2026.10.23

7075 替代 6061 的可行性分析

——以特种机器人履带底盘侧板为例

评估对象：侧板 / 承板单一零件，不含整机重量闭合与成本询价

李彦博　机械结构设计 | 合时智能 HRSTEK · 2026.10.23

结论摘要

问题	结论
能减多少	侧板从 **1530 g 降到 680 g**，约为原来的 44%，仿真结果还更好；强度仍有富余，**停在 8 mm 是刚度给的极限。**[F01]
买的是什么	不是"更硬"，是"更不容易断"。弹性模量只差 4%，刚度不因换料而变；收益全部来自屈服 276 → 503 MPa 带来的减薄空间。[A01]
短板有几条	耐蚀是唯一真否决项，靠状态选型解决；表面处理由可选变必做；焊接不否决但划边界；耐温在本工况不成立；韧性不触发；加工与成本是代价项。[A01][A02][A03]
状态怎么定	实物直接定 **T7351**，不按 T6 采购。屈服约 435 MPa，仍是 6061 的 1.6 倍。**仿真里用 T6 的 503 MPa 结果不能直接出图**，安全系数须按 435 重算（减薄终点由刚度给出，不受这 13% 影响）。
最终方案	不是把材料栏改个牌号，而是**拆件**：承力板体换 7075，功能结构件换塑料，中间靠标准件与嵌件连接。

> 7075 替代 6061 在这台车上是可行的，前提是把它当成一次"**拆件 + 配套工艺**"的改动。风险只有两处——腐蚀与疲劳，都可控；耐温在这台车上不成立。

六条短板，逐条判定

短板	判定	处置
耐蚀与应力腐蚀	真否决项	靠状态选型解决：实物定 T7351，门槛应力从 50 提到 270 MPa 量级
表面处理	由可选变必做	硬质阳极氧化，膜厚压 25–30 μm，算清疲劳代价
焊接	划边界	不构成否决，但需焊的件不进 7075
耐温	不成立	不贴热源；贴电机 / 减速器壳体的件维持 6061
韧性	不触发	临界裂纹 15 / 22 / 27 mm，远大于加工缺陷；缺口靠圆角控制
加工与成本	代价项	材料 1.4–2 倍，只用于少数承力件

适用边界

分析对象是特种机器人履带底盘的侧板 / 承板。整车负载按 60 kg 计，冲击高度在 0.5 m 以下，不是高频冲击；使用环境有户外和潮湿需求。下面所有判断都在这个范围内成立，离开这个范围（长期贴热源、高频等幅疲劳、需要焊接）就不适用。

资料编号：[A] 铝合金与碳纤维板材料数据 | [F] 本项目有限元与实物。材料性能取典型值而非设计许用值，实际取用以材质单为准。

本报告为材料角度的可行性判断与工程推断，不构成设计更改依据；结论以 T7351 状态下的复核结果为准。

01 / 收益来源

强度高不等于结构更硬

只看成本 6061 好，只看强度 7075 好，可实际选型不能这么考量。真正要回答的是：这块承板换成 7075，能减多少、代价在哪、值不值。[A01][A04]

先把强度和刚度分开：两者的弹性模量只差 4%，等厚度换过去该变形多少还是多少，所以**换 7075 买的不是"更硬"，是"更不容易断"**。它值钱的地方在另一头——屈服 276 → 503 MPa、接近 1.8 倍，而密度只从 2.70 涨到 2.81，同样载荷下能做得更薄，少掉的料就是减下来的重量。**换料给的是减薄的空间**，这也决定了下面的对比要看比强度，而不是看谁的绝对数字大。

指标	6061-T6	7075-T6	碳纤维板 3K-T300 环氧	对这块侧板的意义
屈服 / 极限强度（MPa）	276	503	≥600 极限值	数字最高的是碳板，但那是**拉伸极限**；铝用到的是屈服，破坏前还有一段塑性——两者口径不同，不能直接比大小
比强度 σ/ρ（MPa·cm³/g）	102	179	约 387	**碳板赢的地方全在这里**——约 7075 的 2.2 倍、6061 的 3.8 倍
弹性模量（GPa）	68.9	71.7	55–60	碳板**绝对值低于铝**，等厚只会更软；比刚度 35–39 虽优于铝的 25.5，但要靠铺层去拿、且只在纤维方向成立
密度（g/cm³）	2.70	2.81	1.55	同体积比铝轻 43%
脆性判据	K_{IC} 约 29	K_{IC} 约 24	层间剪切 60–67 MPa	碳板**不用 K_{IC} 判断**，层间与孔壁才是它的破坏面
开孔 / 受螺栓挤压	塑性可钝化	塑性可钝化	保持 50%–66%	这块板的力几乎全走安装孔；换成螺栓受力还会转为剪切挤出与分层，低于开孔值
相对成本	1.0	1.4–2 倍	约 3–6 倍	碳板另算刀具、吸尘与工时，见 06 页

