



新疆二氧化碳捕集、利用与封存（CCUS）技术 路线图初步研究

汇报人：师庆三

单位：新疆大学地质与矿业工程学院

目录

1 新疆CCUS路线图初步研究的目的及意义

2 新疆主要碳源情况简介

3 新疆主要碳汇情况简介

4 新疆CCUS的政策建议

5 结论和展望

一、新疆CCUS路线图初步研究的目的及意义

- ①提供新疆CO₂排放源的规模、分布、排放特征等基础信息；
- ②提供新疆适宜的碳汇规模、分布、地质特征等基础信息；
- ③为后期新疆CCUS项目的实施及技术的选择提供基础资料；
- ④为新疆CCUS项目提供可靠的政策建议。

二、新疆主要碳源情况简介

1、能源结构以煤炭为主

1、新疆煤炭资源预测储量 $2.19 \times 10^{12} \text{t}$ ，占全国储量的**40.5%**，居全国**第一位**，煤炭及其相关产业是新疆的主导和支柱产业。

2、2011年新疆的煤炭消费量达到**9745.08万吨**。2011年新疆能源消费总量**9926.5万吨标准煤**（根据《新疆统计年鉴2013》的数据），其中由煤炭资源消耗产生的碳排放占新疆碳排放总量的**65%以上**，**呈现出以煤炭消耗产生的碳排放为主的碳排放结构**（见图2）。

新疆2000年—2011年碳排放总量

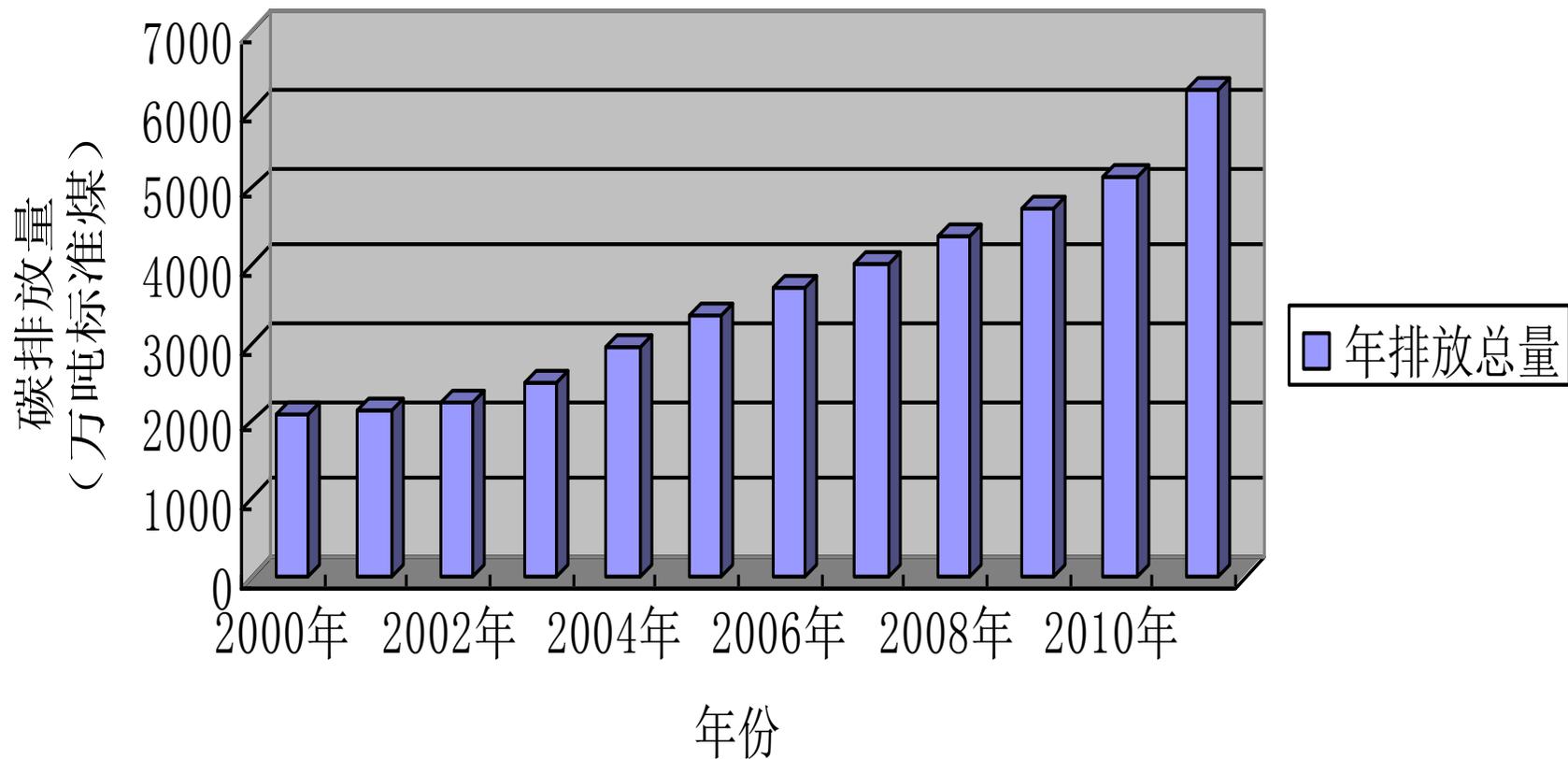


图1：新疆2000年—2011年碳排放总量

新疆2000年—2011年煤炭、石油及天然气资源碳排放占总资源消耗比例

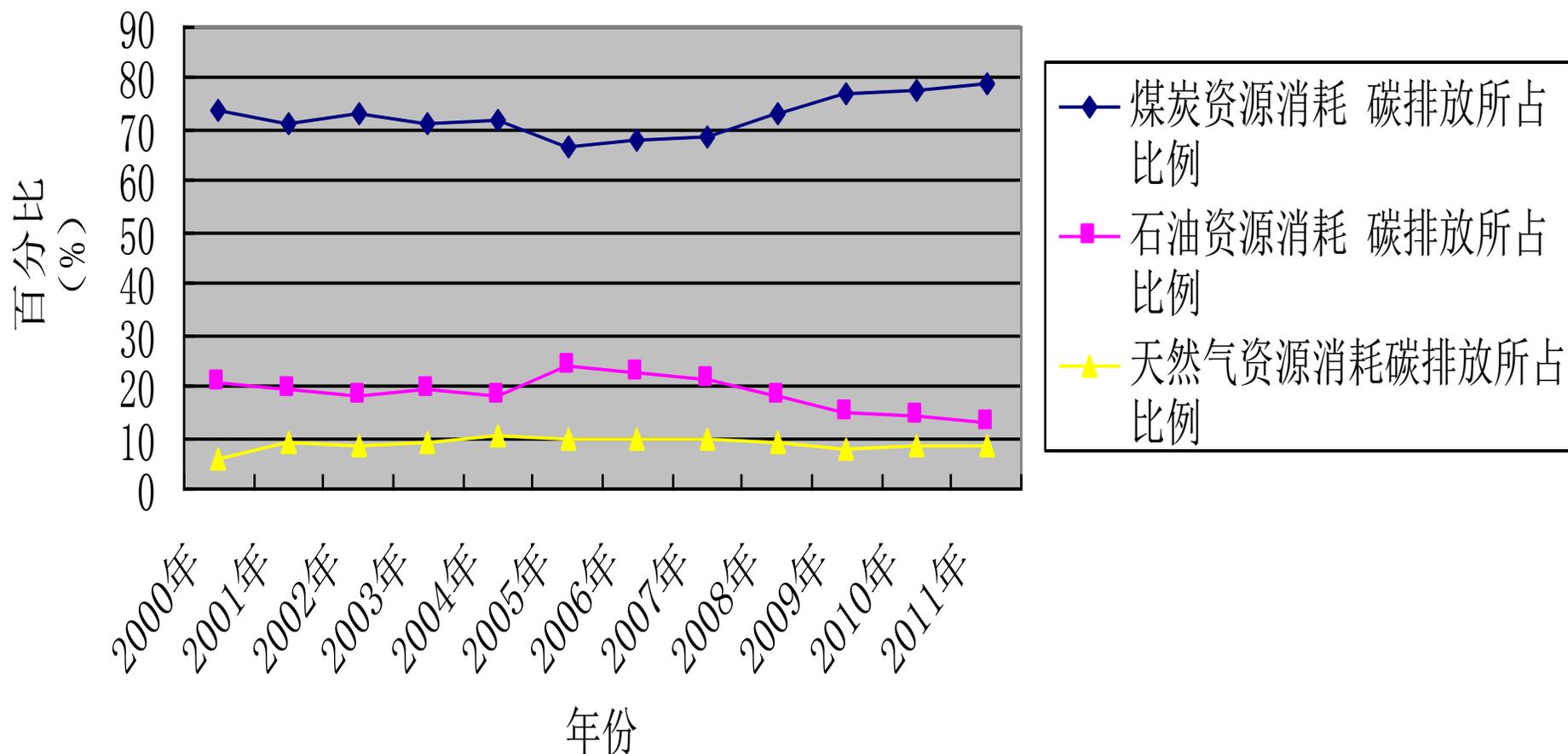


图2：新疆2000年—2011年煤炭、石油及天然气资源碳排放占总资源消耗比例

2、以煤炭资源为主导的火电厂

新疆的能源生产消费结构具有一次能源以煤炭为主,二次能源以煤电为主的特征,2011年新疆大中型火电厂发电量达到 **732.36×100 million kWh**,占新疆总供电量的**87.28%**,根据国家公布的火电标准煤耗356g/kWh计算,即发电1kWh需要消耗标准煤0.356kg,按1t煤产生2.38t的CO₂计算,则发电1kWh排放二氧化碳**0.847kg**,按照这个发电量计算,新疆大中型火电厂2011年排放大约**6203.0892万吨CO₂**。

