

塔尔地区水影响

财务与社会风险

中文翻译：李若蘭、李双宴

中文校对：张荣航



内容提要

在巴基斯坦信德省开发塔尔褐煤矿床进行火力发电，存在与印度河流域的灌溉者、粮食纤维生产活动间发生重大水冲突的极大可能性，并会显著消除许多塔尔人唯一可赖以生存的水源。本报告表明，塔尔燃煤项目的支持者与巴基斯坦政府严重高估了地下水的可用性。

巴基斯坦政府希望在信德省塔尔褐煤矿床上达成 6 至 10 吉瓦 (GW) 的发电能力。目前为止，有两个燃煤发电机组已投产，一台正在建设，两台已完成财务结算，还有两台正在规划中。

火力燃煤发电需要大量的水进行冷却。当地虽有大量含盐量高的地下水，但没有永久性的地表水源。年净蒸发量大，意味着地下水补给量小。最深大含水层已被确认为满足煤田的大部分用水需求。该含水层从印度西北约 200 公里处流过，落差仅 20 米。较深的含水层排入煤田以南 25 公里处，被列入湿地公约 (Ramsar Convention) 的卡奇沼泽地 (Rann of Kutch)，其水平流速每年不到 10 米。

三个露天开采项目中，第一个项目正在运作，第二个项目正在建设中，第三个项目尚未达成财务结算。为进行露天开采，最深、最广泛含水层被充分抽取，这将导致无法获得足够的火力发电冷却水。此外，许多塔里人还将世代无法获取赖以生存的地下水。

根据官方文件中提供的消息，以及我们考虑到预计脱水率、蒸发量、和热冷却必要的地下水脱盐降温导致的损失所做出的推测，项目所需的水与矿床疏干能提供的水之间的差距是惊人的。矿床最大脱水率与所有拟建工厂在 75% 负荷下运行的原水需求量的差距约为每年 1000 亿升 (GLpa)，在你开采 25 年后将增加到约每年 1500 亿升。

印度河流域灌溉方案 (IBIS) 中的两项地表水引水方案被提议实行，但计划中的所有淡水资源都被分配给了灌溉。其中一项方案是，从印度河流域灌溉方案的一条主要灌溉渠中每年引水 40GLpa。另一个耗资巨大的方案是，从受污染严重的左岸排水渠 (Left Bank Outfall Drain) 每年引 31GLpa 的盐水。这两项方案面临了成本超支，延误等问题。

信德省格外依赖其水利基础设施，但由于年久失修，许多基础设施无法使用，且没有一个主要部件具备现代的资产管理计划。然而，该省的经济严重依赖灌溉，容易受到恶劣天气条件的影响。最近的一项需求评估确认了 2013 年以来信德省普遍存在的干旱或类似干旱的情况，而塔尔煤田引水方案计划从信德省干旱最严重的地区抽水。

我们分析总结发现：

- * 鉴于该地区的水文地质特性以及对最深处含水层特质的缺乏了解，抽水作为矿床疏干过程的一部分，需要水量可能被大大高估了。
- * 在任何情况下，地下水导排都可能会影响 165 万塔里人的供水。他们许多人失去了唯一的永久性水源后，将不得不依赖于矿业公司和电力公司提供的处理过的水。
- * 运行拟建发电站所需的水量被低估了。

- * 以便达到发电站所需的水量供应，印度河流域灌溉方案的引水是必要的。但是这样的分流对环境，社会和经济的影​​响还未被评估。
- * 考虑到农业是巴基斯坦经济的重中之重，这些数字可能相当严重。现有的农业问题有高营养不良率、牲畜损失、季风歉收。预测中还有气候变化而导致的水供应减少，农作物减产的问题。
- * 将灌溉用水转用于供应工业是违反巴基斯坦的国家水政策的。这并不意外，因为农业对巴基斯坦的经济和粮食供应至关重要。
- * 灌溉计划中老化的运河基础设施可能无法支持所需的输水量。
- * 从左岸排水渠等现有污水源补充供水的计划成本高昂，因为这种污染严重的水需要处理费用。
- * 在电站规划中没有考虑到由于水安全恶化而导致的缺水加剧。
- * 如果贷款条件要求支付能力，而缺水使电站无法满负荷运行，该计划可能使巴基斯坦和信德省政府陷入循环债务的困境。

简而言之，如果考虑到矿井使用、水处理、当地居民饮水和蒸发损失等因素，化石地下水取水不能可靠地供应塔尔煤田的大量发电。由于通过 IBIS 方案大量引水将极大地破坏现有的灌溉，并有可能引发紧张的政治局势和社会动荡，进一步发展塔尔煤矿项目将带来巨大的金融和社会风险。

我们必须对塔尔煤田的火力发电进行重新评估。除非当前计划削减大量发电容量，否则信德省的灌溉、粮食和纤维生产会受到毁灭性影响。

目录

执行摘要	1
换算系数	4
介绍	4
塔尔项目摘要	5
水文地质学	7
矿山脱水	11
Gorrano 污水池	14
发电厂用水需求	17
塔尔煤田水平衡估算	20
引水	21
Nara 运河分流至 Nabisar 和 Vajhair 水库	24
从左岸排水渠引水	25
对农业对影响	27
结论	30
参考文献	31

换算系数

水量

- Ft³ (立方英尺) = 0.0283168 m³ (立方米)
- MAF (百万英亩英尺) = 1,233.48 GL
- G (加仑) = 4.54609 L (公升)

水流

- Cusec (立方英尺/秒) = 0.028316847 立方米/秒
 - o = 893,593,381 升/年
 - o = 0.9 千兆/年 (Glpa)
- GLpa (千兆/年) = 十亿升/年
 - o = 1.12 立方英尺
 - o = 810.714 英亩英尺

电流

- MW (兆瓦) = 百万瓦
- GW (吉瓦) = 十亿瓦
- o = 1000 兆瓦

重量

- T (公吨) = 1000kg o = 2204.62 lb
- Mt (兆吨) = 1,000,000 公吨

压强

- Mpa (兆帕) = 1,000,000 帕斯卡
- o = 145.038 psi (磅/平方英寸)

长度

- mm = 0.001 m
 - o = 0.0393701 英寸
- inch = 25.4 mm
- Km (千米) = 1000m o = 0.621371 英里

面积

- 英亩 = 0.404686 ha (公顷)
 - o = 0.00404686 km² (平方千米)
- 公顷 = 10,000m²
 - o = 2.47105 英亩
 - o = 0.00386102 平方英里
 - o = 0.01km²

介绍

在中巴经济走廊 (CPEC) ¹ 的资助下，在信德省塔帕卡县开发矿口热力发电存在财务，社会和环境风险。

塔尔煤田位于塔尔沙漠的东南角，人口 165 万。为了开发巨大的褐煤矿藏，该煤田被划分为多个区块进行开采。目前已经勘探了六个区块，每个区块的测得矿藏在 4 亿至 8 亿吨之间。

信德省政府希望达成 6 至 10 吉瓦的发电量。然而，热力发电需要大量的清洁冷却水。附近地区尽管存在不确定量的高盐化石地下水，但没有地表水源。

地下水的水文地质建模和水泵测试以及地球化学分析表明，仅有少量甚至毫无地下水可供补给，这种资源是不

可再生的 ²。该煤炭项目的环境和社会影响评估(ESIA)结果没有明确露天开采对地下水动态的潜在影响，特别是对煤层下的大量自流含水层的影响。

信德省政府提议进行大型地表水引水，以将印度流域灌溉方案 (IBIS) 的水供应到塔尔煤田。巴基斯坦的经济是依赖于灌溉的，但巴基斯坦却在面临严重水资源短缺的国家中排名第三 ³。据预测，人均水供应量的持续下降将使巴基斯坦在 2025 年成为一个“缺水”国 ⁴。2017 年，在塔帕卡、乌默克特、桑加尔和贾姆肖罗县的食品安全评分中已发现严重的粮食不安全状况 ⁵。

本报告旨在确定塔尔煤田火力发电的潜在供水风险。

1 CPEC, 2020.

2 Geyh et al 2008.

3 Nabi. *etal*. 2019: Kalpana et al 2015.

4 GoP, 2018.

5 Pakistan Food Security Cluster, 2017.

塔尔项目总结

塔尔煤田于 1992 年被发现。在开发利用该资源进行火力发电的过程中，经历了长时间的拖延。由于拖延，2016 年一些塔尔项目面临被 CPEC 排除在外的问题⁶。

II 区块⁷目前正在开采，I 区块⁸的综合矿山和 1320 MW 电厂于 2020 年 2 月完成财务结算，VI 区块¹⁰的综合矿山和 1320 MW 电厂也已完成融资。现

现已宣布开发商有意在第一期建设 2x600MW 的机组，并在 12-18 个月内完成财务结算。所有煤矿均为露天矿。

项目出现了成本超支的迹象。塔尔煤田 I 区块的开发商信德资源 (SSRL) 最近正要求将煤炭关税从每吨 44.50 美元提高 12.5% 至每吨 50.6 美元，理由是项目进入了工程、采购和建设阶段¹¹。

Table 1: 塔尔矿区汇总

Block	Status	Company	Capacity (Mtpa)	Area (km ²)	Bores #	Coal seam (m)	Depth (m)	Measured coal (MT)
I	FC: 2/2020	Sino Sindh Resources	7.8	122	43	8 to 36	137-189	620
II	Operating	Sindh Engro Coal Mining Company (SECMC)	6.5-22.8	55	43	7.5-31	117-166	640
III	Abandoned	Cougar Energy (UK)		99.5	41	7.2-25	114-203	413
IV	Exploration	Oracle coalfields PLC (UK)		82	42	10.7-33.45	117-166	684
V	Abandoned	Pakistan government		63.5	35	16.74-30.9	177-166	637
VI	FC expected 12-18 months	Sindh Carbon Energy Ltd. (SCEL)/ Oracle (UK)	7.8 - 16	66.1	35	9-20.7	115	762
Totals			22.1 - 46.6	488.1	239			3756

6 Shahbaz Rana, 2016.

7 Hagler Bailly, 2012.

8 Environmental Management Consultants, 2012.

9 Naeem et al, 2018.

10 Hagler Bailly 2013.

11 Javed Mirza, 2019.

区块规划了四座热电厂：

- 两组 330 兆瓦(MW)¹² 的 Engro 火力发电厂在 2019 年 6 月投产
- Thar Energy Limited 的 330MW 电厂¹³ 正在建设中；
- ThalNova 的 330MW 电厂在 2020 年一月达成财务结算
- Siddiqsons 的 330MW 已接近财务结算

Table 2: That power plant summary

Coal source	Plant	Parent	Units (MW)	Capacity MW)	Status	Technology
Block II	Engro Powergen	Engro Powergen Ltd (EPL) (50.1%)/China Machinery Engineering Corporation (CMEC), Habib Bank Ltd (HBL), and Liberty Mills Limited	2x330	660	Operating	Subcritical pulverized
Block II	Thar Energy Limited (TEL)	Hubco (60%), Fauji Foundation (30%), CMEC (10%)	1x330	330	Construction	CFB
Block I	Thar SSRL	Sino-Sindh Resources (SSRL) - Shanghai Electric/Global Mining (China)	2x660	1320	FC: 2/2020	Subcritical
Block II	ThalNova	Hubco (37%), Thal Limited (31.5%), CMEC (10%), Other (20.5%)	1x330	330	FC:1/2020; CO: exp. 1/2022.	CFB
Block II	Siddiqsons	Siddiqsons Group -Harbin Electric International Company/Engro Corporation	1x330	330	FC: in progress. CO exp. 6/2021	Supercritical
Block VI	Oracle Power	Sindh Carbon Energy Ltd (SCEL) - Oracle Power (UK) - 73% China Coal, 15% Sheik Al Maktoum's private office, 12% Oracle Power.	2x660	1320	FC: exp. 12-18mths	CFB
TOTALS	6		9	4290		

¹² Hagier Bailly, 2014.

¹³ Hubco, 2020.

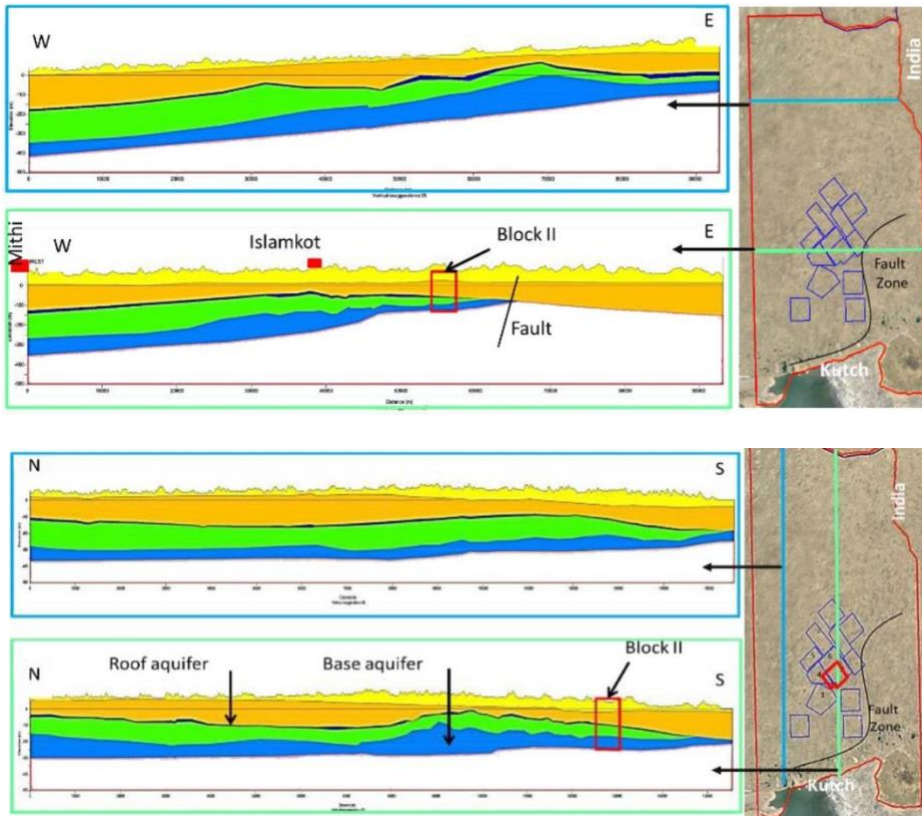
水文地质学

中国东北煤田地质勘查局 2005 年的两份重要的未发表报告¹⁴和 2010 年作为银行可行性研究的一部分撰写的另一份报告，是对塔尔煤田水文认识的基础。

随后对三个矿区 ESIA 的钻探和钻孔泵测试，对三个活动煤块内的水文地质进行了合理的描述。然而，区域地下水的大部分情况是基于 1994 年美国地质调查局的报告，该报告首次描述了塔尔褐煤矿床。

1994 年美国地质调查局的报告¹⁵表明，塔尔煤田的花岗岩基底是在晚白垩世向西倾斜时被抬升的，褐煤是在古新世至早新世沉积的。较近期，塔尔煤田被印度河水系冲刷，导致整个地区存有冲积层沉积。煤田东南部的塔尔断层可能也是同时形成的，导致断层以东的煤炭被抬升，并被侵蚀清除。塔尔沙漠的沙丘则在大约 2 万年前开始形成。

图 1: 塔尔煤田南北和东西水文地质剖面图，显示煤块、塔尔断层、卡奇沼泽地和地下水模型区 (摘自 SECMC & Engro, 2018).



