加氢站用化工副产氢气潜力分析

徐如辉

（山东建筑大学，山东济南250101）

摘要：从焦炉煤气和氯碱工业提纯氢气出发，确定我国近几年化工行业副产氢气的总量，结合我国近中期加氢站规划建设情况，分析焦炉煤气和氯碱副产氢气可支持我国加氢站建设的潜力。

引言

面对全球气候变暖和能源枯竭问题，世界各主要国家都在致力于寻找替代能源以减少二氧化碳等温室气体的排放，站到能源转型的前列。在众多的能源替代选项中，氢能以其来源广泛，燃烧过程中仅排放水，热值高等特点被人们视为未来可持续发展的首选能源。利用天然气蒸汽重整、煤气化、电解水、化工副产氢气提纯是当前工业上制取氢气的主要方式。在制氢规模、初期建设投资、可持续性上，以上方式各有其利弊，寻找建设投资合理、工艺简单可靠、产品氢气指标合格的方式是目前解决加氢站氢气源的主要问题。

我国炼焦企业、钢铁厂和氯碱工业每年都会副产数百万吨氢气。合成氨、合成甲醇过程中的释放气通过回收再次通入反应装置以补充生产过程所需的原料气，可用来分离提纯制氢的份额有限。钢铁工业和炼焦行业的焦炉煤气氢气含量高、数量极大，占据工业副产氢总量的90%以上。此外，氯碱工业产生烧碱、氯气的同时，也会副产一部分氢气。这些副产氢气绝大部分都排放到空气中，污染环境的同时也成为危险因素。通过变压吸附（PSA）技术分离提纯焦炉煤气和氯碱工业尾气制取氢气的技术在我国已经非常成熟，若能充分利用好这些低品位能源，化工副产氢气将成为我国加氢站早期建设的重要氢气源，对能源社会转型产生长远意义。

1氯碱工业副产氢

氯碱工业指的是通过电解饱和NaCl溶液来制取NaOH、Cl_2和H_2，并以此为原料合成盐酸、聚氯乙烯等化工产品。我国是世界烧碱产能最大的国家，占全球产能的40%，除2015年产量有所下滑，近几年依然保持着较大的增长势头。以生产1t烧碱产生270m^3氢气计算得到，我国2010年到2018年副产氢气总量，如图1所示。