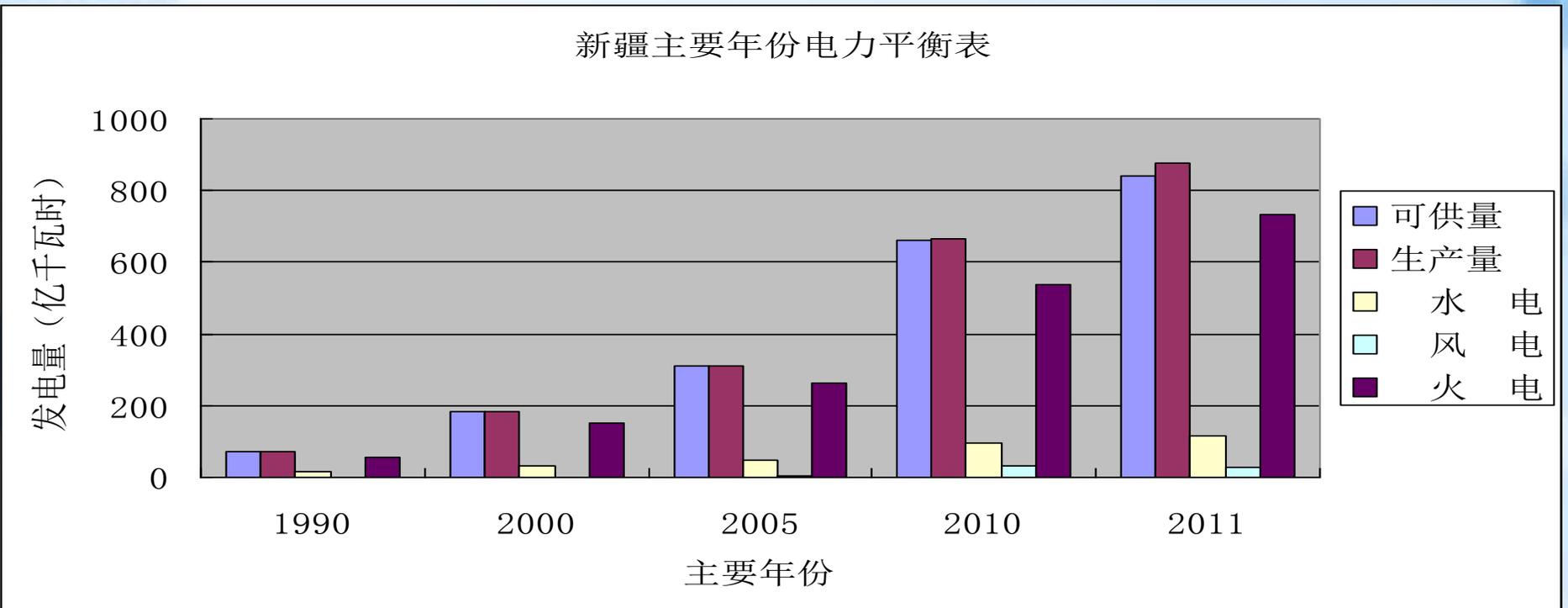
截至2013年底新疆大中型火电厂总装机容量达到**77274Mw**。据统计,目前新疆CO₂排放总量的三分之一以上来自电力(特别是煤电)行业。但是专家预测短期内能源结构近期难有根本性的调整,到2050年煤炭占新疆能源比重**仍将持续上升**。

新疆主要年份电力平衡表

Electricity Balance Sheet in Main Years

单位:亿千瓦时		(100 million kwh)				
项 目	Item	1990	2000	2005	2010	2011
可供量	Total Energy Available for Consumption	69.79	182.98	310.14	661.96	839.1
生产量	Output	69.79	182.98	310.14	665.06	875.19
水 电	Hydropower	14.25	30.54	46.49	97.07	114.57
风 电	Wind Power	0.08	1.73	2.32	30.02	28.26
火 电	Thermal Power	55.46	150.71	261.33	538.63	732.36

新疆主要年份电力平衡表



3、以煤化工为重点发展方向

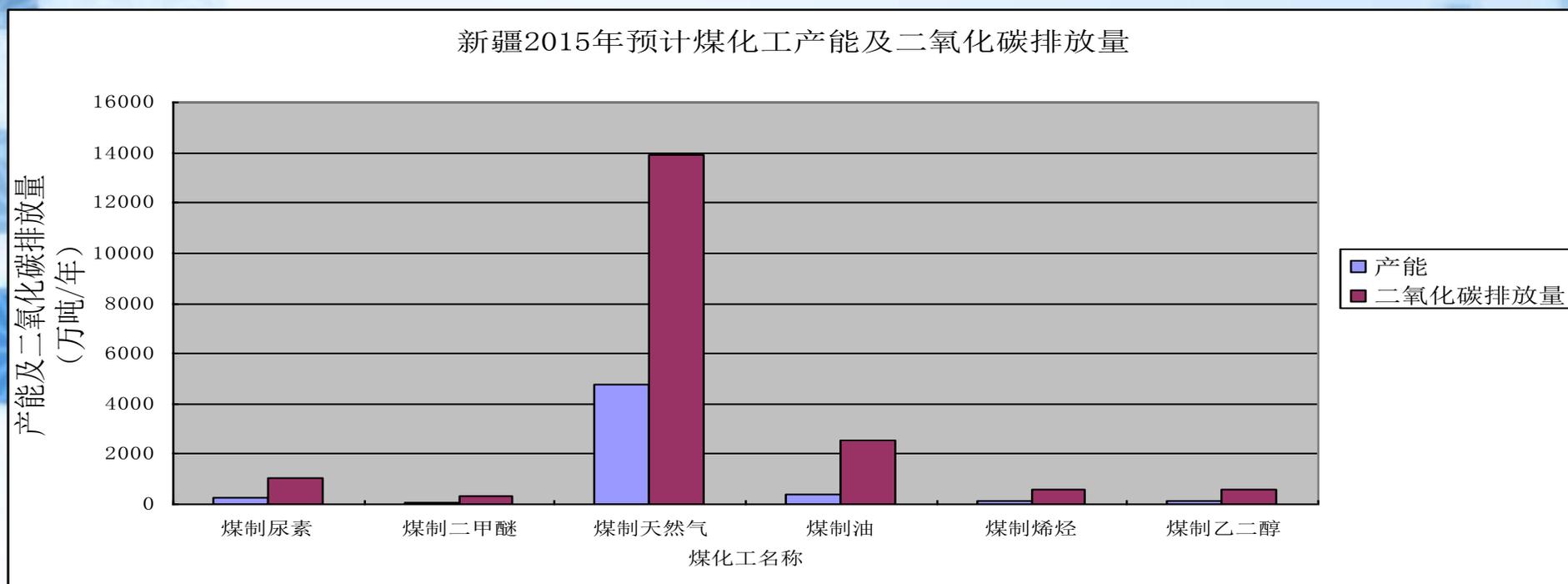
煤化工已经成为新疆工业发展的重要方向之一，而煤制天然气在新疆煤化工项目中占据主要地位。2011年5月公布的新疆十二五规划以**伊犁、准东**煤炭基地为重点，大力发展现代煤化工。

到2015年，建成**煤制尿素260万吨、煤制二甲醚80万吨、煤制天然气600亿立方米、煤制油360万吨、煤制烯烃100万吨、煤制乙二醇100万吨**。新疆十二五规划提出将加快3个煤制气项目建设，促进17个煤制气项目开工，**20个项目共计767亿立方米/年**产能。

