**火箭制作教程 RNX（KN+环氧树脂）全教程**

来源：[李殿武.mkv的日志](javascript:showReg(0);)

ＲＮＸ与ＫＮＤＸ相比的决定性优势，首先是全制造过程采用冷混合凝固，不需要任何多余的加热手段，直接混合后２４小时左右即可使用；其次是丝毫不存在吸湿性，制造出来的ＲＮＸ放在湿度相当高的园子里，也可以随时点火使用而无性能缺陷；再次是全气温条件下的机械强度保证，可以在３０Ｃ条件下无防护存储而不存在变形，而且本身比ＫＮＤＸ要更为坚硬．  
如果说作为最低维护条件下的最好推进剂选择，ＲＮＸ毫无异议的是首选．其一般配方为：硝酸钾：７０％环氧树脂：２２％氧化铁：８％决定性的物质在于环氧树脂的选择，通俗的讲，什么样的树脂易燃就选择什么样的．致命缺陷：低燃速，比ＫＮＤＸ低得多的燃烧速度，加入其他燃料做补充可以缓解这一状况．但是即使如此，有记录的实验表明，要维持发动机内部２ＭＰＡ的气压，也要求达到不少于５００的面积比例．所以ＲＮＸ适合用于制造中型，重型火箭而不适合制造２０毫米左右火箭．

RNX：以KNO3为氧化剂主要成分，环氧树脂为燃烧粘合剂主要成分的推进剂   
最早由Richard Nakka试制并命名（[www.nakka-rocketry.net](http://wwv.renren.com/xn.do?ss=10791&rt=1)）  
其特点是氧化剂与可燃物冷混合凝固，制作过程比KNDX安全，存放不吸潮  
由于燃速比KNDX慢得多，发动机喷燃比和长径比较高，有利于减轻火箭结构重量  
  
以下的实验采用Nakka的RNX57配方  
KNO3：70.0%  
Fe2O3：8.0%  
环氧树脂（包括固化剂在内）：22.0%  
  
性能：  
喷燃比与燃烧压强的关系受树脂来源影响很大，3MPa对应550-850不等  
多种配方的特征速度（使用直喷管的喷气速度）均在800-900之间  
  
制作过程  
第一部分，制作氧化剂（重结晶）  
第二部分，制作推进剂  
第三部分，制作发动机

第一部分，制作氧化剂（重结晶）  
  
原料：  
KNO3（试剂，化学纯）（化肥级未试验）  
Fe2O3（试剂，化学纯）（油漆用的铁红未试验）  
  
装备：  
电磁炉或煤气炉/煤炉  
一个带长柄的不锈钢饭盒或小锅（便于搅拌时用力）  
一把钢尺或长一点的钢勺  
研钵或石质蒜臼（粉碎机更好）  
最好有带测温探头的万用表或量程200度以上的温度计  
  
制作过程：  
按70:8的比例称量KNO3和Fe2O3，将KN放入容器加开水搅拌至完全溶解，加入Fe2O3形成悬浊液。大火煮沸蒸发水分，直到混合物开始变稠时减小火力。  
  
一边小火加热一边不断搅拌粘稠混合物，注意防止飞溅到手上。当混合物开始粘锅时暂停加热，刮掉粘在容器壁上的混合物，然后重新加热。（如果在粘锅状态下加热，局部过热会造成KN熔融，冷却后坚硬无法磨碎。）  
  
持续加热搅拌一段时间后，混合物从泥浆状变成泥土状最后变成土坷垃状。暂停加热把大块全部捣碎，然后继续小火加热翻炒至干燥。  
  
炒干后的混合物冷却后即可研磨粉碎，土块状的混合物比晶体状的纯KN好磨得多。将混合物全部磨成面粉状的细粉后，再加热烘炒一次彻底去除水分。如果有测温设备，当混合物的温度达到150~200度即可结束加热。没有测温设备，将容器加热到100度以上（用湿布接触容器听响“测温”）多烘几分钟，注意不要烧得太猛导致熔融，如果局部熔融则将熔融结块部分弃去不用。  
  