14 USGS, 2008.

15 Fassett et al, 1994

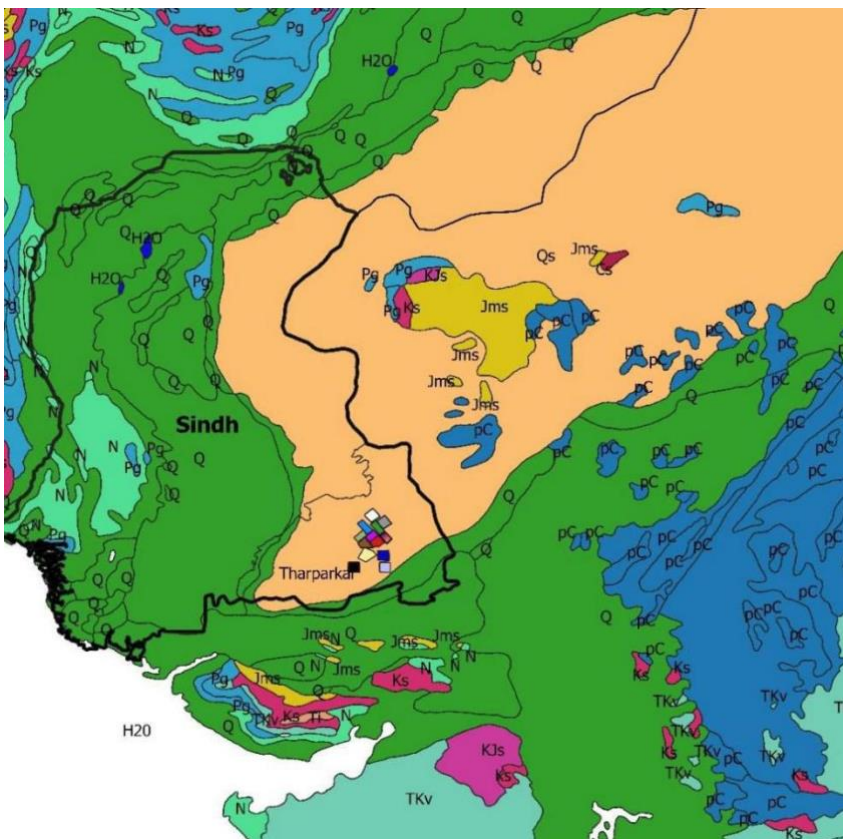
矿区下面有三个含水层（见图 1）。第一个含水层是沙丘含水层，基本上是短暂的、不完整的。第二个是历史悠久得多的封闭含水层，比较稳定，可能与浅沙丘含水层略有联系。第三个，也是最深的封闭含水层，处于自流水压（7Mpa），一直延伸到印度。

虽然沙丘含水层的地下水是由季风降雨补给的，但两个较深含水层的地下水则来自印度，其沉积物在塔尔煤田东北约 200 公里处的沙丘下沉降¹⁶。塔尔的深层地下水

一般是公元前 4,000 年至 9,500 年之间的古水¹⁷，这些含水层的补给可能微乎其微或根本不存在。最近的主要地表水起源于侏罗纪，在东北方向距离印度煤田约 125 公里（见图 2）。东南面的 Nagparkar 有少量基底花岗岩出露地表。

底部和中间的含水层可能排入一个煤田以南 25 公里的盐水湿地：卡奇沼泽地。只是除塔尔断层外，我们对含水层的连通性了解甚少。

图 2:区域地地表地址展示煤区和出露地表(来自 Wandrey 和 Law 的 GIS 数据, 1998).



高孔隙性砂岩含水层，如底层煤底板含水层，往往有严重的断层、层面和地层束缚节，它们代表水的优先通道。然而，目前还没有为确认三个含水层之间是否存在连通性，而进行地震勘测。

底部含水层的花岗岩基底向煤田西部急剧下倾，在这里，花岗岩基底高度断裂。

事实上，西北 200 公里处的 Lakhra 煤田的地下矿井就是从那里开采煤炭的。该地下矿井与塔尔煤田矿区处在同一煤层（Bara 地层），没有地下水流入¹⁹，这充分证明塔尔排水渠较深的含水层排入了卡奇沼泽地，塔尔煤田处于含水层水流的底端。

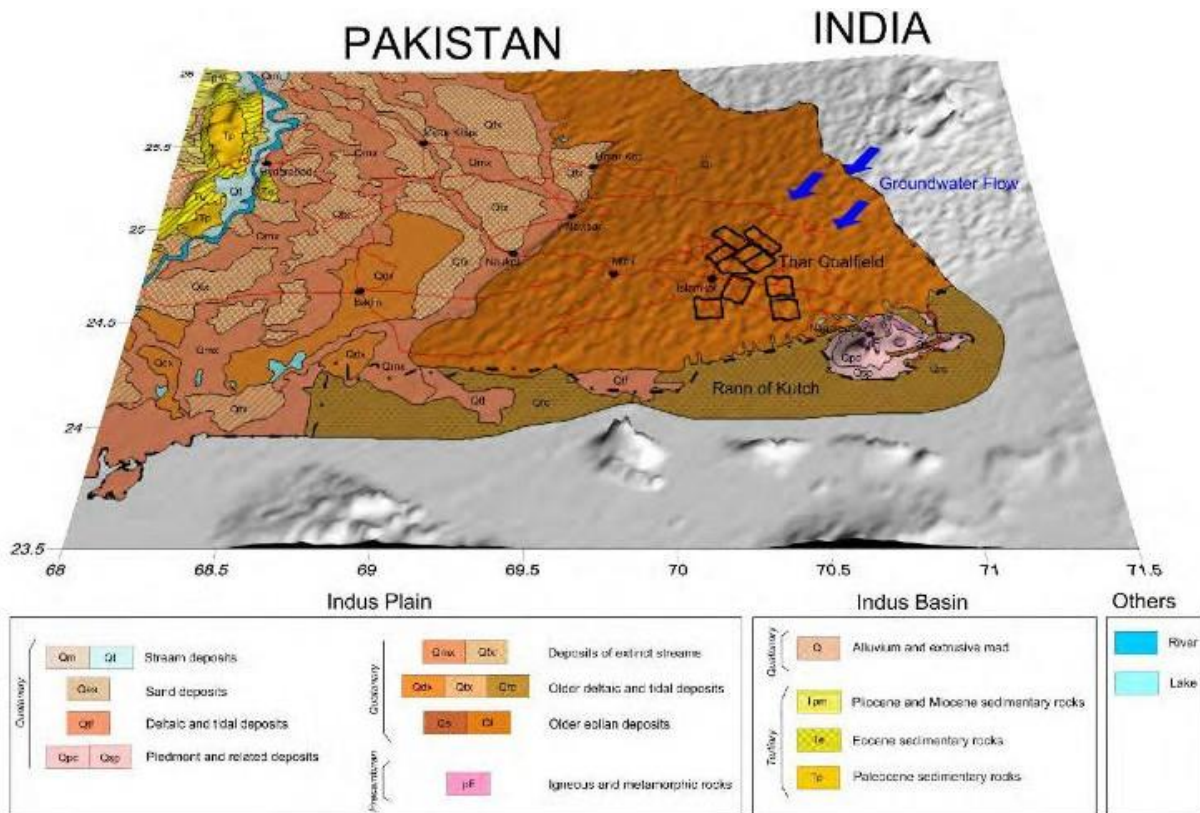
16 JICA, 2013.

17 Nair et al, 1997

18 Geyh et al, 2008.

19 JICA, 2013.

图 3: 下信德省和印度的地下地质状况, 显示了地下水流量和地表特征(摘自 JICA, 2013).



底部煤层底板含水层紧靠 Bara 煤层, 估计面积约为 15,000 平方千米。II 区块的模型假定底部含水层的孔隙度非常高, 为 30%, 高于纯沙丘含水层 (25%)²⁰。基于此高孔隙度, 信德恩格罗煤炭开采公司 (SECMC) 估计, 9100 平方公里的塔尔煤藏区下面大约有 67,000 – 73,000 GL 的地下水²¹。然而, 煤层所在的结构性穹顶使底部含水层深度向东逐渐变小 (见图 1)。

矿区位于一个非常缓慢移动的地下水系统的下坡端。在 120km 的距离内, 底层含水层由北向南的坡度估计为 10 ~ 15m, 水平流量估计为每年 1 ~ 10m。²² 深层地下水可能需要 1 万年以上的时间才能从北向南穿过模型中 104 公里的区域。

地下水模型区并没有延伸到含水层的全部面积范围, 这一点还没有说明。1994 年 Fassett et al 进行的钻探表明, 含水层的花岗岩基底轮廓在塔尔煤田下面呈现出明显的结构性圆顶, 从东北方向看几乎没有梯度 (见图 5)。深层含水层处于大面积地下水体的底端, 并陡然向西倾斜。

穿过煤田东南部的塔尔断层确定了塔尔地下水模型的东南部无流动边界。地下水模型假定塔尔断层对东南方向的地下水流动形成障碍, 因此, 在矿区开始开采后, 地下水降落漏斗预计将向矿区西部和北部扩散, 这将影响邻近矿区的脱水以及拟议的发电厂和当地村庄的供水。²³

20 JICA, 2013.
21 The News International, 2018.
22 Nadeem, 2019.
23 Nadeem, 2019.

图 4: 地下水流量和地下水等值深线
(摘自 SECMC & Engro, 2018)

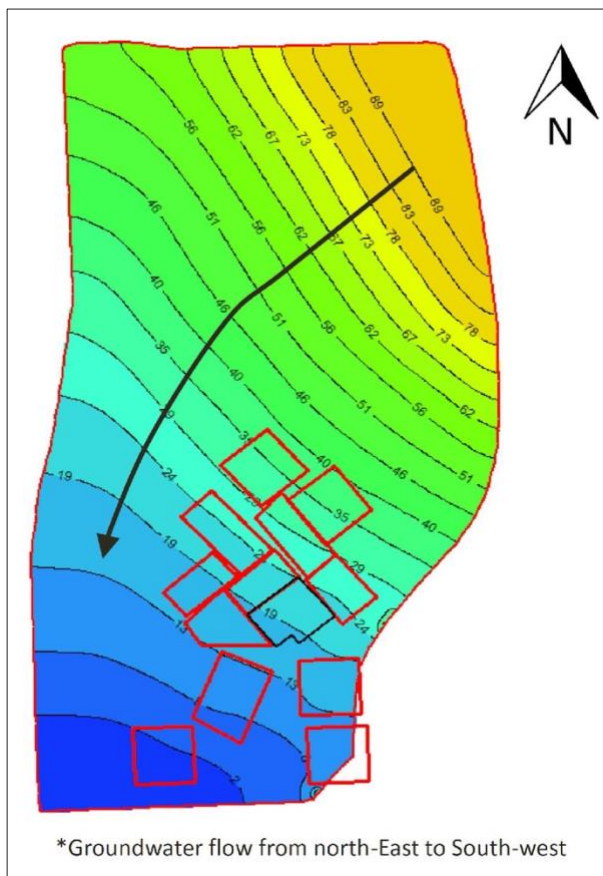
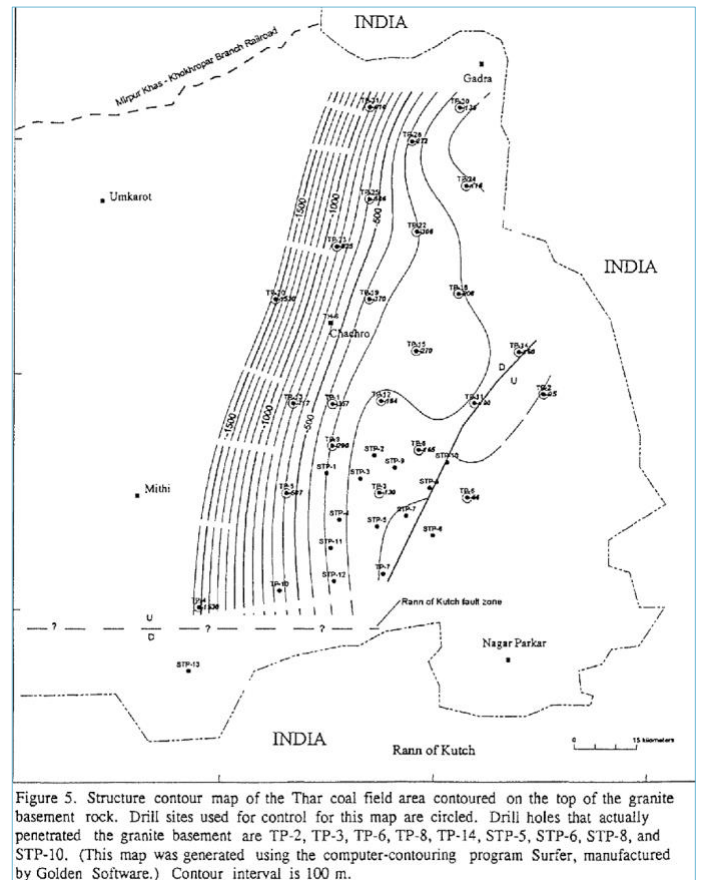


