



INTROPY

SPEEDSTER

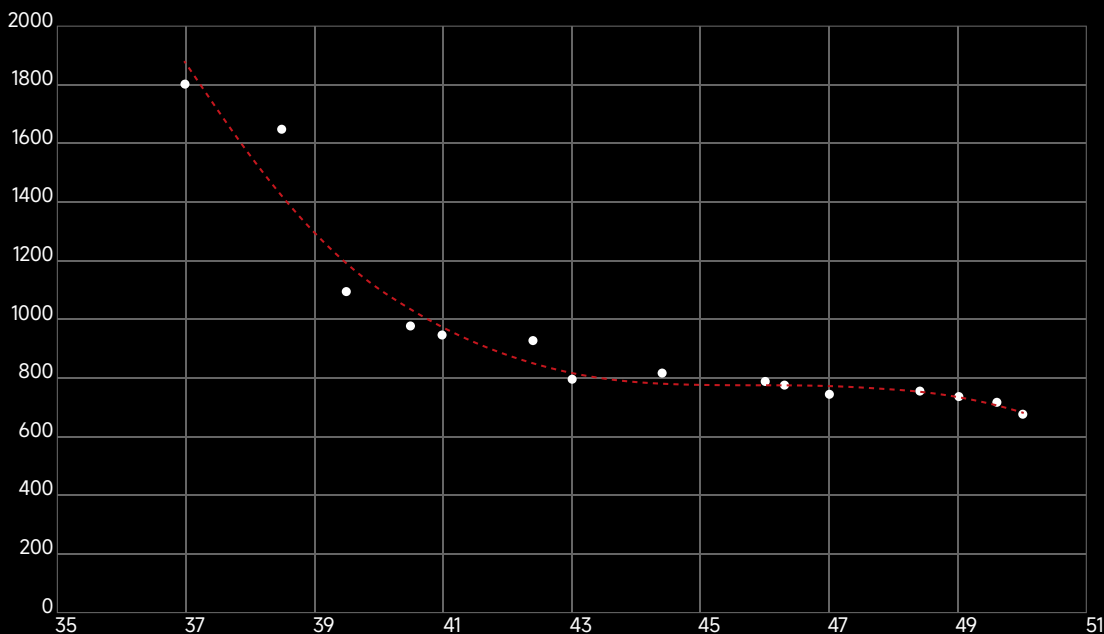
技术白皮书

以数据 定义产品方向

在过去几年间, UCI 对于公路自行车的限制在很大程度上被放宽了, 那些著名的规则, 比如对车架管型截面长宽比不能超过 3:1、立管和上管的截面最窄处不能低于 25mm, 都被取消了。这在很大程度上解放了公路车架的设计限制, 实际上, 如果按照现行规则的话, 公路车架已经可以采用和计时车一样的极端形态。

INCOLOR 作为行业内知名的设计公司, 我们设计过众多不同类型不同定位的公路车架, 其中就包括一些榨尽 UCI 规则范围潜力的极端设计。当我们开始构思 INCOLOR 自有品牌的公路车产品时, 我们根据这些案例的 CFD 分析结果, 结合实际生产后的产品重量, 绘制出一条关于气动阻力和车架重量的关系曲线图:

车架重量 (g)



车架组阻力 (W@40KPH)

从曲线图可以看出，
在车架组风阻大于 41W 时，相对较小的重量增幅即可获得比较明显的风阻减少；
而当风阻降低到低于 41W 时，相同的改进幅度就需要显著地牺牲重量。

根据流体阻力公式 $F = (1/2)\rho V^2 C_d A$ ，其中：

F 为流体阻力 ρ 为流体阻力 V 为流体阻力

C_d 为物体的阻力系数 A 为物体的迎风面积

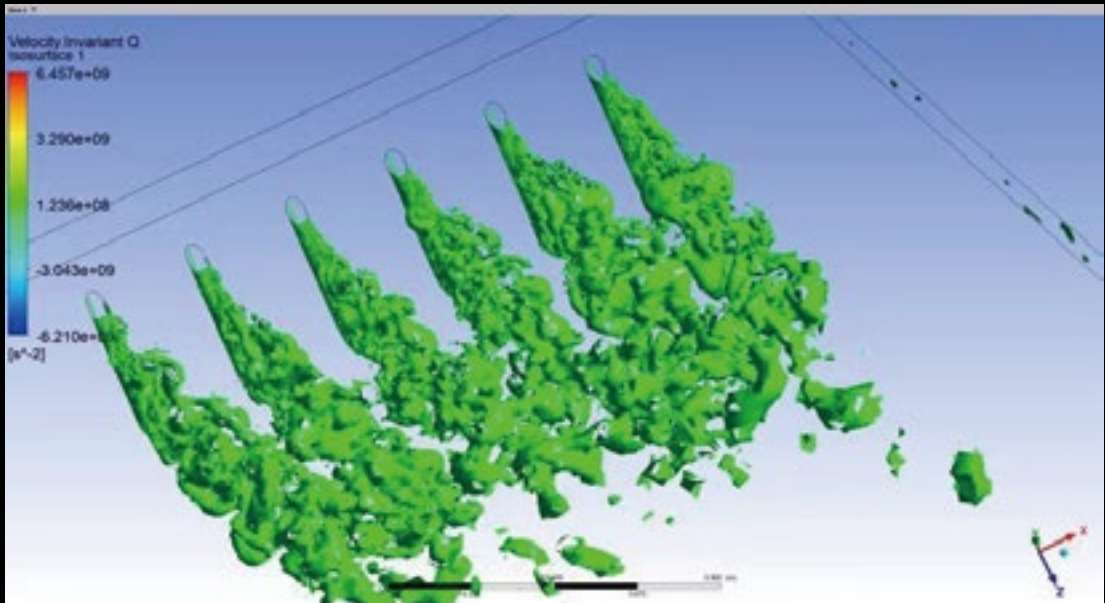
可知，特定速度下的空气阻力取决于物体的形状所形成的阻力系数，
以及物体的迎风面积。

更进一步地，根据雷诺数计算公式： $Re = \rho v d / \mu$ ，其中： d 为物体的特征长度

自行车架的雷诺数范围约为 50000-700000，
处于完全湍流流动的雷诺数范围内。

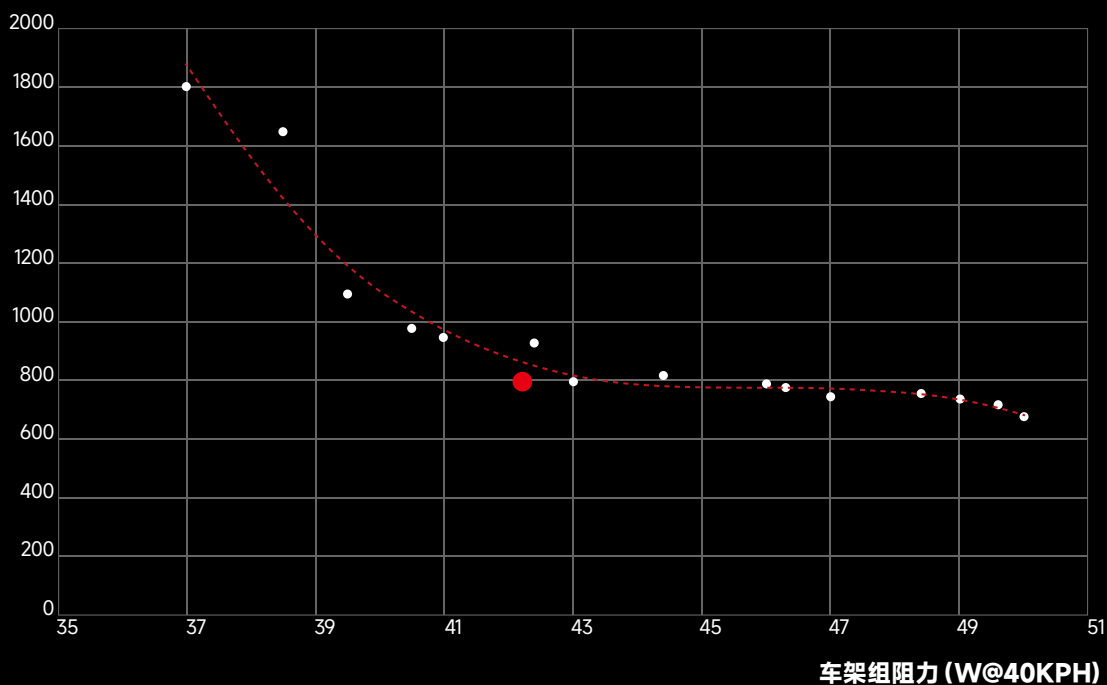
根据我们以往所进行的 CFD 分析结果，在这个雷诺数范围内，
围绕一个气动截面的气流不会沿着逐渐收窄的截面尾部流动，
而是被壁面上形成的涡流顶离壁面。