铝取 [A01] 典型值；碳板取大同精微一类 3K-T300 平纹 / 斜纹环氧层压板的公开典型值（拉伸 D3039、弯曲 D790、层间剪切 D2344），随铺层与树脂体系变化明显，取用以供货商材质单为准。[A04]

> 碳板上不了这块板，不是强度低，是**有三件事进不到表里**：其一，力从摆臂多个方向进来、几乎全走安装孔，而孔壁挤压与层间剪切正是碳板最弱的一档；其二，0.5 m 跌落在碳板上是内部分层，外面看不出来，承载能力已经掉了；其三，碳板导电，与铝件直接接触会反过来加速铝的电偶腐蚀。**这件仍留铝合金，碳板留给面内受力的平板件。**

回到本方案的立论前提。换 7075 **不提供刚度**——弹性模量只差 4%，若这块板是变形或模态控制，换牌号是负收益（等厚还增重 4%），该改几何。它提供的是**减薄的许可**：屈服从 276 提到 503 MPa，同样载荷下可以做得更薄。而能减到多少不由强度说了算——本件从 13 mm 减到 **8 mm**，强度还剩约 6 倍裕度，把厚度叫停的是刚度（见 07 页）。若控制项换成疲劳，7075 只多 66%，减薄幅度还要再收，见 05 页。

弹性模量为组织不敏感量，屈服与抗拉随状态变化显著；三者均为典型值而非许用值。
碳板 50%–66% 为开孔拉伸相对无孔件的保持率（文献口径，随铺层而变）；**本页未对碳板做本件建模或试验。**[A04][A05]

02 / 短板（一）

耐蚀是唯一的真否决项，解在状态选型

换材料是连短板一起买过来的。短板不是"差一点"，是几条具体的边界。判断的办法不是照着手册逐项打分，而是逐条问：在我们这台车的工况下，这条会不会构成否决。[A01][A02]

耐蚀是唯一的真否决项。7075 含铜锌，点蚀、晶间腐蚀、应力腐蚀开裂都比 6061 敏感，而侧板是户外件，高应力加潮湿正好是应力腐蚀的触发条件。

但应力腐蚀怕的是**厚度方向上的持续拉应力**——7075-T6 在这个方向的门槛应力只有 50 MPa 量级，板面内则高得多。这块板的载荷是摆臂传下来的弯矩和剪力，都作用在板面内；螺栓拧紧在厚度方向产生的是压应力，而应力腐蚀只在拉应力下发生。所以在这块板上 T6 不是不能用，我仿真用的也正是这个状态。

应力腐蚀三要素	本件情况	是否满足	说明
敏感材料	7075 含铜锌，T6 态对晶间腐蚀与应力腐蚀敏感	满足	材料固有
持续拉应力（厚度方向）	弯矩、剪力均作用于板面内；螺栓预紧在厚度方向形成压应力	不满足	**关键的一条**
腐蚀介质	户外、潮湿环境	满足	靠表面处理阻断

三要素缺一即不构成应力腐蚀开裂。本件缺的是"厚度方向持续拉应力"这一条，但状态仍按判据升到 T7351，属于把裕度做在选型上而非靠工况侥幸。[A02]

真正要落实的是状态怎么定

前面那个升级判据——板厚 6 mm 以上加户外长期服役——这块板两条都占：实际厚度过了 6 mm，又是户外件，所以实物直接定 T7351，不要按 T6 买。

条件	状态	屈服强度	厚度方向门槛应力	说明
板厚 > 6 mm 且户外长期服役	**T7351**	约 435 MPa	约 270 MPa	**本件适用。**两条都占，故实物按 T7351 采购
板厚 < 6 mm 或改室内工况	T651	503 MPa	50 MPa 量级	T6 加一道拉伸消除残余应力，强度更高，也正好治 7075 薄壁镂空容易回弹的毛病

T7351 为过时效状态，抗应力腐蚀能力显著优于 T6；代价是强度下降约 13%。[A02]

> 435 MPa 仍是 6061 的 1.6 倍，减薄后的峰值应力对它仍有约 6 倍裕度（见 07 页），**减薄结论不受影响**；要做的是把安全系数按 435 重算一遍——应力值本身几乎不动（两者弹性模量同为 71.7 GPa），换的只是分母。同时确认减薄的终止条件不是屈服：本件停在 8 mm 是刚度叫停的，这 13% 不会改变终点。**不能拿仿真里 503 的结果直接出图。**

