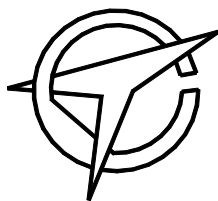


天津振兴水泥有限公司
纯低温余热电站技改工程（ $2 \times 4.5\text{MW}$ ）

项目申请报告

（第二版）



天津水泥工业设计研究院有限公司

二〇〇七年四月

天津振兴水泥有限公司
纯低温余热电站技改工程（ $2 \times 4.5\text{MW}$ ）

项目申请报告

(第二版)

天津水泥工业设计研究院有限公司

二〇〇七年四月

总 经 理 于兴敏

副总经理 徐培涛

设 计 经 理 张福滨

项目申请报告编、审人员

编 写:

孙振川、王 林、高连海、李 勇、高 迎、丁 奕

审 核:

董兰起、祝 强、博 澄、鲍燕春、孙 建
肖军贵、刘运水

审 定:

董兰起、祝 强、博 澄、鲍燕春、孙 建
肖军贵、刘运水

目 录

1. 项目申请企业的概况.....	1
2. 项目建设情况.....	5
3. 项目建设用地及相关规划情况.....	29
4. 资源综合利用和耗用的分析.....	36
5. 职业安全与卫生.....	37
6. 环境影响评价.....	39
7. 组织机构及劳动定员.....	43
8. 项目经济与社会效益分析	44
9. 附图	
10. 附件	
附件一：用水意向书	

1 项目申请企业的概况

天津振兴水泥有限公司成立于 1996 年，是由中国建设银行股份有限公司、天津市建筑材料集团（控股）有限公司、天津经济建设投资集团总公司、天津市建设投资公司、中国信达资产管理公司等五家股东投资的国有股份制企业，注册资金 55811 万元，公司总资产 11 亿元。

公司坐落在北辰经济开发区，紧邻京津公路和京津塘高速公路，交通便利，环境优美，公司现有二条日产 2000 吨新型干法水泥熟料生产线，具有产品质量好、能源消耗低、环境保护好、自动化程度高的特点。年产高标号低碱水泥 170 万吨，是目前天津市最大的水泥生产企业。

公司生产的“正通牌”水泥被授予“天津名牌产品”，产品质量稳定，具有强度高、富裕标号充足、碱含量低等优点，几年来都保持尽产尽销，目前已广泛应用到引滦水质保护工程、地铁一号线、京津城际快速铁路、京沪高速公路、北京国际机场、天津滨海国际机场等京津地区的桥梁道路、重点工程中。

公司员工文化水平较高，素质精干、业务熟练，是一支敢打硬仗、善打硬仗有坚强战斗力的队伍。公司在管理体制上按照现代企业制度的全新机制运作。坚持“团结和谐，以人为本；求真务实，奋力进取；诚实守信，服务社会”的企业精神，采用国际通用的管理模式，全面提升企业的管理水平。先后通过了 ISO9001 质量管理体系、ISO14001 环境管理体系、ISO10012 计量检测体系和 GB/T28001 职业健康安全管理体系的认证。通过这些体系的建立，不仅保证了质量、环境、安全等方面工作质量的提高，而且建立科学有序的工作秩序，促进了公司各项管理工作的全面提高。

公司在科学发展观的指导下，以可持续发展和循环经济的模式，遵循“减量化、再利用、资源化”原则，积极推进以各种工业废物作原料。在确保质量的前提下，充分利用石灰石矿山的剥离弃渣，以及玻璃厂砂岩废渣、铝矾土废渣等工业废料生产水泥，目前废渣使用量占总原料使

用的 50%以上，消化了大量固体废料，使不可再生的资源得到充分利用。是市环保局命名的天津市首批“循环经济示范单位—环境友好企业”。

随着我国人口的不断增加和经济的快速发展，资源相对不足的矛盾将日益突出，寻找新的资源或可再生资源，以及合理的综合利用现有的宝贵资源将是我国今后如何确保经济可持续发展的关键所在，为此，早在 1996 年国务院就制定并出台了一系列开展资源综合利用的政策，倡导要坚持资源开发与节约并举，并把节约放在首位，一切生产、建设、流通、消费等各个领域，都必须节约和合理利用现有的各种资源，千方百计减少资源的占用和消耗。

开展资源综合利用，是我国的一项长期的重大技术经济政策，也是我国国民经济和社会发展中一项长远的战略方针，对于节约资源、改善环境状况、提高经济效益，实现资源的优化配置和可持续发展具有重要的意义。

人类生存和社会发展进步所必须依赖的石油、煤炭、水等均属于资源的范畴，均属于全人类、全社会所必须予以保护和合理综合利用的资源领域。为贯彻落实《国务院批转国家经贸委等部门关于进一步开展资源综合利用意见的通知》（国发[1996]36 号）等文件的精神，国家经贸委于二〇〇〇年七月下发了——关于印发《资源综合利用电厂（机组）认定管理办法》的通知，该办法适用于全国所有的资源综合利用电厂（机组）。该管理办法中明确指出：资源综合利用电厂（机组）是指利用余热、余压、城市垃圾、煤矸石（石煤、油母页岩）、煤泥……等低热值燃料生产电力、热力的企业单位。该管理办法进一步明确指出：申报资源综合利用电厂，必须具备：

- ①机组单机容量在 500kW 及以上，机组设备没有超期服役或淘汰；
- ②发供电质量符合国家标准，燃料属于就近利用；
- ③对废弃物采取综合利用措施，污染物实现达标排放……；

对于以工业余热、余压为工质的资源综合利用电厂，应依据产生余

热、余压的品质和余热量或生产工艺耗汽量和可利用的工质参数确定工业余热、余压电厂的装机容量，并且特别是指回收利用工业生产过程中的可利用的热能及压差进行发电的企业。

TCDRI 在水泥窑烧成系统余热利用方面经过不断的努力，近年来先后完成了二十多个水泥厂的中、低温补燃余热电站及纯余热电站的设计并成功投入运行，尤其是上海万安 2500kW 纯低温余热电站的建成标志着我国中、低温余热发电技术已逐步走向成熟并进入实际应用阶段。这批综合利用电站的建成，收到了良好的经济效益与社会效益，在大幅度降低水泥生产成本的同时也为国家节约了能源，保护了环境，为可持续发展战略作出了贡献。该纯低温余热发电项目建成后，将因替代电网火电发电而减少二氧化碳的排放，实际上就是减少了电网中燃煤发电厂所产生的 CO₂ 排放量。根据《京都议定书》中 CDM 的规则，这部分减少的 CO₂ 排放量就可以在国际碳排交易市场中出售，以振兴公司余热发电项目年减排量 5.0 万吨 CO₂ 计，吨 CO₂ 单价按目前市场行情 10 美元计，通过 CDM 项目可以获得部分资金援助，增强振兴水泥厂市场竞争力，同时提高振兴水泥厂能源效率，降低振兴水泥厂生产成本。

