

关 于 飞 艇

中国科学院北京力学研究所 董务民、王应时、李素琴

在人类历史上，飞向天空曾经是人们多年渴望实现的美好愿望。嫦娥奔月故事（飞向宇宙空间）和《庄子》一书中所说“列子御风而行”（在大气中飞行），便是我国古代很有名的两个例子。

社会生产力不断发展，美好的愿望通过实践逐步变成现实。我国古代很早便开始了有关航空的研究和实践，在空气动力学原理的应用、重于和轻于空气的飞行器研制、喷气技术和火箭武器的发明等许多方面，都曾作出了杰出的贡献。例如，关于重于空气的飞行器，早在两千四百多年前春秋战国时期鲁国的能工巧匠公输般，后来东汉初大科学家张衡，唐朝兵士韩志和，都曾制造过能飞的木鸟。关于轻于空气的飞行器，约在两千一百年前汉武帝时《淮南子》一书中就记载有热空气浮升物体的原理，后来五代时的莘七娘在作战时曾用热空气使纸灯笼上升到高空作为军事信号。

尽管我国古代在航空方面有过许多重大贡献，但是，地主阶级的残酷政治统治和经济压榨，造成我国封建社会长期停滞不前，加上儒家反动思想的严重束缚，所以自明末清初以后，我国在航空方面不再有什么大贡献。尤其自 1840 年鸦片战争开始，各帝国主义国家相继侵入后，我国一步一步地变成了半殖民地半封建社会，崇洋媚外的奴隶思想同儒家反动思想合流，扼杀了我国科学技术的发展，到全国解放前夕，我国航空科技几乎是一张白纸。

“一唱雄鸡天下白”。全国解放后，在中国共产党领导下，在毛主席革命路线指引下，我国科学技术坚持“独立自主、自力更生”的伟大方针，今天已经能够自己制造飞机和发射人造地球卫星，短短二十几年就跨过了西方国家走了二三百年的路程。目前西方国家科技人员正在对是否恢复研制轻于空气的飞行器——飞艇——问题展开大辩论。他们辩来辩去，出发点无非是给不同垄断资本家集团争夺超额利润。我国科学研究的根本方针则是“为无产阶级政治服务，为工农兵服务，与生产劳动相结合”。我们要让飞艇这种有用的运输工具在我国社会主义革命和建设中的作用。为此，对国外最近有关恢复研制飞艇的情况进行了初步调研。

一、国外飞艇发展简史及目前动向

飞艇是把轻于空气的某种气体充到气囊内，利用空气浮力在空中飞行的交通工具。我国的“孔明灯”和莘七娘用于军事信号的升空纸灯，便是用热空气使灯上升的。西方国家在 18 世纪初开始用热空气使纸球上升，其后逐渐发展为充氢的飞艇。但直到 19 世

纪 90 年代的一百多年间，由于缺乏高效能动力装置，特别是由于社会需要尚不迫切，飞艇的发展异常缓慢。16 世纪 90 年代内燃机发明后，飞艇获得了合适的动力装置，开始较快发展起来。

第一次世界大战前后发展较快。最先发展和制造得较多的是软式飞艇，它的艇体就是气囊，靠所充气体的压力来保持艇身的流线型形状。德国、英国、法国研制使用得较多，主要用于反潜艇和海岸巡逻。第一次世界大战后美国、意大利、苏联也研制了软式飞艇，其中美国搞得较多，也用得比较成功。例如，美国飞艇的主要制造者古德伊尔公司制造的软式小飞艇，在 1958 年的民用服务中飞行了 17 万 8 千多次，运载旅客 48 万 3 千多人，没有一名旅客伤亡。而在第二次世界大战期间，美国海军接收了古德伊尔公司的飞艇队，使用了约 200 艘软式小飞艇来执行反潜巡逻和船舰护航任务，15 个中队共飞行了 55,900 多次，总时间超过 55 万小时，护航 89,000 多艘船舰，没有一艘损失于敌人的潜艇。第二次世界大战末美国海军飞艇活动衰落下来，1950 年侵朝战争时有所恢复，接着又减少了。1957 年美国用一中队软式飞艇作为海上预警系统的一部分，证实一定条件下具有全天候可靠性、经济性和高技术效能。美国海军软式小飞艇于 1961 年全部退役，主要原因是肯尼迪政府认为有了陆上雷达基地，飞艇就不需要了。