图 5: 花岗岩基底单位和单元构造等高线
(摘自 Fassett et al 1994)



决定矿井长期年流入量的不是矿区下方或西边的地下水量，而是在存在东北水流的情况下把减压的地下水像抽出矿井真空那样从东北横向移到矿井空隙所需的时间。从图 5 Fassett et al (1994)可以看出，东北方向不存在基底坡度，因此横向流动将向西。卡奇沼泽地断层区是一个未被记录的地区，它被认为存在断层，且任何已确定的北东流一定是由该断层引起的，而不是含水层的基底坡度。

然而，随着采矿的继续和更多地下水的流失，地下水位将下降。如果底层含水层被充分抽干，那么在相当长的一段时间内，附近地区可能无法获得地下水。

矿山脱水

根据东北煤田地质调查局²⁴未发布的报告建立了一个地下水模型，以预测 II 区块安全开采条件下所需的脱水量，并估计为达到 37 GLpa 的年排水量，需要 32 口脱水井。2013 年，该报告修订为 26 口水井达成 30 GLpa 的年排水量。

ESIAs 中对矿井脱水率的描述很模糊，其水文地质报告中的各种模拟模型表明矿井流入的速度大不相同。项目提议者和信德省政府对累积水位降低表示担忧。信德省政府 2010 年关于塔尔省煤炭开发的会议纪要确定了这样一种风险，即在一个地区使底部含水层减压可能会“非常严重地”干扰其他矿井脱水井的产量，可能达到 40%。²⁵

2012 年的矿山 2 号区块 ESIA²⁶表明，与 2 号区块矿山相关的矿山脱水所造成的地下水降落漏斗预计将从矿区中心延伸 15 至 20 公里。ESIA 继续推测，随着其他区块的未来开发，地下水降落漏斗的范围可能会扩大，“与地下水供应量减少相关的累积影响可能会延伸到卡奇沼泽地并越过边界到达印度，从而成为国内或国际上的重大影响”。“没有公布关于对古吉拉特边境居民的潜在影响的评估，因为他们可能会失去地下水的供应，或者至少不得不为获得可靠的地下水资源而大幅延长井深。

事实上，一份报告表明：“经过 30 年的采矿工作，模型预测会出现一个区域性的降落漏斗，其大小和规模类似，并超出模型领域向西和向北延伸”²⁷。如果情况如此，塔帕克区的大部分地区及其 165 万塔里人可能会失去获得地下水的机会，或者不得不大幅加深水井和钻孔。

底层含水层对矿井脱水的反应可能与模型中的情况大不相同。它的动态可能会对火力发电和离矿区相当远的依赖地下水的社区和灌溉者的供水情况产生影响。此外，随着采矿工作的进行，即使是非常粗糙的地下水模型及其未经测试的假设，也会预测底部含水层将无法提供足够的水量。拟依靠淡化地下水的发电厂可靠运行所需的条件。

根据对第二区块的模拟计算，从 2012/2013 年到 2024 年，需要抽取的地下水量将达到每年 35GL/A 左右。此后，水量将稳步下降到每年 25GL/年和 25GL/年。采矿作业接近尾声时，降至 20 GLpa。这些水大部分是从底部含水层抽出的(90%)，而中间含水层和沙丘含水层将分别提供约 9%和不到 1%的水。下文表 3 和表 4 列出了国际协力机构 (JICA) 确定的地下水模型设置。

²⁴ RWE International, 2009.

²⁵ GoS, 2010.

²⁶ HaglerBailly, 2012.

²⁷ Nadeem Arif, 2019.

表 3: 地下水模型设置、分析和边界条件 (摘自 JICA, 2013).

Table 3.4-2 Model Settings, Analytical Condition and Boundary Condition

Model Setting	Area	9,700 km ²
	Perimeter	400 km
Analytical Conditions	Application (Code)	GWDREI
	Analytical Method	Finite Volume Method
	Analysis Period	2012–2100 (89 years) - 2017 mine bottom reached - 2045 end of activities - approx. 2110 groundwater levels stable (i.e., when the final lake shows no rising water table)
	Time step	1 year
	Initial Condition	Observed GW contour
	Aquifer Parameter	Refer to Table 3.4-3
	Analytical Case	Refer to Table 3.4-4
	Calibration Model	Effective Recharge
Shallow Well Abstraction		5.15 mm/year
Pumping Rate of Deep Tubewells		4 wells - 100,000 gal/day (whole year) - 80,000 gal/day (whole year) - 75,000 gal/day (half year) - 25,000 gal/day (half year)
Boundary Condition		North, west, and south-west: Interpolated water level South-east: no-flow boundary (Rann of Kutch Fault)
Prediction	Dewatering wells	Total 110 single or multilayer wells of 600 mm diameter
	Infiltration wells	Installation in 2 nd Aquifer
	Inside Dump	Kf = 2.0 x 10 ⁻⁷ m/s
	Final Lake	Lake Surface Potential Evaporation = 1700 mm/y (1900 mm evaporation – 200 mm rainfall)

Source: Sindh Engro Coal Mining Company (2010)

Table 4: Groundwater analytical parameters and model simulations from Sindh Engro, 2010 (Taken from JICA, 2013).

Table 3.4-4 Analytical Cases

Case	Scenario	Condition
Simulation I	Basic simulation of calibrated model	Refer to Table 3.4-3
Simulation II	The influence of the mine on the first aquifer (Sand Dune)	1 st aquitard : Kf = 5.00 x 10 ⁻⁸ m/s
Simulation III		1 st aquitard : Kf = 1.00 x 10 ⁻⁷ m/s
Simulation IV	Infiltration simulation on the basis of Simulation I to minimize the influence on the 1 st aquifer	Infiltration rate = some 6 Mm ³ /a
Simulation V	Recovery period and development of residual lake without any infiltration and production wells	Potential evaporation = 1700 mm (on the lake surface)
Simulation VI	Determination of the influence on dewatering quantities when the 3 rd aquifer has a higher permeability than assumed	3 rd Aquifer Kf = 1.50 x 10 ⁻⁴ m/s (50% increase)

Source: Sindh Engro Coal Mining Company (2010)

VI 区块矿山的 ESIA²⁸ 确定了对地下水供应的潜在重大累积影响。虽然 SCEL 矿不打算对底层含水层进行脱水，但计划从底层含水层的钻孔中抽水，作为该区块当地社区饮用水的水源，并为随后的电厂开发供水。第六座的环境影响评估没有提供脱水的预测，而是说打算避免使底部含水层减压。然而，这很可能是不可避免的。深层含水层承受着自流的压力，在矿井达到约 100 米后，矿井底将发生变形。

底层含水层的长期容量似乎不足以满足甲骨文公司在 VI 区块发电项目的需要，因为 VI 区块矿的开采和脱水将与 II 区块，或许还有 I 区块矿的脱水同时进行。

VI 区块的 ESIA 提供了矿井脱水所需的泵率。利用这些泵率和沉井数量，以及 II 区块预估中反常的脱水率下降，我们估计矿井脱水率峰值约为 26.6 GLpa，在第 15 年下降到 22.7 GLpa，大约在采矿第 25 年下降到 17 GLpa。

I 区块矿山 ESIA 提供的信息很少，但指出脱水率将达到 25GLpa 的峰值，“正常”脱水为 8GLpa。I 区块和 II 区块的 ESIA 中的预估脱水率为 56.8GLpa，低至 17GLpa。请参阅下面的表 5。

表 5: 矿井脱水估算

Block	Max. ESIA Dewatering estimates (GL/pa)	Min. ESIA Dewatering estimates (GL/pa)	~year 5 Modelled Dewatering estimates (GL/pa)	~year 15 Modelled Dewatering estimates (GL/pa)	~year 25 Modelled Dewatering estimates (GL/pa)
I	25	8	25	13	8
II	31.8	9	31.8	25	20
VI	Negligable	Negligable	26.5	22.7	17
Totals	56.8	17	83.3	60.7	45

根据 ESIA 模型(区块 I 和 II)和预测的区块 VI 抽水率，我们估计，在开采的头五年，最高综合抽水率约为 83 GLpa，在开采的第 15 年下降到约 60 GLpa，在开采的第 25 年下降到约 45 GLpa。

II 区块矿山的估计也许是准确的，然而 I 区块和 VI 区块矿山的估计并没有考虑到由于累积水位降低而导致的 40% 矿山脱水率下降。这可能会在并行开采 5 年后将脱水率降至约 60GLpa。

此外，底部含水层从未被详细描述，我们对其区域范围所知甚少。项目只完成了很少的地球化学分析，没有对整个含水层进行地震调查或测算详细的钻孔数据，以便为模型

提供信息。其结果是，这个模型无法充分预测地下水动力或地下水动态的变化，而这些变化可能会对塔尔煤田项目和千百年来依靠这些地下水资源生存的 165 万塔里人产生影响。

尽管地下水模型存在这些非常明显的缺陷，但项目支持者以及巴基斯坦和信德省政府却将这些预测作为事实提出。如果矿井脱水对该地区的地下水系统有更大的影响，或者说是不同的影响，那么，如果由于缺水而无法充分利用火力发电厂而产生的大量债务，对塔里人和巴基斯坦来说可能是灾难性的。

Gorrano 污水池

Engro 和 SECMC 在 2018 年 9 月 19 日的一份报告中描述了 30 GL Gorrano 污水池是一个 570 公顷的天然洼地，位于 2 号区块南部约 26 公里处，通过 50 立方米/秒的管道从 II 号区块矿山接收矿山污水。这意味着该污水池在最大容量下约有 5 米深。该介绍称，目前污水覆盖面积约为 200 公顷²⁹。2019 年，SEMC 介绍该矿山的脱水率为 31.76GL/pa，其中 30.8GL/pa 排放到南边 26 公里

处的 Gorrano 污水池。对 Gorrano 的水面覆盖率的快速估算表明，在 2020 年 5 月 9 日（最新的 Google 地球照片），水面覆盖的面积只有 140 公顷。事实上，2018 年 4 月 25 日的历史照片显示，Gorrano 污水池的面积只有 94 公顷。

Engro/SECMC 的报告显示，2018 年 9 月，Gorrano 污水池的覆盖率为 200 公顷，为 35% (10.5GL)

图 6: Gorrano 池地点 10/2016



图 7: Gorrano 污水池 17 年 10 月 28 日 -72.6 公顷

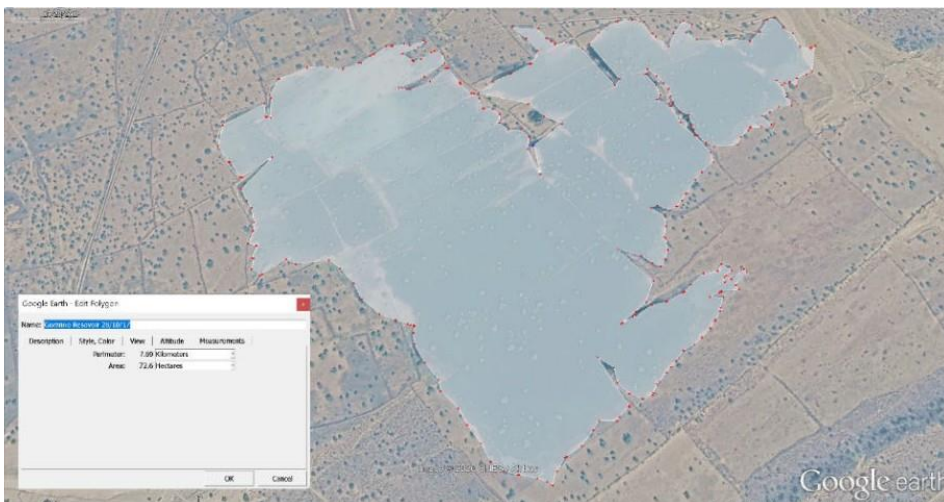
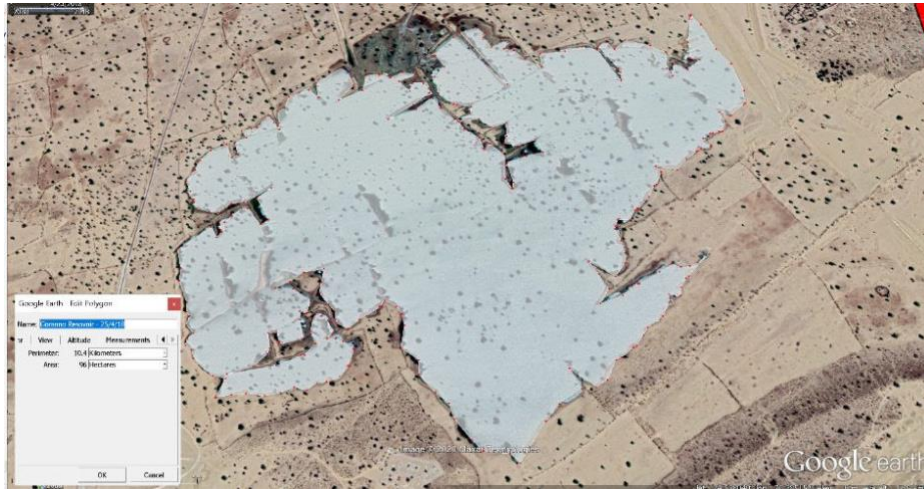