目前，利用该技术正在建设的与 2500t/d 水泥熟料生产线配套的建设余热电站的单位有：浙江青龙山水泥有限公司、浙江中新源水泥有限公司、四川双马水泥有限公司；与 5000t/d 水泥熟料生产线配套的余热电站有：浙江三狮水泥集团、华盛天涯昌江水泥有限公司。

天津振兴水泥有限公司根据本公司的具体情况，在对国家资源综合利用的产业政策进行认真的学习和研究，同时在对国内现有的资源综合利用电站、尤其是 TCDRI 所拥有的资源综合利用电站的系统和技术进行了综合调研的基础上，为充分利用水泥生产过程中的废气余热，在节约能源的同时减少对环境的污染，为公司创造更大的经济效益和社会效益，公司拟利用 2 条 2000t/d 级窑外分解熟料生产线窑头、窑尾废气余热，通过技术改造建设纯低温余热电站一座，并于 2005 年 11 月委托我院进

行了项目申请报告的编制工作。

2005 年 11 月，我院根据厂方提供的余热数据，结合考虑当时国内的装备技术水平及热力系统配置，类比已经投产的同类型的熟料生产线余热发电的装机规模，编制了振兴水泥厂装机规模为 6MW 的余热发电项目申请报告。

经过一年多的时间，支撑原报告的条件发生变化，我院经过重新核算，原有申请报告发电装机规模拟变更为 $2 \times 4.5\text{MW}$ 。造成变更的主要原因如下：

1) 进入 2006 年下半年以来，随着技术和装备水平的不断进步，国内余热发电的技术水平和装备的性能指标有了长足的进步，低品位热源进一步得到充分利用，吨熟料发电能力大幅提高。

2) 振兴水泥公司的两台主变压器，在水泥生产线正常运转的情况下，负荷率高达 98% 以上。在余热电站投运后，为了使两台主变压器的负荷率均衡下降，以保证其安全运行，本项目申请报告推荐余热发电装机规模按照 $2 \times 4.5\text{MW}$ 配置。

3) 为了更加科学的决策，2007 年 4 月 13 日振兴水泥公司委托了天津水泥工业设计研究院科研中心对两条水泥生产线进行了热工标定。此标定结果与厂方原来的余热数据有一定出入。

综合以上因素，我院利用热工标定后的精确数据和最新的装备性能数据进行了测算，在水泥线正常运转的情况下，余热发电能力最大可达到 8909kW ，据此决定装机规模调整到 9000kW 。

2 项目建设情况

2.1 水泥厂电力系统

公司现有两条 2000t/d 熟料生产线，配套建设有 110kV 总降压变电站一座。总降采用 110kV 双回路电源进线，内设 110/6kV 16000kVA 主变压器两台。110kV 母线采用内桥接线方式，6kV 母线采用单母线分段接线方式。

目前，该总降压变电站及全厂各配电室电气设备均运行正常。

2.2 技术方案

2.2.1 电站总平面布置及交通运输

2.2.1.1 电站总平面布置

本电站工程包括：2×4.5MW 电站的汽轮发电机房及化学水处理、电站循环水泵房，电站循环水冷却塔、窑头余热锅炉、窑尾余热锅炉等车间。

根据水泥生产线的布置及发电工艺流程，2×4.5MW 电站的汽轮发电机房及化学水处理车间布置在 2000t/d 水泥生产线的北部、总降压变电站西南侧的空地上，电站循环水泵房，电站循环水冷却塔车间布置在汽轮发电机房北侧与总降压变电站之间，窑头余热锅炉及、窑尾余热锅炉分别布置在两条水泥生产线烧成窑头和烧成窑尾的附近。这样布置优点为：发电系统布置紧凑合理，生产流程顺畅，不影响厂区现有生产线生产。

2.2.1.2 竖向设计、道路工程及雨水排除

在竖向设计时，根据工厂的现有建筑物及场地标高，合理确定电站车间的标高。土方工程在水泥生产线建设时已统一考虑，并已经平整完毕，本工程无土方工程量。

工厂内现已有纵横成网、互相贯通的道路，本工程仅需设置通向主要生产车间的次要道路，以便检修、消防使用，道路宽度为 4m，为市郊

型道路，水泥混凝土路面。

发电站场地内的雨水汇入工厂已有的雨水排除系统。

2.2.1.3 绿化设计

结合厂区原有绿化设计，本工程因地制宜地进行绿化设计。与老厂环境保持一致，在电站车间（特别是汽轮发电机房及化学水处理车间）周围空地尽量种植草皮及四季花卉，充分美化环境,改善作业条件。

2.2.1.4 电站总平面主要经济技术指标

序号	指标名称	单位	2×4.5MW 电站
1	电站区域占地面积	m ²	2300
2	建、构筑物占地面积	m ²	1500
3	建筑系数	%	65
4	绿化系数	%	15
5	绿化面积	m ²	345

2.2.2 电负荷分析

2.2.2.1 公司 1#窑 2000t/d 熟料生产线用电负荷情况

装机容量：18262.4 kW
 计算负荷：12783.6kW
 年耗电量：~7547×10⁴ kWh

2.2.2.2 公司 2#窑 2000t/d 熟料生产线用电负荷情况

装机容量：18450 kW
 计算负荷：14223 kW
 年耗电量：~6858×10⁴ kWh

2.2.2.3 拟建 2×4.5MW 余热电站站用电负荷

站用电总装机容量约 833kVA

站用电计算负荷约 666 kVA

电站年发电量： $5745.6 \times 10^4 \text{ kWh}$

电站年自用电量： $448.2 \times 10^4 \text{ kWh}$

电站年供电量： $5297.4 \times 10^4 \text{ kWh}$

站用电率：7.8%

2.2.3 热力系统及装机方案

2.2.3.1 热力系统及装机方案设计前提

根据公司两条生产线余热的分布情况和采暖、浴室用热要求，热力系统及装机方案应考虑下述前提条件：

1) 充分利用 2 条 2000t/d 级水泥生产线窑头熟料冷却机及窑尾预热器废气余热。

1#水泥生产线窑头熟料冷却机中部废气余热为 $115000 \text{ m}^3/\text{h}$ （标况）— $360^\circ\text{C} \downarrow 83.7^\circ\text{C}$ ，可产生 $340^\circ\text{C} - 1.25\text{MPa} - 11.3\text{t/h}$ 主蒸汽，同时产生 $160^\circ\text{C} - 0.2\text{MPa} - 2.2\text{t/h}$ 的低压蒸汽。

1#水泥生产线窑尾预热器废气余热为 $151010 \text{ m}^3/\text{h}$ （标况）— $320^\circ\text{C} \downarrow 224.3^\circ\text{C}$ ，可产生 $300^\circ\text{C} - 1.25\text{MPa} - 9.5\text{t/h}$ 主蒸汽。

2#水泥生产线窑头熟料冷却机中部废气余热为 $95000 \text{ m}^3/\text{h}$ （标况）— $360^\circ\text{C} \downarrow 77^\circ\text{C}$ ，可产生 $340^\circ\text{C} - 1.25\text{MPa} - 8.4\text{t/h}$ 主蒸汽，同时产生 $160^\circ\text{C} - 0.2\text{MPa} - 1.45\text{t/h}$ 的低压蒸汽。