软式飞艇的气囊无法制得很大，但靠空气浮力上升的飞艇，其载重量大的优点要由巨大的艇体来实现，所以后来研制的主要是硬式飞艇，其流线型艇体用刚性骨架和织物蒙皮制成，艇体内有若干个可以随压力的变化而自由改变体积的气囊，载人载货设备、动力装置、操纵面等均固定在刚性骨架上。硬式飞艇主要是德国齐柏林公司研制生产，第一次世界大战期间用于空袭和巡逻，到 1918 年已达到排气量 67,500 立方米，速度 125 公里/小时，有效升力 50 吨，升限 6,000 米的水平。1918 年德国战败投降后齐柏林飞艇活动曾暂告中断，1924 年又建造了齐柏林 LZ—126 号，卖给美国后改名为洛杉矶号。1928 年德国建造了格拉夫·齐柏林号（LZ—127），前后飞行了 9 年，共飞行了 590 次，总时数达 17,179 小时，多次横渡大西洋，飞往南美载客航行持续了 5 年，其后又环航欧洲，飞向中东和北极，并作了环球飞行，是已建造飞艇中最成功的一艘。格拉夫·齐柏林号于 1937 年停止使用，1940 年自然毁坏。此后德国又建造了兴登堡号，属于齐柏林系列，排气量比格拉夫·齐柏林号还大，1937 年焚毁。不久德国又建造了齐柏林 LZ—130，是齐柏林飞艇的第二代，首航于 1938 年。^①该艇原设计为充氦，但由于美国垄断了氦的生产（主要从天然气中提取氦，若从空气中提取，成本更高），最后还是使用氢气。这时因第二次世界大战快要爆发，德国物资异常缺乏，中断了飞艇的研制工作。

美国 1924 年从德国买得洛杉矶号后，作了一些飞行和系留试验。同年古德伊尔公司获得德国齐柏林的专利，1928 年为海军制造了阿克伦号和玛肯号两艘硬式充氦飞艇；前者 1931 年制成，1933 年于大西洋上空暴风雨中坠毁，后者 1933 年制成，1935 年因骨架断裂而毁坏。此后美国也停止了硬式飞艇研制工作。

^① 齐柏林 LZ—130 是和兴登堡号一样大的姐妹艇，只是发动机从艇头移到艇尾，旅客舱位作了某些变动，因国际局势紧张实际没有使用。

现在将历史上较成功的硬式飞艇的一些参数列于表 1

表 1 历史上几艘硬式飞艇的一些参数

型 号	ZMC—2	格拉夫·齐柏林	阿克伦/玛肯	兴 登 堡
艇 长 (米)	45	237	239	245
直 径 (米)	16.2	30.5	40.5	41.2
排 气 量 (立方米)	5,720	104,700	184,000	200,000
所充气体	氢	氢	氢	氢
发 动 机 (均为内燃机)	2台 Wright Whirlwinds J-5	5台 Maybachs V—12	8台 Maybachs V—12	4台 Daimler Benz V—16 Diesels
开始服役年份	1929	1928	1931/1933	1936
最后结果		1937年停止服役 1940年自然毁坏	1933年于暴风 雨中坠 毁 1935年 骨架折裂毁坏	1937年因政治事件 定时炸弹爆炸焚毁

本世纪 20 年代和 30 年代初期是飞艇的黄金时代。当时商业上唯一能够载客定期远航的空中运输工具是硬式飞艇。后来由于接连发生死伤多人的灾难性事故，1937 年以后，各国停止了大型硬式飞艇研制工作，除了为数不多的软式飞艇在不大范围内继续使用外，作为空中运输工具的飞艇从此一蹶不振。而在两次世界大战期间由于作战需要的刺激飞快发展起来的重于空气的飞行器——飞机，迅速取代了飞艇而成为独霸空中的客运货运工具。

然而，在腐朽的资本主义制度下被打入冷宫的有用运输工具飞艇，在经历看来已被人们遗忘近 40 年之后，随着现代科学技术的发展，资源条件的变化，新的客观需要的提出，其研制和使用有东山再起之势。一场是否恢复研制飞艇的大辩论已在资本主义世界进行。现在的情况是，参加辩论的双方，都还着重于带着资产阶级偏见各以有利于自己的论据来制造舆论，以争取各有关垄断资本家集团的青睐；研制飞艇的多数工作还停留在设计和试验阶段，实际制造工作还只是零星进行，无法跟研制飞机的规模相比。但是，要求发展飞艇运输、给飞艇运输以一定地位的呼声正越来越高。有关各国具体发展飞艇的概况见本文后面的附表。

