

高浓度水煤浆技术在发电 方面适用性的评价

—煤炭中心·水煤浆制备方式

水煤浆技术联合中心
煤炭科学研究院唐山分院

1 9 8 8 , 8

目 录

评价目的	(1)
评价结果	(1)
一、前言	(8)
二、高浓度水煤浆的应用	(9)
(一) 水煤浆输送与发电系统概要	(9)
(二) 研究工艺系统的前提条件	(10)
三、煤炭中心的概念设计	(16)
(一) 煤炭中心的概念	(16)
(二) 装卸、运输、贮煤设备	(16)
(三) 水煤浆制备设备	(19)
(四) 煤炭中心的设备费	(23)
四、国内输送和贮存设备	(24)
(一) 范围和条件	(24)
(二) 用煤浆船在海路输送	(24)
(三) 通过管道的陆地输送	(28)
(四) 运煤船在海上输送	(31)
(五) 输送方式的比较	(31)
五、燃油锅炉向燃煤锅炉转换改造的概念设计	(33)
(一) 对燃煤锅炉改造的概念	(33)
(二) 高浓度水煤浆燃烧锅炉的改造	(48)
(三) 燃细粉煤锅炉的改造	(58)
(四) 燃油锅炉改造成燃煤锅炉概念设计的研究结果	(64)

六、新设燃煤锅炉的概念设计	(68)
(一) 高浓度水煤浆燃烧锅炉	(68)
(二) 燃细粉煤锅炉	(85)
(三) 概念设计的研究结果	(89)
七、高浓度水煤浆经济性的研究	(93)
(一) 系统的研究	(93)
(二) 高浓度水煤浆的制备和输送	(96)
(三) 发电的经济效果	(98)
八、高浓度水煤浆技术的评价	(103)
(一) 高浓度水煤浆的制备	(103)
(二) 高浓度水煤浆的贮存	(104)
(三) 高浓度水煤浆的输送	(106)
(四) 高浓度水煤浆的锅炉燃烧	(107)
(五) 高浓度水煤浆技术的评价	(108)
(六) 高浓度水煤浆在其他领域中的利用	(110)
九、选煤技术适用性的展望	(111)
(一) 选煤的目的	(111)
(二) 选煤方法的原理与特征	(111)
(三) 高浓度水煤浆的适用性	(115)
(四) 脱灰率对锅炉的影响	(117)
(五) 在E P R I的研究状况	(118)
十、结束语	(119)

高浓度水煤浆技术在发电方面 适用性的评价

——煤炭中心·水煤浆制备方式

小谷田一男等

评价目的

就日本能源长期需求的展望而言，除了原子能利用之外，煤炭的利用有扩大的趋势，日本总是以确保能源的供给能力和降低成本作为目标。日本的煤炭利用几乎全部依赖国外，随着环保的要求急需研究新的煤炭输送技术。

为此，本公司对于各种煤炭的新输送技术（从国外矿山输送到发电厂的全过程）进行评价。其中高浓度水煤浆（煤炭70%，水30%，以下简称水煤浆）技术是很有希望的技术（电力中央研究会综合报告：Z04，煤炭运输方式的新技术开发展望，昭和58年3月）。1984年进口美国西部煤时对就地高浓度化方式（国外选址及就地方式）进行了研究。这样做节省港口建设费用。为此写出了报告（电力中央研究所调查报告：283091，高浓度水煤浆输送系统——就地高浓度化方式的评价和选题，昭和1959年3月）。

本报告为前一报告的继续，报告中对煤炭中心水煤浆制备方式（国内选址）进行了研究。

评价结果

1、全系统的研究

煤炭中心制备的水煤浆向发电厂输送。水煤浆不经脱水直接燃烧的方式（见图1）与原有的细粉煤燃烧方式（以下称原有的细粉煤燃烧方式为原有方式，适用于水煤浆的场合为CWM方式）进行比较和研究。