新疆2015年预计煤化工产能及二氧化碳排放量

煤化工名称	产能（万吨）	每吨排放二氧化碳（吨）	二氧化碳排放量（万吨）
煤制尿素	260	4.04	1050.4
煤制二甲醚	80	4.44	355.2
煤制天然气	4800	2.9	13920
煤制油	360	7	2520
煤制烯烃	100	6	600
煤制乙二醇	100	5.6	560
合计	5700		19005.6

新疆2015年预计煤化工产能及二氧化碳排放量



4、其他行业的二氧化碳排放

①水泥厂

2012年末，新疆规模以上水泥企业有**78家**，新疆水泥生产能力超过**7500万吨**，CO₂排放达到**4900.35万吨/年**，2013年，新疆水泥生产能力还在不断扩大。

②炼钢厂

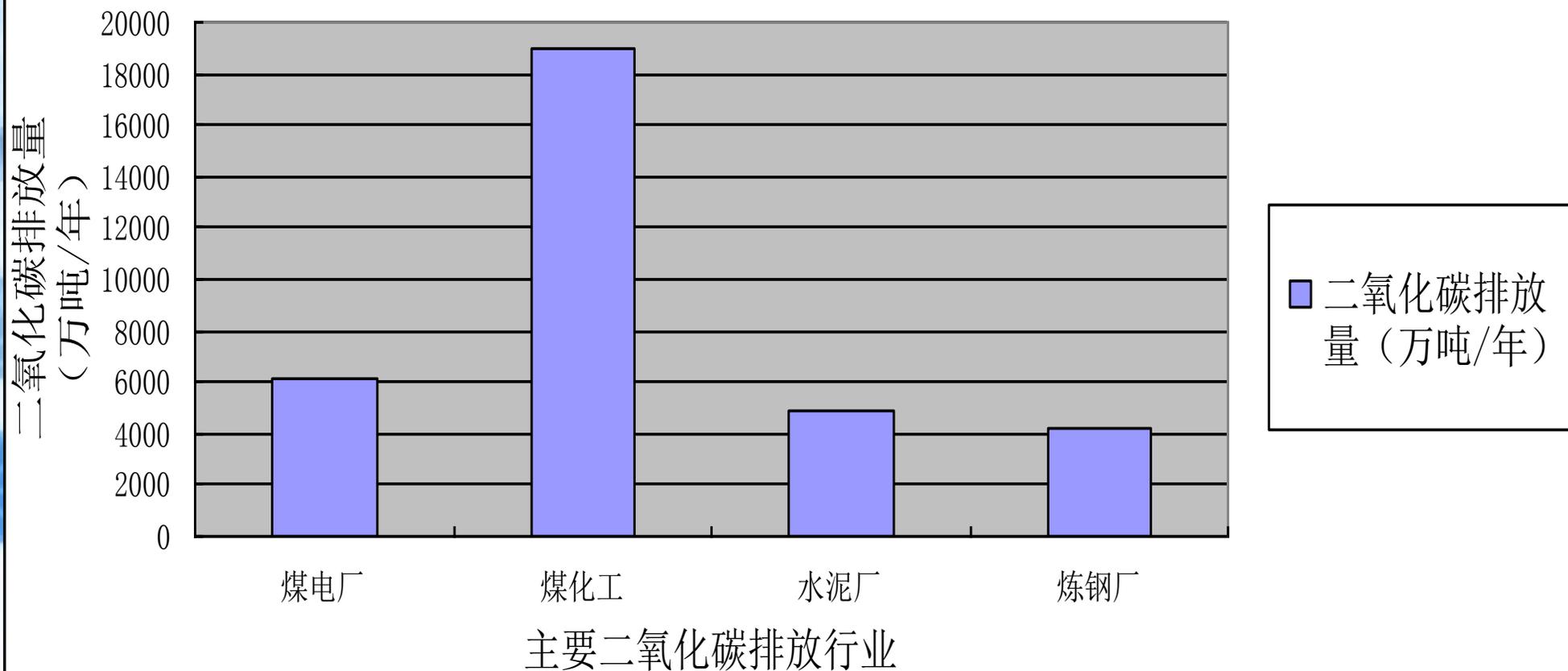
新疆钢铁行业的CO₂排放量仅次于煤化工、电力系统和建材(主要是水泥生产)行业,居第4位,新疆现有高炉21座,高炉设计产能达1911万吨,CO₂排放达到4204.2万吨/年。

③其他排放源

除以上重点介绍的二氧化碳排放源外,还有化肥厂、炼焦厂等企业也是二氧化碳的主要排放源。

新疆主要二氧化碳排放行业对比图

新疆主要二氧化碳排放行业对比图



以伊犁、准东为主的煤
乌鲁木齐地区及天山北
坡经济带周边建成及在
建火电厂57座，二氧化
碳排放量可达33715.3432万吨/年

阿克苏地区建成及在
建火电厂5座，二氧化
碳排放量可达1467.0040
万吨/年

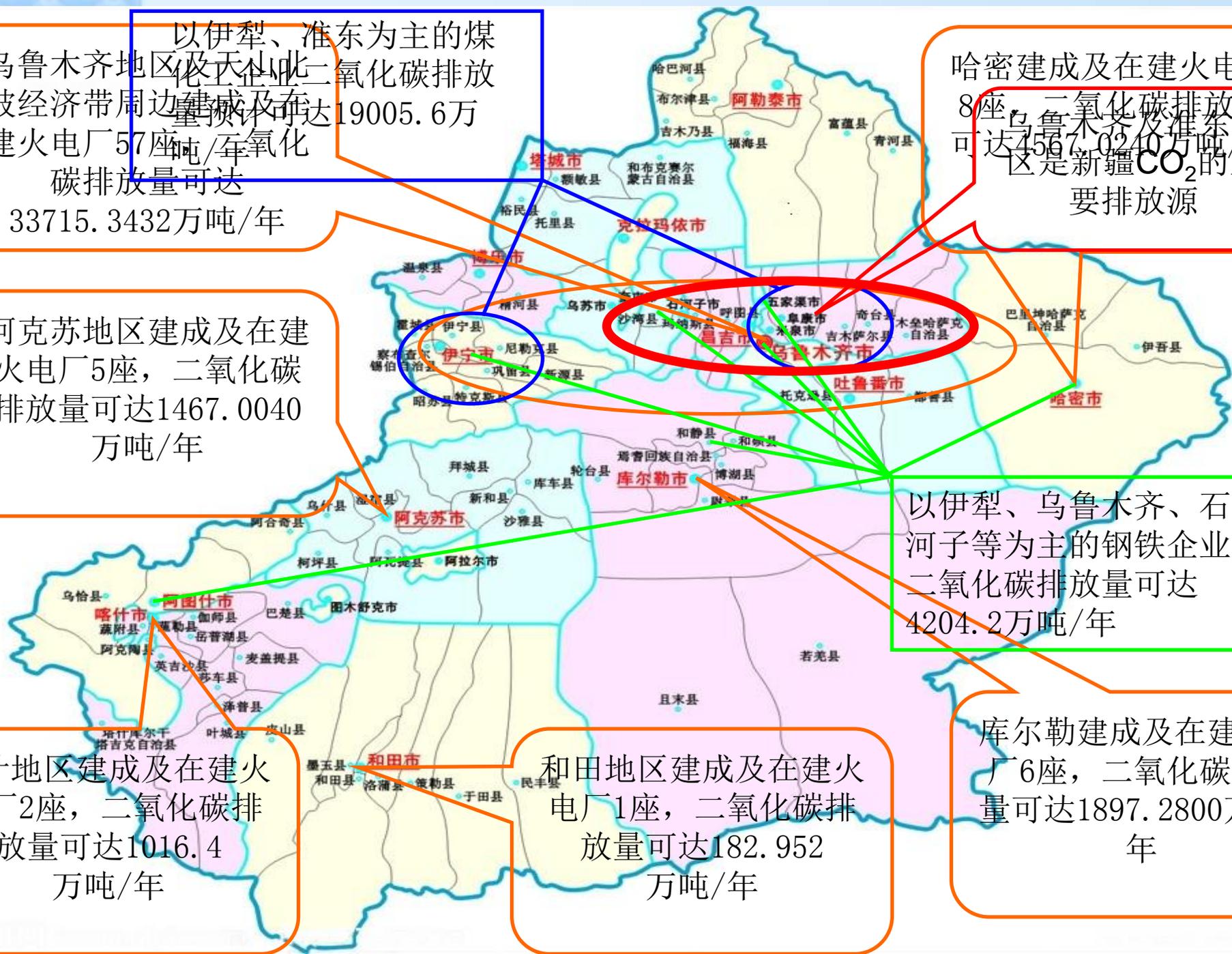
喀什地区建成及在
建火电厂2座，二氧化
碳排放量可达1016.4
万吨/年

和田地区建成及在
建火电厂1座，二氧化
碳排放量可达182.952
万吨/年

哈密建成及在建火
电厂8座，二氧化碳排
放量可达4567.0240
万吨/年，是新疆CO₂
的主要排放源

以伊犁、乌鲁木齐、
石河子等为主的钢铁
企业二氧化碳排放量
可达4204.2万吨/年

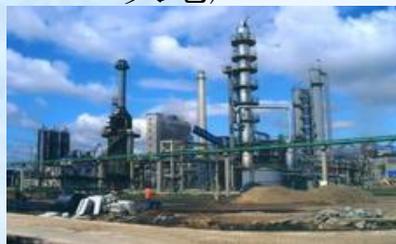
库尔勒建成及在
建火电厂6座，二氧
化碳排放量可达
1897.2800万吨/
年



