)	厚度允许偏差 (mm)	每平方米板 之理论重量 (kg/m ²)	材 料	厚 度 (mm)	厚度允许偏差 (mm)	每平方米板 之理论重量 (kg/m ²)
L1、	2.0	-0.28	5.5	L1、	18.0	±1.00	49.1
L2、	3.0	-0.35	8.2	L2、	20.0	±1.00	54.6
L3、	4.0	-0.37	10.9	L3、	22.0	±1.50	60.1
L4、	5.0	+0.10 -0.37	13.7	L4、	25.0	±1.50	68.3
L5、	6.0	+0.10 -0.42	16.4	L5、	30.0	±1.50	81.9
LF2、	8.0	+0.10 -0.47	21.8	LF2、	35.0	±1.50	95.6
LF3、	10.0	+0.10 -0.50	27.3	LF3、	40.0	±1.50	109.2
LF5、	12.0	±1.00	32.8	LF5、	50.0	±2.00	136.5
LF11、	14.0	±1.00	38.2	LF11、	60.0	±2.00	163.8
LF21。	16.0	±1.00	43.7	LF21。	70.0	±3.50	191.1
					80.0	±3.50	218.4

注：1. 上表摘自“YB605-66”和“YB608-66”。

2. 板材在最大宽度时的允许偏差，也就是板的最大允许偏差。

3. 以 LF21 的比重 2.73 计。

表 2-3 铝、防锈铝合金管

材料牌号	管子外径×壁厚 $D_H \times S$ (mm)	每米管长重量 (kg/m)	管子外径允许偏差 (mm)	管子壁厚允许偏差 (mm)
L2、L3、L4、	φ 18×1	0.150	-0.15	±0.10
	φ 18×3.5	0.446	-0.15	±0.25
LF2、LF3、	φ 20×2	0.317	-0.15	±0.18
	φ 25×2.5	0.495	-0.20	±0.20
LF5、LF21。	φ 25×4	0.739	-0.20	±0.28
	φ 32×1.5	0.402	-0.25	±0.14
	φ 32×4	0.985	-0.25	±0.28
	φ 38×2.5	0.780	-0.25	±0.20
	φ 38×4	1.196	-0.25	±0.28
	φ 45×2	0.756	-0.25	±0.18
	φ 45×4	1.442	-0.25	±0.28
	φ 55×2	0.932	-0.35	±0.18
	φ 55×4	1.794	-0.35	±0.28
	φ 75×2.5	1.594	-0.35	±0.20
	φ 75×4	2.498	-0.35	±0.28
	φ 90×2.5	1.924	-0.50	±0.20
	φ 90×4	3.026	-0.50	±0.28
	φ 110×4	3.73	-0.50	±0.28
	φ 120×4	4.082	-0.50	±0.28

注：上表摘自“YB610-66”

表 2-4 铝、防锈铝合金挤压棒

材料牌号	圆棒直径 (mm)	每米长重量* (kg/m)	材料牌号	圆棒直径 (mm)	每米长重量* (kg/m)
L4、LF2、	6	0.077	L4、LF2、	20	0.856
LF3、LF5、	8	0.137	LF3、LF5、	22	1.04
LF11、LF21。	10	0.214	LF11、LF21。	24	1.23
	12	0.308		26	1.45
	14	0.420		28	1.68
	16	0.548		30	1.92
	18	0.693			

* 以 LF21 的比重 2.73 计

二、性 能

表 2-5 铝、防锈铝合金的物理性能

铝的种类 名称	铝的种类 数据及性能		防 锈 铝 合 金				
	高纯度铝	工业纯铝	LF2	LF3	LF5	LF11	LF21
颜色	银白色	银白色	银白色	银白色	银白色	银白色	银白色
比重在 20℃ 时	2.7	2.71	2.68	2.67	2.66	2.66	2.73
熔点(℃)	660.2	657	649		638	638	654
凝固点(℃)		643~646	593		593	571	643
比热在 100℃ 时(卡/克·度)	0.2226	0.2259	0.23		0.23	0.23	0.23
导热系数(卡/厘米·秒·℃):							
25℃ 时各种热处理后平均值				0.34		0.28	
退火的(25℃)		0.54	0.33		0.28		0.46
冷作硬化的(25℃ 时)		0.52	0.33		0.20		0.37
0~100℃ 时	0.57						
线膨胀系数 × 10 ⁻⁶ :							
-50~+20℃			22.1			22.1	21.4
20~100℃	23.86	23.5	23.8	23.8	23.9	23.9	23.2
20~200℃	24.58	24.6	24.8	24.6	24.8	24.8	24.3
20~300℃	25.45	25.6	25.7	25.7	25.9	25.9	25.2

注: 上表数据供参考。

表 2-6 铸造铝合金的物理性能

材料牌号	比 重	在 100℃ 时 的比热 (卡/克·度)	导热系数 (卡/厘米· 秒·℃)	化 熔解潜热 (卡/克)	线膨胀系数 × 10 ⁻⁶		
					20~100℃	20~200℃	20~300℃
ZL5	2.78	0.23	0.20	≈93	24.5	25.5	27.0
ZL7	2.65	0.23	0.42	≈93	20.0	21.0	22.0

注: 上表数据供参考。

表 2-7 铝、防锈铝合金的工艺性能

铝的种类 名称 数据及性能	高纯度铝	工业纯铝	防 锈 铝 合 金				
			LF2	LF3	LF5	LF11	LF21
热加工温度(°C)	350~450	350~450	260~510	420~475	315~480	315~480	260~510
可锻温度(°C)		380~470	380~510				380~510
退火温度(°C)	370~400	370~400	350~420	350~420	350~420	413	350~420
焊接性能	良好	良好	良好	尚好	良好	良好	良好
塑性:							
退火	高	高	高	高	高	高	高
冷作硬化	低	低	低	低	低	低	低
切削加工性:							
退火	不好	不好	不好	不好	不好	不好	不好
冷作硬化			良好	良好	尚好		

注: 上表数据供参考。

表 2-8 铸造铝合金的工艺性能

名 称	ZL5	ZL7	名 称	ZL5	ZL7
结晶温度(°C)	530~450	590~570	气密性	尚可	良好
铸造温度(°C)	640~700	680~780	耐热性	不好	尚可
铸造收缩率(%)	1.30	0.9	耐蚀性	良好	尚好
流动性	不太好	良好	切削加工性	良好	不好
抗收缩裂纹强度	尚好	良好	可焊性	不太好	尚好

注: 上表数据供参考。

表 2-9 铝、防锈铝合金的常温机械性能*

名 称	高纯度铝	工业纯铝	防 锈 铝 合 金				
			LF2	LF3	LF5	LF11	LF21
抗拉强度 σ_b (kgf/mm ²)	5	7	17	20	28	28	10
屈服极限 $\sigma_{0.2}$ (kgf/mm ²)	1.5	3	10	10	15	15	5
伸长率 δ (%)	49	28	18	15	15	15	20
弹性模数 E (kgf/mm ²)		7200	7000	7000	7000	7000	7100
波桑系数 μ		0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
布氏硬度 Hb	17	25	45	50	65	65	30

* 均在退火状态下。

注: 上表数据供参考。