（1）将原有2台250 MW燃油锅炉改造成燃煤锅炉。

（2）新置2台1000 MW燃煤锅炉。

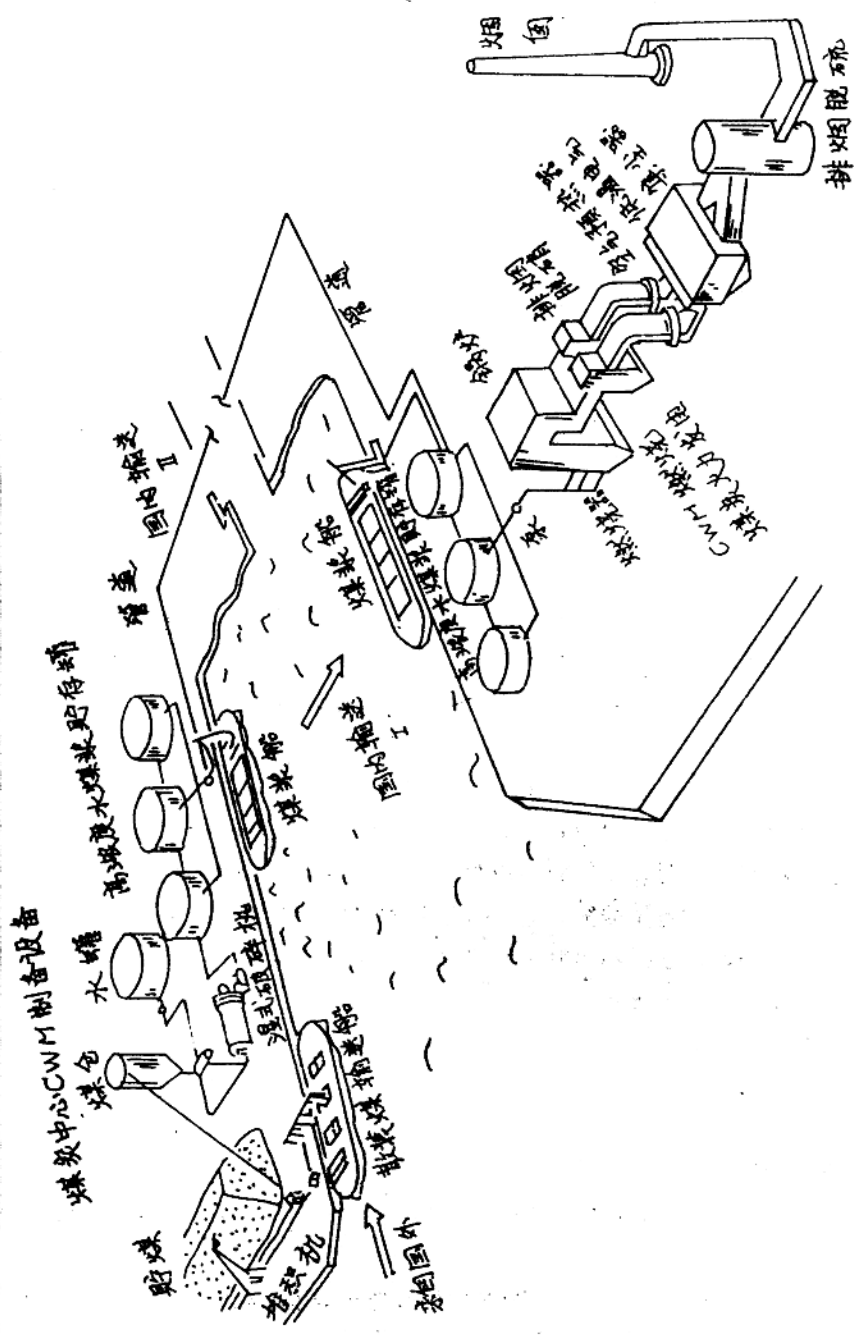


图1 煤炭中心高浓度水煤浆输送及发电系统示意图

2、CWM方式燃煤锅炉的概念设计

(1) CWM方式和原有方式的比较 (见表1)。

1) 从燃料管理方面看, CWM方式具有容易起动停止的特点。

2) 负荷跟踪性能较好。

3) 氮氧化物低, 燃烧效率高 (见图2)。

4) 由于排气湿热损失, 发电效率比原有方式约降低1.2%。但厂内效率低 (由于采用CWM方式的缘故), 所以送电端效率约降低0.4%。

用燃煤锅炉时CWM方式与原有方式的比较

表1

		CWM方式	原有方式
燃料		浓度70%的CWM	细粉煤
发热量		1710 kcal/kg	6500 kcal/kg
燃料给入、贮存		流体给入贮存罐, 使用管理方便。	散装煤
锅炉	燃烧方式	CWM直接喷雾燃烧	细粉碎、喷射燃烧
	通风方式	压入式通风	平衡通风