一个必须澄清的错配：仿真用的是 T6（503 MPa），实物定 T7351（435 MPa），两者差 13% 的屈服——意味着现有仿真的安全裕度被高估了同样的幅度。这一条不影响"能不能换"的判断，但决定"能不能出图"——由于减薄终点由刚度给出而非屈服，这 13% 落在安全系数上，不落在厚度上。

应力腐蚀门槛应力随取向、状态与介质变化，50 MPa 与 270 MPa 为量级值，精确许用值应查材料标准或供应商数据。
本页判断基于"载荷作用于板面内、厚度方向为压应力"这一前提；若结构改动引入厚度方向持续拉应力（如厚板大过盈、强拘束焊缝附近），需重新评估。

03 / 短板（二）

表面处理、焊接、耐温：两条边界与一条不成立

这三条都不构成否决，但每一条都要落到图纸和工艺文件上，否则会在样机阶段以另一种形式回来。[A01][A02]

表面处理从可选变成必做

这里有个容易漏的代价：又厚又脆的氧化层本身就是裂纹源，硬质阳极氧化对高强铝的疲劳极限要削 **20%–40%**，比普通阳极氧化的 10%–15% 高出一截。所以承力件的膜厚压在 **25–30 μm**，或者氧化前先喷丸预置一层压应力。

两个细节要提前留量：氧化膜约一半是往基体里长的，50 μm 的膜单边就占掉 25 μm，配合孔和螺纹要么留余量要么遮蔽；7075 氧化后偏暗发黄，做不出 6061 那种银白，这是材料特性不是工艺不良，色号提前跟处理厂确认。装配上还要防电偶腐蚀——7075 电位更负，跟不锈钢螺钉、碳板直接接触会加速腐蚀，中间加绝缘垫或换成同电位的紧固件。

焊接不构成否决，但划出一条边界

7075 禁常规熔焊，焊后热裂纹和残余应力都大。承板是整板机加、不需要焊，这条对我们不成立；但凡需要焊的件就不进 7075。这条边界后面还要用上。

耐温只要别贴热源就不用管

6061 可以长期用到 120℃ 上下、短时 150℃；7075 对长期热暴露更敏感，温度长期在 100℃ 以上会过时效，强度不可逆地掉下去。短期升温两者其实差不多（100℃ 时保留率 **87% 对 82%**），流传的"7075 过 100℃ 就不行"是把长期和短期混在一起了。承力板不贴发热源、工作温度远低于 100℃，这条在我们这台车上不成立；**直接装在电机或减速器壳体上的件维持 6061。**

落实项	要求	原因与后果
氧化类型与膜厚	硬质阳极氧化，25–30 μm	更厚则疲劳折损从 20%–40% 的上限走；普通氧化防不住户外潮湿
封孔	必做	阻断腐蚀介质进入膜层孔隙
尺寸预留与遮蔽	单边约 25 μm（50 μm 膜）	膜约一半往基体内长；配合孔与螺纹要么留量要么遮蔽
色号	提前与处理厂确认	7075 氧化后偏暗发黄，做不出 6061 的银白，属材料特性
电偶隔离	与不锈钢螺钉、碳板间加绝缘垫或换同电位紧固件	7075 电位更负，直接接触会加速腐蚀
焊接与耐温边界	需焊件不进 7075；贴电机 / 减速器壳体的件维持 6061	禁常规熔焊；长期 >100℃ 会过时效，强度不可逆下降

硬质氧化是这次替换里唯一"既要防蚀、又要付疲劳账"的工艺项：普通氧化便宜、对疲劳影响小，但防不住户外潮湿。**所以膜厚不是可以随手加大的参数。**

阳极氧化对疲劳极限的削减幅度随膜厚、基体强度与工艺变化，20%–40% 为高强铝硬质氧化的常见区间，具体以工艺试验为准。
100℃ 时的强度保留率按短时暴露口径给出，不代表可长期在 100℃ 服役。

04 / 短板（三）

韧性要防的是"高频且高度重复"，我们不是这种工况

"7075 韧性差"这句话是对的，但它是经验之谈——不带数值、不带条件，能借鉴不能当底线。[A03]

它真正的出处是汽车、机床那类工况：碰撞的位置、周期、环境几乎都不变，应力幅固定，几十万次以上的高周疲劳。我们这台车不是——60 kg 量级、0.5 m 以下的冲击，大小和方向都在变，一天也到不了成百上千次等幅冲击。

还有一层是坏的时候样子不一样：6061 屈服后会慢慢变形，眼看就歪了；7075 更脆，崩之前没有这种提示。但脆不等于没有预警——按断裂韧性算，7075-T6 的临界裂纹约 **15 mm**，6061 约 **22 mm**。15 mm 在侧板上肉眼就能看见，也远大于机加工能留下的缺陷，巡检能发现。实物定 T7351 之后这个数更大，约 **27 mm**，比 6061 的 22 mm 还宽裕，韧性这条就不必再挂心。