图 8: Goranno 污水池-2018 年 4 月 25 日 -94 公顷



15

图9: Goranno 污水池-139 公顷

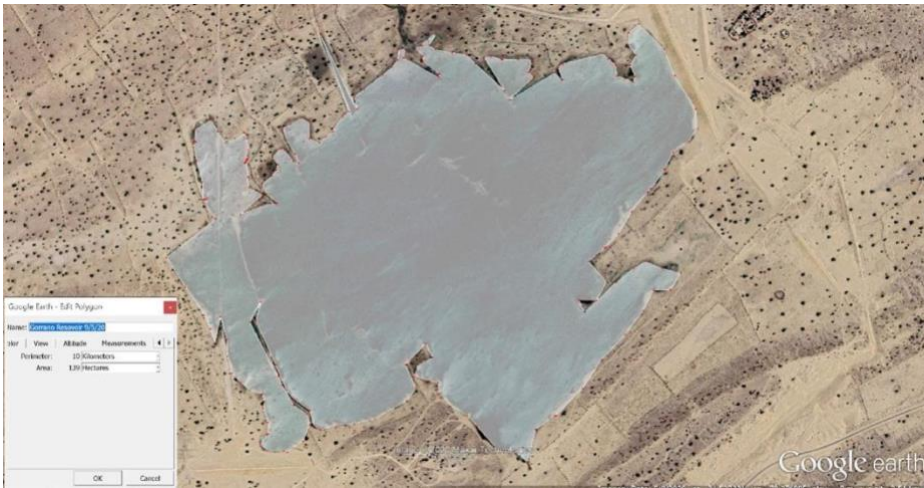


图 10: II 区 矿山进程 2020 年 5 月 9 日



净蒸发率为 1700 毫米/年，这意味着 Gorrano 矿区被矿山污水淹没的 200 公顷区域每年损失约 2.4GLpa。加上蒸发量，这相当于 2 号矿区脱水后排入 Gorrano 的约 8GL（加上渗透）。按照 SEMC 建议的 3.4 GLpa，用于抑尘、当地灌溉、饮用水（RO 后）和缓冲池，2 号矿区排水量约为 12 GLpa，外加渗透。该地区的渗透率可能很高，但 200 公顷土地上的 20 GLpa 是极端的。不过，根据 Google 地球上的图片，Gorrano 污水池覆盖了 SECMC/Engro 所述面积的一半。

我们的分析表明，项目严重高估了第二区块矿井脱水量。SEMC/Engro 对 Gorrano 池的水位估计过高，其幅度如此之大，这对项目和塔尔人来说是一个严重的问题。显然，他们的模型预测是不准确的。

发电厂用水需求

2010年信德省政府关于塔尔区块的会议纪要指出，“地下水在短期内只能产生有限的供应量和可靠性”，并对在没有证明可靠性的情况下建立昂贵的海水淡化设施的计划提出质疑。³⁰事实上，甲骨文公司2011年为其另类投资市场(AIM)入驻伦敦证券交易所而编写的《交易文件圣经》中指出，“尚未确定塔尔地下水的足够水量，可用的地下水量可能不足以满足发电厂的需求”。³¹

由于塔尔气温较高，目前正在安装一套湿式闭式循环冷却系统，该系统采用自然通风冷却塔，限制了电站的用水量。虽然冷却塔通过冷却提取的水比一次少，但实际消耗量较高，因为需要补充水来替代蒸发损失的水。³²在美国，亚临界的平均补水用量为2139 m³/GWh，超临界为1915 m³/GWh，超超临界装置为1590 m³/GWh。³³

三方的ESIA提供了发电厂运作所需的原水量估计：

- Engro: 21 GLpa,
- TEL: 9.64 GLpa,
- 甲骨文公司: 15.4 GLpa.³⁴

甲骨文公司首席执行官近日宣布，一期工程将建成1320MW电厂³⁵，而不是不分两期建设660MW电厂，这将使预估的原水需求增加一倍。

SECMC/Engro公司建议，塔尔330兆瓦的燃煤电厂，需要从15.6GLpa的原水中提取7.8GLpa（8.75立方米）的处理水。将这些估计数应用于塔尔电厂的产能，原水需求总量约为200 GLpa。

由于现有地下水的盐度和硬度较高，因此需要进行海水淡化，以保持充分的热交换，并减少冷却系统金属表面的积垢。反渗透(RO)通常能回收不到50%的原水³⁷。因此，需要处理两倍的原水，而其中一半的原水，其盐度和微量元素浓度是原来的两倍，将不得不被弃用³⁸。

已公布的土耳其湿式冷却塔燃煤电厂耗水系数(WCF)为2600m³/GWh.³⁹ 塔尔沙漠的相对湿度比土耳其低，因此蒸发率较高。日本国际协力事业团对塔尔沙漠湿式冷却塔电厂采用的耗水系数为3000m³/GWh。⁴⁰

根据国际协力机构的估计的WCF，在工厂负荷50%的情况下，塔尔煤田拟议的6个发电厂将需要约56 GLpa

- 31 Oracle Coalfields, 2011.
 32 Maulbetsch, 2003
 33 Carpenter, 2017.
 34 Phase 1 instillation of 660MW. Oracle have announced an intention to now install 1320MW in Phase 1.
 35 John Cornford, 2020.
 36 SEMC & Engro, 2018.
 37 SEMC & Engro, 2018.
 38 Atab et al, 2016.
 39 Balkess, 2017
 40 JICA, 2013.

的处理水。再加上 50%来自反渗透和处理的废盐水，以及 6%用于输灰、抑尘等的原水，在 50%的工厂负荷下，原水总量约为 120 GLpa。在发电高峰期（100%负荷），六家电厂的总原水需求量将上升到 240 GLpa。在发电厂负荷为 75%的情况下，六个拟建的塔尔电厂的原水需求量为 180GLpa。

塔尔煤田的原水总需求量还必须包括三个矿井的用水需求量，实际上也包括当地居民的用水需求量，因为当地居民的供水已经被取消。ESIA 中估计的 II 区块原水需求量约

为 2.2 GLpa（三个矿井为 6.6 GLpa）。目前，约有 1.5GL/年的原水被用于为第二区块的当地居民生产淡化饮用水（三个矿区为 4.5GL/年）。

额外的 11 GLpa 用于矿井使用和当地居民的饮用水，使六个电厂在 50%负荷下运行的原水需求量估计约为 130 GLpa，75%负荷下为 190 GLpa，100%负荷下为 250 GLpa。

ESIA、SECMs/Engro(2018)以及我们根据 JICA(2013)对电厂用水需求的估算见表 6。

表 6: 塔尔煤田电厂的需水量估计值

Plant	Capacity (MW)	GWh 100% load	50% Plant load			75% Plant load			100% Plant load			Est. SECMS/Engro		ESIA
			Plant treated water (GLpa)	Plant raw water (GLpa)	Total raw water (GLpa)	Plant treated water (GLpa)	Plant raw water (GLpa)	Total raw water (GLpa)	Plant treated water (GLpa)	Plant raw water (GLpa)	Total raw water (GLpa)	Plant treated water (GLpa)	Plant raw water (GLpa)	Total raw water (GLpa) Est.
Thar SSRL	1320	11563	17.3	35	37	26	52	55	35	69	74	31	63	42
Engro	660	5782	9	17	18	13	26	28	17	35	37	16	31	21
TEL	330	2891	4.3	9	9	7	13	14	9	17	18	8	16	10
Siddiqsons	330	2891	4.3	9	9	7	13	14	9	17	18	8	16	10
ThalNova	330	2891	4.3	9	9	7	13	14	9	17	18	8	16	10
Oracle	1320	11563	17.3	35	37	26	52	55	35	69	74	31	63	15
TOTALS	4290	37580	56	113	120	85	169	179	113	225	239	102	203	107

图 11: SECMS/Engro 对电厂用水需求的估计值

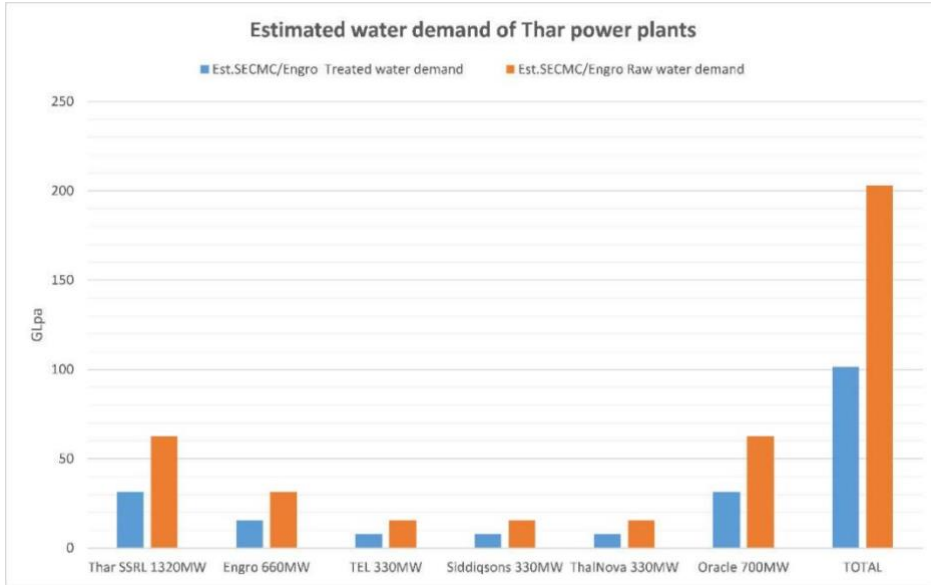
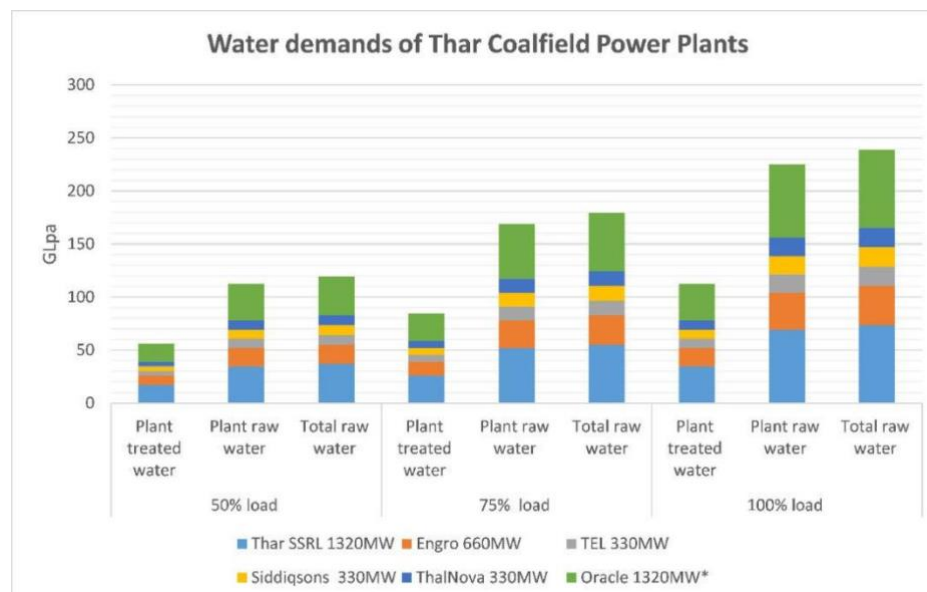


图 12: 塔尔煤田电厂用水需求量估算图



这些估计表明，矿井水无法为塔尔煤田拟建的 4.3 吉瓦发电厂提供足够的水源。在采矿和脱水的同时，是否有可能抽取更多的地下水是值得怀疑的，因为含水层的下降将大大增加抽取任何额外水量所需的钻孔深度，这反过来又会

增加抽取量。采矿和脱水还可能会对地下水的行为产生重大影响，这种影响可能要到同时进行采矿时才会显现。

表 7: 湿式冷却塔的塔尔水消耗量 (表 2.5.4 取自 JICA, 2013 年)。

Table 2.5-4 Assumption of Tariff of Generation (1,000 MW Class)

	Fuel (Coal) a	Water b	Val. O & M c	EPP d = a+b+c	CPP e	Tariff f = d+e/0.6
1 st to 10 th years	4.932	0.212	0.205	5.349	4.262	12.452
11 th to 30 th years	4.932	0.212	0.205	5.349	2.173	8.971

Fuel (Coal)

1. Heating Value (Block II): 3,211 kcal/kg, 12,742 Btu/kg (0.252 kcal/Btu)
2. Price of coal: case 1=US\$50/ton, case 2= US\$55/ton and case 3=US\$60/ton
3. EPC cost: US\$1,500 mil. for 1,000MW (US\$1,500/kW)
4. Net thermal efficiency: 37%
5. Heat rate: 9,222 Btu/kWh (3,412 Btu/kWh divided by 37%)
6. Coal cost per kWh
 - Case 1: US\$50/1,000 x (9,222/12,724)= US\$3.62/kWh (Rs.4.114/kWh) -Rs.0.818 to Case 3
 - Case 2: US\$55/1,000 x (9,222/12,724)= US\$3.98/kWh (Rs.4.523/kWh) -Rs. 0.409 to Case 3
 - Case 3: US\$60/1,000 x (9,222/12,724)= US\$43.4/kWh (Rs.4.932/kWh) applied to assumption

Water Charge

1. Water consumption for wet cooling: 3 t/MWh ⇒ 3 L/kWh (general information)
2. Cost of water: Rs.70.5/ton ⇒ Rs.0.0705/L (please refer to Clause 5.2 Water Supply)
3. Cost of water per kWh: 3 x 0.0705 = Rs.0.212/kWh

Valuable O & M

Rs.0.1708 x US\$1,500 mil./US\$1,250 mil. = 0.1708 x 1.2 = Rs.0.2050

CPP

1. 1st to 10th years: Rs.3.5515 x US\$1,500 mil./1,250 mil. = Rs.3.5515 x 1.2 = Rs.4.262
2. 11th to 30th years: Rs.1.8109 x US\$1,500 mil./1,250 mil. = Rs.1.8109 x 1.2 = Rs.2.173

Source: Prepared by the JICA Survey Team

塔尔煤田水平衡估算

即使根据支持者的模型预测，矿井水不足以供给塔尔电力项目。可以从矿山抽水的估计值看到，电力项目的用水需求存在严重的匮乏，在采矿第五年矿井抽水量达到峰值 83 GLpa 之后，这种情

况变得更加严重，并随之减少到采矿第 25 年的约 45 GLpa。矿山的未净化水的用水量约为 6.6 GLpa，这也就意味着在采矿第 5 年，水量将仅剩下 76 GLpa、采矿第 15 年只有 53 GLpa、采矿第 25 年只有 38 GLpa。参见表 8

Table 8: Raw water deficits for Thar Coalfield

Mining year	Mine water (GLpa)			Raw water demand (GLpa)			Deficit (GLpa)
	Mine dewatering	Mine demand	Mine raw water supply	Power plants 75% load	Local population	Total	
5	83	6.6	76	180	4.5	185	-108
15	60		53				-131
25	45		38				-146