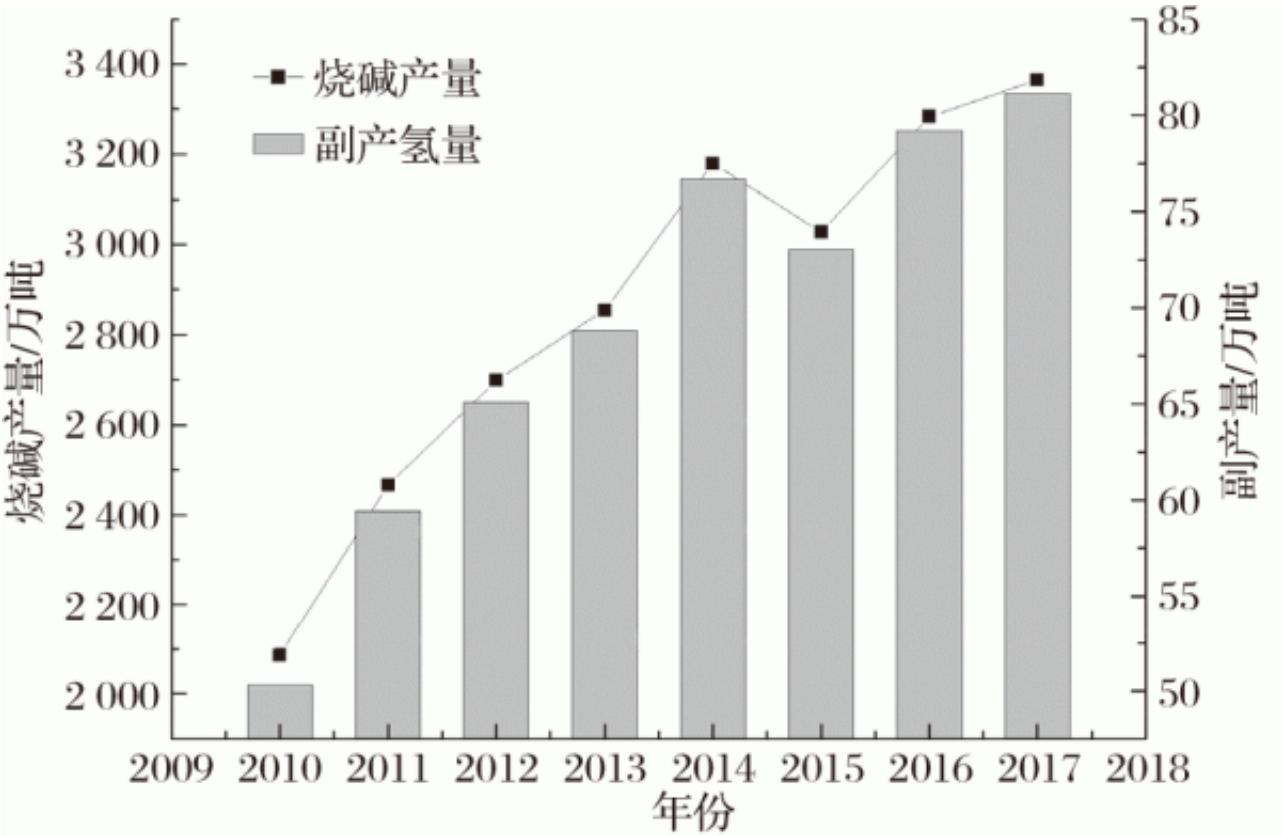

图1　我国烧碱和副产氢气产量变化图

由图1可知，从2014年开始，我国氯碱工业每年副产氢气稳定在70~80万吨。

2焦炉煤气回收氢气

作为世界上最大的焦炭生产国，在2011年我国焦炭产量就已经达到4.28亿吨，占世界总产量的60%。焦炉煤气中氢气占据了一半比重，是提纯氢潜力最大的工业尾气。焦炉煤气成分如表1所示。由表1可知，氢气浓度在50%以上。

表1　焦炉煤气成分表[1]　/%

组分	H_2	CH_4	C_mH_n	CO	CO_2	N_2	O_2
体积分数	54~60	23~27	2~3	5~8	2~4	3~6	0.2~0.4

按照每生产1t焦炭可副产425.6m ^{3}焦炉气[2]