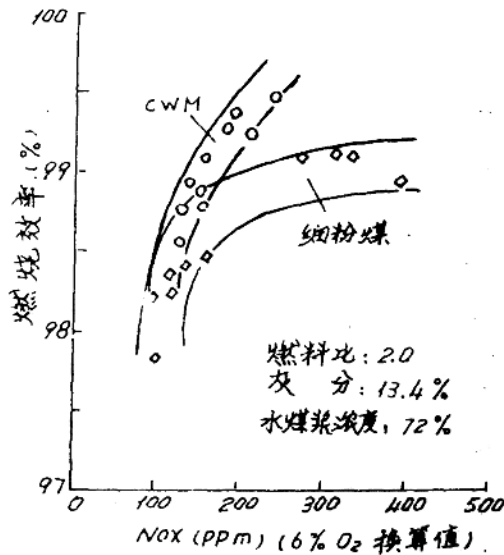


图2 CWM的NO_x—燃烧效率特性 (燃烧量: 1500 kg/h)

(2) 将2台25万KW燃油锅炉改造成燃煤锅炉

1) 由于热负荷降低等煤炭特有的种种问题, 使额定功率约减少20%。1台

锅炉就下降200 MW。

2) 由于两种不同的燃烧设备, 锅炉、废气处理设备及贮煤设备也不同, 所以需进行改造。采用CWM方式时可以不加强炉壁并可省去煤炭装载设备。

3) 用于CWM方式时的油罐, 由于存在基础强度上的问题, 因此CWM贮存罐以新制为好。

3、经济性

(1) CWM制备费用(见表2)和日本国内输送费(见表3)

在目前的试算基础上, CWM的制备成本约为每吨煤炭价格的15%左右, 则1000 kcal的热值相当于0.5日元。CWM方式与原有方式相比, 有利的一点是可以降低港口建设费。如果从日本国内输送费综合考虑时(如表3所示), CWM输送费即使以大卡(kcal)为基数计算也是有利的。

(2) 燃油锅炉改造成燃煤锅炉(见表4和表5)

在改造过程中以工程费来说, CWM方式是有利的, 但从CWM方式的发电效率的降低与CWM的制备费来看, 燃料费要有所提高。在改造中发现发电价格稍高, 这是因为扣除了CWM方式中高出的燃料费, 从输送端来看其差值更小。可见, CWM方式在经济上还是有其竞争能力的。

高浓度水煤浆制备费分配比(制备费以100计)

表2

		条 件	每吨CWM(1%) 的制备成本比	备 注
CWM制备的设备费		年制备费(1541万t)	11.8	年经费率, 20%
运 输 费	功 率	所需量: 52.5 KWH/t	37.1	单价〔3〕: 15日元/KWH
	活性剂	所需量: 2.1 kg/t	25.1	单价〔3〕: 300日元/kg
	调整剂	所需量: 0.35 kg/t	1.4	单价〔3〕: 100日元/kg
	水	所需量: 0.23 kg/t	0.3	单价〔3〕: 30日元/t
小 计			58.2	
合 计			100.0〔2〕	

注:〔1〕CWM的发热量: 4740 kcal/kg;

〔2〕CWM的制备费: 约0.5日元/1000 kcal;

〔3〕单价为假定值。

日本国内综合输送费 [1] 的比较
(输送100 km时与原有方式400万 t 年时均以100计) 表3

规 模	发电功率200 MW × 2台		发电功率1000 MW × 2台	
	原有方式	CWM方式	原有方式	CWM方式
年输送量	100万 t 年	150万 t 年	400万 t 年	600万 t 年
综合输送费	122.0	71.0	100.0	55.9
每1000 kcal 的输送费	122.0	91.1	100.0	71.1

注：[1] 国内综合输送费是煤炭中心和发电厂的各自燃料贮存、装卸、港口及船舶的固定费用和运输费用之和。

(3) 新设的燃煤锅炉 (见表6表7)

与改造的情况相同，CWM方式建设费用低，但燃料费高。其结果，如从发电价格看，CWM方式与原有方式基本相同，CWM方式可节省些港口建设费，因此对就地高浓度化方式的研究更为有利。