塔尔煤田拟建的六家电厂（4.29 吉瓦）的原水需求量约为 180GLpa（占 75%）。再加上当地居民使用的 4.5GLpa 的原水，对原水需求总量约为 185GLpa。在不考虑地表水/污水分流的情况下，矿井脱水高峰期（第 5 年）的原水缺口约为 108GLpa，将在开采第 25 年增加到 146GLpa。

虽然信德省政府已提议实施左岸排污渠（LBOD）引水，约为 33GLpa，但这还没有实现，而且由于处理成本的原因，可能会导致水量更少。

电力公司已经被要求协助，为引水和处理项目提供资金。

信德省政府提议的第二条地表水改道是来自 Makhi Farsh 连接运河。

从 Dhoro Escape 取水的原水最多为 40 GLpa。存储蒸发损失将减少到 36GLpa。

充足的冷却水是火力发电站运行的一个限制因素。巴基斯坦在此面对的风险很大，并且有可能由于为火力发电厂支付大量的容量费用而产生循环债务。

火力发电站支付了大量的产能，而这些火力发电站在当地现有的水资源基础上是不可能满负荷运转的。

塔尔煤田的火力发电必须要进行重新评估。对信德省的灌溉和粮食生产和对发电装机容量需要大幅减少都会造成影响。

水引流

为了鼓励私人开发煤基项目，巴基斯坦政府和信德省政府已经为塔尔煤田项目的一些基本风险和开发成本提供了担保，其中包括基础设施和供水系统。⁴¹ 信德省政府正在通过 Naukot-Mithi 管道⁴² 为塔尔煤田临时供水。用来自 IBIS 的灌溉水以及昂贵的处理过的盐水为塔尔项目供水，可能会产生长期后果，但尚未得到全面评估。

世界自然保护联盟发布的《巴基斯坦燃煤电厂环境影响评估指南》中警告说：“(该项目)需要对用于冷却目的的大量水的需求进行管理，并考虑到以前的水的使用和其多重用户。⁴³ 迄今为止，没有一份环境影响评估报告，甚至信德省政府的引水报告都没有考虑到从印度河流域灌溉计划 (IBIS) 中大量取水的影响。

巴基斯坦在面临严重缺水方面排名世界第三。据估计，到 2025 年，该国的清洁水将少到接近消失。干旱十分常见，并且干旱的频率和严重程度一直在增加。任何将 IBIS 的水转移到塔尔帕尔卡(的计划)都应该受到信德省灌溉者和市政水务部门的反对。

还有一个问题是，印度河流域灌溉计划 (IBIS) 中老化的基础设施能否可靠地供应关键的火力发电冷却水。2017 年信德省农业灌溉管理战略⁴⁴ 宣称：“将印度河的水引入主运河的三个位于信德省的拦河坝的都有 60-80 年的历史。

大多数运河基础设施，包括水控制闸和机械运动，都有 60 多年的历史，而且许多都不能继续使用。

运河基础设施的运行程度远远高于设计时的预期，这导致了运河网络各个层面的严重结构恶化。

运河网内没有储存能力，所有从河里引来的水必须流经运河网，最终到达农场。⁴⁵

2009 年，信德省灌溉部门的资金只有 4500 万美元，其中只有 17% 用于维护运河和防洪基础设施。用于维护水渠和防洪基础设施。40% 用于行政管理，43% 用于管井运行需要的电量费用。

执行工程师都受到了许多的政治因素干扰，日常业务问题占据了他们的大部分时间，留给水资源管理的时间十分有限。

41 Private Power and Infrastructure Board, 2008.

42 The third pole, 2020.

43 Coutinho et al, 2014.

44 GoS, 2017.

45 GoS, 2017.

Figure 13: Lower Indus Basin Irrigation System, LBOD, and Thar Blocks

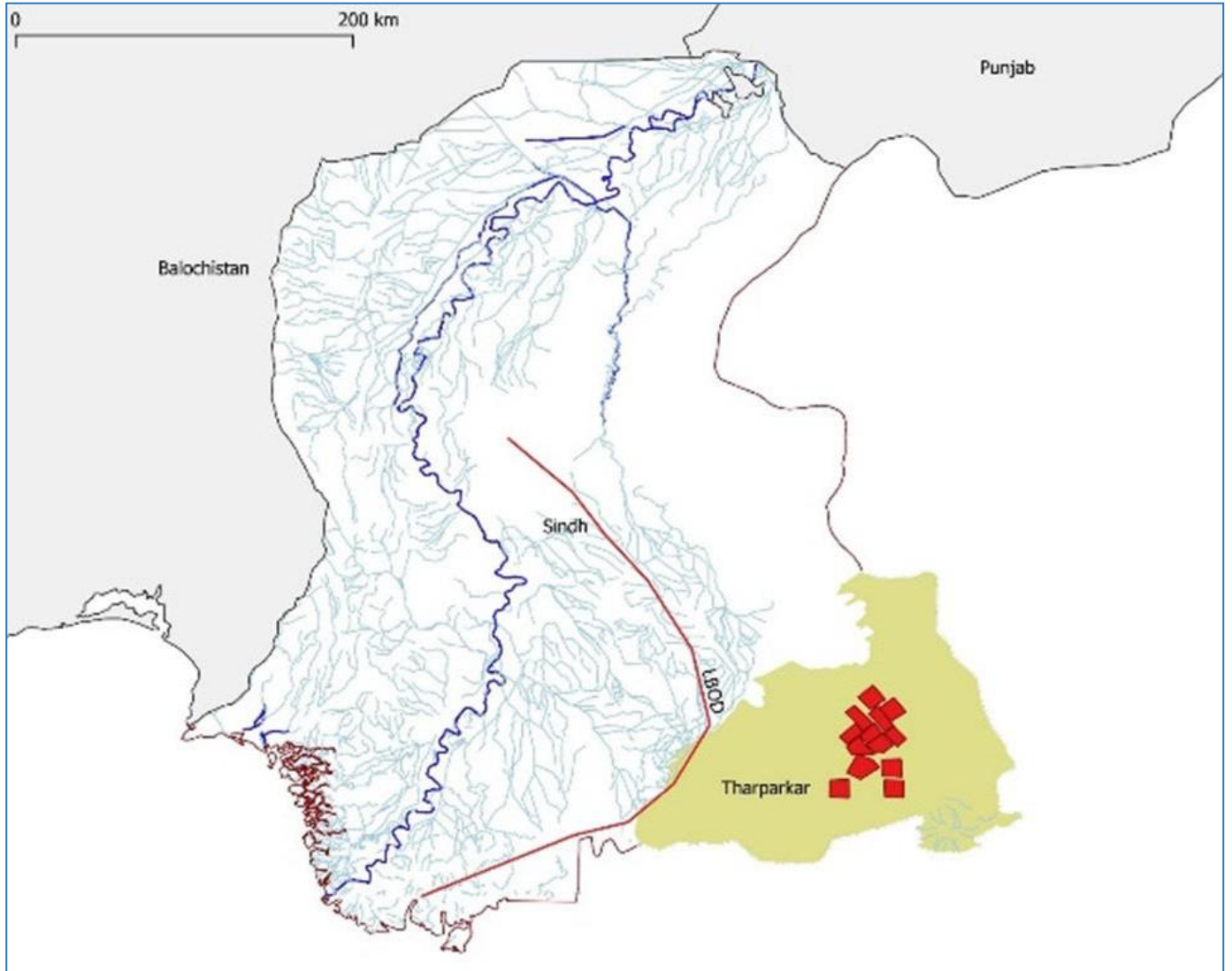
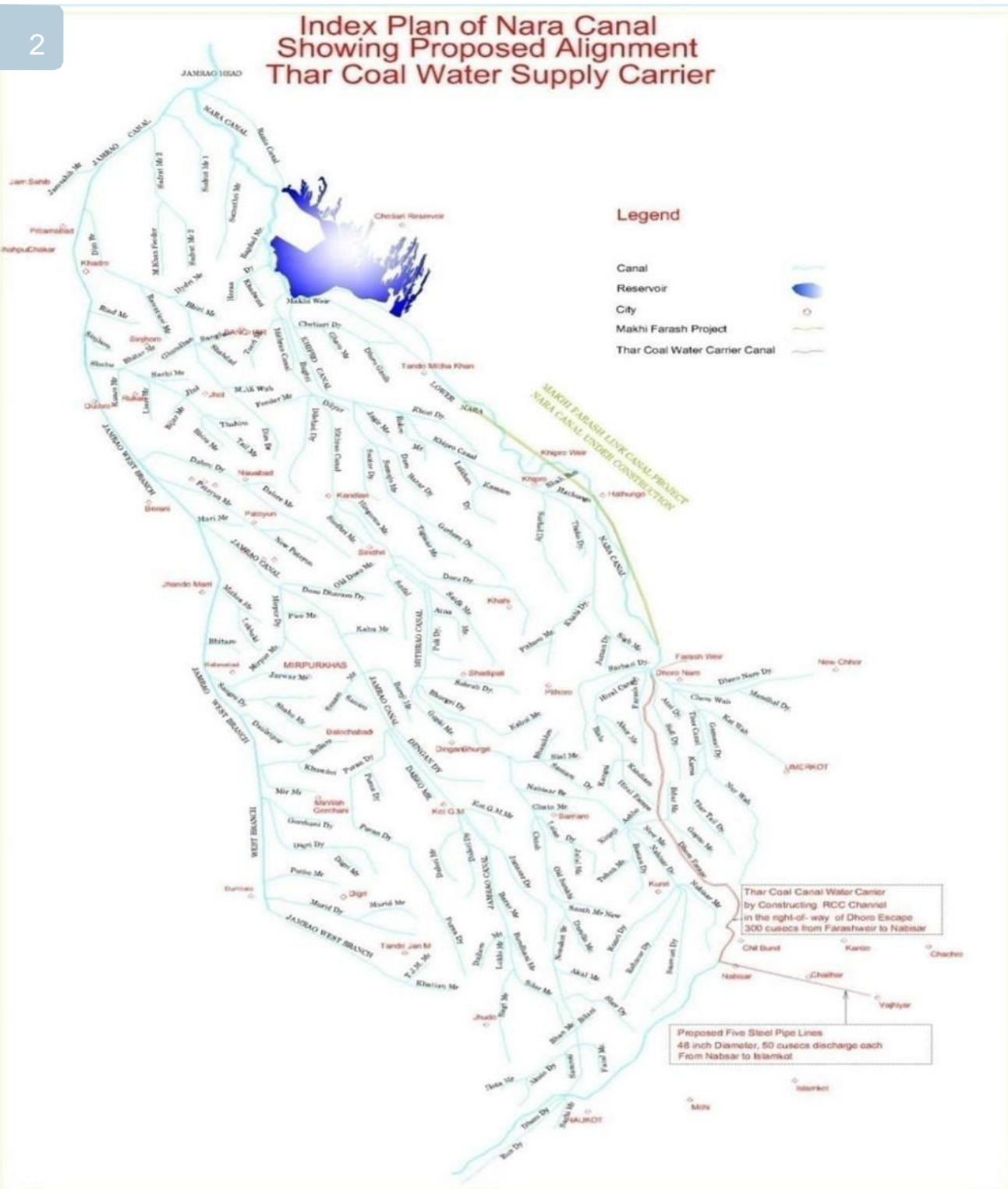


Figure 14: Index Plan of Nara Canal showing proposed Thar Coalfield offtake



信德省政府有一个水项目管理不善的记录，特点是效率低下、完工延迟、时间和成本超支。为了成功实施高度安全的热电厂冷却用水，信德省政府需要的资产管理能力远远超过它迄今所表现出来的能力⁴⁶。然而，如果信德省政府能够为塔尔煤炭项目确保充足的来自印度河流域灌溉计划(IBIS)的水，这将以牺牲农业灌溉为代价。没有对依赖引水到塔尔项目的农业社区和工业的影响进行评估。

巴基斯坦的国家水政策明确规定了水利用的相对优先级：

1. 饮用和卫生保健
2. 包括土地开垦的灌溉
3. 畜牧业、渔业和野生动物

4. 水力发电
5. 工业和采矿业
6. 环境、河流系统、湿地、水生生物
7. 林业，包括社会林业
8. 娱乐和体育活动
9. 航运⁴⁷

，因为违反了国家水政策，从 IBIS 引水到塔尔煤田，将使灌溉将受到影响。

纳拉运河(Nara Canal) 改道至纳比萨(Nabisar) 和瓦吉海尔(Vajhair)水库

信德省政府正在提供基础设施，以便从纳拉运河向 Block-I 电厂供水，并将水引入电厂所在地。这项引水工程将从瓦吉海尔(Vajhair)的一个新的 3.3 吉升(GL)水库中每年供应 40GLpa。⁴⁸ 为马基-法拉什(Makhi Farsh)连接运河项目提供 6700 万美元的资金，该项目是塔尔供水项目的一部分，已被批准由信德省和巴基斯坦政府在 50/50 的基础上分摊费用。⁴⁹ 信德省政府已经在该项目上花费了 1200 万美元，信德省和联邦政府还需要为完成该计划分配大量的额外资金，但是目前信德省和联邦政府尚未为完成该计划拨款。⁵⁰

该项目将从乌默科特(Umerkot)区多罗纳罗(Dhoro Naro)附近的法拉什大楼(Farash Complex) 向塔帕尔卡(Tharparkar)的纳比萨(Nabisar)供应淡水。具体来说，该项目建议：

- 从靠近乌默科特(Umerkot)区多罗纳罗(Dhoro Naro) 的法拉什大楼(Farsh Complex) 向供应 178.6 GLpa 。
- 通过多罗(Dhoro)排水口，从马基-法拉什(Makhi Farsh)到纳比萨(Nabisar) 水库取水 40 GLpa。
- 在纳比萨(Nabisar)水库处理厂储存 45 天的水 (共 5GL)， 以使其符合信德省政府的要求。
- 建造泵站和 60.71 公里的管道以便将水输送到纳比萨(Nabisar)
- (建设)从纳比萨(Nabisar)水库向瓦吉海尔(Vajhair) 输水的管道
- (满足)瓦吉海尔(Vajhair) 蓄水池的 30 天储水量 (每年 3.3GL 的容量) 。