状态	临界裂纹尺寸	相对 6061	工程含义
7075-T6（仿真所用状态）	约 15 mm	0.7 倍	肉眼可见，远大于机加工缺陷尺度
6061-T6（当前材料）	约 22 mm	基准	—
7075-T7351（实物定态）	约 27 mm	1.2 倍	**比 6061 还宽裕，韧性不再是控制项**

临界裂纹按断裂韧性典型值估算，为量级值而非损伤容限设计值；取向、厚度与残余应力均会影响实际结果。[A03]

7075 真正吃亏的是哪个区间

区间	控制量	6061 对 7075	本件所处位置
应力控制（高周）	疲劳极限	96 对 159 MPa，**7075 高 66%**	主体工况。峰值应力远低于屈服，**此时韧性差异不是控制项**
应变控制（低周）	延性	6061 延伸率优	仅在应力进入塑性后生效，本件按设计意图不进入

同一材料在两个区间结论相反，这是"7075 怕冲击"这句话最容易被误用的地方。[A01][A03]

缺口敏感度更高，所以设计上补几个动作

- **圆角给足**——截面突变处不留尖角，圆角半径与板厚挂钩而不是给一个固定值。
- **避开截面突变**——减薄过渡做成渐变，不做台阶。
- **控制表面刀痕**——进给方向与主应力方向的关系，比粗糙度数值更值得管控。
- **别叠厚硬氧**——氧化层越厚越脆，承力区按 25–30 μm 控制，与第 04 页同一条。

> 韧性这条的正确表述不是"影响不大"，而是**"在本工况下不被触发"**：触发条件是高频等幅冲击或应力进入塑性区，我们的对应值是 0.5 m 以下变幅冲击、峰值应力远低于屈服。

05 / 代价与范围

加工和成本是代价项，不是否决项

代价可以算清、可以摊薄，但它决定了这次替换只能用在少数几件上，不能全车铺开。[A01]

7075 切削抗力大、刀具磨损快、残余应力高，薄壁镂空后容易回弹，不适合高精度精加工，落图纸时靠对称去料、分层切削、加时效工序压住。材料本身 1.4–2 倍，加上更费刀、工时更长、表面处理必做——所以它只适合用在少数几件上，摊到整机可以接受，全车铺开就没意义。

代价项	量级	应对
材料单价	1.4–2 倍	只用于少数承力件，摊到整机
刀具磨损与加工周期	上升	切削参数按高硅高强铝调整，工时计入报价
薄壁回弹与变形	显著	对称去料、分层切削、加时效工序
表面处理	必做	硬质阳极氧化 + 封孔，膜厚按疲劳要求控制
拆件接口	新增	螺钉、预埋螺母、定位销与装配工时，见第 09 页
状态采购	受限	T7351 非通用现货状态，需按状态与厚度提前下单
首件检测	新增	表面与近表面缺陷探伤，韧性余量靠缺陷控制兑现

所以只换"强度是瓶颈"的那部分

到这儿能换的范围已经很窄：强度是瓶颈、又不焊接、又不贴热源。

侧板恰好是一整块板——摆臂关节座的安装面、轮系承载这些主承力特征，和电池仓、接口座、走线槽、传感器支架这些纯定位特征，现在画在同一张图纸上、一体加工出来。整件换 7075，等于连不承力的部分一起用航空铝，料贵加工贵，镂空工时还全落在这块高硬度料上；整件换塑料，又撑不住摆臂传下来的载荷。一块料上干两种活，结果就是两种活都干不痛快——**剩下的路是把一件拆成两件**，这也是下面几轮仿真之后落到的结论。

路线	问题	结论
整件换 7075	连不承力的部分一起用航空铝，料贵加工贵，镂空工时全落在这块高硬度料上	成本失控
整件换塑料	撑不住摆臂传下来的载荷	强度不足
拆件：承力件 7075 + 功能件塑料	多一道连接界面与装配工时，需单独校核	采用

> "只换一部分"不是妥协，是这次评估真正的结论。材料的收益按受力路径分配，工艺的成本也按受力路径分配，两者对齐之后才谈得上划算。

材料单价为市场变量，1.4–2 倍为量级参考，不给具体报价；应在确定状态、厚度与数量后按规格询价。
工时与刀具损耗未做定量核算，需由工艺方按实际程序与批次数给出。

06 / 有限元

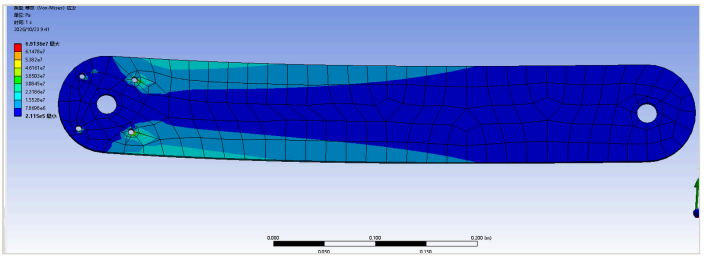
几轮镂空的经过：真正把质量拉下来的是换材料

这是我对新画的侧板做仿真的经过。它记录的是一次判断的修正，不是一组优化曲线。[F01]