发电厂原有2台250 MW燃油锅炉的改造费与燃料费的关系
(改造费比率按改造2台200 MW锅炉后计；原有方式的改造费以100计) 表4

	原有方式 (B)	CWM方式 (C)	差 值 (C) - (B)	备 注	
装载设备	8.0	0.7	7.3	CWM方式：流体处理、原有设备	
新设贮存 设 备	8.0	1.6	6.4	原有方式：仓1.2万 t × 1台，CWM 罐2.5万 t × 2台	
锅炉改造	25.2	21.7	3.5	CWM方式：省去燃烧器喷嘴的改造， 省掉了磨粉机	
环 保 措 施	脱 硫		-2.3	CWM方式：燃料中水分增加，所以燃 烧的气体量也增加	
	脱 硝		-1.0		
	除 尘	6.1	4.0	2.1	CWM方式：由于添加钠，灰的电阻 下降
	灰处理 废水处理	11.0	11.0	0	
港口改造	1.8		1.8	原有方式：需加强港口口岸	
合 计	63.1	39.0	24.8		

改造过程中设备增加费用与燃料费的关系
(原有方式的送电端发电价格以100计)

表 5

		原有方式 (B)	CWM方式 (C)	差 值 (C) (B)
改造 费		38.3	30.3	8.8
1) 燃 料 费	CWM制备	—	11.1	11.1
	国内输送	3.3	3.4	0.1
	发 电	50.1	52.0	1.6
	小 计	53.7	66.5	12.8
发电价格(发电端)		92.0	96.8	4.8
送电端发电价格		100.0	103.0	3.0

注: [1] 计算条件:

年经费比率: 20%;

每年设备利用率: 70%;

发电效率: 原有方式: 38.2% (送电端效率35.1%);

CWM方式: 37.0% (送电端效率: 34.7%);

厂内用电率: 原有方式: 8.0%;

CWM方式: 6.1%。

新建2台1000 MW燃煤锅炉的建设费与发电价格的关系

(建设费比率: 原有方式的建设费合计以100计)

表 6

		原有方式 (B)	CWM方式 (C)	差 值 (C) (B)	备 注
装 载 设 备		2.6	0.4	2.2	CWM方式: 流体处理
贮 存 设 备		2.3	0.7	1.6	原有方式: 仓6万t—3台 CWM方式: 罐10万t—2台
锅 炉		21.0	22.5	1.5	原有方式: 磨煤机、煤仓
环 保 措 施	脱 硫	12.0	12.7	0.7	CWM方式: 燃烧气体增加量
	脱 硝	3.6	3.9	0.3	CWM方式: 由于添加钠、灰电阻下降
	集 尘	1.9	1.1	0.5	
地 震、废 水 处 理		1.1	1.1	0	
港 口 建 设		9.2	1.8	7.4	原有方式: 防波堤2000 m长 必须加强港口口岸
汽 轮 机 发 电 机 组		10.0	10.0	0	
合 计		100.0	90.8	9.2	

表6注：「1」建设费：原有方式25万日元/KW；CWM方式22.9万日元/KW。
 （能源厅1981年各种电源发电价格中的建设费约21万日元/KW）

发电价格的构成
 （原有方式的送电端发电价格作为100计算） 表7

		原有方式 (B)	CWM方式 (C)	差 (C) - (B)
建设费		55.3	50.3	5.0
燃料费	CWM制备	-	7.7	7.6
	日本国内输送	2.0	2.0	0
	发电	35.2	36.3	1.1
	小计	37.2	45.9	8.7
发电价格(发电端)		92.5	96.2	3.7
送电端发电价格		100.0	102.1	2.1

注：「1」计算式 = (KWH所需发热量) × (每kcal费用)；

「2」送电端发电价格117日元/KWH（能源厅1981年度各种电源发电价格中，煤炭火力发电是11日元/KWM左右）；

「3」计算条件：年经费率：20%；每年设备利用率：70%；

发电效率：原有方式：41.5%（送电端效率：38.1%）；

CWM方式：40.30%（送电端效率37.49%）；

厂内用电率：原有方式：7.5%；

CWM方式：6.0%。

1、CWM方式的优点及今后的研究课题

采用CWM方式可以高效并大量地输送流体，且在经济上也是有利可图的，期望通过负荷跟踪性能的提高将其作为用电高峰期采用的一种方式。CWM方式的优点如下：

- (1) 使装载设备和港口设备简单化；
- (2) 可消除装煤时煤粉飞扬问题；
- (3) 可作为消防安全燃料，有利于防灾；
- (4) 提高锅炉设备中的负荷的使用性能；
- (5) 容易与脱灰技术结合