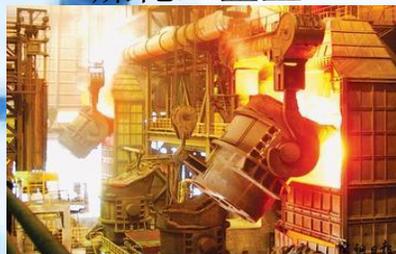
小结



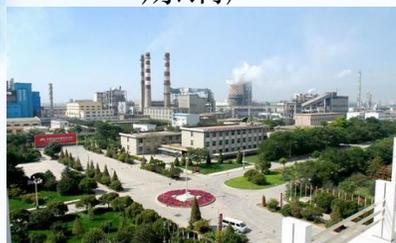
火电厂



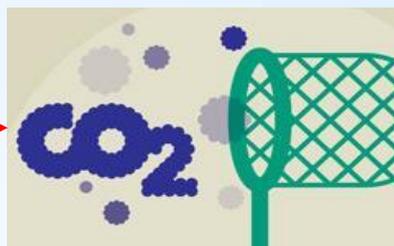
煤化工企业



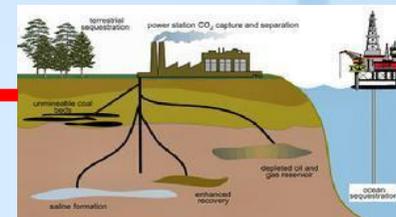
炼钢厂



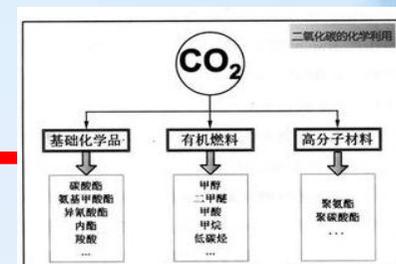
化肥厂



CO₂捕集



地质封存



其他利用

2、二氧化碳地质封存目标靶区评价主要指标构成简表

指标层	指标亚层	指标组成
安全性	1、区域地壳稳定性	①地震动峰值加速度；②目标靶区地震安全性；③周边25km半径范围内是否有活动断层
	2、盖层封闭性	①主力盖层的埋深；②盖层岩性；③主力盖层的单层厚度；④盖层分布的连续性；⑤渗透率；⑥主力盖层之上的二次截留能力；⑦盖层微观封闭性指数
	3、可能的CO ₂ 泄漏通道	①断裂和裂缝的发育情况；②目标靶区范围内是否有其他深度大于800 m的钻井及废弃井；③现有技术条件下未被发现的断裂
	4、水文地质条件	①水动力作用；②深部咸水层水头状态
储层规模	1、储层特征	①主力储层的埋深；②储集岩的岩性；③主力储层的厚度；④非均质性；⑤地层水矿化度；⑥地层压力系数；⑦有效储层长宽比
	2、储层物性参数	①孔隙度；②渗透率
	3、地热地质特征	①地温梯度；②大地热流值；③地表温度
	4、储层封存前景	①有效封存量；②使用年限；
社会环境风险	1、社会环境	①人口密度；②与居民点的距离；③土地利用现状
	2、地质环境	①地质灾害易发性；②是否在采矿塌陷区、岩溶塌陷区、地面沉降区、沙漠活动区、火山活动区；③是否低于江河湖泊、水库最高水位线或洪泛区
	3、所在地区的性质	①是否符合城市和区域发展总体规划、是否在农业保护区、自然保护区、风景名胜区、文物保护区、生活饮用水源保护区与供水远景规划区、矿产资源储备区和其他需要特别保护的区域；②植被状况
	4、与饮用水源的关系和距离	①CO ₂ 储层上部是否有可供工农业利用的地下水含水层；②是否在饮用地下水主要补给区内；③距离河流、水库等地表饮用水水源的距离
经济适宜性		①碳源规模；②碳源距离；③运输方式；④蕴矿状况