因此，不同截面所形成的尾流区域大小更多的取决于截面的宽度，
而不是具体的形状。



通过改变管型截面来增加管型纵深的方式来降低阻力系数，从而减少风阻的做法，效果并不明显，而增重甚多。

车架重量 (g)



有鉴于此，我们对 INTROPY 首款公路车的定义就是车架管型控制在不显著增加重量的长宽比之下，同时尽可能的压缩车架组的迎风面积来实现和传统气动公路车接近的空气动力学性能，亦即是图上红点位置。

CFD 方法论

有了基础的方向之后,我们需要使用 CFD 工具对设计进行分析评估。

作为一种研发手段,CFD(计算流体模拟)常常被消费者误解,认为其就是一种让品牌方在不想花钱在实体风洞测试时就能简单方便得到一个宣传噱头的便宜手段。然而鲜为人知的是,CFD 本身其实是一类数量繁多的计算方法的通称,其包含最简单的层流计算、到最复杂、计算量最庞大的直接数值模拟(也就是直接去计算纳维·斯托克斯方程组),其中精度、计算量的差异巨大,根本不可混为一谈。

由于行业惯性,自行车行业的 CFD 分析方法一般延续了航空业和汽车行业的通行方式,即某种 RANS(雷诺平均法)的变体为主。

这种方法本质上是一种“时平均”算法,其把小于一定时间尺度内的湍流流动,用经验数值和公式来进行简单的近似,而只对大于这个时间尺度的流体流动才进行数值求解,从而使得计算网格的最小大小可以划分成相对较大的尺度,大大降低了总的网格数量,缩短了求解的时间。

这其中的经验公式,则显著地影响了物体表面的压力分布、湍流从壁面脱落的位置,从而显著地对计算结果产生影响。由于 CFD 在发展早期主要的应用场景为航空航天业,尔后则是汽车、船舶行业等,因此 RANS 算法的经验公式和数值取值均基于这些场景得出,其往往在这些行业的应用中能获得足够精确的数据结果。

然而, 这些行业的计算物均具有一个显著的特点, 即其本身基本上是一个连贯曲面构成的整体, 这个整体的曲面上具有较为均匀的雷诺数变化。

而自行车却是完全不同的情况: 其本身由多个独立的管件构成, 管件之间间距较远, 以至于气流流过这些管件的时候是一个相对独立的过程, 但是距离又不足以远到让围绕上游管件的壁面流动不对下游的产生影响; 更甚之不同部件之间的尺度差异巨大, 比如车架下管和轮组辐条的尺度相差数十倍, 然而后者的对流场的影响却又足够显著, 以至于并不能被简单忽略。

因此, 若果按照别的行业的经验, 对自行车整体尺度计算一个大致的雷诺数用来指导网格的划分密度的话, 就会导致网格的细节过于粗糙, 从而让流场细节发生显著失真, 而当改为使用更小的网格尺度的时候, 却又会使得最小网格尺寸在某些区域接近或小于壁面湍流层的尺寸, 从而使得计算发散或失真。

并且, 由于其时平均算法的本质, 更改计算步时长的时候, 也会对结果产生显著的影响, 从而让数据缺少绝对性, 必须通过实测值进行效验才具有意义。

RANS 算法 vs LES 算法

另一方面，近年随着计算机性能的显著提高，另外一种方式方法，即 LES(大涡模拟)逐渐得到了广泛的应用。其不再使用时间尺度来对流体流动进行划分，而是根据网格大小进行划分，对小于一定尺度的网格使用类似 RANS 的方式进行模拟，而更大尺度的网格则使用直接数值模拟的方式进行计算。

这种算法由于会对 N-S 方程的湍流项进行计算，因此需要划分更细的网格，这对于自行车来说却正好十分的合适：因为更细的网格能更好地反映自行车上那些细小的、但是影响却不可简单忽略的造型特征，同时，其很好的摆脱了计算步长对计算结果的影响，而网格的大小则只对流场细节产生影响，整体的流动状态几乎不发生变化(更大的网格则会直接导致计算发散)。由此，其具有了某种结果绝对性，具有比 RANS 算法更高的可信度。

我们对不同的算法进行了结果准确度的评估。根据我们的计算结果：RANS 算法在不同的方式和不同的计算步长、网格大小时，可以发生最多多达 30-50% 的结果数值差异，而即使是其中最精细的一种，和 LES 之间也有超过 10% 的数值差异；另一方面，LES 在合理的时间步长和网格大小范围内任意调整，结果的差异基本在 5% 以内。

而当调整超出了合理的范围时，计算则会直接给出不收敛的结果，这种特性使得只有 LES 的结果具有足够的可靠性和一致性，能够对车架设计上各种微小的调整做出足够精度的结果预测。



基于 RANS 算法 (k-epsilon 湍流模型) 的流场结果

网格数: 300 万 迭代步数: 300 迭代步长: 0.01s 计算时间: 6小时(7个角度)



基于 LES 算法的流场结果

网格数: 3200万 迭代步长: 0.002s 迭代步数: 300 计算时间: 200小时(7个角度)