1#水泥生产线窑尾预热器废气余热为 $156400 \text{ m}^3/\text{h}$ （标况）— $344^\circ\text{C} \downarrow 225.2^\circ\text{C}$ ，可产生 $320^\circ\text{C} - 1.25\text{MPa} - 12.2\text{t/h}$ 主蒸汽。

综合两条生产线的余热资源，总计产生主蒸汽约 41.4t/h ，主蒸汽发电功率为： 7811 kW ；低压蒸汽 3.65t/h ，饱和蒸汽发电功率为： 169 kW ；总发电功率约为 7980 kW 。

2) 本工程实施后电站不应向电网返送电；

3) 利用汽轮机少量抽汽作为供热热源，取代原有采暖锅炉房；

4) 本纯余热电站的建设及生产运行应不影响水泥生产系统的生产运行；

- 5) 本纯余热电站的系统及设备应以成熟可靠、技术先进、节省投资、提高效益为原则，并考虑目前国内余热发电设备实际技术水平；
- 6) 烟气通过余热锅炉沉降下来的窑灰应回收并用于水泥生产以达到资源综合利用及环境保护的目的。

2.2.3.2 热力系统方案及装机容量

根据目前国内纯余热发电技术及装备现状，结合水泥窑生产线余热资源情况，并根据公司对供热热源及热负荷的要求，本工程装机方案拟采用纯低温余热发电技术。

综合考虑目前 2 条水泥生产线窑头、窑尾的余热资源分布情况和水泥窑的运行状况，在充分利用余热的前提下，以“稳定、可靠、技术先进、不影响水泥生产”为原则，确定热力系统及装机方案如下：

本系统主机包括四台余热锅炉及两套凝汽式汽轮发电机组，装机容量为 2×4.5MW。

- 1) 汽轮机采用国产混压凝汽式机组，容量为 2×4.5MW，工作主蒸汽参数为 1.25MPa—320℃，补汽参数为 0.12MPa—饱和；
- 2) 发电机采用 6.3kV 空冷式发电机组，发电机组容量为 4.5MW；
- 3) 在已有两条生产线窑头冷却机中部废气出口与冷却机电收尘器之间的管道上增设余热锅炉。窑头熟料冷却机余热锅炉均采用三段受热面，最大限度地利用了窑头熟料冷却机废气余热。两台窑头余热锅炉 I 段都为蒸汽段，生产 1.25 MPa 的过热蒸汽；两台窑头余热锅炉 II 段都为低压蒸汽段，生产 0.2MPa 的低压蒸汽；两台窑头余热锅炉 III 段都为热水段，生产 160℃的热水，提供各自窑头余热锅炉 I 段、II 段，剩余部分送往窑尾余热锅炉。
- 4) 在已有两条生产线窑尾预热器出口与高温风机间增设余热锅炉。窑尾废气经余热锅炉→高温风机后一部分进电收尘器，一部分进生料磨，以满足生料烘干的要求。SP 炉均为卧式锅炉。SP 炉废气设旁通烟道，当 SP 炉故障检修时，水泥烧成系统生产可以继续进行而不受任何影响。

SP 炉生产 1.25MPa 的过热蒸汽与窑头 AQC 余热锅炉产生的蒸汽合并后送入汽轮机做功。

5) 为了保证电站事故不影响水泥窑生产，余热锅炉均设有旁通废气管道，一旦余热锅炉或电站发生事故时，可以将余热锅炉从水泥生产系统中解列，不影响水泥生产的正常运行。

6) 通过余热锅炉沉降下来的窑灰均回收并用于水泥生产以达到资源综合利用及环境保护的目的。

2.2.3.2.1 主要设备

主机组设备汇总表

序号	设备名称及型号	数量	主要技术参数、性能、指标
1	1# 窑头余热锅炉	1	入口废气参数：115000m ³ /h（标况）—360℃ 锅炉 I 段（蒸汽） 中压蒸汽参数：11.3t/h—1.25MPa—340℃ 低压蒸汽参数：2.2t/h—0.2MPa—160℃ 给水温度：42℃
2	1# 窑尾余热锅炉	1	入口废气参数：151010m ³ /h（标况）—320℃ 锅炉 I 段（蒸汽） 主蒸汽参数：9.5t/h—1.25MPa—300℃ 给水温度：150℃
3	2# 窑头余热锅炉	1	入口废气参数：95000m ³ /h（标况）—360℃ 锅炉 I 段（蒸汽） 中压蒸汽参数：8.4t/h—1.25MPa—340℃ 低压蒸汽参数：1.45t/h—0.2MPa—160℃ 给水温度：42℃
4	2# 窑尾余热锅炉	1	入口废气参数：156400m ³ /h（标况）—344℃ 锅炉 I 段（蒸汽） 主蒸汽参数：12.2t/h—1.25MPa—320℃

序号	设备名称及型号	数量	主要技术参数、性能、指标
			给水温度：150℃
5	混压凝汽式 汽轮机	2	型号：BN4.5—1.25 型 额定功率：4.5MW 额定转速：3000r/min 主汽门前蒸汽参数：1.25MPa（a）—320℃ 补汽参数：0.12MPa(a) —饱和 排汽压力：0.008MPa
6	发电机	2	型号：QF-4.5-2 型 额定功率：4500KW 额定转速：3000r/min 出线电压：6300V

2.2.3.3 电站技术经济指标：

序号	技术名称	单位	指标	备注
1	装机容量	MW	2×4.5	
2	平均发电功率	MW	7.98	
3	年运转率	h	7200	
4	年发电量	10 ⁴ kWh	5745.6	
5	年供电量	10 ⁴ kWh	5297.4	
7	电站自用电率	%	7.8	

2.2.3.4 主厂房布置

根据水泥生产线的布置及发电工艺流程，2×4.5MW 电站的汽轮发电机房及化学水处理车间布置在 2000t/d 水泥生产线的北部、总降压变电站西南侧的空地上，电站循环水泵房，电站循环水冷却塔车间布置在汽

轮发电机房北侧与总降压变电站之间，窑头余热锅炉及、窑尾余热锅炉分别布置在两条水泥生产线烧成窑头和烧成窑尾的附近。这样布置优点为：发电系统布置紧凑合理，生产流程顺畅，不影响厂区现有生产线生产。

主厂房占地 $22.5 \times 42 = 945\text{m}^2$ ，双层厂房。汽机为岛式布置，运行层为 6.000 平面，汽轮发电机布置在 6.000 平面上， ± 0.000 平面布置有给水泵、凝结水泵、油泵等；除氧器及水箱布置在汽轮发电机房 12.000 中控室顶层平面上，露天布置。

2.2.3.5 辅助设施

AQC 余热锅炉及干扰式分离器布置在窑头厂房与窑头电收尘器之间的空余场地上，占地面积 $6.8 \times 8.4 = 57.12\text{m}^2$ ，锅炉主体布置于 8.000 平面上，连续排污扩容器及加药装置布置在车间周围空余场地上。