二、适用范围

用现代科学技术设计建造的飞艇，综合考虑载重量、内部容积、航程、寿命等要求，是其它各种飞行器无法相比的。在节约燃料、噪音低等方面则比现有各种运输工具优越。

飞机和汽车是消耗燃料最多的运输工具。随着资本主义国家所谓能源危机的来临，

这些国家提出了减少大型飞机航行和限制汽车用油等措施，认为利用飞艇正好使减少能源消耗和增加运输量之间的尖锐矛盾缓和一些，因为据估计，飞艇所需功率仅为飞机的二十分之一。

大型硬式飞艇体积大，载重量大，可垂直起落和悬停空中（直升飞机悬停时间很短，并且悬停时消耗功率特大），所以可以采用外部吊运方式把巨型重物从甲地直接运到乙地，无需其他运输工具作中间转运，不受机场、铁路、公路、桥梁、起重设备等的限制。象原子能电站反应堆、巨型水轮机转子、水泥焙烧炉、巨型货物集装箱、发电站锅炉、整栋预制房屋、巨型火箭等物，用飞艇吊运吊装特别合适。输送石油和天然气的每根上百米长管道的铺设、钻塔整体迁移等，用飞艇来进行可大大节省时间和费用。在远程航线上运输大量或特大特重货物，飞艇比轮船时间短，比运输机费用低。

软式飞艇有多种用途，如电视转播、城市交通指挥、空中监督报警、紧急抢救、地质勘探、森林防火和吊运木材、监视鱼群和指挥渔船、喷洒农药和大面积播种等。

旅客珍视的是速度快时间短，所以在客运方面飞艇一般敌不过飞机。但飞艇比轮船和火车快，并有宽敞的舒适的房舱，对中等距离航线和一定国家条件（例如飞机工业不太发达和幅员较大的发展中国家）来讲，作为客运工具也还是可以考虑的。

三、几个技术问题

1、高度及升力的调节

飞艇上升不是靠一定飞行速度时产生的气动力升力，而是靠艇体内较空气轻的气体跟艇外空气的密度差产生的静力浮力。艇体内一旦充入了较轻气体，飞艇的高度就由当地浮力跟载重量相平衡来决定。常用的较轻气体为氢气或氦气。因为氢气容易爆炸，现代飞艇一般都用氦气作为产生升力的气体。

在海平面上标准大气压条件下，每立方米空气重 1,226 公斤，氦气重 0.17 公斤，所以每立方米充氦体积有 1.056 公斤浮力。据齐柏林飞艇设计人提出的比较数据，一定体积的飞艇（充氦）每升高约 92 米时总重量减轻 1%，即升高到 460 米处时飞艇总重量要减轻 5%。但齐柏林飞艇的净载重量（不包括燃料重量）仅为总重量的 10% 左右，所以在 460 米高处的净载重量将减少到地面处净载重量的一半。可见飞艇的净载重量大大依赖于飞艇的高度。虽然现代设计水平已可把硬式飞艇的总重量与净载重量的比值改进到 5:1，同时在飞行过程中燃料的消耗有助于飞艇的升高，但总的来看，飞艇只能是适于作低空飞行的工具，特别适合于作海洋上空、沿海、平原和丘陵地区的货运飞行，在高山区域则不太适宜。早期齐柏林飞艇载客飞行有这样的记载：在飞越乌拉尔山脉时，虽然特别选了穿过山谷的航线，但因遇上低气压，飞艇升力受到严重影响，用尽各种措施好不容易才从 702 米高爬到 1,530 米高，这时两侧山峰还比飞艇高 183—305 米，而长 237 米的庞大飞艇在峡谷中穿行时艇体离两侧山坡只 91.5 米，虽然最后还是安全通过山谷，但当时处境确实是够危险的。可见飞艇作为运输工具要受地形条件的一定限制。一般说来，飞艇的最佳飞行高度为 610—1,530 米。