数据驱动的设计优化

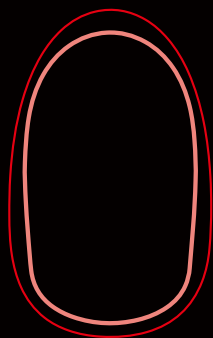
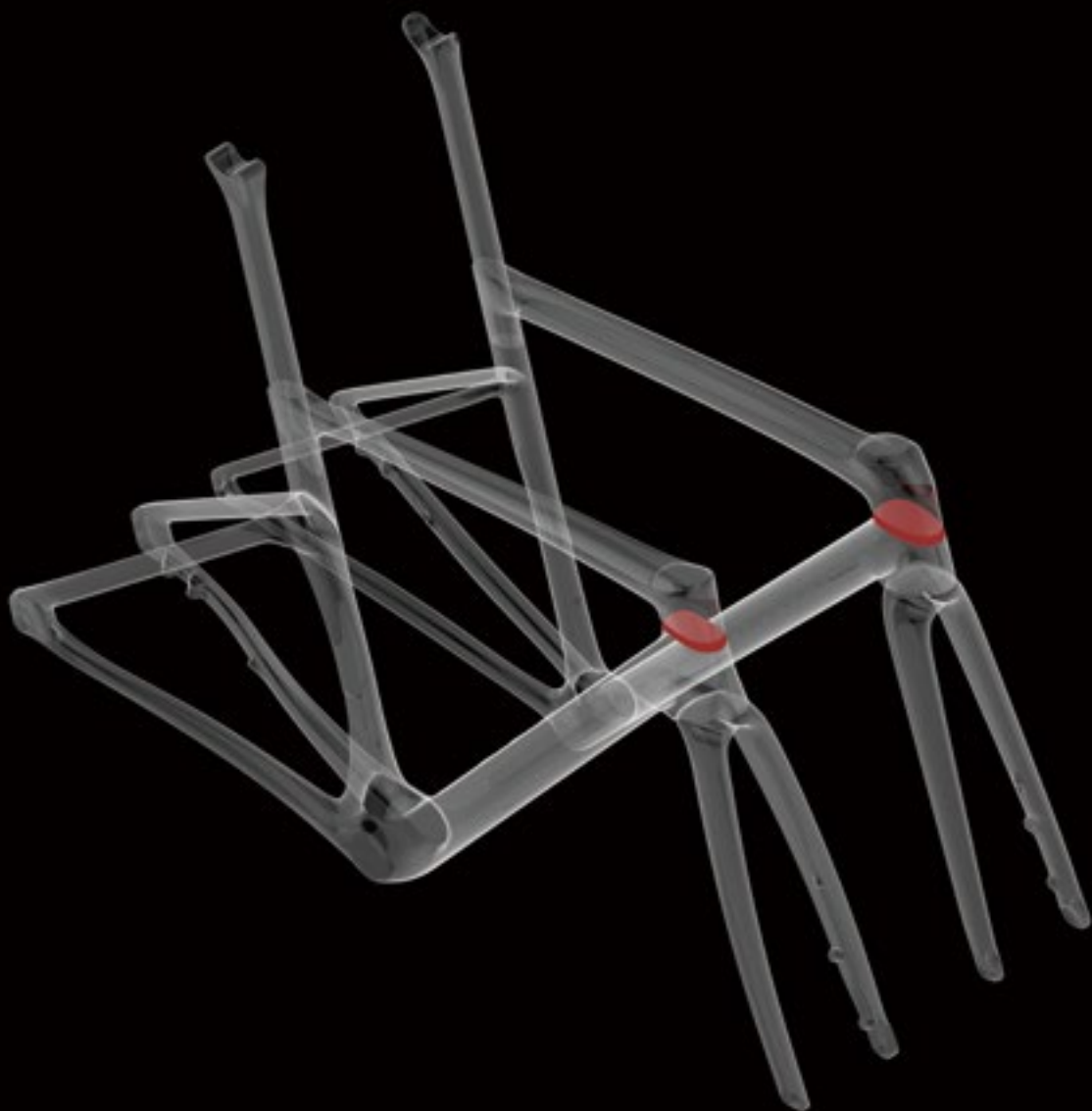
如前文所述，我们把车架组的风阻优化注意力集中在如何降低迎风面积上。其中，最为重要的是尽可能压缩车架头管区域的迎风面积大小。

对于内走线车架而言，由于后刹油管、前后变速线管（如果使用机械变速的话）需要从舵管侧面经过，因此头管的外部尺寸收窄受限于舵管和线管的直径。

具体而言，对于使用 28.6mm 舵管的车型，头管外宽至少要达到 $28.6(\text{舵管直径}) + 5 \times 2(\text{油管直径}) + 3 \times 2(\text{车架管壁厚度}) + 1.5 \times 2(\text{空间余量}) = 47.6\text{mm}$ 的宽度。通过使用异形舵管或小直径舵管能一定程度上缩小舵管所占用的横向空间，以用于减少头管外宽，但是这是以大幅度牺牲舵管强度和刚性为代价的。

另一些品牌则通过在头管前端向前延伸出一段来让头管区域的截面更接近理想的气动截面形状，然而这种做法仅是略微改善了头管区域管型的 Cd 值，无法缩小迎风面积，因此作用非常有限。

如果有一种办法，能够让油管始终保持在舵管的正前方，直到越过头管最窄的地方才向后弯曲经过舵管侧面，那么就可以让车架头管外宽减小到 $28.6\text{mm} + 3 \times 2 + 1.5 \times 2 = 37.6\text{mm}$ 。



INTROPY SPEEDSTER 头管截面

SL8 头管截面

一体过线座 & 坐杆

我们通过在车架头管内侧前方增加了一个一体过线座,使得后油管和变速线管能够被固定在舵管正前方通过头管最窄的区域,直到到达头管较宽的区域时才向后进入头管后方。

同时结合使用上段带2.5mm偏心的舵管,使上碗组可以使用1.25英寸的轴承规格,相比于使用1.5英寸的普通内走结构,进一步降低了10%的头管迎风面积,同时还具有充足的走线空间以容纳四根管线。

其次,由于UCI放松后的规则允许更薄的立管和上管,我们也将INTROPY SPEEDSTER的立管上段做到20mm厚度,坐杆则收窄到18mm厚,而立管下段则加宽到32mm以吻合后轮轮胎和轮圈的外宽,同时整根立管做了大约10mm的整体后移,以确保立管后缘轮廓线能够很好地和后轮胎贴合,并让后叉叉肩尽可能的填充后轮前上方和立管之间的空隙——填充该区域能有效的减少由于后轮旋转产生的逆向气流和流过立管的正向气流互相碰撞所产生的湍流区域,根据我们以往的CFD经验,能减少大约10%的作用于后轮上的阻力。

收窄后的坐杆将无法如以往的车架那样,把Di2电池放置在坐杆内部。为此,我们在五通前方设计了一个用于容纳Di2电池的舱体,该舱体可以方便地通过拆装固定螺丝来快速安装和拆卸,以满足车手的航空托运需求。



此外，INTROPY SPEEDSTER 的下管设计成只有 42mm 的宽度，这个数据要比市面上大多数纯气动公路车还要小。

围绕 42mm 宽度的下管，我们还设计了等宽的气动水壶架组，以确保最大化发挥车架的气动效能。

为了克服气动水壶的使用缺陷，我们把水壶架设计成全包裹式的设计，很好地杜绝了气动水壶容易颠掉的问题；同时水壶盖还使用了旋入式设计，免除了卡扣式设计会不断漏水的问题。

最后，INTROPY SPEEDSTER 标配了气动设计的 Aerowav 一体把。和车架的设计理念类似，我们并不打算在车把上使用超宽的截面，因为这将显著的增加重量，同时还会导致握持感受劣化。

我们依然把优化重心放在降低迎风面积上——把横最薄处仅厚 17mm，并自带单边 12.5mm 的外撇量，使得下把造型和手变刹把形成相互遮挡的效果，从而降低风阻。Aerowav 是我们设计过的最气动的一体把，甚至比一些长宽比更为极端的设计，降低了 2-3W 的风阻。