SP 余热锅炉布置在窑尾厂房空余场地上，锅炉主体布置在 14.000 平面上，连续排污扩容器及取样装置等均布置在 ± 0.000 平面上。

2.2.3.6 电站室外管线

室外汽水管线主要有：来自 AQC 及 SP 余热锅炉的主蒸汽管道；由汽机房去 AQC 余热锅炉的给水管管道以及由 AQC 炉至 SP 余热锅炉的给水管管道。

管道敷设方式：管道采用架空敷设，并尽量利用厂区现有的建筑物或构筑物做管道的支吊架以减少占地面积和节省投资。

管道保温及油漆：管道保温采用岩棉管壳和岩棉板，管道按照设计规范和规定设计。

2.2.4 炉灰处理

本工程为纯低温余热发电，当水泥生产线窑头及窑尾废气经余热锅炉换热后，沉降下来的炉灰产量经计算为：

- a. 每台窑头余热锅炉平均 1.08t/h
- b. 每台窑尾余热锅炉平均 2.80t/h

该两部分炉灰均回用于水泥生产，设计中考考虑采用螺旋输送机，分别将炉灰就近送回水泥生产系统。

2.2.5 水泥生产工艺系统与余热电站的关系

2.2.5.1 水泥生产工艺与余热电站有着十分密切的关系，水泥生产系统的运行直接影响到余热电站的生产。水泥生产系统的正常运行是保证余热电站安全、稳定生产的前提。余热电站的建设能使现有水泥生产系统的运行更加完善、更加节能、更有利于环境保护。余热电站属于公司的一个车间，除余热电站必备的设备、车间及人员外不需另设辅助设施，如机修、环保等机构。

2.2.5.2 由于余热锅炉的设置，对水泥生产中窑头、窑尾的废气系统各增加了部分阻力，经计算，分别为 800Pa 和 600Pa。对风机阻力和漏风的增加，经过对窑头、窑尾高温风机的校核计算，结果均在允许的工作范围内，原系统的风机能够满足余热锅炉后的系统要求，可以不对风机进行改造。

2.2.5.3 由于余热锅炉设置于水泥生产最主要的管道上，一旦发生事故（如锅炉爆管、粉尘堵塞等）将影响水泥生产的正常运行。为防止这种情况发生，余热锅炉废气管道及发电系统汽水管道路均考虑了应急处理措施。

2.2.5.3.1 窑头余热锅炉

窑头余热锅炉废气入口采用干扰式分离器降尘处理，以减轻熟料颗粒对锅炉的冲刷磨损，即便如此，为了避免影响正常的水泥生产，对窑头余热锅炉也采取了如下措施：

措施 1：设旁通废气管道，一旦锅炉发生事故，启用旁通废气管道。

措施 2：发电系统汽水管路考虑了将窑头余热锅炉从发电系统中解列出来的措施。

2.2.5.3.2 窑尾余热锅炉

措施 1：设旁通废气管道，一旦锅炉发生事故，启用旁通废气管道。

措施 2：发电系统汽水管路考虑了将窑尾余热锅炉从发电系统中解

列出来的措施。

2.2.6 循环水冷却系统

2.2.6.1 设备冷却用水量

根据水泥线窑头、窑尾产生的蒸汽品质及蒸汽量、汽轮发电机的汽耗和冷却倍率计算确定冷却水量如下：

凝汽器冷却水量：	$2 \times 1650 \text{ m}^3/\text{h}$	（最大 $2 \times 1800 \text{ m}^3/\text{h}$ ）
冷油器冷却水量：	$2 \times 80 \text{ m}^3/\text{h}$	
空气冷却器冷却水量：	$2 \times 100 \text{ m}^3/\text{h}$	
锅炉给水泵冷却水量：	$2 \times 1 \text{ m}^3/\text{h}$	
循环冷却水总水量：	$2 \times 1831 = 3662 \text{ m}^3/\text{h}$	
		（最大 $2 \times 1981 = 3962 \text{ m}^3/\text{h}$ ）

2.2.6.2 设备冷却水系统方案

本工程生产设备冷却用水采用循环系统。该系统包括循环冷却水泵、冷却构筑物、循环水池及循环水管网。该系统运行时，循环冷却水泵自循环水池抽水至各生产车间供生产设备冷却用水，冷却过设备的水（循环回水）利用循环水泵的余压至冷却塔，冷却后的水流回塔下的循环水池，供循环水泵继续循环使用。为确保该系统良好、稳定的运行，系统中设置了加药和旁滤设备。

2.2.6.3 循环冷却水系统设备选型

机组运行期间，循环水量因室外气象条件的变化而变化，为便于循环水量的分配及循环水泵组合运行的经济性与可靠性，循环水泵拟采用单级双吸卧式离心泵。

适合电站工程冷却构筑物主要有双曲线自然通风冷却塔和机械通风冷却塔，自然通风冷却塔虽然维护工作简单，冷却效果稳定，但仅适用于冷却水量大、湿球温度低、相对湿度低的地区，并且投资大，占地面积大。机械通风冷却塔冷产高，冷幅小（湿球温度与出塔水温

之差），投资低，尤其适用于高温、高湿、建筑场地狭窄、通风条件不良的地区，但耗电及维护工作量大。根据本工程所在地区气象条件和冷却水量较小、建设场地较小的特点，拟采用组合逆流式机械通风冷却塔，冷却塔的进出水温差按 10℃ 计算。为便于循环水量的分配，并考虑冷却塔和循环水泵运行的经济性和可靠性，循环冷却水系统中主要设备选型如下：

	设备名称及型号	数量	主要技术参数
1	组合逆流式机械通风冷却塔 型号：10BNGZ-1000	4	设计出力：1000 m ³ /h 电机功率：45kW/台
2	电站循环冷却水泵 型号：20SAP-22 (不备用)	3	流量：1368~1980~2304m ³ /h 扬程：26.2~21~17.5m 电机功率：160kW/台
3	无阀过滤器 型号：GLG175-I（2）-1700	1	设计出力：175m ³ /h
4	加药装置 型号：JY-0.3/0.72-A-1	1	加药量：0~120 L/h

2.2.6.4 循环水系统布置

循环冷却水系统设循环水泵站一座，布置于冷却塔一侧，平面尺寸约为 30×6.6m，内设水泵间、控制室和加药间。冷却塔单列布置，平面尺寸约为 33.6×8.4m。冷却塔下设循环水池，水池容积约为 1000m³，约占最大循环水量的 25%。

2.2.6.5 系统损失水量与补充水量

根据余热电站建设所在地区气象条件和本工程的冷却用水量，以及系统所采用的冷却构筑物型式，计算得出：

蒸发风吹渗漏水量：2×33 m³/h
 系统排水量：2×8 m³/h
 损失水量：2×41m³/h

间接循环利用率为 97.7%左右，循环水系统需补充新鲜水量为 82 m³/h。

2.2.6.6 技术指标

根据公司的供水情况和循环水给水水质要求，循环冷却水处理系统主要技术指标如下：

年消耗水量：59.04×10⁴ m³

年耗水质稳定剂量：6 t

2.2.7 接入系统及电量平衡

2.2.7.1 电站接入系统

根据拟建的余热发电站（装机容量为 2×4.5MW）的具体情况，为确保新建余热电站生产运行及管理的合理与顺畅，拟在新建的余热电站汽轮发电机房一侧新建余热电站站用高低压配电室。