只有使用燃煤锅炉，才能采用CWM方式。

现通过以下研究课题加以说明。

(1) CWM的制备和输送

- 1) 开发与提高添加剂的经济性与可靠性的提高与开发;
- 2) CWM制备技术的提高;
- 3) 输送管道系统的净化工艺的研究;
- 4) 煤浆输送设备可靠性的提高;

(2) 锅炉及燃烧

- 1) 燃烧装置的维护管理制度的研究及燃烧技术的提高;
- 2) 研究因采用添加剂而引起的煤灰熔融特性的变化;
- 3) 研究作为中间负荷锅炉的负荷跟踪特性。

(3) CWM利用中的脱灰技术

- 1) 研制既经济又高效的脱灰CWM制备工艺系统。

一、前 言

由于第1次和第2次的石油危机,作为能源之一的煤炭的利用又被重新重视。在发电事业中,正开展大容量燃煤锅炉的建设并将现有的燃油锅炉改造成燃煤锅炉,一部分已投入实际运行。这些燃煤锅炉主要燃用国外进口煤炭,因此煤炭的输入受到电厂附近港口及贮煤场等条件的制约,采用煤炭利用中心与矿山直接联系起来的方式,尤其对现在正在发展的燃煤锅炉,由于煤炭消耗量很大,就需要大容量的贮存设施。

在这种情况下,如果使用颗粒煤炭,就必须考虑煤炭装卸、运输、贮存、燃烧及煤灰等处理问题。面对这一系列问题,考虑了将煤炭制成煤浆使之成为流动方式,这种方法从环境保护及燃料处理方面考虑,要比过去采用散装输送方式的细粉煤炭发电优越得多。特别是在大量使用时预计优点更多。

本公司在国内外的开发研究中对煤炭的浆化现状进行了调查,并对大量煤炭的输送合理利用以及所能适合的新方式也进行了研究,还写出了报告。其结果认为,就地高浓度水煤浆、矿山高浓度水煤浆和矿山甲醇煤浆的三种方式是有希望的。特别是近来有可能实现的就是就地高浓度水煤浆方式。用美国的西部煤炭为例,进行了矿山到发电厂直接输送工艺的初步设计,提出了技术开发课题与经济性评价,对比了水煤浆就地浓化方式与散装运输方式,其结果表明,采用水煤浆就地高浓度化方式,可以节省港口设备,其发电成本也比较便宜。同时,为了提高煤炭的质量和输送效率,对煤炭的洗选技术在高浓度水煤浆方面的适用性问题也进行了调查。

本报告为前报告的继续,从产地将煤炭散装输送到日本的煤炭中心,在煤炭中心制成高浓度水煤浆,然后送到发电厂,对在燃重油的锅炉中作为代替燃料

的高浓度水煤浆的适用性以及对新设燃煤锅炉的适用性进行评价，并对煤炭的洗选以及对高浓度水煤浆的制备、输送、燃烧技术等的发展性问题进行考察。

本报告书是在研究了日立制作所、巴布科克日立株式会社和日立造船株式会社的调查报告之后，又结合本公司的调查结果写出的。

二、高浓度水煤浆的应用

(一) 水煤浆输送和发电系统概要

1、水煤浆概要

水煤浆是将煤炭粉碎后混入水变成的流体化物质。煤浆以煤炭的粒径和浓度分类，煤炭的浓度在50%以下的为水煤浆，浓度在70%左右的称为高浓度水煤浆。水煤浆的粒度分布和粘度一例见图3和图4。水煤浆的水越多粘度越低。粒度（平均粒径）约为0.2mm。高浓度水煤浆粘度高，粒径（平均粒径）11 μ m。水煤浆的输送和利用的主要特征比较见表8。高浓度的水煤浆利用时不需脱水，其最大优点是制备后可作为流体处理。