高度和升力的调节是飞艇技术中的关键问题，30 年代的飞艇并没有彻底予以解决。据记载，风速较大或气流脉动较大时飞艇位置有较大波动。周围空气温度变化也会

在不知不觉中使飞艇高度发生变化。因此，如何按需要有效地调节高度就成为飞艇运行中的突出问题。30年代的充氦飞艇多用放气办法降低飞艇高度，但因此常常引起火灾事故。后来的充氦飞艇则由于氦气价格昂贵，一般不采取放气办法降低高度。所谓调节升力，最主要是考虑航行过程中燃料消耗引起载重量减轻所造成的升力增加问题，要用调节升力的办法来加以解决，否则会招致上得去下不来的后果。几种办法如下。

(1) 放气：飞艇起飞时最“重”。随着燃料逐渐消耗，飞艇就逐渐变轻而爬升，这不仅使艇身不稳，而且增加迎面阻力，燃料消耗增加。因此应设法使垂直升力相应减小，保证飞艇一直处于水平飞行状态。最简单也是最原始的减小升力办法是放掉部分升力气体。但是，放出氦气极易引起火灾，放出氦气会大大增加成本，所以除了极端危急的万不得已情况才采取放气办法外，一般不考虑采用这种办法。

(2) 回收水份：从发动机排气中回收水份来抵消燃料消耗引起的重量减轻。典型燃料完全燃烧时每公斤燃料可产生1.5公斤水，只需回收燃烧产物中的 $2/3$ 水份就足够补偿燃料消耗失去的重量。柴油机由于排气中空气/燃料比低，应用此法较成功。燃气轮机由于空气/燃料比高，排气中大部分是空气，冷凝水份时需把全部空气冷却到接近凝结水的温度，这导致回收水份的设备体积和重量都较大。

(3) 压缩或液化空气或氦气：把调节升力的空气压缩到211公斤/平方厘米后贮存于282立方米容器内，约需2,000马力的轻重量压气机，加上冷却系统和管道等，总重将达30—35吨。这种方案采用燃气轮机作飞艇动力较优越。譬如用空气作为调节介质，只需在飞行中从燃气轮机的压气机中引出2%的气流，在3.16公斤/平方厘米压力下贮存起来作为补充压舱物，就可以省去专用的压气机。虽然这又要有14,160立方米的贮气容器（相当于40吨），但整个说来还是比较简单的，因此还是吸引人的。

(4) 过热蒸汽：人们对这种方法也感兴趣。调节的方法可以是把蒸汽放掉，也可以是在绝热体内冷凝下来。例如在1,524米高空，260°C蒸汽密度是周围空气密度的 $1/3$ ，为了抵消70吨升力，约需放走99,100立方米蒸汽。过热蒸汽的费用远低于氦气，所以采用这种方案还是可以的。不过，要使这样大的高温容器绝热，需要相当大的重量，纵然能够实现，费用也很可观。假如还要在容器内再冷凝，设备的投资就更大。

(5) 加热氦气：起飞前先将氦气加热，飞行过程中燃料逐渐消耗，氦气温度也逐渐下降，升力也就逐渐减小。这种方案理论上可使飞艇高度保持不变，但实际上不可能这样准确，必须用垂直推力来补充调节。另外，起飞前初始加热所需功率达15,000瓦一小时，这在中间站是不适用的，还是要用回收水份、贮存空气等方法来补助。

(6) 垂直推力装置：通过带发动机的螺旋桨来调节升力，相当于直升飞机上方的螺旋桨。飞艇两侧装上若干台这种装置，用来产生垂直推力以调节升力，也可以用来产生水平推力帮助飞艇转弯或水平推进。螺旋桨设计成可变螺距，可以调节推力大小。这种装置只用来补助调节升力，主要还是靠上述几种方法。

(7) 其他：一种是利用飞行时的气动升力，即把飞艇设计成与飞机的混合体，如附表中序号11和16的直升飞机和气球的组合体，或序号12的升力体飞艇。但这种方案把飞机的一些缺点如功率消耗大、受飞行速度限制、噪音大、需要跑道等带来了。

一种是携带密度与空气差不多的燃料如丙烷与氢的混合气体，燃料消耗后放进空气来弥补失去的重量。这种方案受燃料来源的限制。还有一种是把燃料放在大飞艇后拖着的软式小飞艇内，如附表序号19。