拟建 2×4.5MW 余热电站的发电机机端电压为 6.3kV，1#、2#发电机组分别由电站 6kV I、II 段母线经单回电缆线路与公司总降压变电站 6kV 母线连接，从而实现余热电站与系统并网运行，同期并网操作设在电站侧，并且在发电机出口断路器、电站侧发电机联络断路器及电站侧 6kV I、II 段母线联络断路器处设置同期并网点。电站与电力系统并网运行，运行方式为并网电量不上网。

由于总降压变电站 6kV 母线均带有 6kV 高压负荷，在不改变总降原有供电、运行方式及水泥生产线全部正常的前提下，发电机发出的电量将全部用于全厂负荷。因此本接入系统方案，从现行的条件和技术要求来讲，对本资源综合利用电站工程是可行的。接入系统方案详见附图一《F06-接入系统方案图》。

2.2.7.2 电量平衡

天津振兴水泥有限公司现有的两条 2000t/d 新型干法生产线总装机容量约为 36712.4kW，全厂总计算负荷约为 27006.6kW，全厂年用电量约 14405×10⁴kWh。

该余热电站建成后，电站年总供电量约为 $5297.4 \times 10^4 \text{kWh}$ 。因此在公司各生产线及电站正常运行情况下，全厂供电自给率可达 36.7% 以上，从而大大减少了公司购电成本，提高了公司的整体经济效益。电站的运行以并网电量不上网，自发自用为原则。

2.2.8 电气及自动化

2.2.8.1 编制范围

编制范围包括以下几个方面

- 1) 电站的电气主结线，电站接入系统；
- 2) 站用电配电，站用辅机控制；
- 3) 热工自动化及计算机控制系统；
- 4) 电站室外动力及照明配电线路；
- 5) 车间照明、防雷及接地设计。

2.2.8.2 编制依据

天津振兴水泥有限公司提供的设计基础资料。

2.2.8.3 电气

2.2.8.3.1 站用电配电

①电压等级

发电机出线电压：	6.3kV
站用高压配电电压：	6.3kV
站用低压配电电压：	0.4kV
站用辅机电压：	0.38kV
站用照明电压：	380V/220V
操作电压：交流或直流：	220V
检修照明电压：	36V/12V

②站用电负荷及站用电率

站用电总装机容量约 833kVA

站用电计算负荷约 666 kVA

电站年发电量：5745.6×10⁴kWh

电站年自用电量：448.2×10⁴ kWh

电站年供电量：5297.4×10⁴ kWh

站用电率 ：7.8%

③站用变压器选择

根据站用电负荷计算结果，同时考虑电站运行的经济、可靠性，纯低温余热电站站用变压器选择两台 SCB9—800/10 6.3kV/0.4kV 800kVA 变压器。两台变压器按互为暗备用的方式配设。正常工作时，每台变压器的负荷率为 48%。当一台变压器因故障或检修退出运行时，另一台变压器的负荷率为 96%。

2.2.8.3.2 直流系统

本电站直流负荷包括高压开关操作电源、保护电源、紧急事故直流油泵和事故照明。直流供电的电压为 220V，直流负荷的统计见下表：

负荷类型	经常负荷	事故照明负荷	直流油泵	冲击负荷	合计
容量（kW）	2	3	2×4		13
电流（A）	9	13.5	2×22.3	10	77.1
计算时间（h）	1	1	1		
事故放电容量（Ah）	9	13.5	2×22.3		67.1

直流系统容量选择：

按满足事故全停电状态下长时间放电容量选择，取容量储备系数 $K_K=1.25$ ，容量换算系数 K_c ，根据 1h 放电时间终止电压为 1.75V，查得 $K_c=0.47$ ，由式 $C_c \geq K_K \cdot C_s / K_c$ （ C_c —直流系统容量， C_s —事故放电容量）可得：

$$C_c \geq 1.25 \times 67.1 / 0.47 = 178.5 \text{Ah}$$

由此，设计选用铅酸免维护蓄电池直流成套装置 200Ah 一套。

2.2.8.3.3 主要电气设备选型

- 1) 6kV 高压配电设备选用金属铠装全封闭中置式高压开关柜；
- 2) 400V 站用低压配电设备选用抽屉式低压配电屏；
- 3) 继电保护屏选用 PK-10 标准屏；
- 4) 控制屏选用 KG 系列仪表控制屏，控制台为由 DCS 系统配套的电脑工作台；
- 5) 可控硅励磁装置随发电机配套。

2.2.8.3.4 过电压保护和电力装置的接地

- 1) 根据气象资料天津振兴水泥有限公司所在地属于中雷区，对高于 15m 的建筑物（如汽轮机房等）按三类防雷建筑物保护设计；
- 2) 发电机母线及发电机中性点均设有电站专用避雷器；
- 3) 电力装置的接地。

高压系统为接地保护，低压系统为接零保护，接地系统为 TN-S 系统。在汽轮发电机房、化学水处理、发电机出线小间、高低压配电室及电站中央控制室等场所均设置接地装置。并通过电缆沟及电缆桥架上的接地干线，将各处的接地装置连接起来，形成电站的接地网络。

2.2.8.3.5 站用电设备的控制

根据纯低温余热电站的运行特点，将采用机电炉集中的控制方式，但化学水处理部分辅机采用就地单独控制。

2.2.8.3.6 电气照明

本工程将按设计规范设置正常照明、事故照明及安全照明。

2.2.8.3.7 通讯系统

为了使电站内部及站内与站外的行政调度通讯畅通，本站设一套 20 门程控式小型调度交换机。

2.2.8.4 热工自动化

2.2.8.4.1 编制原则及控制方案

为了使纯低温余热电站处于最佳运行状态，节约能源，提高劳动生产率，本工程拟采用技术先进、性能可靠的集散型计算机控制系统（简

称 DCS 系统）对各车间（除化学水处理车间外）进行分散控制、集中管理。

2.2.8.4.2 控制设备及一次仪表选型

为保证整个控制系统的先进性和可靠性，拟选用 DCS 系统实现对过程参数的采集、监视、报警与控制。

对于关键性的检测和控制元件选用进口设备或国内引进技术生产的优质产品。选用的一次仪表设备有：

智能化系列压力/差压变送器；
温度检测仪表元件；
锅炉汽包水位等电视监视系统。

2.2.8.4.3 系统配置及功能

设置于电站的计算机系统（DCS）由现场级及中央控制级组成。计算机系统配置详见 F07—计算机系统配置图。

1) 现场级

根据电站的特点，在位于汽轮机房运转层的电站中央控制室内设置 I/O 模件机柜，采集所有来自现场的开关量和模拟量信号并输出驱动信号。

现场级完成电动机顺序逻辑控制、工艺过程参数的检测与监控，以及 PID 串级、多变量复杂控制等。

2) 中央监控级

中央监控级设 1 个工程师工作站和 4 个监控操作站，分别由监控管理计算机、LCD 液晶显示器和打印机等组成。监控操作站的功能包括：

- (1) 具有动态参数的热力系统及工艺流程图显示；
- (2) 电动机开/停操作和运行状态显示；
- (3) 棒形图显示；
- (4) 历史趋势曲线的显示；
- (5) 调节回路的详细显示及参数修正；