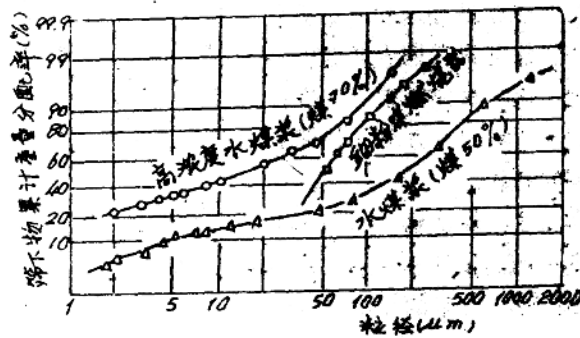


图3 水煤浆的粒度分布

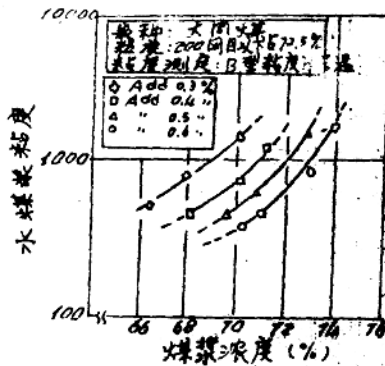


图4 水煤浆浓度与粘度

一般水煤浆和高浓度水煤浆主要特征比较

表 8

	一般水煤浆 (浓度50%)	高浓度水煤浆 (浓度70%)
输 送 方 面	(1) 粘度低, 发送容易; (2) 由于水多, 管道口径大, 船运需脱水; (3) 可用池贮存	(1) 必须考虑采用高精度泵; (2) 固水少, 管路口径小, 不必 脱水; (3) 罐贮存
利 用 面	(4) 利用前脱水, 细粉直接燃烧; (5) 脱出的水必须用水处理设备处理; (6) 用喷嘴喷雾方式 (与细粉相同)	(4) 水多, 是细粉, 可以直接燃烧; (5) 用喷嘴喷雾方式 (与油相同); (6) 可作为作炉燃系统

高浓度水煤浆的输送和发电系统, 要考虑高浓度水煤浆 (以下称 CWM) 的制备场所, 制备方式有国内煤炭中心方式, 国外就地方式或矿用方式。矿用方式能将煤炭流体化, 这能够很好地发挥其效能, 但对于远距离管道输送等技术问题还是很难解决的。另一方面, 就地和中心方式的流体化效果较差, 但可以缓和受国外输送等的制约。

2、高浓度水煤浆输送和发电工艺系统概要

本调查中的高浓度水煤浆输送和发电工艺系统煤炭中心方式如图 5 所示。也就是从国外散装输送来的煤炭运入煤炭中心制成高浓度水煤浆, 再用煤浆船或管道送到发电厂。

发电厂原设 2 台功率 250 MW 的燃油锅炉, 转换成 CWM 燃煤锅炉 (称 CWM 锅炉) 和新设两台功率 1000 MW 的 CWM 锅炉

同时与散装运送细粉煤的燃煤炉 (称原有锅炉) 的发电系统进行对比

(二) 研究工艺系统的前提条件

本调查的全部系统及研究范围如表 7 所示。

概念设计的一般条件如表 10 所示。为了对 CWM 的制备和输送特点进行评价, 对控制煤量等参数还需另外分别进行测定和研究。

1、煤炭中心

把煤炭中转地作为煤炭中心制备 CWM 的基地时, 由于输入大量的国外煤炭, 要能合理地供应许多用户是设备设计的前提条件。其次的前提条件是由于从国外输入煤炭, 所以从煤炭的贮存到 CWM 的制备的设备能力要与发电厂煤炭的消耗量相适应。