当前西方国家飞艇问题大辩论的焦点在于经济上飞艇是否能与飞机竞争，而经济性问题的焦点看来主要是调节升力问题。拥护飞艇者过分乐观地估计上述诸方法容易实现，费用并不太大，认为巨型飞艇的直接营运成本比巨型飞机低。其实，上述诸方法都还是在纸上议论的多，经过实践充分检验的少。当然不能说问题根本无法解决，但要真正解决好，做到合理和经济，必须认真下一番功夫。而且要解决好问题，看来不能单靠哪一种方法，而往往要综合使用两种方法。反对飞艇者则往往抓住各种方法的不利方面，攻其一点，不及其余，认为只要仍然采用传统的飞艇构形，种种调节升力的方法就都难于降低营运费用，因此飞艇在经济上无法跟飞机竞争。这种把事物看成凝固不变的形而上学观点也是不妥的。

合理分配使用飞艇压舱物重量可以减少调节升力的困难。例如要从甲地运 300 吨整体货物到乙地，应先在飞艇内装 300 吨压舱物，飞到甲地，卸下压舱物，换上 300 吨货物运到乙地卸下，再换上 300 吨压舱物。为了确保安全，在装卸压舱物或货物时，切记必须把飞艇可靠地系留在地面上，装卸时间越短越好。尽量避免空艇情况。空艇一旦脱离地面，要想使它下降极端困难。历史上齐柏林飞艇开始使用时，每逢起飞或降落，要出动齐柏林工厂全厂职工去搞地勤工作。总之，货物重量变动尽量由压舱物调节，只有燃料消耗失去的重量才用上述措施来调节。

2、推进动力

目前可采用的推进动力不外乎下列四种：原子能，燃气轮机，柴油机和汽油机。

从发展观点看，原子能动力是最理想的推进动力，因为不存在燃料消耗后的调节升力问题，也不污染大气。原子能动力需要笨重庞大的防护装置，但这对巨型飞艇的影响不大，因为飞艇浮力同体积一样按线性尺寸的三次方增加，飞艇越大，防护装置占用浮力的比例越小。如果同一般燃料则除燃料要占一定体积和重量外，还得加上调节升力装置的体积和重量。所以关键是解决防护问题。有人设想，采用原子能动力的巨型飞艇，可以 5—10 年在空中游弋而不必降到地上重装燃料，装货载客用直升飞机来进行。某些科技人员已在为把原子能作为第二、三代飞艇的推进动力而积极开展分析研究工作。当然，原子能作为交通工具的动力，万一出事就遗害非浅，对此必须认真考虑。

近期发展中较有前途的是燃气轮机和柴油机。前者功率/重量比大，安装简便，起动快，但耗油率高，适用于短航飞艇；后者耗油率低，但功率/重量比小，较适用于长航飞艇。汽油机虽然耗油率也低，但重量较燃气轮机大，所用燃料较贵，容易引起火灾，目前已不采用。

用于调节升力（特别是用于气垫式飞行或软着陆）时形成垂直推力的发动机，用燃气轮机较柴油机好。

原子能动力跟其他动力的比较见表 2。

3、结构设计和材料

早期齐柏林飞艇的设计工作曾集合了历史上有名望的科学家如杜兰德、冯·卡门、铁摩辛柯等进行，但由于当时力学和计算技术水平等的限制，对艇体的结构设计限于分

段和简化模型的设计计算方法，因此对某些艇体在接合面处边界条件就比较含糊，其强度可靠性就降低。在实际运行中反映了这种设计的弱点，如玛肯号的失事（表1）就是一例。

表2 排气量 353,000 立方米飞艇在 11,100 公里航程时各种发动机巡航功率的比较

发 动 机 类 型	柴 油 机	蒸 汽 动 力	原 子 能 动 力
需 要 功 率 (马 力)	6,750	6,750	6,000
重 量 (公 斤)	6,130	9,100	54,500
每 马 力 比 重 量 (公 斤 / 马 力)	0.91	1.36	9.1
每 马 力 燃 料 消 耗 量 (公 斤 / 马 力 · 小 时)	0.17	0.18	0
燃 料 重 量 (公 斤)	55,500	60,000	—
燃 料 和 发 动 机 总 重 量 (公 斤)	61,630	69,000	54,500
噪 音 水 平 (分 贝)	80	70	55
推 进 效 率 (%)	80	80	90
发 动 机 数	4 台 柴 油 机	2 个 锅 炉 4 台 汽 轮 机	1 个 反 应 堆 3 台 汽 轮 机
发 动 机 位 置	舱 外	舱 外	舱 内
大 气 污 染 程 度	中 等	低	无

现代力学理论和计算技术有很大进展，已有可能把艇体结构作为整体用大型电子计算机进行设计计算。据估计，目前硬式飞艇的净载重量与总重量的比值，已从 1/10 提高到接近 1/5，还可争取提高到 1/3（接近现代飞机的指标）。