(6)报警状态的显示;

(7)报警状态及运行报告的打印等。

2.2.8.4.4 应用软件

用于电站的DCS系统应用软件是实现现场级和中央监控级功能的重要文件。应用软件包括逻辑控制软件和过程控制软件。

(1) 逻辑控制软件

对电站所有电动机、电动阀，根据液晶显示器显示的热力系统图，通过键盘操作，完成组启、组停、紧停复位、逻辑联锁等控制。

(2) 过程控制软件

为保证整个电站运行工况的稳定，共设有8个自动调节控制回路。

- ①. 1#线窑头余热锅炉汽包水位自动调节回路;
- ②. 2#线窑头余热锅炉汽包水位自动调节回路;
- ③. 1#线窑尾余热锅炉汽包水位自动调节回路;
- ④. 2#线窑尾余热锅炉汽包水位自动调节回路;
- ⑤. 1#热井水位自动调节回路;
- ⑥. 2#热井水位自动调节回路;
- ⑦. 1#除氧器水位自动调节回路;
- ⑧. 2#除氧器水位自动调节回路。

2.2.8.4.5 系统特点

本系统是一个控制功能分散控制、集中监视和管理的控制系统，电站中控室取消了常规模拟仪表盘和模拟流程图，代之以大屏幕彩色图形显示器，更便于运行人员监视与操作，同时大大缩小了中控制室的建筑面积。此外系统中还采用了面向过程的语言，硬件均为模块化，使整个系统的操作与维护更加简便。为防止数据丢失和电源干扰，系统采用不间断电源（UPS）供电，保证了运行的可靠性。

2.2.8.4.6 自控线路和接地

一次检测元件、变送器至现场站之间的连接导线及直流信号线均选

用对屏+总屏的计算机专用屏蔽电缆，热电偶至 I/O 模件柜的连接导线选用补偿导线。

开关量信号线选用交联控制电缆，DCS 控制系统各设备之间的连接电缆随设备成套供货。

电缆线路均敷设在电缆沟或带顶盖的电缆桥架内，并尽可能与电力电缆分开敷设。当由于条件所限信号电缆与动力电缆同架敷设时，必须用分隔板隔开。引出电缆沟或电缆桥架后导线须穿钢管暗配或明配。

接地系统的接地质量对计算机系统及自动化设备的防干扰能力至关重要。现场站应设置屏蔽接地母线，用专设电缆与屏蔽接地母线相连接，信号电缆屏蔽层在箱盘一端接至屏蔽接地母线。计算机系统的接地装置及接地阻值按供货设备的要求设置。仪表箱盘金属外壳单独接至电气保护接地母线上。

2.2.9 化学水处理

2.2.9.1 概述

本工程余热电站中的余热锅炉的蒸汽压力属于低压蒸汽锅炉。为满足锅炉及机组的正常运行，锅炉给水指标应满足《工业锅炉水质》（GB1576-2001）低压锅炉水质标准要求。

2.2.9.2 水量的确定

给水在锅炉内不断蒸发浓缩，超过规定标准时蒸汽的品质就会恶化，影响锅炉的安全运行，因此要不断地把浓缩的炉水从汽锅中含盐浓度较高地段的水面引出，同时要不断地给锅炉补水，以满足锅炉稳定、正常的运行。

电站正常运行时，电站汽水系统补水量为 $1.7\text{m}^3/\text{h}$ ，最大约为 $7\text{m}^3/\text{h}$ （不含起动调试期）。电站水处理设备的出力，按全部正常汽水损失与机组启动或事故增加的汽水损失之和确定，同时考虑化学水车间自身设备的耗水量。因此，水处理系统生产能力按 $10\text{m}^3/\text{h}$ 进行设计。

2.2.9.3 化学水处理系统方案

化水水补水来自厂区生活消防给水管网，为了满足余热电站锅炉给水水质标准，化学水处理方式拟采用“过滤+软化”系统（参见化学水处理系统流程图）。处理流程为：自厂区生活、消防管网送来的水经过机械过滤器，过滤后进入清水箱，由清水泵将水送至组合式软化水装置，出水达标后进入软水箱，再由软水泵将软化水送至汽轮发电机房供机组使用。出水水质达到：硬度 $\leq 0.03\text{mmol/L}$ 。

为控制锅炉给水的含氧量，减少溶解氧对热力系统设备的腐蚀，采用真空除氧的方式。汽轮发电机房设有真空除氧器，软化水经除氧后：含氧量 $\leq 0.05\text{mg/L}$ 。

锅炉汽包水质的调整，是采用药液直接投放的方式，由加药装置中的加药泵向余热锅炉汽包投加 Na_3PO_4 溶液来实现的。

2.2.9.4 水处理设备选型

序号	设备名称及型号	数量	主要技术参数
1	机械过滤器 型号：GJA-1500	1	设计出力：17.5m ³ /h
2	清水泵 型号：IS50-32-160	2	流量：7.5~15 m ³ /h 扬程：34.3~29.6m
3	组合式软水制取装置 型号：ZRG-10	1	设计出力：10 m ³ /h
4	软水泵 型号：IH50-32-200	2	流量：7.5~15 m ³ /h 扬程：51.8~48m
5	装配式玻璃钢清水箱	1	容积：24m ³
6	装配式玻璃钢软水箱	2	容积：24m ³

2.2.9.5 化学水处理系统布置

化学水处理车间布置在主厂房内，其包括水处理间、水箱间、化验室及值班室，平面尺寸 7.5×15m，水箱布置在主厂房 5.000m 平面上。

2.2.9.6 技术指标

根据该公司的供水情况和锅炉给水水质要求，化学水处理系统主要技术指标如下：

年消耗原水量：	$1.224 \times 10^4 \text{ m}^3$
年消耗软水量：	$1.008 \times 10^3 \text{ m}^3$
年消耗 NaCl：	7 t
年消耗 98%Na ₃ PO ₄ · 12H ₂ O：	3 t