三、新疆主要碳汇情况简介

1、盆地总概况

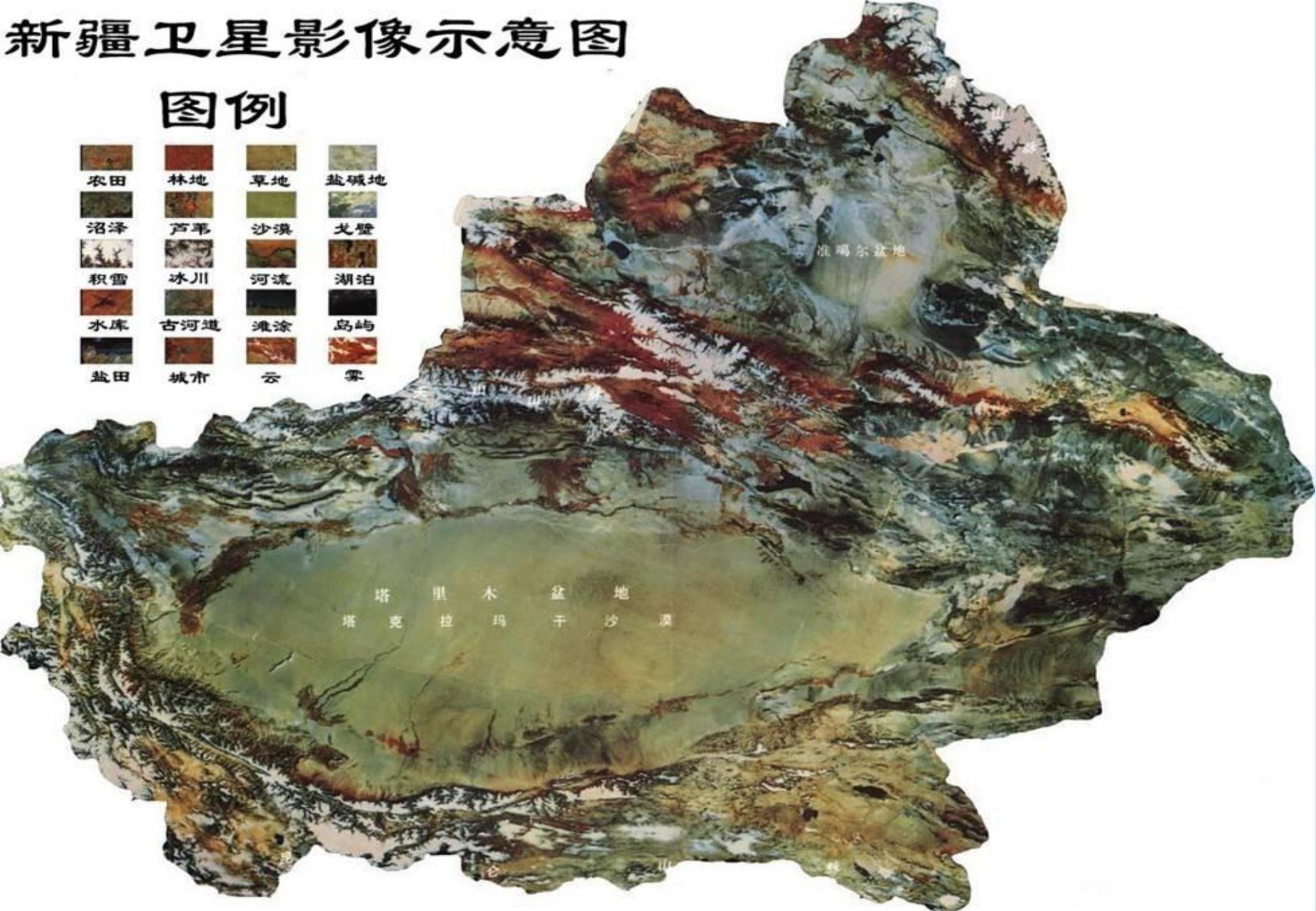
新疆独特的地形特征，造就了新疆“三山夹两盆”的地貌格局。

北部的阿尔泰山系、南部的昆仑山系以及横亘于新疆中部的天山山系，把新疆分为南北两半，南部是塔里木盆地，北部是准噶尔盆地。

新疆卫星影像示意图

图例

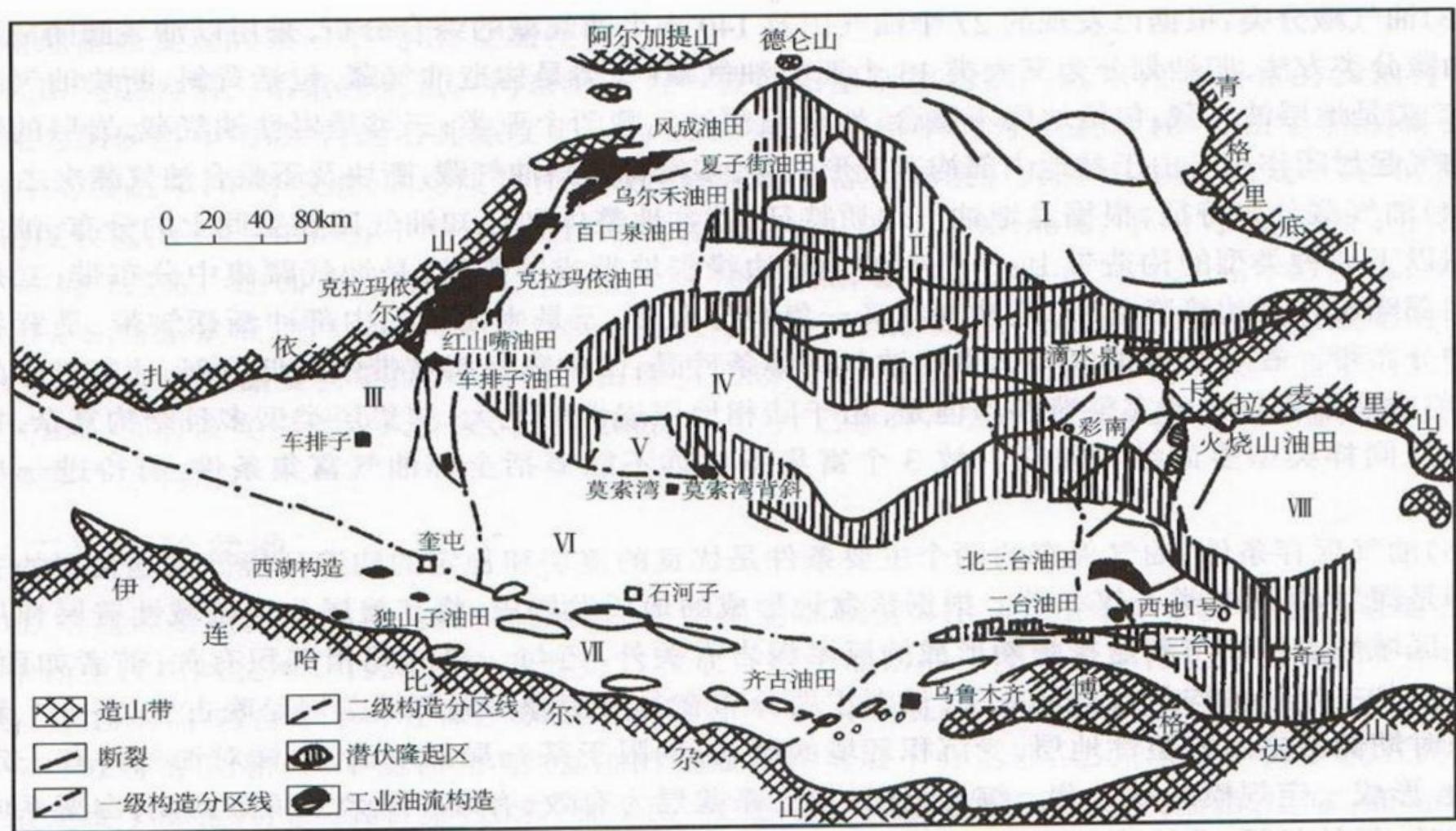


①准噶尔盆地

位于新疆维吾尔自治区北部，南邻天山山脉，东北邻阿尔泰山脉，西北邻成吉思汗山，北与富海盆地相通。**盆地面积约13.4万km²**，是我国西部石油储量、产量最多的盆地。

准噶尔盆地从中-晚石炭世至第四纪，发育了完整的沉积盖层，**沉积岩最大厚度超过15000m。**

该盆地有多套烃源岩和储盖组合，是一个含油气层系十分丰富的盆地。



准噶尔盆地油气田分布略图

Distribution sketch of oil-gas fields in Junggar Basin

(新疆通志·地质矿产志, 2002)

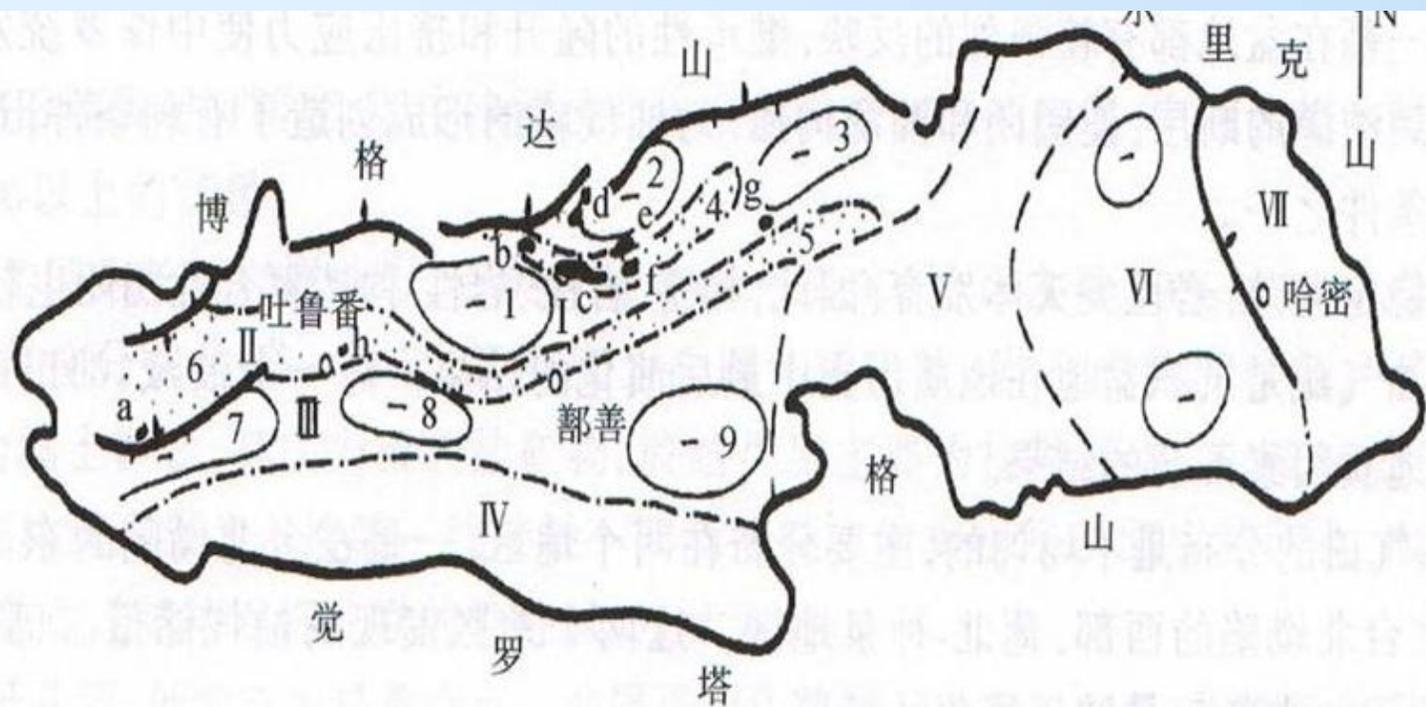
I—乌伦古断陷; II—三个泉隆起; III—西北缘冲断带; IV—玛湖-漠区坳陷; V—中央隆起带; VI—昌吉坳陷; VII—乌鲁木齐山前坳陷; VIII—沙(丘河)-奇(台)隆起区