46 Briscoe, et al, 2005.

47 GoP, 2018.

48 Enertech Water Private Limited, 2020.

49 Habib Khan Ghori, 2019.

50 PPI, 2019

截至 2019 年 4 月，这项工作的大部分都没有完成，其中包括：

- 30%的运河重新调整。
- 60%的小运河。
- 60%的交叉监管机构。
- 50%的桥梁。
- 92%的涵洞是不完整的。⁵¹

虽然印度河流域灌溉计划 (IBIS) 的最大水流量为 174GLpa，但从 Makhi-Farash 运河到纳比萨(Nabisar)的多罗(Dhoro)排水口取水口只有 40GLpa

保障水(储存)安全的一个问题是塔尔沙漠的极端蒸发率 (净 1700 毫米/年)⁵² 这将使任何地表水储存经历重大损失。使大型浅层水库不切实际。维海尔(Vaihair) 水库的蒸发将使这个 83 公顷的水库每年损失超过 1.5GL。占地 100 公顷的纳比萨(Nabisar) 水库将因蒸发而损失约 1.7GLpa。

从左岸排水沟引流

左岸排水渠 (LBOD) 建于 20 世纪 80 到 90 年代，由世界银行贷款 10 亿美元，目的是控制印度河下游平原 50 多万公顷过度灌溉土地的地下水盐碱化。⁵⁵ 然而，与它的预期能力相比，它的流量非常低，而且它的许多基础设施被损坏，无法使用。许多清污井的运行效率只有 30%。⁵⁶

左岸排水渠 (LBOD) 不是一个可靠的火力发电冷却水来源，它被描述为社会和生态灾难。⁵⁷ 由于 LBOD 污水受到糖厂排放物和其他工业废物、城市和生活污水以及化肥和农药等农业污水的高度污染，处理成本将很高。

⁵⁸

因此，流向纳比萨(Nabisar) 的 40 GLpa 因蒸发损失约 8%的水源。

信德省灌溉和排水局表示，乔蒂亚里(Chotiari) 的水库的盐度 (TDS) 将反映纳拉(Nara)运河的水⁵³ 盐度在火力发电厂参数内 (<500mg/l)。然而，总悬浮固体、生化需氧量、化学需氧量、油和油脂都高于国家环境质量标准，可能需要进行水处理。与反渗透处理相比，弃水的百分比会很低。

最大流量达到 174GLpa (的水)从灌溉用途中转移出来，将对依赖马基-法拉什(Makhi-Farash)运河的农业生产产生破坏性影响。马基-法拉什(Makhi-Farash)连接渠建于 2009 年，目的是将信德省的种植密度从 75%提高到 148%，并对受干旱影响的桑格尔(Sanghar) 和 米尔普尔哈斯 (Mirpurkhas) 地区的 12 万公顷(农地)进行灌溉⁵⁴。该提案打算在法拉什(Farash)抽取运河容量的近 8%。灌溉桑格尔(Sanghar)和米尔普尔哈斯 (Mirpurkhas) 的 9000 公顷农田需要同样的水量。

左岸排水渠 (LBOD) (承载)的污水也是高盐度的 (高达 23,000 毫克/升)，并含有大量的二氧化硫、盐酸、铅、油脂和油，⁵⁹ 水的 pH 值较低，其中还包含了溶解氧，以及高钠、钙、镁和碳酸钙。⁶⁰

2011 年，信德省灌排局确定从左岸排水渠 (LBOD) 引水到塔尔煤田是不可行的，因为水中含盐量非常高，加上抽水成本高。⁶¹

51 PPI, 2019.

52 Geyh et al, 2008.

53 GoP, 2012.

54 The News International, 2006.

55 World Bank. 1998.

56 Zardari et al, 2016.

57 South Asia Citizens Web, 2008.

58 Mahessar 2017.

59 Qureshi, 2015.

60 Mahessar, 2016.

然而，甲骨文公司 2017 年的电厂环境影响评估报告指出，信德省政府承诺从纳比萨(Nabisar) 的左岸排水渠 (LBOD) 建造一个替代水源，以及一个大型反渗透工厂和内衬水库，并通过管道将其与塔尔煤田连接起来，在 Vejihar 又建造了一个大型内衬水库。该计划的总供应量约为 3,100 升/秒

(98GLpa)，供各个区块的持有人申请供水协议，协议允许他们进入瓦吉海尔(Vejihar) 水库并向其区块供水。

然而，信德省政府正在实施的计划只是为左岸排水渠 (LBOD) 的 31GLpa 污水供应。根据该计划，(信德省政府) 正在建造一条从左岸排水渠 (LBOD) 到纳比萨(Nabisar) 的渠道和水处理厂。从维海尔(Vaihair) 到塔尔(Thar)煤田的 56 公里管道已经铺设完毕。该州首席部长通过指示能源部长 "与在塔尔煤业工作的私营公司交谈，以分担和承担完成该计划的部分开支"，揭示了政府开支的成本限制。⁶²

信德省政府计划将左岸排水渠 (LBOD) 污水抽到位于纳比萨(Nabisar) 的 5 GL 储水池，在那里通过膜生物反应器 (MBR) 过滤设施进行预处理，计划耗资 8500 万美元，最大流入量为 2.3 GLpa。⁶³ 这些水必须经过预处理，使其适合由同样位于纳比萨 (Nabisar) 的反渗透 (RO) 工厂进一步处理，然后泵送到发电厂。

由于左岸排水渠 (LBOD) 基础设施的可靠性差，以及在脱盐前处理左岸排水渠 (LBOD) 污水的成本高，左岸排水渠 (LBOD) 为塔尔电厂提供大量处理水的可能性很低。

61 GoS, 2011.

62 PPI, 2019.

63 Business Recorder, 2019.

2 对农业的影响

巴基斯坦对其水利基础设施的依赖程度极高。印度河流域灌溉系统 (IBIS) 是世界上最大的灌溉系统之一，包括三个主要水库，设计容量约为 20,000 GL，灌溉约 1700 万公顷⁶⁴（占有耕地的 80%），这里生产了该国 90% 的粮食和纤维作物。⁶⁵ 然而，该系统受到多个问题的影响，如水库中的沉积物和整体系统效率低下、人口增长超过 2%、以及城市化和工业化的进一步推进。⁶⁶

由于年代久远和被当地喻为(需要)“建设/忽视/重建”的公共工程理念的结合，许多基础设施正在坍塌。这种情况

甚至同样发生在一些主要的水坝，这些水坝用于服务几百万公顷的土地，如果坍塌，这带来的影响将是灾难性的。任何主要的基础设施都没有现代的资产管理规划。⁶⁷

世界银行 2012 年的一份报告指出，“.....巴基斯坦水务部门项目的实施特点包括：效率低下、完工延迟、时间和成本超支。影响实施的因素包括：实施规划和管理不力，与土地征用有关的诉讼，不遵守商定的重新安置和恢复方案，不重视环境问题，采购延误，账目和审计准备延误，以及缺乏从建设到运营的准备。”⁶⁸

然而，灌溉农业仍然是巴基斯坦最大的经济部门，贡献了约 24% 的国内生产总值 (GDP)，负责一半的就业劳动力，以及四分之三的外汇收入。⁶⁹

信德省拥有 14 条运河和 500 万公顷的灌溉农业，是继旁遮普(Punjab)省之后的第二大印度河流域灌溉计划 (IBIS) 的受益者。然而，由于基础设施退化导致的渗水、不适当的灌溉和种植方法以及不适当的水分配，该部门的水生产力很低。⁷⁰

主要运河的实际取水量通常远远高于其设计分配量。计划从塔尔河引水的纳拉运河的设计分配量为 6,100 GL，但 2016 年的估计取水量为 7,400-10,000 GL。⁷¹ 这些数字可能被严重低估了。为亚洲开发银行准备的 2010 年信德省水资源开发和管理投资计划，包括对 147 个信德省引水口的调查，这些引水口的取水量是其允许取水量的四倍。有一个引水口的取水量是其批准水量的 30 倍以上。⁷² 从纳西尔布拉奇(Nasir Brach) 运河上的 55 个引水口（塔尔水库的水将从这些引水口中抽取）抽取的水量几乎是设计值的 3 倍。⁷³

在过去十年里，信德省的灌溉一直在下降。2012 年，河流引水总量估计为 60,000 GL。(FoDP, 2012)。2017/18 年度，总取水量下降到 50,700GL，减少了 12%。

64 Soomro et al, 2018.

65 Ashraf, 2015.

66 Ashraf, 2016.

67 Briscoe et al, 2005.

68 Briscoe et al, 2005.

69 GoP, 2020.

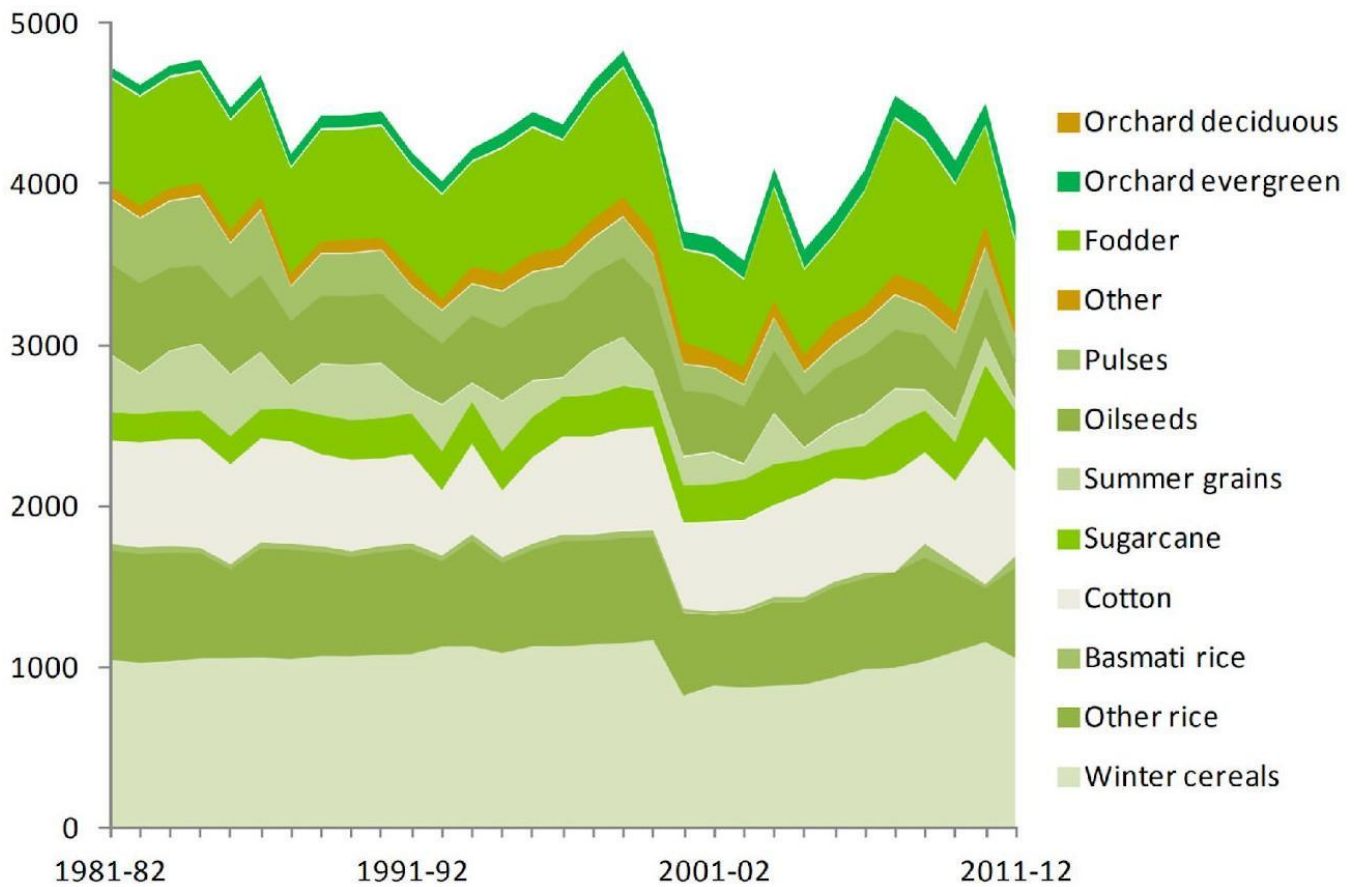
70 AHT Group, 2010.