冷却后的混合物粉末即为制备完成的氧化剂，装瓶保存  
  
虽然制作过程写出来比制作KNDX麻烦，但实际耗时反而较短，而且轻松一些。制作KNDX要随时监控温度防止起火，还要趁热制作药柱，精神高度集中，比较累。  
  
下一部分，制作推进剂，待续

原料：环氧树脂、固化剂、已经做好的氧化剂粉末  
装备：预先准备好的药柱模具  
  
制作推进剂最好用铁桶装的纯环氧树脂，加上固化剂一套共1kg，价钱近百RMB。个人购买不合算，我找人要了一小瓶。要不到的话可以试试“牙膏管”装的环氧胶粘剂，商品名称为AB双管胶粘剂、农机胶、铸工胶等，注意成分应为环氧树脂而不是丙烯酸酯（普通丙烯酸酯AB胶能否做燃料是另一个有意思的话题）。这类胶粘剂或多或少含有填料，会影响燃烧性能。实际做了少量推进剂试燃效果接近纯树脂，可惜没有时间作进一步的发动机试验。  
  
制作过程：  
按照树脂（含固化剂的总量）：氧化剂=22:78的比例称量氧化剂粉末  
按照树脂厂家的说明称量树脂、固化剂（冷天树脂粘稠，可用开水烫容器加热）  
  
先把树脂与固化剂混合，搅拌均匀，然后逐步加入氧化剂粉末，边加边搅匀。当混合物粘稠到无法搅拌时，将混合物和氧化剂粉末在一张油光广告纸上像揉面团一样反复对折，压扁，对折……直到完全混合。  
  
混合完成的推进剂质地类似面团或泥土，可以像做湿压药柱一样往模具里放一点压实一点，得到致密的药柱，不会夹杂空气。剩下的推进剂搓成长条，留作燃速测试。  
  
所有成型工序都要在推进剂固化之前完成，然后放置12~24小时完全固化。未固化的推进剂难以点燃，燃烧残渣多，完全固化后才能达到真正性能。  
  
制作完成的推进剂常压下燃速约1mm/s，有少量残渣。  
  
下一部分，制作发动机，待续

第三部分，制作发动机  
  
用RNX制作发动机和用KNDX制作发动机的方法基本相同  
关键有几点：喷燃比计算，喷口烧蚀，壳体防热，点火药  
  
喷燃比计算  
  
RNX的燃速较低，需要较高的喷燃比。本人做过效果最好的实验如下：  
耐压2.5MPa的PPR管，外径20mm，内径16mm  
三节药柱，每节长30mm，外径15mm，内径5mm，总质量约25g  
喷喉直径2.5mm，最大喷燃比864，起始喷燃比288  
厚5mm的药柱约1秒钟燃完，相当于KNDX燃速的一半  
  
KNDX受喷喉直径不大于药柱内径的限制，发动机长径比做不大，导致发动机长度占火箭长度的比例做不大，质量比通常很杯具。改用RNX可以做出细长的发动机，占火箭长度的比例大大增加。  
  
喷口烧蚀  
  
RNX燃烧温度较高，时间较长，堵漏王喷口会出现明显的烧蚀扩孔。因此需嵌入螺帽抵抗烧蚀。先把螺帽拧在做喷口的模具芯棒上，然后制作堵漏王喷口，固化后再把芯棒拧出来，即得到嵌入了螺帽的喷口。  
  
壳体防热  
RNX对壳体防热的要求实际上跟KNDX接近（早期一系列实验中的烧穿源于不规范的制作）。在药柱上裹两层不揭去背纸的铝胶带（水管商店有售），将边缘向内折，并在纸和药柱端面的缝隙里涂上胶或硅脂作填料填满缝隙，即可一节一节装入PVC发动机壳体。  
  
点火药  
RNX的火焰感度较KNDX低，只用导火线点火不能同时点燃整个药柱内孔，因此用拆解魔术筒烟花获取绿色导火线时拆出的造粒黑药作为点火药。直径20mm的发动机，用5~10粒火柴头大小的黑药为宜。  
  
顺便介绍一个用普通绿色导火线代替点火头进行深内孔点火的办法  
（同样适用于其他推进剂）  
  
先裁好导火线，再裁一窄条1cm宽的铝胶带，揭去背纸，贴在导火线上不需要与药柱接触的部分，卷紧。如果铝箔部分不够长，可以一条一条的贴，衔接部分重合5mm即可。导火线裹完铝箔后两头各留出5~10mm的裸露部分，用于点火和接触药柱。  
  
