

中学化学竞赛导引

——从高考到奥林匹克竞赛

钮泽富 因 尧 因 红 编著

上海教育出版社

序

由钮泽富教授主编的《中学化学竞赛导引——从高考到奥林匹克竞赛》一书与读者见面了。这是一本颇具特色的读物，她将会受到读者们的欢迎。

奥林匹克竞赛吸引了不少高中学生，他们都想能有机会参加比赛。因为他们知道，弘扬奥林匹克精神，是为渴望学习、又有才干的学生创造一个优越条件和良好环境，使竞赛者有机会充分发挥和运用在校所学到的知识和能力，在竞赛中显示自己的才华。因此，积极组织青少年参加国际科技交流，培养他们的科学志趣、创造才能和远大理想，激励他们不断攀登科学高峰，有益于促进我国的教育改革，有利于促进我国科技人才的成长。

本书的编著，有别于其他类似书籍的体例，选择了以素质教育和挖掘潜力为主线，致力于思维能力和信息处理能力的培养，把赛题、考题的解析过程作为例子附着在这条主线上。在选配例题、思考题时注意到两个“三结合”：即化学实体——物理模型——数学方法三结合，物质的结构——性能——用途三结合。这既体现了本书的特色，又符合于变应试教育为素质教育、在拓宽知识面的同时注意智力开发和能力培养的改革方向。

钮泽富教授 1961 年毕业于华东师范大学化学系，曾先后从事高分子化学与物理、有机化学、物理化学、结构化学和量子化学的教学和科学研究，颇有建树，有着比较广阔的知识面和较强的业务功底。近十年来，他又参与了中学生人才的测试选拔、辅导教练等工作，倾注了他对青少年培养工作的极大热情。记得他在 1991 年住院治疗时，手术前一天他还在病床上为选入国家集训队、即将赴华沙参加第 23 届国际奥林匹克化学竞赛的江琪同学写信，鼓励他

勇于拼搏、沉着参赛，指导他如何处理好几个关系问题。当上海选手在 23、24 连续两届捧回了金牌以后，更激起了他认真、细致地参与教练工作的热情。所以这本书也是他十年来工作经验的总结。

希望这本书的出版能受到广大青少年和热心的科技教育工作者的欢迎，也希望通过她，不仅使许多优秀学生得到超前教育，尽早地开发创造性思维和解决实际问题的能力，更要使一批学生在中学教学改革中得到充分培养，为以后的学习和工作起促进作用，以适应造就千百万跨世纪人才的需要。

张瑞琨

1995 年 2 月于华师大园

编者的话

本书是根据中国化学学会撰发的“为参加 20 届国际化学奥林匹克竞赛省市培训大纲”（后改为“奥林匹克化学竞赛培训大纲”）所列的关于素质和能力方面的要求编写的。在绪言中将充分阐述为什么要把这两个主要内容作为撰写本书的依据。实践表明只强调扩大和加深知识面，而忽略对素质、能力及方法论方面的教育，想要在竞赛中很好地发挥竞技状态是十分困难的。

除了有良好的素质，还必须注意在各个训练层次上不断地提高参赛者的智力，这样才能充分发挥他们的学习和创造性工作的潜力。而后者在评价、选拔、培训中显示出其特别重要的作用。

一个人的智力和能力是密切地联系在一起。智力是指人们从感知到思维的心理过程。一个人从一生下来就要接触各种各样的事物，逐渐地步步深入到自然和社会环境中去。智力就是对这些事物所表现出的观察辨认、判别记忆、想象思维等。当我们发展了某种技能，并把智力同技能结合起来，使这种技能又包含着某种智力的因素，这就成为一种能力。例如，阅读理解能力、写作表达能力、分析综合能力、计算和实验能力等。在竞赛活动中，则更多地表现在对信息的加工能力和思维能力上。

由于选择了以素质、能力和方法论等内容为主线，而把赛题作为例子贴附在这根线上，紧接着又选配部分思考题作为练习，这就必定会在某些知识点上以及在涉及新技术和新学科领域的某些方面超越现阶段中学生已“学过”的基础知识。为此，在介绍这些题型的解题思路时，将对某些知识点稍作简单介绍，并且在书后列出索引，以供查找。编者希望本书集思想教育、扩大知识面、探讨解题思路技巧和诸多能力训练于一体，使参赛者能在综合实力上有

所提高。

从考查能力、智力方面来看,参加竞赛和高考本质上是没有多大差别的,也许只是要求高低上略有一丝差异。所以,为了引起广大读者的兴趣,在选配例题和思考题时将近几年有代表性的高考题型选入一、二。近几年高考试题也逐步增加能力和智力因素的测试,这都是为了全面培养、造就新一代人才的实际需要而考虑的举措。

本书由钮泽富教授任主编。因尧、因红俩同志负责收集、整理有关的题型和资料,分工负责各节的例题和思考题的选配,参与执笔部分题目的解题思路分析或提示。参考答案附在各节思考题的后面供参用。全书由主编定稿。由于时间匆促,加上这个选题是初次尝试,能力和知识这两大方面中的各种关系也有待于进一步更好地协调,恳请广大读者批评指正。