71 GoS,, 2017.

72 AHT GROUP AG, 2010.

73 AHT GROUP AG, 2010.

Figure 15: Sindh area of crop groups in 1000s ha 1981 to 2012. (Taken from Mac Kirby & Mobin-ud-Din Ahmad, 20160



巴基斯坦经济对农业的严重依赖，使其容易受到不利

天气条件和其他自然因素的影响，这些因素会进一步影响农业产量。

根据国际货币基金组织（IMF）的数据，巴基斯坦在面临严重缺水的国家中排名第三。⁷⁴ 2018年5月，巴基斯坦水资源研究委员会（PCRWR）宣布，到2025年，该国将面临严重的清洁水将短缺或消失。人均地表水供应量已从1951年的每年5260立方米下降到2016年的约1000立方米，预计到2025年，将继续下降到约860立方米，而这些都标志着巴基斯坦成为一个“缺水”国家。⁷⁵ 最近的一份政府

经济调查报告指出。“变化无常的天气和气候变化已成为最大的环境挑战……这对农业生产力产生重大影响。如果不改变管理方法和技术，所有谷类作物的产量将全面下降”。⁷⁶

通过对过去36年天气记录的统计分析发现，信德省夏季白天和热带夜的温度有所上升，月度最高温度以及反映干燥条件的温热白天和夜晚都有明显的升温趋势。⁷⁷ 湿润天数、重降水天数、极湿和极重湿润天数以及单日雨量强度都出现了下降。⁷⁸ 这写现象在2017-18年度信德省非季风作物季中反映出来，当时水供应量比正常供应量少33.5%。

74 Nabi et al, 2019; Kalpana et al, 2015.

75 GoP, 2018.

76 Gop, 2019.

77 Abbas et al, 2018.

78 Abbas et al, 2018.

79 GoP, 2019

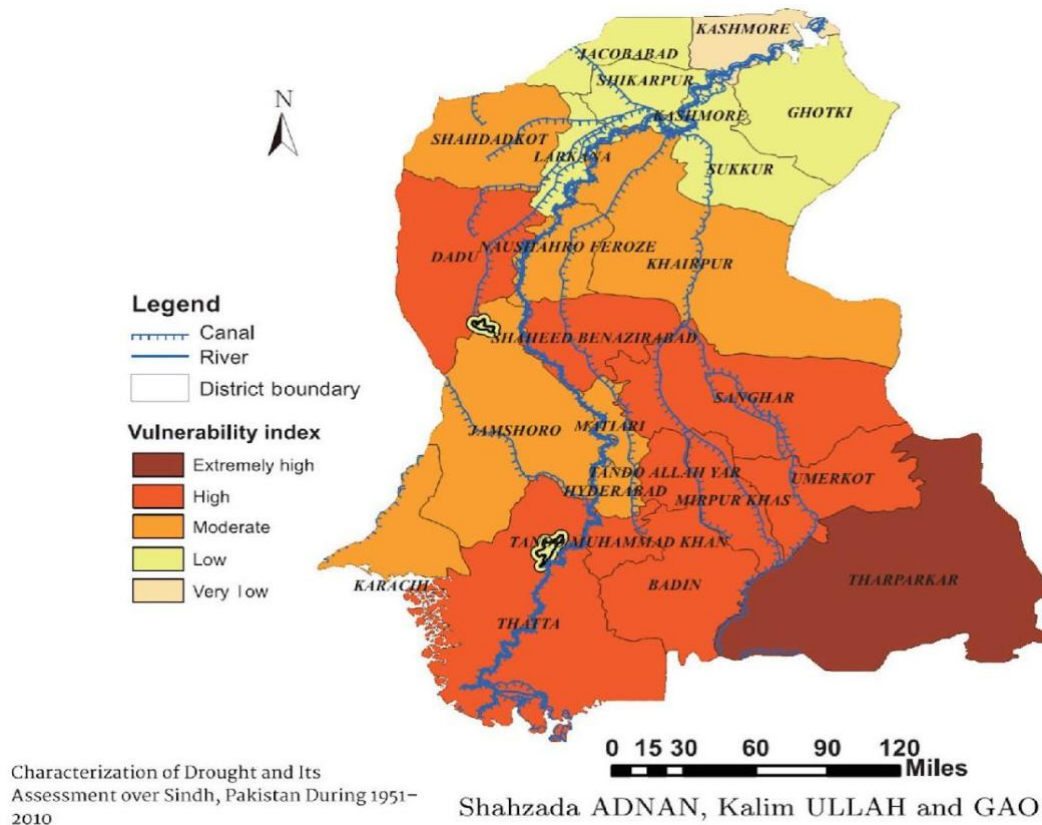
自 2013 年以来，信德省一直存在着干旱和类似干旱的情况。干旱一直是该省的一个经常性现象。季风每隔 4 到 6 年就会消失，干旱期可能持续 2 到 3 年。事实上，信德省在 1951-1956 年、1962-1963 年、1968-1969 年、1979-1981 年、1985-1988 年都发生过重大干旱。20 世纪 90 年代和 2000 年发生了多次⁸⁰，其中 1969 年、1974 年、1987 年和 2002 年发生了严重的干旱（见图 16：信德省各县干旱脆弱性指数）。⁸¹

2019 年信德省干旱需求评估报告指出⁸²，信德省的贫困率为 44%，（居民患有）营养不良的比率为 22%。

2017 年，对塔尔帕尔卡(Tharparkar)、乌默科特(Umerkot)、桑加尔(Sanghar) 和贾姆绍罗(Jamshoro) 地区的粮食安全评估发现当地牲畜损失严重、自产谷物不足、5 岁以下儿童以及孕妇和哺乳期妇女营养不良现象严重、在获取医疗保健设施和医护人员资源方面存在问题、住房状况不佳、难以获取改善的水源和卫生设施以及粮食供应不稳定问题非常严重。⁸⁴

为火力发电而从印度河灌溉计划中提取的任何水源，特别是在干旱期间，很有可能对粮食供应产生破坏性影响。

Figure 16: Sindh District drought vulnerability Index 1951 -2010 (Taken from Natural Disaster Consortium, 2019)



将急需的灌溉水供应用于火力发电对粮食供应不稳定产生了极大的风险，并且这将对支撑信德省经济的粮食和纤维作物产业产生影响。

80 Hagler Bailly 2013.

81 Natural Disaster Consortium, 2019.

82 Natural Disasters Consortium (NDC), 2019.

83 Natural Disaster Consortium, 2019.

84 Pakistan Food Security Cluster (FSC), 2017.

结论

当下提出的的塔尔发电项目无法用当地的地下水充分供应。根据 ESIA 模型对矿井脱水峰值的预测，原水缺口约为 108 GLpa，在开采 25 年后增加到 146 GLpa。然而，我们认为这些预测可能大大高估了矿井脱水后的地下水量。

虽然在塔尔沙漠建设火力发电厂对巴基斯坦和项目提议者来说有巨大的财务风险，但对依赖该地区地下水资源的 165 万塔里人来说，他们也在面临多重严重的社会风险。采矿引起的含水层缩减将明显地消除许多人的唯一永久性供水，他们将不得不依赖采矿和电力公司提供的经过处理的水。含水层缩减有一个非常现实的风险，那就是会延伸到印度古吉拉特邦 (Gujerat)，并影响到那里的社区。采矿还将导致为列入拉姆萨尔 Ramsar)名录(的 Rann of Kutch 及其社区提供的地下水大幅减少。

虽然建议从印度河流域灌溉计划 (IBIS) 引水是为了提高电力项目的水安全，但这些水正被用于受干旱影响地区的灌溉。在这些影响之外，由于支持印度河流域灌溉计划的许多基础设施已经陈旧且年久失修，项目的可靠性将很差。

随着巴基斯坦内对水资源的竞争加剧，冲突也会增加。争夺水资源的冲突强度已变得更加严重，并可能随着人口、气候变化和对不断减少的水资源的依赖而增加。⁸⁵

水供应的有限是发电行业普遍存在且日益严重的弱点。⁸⁶ 水资源的不稳定有可能导致工厂关闭或厂内工作的减少，从而进一步削弱工厂的盈利能力。⁸⁷

由于从印度河流域灌溉计划 (IBIS) 引入大量地表水将极大地扰乱现有的灌溉系统，这也可能导致政治紧张和社会动荡，⁸⁸ 对塔尔项目的进一步开发会带来巨大的金融和社会风险。

对塔尔煤田的火力发电需要重新进行评估。信德省需要面对的是灌溉和粮食及纤维作物种植受到毁灭性影响，或是需要从目前的发电计划中大幅度削弱生产电量的目标。

85 Muhammad Atiq Ur Rehman Tariq et al, 2020 ,

86 Carpenter, 2017.

87 IEA, 2012.

88 Caldecott et al, 2015.

参考资料

Abbas, F., Rehman, I., Adrees, M. *et al.* Prevailing trends of climatic extremes across Indus-Delta of Sindh- Pakistan. *Theor Appl Climatol* **131**, 1101–1117 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00704-016-2028-y>

AHT Group, 2010a. Sindh Water Resources Development and Management Investment Programme (PPTA). <https://www.aht-group.com/cms/index.php?id=239&L=0>

AHT GROUP AG, 2010b. Sindh Irrigation and Power Department and Asian Development Bank Project Preparatory Technical Assistance to the Government of Sindh Islamic Republic of Pakistan FINAL REPORT. <https://www.adb.org/sites/default/files/project-document/63468/41514-01-ind-tacr.pdf>

Ali Asghar Mahessarl Kishan Chand Mukwana, Abdul Latif Qureshi, Muhammad Ehsan, Abdul Latif Manganhar, Jamshoro, 2016. Assessment of Water Quality of LBOD System and Environmental Concerns. *Quad-E-Awam University Research Journal Of Engineering, Science & Technology*, Volume 15, No.L , Jan-Jun 2016.

Ashraf M., 2015. *Promising land and water management practices: A manual*. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Country Office Pakistan, pp, 85.

Ashraf M., 2016. Managing water scarcity in Pakistan: moving beyond rhetoric. *Proceedings of AASSA regional workshop, challenges in water security to meet the growing food requirement*, p. 2-14; Brisco J., U. Qamar (2006). Pakistan's water economy running dry. The World Bank. Oxford University Press, Karachi.

Atab, Mohanad & Smallbone, Andrew & Roskilly, Tony., 2016. An operational and economic study of a reverse osmosis desalination system for potable water and land irrigation. *Desalination*. 397. 174 - 184. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.06.020>; *Desalination*. 397. 174 - 184.

Balkess El-Khozondar, and Merih Aydinalp Koksal. 2017. Investigating the water consumption for electricity generation at Turkish power plants. *E3S Web of Conferences* 22, 00039 (2017) DOI: 10.1051/e3sconf/20172200039

Briscoe, J., U. Qamar, M. Contijoch, P. Amir, and D. Blackmore. 2005. "Pakistan's Water Economy: Running Dry." World Bank, Washington, D.C., and Islamabad. https://projects.iq.harvard.edu/files/johnbriscoe/files/7._briscoe_-_qamar_-_pakistan's_water_economy-running_dry_-_oxford_univ_press_2007.pdf

Business Recorder, 2019. LBOD water for Thar coal: Murad calls for choosing between RO and MBR technology. 2 June, 2019. <https://fp.brecorder.com/2019/06/20190602483258/>

Carpenter, A M, 2017. Water conservation in coal-fired power plants. IEA Clean Coal Centre. <https://usea.org/sites/default/files/Water%20conservation%20in%20coal%20fired%20power%20plants%20-%20ccc275.pdf>

Coutinho, Miguel and Butt, Hamza K. 2014. *Environmental Impact Assessment Guidance for Coal Fired Power Plants in Pakistan*. Islamabad: IUCN Pakistan. 149 pp.

Caldecott, B., Dericks, B., and Mitchell, J., 2015. Stranded assets and subcritical coal: the risk to companies and investors. Oxford: Smith School of Enterprise and the Environment. <https://www.smithschool.ox.ac.uk/research/sustainable-finance/publications/Stranded-Assets-and-Subcritical-Coal.pdf>

CPEC - China Pakistan Economic Corridor, 2020. <http://cpec.gov.pk/>

Environmental Management Consultants, 2012. Environmental and Social Impact Assessment (ESIA) Coal Mining Project - Sinhar Vikian Varvai, Block- I .

Enertech Water Private Limited, 2020. DRAFT Owner's Engineer for Supply of Water from Nabisar to Vajhair. Environmental Impact Assessment (EIA).

Engro Powergen Thar (Pvt.) Limited, 2014. *Application for a Generation License of 2X330 MW Thar Coal Based Power Plant at Thar Block II Sindh*: To National Electric Power Regulatory Authority (NEPRA). 2/12/2014.

Farooq Choudry, MA, Yasmin Nurgis, Mughal Sharif, Amjad Ali Mahmood, Haq Nawaz Abbasi, 2010. Composition, Trace Element Contents and Major Ash Constituents of Thar Coal, Pakistan. *American Journal of Scientific Research* ISSN 1450-223X Issue 11(2010), pp.92-102.

Fassett, JE and Nazir A. Durrani, 1994. *Geology and Coal Resources of the Thar Coal Field, Sindh Province, Pakistan*. U.S. Geological Survey Open-File Report 1994.

Geyh, Mebus & Ploethner, D., 2008. *Origin of a fresh groundwater body in Cholistan, Thar Desert, Pakistan*. Geological Society, London, Special Publications. 288. 99-109. 10.1144/SP288.8. https://www.researchgate.net/publication/240675625-Origin_of_a_fresh_groundwater_body_in_Cholistan_Thar_Desert_Pakistan

Nabi, G., Ali, M., Khan, S. *et al.* The crisis of water shortage and pollution in Pakistan: risk to public health, biodiversity, and ecosystem. *Environ Sci Pollut Res* **26**, 10443–10445 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04483-w>:

Geyh, Mebus & Ploethner, D., 2008. Origin of a fresh groundwater body in Cholistan, Thar Desert, Pakistan. Geological Society, London, Special Publications. 288. 99-109. https://www.researchgate.net/publication/240675625-Origin_of_a_fresh_groundwater_body_in_Cholistan_Thar_Desert_Pakistan

GoP - Government of Pakistan, 2019. *Pakistan Economic Survey 2018-19*. http://www.finance.gov.pk/survey/chapters_19/Economic_Survey_2018_19.pdf

GoP - Government of Pakistan, 2020, *Agricultural Statistics*, Pakistan Bureau of Statistics. <http://www.pbs.gov.pk/content/agriculture-statistics>

GoP - Government of Pakistan, 2018. National Water Policy. <http://mowr.gov.pk/wp-content/uploads/2018/06/National-Water-policy-2018-2.pdf>

GoS - Government of Sindh, 2010. Information Memorandum Blocks – I, III-B, IV & VII, Thar Coal Fields District Tharparkar. Sindh Pakistan Coal and Energy Development Department., Government of Sindh. <https://sedf.gos.pk/pdf/Information%20Memorandum%20for%20Thar%20blocks%202010.pdf>

GoS - Sindh Irrigation and Drainage Authority, 2011. Preparation of Regional Plan for The Left Bank of Indus, Delta and

[http://sida.org.pk/download/reports/1.Vol-I%20Main%20Report-%20Final_June_2011%20\(revised\).pdf](http://sida.org.pk/download/reports/1.Vol-I%20Main%20Report-%20Final_June_2011%20(revised).pdf)

GoS -Sindh Irrigation and Drainage Authority, 2012. Water Sector Improvement Project Phase – I (WSIP-I) Preparation of Regional Plan for Left Bank of Indus Proposed Project on Rehabilitation of Deh Akro – II and Chotiari Wetland Complex. <http://sida.org.pk/download/lbg/phaseIII/Phase.III.Feasibility.Dek%20Akro%20II.Chotiari.Wetland.GRK.FINAL.20.2012.PDF>

GoS -Government of Sindh, 2017. The Irrigation Management Strategy for Irrigated Agriculture of Sindh Province (Pakistan). http://metameta.nl/wp-content/uploads/2017/11/170323_Fourth-Draft-Irrigation-Management-Strategy-for-Irrigated-Agriculture-of-Sindh-Province-Pakistan.pdf

Habib Khan Ghori, 2019. Murad decries Centre for dropping 36 Sindh schemes of Rs51bn from PSDP. Published in Dawn May 29, 2019. <https://www.dawn.com/news/1485130>

Hagler Bailly, 2012. Thar Coal Block II Mining Project Environmental and Social Impact Assessment Final Report VOLUME 1 of 2. September 3, 2012. https://www.engroenergy.com/wp-content/uploads/2012/PDF/R2M03THP-Final_Report-ESIA_of_Thar_Coal_Block_II_Mining.pdf

Hagler Bailly, 2012. Thar Coal Block II Mining Project Environmental and Social Impact Assessment Final Report VOLUME 1 of 2. September 3, 2012. https://www.engroenergy.com/wp-content/uploads/2012/PDF/R2M03THP-Final_Report-ESIA_of_Thar_Coal_Block_II_Mining.pdf

Hagler Bailly 2013. Block VI Lignite Mining Project. <http://www.oraclepower.co.uk/wp-content/uploads/2016/02/ESIA-of-Block-VI-Lignite-Mining-Project-Volume-1-of-3-R3E03TCO.pdf>

Hagier Bailly, 2014. Thar Coal Block II Power Project Environmental and Social Impact Assessment Final Report Volume 1 of 2. <https://www.engroenergy.com/wp-content/uploads/2012/08/Environmental-Social-Impact-Assessment-of-Thar-Coal-Block-II-Power-Project-Volume-I.pdf>

Hubco, 2020. Growth Aspirations <https://www.hubpower.com/growth-aspirations/>

IEA, International Energy Agency, 2012. Water for Energy: Is Energy Becoming a Thirstier Resource? Excerpt from the World Energy Outlook 2012. Paris, France, OECD/IEA.