^{3}氢气。经计算得到，2010年~2017年我国焦炉煤气理论副产氢气量，如图2所示。

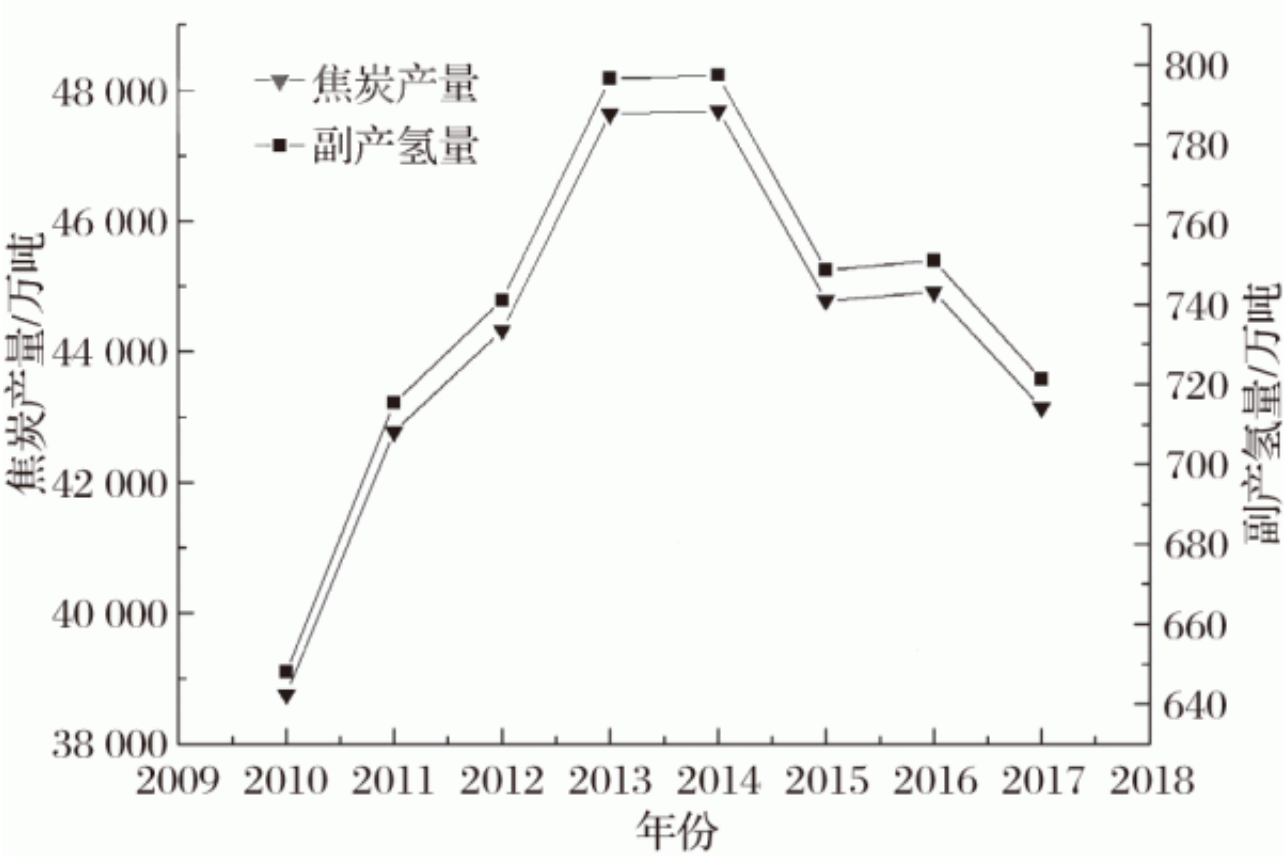

图2　我国焦炭和副产氢气产量变化图

图2数据显示，在2014我国焦炭产量达到顶点，年产焦炭4.8亿吨，从中可分离氢气797.4万吨。虽然之后几年焦炭行业遇冷，产量连续下滑，焦炭年产量仍高达4亿吨以上，副产氢气700万吨以上，是氯碱工业副产氢气总量的10倍左右。

经过计算，合成氨、合成甲醇每年副产氢气在50万吨左右，考虑到其分离出的氢气返回原料单元补充燃料消耗，可用于氢燃料电池汽车燃料的数量较少，可知工副产氢气主要来自氯碱工业和焦炉煤气，两者相加即得到我国近几年化工行业年产副产氢气的总量，如表2所示。

表2　我国近几年化工副产氢气理论值　/万吨

项目	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
氯碱工业副产氢	50.3	59.4	65.1	68.8	76.7	73	79.2	81.1
焦炉煤气回收氢	648	715.3	741.1	796.5	797.4	748.7	750.9	721.3
合计	698.3	774.7	806.2	865.3	874.1	821.7	830.1	802.4

由表2可以看出，我国副产氢气2014年达到顶峰，并在此之后基本保持稳定。随着我国化工行业快速发展，下游产品链的形成滞后于上游生产，伴随有产能过剩的现象。氯碱工业是高耗能、高污染的重化工企业，国家深入推行去产能政策，将会优化现有企业资源，淘汰落后企业产能，有利于副产氢气的集中分离制取，提升每年副产氢气的数量。