编者

1994.2

目 录

绪言	1
一、关于写这本书的几点思考	1
二、从题型看对能力的要求	3
三、关于训练方法的几点思考	30
第一章 强化素质教育 全面培养人才	41
一、素质教育在竞赛活动中的重要性	41
二、素质教育应包括的范围	42
(一) 灵敏性	42
(二) 精确性	47
(三) 适应性	52
(四) 整体性	60
(五) 科学性	66
(六) 创造性	77
(七) 尊重实践和求实精神	84
(八) 独立工作和合作精神	94
第二章 挖掘智能潜力 激活思维方法	106
一、推理和归纳能力	111
二、从一些事物获得概念并把这些概念转用于另一些事物的能力	126
三、从一群事物的不同表现, 发现它们之间内在联系的能力	146
四、根据预定目标, 设计达到这个目标的方案的能力	158
五、通过比较, 确定、优选解决问题途径的能力	168
第三章 寻求突破关键 致力信息加工	177
一、寻找、选择、整理和储存信息的能力	183

二、从一种描述形式转变成另一种形式的能力	191
三、针对问题,选择、重组、应用已有信息,解决新问题的 能力	201
四、评价信息的能力	218
五、利用信息做出新的预测或假设的能力	235
六、从信息看出变化趋势,进一步提出变化规律的能 力	246
第四章 扩大实验训练 增强综合实力	259
一、实验方法在化学研究中的重要作用	259
二、竞赛中对化学实验能力的要求	261
(一)按照实验步骤进行实验的能力	261
(二)正确使用基本仪器、规范基本操作的能力	262
(三)实验设计的能力	262
(四)观察、测量、分析和判断的能力	262
(五)处理数据及表达结果(图、表、文字)的能力	263
(六)对实验结果进行评价并提出改进意见的能力	265
(七)有序地组织、安排实验的能力	265
三、积极发挥理论思维的正确指导	265
四、1990年第22届 IChO 实验试题	267
索引	274

绪 言

1992 年底到 1993 年的春天, 上海教育出版社理科编辑室的同志要我撰写一本关于指导中学生参加高考、国际国内各级各类化学竞赛的丛书, 我自然感到非常荣幸。但细想一下, 一种畏难情绪却也尤然而起。在他们再三鼓励下, 凭藉自己在最近十年来参与这方面工作, 在培养、选拔人才, 在测试、教练、选送等各个环节中的一些体会, 作一次大胆尝试吧!

一、关于写这本书的几点思考

1968 年, 在布拉格成功地举行了第一届国际奥林匹克化学竞赛(当时参赛国家只有前捷克和斯洛伐克, 匈牙利, 波兰三个国家)。举办这种最高级的国际竞赛目的在于强调化学在国民经济各个部门的重要性, 激发学生学习、研究化学的兴趣, 指明化学在年轻一代教育中所起的重要作用。同时, 让参赛者有机会结交新朋友, 交流学习经验, 开始接触最新的科学成果和原理, 激发学生深入思考问题和创造性地工作的能力, 其中包括运用已有的其他学科知识和技能, 开发学生的潜力和独立工作的能力。使他们在完成理论题和实验题的测试过程中, 表现出顽强的毅力和进取心, 高度的责任感和应有的速度及命中率。

国际化学奥林匹克(International Chemical Olympiad, 简称 IChO)竞赛的这个根本目的, 就成为我撰写本书的依据。也决定了我写的内容应有利于他们良好素质的培养和智慧能力的提高, 以便更大限度地发挥他们学习潜力和创造性工作的能力。

随着参赛国家数目的不断增加, 有关竞赛规划、竞赛内容和国

际间的协作等问题的商讨也不断展开。在联合国教科文组织科技和环境教育司的委托下，中国科协青少年工作部与中国化学学会合作编译出版了《国际奥林匹克化学竞赛题及解答》一书，作为“青少年科技教育丛书”的组成部分，推荐给对化学方面有兴趣、有才能的青少年和热心于青少年科技教育的广大读者。就在这一年（1987年），我国首次派出由四名选手组成的中国代表队参加第19届国际奥林匹克化学竞赛，比赛结果，四名选手全部获奖（一金、二银、一铜），为祖国争得了荣誉。

在以后的各届 IChO 竞赛中，我国选手取得越来越好的成绩，直至第22届，四位选手分别获得金牌中的第一、二、四、五名，以惊人的优异成绩为我国争了光。从这些实践中，使我们看到了在我国的中学生中蕴藏着一种巨大的潜在力量，他们不仅能轻松地完成现行教学大纲中所规定的各项教学内容，而且也能解答诸多高难度、高要求的竞赛题。

这里的关键是正确地引导！当然引导的基点不单单是在知识点的深广度方面，重要的是在素质的培养和能力的提高上。并使他们坚信，这对于他们中大多数人来说完全是可望又可及的。