②吐鲁番-哈密盆地（吐哈油田）

位于新疆维吾尔自治区东部，是被天山山脉包围的山间盆地。北为博格达与哈尔力克山，南为觉罗塔格山。盆地东西长600km，南北宽50-130km，**盆地面积5.5万km²**。

吐哈盆地由吐鲁番坳陷、了敦隆起和哈密坳陷3个一级单元组成，构成两坳一隆的构造格局。位于吐鲁番坳陷北部的台北凹陷，是盆地含油气最丰富的单元，沉积岩最大厚度9000m，具有继承性发育的特点。

有多套烃源岩和储盖组合，有北部山前带、鄯善弧形带、火焰山带、七克台带等大型逆冲断裂构造带，对油气聚集十分有利。



吐-哈盆地坳陷与油田分区略图

Zoning of depressions and oilfields in Turpan-Hami Basin

(据黄第藩等, 1995)

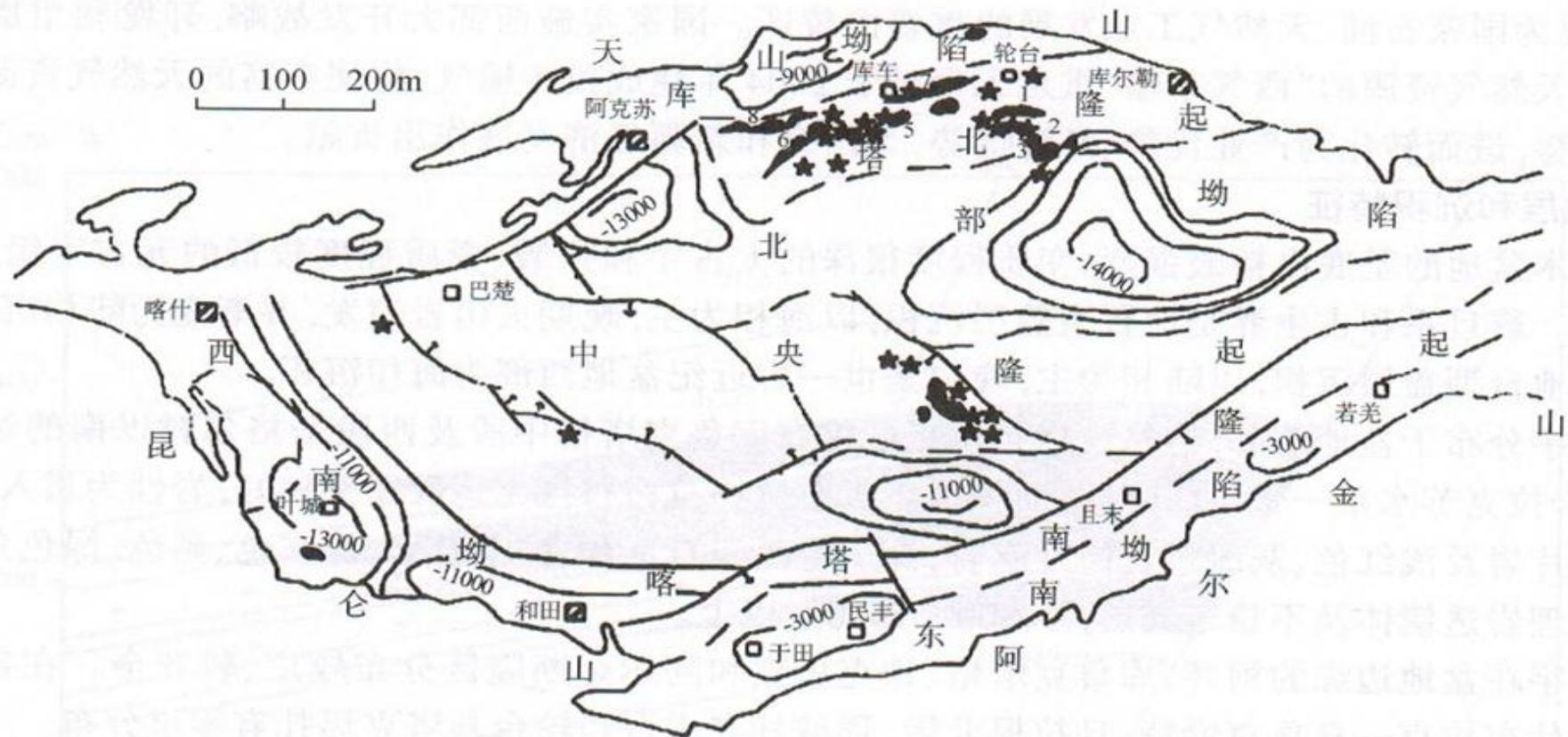
I—北部坳陷带: 1—台北坳陷; 2—丘东坳陷; 3—红台坳陷; 4—凹中凸起带; II—中央隆起带: 5—火焰山断裂带; 6—肯德起带; III—南部坳陷带: 7—托克逊坳陷, 8—吐鲁番坳陷, 9—塔克泉坳陷; IV—艾丁湖斜坡带; V—噶墩隆起; VI—三堡; VII—哈东隆起; a、b、c、e、f、g、h 为油气聚集区

③塔里木盆地（塔里木油田）

位于新疆维吾尔自治区南部，北界天山，南为昆仑山、阿尔金山，**面积约56万km²**。平均海拔1000m左右，是我国最大的内陆盆地。

塔里木盆地是一个**由古生代克拉通盆地与中、新生代前陆盆地组成的大型复合、叠合盆地**，具有古老陆壳基底，**其震旦系-第四系发育齐全，沉积岩最厚达16000m**，其中震旦系和古生界为海相沉积，中、新生界为陆相沉积。

全盆地发育4套烃源岩、5套储集层和5套区域性盖层。



塔里木盆地油气及工业性含油气构造分布图

Distribution of oil-gas and industrial oil-gas-bearing structures in Tarim Basin

(据梁狄刚, 1997)

主要油气田名称: 1—轮南; 2—桑塔木; 3—解放渠东; 4—告吉拉克; 5—东河塘; 6—英买力 7 号; 7—牙哈; 8—羊塔克; 9—塔中 4 号。★28 个工业性含油气构造

构造单元名称: I—北部坳陷; II—中央隆起; III—西南坳陷; IV—塔南隆起; V—东南断隆

新疆主要盆地特征数据

新疆盆地特征指标数据表

评价指标 盆地名称	盆地特征						
	盆地面积 (10 ⁴ km ²)	构造背景	埋藏深度 (km)	断裂活动	地表温度 (°C)	地温梯度 (°C/100m)	地热流值 (mW/m ²)
准噶尔盆地	13.4	聚合山间	12	发育、小	6	2.02	42.6
吐哈盆地	5.5	聚合山间	10	发育、大	—	2.5	40.79
塔里木盆地	56	聚合山间	15.5	密集、大	9.6	1.764	46.2

新疆主要盆地储盖特征指标数据表

新疆主要盆地储盖特征指标数据表					
盆地名称	储层特征				
	评价指标	储层厚度 (m)	储层岩性	储层渗透率 ($10^{-3}m^2$)	储层孔隙度
准噶尔盆地	900	砂砾岩、泥岩	8	15	较好
吐哈盆地	500	砂岩	225	18	较好
塔里木盆地	600	砂岩	55	15	较好