Imdadullah Siddiqui, 2007. *Environmental Study of Coal Deposits of Sindh, with Special Reference to Heavy and Trace Metal Study in Thar, Sonda and Meting-Jhimpir Coal Field*. Doctoral Thesis. National Center of Excellence in Geology. University Of Peshawar

Jamshed Ali, Tasneem G. Kazi, Jameel A. Baig, Hassan I. Afridi, Mariam S. Arain, Kapil D. Brahman, Naeemullah, Abdul H. Panhwar, 2015. Arsenic in coal of the Thar coalfield, Pakistan, and its behavior during combustion. *Environ sci Pollut Res* (2015) 22:8559-8566

Jaroskaw Badera, Leszek Pazderski, 2019. Effects of lignite surface mining on local communities: controversies and areas of negotiation. *Environ. Socio.-econ. Stud.*, 2017, 5, 3: 31-39

Javed Mirza, 2019. Sino Sindh Resources seeks upward revision in coal mining tariffs. Published in The News International September 13, 2019. <https://www.thenews.com.pk/print/525549-sino-sindh-resources-seeks-upward-revision-in-coal-mining-tariffs>

John Cornford, 2020. Mixed omens for Oracle Power. Published in Master Investor 08 April 2020 <https://masterinvestor.co.uk/equities/mixed-omens-for-oracle-power/>

JICA -Japan International Cooperation Agency. 2013. Data Collection Survey on Thar Coal Field in Pakistan Final Report February 2013. https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12113221_01.pdf; <https://openjicareport.jica.go.jp/>

Kalpana Kochhar, Catherine Pattillo, Yan Sun, et al and an IMF Staff Team, 2015. *Is the Glass Half Empty or Half Full? Issues in Managing Water Challenges and Policy Instruments*. International Monetary Fund Strategy, Policy, and Review Department, <https://www.imf.org/external/pubs/ft/sdn/2015/sdn1511.pdf>

Khuhawar et al., 2019. Assessment of Water Quality of Groundwater of Thar Desert, Sindh, Pakistan
J Hydrogeol Hydrol Eng 2019, 7:2.

Mac Kirby, Mobin-ud-Din Ahmad, 2016. *Time series (1980-2012) crop areas and production in the districts and canal commands of Pakistan*. A report prepared under the Sustainable Development Investment Portfolio of the Department of Foreign Affairs and Trade. CSIRO Land and Water, Australia. publications.csiro.au/rpr/download?pid=csiro:EP163815&dsid=DS5

Mahessar, Ali & Mukwana, Kishan & Qureshi, Abdullatif & Ehsan, Muhammad & Leghari, Haq & Manganhar, Abdul., 2016. Assessment of Water Quality of LBOD System and Environmental Concerns. *Journal of Engineering, Science & Technology*. 15. 32-39

Mahessar AA, Qureshi AL, Ursani H , Tunio I, Kandhro Band Memon SA. 2017. Environmental Concerns for Water Consumption from Polluted Water Bodies in Watershed Area of Sindh Province. *J Pollut Eff Cont* 2017, 5:4 DOI: 10.4176/2375-4397.1000204

Maulbetsch J, DiFilippo M, 2003. Spray cooling enhancement of air-cooled condensers. Report 1005360, Palo Alto, CA, USA, Electric Power Research Institute, 142 pp (Sep 2003)

Mott MacDonald, 2015. *Strategic Environmental and Social Assessment (SESA) Environmental and Social Studies, Land Use Plan including Resettlement Frameworks for Thar Coal Fields* June, 2015.

Nabi, G., Ali, M., Khan, S. *et al.* The crisis of water shortage and pollution in Pakistan: risk to public health, biodiversity, and ecosystem. *Environ Sci Pollut Res* **26**, 10443–10445 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04483-w>:

Nadeem Arif, 2019. *Recycling of Water from Thar Coal Mines*. In Water Stress. Proceedings of the 13th Symposium of The Pakistan Academy of Engineering. <http://www.pacadengg.org/pdf/Programmes/13th%20Symposium%20Proceedings%20for%20Publication%20final.pdf>

Naeem A. Mughal, Yasmin Nergis, 2018. Environmental Impact Assessment of Potential Mining Concerns at Thar Coal Fields and Their Remedies. *J. Engg. and Appl. Sci.* Vol.37 No,1 January-June 2018. DOI: <https://doi.org/10.25211/jeas.v37i1.2319>

Natural Disaster Consortium, 2019. Sindh Drought Needs Assessment (SDNA) Report. <https://reliefweb.int/report/pakistan/sindh-drought-needs-assessment-sdna-report-january-2019#:~:text=The%20detailed%20assessment%20was%20conducted,to%20provide%20recommendations%20to%20the>

Nayyer Alam Zaighaml, Mujeeb Ahmadl, and Noushaba Hisam, 2012. *Thar Rift and its Significance for Hydrocarbons*. Search and Discovery Article #20146 (2012)

Oracle Coalfields PLC, 2017. *Thar Coalfields Block VI 2x330MW Coal-Fired Power Plant*. Environmental and Social Impact Assessment. 4 volumes. March 2017.

Oracle Coalfields, 2011. Bible of Transaction Documents. AIM Admission to the London Stock Exchange. <http://www.oraclepower.co.uk/wp-content/uploads/2016/02/Oracle-Coalfields-plc-AIM-Admission-Document.pdf>

Pakistan Food Security Cluster (FSC), 2017. Livelihood and Food Security Assessment (LFSA) Jamshoro, Sanghar, Umerkot and Tharparkar (Sindh-Pakistan) - November 2017. <https://reliefweb.int/report/pakistan/livelihood-and-food-security-assessment-lfsa-jamshoro-sanghar-umerkot-and-tharparkar>

Private Power and Infrastructure Board, 2008. Pakistan's Thar Coal Power Generation Potential. [http:// embassyofpakistanusa.org/wp-content/uploads/2017/05/Thar-Coal-Power-Generation.pdf](http://embassyofpakistanusa.org/wp-content/uploads/2017/05/Thar-Coal-Power-Generation.pdf) | Power plant water demand

PPI, 2019. Murad Ali Shah urges Irrigation Department to complete water supply scheme for Thar Coalfield. Published in PPI April 24, 2019. <https://ppinewsagency.com/murad-ali-shah-urges-irrigation-department-to-complete-water-supply-scheme-for-thar-coalfield/>

Qureshi, Abdullatif., 2015. Impact of Releasing Wastewater of Sugar Industries into Drainage System of LBOD, Sindh, Pakistan. ", International Journal of Environmental Science and Development (IJESD). 6. 381-386. 10.7763/IJESD.2015.V6.622.

RWE International, 2009. Thar Bankable Feasibility Study. <https://www.rwe.com/web/cms/mediablob/en/315572/data/227000/1/rwe-technology-international/mining-services/Thar-Bankable-Feasibility-Study.pdf>

SECMC & Engro, 2018. Effective Utilization of Water in Thar Coal Projects. <file:///D:/WKA/Countries/Pakistan/Mine%20effluent/EFFECTIVE%20UTILIZATION%20OF%20WATER%20IN%20THAR%20COAL%20PROJECTS.pdf>

Sindh Carbon Energy Limited, 2013. Environmental and Social Impact Assessment Block VI Lignite Mining Project. <http://www.oraclepower.co.uk/corporate-social-responsibility/esia/>

Sindh Carbon Energy Limited, 2013. *Environmental and Social Impact Assessment Block VI Lignite Mining Project* – 3 volumes.

Sindh Engro Coal Mining Company, 2014. Thar Coal Block II Power Project Environmental and Social Impact Assessment .Final Report. 2 volumes. January 21, 2014.

Singh, R. N., Atkins, A.S., and Pathan, A.G., 2010. Determination of ground water quality associated with lignite mining in arid climate. *International Journal of Mining & Environmental Issues*, vol. 1, No.1.

Singh, R. N., Anthony S., and Abdul G., 2010. Water Resources Assessment Associated With Lignite Operations in Thar, Sindh, Pakistan. *Arch. Min. sci.*, Vol. 55 (2010), No 3, p. 425-440

Singh, R. N. Atkins, A. S. and F. Doulati Ardejan, 2012. Hydrogeological Issues Concerning the Thar Lignite Prospect. *Int. J. Min. & Geo-Eng. (IJMGE)*, vol. 46, No. 2, Dec. 2012, PP. 141-156

Sino-Sindh Resources, 2012. *Environmental & Social Impact Assessment (ESIA) Study Of Thar Coal Mining In Block - 1* Final Report May 2012.

Shahbaz Rana, 2016. Five CPEC projects face the axe *Published in The Express Tribune, July 20th, 2016.* <https://tribune.com.pk/story/1145535/five-cpec-projects-face-axe/>

Shujauddin Qureshi and Zeenia Shaukat, 2019. *Thar Coal Project and Local Community Documenting Views and Experiences of Stakeholders*. National Commission for Human Rights (NCHR) Report.

Shukla V, 2018. Pakistan's alarming water crisis: country to run out of clean water by 2025. Politics. <https://www.valuwalk.com/2018/05/pakistan-water-crisis-clean-water-2025/>.

Soomro, Z. A., M. Ashraf, K. Ejaz, A. Z. Bhatti, (2018). Water Requirements of Major Crops in the Central Punjab. Pakistan Council of Research in Water Resources (PCRWR), pp. 44. <file:///D:/WKA/Countries/Pakistan/irrigation/Major%20Crops%20Central%20Punjab.pdf>

South Asia Citizens Web, 2008. LBOD project in Southern Pakistan is a social and ecological disaster - 'People's Tribunals' of 2008 and 2007. <http://www.sacw.net/article264.html>

Syed Abul Fazal Rizvi, 2018. Effective Utilization of Water in Thar Coal Projects. Power plant water demand

Sept 19, 2018. <file:///D:/WKA/Countries/Pakistan/Mine%20effluent/EFFECTIVE%20UTILIZATION%20OF%20WATER%20IN%20THAR%20COAL%20PROJECTS.pdf>

The third pole, 2020. In Pakistan the Thar desert waits for a canal. <https://www.thethirdpole.net/2020/06/17/in-pakistan-the-thar-desert-waits-for-a-canal/>

The News International, October 3, 2006, Centre to build Makhi-Farash link canal. <https://www.thenews.com.pk/archive/print/645899-centre-to-build-makhi-farash-link-canal>

The News International, 2018. *Extraction for Thar coal not to impact drinking water*. Published March 10, 2018. <https://www.thenews.com.pk/print/290540-extraction-for-thar-coal-not-to-impact-drinking-water>

The Louis Berger Group Inc., 2012. Sindh Irrigation and Drainage Authority Sindh Water Sector Improvement Project Phase-I (Wsip-I) Preparation of Regional Plan for The Left Bank of Indus, Delta And Coastal ZONE Phase – III Draft Report Regional Master Plan for the Left Bank of Indus, Delta and Coastal Zone. <http://sida.org.pk/download/lbg/phaseIII/Volume%20I%20&%20II%20-%20Draft.pdf>

Thar Voice Forum, 2016. *Thar Coal and Indigenous People Gorrano Effluent Pond Issue and its Solution*. Thar Coal Context December 25, 2016.

USGS – United States Geological Survey, 2008. Minerals Yearbook, 2008, V. 3, Area Reports, International, Asia and the Pacific. <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/country/2008/myb3-2008-pk.pdf>

Wandrey, C.J. and Law, B.E, 1998, Maps showing geology, oil and gas fields and geologic provinces of South Asia: U.S. Geological Survey Open-File Report 97-470-C, 10 p., <https://doi.org/10.3133/ofr97470C>.

World Bank. 1998. *Pakistan - Left Bank Outfall Drain Stage-1 Project (English)*. Washington, DC: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/835791468077930041/Pakistan-Left-Bank-Outfall-Drain-Stage-1-Project>

Yasmin Nergis , Muhammad Jahangir Khan, Naeem A. Mughall, Mughal Shareef, Jawad Abdullah Butt. 2018. Management of Ground Water Hazard: A Case Study from Thar Coal Mines, Pakistan. *Int. J. Econ. Environ. Geol.* vol. 9 (4)68-73, 2018.

Zardari, H.H., Shirazi, S.M. N. Farahen, N., & Irena, N., 2016. Operational efficiency and up-coning problem of scavenger wells in lower Indus Basin of Pakistan, *Desalination and Water Treatment*, 57:60, 29178- 29191, DOI: [10.1080/19443994.2016.1196558](https://doi.org/10.1080/19443994.2016.1196558)

Zaigham, N.A., 2002. Strategic sustainable development of groundwater in Thar Desert of Pakistan. *Science Vision*, 7(3-4), 61-74.