所有这些事实，成为我撰写本书时把能力和素质问题放在首位的依据。

为了进一步提高我国青少年参加 IChO 竞赛的水平，探索早期发现和培养优秀科技人才的规律，国家教委已组织各地试办高中理科实验班。一些省、市也相继成立“化学业余学校”、“奥林匹克学校”……，使得一大批通过各种形式选拔出来的有潜力的优秀学生，能有进一步深造的机会。在这个过程中，我有幸被邀参与了对他们进行测试、教练和选送的工作。在整整九年的实践中，我深深体会到单有概念、理论等知识的积累（那怕这些知识面再广、再深）也是无济于事的，重要的在于要有灵敏的思维能力，有寻找、捕捉信息和对信息加工的能力，有良好的心理素质，甚至于一些非智力因素等的配合。

这就把问题提到根子上来了——我们在教学、辅导的同时也

在育人。我们要根据奥林匹克精神和国际竞赛这个高层次要求来塑造一个人,或是转变一个人。实践证明,经过训练的学生,那怕他没被选上国家队出国参加比赛,也都受到各高等学校的青睐,被免试直升进入大学。而且在进入大学后,都能在班级或年级里处于领先地位,甚至被选派出国深造。

这种客观形势对人才的需求,特别是对具有思维和创造能力的人才的需求也成为我撰写本书的依据。

诚然,培养一个人的能力是个漫长的过程。人的能力从弱到强,要经历一个艰苦的磨炼过程,但这不等于一定要到了大学阶段才能提到议事日程上来。从某种意义上说,幼儿、小学阶段也都有一个智力开发和能力提高的问题。

本书将素质、能力的问题作为一个“龙头”,把知识点作为基本内容贴附在它的身上。一般的知识点,中学教材中都已提到,即使是有深广度的内容,在大学教材中也都能找到,所以就不专门分章叙述,只是为了解题思路分析需要,稍作局部介绍。主要想通过摘选一些典型的试题,着重分析它对能力和素质的需求,希望广大中学生能从中体会到这些素质指标和能力要求的意义,不断地钻研下去,去追求这些目标,以期能为攀登新的科学高峰打好基础。我所选择的“素质”和“能力”方面的要求,是以中国化学会“为参加 20 届国际化学奥林匹克竞赛省市培训大纲”所列诸项为依据的。

我也希望把本书和时下各地相继出版的“奥林匹克教学辅导丛书”配合起来使用,各取所长,相辅相成。

二、从题型看对能力的要求

从历届试题来看,无论是高考、全国化学竞赛、冬令营竞赛,也还是奥赛的预备题和正式竞赛题,对能力的要求都是很高的。因此,在培训过程中,让他们去练习、自测这些题目果然很必要,但仅限于这点还远远不够,一定要上升到思想方法和能力技巧的高度

上。如果学生仅习惯于在题海中学习，只会做那些曾经做过或看到过的题型，而不习惯于对付那些思考容量大、智力性高、技巧性强的试题，那么临场的发挥肯定是不好的。

事实上，素质也好、能力也好都不是虚的、空的，它将具体地体现在试题内容和解题过程中。在以后的各章节里，我将结合知识点，选择各级各类测试中的典型试题，来分析素质、能力、方法论……几个方面的要求，每个方面都将配以例题和思考题，以期得到初步地训练和提高。

国际化学奥林匹克竞赛分两个部分，理论题和实验题。竞赛的理论题一般不超过六道，每道题的字数不超过一个“打字页”（图表及有机分子式在外）。除此以外竞赛工作组织还有一些规定，如：

主办国应在竞赛一年以前提供预备题，也就是说本届竞赛结束时应该分发下届竞赛的预备题。所谓预备题是指一些富有启发性和预备性的题目，它的字数不受上述规定的限制，这些题的解法和答案对广大参赛者解答正式竞赛题应有很大的参考价值。

竞赛题的设计，应限制答题所需事实的份量，并强调学生的创造性思维和独立解决问题的能力；竞赛的实验题也同样应允许学生自己选定实验操作程序。

竞赛理论题的排列应由易到难，故参赛者至少都能得到一个最低分数，当然要想得到最高分，也必须付出很大的代价。实践表明，没有一道题，参赛者会一分也拿不到，同样没有一道题会使每个参赛者都得到满分的。一般一道大题中总包含若干道小题，它会让你一个台阶一个台阶地往上走。所以对创造性思维和独立解决问题的能力要求是很高的。

竞赛题中有关数学和物理学的知识应保持在中学课程大纲范围之内。问题是现行的国内大纲和国际上的流行中学课程大纲是否在某些知识点上有差异。例如数学中的微积分，就涉及到对化学动力学问题的要求应到何种深度。

根据以上的一些主要要求，纵观历届竞赛的题目，可对题型作如下分析：

就知识点而论,可以涉及元素和化合物的结构和性质,化学热力学、化学动力学、表面化学、有机化合物的官能团性质、合成路线及产物的各种异构体(同分异构、位置异构、光学异构……)。物质的定性、定量分析方法、生物化学、工业化学等知识。但这些知识点联系生活和生产实际、现代实验方法和测试技术、最新科技领域新成就……方面的问题有较深较广的程度。有的数据可能就是来自科学家或命题人自己的工作实践或研究成果,有的可能摘自最新的文献和研究报道。这样可以对各参赛者都保持公平。

就题型而论,一般包括以下几方面:

第一,为了达到某种目的(如分析混合物中各物质百分含量,测定物质的溶解度、溶度积,解释某些现象……),而采用某种方法,告知一些实验条件、现象、数据……等。

如:请你书写并配平有关的化学方程式;