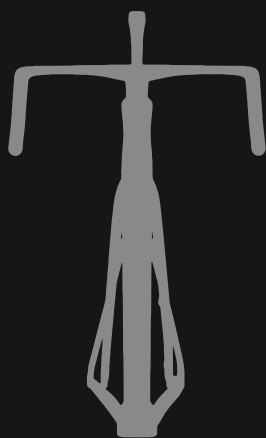




**INTROPY
SPEEDSTER**

626.64

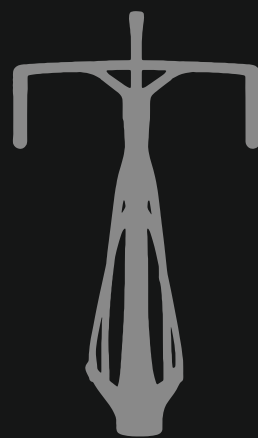
<



Tarmac SL8

637.32

<



Cervelo S5

646.95

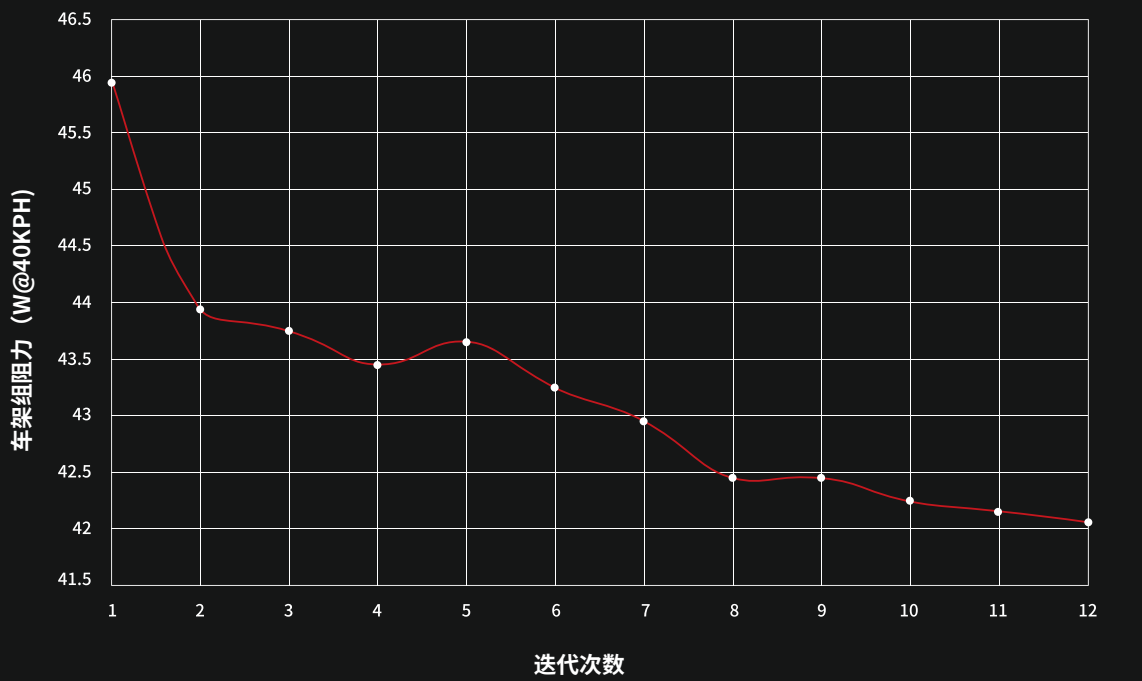
综合这几项创新

我们得以把 INTROPY SPEEDSTER 的迎风面积压缩到 626.46 cm^2

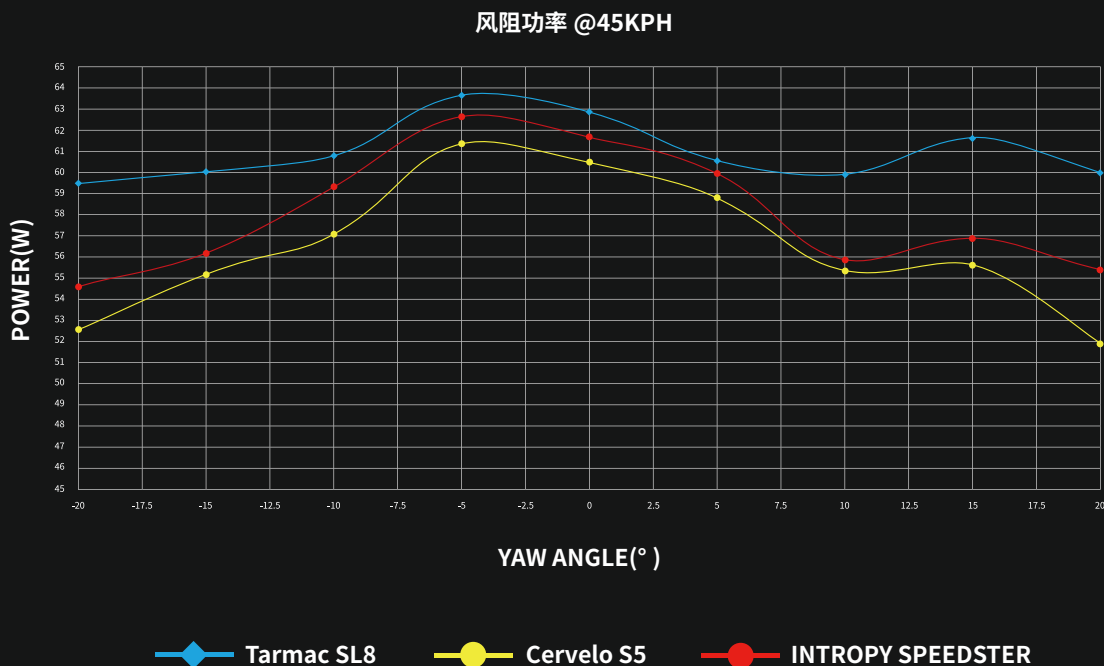
这个数据甚至比纯气动车型 Cervelo S5 要小 3.2%

也比气动综合架的标杆——Specialized Tarmac SL8 要小 1.7%

CFD 结果和对比



基于正确的初始定义, INTROPY SPEEDSTER在初稿完成时就有不错的CFD数据结果。然而我们还是基于尽善尽美的原则, 对INTROPY SPEEDSTER的形态和管型截面进行微调优化, 并进行了总共13次CFD迭代优化:



在最终的CFD模拟中，我们把INTROPY SPEEDSTER和Cervelo S5，以及Tarmac SL8进行了对比。前者作为这个时代最经典的气动车，通过使用突破常规的Y形把立设计显著降低了头管高度，从而减少迎风面积，而这些特殊设计加上大长宽比的管型，也使得S5的车架重量高达1100g。另一方面，闪电SL8虽然号称是气动综合车架，但是在车架管型上并没有使用多少气动管型，而仅仅通过缩小管型直径来减少迎风面积，再加上气动性更好的一体把来获得不错的气动性能。最终的CFD结果是，我们的车架在40kph的速度下平均比闪电SL8减少4.5w的风阻，而比Cervelo S5则高出1.6w。

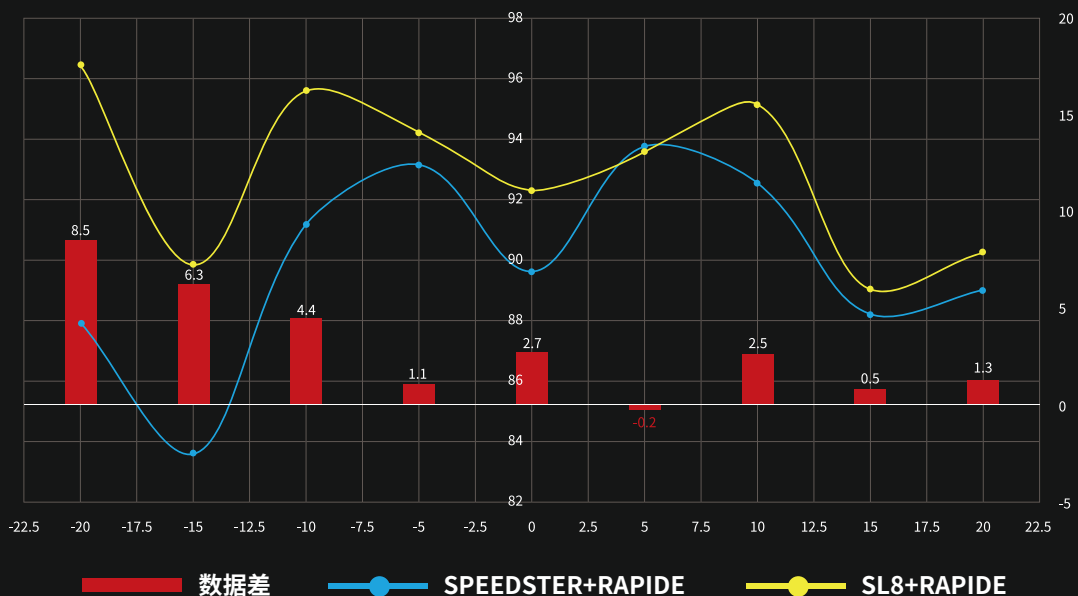
银石风动测试

基于 LES 瞬态模拟的 CFD 分析和形态迭代，贯穿于车架设计的整个流程之中。而最终把整车送到位于英国银石的 SSEH 风洞实验室进行风洞实测，则是对于前期 CFD 计算结果准确性的最终验证。