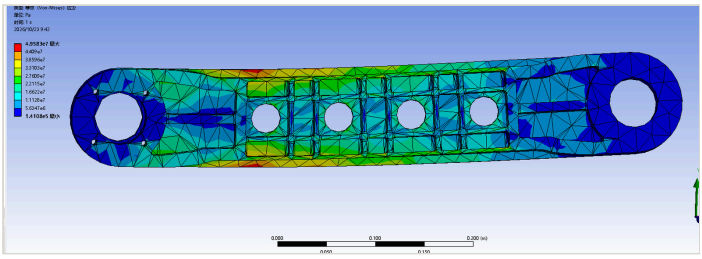
第一次随手镂空就把额度用掉了一大半——**1530 g 直接掉到约 1030 g**；后面几轮按仿真反复优化，反而几乎没效果——质量一直在 **1020–1040 g** 之间来回，这版加 10 g、下版减 10 g。

原因是我一开始把仿真用错了地方。它本来是让质量去更需要的地方的工具，不是说仿个真就能镂出轻量化。这种直上直下的板材零件没有运动副、没有活动关节，哪里该去料靠经验就能判断，有点经验的工程师直接就能去掉大量无用部分；仿真的作用是让人下笔更有底气，还有"刀工"更细腻。

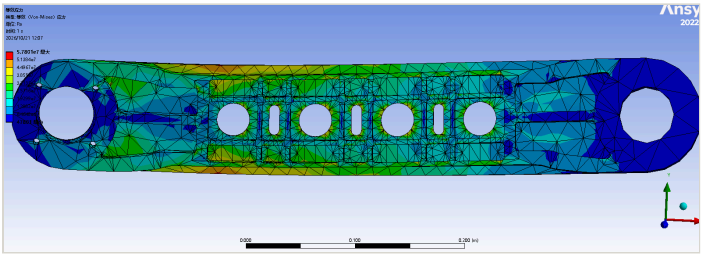
真正把质量第二段拉下来的是换材料：最后一版改成 7075，**板厚从 13 mm 减到 8 mm**，直接降到 **680 g**，约为原始状态的 **44%**，仿真结果还更好。**几何这一段砍掉 500 g，材料这一段又砍掉 350 g**——后面这段才是 7075 的价值所在。



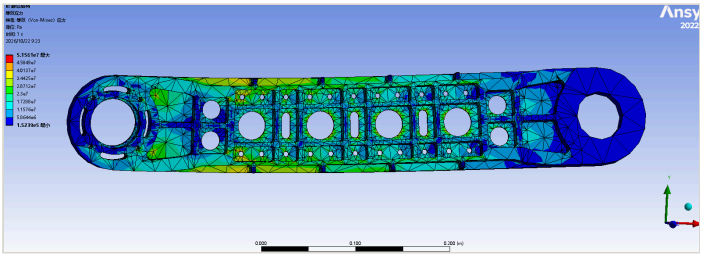
A 算例 | 未镂空（基线）　von Mises 69.1 MPa　10-23



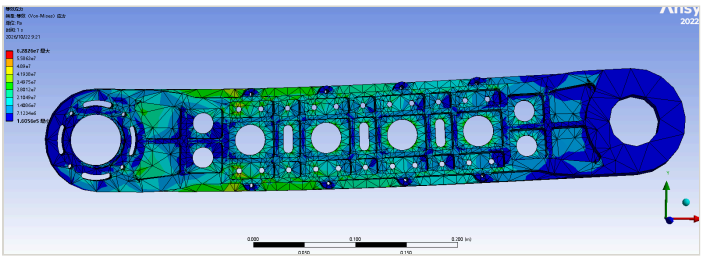
B 算例 | 首次随手镂空　von Mises 49.6 MPa　10-23



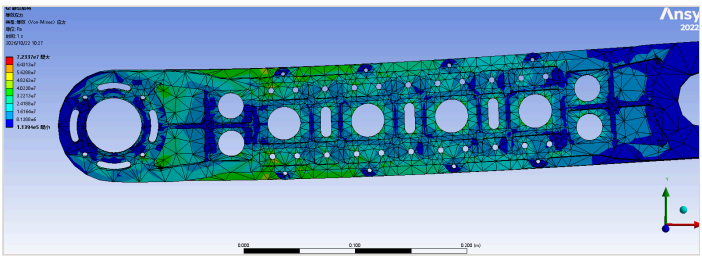
C 算例 | 6061 镂空迭代　von Mises 57.8 MPa　10-21