根据方程式计量关系计算某些项目;

对计算结果作分析、讨论,解释一些现象。

【例 1】在 25°C 的酸性溶液里用碘量法测定碘酸铜(II) $[\text{Cu}(\text{IO}_3)_2]$ 的溶度积。取用 20.0 cm^3 的碘酸铜饱和水溶液,用去 30.0 cm^3 、 0.100 mol/dm^3 的硫代硫酸钠溶液。

(1) 依次写出所有反应的配平的化学方程式;

(2) 计算溶液中 Cu^{2+} 离子的起始浓度;

(3) 确定碘酸铜(II)的溶度积 K_{sp} (连同单位)。忽略活度系数。

(第 21 届 IChO 竞赛题)

(思考)这里涉及用一种氧化还原滴定法来分析溶液中离子的浓度。碘量法是利用 I_2 的氧化性和 I^- 的还原性来进行滴定的方法。由于固体 I_2 在水中的溶解度非常小,仅为 0.00133 M ,故常将 I_2 溶解在 KI 溶液中。

由于 I_2 是较弱的氧化剂,能与较强的还原剂作用,而 I^- 又是中等强度的还原剂,能与许多氧化剂作用。因此,碘量法可用直接和间接两种方法进行。

对于还原性较强的物质,可直接用 I_2 标准溶液滴定;而对氧化性较强的物质,则可在一定条件下,用 I^- 还原,产生相当量的 I_2 ,然后用 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液滴定释出的 I_2 ,进行间接碘量法滴定。本题应该属于后者,可以根据溶液中存在的 Cu^{2+} 、 IO_3^- 及 I^- ,还有酸性条件的 H^+ ,反应生成 CuI 和 I_2 、 H_2O 等,写出第一个反应式。然后用 $Na_2S_2O_3$ 去滴定释出的 I_2 ,生成 I^- 及 $S_4O_6^{2-}$,写出第二个反应方程式。

根据题给数据,不难从方程式计量关系算出起始 Cu^{2+} 的浓度。

由于 $Cu(IO_3)_2$ 的溶度积 $K_{sp} = C_{Cu^{2+}} \cdot C_{IO_3^-}^2$,而且由反应方程式可知有 $C_{IO_3^-} = 2C_{Cu^{2+}}$,故根据起始 Cu^{2+} 的浓度即可求得 $Cu(IO_3)_2$ 的溶度积 K_{sp} 。(参阅P.26 起的参考答案)

像这一类题型实质上欲请你书写和配平方程式,但不直接告诉你反应物、产物是什么,而是将它们隐含在给出的化学事实、实验现象、产物性质、氧化还原状态……中。然后通过书写、配平反应方程式,以此为龙头,带动其他的计算或讨论。这种题一般算作容易的,在竞赛题的题号编排时为较前面的题号。

第二,讨论物质的异构现象。

凡其化学组成相同,只是因为原子间的连接方式或空间排列形式不同而引起的结构和性能不同的现象,总称为物质的异构现象。就其物质的类型来说可以是有机物,也可以是无机物。当然更多的是无机配合物的异构现象。就其异构种类而言,最主要是几何异构和旋光异构两大类。

近年来,异构现象在合成化学、立体化学和生命科学中越来越显示它的重要性。很多药物有其生物活性或药理作用的仅是其中特定的异构体——反式(或顺式)、右旋(或左旋),常常不是两种异构体都有生理作用的。因此,对化合物异构现象的研究也越来越引起人们的兴趣。无疑,这一内容当然会反映到奥赛系列的试题类型中来。通过这类题型,更可测试参赛者的立体化学知识,空间想象力和逻辑思维能力。

【例 2】 配合物 A 是 1986 年由 Jensen 合成的。它的化学式为 $\text{Ni}[\text{P}(\text{C}_2\text{H}_5)_3]_2\text{Br}_3$ 。化合物是顺磁性，有极性，但难溶于水而易溶于苯，其苯溶液不导电。试画出配合物 A 所有可能的立体结构。若有对映体必须标明对映关系。

(1990 年化学冬令营竞赛题)

(思考) 这个题中配合物 A 就其化学式来看，似乎十分复杂，五种元素的原子不知该以何种方式连接起来，但按题意仔细一分析，A 不是离子型而是共价型化合物，若将 Ni 视为中心原子，而将 Br_3 和 $[\text{P}(\text{C}_2\text{H}_5)_3]_2$ 分别看作配位体，则五配位的化合物就其空间结构而言，可以有双三角锥和四角锥型两类，于是配合物 A 有五种可能结构就不难排出来了。这五种结构间无对映体存在。由于 A 有极性，故二个 $\text{P}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ 在双三角锥的两个顶点位置的异构体是不应该排出来的。