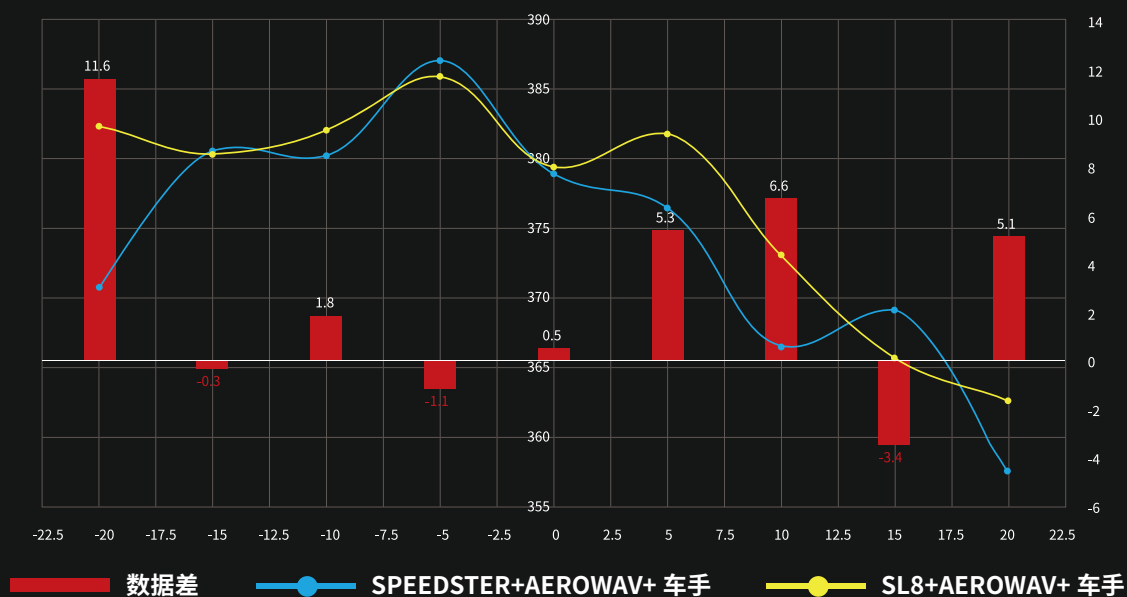
在银石风洞的实测中，我们进行了 36 和 45kph 下，INTROPY SPEEDSTER 和闪电 SL8 在带骑行者和不带骑行者的情况下的风阻对比。

结果显示，INTROPY SPEEDSTER 在 45kph 速度下不论带人还是不带人，风阻都比 SL8 平均少 3W。

INTROPY SPEEDSTER 和 SL8 车架组对比 (功率 W)



INTROPY SPEEDSTER 和 SL8 车架组对比 (功率 W)

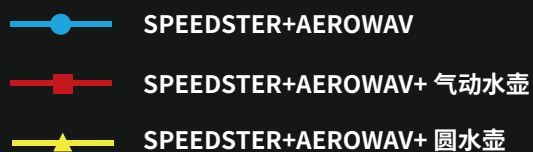
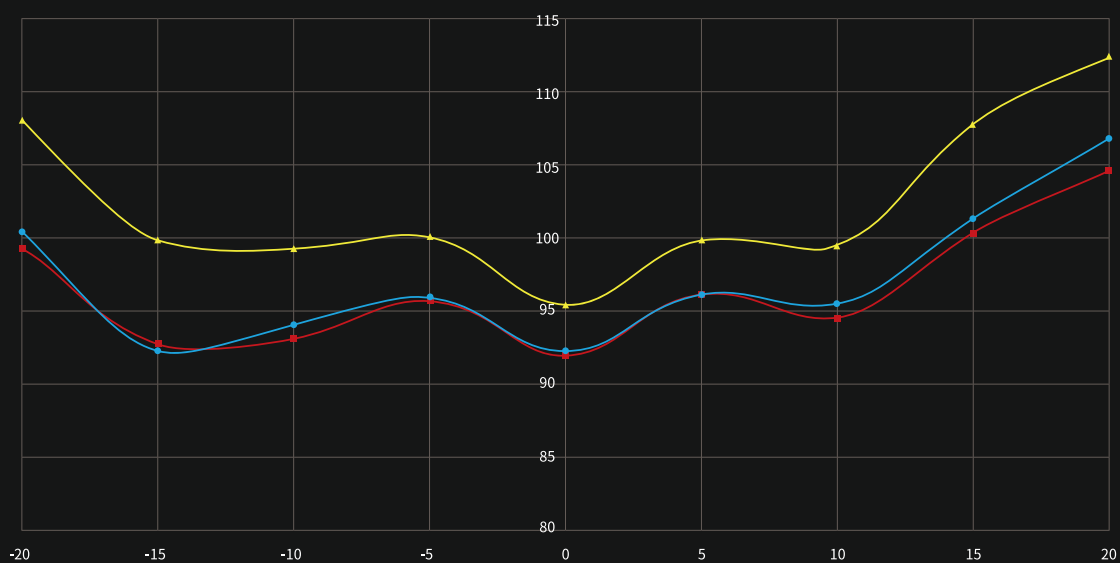


另外, 我们在银石风洞中, 对普通水壶和气动水壶的气动性差异也进行了测试, 其结果如右图。可以看到, 不装水壶和装气动水壶的情况下风阻数据的差异在1W以内, 这足以说明通过加大管型长宽比 (使用水壶去填充管型后部, 可以看做变相地增加管型的长宽比), 减阻作用比较有限。

另一方面, 普通水壶和气动水壶之间的数值差异高达3-8w, 体现了普通水壶大幅度增加的迎风面积对风阻的影响, 也再次反映了减少迎风面积对于车身减阻的重要性。

基于风洞实测的数据, 我们可以评估出在实际比赛中, INTROPY SPEEDSTER能比Tarmac SL8快多少时间。在以45km/h的基准速度前进时, INTROPY SPEEDSTER能比Tarmac SL8快0.12km/h, 换算成时间相当于100km的骑行快了21秒 ;如果是以36km/h的速度前进, 数字则变成0.09km/h和27秒。

INTROPY SPEEDSTER 水壶数据对比 (功率 W)



比 SL8 更快, 比 TCR 更硬

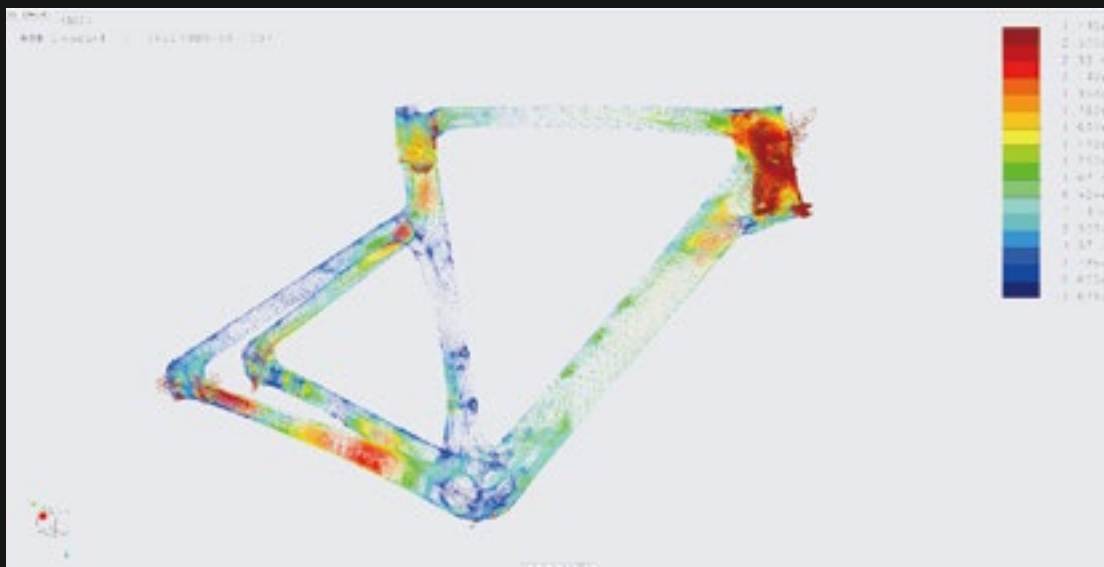
我们知道, 空气动力学是公路车设计的重中之重, 但是光有气动性, 没有刚性, 车架的骑乘感受将会变得十分糟糕, 甚至容易导致意外摔车。