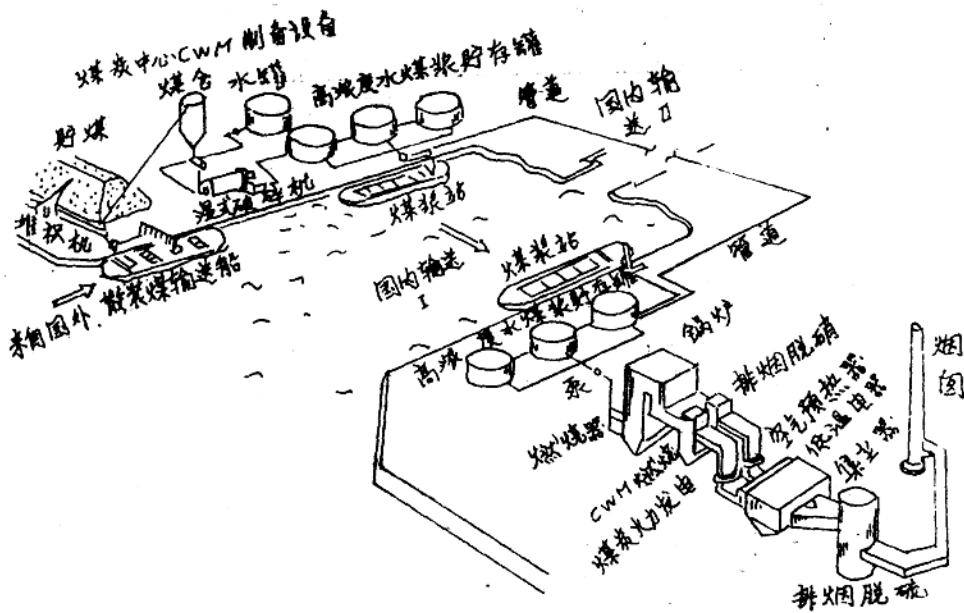


图5 高浓度水煤浆的输送和发电系统示意图

概念设计的一般条件

表10

	项 目	单 位	数 值
气 象 条 件	空气温度	℃	- 5 ~ 35
	相对湿度	%	60
	大气压	at	1.033
电 源 条 件	高压电源	V X _α	66 00 × 50
	中、低压电源	V X _α	110 × 50
		V X _α	220 × 50
仪表用电源	V X _α	110 × 50	
废 水 条 件	PH	—	5.8~ 8.6
	COD	mg l	10 以下
	SS	mg l	10 以下
	油分	mg l	1 以下
	大肠菌	—	3000 ml 以下
噪 音 条 件	昼 间	喇 叭	65
	早 晚	喇 叭	60
	夜 间	喇 叭	55

基准煤和高浓度水煤浆的性质

表11

项 目		牌号条件	设计基准煤		备 注
			原 煤	CWM	
发热量 (高品位)	kcal/kg		6500 (恒温)	1710 (进炉)	
水 分	"		7	30 (全水)	
工 业 分 析	水 分	"	1.0	1.0	恒温基
	挥发分	"	25.0	25.0	无水基
	固定炭	"	60.0	60.0	无水基
	灰 分	"	15.0	15.0	无水基
燃料比	—		2.1	2.1	
元 素 分 析	C	"	(65.1)	(65.1)	干 基
	H	"	(1.2)	(1.2)	干 基
	N	"	1.8	1.8	干 基
	O	"	(7.1)	(7.1)	干 基
	S	"	(0.8)	(0.8)	干 基
全 硫	"		0.8	0.8	
粉碎性 (HGI)	—		1.5	1.5	
CWM浓度	"		—	70	
CWM粘度	CP		—	1000	90 秒, 25℃
CWM粒度	(200目)"		—	80	
CWM密度	—		—	1.25	
表面活性剂	"		—	0.3	干煤基
pH调整剂	"		—	0.05	干煤基

(1) 运入煤炭中心的煤炭（称为基准煤）粒度在50 mm以下，其煤炭性质见表1。

(2) 应保证水煤浆制备的场地。

(3) CWM一年的总制备量要与发电厂的消耗量相适应。

(4) 国外用6万 DWT 散装船输送，煤炭装卸和运输的数量要与 CWM量相同。

(5) 煤炭和 CWM的贮量各为20天。

2、国内输送

一般情况下是在煤炭中心装载运到发电厂后卸载，这种装卸设备的设施要考虑输送船的容量并合理使用。以此作为输送设备的范围，CWM方式为从煤炭中心的贮存罐输到发电厂贮存，原有方式为由中心贮煤给煤到发电厂的贮存。其前提条件如下：

(1) CWM方式的输送是用煤浆船和管道作为输送方式。

(2) 煤炭中心和发电厂的卸煤和装煤设备的年处理量要与输送量一致。

(3) 新设港口的自然条件和海底地盘条件如表10所示。另外，原有燃油锅炉的供油港口要保证5000 DWT级的船舶能够进港。

(4) 输送煤炭和 CWM的性质如表12所示。

港口地点的各种条件

表12

	项 目	各 种 特 性 值
自然条件	HHWL (大约最高潮面)	DL (基本水准面) + 3.30 m
	HWL (初一、十五的平均涨潮面)	DL - 1.70 m
	LWL (初一、十五平均落潮面)	DL - 0.05 m
	有意义波高 (HW)	3.3 m
海底条件	护岸法线水深	2.0 m
	海底倾斜	1:100
	地盘泥浆层	~ - 30 m
	砂石层	- 30 m以下

3、原有燃油火力发电厂（功率250 MW× 2台）前提条件如下：

(1) 原有燃油锅炉和新设燃煤锅炉的基本规格如表13所示。