【例 3】

(1) 画出环丁基二羧酸的所有异构体的结构式并给以系统命名。

(2) 环丁基-1, 2-二羧酸有三种异构体 I、II、III，画出它们的投影式或者立体式，并指出其相对构型。

(3) 立体异构体 I、II、III 中，哪对是非对映异构体，哪对是对映异构体？

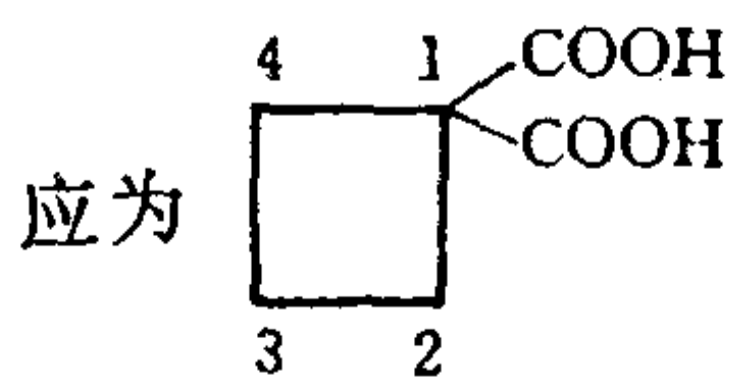
(4) 利用什么反应可以确定非对映体的不同的相对构型？

(5) 怎样拆分环丁基-1, 2-二羧酸的对映异构体？

(6) 标明立体异构体 I、II、III 的不对称中心的绝对构型 (R、S 体系，又称 Cahn-Ingold-Prelog 规则)。

(第 21 届 IChO 竞赛题)

(思考) 依据有环丁基、又是二羧酸，可以想到它的基本骨架



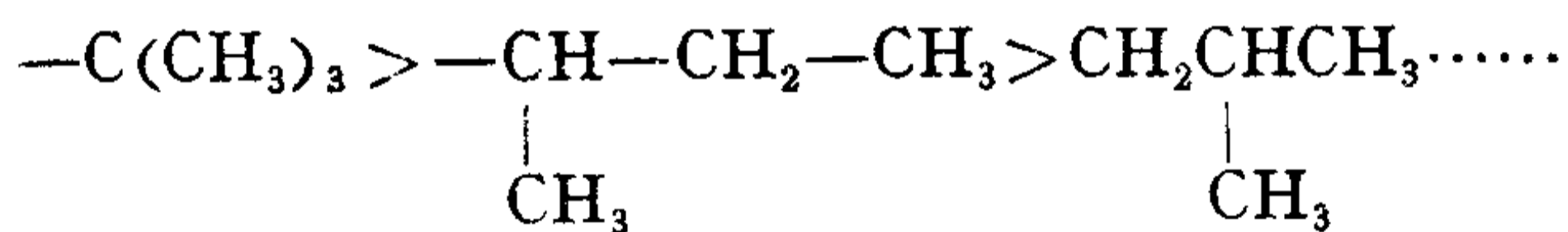
，如果把它叫做环丁基-1, 1-二羧酸的话，则

按二个羧基的相对位置不同，就可以有 1, 1-、1, 2-、1, 3- 二羧酸等

三种异构体。然后根据环丁基-1,2-二羧酸的骨架,考虑在环丁基环平面上下二个-H和二個-COOH的相对位置不同,可以有一种顺式(I)和二种反式(II、III)等三种异构体以及它们之间对映关系。

最后可根据手性碳上的四个基团大小,按“次序规则”用右手法则确定其R-型(否则为S-型)。

所谓“次序规则”,其主要内容为:①按取代基游离价所在原子的原子序数大小排列,大者居前,小者在后。如 $-I > -Cl > -S > -O > -N > -C > -D > -H$ (同位素者,质量大的在前)。②若第一个原子相同,则可比较基团中第二个原子。如



所谓“右手法则”,指其不对称碳原子上的四个基团按“次序规则”由大到小排列成 $a > b > c > d$,用大拇指指向最小基团d,然后观察 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 的排列顺序,如和右手握拳时的指向一样,就为R-型;和左手一致,即为S-型。

至于怎样来确定非对映体的不同相对构型,可以采用失水能否成酸酐的方法。因为顺式构型的二个羧基均在环平面的同侧,易于失水成酸酐,反式就不太容易了。

第三,代码谜题。

这类题一般比较多的用于测试有机化学知识。题中选取若干个有机化合物,分别用A、B、C、D……代码标志,它们的分子式绝大部分都是不知晓的,通过在一定的实验条件下加入某些试剂、利用官能团之间性质反应而互相联系着,并用文字框图或反应路线形式画出。要求你把未知中间体的代码标志破译出来,用分子式或结构简式表达,或要求你把某试剂名称、反应类型写出来。

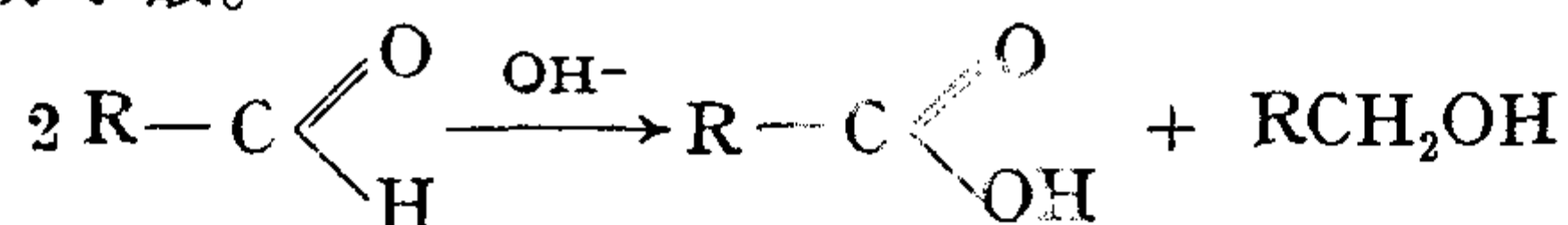
解答这类题目,一般可以从以下几个方面着手:

(1) 根据题中告知的分子式或简单结构式作为突破口,向它左右(或称前后)两边推测,如果被告知的是最后一个产物,这就是

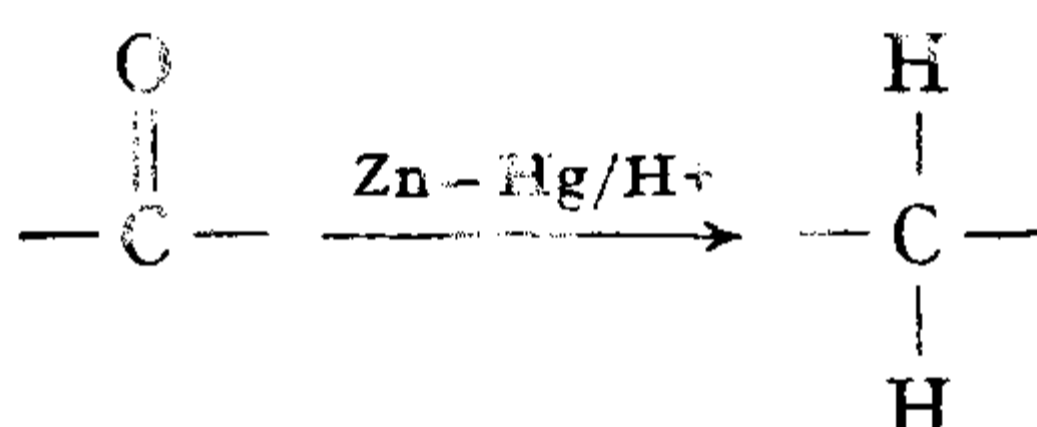
逆推法。

(2) 熟悉一些常见的人名反应及其功能是有意义的，在奥赛系列题目中出现较多的如：

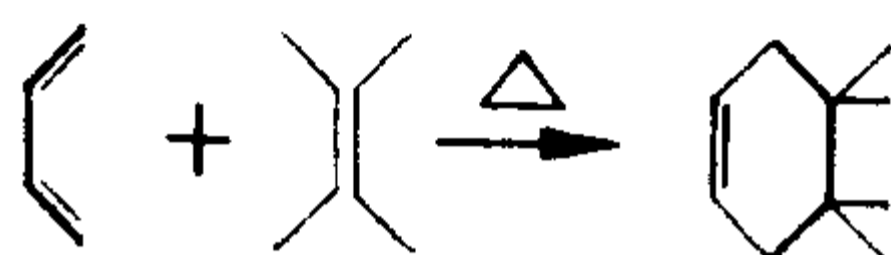
康尼扎罗 (Cannizzaro) 反应——两分子不能烯醇化的醛(即没有 α -H 的醛)在浓 NaOH 溶液(或 R₂ONa)存在下成为一分子伯醇和一分子酸。



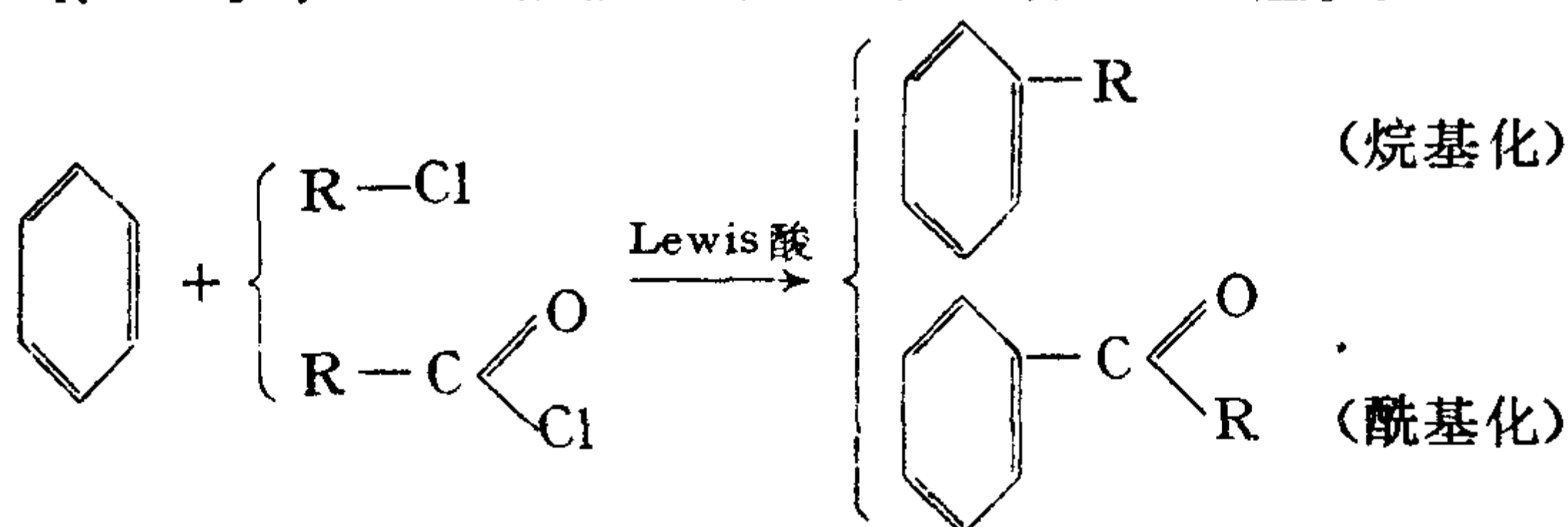
克莱门森 (Clemmensen) 还原——羰基用 Zn-Hg/H⁺ 还原成 -CH₂-:



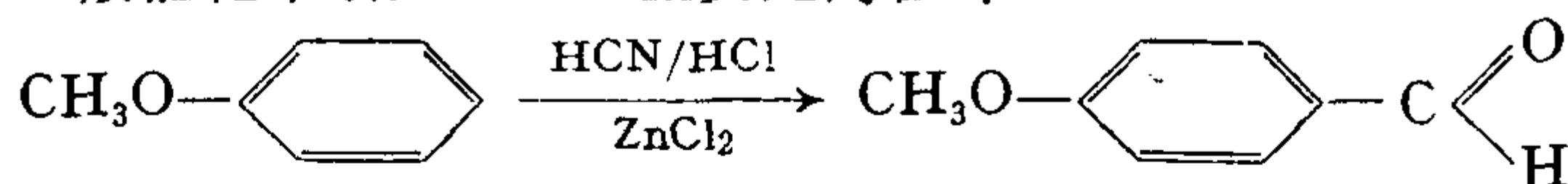
迪尔斯-爱尔特 (Diels-Alder) 反应——4 π 共轭体系和 2 π 体系的环加成而成为六元环系:



费-克 (Friedel-Crafts) 反应——芳烃用 AlCl₃、BF₃、FeCl₃、SnCl₄、ZnCl₂ 等 Lewis 酸催化的烃基化和酰基化反应。如

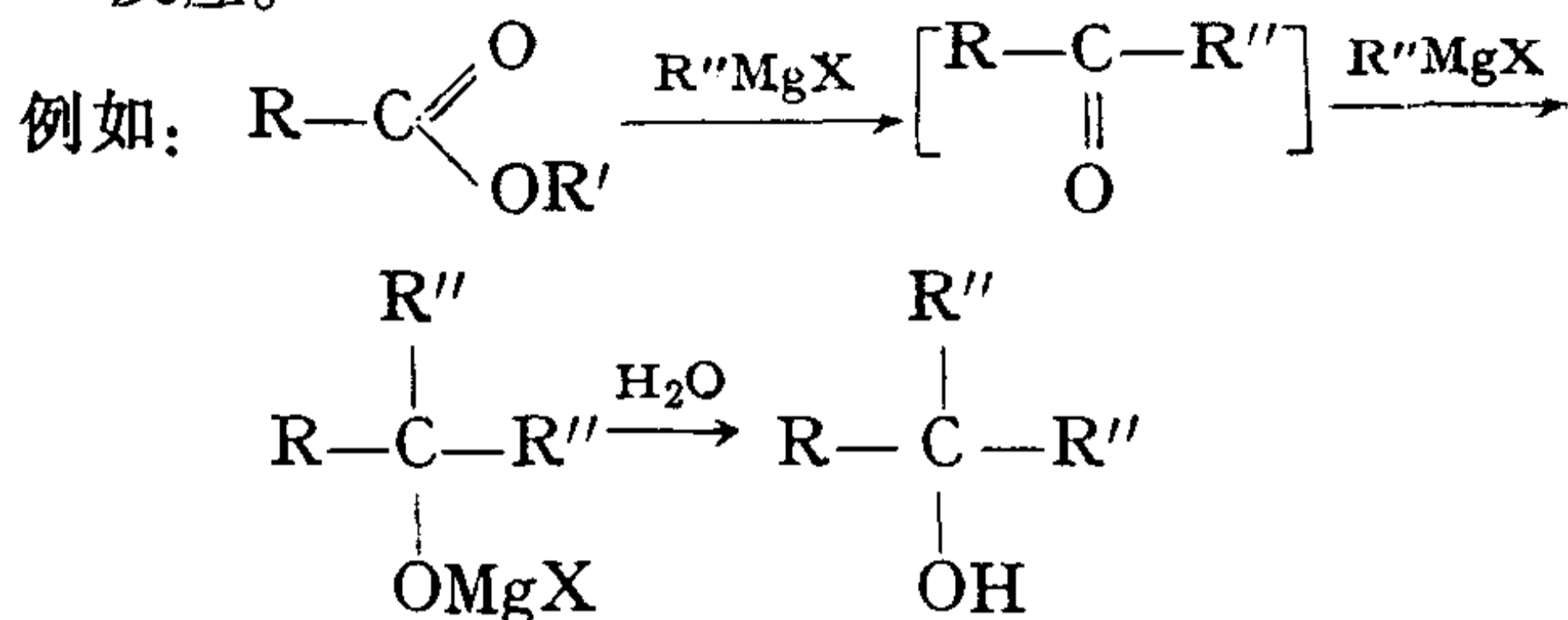


盖脱曼 (Gattermann) 芳醛合成——酚或酚醚用 HCN/HCl 在 Lewis 酸催化下引入 CHO(主要是对位):