E 算例 | 6061 镂空迭代　von Mises 51.6 MPa　10-22



F 算例 | 6061 镂空迭代　von Mises 62.8 MPa　10-22



G 算例 | 换 7075、减薄至 8 mm（680 g）　von Mises 72.3 MPa　10-22

六轮均为 von Mises 等效应力、同一加载曲线，**但几何不同，峰值不可直接横向比较**；7075 版峰值 72.3 MPa 对应约 6 倍屈服裕度（按 T7351 的 435 MPa 计）。**峰值怎么读、裕度怎么算，见下一页。**[F01]

强度这边还剩很多，却不再往下减了。8 mm 这版峰值 72.3 MPa，对 435 MPa 的屈服还有约 6 倍裕度，继续减薄强度完全扛得住；把厚度叫停在 8 mm 的是刚度——再薄，变形就压不住了。所以 13 mm → 8 mm 是**刚度给的极限，不是强度给的极限**，换 7075 买的从来不是刚度（模量只差 4%），它买的是减薄的许可，能减到多少由刚度说了算。**这也是这次仿真的边界**——它做的是静应力强度分析，只回答强度问题；刚度按变形趋势判断、尚未独立复核，耐温耐蚀韧性同理。这三条前面已经过了一遍，都不构成否决，换材料才成立。

[F01] 模型为 Ansys Mechanical 静力学分析，网格与边界条件按各轮模型设定；最大值为对应载荷步下的节点峰值，不代表整体应力水平。六轮模型的完整记录见第 11 页附录。本页结论不代替按 435 MPa 重算的安全系数，也不代替独立的刚度复核。

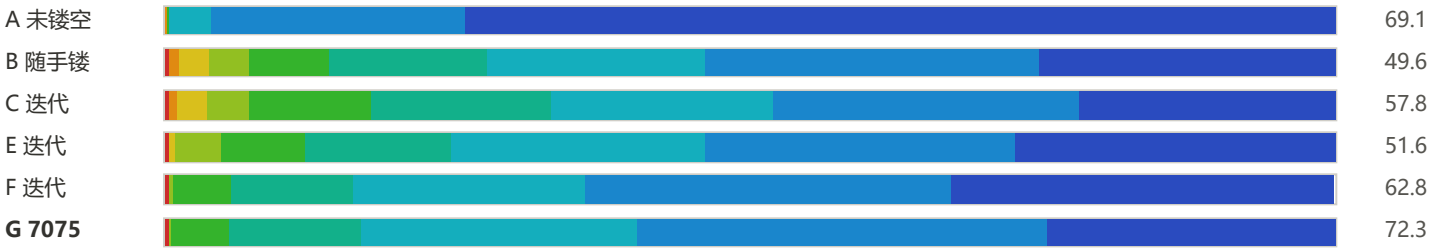
07 / 裕度口径

峰值不是裕度：要比的是面积，不是一个节点

同一个零件，按峰值算和按面积算，结论可以完全相反——A 按峰值最差、按面积最好。峰值是单个节点、会被网格放大；P95 取从高应力端累计 5% 面积处的应力、覆盖热点又不含奇异点；面积均值只反映材料用得多满。**先定看哪个数，再谈裕度。**[F01]

峰值节点应力是网格相关量。约束点、加载点、孔边在理论上奇异，网格越密峰值越高、不收敛——它反映的是几何尖点，不是危险位置。判断方法很直接：加密网格再算一次，峰值继续涨就是奇异。这块板六轮峰值都落在孔边与约束面，而 **A 的峰值是自身 P95 的 4.6 倍、其余五轮只有 1.6–2.2 倍**，这个倍数就是奇异度指标：A 的 69.1 MPa 是一个点，G 的 72.3 MPa 是一片。

六轮的应力分布



条长为各算例自身色标 9 档的面积占比（%），自左向右由高应力到低应力；右侧为 σ_{max}（MPa）。**各轮色标范围不同，只能看分布形态，不能横向比条长。**[F01]

三种口径下的裕度

算例	材料 / σ_y	σ_{max}	n(σ_{max})	P95	n(P95)	面积均值	n(均值)
A 未镂空	6061 / 276	69.1	4.0	15.1	**18.3**	6.3	43.7
B 随手镂	6061 / 276	49.6	5.6	31.2	8.9	12.6	22.0
C 迭代	6061 / 276	57.8	4.8	35.9	7.7	15.7	17.6
E 迭代	6061 / 276	51.6	5.3	28.5	9.7	12.3	22.5
F 迭代	6061 / 276	62.8	4.4	29.0	9.5	12.5	22.1
G 7075	7075 / 435	72.3	**6.0**	33.0	**13.2**	15.4	**28.3**