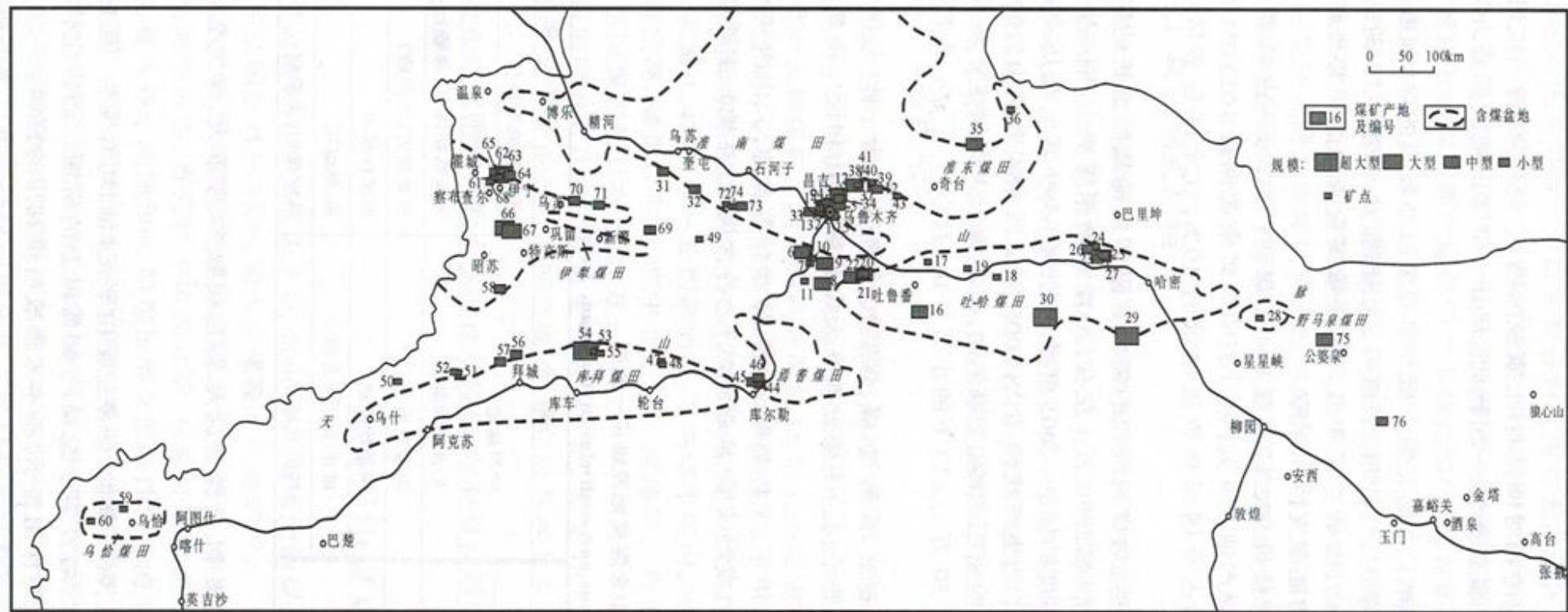
(2)、新疆主要煤层盆地情况简介

新疆中生代聚煤期在各含煤盆地内发育上三叠统煤层和中下侏罗统煤层；

淮南煤田、托里一和什托洛盖、准东煤田和吐哈盆地等，煤层主要产于侏罗系八道湾组和西山窑组含煤地层内，一般属低灰、低硫长焰煤、不粘结煤和气煤。

伊犁盆地，焉耆煤田和塔北地区等，煤层主要产于塔里奇克组和克孜勒努尔组含煤地层内，一般属低灰，低硫气煤和长焰煤；

乌恰煤田、塔里木盆地南部、西南部地区，煤层主要产于康苏组和杨叶组含煤地层内，属不粘结煤、气煤、贫煤。



中国天山煤矿分布略图

1 Distribution sketch of coal deposits in Tianshan, China

煤矿产地名称:1—四道岔煤矿区;2—老君庙煤矿区;3—八道湾井田;4—六道湾井田;5—芦草沟井田;6—南山后峡二井田;7—南山三井田;8—艾维尔沟井田;9—南山通沟煤矿区;10—板房沟—头屯河煤矿区;11—南山六井田;12—乌河-白杨河煤矿区;13—桌子山井田;14—西山煤矿区;15—碗窑沟矿区;16—艾丁湖煤矿区;17—七泉湖煤矿区;18—七克台煤矿区;19—科克牙煤矿区;20—柯尔硷四井田;21—柯尔硷煤矿区;22—吐鲁布拉克井田;23—三道岭小黄山煤矿;24—三道岭西山煤矿;25—三道岭沙枣泉井田;26—三道岭砂墩子煤矿区;27—三道岭北泉井田;28—野马泉一井田;29—大南湖煤矿区;30—沙尔湖煤矿区;31—四棵树井田;32—巴音沟煤矿;33—硫黄沟煤矿区;34—铁厂沟井田;35—沙丘河-老君庙煤矿区;36—窝头泉煤矿区;37—小龙口井田;38—三工河煤矿区;39—沙沟井田;40—五工河井田;41—小黄山井田;42—大黄山煤矿区;43—水西沟煤矿区;44—塔什店一井田;45—塔什店煤矿区;46—塔什店二井田;47—阳霞河东岸煤矿;48—阳霞煤矿区;49—古伦沟煤矿;50—萨瓦甫齐煤矿;51—琼库孜巴依煤矿;52—克其克库孜巴依煤矿;53—阿艾煤矿区;54—俄霍布拉克井田;55—比尤勒包谷孜井田;56—库尔阿肯井田;57—别嘎逊摇尔煤矿区;58—铁列克井田;59—康苏井田;60—沙里拜井田;61—南台子煤矿区;62—干沟煤矿区;63—劳艾依图井田;64—皮里青河东区1井田;65—干沟上游一井田;66—达拉地井田;67—库尔捷太煤矿区;68—霍城县煤矿一井田;69—可尔克煤矿区;70—吉伦台煤矿区;71—沙特布拉克煤矿区;72—南山水沟煤矿区;73—南山红沟煤矿区;74—南山石场沟井田;75—吐路-驼马滩矿区;76—金庙沟矿区

中国天山主要煤田、煤产地资源/储量和预测资源量统计表

Resources/reserves of major coalfields and coal producing areas

and statistics of forecasting resources in Tianshan, China

含煤区	煤田	主要煤产地或煤矿区	勘查区数	探明资源储量		资源量(亿 t)	
				资源储量 亿 t	占总量 百分比/%	预测资源量	资源总量
天山北麓 含煤区	淮南煤田	乌鲁木齐、四棵树、巴音沟、玛纳斯、阜康、柴窝堡-达坂城、后峡	147	279	28.43	1765	2052
		南山煤产地	4	4.59	0.05		
		后峡煤产地	3	3.64	0.37		
	准东煤田	大井将军庙、芦苇沟、红沙泉、将军庙、将军戈壁、五彩湾、老君庙、西黑山、黄草湖	2	132.65	13.51	3226	3359
天山含煤区	吐-哈煤田	艾维尔沟、布尔碱-克尔碱、桃树园-可可亚、七克台、三道岭、白杨沟-五堡、伊拉湖、艾丁湖、库木塔格、沙尔湖、中山梁、大南湖、烟墩、骆驼圈子、梧桐窝子、野马泉、碎石梁、鱼尔沟	26	442.67	45.09	5301	5744
	伊宁煤田	南台子、干沟、劳艾依图、喀赞其、皮里青、克尔克、沙特布拉克、胡吉尔台、吉伦台、洪拉海、达拉地	24	23.32	2.38	4270	4293
	尼勒克煤田		5	7.49	0.24	422	429
	昭苏煤田		1	0.48	0.0	115	115
	尤鲁都斯煤田		1	1.36	0.01	137	138
	库米什煤田	古伦沟、巴音沟、塔什店、哈满沟、库米什	1	0.59	0.01	264	264
	焉耆煤田		5	8.46	0.86	958	966
天山南麓 含煤区	库拜煤田	阿艾、俄霍布拉克、库尔阿肯、舒善河-喀拉苏、铁列克、阳霞、音西铁热克-台勒曲克、小兰台子、萨瓦甫齐、比尤勒包谷孜	21	18.10	1.84	315	333
	托云煤田	卡拉吉里岗、黑孜苇、康苏、沙里拜、阿根布拉克	4	0.34	0.03		
	孔雀河					1037	1037
总计			244	920	100	17810	18730

(3)、新疆CO₂地质封存潜力的估算

①深部咸水层

咸水层的水溶解着高浓度的盐类，分布广泛，体积庞大，且不利于农业及人类生产生活使用。因此具有优质盖层的咸水层是CO₂地质封存的良好场所。封存潜力的计算我们采用的方法是Ecofys和Tno-Ting在2002年的报告中提出的，假设深盐水层的1%体积为构造地层圈闭，且仅仅有2%的构造地层圈闭可作为二氧化碳的埋存。使用如下公式计算：

$$M_{co2ts} = \rho_{co2s} \times A \times H \times 0.01 \times 0.02 \times \varphi / 10^6$$

式中： M_{co2ts} ---二氧化碳在深部盐水层中理论埋存量， 10^6t ；

ρ_{co2s} ---在地面条件下二氧化碳的密度， kg/m^3 ，通常为
 $1.977kg/m^3$ ；

A ---深部盐水层所在盆地的面积， m^2 ；

H ---深部盐水层的平均厚度， m ；取沉积层厚度的0.1倍；

φ ---深部盐水层岩石的平均孔隙度，%。根据相关资料取经验值0.2。

②提高采收率的油藏

油藏本身长时间封闭油气，具有良好的封闭性，因此注入CO₂后，泄露的风险最小。且已具备生产井和注入井，投资也较小。美国经验表明，注入的二氧化碳大约有40%的量被采出来。Jerry Shaw等人指出，在利用二氧化碳提高石油采收率时二氧化碳在油藏中的理论埋存量可以应用下面两个方程进行计算：