各年副产氢气产量总量情况如图3所示。

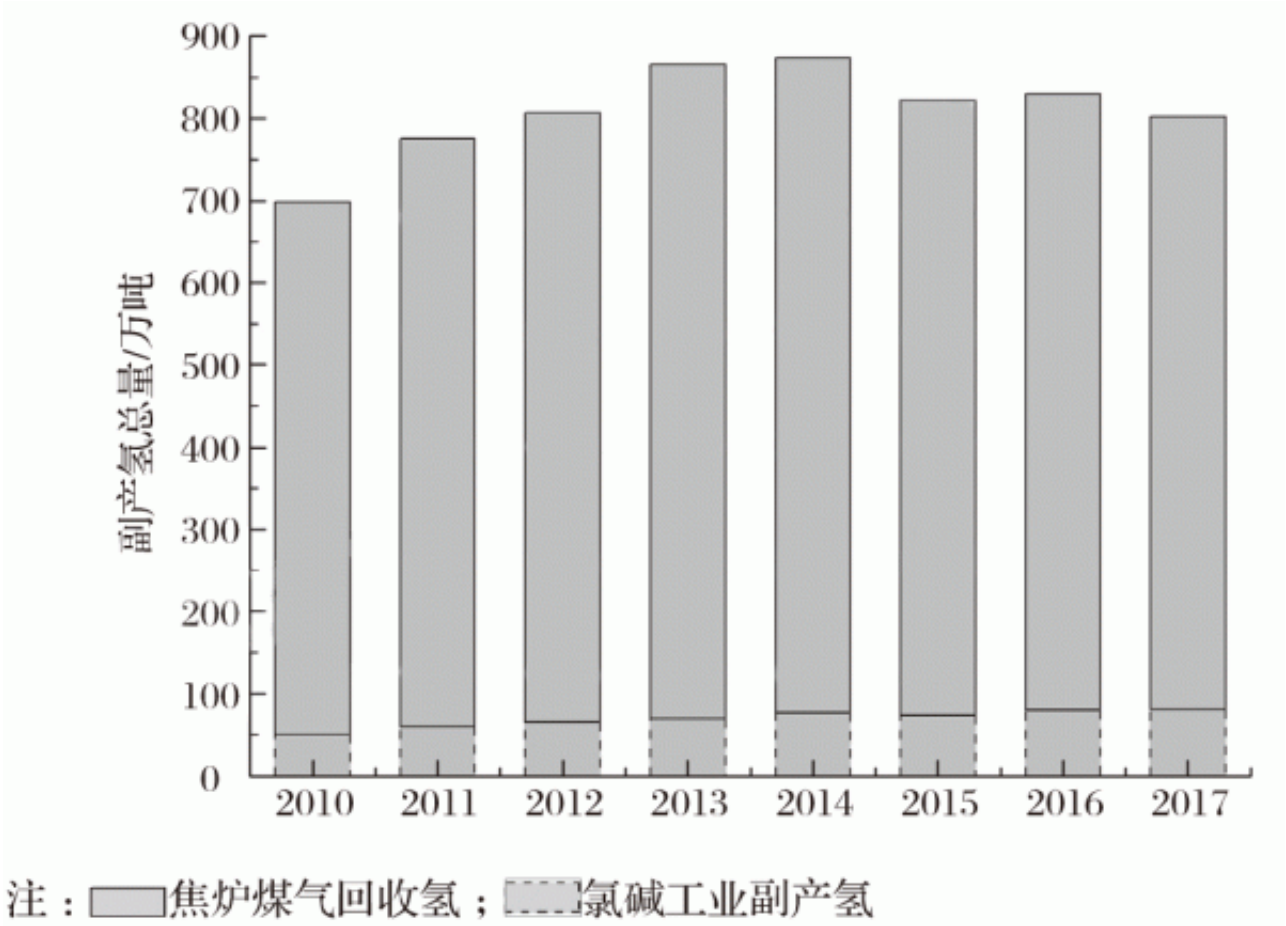

图3　我国近几年副产氢理论值

综上所述，我国近几年副产氢气总量维持在800万吨/a。副产氢气经过变压吸附提纯，浓度可达到99.99%，满足加氢站用氢气标准。如果将这些副产氢气全部用于加氢站为燃料电池汽车服务，对前期氢能的示范利用将会产生巨大的带动作用。

3副产氢气潜力分析

目前阶段，我国副产氢气的30%用于合成盐酸。结合实际情况和我国氢燃料电池汽车发展规划，近期取副产氢气的30%（240万t/a），中期40%（320万t/a），远期50%（400万t/a）用于加氢站，按照1辆燃料电池乘用车年行驶里程20000km，消耗224kg氢气[3]计算，分别可供应1071万、1428万、1785万燃料电池乘用车。

按1辆燃料电池客车行驶里程14400km，消耗882.32kg氢气计算，可供应氢燃料电池客车272万、362万、453万辆。近中远期副产氢供应燃料电池车数量如表3所示。

表3　副产氢供应燃料电池车数量　/万辆

项目	2020 年	2025 年	2030 年
乘用车	1 071	1 428	1 785
客车	272	362	453
拟发展燃料电池汽车	0.5	5	100~1 000

由表3数据即可看出，在2025年之前，无论是燃料电池乘用车还是燃料电池客车，副产氢气可支持数量都远超于规

划发展数量；2017年，我国商用车在汽车总保有量中仅占15%，由此推算2030年，我国燃料电池客车在100万辆左右，利用工业副产氢作为加氢站氢气来源仍有很大余量。甚至可以做出推断，对于焦炉煤气产量多的地区副产氢气量可以支撑燃料电池汽车和加氢站发展到2040年左右；对于工业欠发达地区，虽然缺乏副产氢气，但可以选择集中制氢厂提纯后，输送至需求地区。相对于煤气化制氢、天然气蒸汽重整制氢和电解水制氢，在经济方面竞争性仍然很大。我国完全可以选择回收副产氢气发展加氢站，既节约资源又能降低成本，加快氢能利用的步伐。

4结语

（1）我国工业副产氢气资源潜力大，每年稳定在800万吨左右，其中，焦炉煤气提纯氢气总量达到90%以上，而工业化进程的加快会使这一数值逐渐加大。

（2）每年的副产氢气（30%）可供1071万辆氢燃料电池乘用车或272万辆氢燃料电池客车运行。如果将副产氢气的大部分用于加氢站为氢燃料电池汽车提供燃料，甚至可以支持我国氢能运输行业到2040年。

（3）副产氢气的30%足以支撑我国近十年氢燃料电池汽车和加氢站的发展，对于炼厂等工业发达地区，仅利用回收的氢气就可以满足氢能在交通行业的需求。

氢气是未来的能源，利用工业副产氢为加氢站供气，不仅是对节能减排国家政策的积极响应，对于加氢站的示范运行和氢气的开发利用，促进氢能经济发展和氢能社会的到来都具有基础性意义。

参考文献

[1]吴创明.焦炉煤气制甲醇的工艺技术研究[J].煤气与热力，2008，28（1）：B36-B42.

[2]邓学，王贺武，黄海燕.中国车用氢能潜力分析[J].科技导报，2010，28（9）：96-101.

[3]陈家昌，王菊，伦景光.国际燃料电池汽车技术研发动态和发展趋势[J].汽车工程，2008，30（5）：380-385.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/146849.html