将裹好的导火线插入最后一节药柱，塞入造粒黑药，药柱两端各贴一小条胶带封闭内孔以免点火药掉出来，即可装入发动机，封堵头。

最好为KN系列燃料,主要是三种KNDX(硝酸钾-葡萄糖)、KNSU(硝酸钾-蔗糖)、 KNSB(硝酸钾-山梨醇).三种燃料各有优缺：KNSU在较高压强下燃烧很快,因此大型火箭常常使用它作为燃料；KNSB在较小压强下燃烧快,因此小型火箭经常使用它；KNDX的性能折中,因为原料最容易得到因此使用广泛.在这里我推荐使用KNSB.因为它的环境适应能力更好一些.众所周知KN系列燃料都是有潮解性的.不过KNSB的潮解性更小一些,在低压下燃烧快、因此小型发动机使用KNSB再好不过了.

用KNDX做火箭燃料,KNDX是硝酸钾和焦糖的混合物,这个配方很好,安全,推力够劲.配方：

500G硝酸钾

250G蔗糖

100G玉米糖浆

,玉米糖浆其实没有什么用,就是控制温度,硝酸钾超过400度就会分解,所以要注意.

首先需要将氧化剂和催化剂干燥 粉碎 混合（表示[粉碎机](http://jump.bdimg.com/safecheck/index?url=rN3wPs8te/pL4AOY0zAwhz3wi8AXlR5gsMEbyYdIw633EUrLww3cMVTLjvEhqeBqImOuUl9obIdesUqvhcRz+hXSuwz9b96EragWmZ1jer1XQuxoOXhQsfChgP6Yi41AGaWR9WePT0Id0hqjyA0BWH4V1QCdGDc/cfqsq2VC8MwcftbbuRUt/OmRtSdQl390mLCFiBi+C7h2Pah4egTNMg==" \t "_blank)的飞尘真的很多）

然后加入树脂 固化剂 搅拌均匀

这货混到后面会变成面团状 https://wapwenku.baidu.com/view/5df56bf15ef7ba0d4a733b81.html?ssid=848c353634303939393038bfbf2435&from=844b&uid=0&pu=usm@0,sz@1321\_1001,ta@utouch\_2\_4.2\_3\_534&bd\_page\_type=1&baiduid=9A3CE3029F971235E0304CDC421CDF68&tj=www\_normal\_2\_0\_10\_title

经过压制 打孔 固化就可以成为合格的药柱

然后用一根PPR热水管做壳体 水泥做喷口

先来看看药柱开放点燃的效果

然后丢一张推力测试的图 其实后期推力已超量程

碳还原性：三氧化二铁可以与[碳](http://www.baike.com/sowiki/%E7%A2%B3?prd=content_doc_search" \o "碳)混合后加热，[铁](http://www.baike.com/sowiki/%E9%93%81?prd=content_doc_search" \o "铁)和二氧化碳提取出来：  
2Fe2O3 + 3C → 4Fe+ 3CO2↑

减少黑烟

实际制作经验：

制作1：

分析：硝酸钾容易结块，加入少量三氧化二铁可以防止结块，容易制作。催化作用则是三氧化二铁和分解的铁载热，成为硝酸钾和树脂的反应触媒。

环氧树脂品牌不同，含碳量不一样，因此可以先少量制作，看看燃烧过程的黑烟情况。

开放式燃烧的情况下，燃烧温度比较低，允许黑烟和黄火苗；药柱在火箭发动机内部燃烧的情况下，压力上升，则不应该有大量积碳和黑烟喷射。

第一次实验采用配方  
KNO3：75.0%  
Fe2O3：5.0%  
环氧树脂（包括固化剂在内）：20.0%  
硝酸钾和三氧化二铁的重量比例是：15:1

混合物和环氧树脂（含固化剂）的重量比例是：4:1

环氧树脂和固化剂的重量比：3:1

在小块燃料燃烧试验时利用干冰隔绝空气，减少空气中氧气对燃烧的干扰情况，获得较准确的燃烧情况。即在一个燃烧盆（桶）中预先放置少量干冰、液氮，在无风的情况下，燃烧盆（桶）底部就形成一个无氧的环境，可以采用电子点火头方式点火，燃烧情况会相对准确。

制作一个小条，小块、燃料柱、导火索。

制作过程发现比较难以成型，像散面团一样。只能实现用32克混合药粉（15:1），配合6克环氧树脂、2克固化剂，装填了一个25125小PPR火箭发动机。总容积约24立方厘米，总重量40克燃料，比重约1.7。