2.2.10 建筑及结构

2.2.10.1 建筑设计

2.2.10.1.1 自然条件

1) 主要气象资料

(1) 气温：

年平均气温	12.4 °C
年最高气温	39.4°C
年最低气温	-18.4°C

(2) 降水量：

年平均降水量	568mm
--------	-------

(4) 风速：

年平均风速	2.4 m/s
年主导风向	西北

2) 抗震设防烈度：7 度。设计基本地震加速度值: 0.15g

2.2.10.1.2 建筑设计原则

- 1) 本工程为纯低温余热电站技改工程，新建生产建筑的建筑形式，应尽量与附近原有水泥线厂房的建筑形式相协调。
- 2) 建筑设计中严格执行现行的国家设计规范、规定及“环境保护、火力发电厂设计规范、规定”等行业标准，注意做好防火、防水、防潮、通风、散热、隔热、劳动安全、工业卫生等技术措施。

- 3) 充分利用水泥厂设施，本工程不考虑增建行政、生活福利性建筑。

2.2.10.1.3 建筑构造

- 1) 屋面：生产建筑采用无组织排水。钢筋混凝土屋面采用冷施工防水材料 SBS 卷材防水，局部采用刚性防水。钢结构棚顶采用彩色压型钢板。
- 2) 墙体：框架填充墙采用当地轻质砌块，混合结构的承重墙视当地政府有关规定使用的承重砌块。
- 3) 地、楼面：生产建筑及辅助生产建筑采用水泥砂浆面层或混凝土地面，水泥砂浆面层楼面。洁净度要求较高的建筑可采用地砖地、楼面。
- 4) 门、窗：生产建筑一般采用钢门、窗。辅助生产建筑根据需要可采用铝合金或塑钢门、窗。有隔声或防火要求的房间采用隔声或防火门、窗。
- 5) 楼梯、栏杆：生产建筑和辅助生产建筑，根据其不同的使用要求采用钢筋混凝土楼梯或钢梯。各部位的防护栏杆均采用钢管栏杆。
- 6) 地坑防水：一般均为浅地坑，可按防潮处理。
- 7) 内、外墙面粉刷：建筑物外墙面均做外粉刷。内墙面根据不同的使用要求做粉刷或喷大白浆。

2.2.10.2 结构设计

2.2.10.2.1 工程地质

该厂址地貌单元属海积冲积平原，地形平坦。场地地层主要由粘土、粉质粘土；粉土；粉细砂等层组成。详见<天津振兴水泥有限公司技改工程(2000t/d)>的<<岩土工程勘察报告>>。

场地类别属Ⅲ类;场地内地下水稳定水位埋深 2.18~3.15m，属潜水，对混凝土无侵蚀性。

2.2.10.2.2 结构选型

- 1) 多层厂房：如汽轮发电机房、余热锅炉房等均采用钢筋混凝土框架结构。
- 2) 单层厂房：如水泵房、电力室等，采用砖混结构。
- 3) 发电机基础、锅炉基础及其他大型设备基础，采用大块式或墙式钢筋混凝土结构。
- 4) 一般建（构）筑物采用天然地基或复合地基；沉降敏感的、荷载特别大的建（构）筑物采用天然地基或桩基。

2.3 给水、排水

2.3.1 电站给水系统

本工程的循环水补水由公司水源地直接补给；辅助生产用水利用厂区现有生活消防给水系统。（见给排水系统流程图）

本余热电站工程耗水量如下：

循环系统补水量：	82 m ³ /h
化学水用水量：	1.7 m ³ /h
杂用水及辅助生产用水量：	0.5 m ³ /h
余热锅炉取样冷却器用水量：	2 m ³ /h
消防用水量：	180 m ³ /次
本工程总用水量为：	86.2 m ³ /h

根据电站汽轮发电机房火灾危险分类为丁类，耐火等级为二级；化水车间和冷却塔火灾危险分类为戊类，耐火等级为三级。电站按同一时间内发生一次火灾、灭火历时两小时计，电站消防流量要求达到25L/s，即180m³/次。由于电站设在水泥厂内，水泥厂消防用水量比电站要求高，能够满足余热电站消防用水的要求，本工程不增加消防用水量。

电站总耗水量为 $86.2\text{m}^3/\text{h}$ （不含消防水用量），其中循环水补水 $82\text{m}^3/\text{h}$ 取自公司水源地，辅助生产用水 $4.2\text{m}^3/\text{h}$ 取自公司生活消防管网。循环水系统排水量约 $16\text{m}^3/\text{h}$ ，经过滤及软化处理后，可供水泥线增湿塔喷水消耗。由于电站的投运，水泥线增湿塔喷水减少约 30% 左右。综合以上因素，并考虑管网漏损和不可预见水量，电站循环水系统需水源地提供的供水能力为： $82 \times 1.2 = 98.4\text{m}^3/\text{h}$ 。公司生活消防给水管网提供的供水能力应为： $4.2 \times 1.2 = 5.04\text{m}^3/\text{h}$ 。电站建成后，全厂需水源地新增供水能力约为 $68\text{m}^3/\text{h}$ ，即 $1632\text{m}^3/\text{d}$ 。

2.3.2 排水系统

本余热电站排水包括循环水系统排水、余热锅炉排污、化学水处理车间等生产废水、雨水等。

循环系统排水：	$16\text{m}^3/\text{h}$
余热锅炉取样冷却器排污：	$2\text{m}^3/\text{h}$
热力系统排污：	$1\text{m}^3/\text{h}$
化学水排污：	$0.3\text{m}^3/\text{h}$
辅助生产排水：	$0.2\text{m}^3/\text{h}$
本工程总排水量为：	$19.5\text{m}^3/\text{h}$

循环水系统排水量约 $16\text{m}^3/\text{h}$ ，经过滤及软化处理后，可供水泥线增湿塔喷水消耗，同时作为电站循环水系统的排污，从而达到节约水资源的目的；电站余热锅炉、热力系统、化水车间和辅助生产的排水水量较少，直接排入厂区污水管网，处理达标后统一排放；雨水采用道路边沟排放，汇入厂区现有雨水沟。

2.3.3 供水水源

天津市北仓污水处理厂一期工程可提供中水 $20000\text{m}^3/\text{d}$ ，可用于本工程循环冷却水补水，污水处理厂提供的中水水量可以满足本工程循环水补水量 $1944\text{m}^3/\text{d}$ ，其它用水由厂区现有生活、消防给水管网供给。

2.4 消防

2.4.1 设计依据

《小型火力发电厂设计规范》GB50049-94

《建筑设计防火规范》GBJ16-87（2001 版）

《火力发电厂与变电所设计防火规范》GB50229-96

《电力设备典型消防规程》DL5027-93

《建筑灭火器配置设计规范》GBJ140-90（1997 版）

2.4.2 总图及交通运输

主厂房周围设有消防车道，主干道宽 7 米，次要道路宽 4 米；各建筑物、构筑物之间距离满足防火间距的要求；对建筑物无法满足防火间距要求的，在相应建筑中设置防火墙等规范要求的防火设施。

2.4.3 建筑物及构筑物要求

主厂房的火灾危险性为丁类，耐火等级不低于二级，主厂房主体结构及维护结构采用阻燃材料，主厂房楼梯为独立的封闭结构，通至各层平面门采用防火门，主厂房内各个控制室采用阻燃材料，耐火极限不小于 1 小时。辅助及附属生产建筑物除其本身满足消防要求外，在建筑物室外设通至屋面的消防钢梯。建筑物内设置建筑灭火器材。