而空气动力学设计在大多数地方, 是和刚性需要相背离的——为了尽可能降低风阻, 车架管型必须设计成在正面看上去更窄的状态, 而刚性的需求却完全相反: 它要求车架管型尽可能的宽, 以提供更高的侧向抗弯性能和抗扭性能。作为设计师, 我们必须无时无刻地在这两者之间做痛苦的取舍。

幸运的是, 高等级的材料运用, 加上我们工厂的高超排叠技艺, 使得超强空气动力学性能+超高刚性这种不可能的组合, 变成了可能。

由于前期的CFD优化结果表明了不需要太大的管型纵深, 即可获得优异的气动性能, 我们得以尽可能的压缩INTROPY SPEEDSTER车架的表面积, 这使得我们有更多的材料余量用于增加车架的刚性, 而不是把材料浪费在粗大而扁平的管壁上来增加管壁的抗单点冲击能力。

同时, 我们还应用了FEA手段对车架复杂的气动表面的应力大小和方向进行了预测, 从而指导工厂进行更合理的排叠规划。



依照FEA提供的结果, 以及实测的数据, 工厂对INTROPY SPEEDSTER的排叠进行了多达14次的迭代——要强调的是, 这些迭代并不是在计算机世界里进行的虚拟迭代, 而是真实的在工厂里实际试做的迭代, 而这些工作, 耗费了我们大半年的时间!

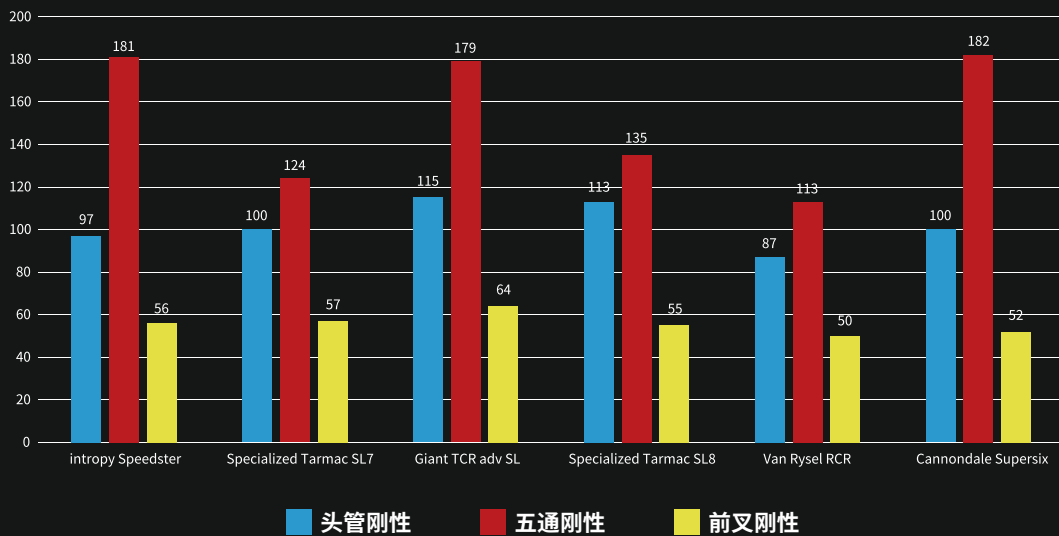
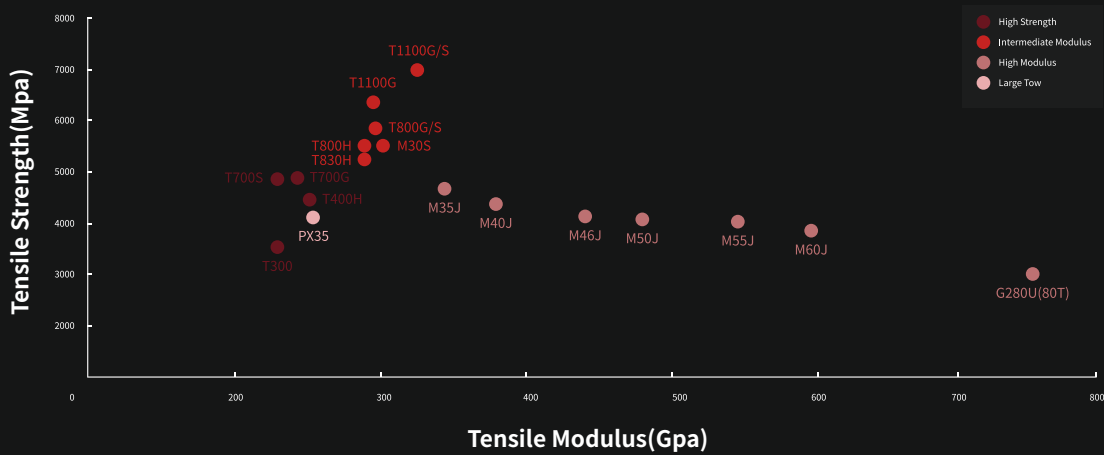


在车架组的前 8 次迭代中，我们把各根车架管的主铺层交叠面，更多地挪动到需要增加刚性的地方，比如说，原本车架下管主铺层的交叠面一般被放置在下管上下缘，因为那样更加符合工人操作习惯。然而为了改善下管的侧向刚性，则要求我们把更多的交叠面放在下管的两侧，因为交叠面实际上提供的双倍的铺层厚度，有利于提高下管的抗弯性能，同时还能改善扁平的下管侧壁在受到尖锐物撞击时的抗性。由于没有明显地增加碳布的使用量，因此车架重量并没有显著地增加。

而进一步的职业车手反馈，促使我们把车架刚性提到相比于重量更为重要的地位上来。我们深知，有时候一个很漂亮的重量数字将会十分有利于市场销售，而刚性数据往往呈现各个品牌自说自话的状态，消费者很难自行进行客观的评估。然而，我们知道刚性不仅仅是测试台上的一个数据，而是一个真真切切能被骑行者感受到的、并确实会影响踩踏效率和骑行速度的重要属性。

我们开始把车手普遍认为具有优秀加速性和踩踏反馈的 Giant TCR——的刚性，作为我们的对标对象，并且在所有和刚性相关的区域，包括下管、上叉、下叉的两侧，以及前叉、车把上，使用了大量的 80T 沥青基超高模量碳纱(SS+)和 M60J 高模量碳纱(SS)。

结合 T1100 (SS+) 和 T800 (SS) 的主材，我们成功把五通刚性提高到 181N/mm 的水准，这已经达到并小幅度超过了 Giant TCR 的数据——要知道，TCR 甚至不是一款气动车架，它的下管宽度足足有 INTROPY SPEEDSTER 的 1.8 倍之多！



几何：操控性和骑乘质感的核心

基于团队成员十多年的骑行经验和竞赛经验，我们对于公路车的几何有独立的见解。骑行者感受到的一台车的骑行质感，最直接的来源就是几何数据，举个例子，闪电tarmac系列和Cervelo的S系列和R系列，都相当程度上贯彻了他们来自于圈刹时代的型号的几何，除了RC因应shimano的要求略微加长之外，在trail值、头管角、轮距和五通下沉量这些和操控性最为相关的数据上基本上没有明显的变化，而在这些数据的组合上，闪电和Cervelo选择了较短的轮距和较小的trail值，表现为车的操控更为灵活，会在第一时间给人一种轻快的感觉；

另一方面，由于现代公路车适用的使用场景相比十年前已经大大拓宽了，那些以往被认为必须使用专用的车型才能驾驭的鹅卵石、砂石路况，在当前已有越来越多的职业选手试图使用气动大组车型。

这对于公路车的几何设计提出了新的要求，即要求车子在坐姿骑行状态下有更小的横向摆动量和车头摆动量，从而减少车子在长距离以及颠簸路面上的能量损失，以及具有更强的自稳性，以减少对骑行者的操控需求，从而降低疲劳度。