σ 单位 MPa，n 为无量纲安全系数，$n = \sigma_y/\sigma$。P95 取从高应力端累计 5% 面积处的应力、档内线性插值；面积均值按各档中点加权。7075 按 T7351 的 435 MPa 计、**不按仿真所用的 503 MPa**，偏保守。[F01][A01]

> 按 σ_{max} 排 A 最差（4.0）、G 最好（6.0）；按 P95 排 A 最好（18.3）、C 最差（7.7）——**同一个 A 在一张榜垫底、另一张榜第一。**A 的 69.1 MPa 只在孔边一个点，74% 面积还趴在最低档；C 的 57.8 MPa 背后有 18% 面积超过 20 MPa。判断会不会坏取 P95：六轮最低 7.7，全部安全；**A 的 18.3 不是优点，是材料没被用上。**

[F01] 面积占比由截图色标分档反算，属像素统计口径，误差约 ±2 个百分点；P95 与均值为分档近似值，非逐节点统计。
各轮均取同一加载曲线（800 N、1 s 末），几何不同。本页不代替按 435 MPa 重算的安全系数与网格收敛性验证。

08 / 最终方案

把零件拆开：强度结构换 7075，功能结构换塑料

承板以后不再当一件做，按承不承力拆开：承力部分继续走铝、牌号换 7075；功能部分独立成件，交给 3D 打印或注塑。**界线就是载荷路径**——有主承力路径经过的归第一件，只是把东西固定在某个位置的归第二件。

拆出来的部分	材料与工艺	这样分的理由
承力板体 摆臂关节座、轮系承载等主承力路径	7075-T6 板材，**实物定 T7351**，CNC 加工后减薄	弯矩、剪力与冲击载荷全部走这条路，只有这部分需要比强度，减重收益集中在这里
功能结构件 电池安装、接口安装、走线、传感器支架	3D 打印（尼龙 / 树脂）或注塑	这些部位靠形状到位、不靠材料强度，塑料一次成型，省掉铝件的机加与镂空工时
两件的连接界面 螺钉 + 预埋螺母、定位销、金属衬套	标准件与嵌件	拆件新增的接口，载荷由此从功能件传回承力件，要单独校核防松、压溃与定位精度

拆件不是免费的，代价全在接口上

两件之间要加螺钉、预埋螺母与定位销，装配多一道工序；拆开后每件单独保公差，拼回去靠定位销、不能靠螺钉孔的间隙；功能件换塑料刚度下降，贴承力板的一面要加筋或加厚，防止拧紧时压塌；7075 的螺纹不如 6061 耐用，反复拆装的位置改钢丝螺套或做成通孔加螺母。

反过来说，如果某块板的功能结构只是几个孔、拆开更麻烦，那就别拆、整件维持 6061——**拆件是为了让每部分用对工艺，不是为了拆而拆。**

> 边界照旧：需要焊接的部位不划进 7075 件，贴发热源的部位维持 6061，7075 件与不锈钢、碳板接触的位置加绝缘垫或换同电位紧固件。

拆件前后对照

项目	拆件前	拆件后
零件数	1 件，一体加工	2 件 + 连接界面
材料	6061 整板	承力件 7075（T7351） / 功能件塑料
加工方式	整板机加 + 镂空	承力件 CNC 减薄 + 塑料件 3D 打印或注塑
质量	1530 g（未镂空） / 1030 g（镂空后）	**680 g**（承力板体，板厚 13 → 8 mm，功能件另计）
装配	单件安装	多一道连接界面，拼回靠定位销而非螺钉孔间隙
成本结构	材料低，镂空工时高	材料高，工时集中在承力件，塑料件省掉铝件工时

连接界面的防松、压溃与定位精度需单独校核；本页只给出拆分原则与代价清单，不含接口件的具体规格选型。
功能件的塑料牌号与成型工艺应另行评估（耐温、耐候、蠕变），本报告未涉及。

09 / 结论

结论：可行，但性质是一次"拆件 + 配套工艺"的改动

7075 替代 6061 在这台车上是可行的，前提是把它当成一次"拆件 + 配套工艺"的改动，而不是把材料栏改个牌号。

能拿到的是

承力板体在同样载荷下可以减薄，侧板从 **1530 g 降到 680 g**（约 44%），板厚 13 mm → 8 mm，仿真结果还更好。收益来自材料本身——强度涨了近一倍、重量只多 4%；仿真只是让人下笔更有底气、刀工更细。**强度还剩约 6 倍裕度却不再往下减，是因为再薄刚度就压不住了。**

要付出的是

材料 1.4–2 倍、刀具与工时上升、拆件后多一道连接界面与装配工时、表面处理必做且要算疲劳代价、图纸补膜厚与尺寸预留并写明状态（**T7351**）与供货标准。