艇体结构可采用现代航空技术的成就如蜂窝结构、夹层薄板等。采用铝合金骨架，每平方米重量可降低为 3.9 公斤。采用钛合金、钨合金、钨/碳环氧树脂复合材料或硼/铝复合材料等新型材料，更可大大减轻艇体重量和提高强度。有人计算过，如果原来的玛肯号用硼/铝复合材料来制造，无需增加总重量就能增加净载重量 32%。

蒙盖在骨架外的织物和涂料，早期齐柏林飞艇主要用棉织物涂以天然橡胶，后来改用酪素水泥，但没有完全解决透气性问题。利用现代技术的织物和聚酯合成物或氯丁橡胶，用聚四氟乙烯涂于其上，可获得更轻更耐用且不透气的气囊，使用寿命延长 3 倍（约 6 年），重量减轻 1/3，空气阻力系数也可减小 15%。

总之，采用现代航空工业、化学工业、电子工业及动力机械制造工业等方面的先进技术，可把 30 年代的飞艇结构来一个革命性的改进，使得无论在净载重量与总重量的比值、使用寿命、强度、安全性等方面都有一个飞跃。

4、负载转换

前面提到货物装卸是个值得注意的问题。货物与压舱物之间互相转换装卸越快越好。跟飞机相比，飞艇的有利条件是不用跑道，货物可吊在艇外，于是可以采用气垫式不着陆方法进行装卸；飞艇悬停在低空，在用吊钩等把压舱物卸掉的同时把货物吊装在艇上，保持净载重量不变，飞艇在空中的垂直位置也就不会有较大变动。这种负载转换

方法不仅可使飞艇升力变动不大，不致发生飞艇“失重”而漂浮上升的危险，而且由于不着陆，就根本不需要大面积的停泊场（巨型飞艇着陆，至少需要近 1,000 米直径的空阔场地，地面单位面积上还要能承受很大压力）。关于这方面，某些现代设计中已提出了一些可以实现的设想。

5、风力影响与导航

飞艇技术的另一难题是风力影响。飞艇体积庞大，迎风面积比飞机大得多，碰到大风就难以控制。历史上有不少飞艇因暴风雨失事，如阿克伦号（表 1）及舒特——兰茨 SL—2 号等。有人提出，当风速达每小时 56 公里（相当于 7，8 级风）时控制飞艇就很困难，但也有记载个别飞艇安全经受每小时 112 公里风速（相当于 12 级风）考虑的事例。

作气垫式装卸货物时风力的影响更大。已有建议在飞艇上安装多个螺旋桨来平衡风力以保证飞艇位置基本不变。对飞行中可能遇到的大风暴，目前采取的措施，一是利用现代天气预报技术，避免在大风暴天气下航行；一是利用飞艇航程长的优点，设法绕过暴风雨区飞往目的地。至于一般风力的影响，则可以用辅助螺旋桨来平衡风力和控制航向等。

30 年代飞艇是不很注意导航的。据记载，一般是靠驾驶员目视瞭望。现代设计飞艇航速较高（160—200 公里/小时），可采用飞机的雷达导航等新技术来提高航行安全性。

飞艇在地面的系留（抛锚）问题也要注意解决。这在 30 年代是个大问题。目前有人提出用机械化系留或气垫式停泊来解决着陆问题。

四、结 语

30 年代西方争论飞艇问题的焦点是安全性。其中主要问题是氢气极易爆炸。不少人把 30 年代末停止使用和发展大型硬式飞艇，中断飞艇研制工作近 40 年的原因归咎于飞艇极不安全和由此而来的公众舆论和政府政策的压力。其实，单从安全性来讲，飞机在其历史上发生严重事故的次数之多，惨祸规模之大，比飞艇有过之而无不及。格拉夫·齐柏林号飞航成功航行 9 年之久善始善终的事例表明，那怕采用氢气，只要充分发挥人的能动作用，是可以保证安全的。

在现代科学技术和我国当前具体条件下，研制飞艇原则上是可能的。但许多具体问题要认真对待。一是要有足够的氦，这将随着我国天然气工业的迅速发展而逐步解决。二是要生产气密性良好的气囊材料。至于气动力设计和强度设计等不会比飞机设计更难，应着重抓飞艇特有的关键问题——调节升力。