在二氧化碳突破之前： $M_{CO_2to} = \rho_{CO_2r} \times (E_{RBT} \times N \times B_0)$

在二氧化碳突破之后： $M_{CO_2to} = \rho_{CO_2r} \times [(E_{RBT} + 0.6(E_{RHCPV} - E_{RBT}))N \times B_0]$

式中：

M_{CO_2to} ---二氧化碳在油藏中理论埋存量，10⁶t；

ρ_{CO_2r} ---二氧化碳在油藏条件下的密度，kg/m³；

N---原油储量，10⁹m³；

B_0 ---原油体积系数，m³/m³；

E_{RBT} ---二氧化碳突破之前原油的采收率，%；

E_{RHCPV} ---注入某一烃类孔隙体积（HCPV）二氧化碳时原油的采收率，%。

③不可开采煤层

在地层中，常常分布着一些不可采的薄煤层、埋藏超过终采线的深部煤层、构造破坏严重的煤层等，这些煤层因为一些技术或经济原因而废弃，是封存 CO₂ 的潜在的适宜构造。碳埋存领导人论坛认为在气体已被煤层吸附的情况下，煤层中的理论埋存量通常计算为：

$$M_{CO_2tc} = \rho_{CO_2s} \times IGIP$$

式中： M_{CO_2tc} ---二氧化碳在不能开采煤层中理论埋存量，10⁶t；

ρ_{CO_2s} ---二氧化碳在标准条件下的密度，t/m³，通常取1.977t/m³；

$IGIP$ ---煤层中原始气体（甲烷气体）地质储量，10⁶m³。

煤层中原始气体（甲烷气体）地质储量（IGIP）由下式计算：

$$IGIP = A \times H \times n_c \times G_c \times (1 - f_a - f_m) / 10^3$$

式中：A——煤层盆地的表面积，km²；

H——煤层的有效厚度，m；

n_c ——煤的密度，t/m³，通常取1.4t/m³；

f_a ——煤中的灰分占煤的质量分数，%；

f_m ——煤中的湿分占煤的质量分数，%；

G_c ——煤层气体含量（吸附量），m³（气）/t（煤）。

煤层气体含量（吸附量） G_c 可以由Langmuir等温吸附公式计算获得：

$$G_c = V_L \times \frac{P}{P + P_L}$$

式中： V_L ——Langmuir体积，即给定温度下煤层的最大气体吸附量，m³/t；

P_L ——Langmuir压力，即最大气体吸附量时的煤层中的压力，MPa；

P——当前煤层中的压力，MPa。

新疆三大盆地CO₂理论封存量估算

盆地名称	CO ₂ 储存潜力		
	咸水层 (10 ⁸ t)	油藏 (10 ⁸ t)	不可开采煤层 (10 ⁸ t)
准噶尔盆地	74.17704	37.83468528	25.88593253
塔里木盆地	442.848	48.82805122	16.32249989
吐哈盆地	21.747	5.400612	17.11278844
合计	538.77204	92.0633485	59.32122086

小结：

新疆的三大盆地有巨大的储存潜力，面积巨大，且储层比较厚。三大盆地咸水层、油藏和不可开采煤层估计储存潜力可达 $690.1566094 \times 10^8 \text{t}$ 。盆地面积的大小直接决定盆地储存能力的大小，储层厚度也对封存能力影响很大。大的石油天然气层提供了 CO_2 埋存的地点，油气地质储量从一个侧面反映了该盆地具有良好的沉积作用以及储集和圈闭能力，是衡量盆地封存 CO_2 潜力的重要指标。此外，盆地的咸水层也是封存 CO_2 的良好场所。

四、新疆CCUS的政策建议

- 1、新疆的CCUS已经不仅是科学问题，同时也是亟待解决的社会环境问题。
- 2、政府引导，第三方协调，商业化运作模式是新疆地区CCUS的较为现实的实现模式。
- 3、需对CO₂捕集项目制定一些有针对性的补贴或优惠政策，以确保其实施具有经济可行性。
- 4、CO₂-EOR在新疆的实施具有明显的区位优势和便利性。

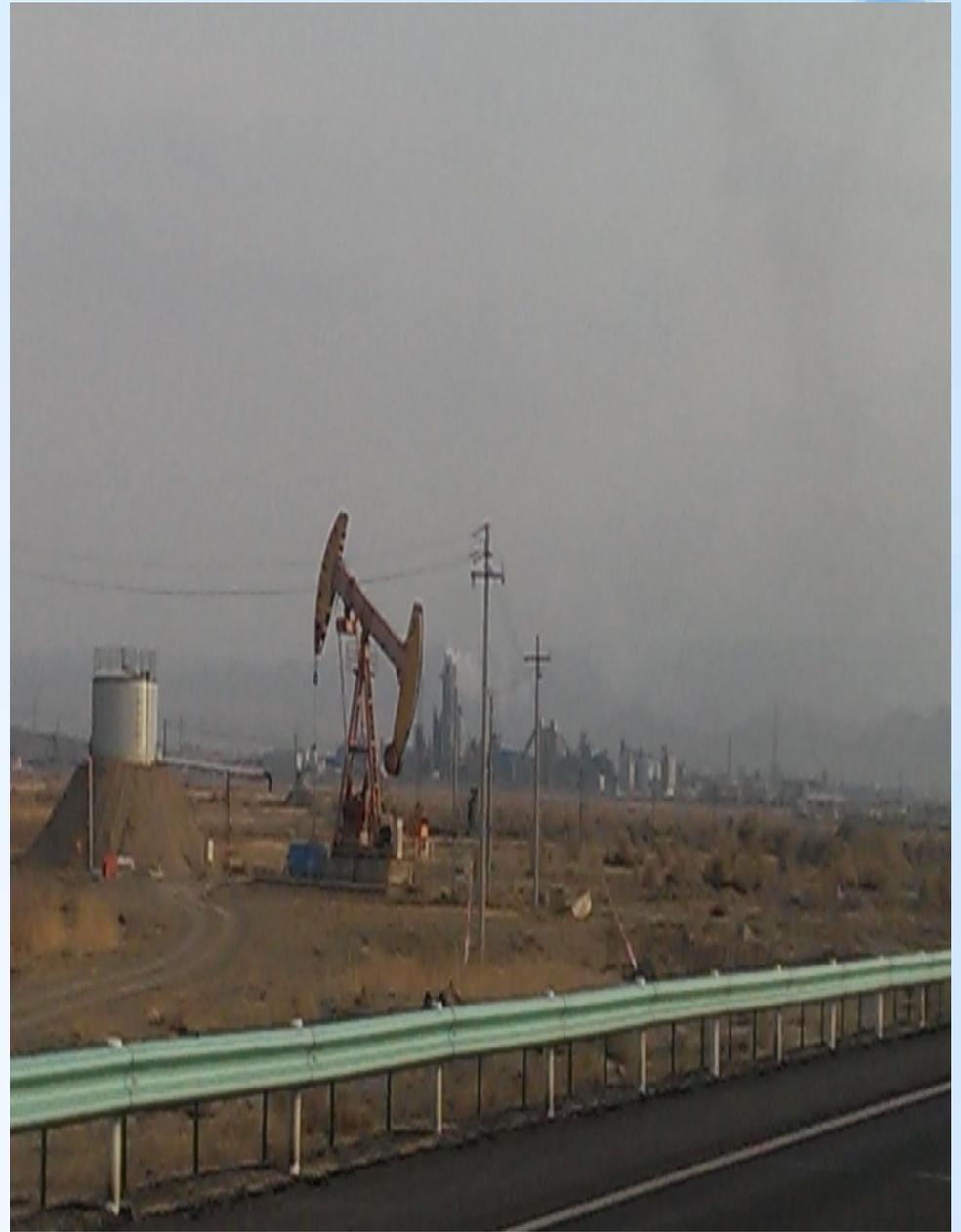
五、结论和展望

①新疆地区**煤源丰富**，正在运行、筹备有多个煤化工、燃煤发电、大规模水泥厂、化肥厂等项目副产高纯度的CO₂。

②新疆有我国最大的内陆盆地，其二氧化碳的地质**储存潜力非常可观**。二氧化碳地质储存的分布面积广，储层物性较好、自然条件适宜、CO₂排放量大的工业相对集中、有利于开展 CO₂地质封存。**尤其是准噶尔盆地**，具备实施CO₂埋存和驱油等一体化发展的有利条件。

③新疆CO₂排放源和封存地点**距离很短**，运输成本的下降将更有利于CCS技术在新疆的实施。

④新疆CO₂地质封存有很高的安全性。新疆地广人稀，比较适宜CO₂的封存。





Thank You



09068720188



23089907@qq.com



23089907