风险只有两处，都可控

腐蚀靠状态选型 + 阳极氧化 + 封孔 + 电偶隔离；疲劳靠圆角、避免截面突变、控制刀痕、不叠厚硬氧。耐温不成立——不贴热源，工作温度远低于 100℃。

环节	判断	依据
收益	成立 侧板 680 g，约为原始状态 44%	屈服 276 → 503 MPa；T7351 后 435 MPa 仍为 1.6 倍
刚度	减薄的真正控制项	弹性模量差 4%，换料不改善刚度；本件停在 8 mm 是刚度给的极限，尚未独立复核
腐蚀	可控	T7351 把厚度方向门槛从 50 提到 270 MPa 量级；阳极氧化 + 封孔 + 电偶隔离
疲劳	可控	圆角、避免截面突变、控制刀痕、膜厚 25–30 μm
焊接	划边界	承板整板机加不涉及；需焊接的件不进 7075
耐温	不成立	不贴热源；贴电机壳体的件维持 6061

> 下一步强度只补一件事：安全系数**按 435 MPa 重算**（8 mm 下约 6 倍裕度，结论不变），不带着 503 出图。真正的缺口在**刚度**——8 mm 这个终点还缺一次独立的刚度、屈曲与模态复核。

落到行动上

- **强度复核（硬性）**——安全系数按 435 MPa 重算，不带着 503 出图。
- **刚度复核（第一优先）**——8 mm 是刚度给的极限，需独立复核变形、屈曲与模态。
- **图纸补注**——状态 T7351 与供货标准、膜厚 25–30 μm、圆角与缺陷尺度。
- **拆件接口**——防松、压溃、定位精度；反复拆装处改钢丝螺套。
- **首件与试验**——探伤加尺寸复检；样机跌落闭环仿真后才进批量采购。

附录 / 资料索引

来源、仿真记录与本次未做的部分

编号	来源	内容与边界
[A01]	铝合金标准性能数据体系	6061-T6 与 7075-T6 的密度、弹性模量、屈服、抗拉、疲劳极限、热导率、线膨胀系数与切削性。**典型值，非设计许用值**
[A02]	航空金属材料性能与许用值体系（MMPDS / AMS）	热处理制度、应力腐蚀敏感性分级、T73 / T7351 过时效状态性能与门槛应力。**设计许用值应以此类标准为准**
[A03]	断裂力学与疲劳裂纹扩展文献数据	K_{IC}、ΔK_{th} 典型值及取向依赖性。**临界裂纹尺寸为按公式估算，非引用值**
[F01]	本项目侧板有限元模型（Ansys Mechanical）	静应力强度分析，六轮模型记录见下表。**材料参数为 T6（503 MPa），尚未按 T7351 重算**
[F02]	本项目实物样机与跌落试验	**尚未进行。**首批样件后应做单次与多次同姿态跌落，闭环仿真结论

六轮仿真记录

算例	物理量	最大值	日期	备注
A	von Mises 应力	69.1 MPa	10-23	**未镂空基线**，见第 07 页
B	von Mises 应力	49.6 MPa	10-23	首次随手镂空，减重幅度最大，见第 07 页
C	von Mises 应力	57.8 MPa	10-21	6061 镂空迭代，见第 07 页
E	von Mises 应力	51.6 MPa	10-22	6061 镂空迭代，见第 07 页
F	von Mises 应力	62.8 MPa	10-22	6061 镂空迭代，见第 07 页
G	von Mises 应力	**72.3 MPa**	10-22	**换 7075、减薄截面，680 g 版本，见第 07 页**

算例字母为 Ansys Mechanical 中的项目名，与第 07 页图注一一对应。各轮几何不同、加载曲线相同，**峰值不可直接横向比较**；裕度与分布见第 08 页。此表用于记录可追溯性，不作为优化效果评价。

本次未做的工作

- **未做**按 T7351（435 MPa）重算的安全系数——现有仿真全部基于 T6 参数。8 mm 下峰值 72.3 MPa 对 435 MPa 仍有约 6 倍裕度，方向不变，但出图前必须换成 435 的口径。
- **未做**刚度、屈曲与模态复核——本次仿真只覆盖静应力强度。**8 mm 这个终点是刚度给的，本方案真正的控制项就是刚度，这一条是闭环前最该补的一项。**
- **未做**拆件后连接界面（防松、压溃、定位精度）的校核与接口件选型。
- **未做**功能结构件的塑料牌号与成型工艺评估。
- **未做**材料询价、刀具与工时核算、供应链交期。
- **未做**碳纤维板的建模、连接设计与询价——02 页只做了材料层级对比，**未进入方案比较。**
- **未做**实车跌落试验，仿真结论尚未闭环。