基于这些需求，cannondale、BMC、scott等品牌对其大组车的几何都做了不同程度的改变，包括减少头管角度、增加五通下沉、增加trail值、增加轮距以及缩短把立等等。这些改动虽然增加了稳性，但是另一方面却降低了操控灵敏度，也就相比于闪电和cervelo的车型缺失了一点直观的轻快感。

有鉴于此，我们基于之前多款不同车型的设计经验，提出了一个独特的几何方案，即结合了包括更小的头管角、更大的五通下沉这些增稳的手段，同时又使用了405mm的短后叉设定来减少低头管角所带来的轮距增长量，稍短的车架reach值和稍长的把立长度，以及和闪电一样的前叉trail值设定。



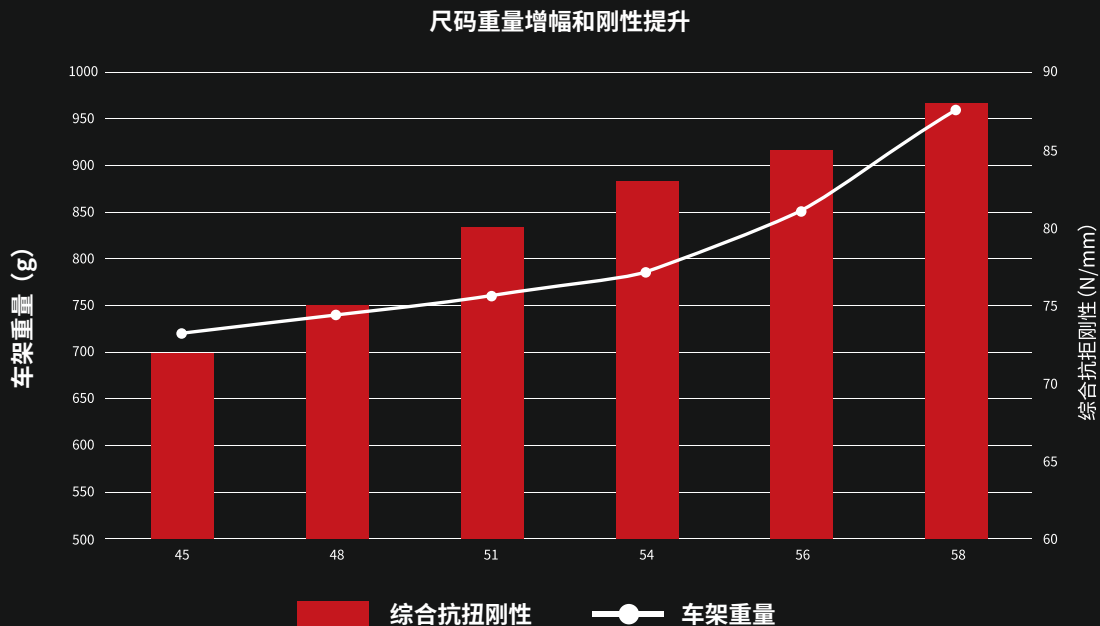
这些措施的结合,使得INTROPY SPEEDSTER变成了一台在平路续航时有着更高的踩踏稳定性,同时在站立摇车时又表现得足够灵活的车子,同时,这种独特的几何还带来了额外的好处,骑行者的重心比其他公路车略微靠后,在爬陡坡时有更好的抓地力特性,而在高速下坡时也表现出显著更优异的稳定性,在任何条件下都不可能触发虚迷效应,给予骑行者更强的下坡信心。

骑乘品质一致性

我们并没有片面地为了追求刚性，就把所有尺码的车架都尽可能往更硬的方向去做。实际上，因为车架管更短，小尺寸的车架天生地就具有更高的刚性和强度，而大尺码的则反之。如果我们把基于 54 码所开发的排叠，直接套用于 45-51 码上，则对于使用这部分尺码的、体重更轻、力量稍小的车手而言，体会到的将不是更强的刚性，而是因为刚性提高所导致的连带性的吸震性能降低，反而会快得多地产生疲劳感。

另一方面，如果是用在 56-58 码上，刚性将显著地不足以支撑身高更高因而体重更重的车手的踩踏力量，产生和小尺码迥异的骑乘感受反馈。这两个方向，显然都是不能接受的。

为此，我们设计了多个区域的可自由增减铺层数量的刚性纱区域，通过调节这些区域的刚性纱使用量以及宽度，对小尺码的车架的刚性和吸震性能进行了调节，使得这些尺码的在较轻的车手手上和大尺码的车架有较为一致的使用感受；同时，我们在更大尺码的车架上，除了增加在这些刚性纱区域的排叠数量，还额外在形变较大的头管和立管区域，进行了额外的补强，以确保这些尺码可以获得更强的刚性。

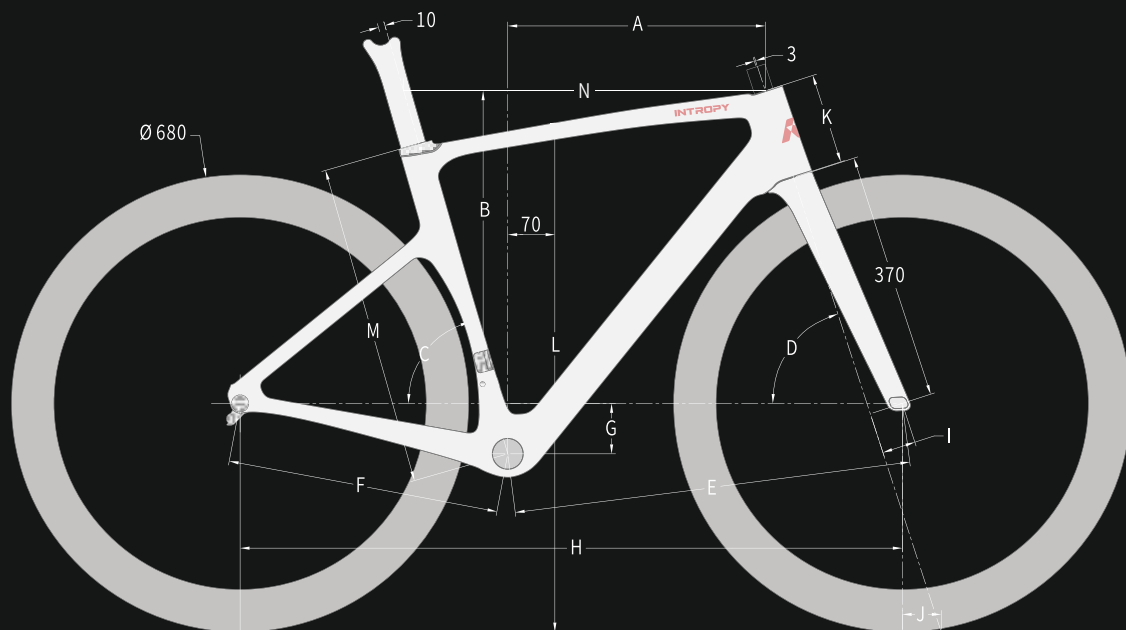


除了车架刚性之外，我们还对不同尺码的车架之间的几何差异进行了精心的调试，以确保他们有一致的骑乘感受。我们在 45-51 码上和 54-58 码上使用了两种不同 rake 值的前叉，以确保在大小尺码不同的头管角下，均具有接近于 58mm 的 trail 值，并且因应尺码变小而略微增大，直至 45 码的 60mm，以适应小尺码更小的轴距，而大尺码则略微缩小直至 58 码的 56mm。

另外，立管被设计为大小尺码具有不同的角度，随着尺码变大，立管角度逐渐从 75.5 度减小到 73.5 度，以对应不同身高人群不同的身体重心位置，以及不同的躯干和四肢比例。

不同尺码的Reach值设计成线性增加, 以确保每一个尺码均覆盖大致相同的身高范围。同时, Stack值设计成在小尺码上相差不大, 而更大的尺码上则显著增加。这是因为根据fitting人员的反馈, 身高更矮的人总体来说柔韧性指标更差一些, 需要使用str值更大一点的车架。