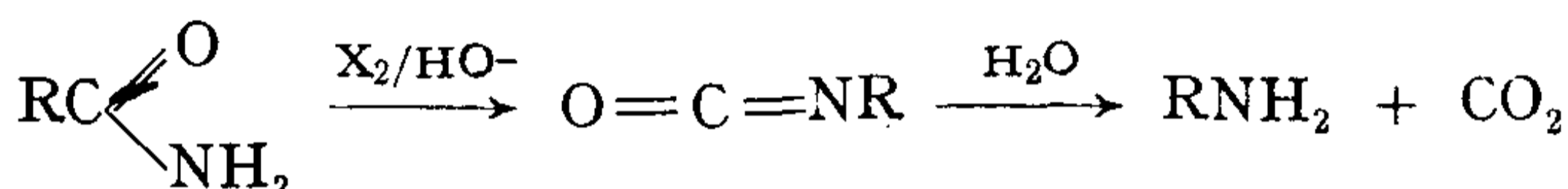


格利雅 (Grignard) 反应——RX 和 Mg 在乙醚中制得有机镁

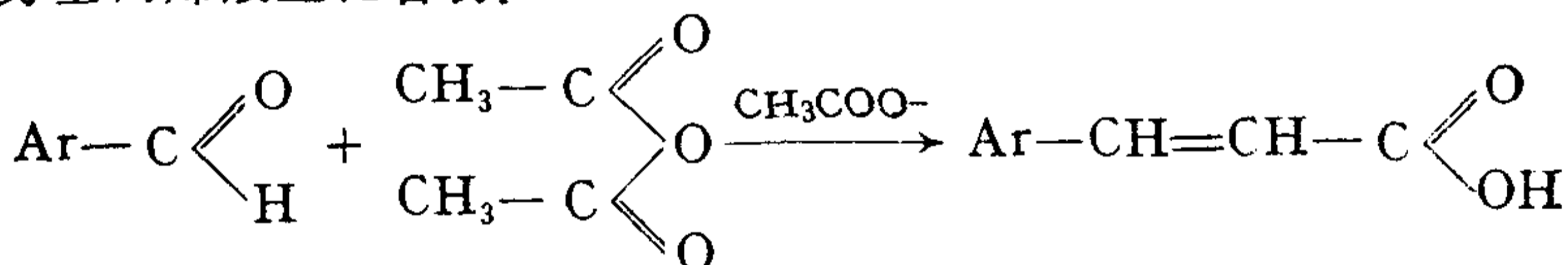
卤化物 (RMgX 称为格氏试剂)、一切涉及 RMgX 的反应皆称为 Grignard 反应。



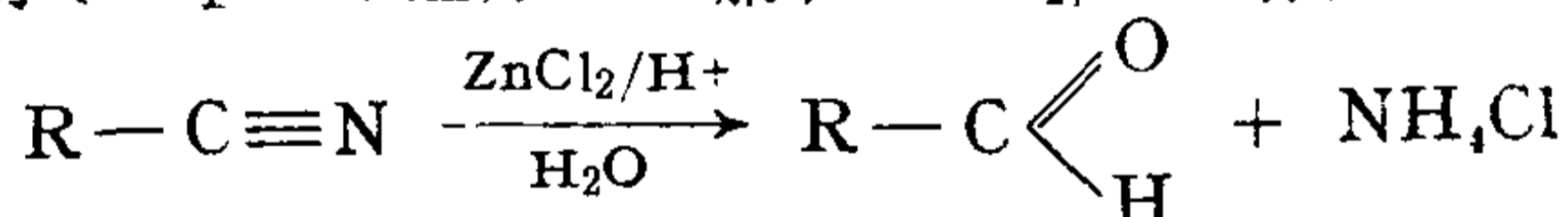
霍夫曼(Hofmann)重排——伯酰胺用 X_2/HO^- (或 HOX) 重排成异氰酸酯, 水解后变成少一个碳的胺:



珀金(Perkin)反应——芳醛和酸酐在乙酸钠作用下缩合成 β -芳基丙烯酸型化合物:



斯蒂芬(Stephen)还原——腈在 SnCl_2/HCl 作用下还原成醛:



(3) 借助一些反应所用特殊试剂帮助判断, 如特殊氧化剂, 还原剂, $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HNO}_3$ 硝化剂, 用 Lewis 酸催化的烃化和酰化反应, 用 Mg/乙醚制格氏试剂, 又用格氏试剂 RMgX 使碳链增长, 检验醛基的多伦(Tollens)试剂、费林(Fehling)试剂、用 $\text{NaNO}_2 + \text{HCl}$ 进行重氮化、……。

【例4】 写出下列反应的方程式, 并画出产物 A—H 的结构式。