此外, 除了最小尺码为578mm, 其他所有尺码的Front center (前轴距) 值, 均设计为大于580mm, 这将确保所有尺码 (最小尺码通常需要搭配更短的155-165mm曲柄使用) 都不会发生前轮打脚的问题, 提升安全性。



尺寸	45-XXS	48-XS	51-S	54-M	56-L	58-XL
建议身高	155-162	162-168	167-173	172-178	177-183	182-188
展长	365	371	376	383	390	398
堆高	508	516	525	540	560	584
立管角度	75°	74.5°	74.5°	74°	73.75°	73.5°
头管角度	70.8°	71°	71.2°	72°	72°	72.25°
前轴距	578.3	585.2	592.1	591.3	605.3	618.5
后轴距	405	405	405	405	405	405
五通下沉	78	78	75	75	72	72
轮距	970.4	977.4	985.3	984.6	999.6	1012.8
前叉偏移量	55	55	55	50	50	50
拖曳距	60.2	58.9	57.7	58	58	56.4
头管长度	104.5	112.2	124.1	135.1	159.3	183.6
跨高	717.4	726.9	741.3	757.5	780.3	805.1
立管长度	443	453	464	480	500	526
等效水平上管	501.1	514.1	521.6	537.8	553.2	571.0

面向未来的规格



尽管大多数品牌把公路车分为了气动车、爬坡车、gravel 车, 宣称专车专用, 然而并没有什么硬性因素可以阻止我们把这三者合而为一。我们十分好奇在公路车的几何下究竟能塞进去多大的胎容, 而我们也确实这么做了, 结果就是, 我们在正常的 RC 长度 (405mm) 和前叉长度 (370mm) 下, 塞进去了 38c/36c (光头胎和小齿胎) 的胎容。结合全尺寸均不打脚的几何设计, INTROPY SPEEDSTER 完全可以用作偶尔的轻度 gravel 骑行, 以及长途旅行用途, 为你的用车方式提供了更大的想象空间。

Sram 会在未来的公路变速系统上使用 Ttype 结构吗? 答案是必然的。更好的后拨刚性、更高的强度、更低的侧面凸起量, 这些优势, 同样适用于公路车。因此我们提前一步在公路车上使用了 UDH 后拨勾系统, 为未来做准备。同时, 为了兼容 shimano 后拨, 我们还准备了 UDH 转直装式的尾勾。这些尾勾系统和标准的 sram 尾勾并不完全一致, 它们具有和公路车尾勾一样的几何规范要求, 以及优化过的重量, 以实现无痛式的对未来 Ttype 变速的兼容。

紧跟时代的趋势, 我们的车架当然也是使用螺纹式的 T47-A 五通。而为什么选择相对少见的不对称规格, 而不选择 85.5 或者 68mm 宽度的对称规格? 因为前者因为螺纹金属件的额外厚度, 可能会导致和一些品牌的功率计产生干涉, 而后者则无法将五通刚性最大化。根据我们的测试, 68mm 对称式 T47 五通, 相比于 T47-A 规格的五通, 刚性相差大约 10% 左右。

形式追随功能

设计美学似是只可意会,然而并非无迹可寻。

INTROPY SPEEDSTER 的外观设计基于一个基本逻辑,即我们希望可以在一个接近综合大组车的形态上,优雅地、不落痕迹地实现媲美顶尖气动车的气动性能,而不去使用夸张的气动元素、超大的管型长宽比,因为这些东西往往意味着明显的增重。如何有节制的使用气动设计元素和经典的综合大组车所结合,是这台车设计过程中的一大挑战。

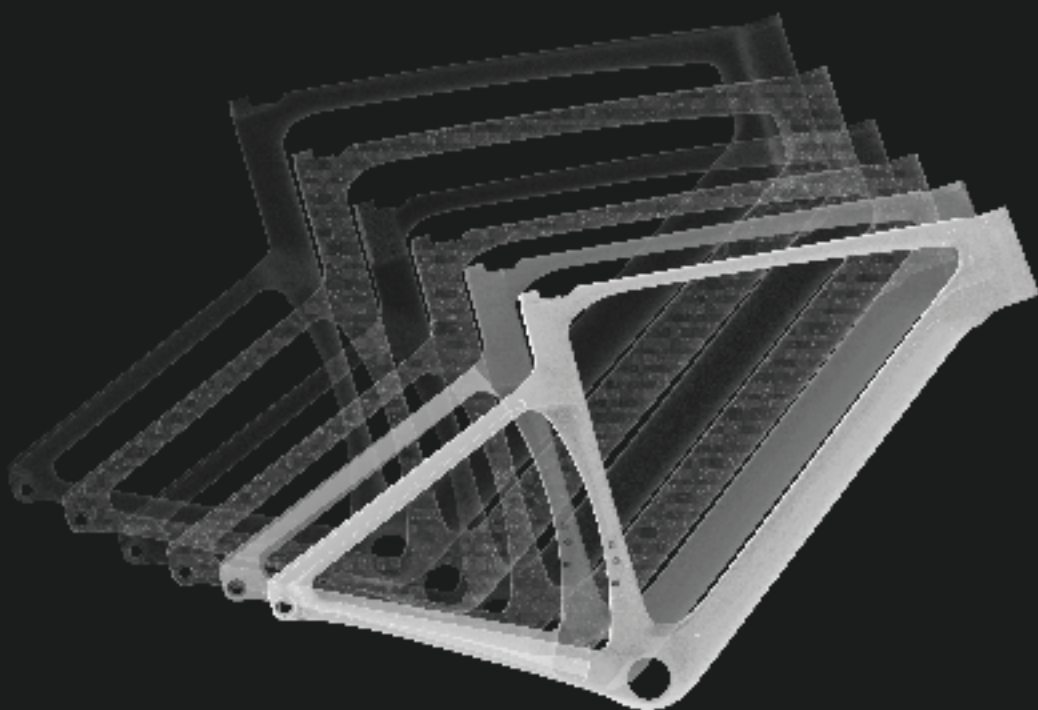
叉肩棱线是一个很常见的公路车架的设计元素,其产生的原因是棱线的存在可以对较宽的叉肩的后方进行收尾处理,减少叉肩尾流区域的压差阻力,起到改善空气动力学性能的作用。

然而有些品牌只是将其作为外观设计元素使用,而不知其背后的功能意义,因此做出来的形态往往南辕北辙。INTROPY SPEEDSTER 的前叉肩和后叉肩采用具有视觉一致性的叉肩棱线设计,棱线方向正对气流方向,可实现完美的外观和功能上的统一。

立管后轮廓线贴合后轮是典型的气动车设计,但是如果直接基于常规立管形态去更改后轮廓线,立管整体就会显得过宽,呈现出明显的累赘感。为了解决这个问题,Cervelo 和 Scott 使用了两截式的立管设计,上段较为垂直,让立管下段能够贴合后轮且不会过宽。

而同样的难题 INTROPY SPEEDSTER 通过增加立管向后的 offset 数值来获取合适的空间位置,既能让立管后缘紧贴后轮,整体仍能保持和下管的合适视觉比例,结合合适的上叉和下管宽度比例、立管和头管宽度比例,整体上显得十分和谐,不会有头重脚轻的感觉。

同一款车架在尺码表两端的形态,往往会呈现出明显的观感差异,如果使用大致相同的管型尺寸制作不同尺码的车架,那么往往在小尺码上会显得十分笨重,而在大尺码上却显得像爬坡车。为了让大小尺码保持一致的气动性观感,我们对INTROPY SPEEDSTER 的每个尺码进行独立的建模,管型尺寸在不同尺码上有显著的区别,其中最大尺码的下管尺寸甚至达到最小尺码的1.6倍。这一方面保持了车架观感的一致性,且降低了小尺码车架的重量,同时还增加了大尺码车架的强度和刚性。



INTROPY

翎其