2.4.4 电气设施防火要求

2.4.4.1 中控室及高低压配电室的防火要求

电站中央控制室、计算机主机室内设置自动检测、报警装置。

高、低压配电室设有灭火自动检测、报警装置和火灾事故排烟通风机。

2.4.4.2 配电线路的敷设及保护

消防设施配电线路的敷设应采用穿钢管敷设（包括吊顶层），禁止与燃油管路、热力管路一起或同沟内敷设。

2.4.4.3 照明灯具选型要求

普通车间照明灯具按常规要求设计。

2.4.5 事故照明及疏散指示

在电站汽轮发电机房、中控室、高低压配电室等主要场所设置有火灾事故照明。在电站汽轮发电机房内的楼梯间及太平门等疏散走道上均设置疏散指示标志（安全标志灯）。为防止电缆着火和延燃，在电缆隧道内设置防火隔墙及防火门，电缆夹层及控制室间的电缆孔。汽轮发电机房与室外电缆沟相接处的电缆孔等电缆穿越处，均采用防火堵料密封。

2.4.5 消防水

根据本工程建、构筑物、设备及防火等级，电站按同一时间内发生一次火灾、灭火历时两小时计，室内、外消防流量为 25l/s，即 180m³/次。由于本工程电站设在水泥厂内，水泥厂的消防用水量为 594m³/次，能够满足本工程消防用水的要求。

2.5 采暖通风及空气调节

2.5.1 设计依据

国家有关规定、规范及电站工艺要求。

2.5.2 设计原始资料

1) 室外计算温度

采暖	—9℃
冬季通风	—4℃
夏季通风	29℃
冬季空气调节	—11℃
夏季空气调节	33.4℃
夏季空气调节日平均	29.2℃
夏季室外平均每年不保证 50 小时湿球温度	27.2℃
日平均温度≤5℃的天数	122d

2) 室外计算相对湿度

冬季空气调节	53%
夏季空气调节	79%
夏季通风	66%

3) 室外风速

冬季	2.4 m/s
夏季	2.0m/s

4) 大气压力

冬季	102.66Pa
夏季	100.48Pa

2.5.3 供热

2.5.3.1 供热热源

根据公司现有的热负荷，冬季采暖需要 2~3t/h 的蒸汽，浴室用汽为每天 4~6 小时，用汽量为 0.5t/h。本工程将采用热电联供的方式，在采暖季节利用汽轮机少量的低压抽汽作为采暖和浴室的热源，取代现有的 4 台工业锅炉（2 台 6t/h 热水锅炉、2 台 1t/h 蒸汽锅炉），即在现有采暖锅炉房内增设换热器，利用原有的循环系统和补水、定压系统。这样，每年可减少供热所需的优质煤 1500t，不但为公司节省燃料费用 43.5 万元、运行维护成本 26 万元，而且可以降低这部分燃料燃烧排放的烟气造成的粉尘、二氧化硫、氮氧化物对环境的污染。

2.5.3.2 主要设备

根据公司现有的采暖面积，结合本次技改工程新增的采暖面积，本工程实施后公司总的采暖面积约 25000m²，根据天津地区的热指标，选用两套负荷为 1.75MW 的汽水换热器，循环系统及补水、定压系统利用厂区原有设施。

2.5.4 主厂房供热通风及空调

本工程所在地为天津北辰区，日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数为 122d，属集中采暖地区，设集中采暖。本工程采暖建筑物主要为汽轮发电机房、化学水处理车间、循环水泵房及余热锅炉配电室，采暖面积约 1300m^2 ，总采暖热负荷约为 0.135MW。

采暖热媒为 $95^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 热水，由厂区原有热网提供。采暖散热器选用厂内目前使用的翅片型散热器。

根据规范要求，本工程对散热散湿比较严重的汽轮机房及配电室做通风设计，对有温度要求的中央控制室及计算机房设置空调装置，同时车间建筑考虑机械通风。

主要通风及空调设备选型

1)轴流通风机	T35-11No.4	6 台
流量	$6316 \sim 8513 \text{ m}^3/\text{h}$	
压力	$35.2 \sim 38.8 \text{ Pa}$	
电动机	YSF-8022	6 台
功率	1.1kW	
转速	2900r/min	
电压	380V AC	
2)分体柜式空调器	RF7.3W	1 台
制冷能力	7300W	
制热能力	7300W	
循环空气量	$15 \text{ m}^3/\text{h}$	
输入功率	3kW	

2.5.5 辅助车间通风

2.5.5.1 高低压配电室通风

厂用配电室考虑不少于 10 次/小时换气事故通风，事故排风机兼做夏季排除室内余热用，通风方式为机械排风、自然进风。排风机选用

3 台 BT35-11 型 4 号轴流风机，每台风量为 $6316 \sim 8513\text{m}^3/\text{h}$ 。

2.5.5.2 化学水处理车间通风

化学水处理车间设计换气次数不少于 8 次/小时的通风，通风方式为自然进风，机械排风。排风机选用两台 FT35-11 型 4 号玻璃钢轴流风机，每台风量 $6316 \sim 8513\text{m}^3/\text{h}$ 。

3 项目建设用地及相关规划情况

余热电站布置在天津振兴水泥有限公司厂区范围内，公司在水泥生产线筹建时已经取得了国有土地使用证，公司已经在北辰区国土资源局办理了该项目建设位置的规划管理认同意见。

3.1 项目建设用地区域位置和建设场地

天津振兴水泥有限公司位于天津市北辰区外环线外以北 1.8km，距塘沽区约 68km，距蓟县石灰石矿山约 120km，北距汉沟火车站 2.5km。厂区大门距中环线 13km，至京津塘高速公路宜兴埠出入口约 19km，交通运输条件便利。

本公司现有 2 条 2000t/d 级水泥生产线，本工程利用这两条生产线窑头、窑尾余热，同时充分利用公司院内现有的零散闲置土地资源，通过技改建设一套 $2 \times 4.5\text{MW}$ 余热电站，不需要另行征地，即符合国家综合利用的政策，又因自发自用降低了生产成本，可取得可观的经济效益。

3.2 电站总平面布置

本电站工程包括： $2 \times 4.5\text{MW}$ 电站的汽轮发电机房及化学水处理、电站循环水泵房，电站循环水冷却塔、窑头余热锅炉、窑尾余热锅炉等车间。

根据水泥生产线的布置及发电工艺流程， $2 \times 4.5\text{MW}$ 电站的汽轮发电机房及化学水处理车间布置在 2000t/d 水泥生产线的北部、总降压变电站西南侧的空地上，电站循环水泵房，电站循环水冷却塔车间布置在汽

轮发电机房北侧与总降压变电站之间，窑头余热锅炉及、窑尾余热锅炉分别布置在两条水泥生产线烧成窑头和烧成窑尾的附近。这样布置优点为：发电系统布置紧凑合理，生产流程顺畅，不影响厂区现有生产线生产。

3.3 竖向设计、道路工程及雨水排除

在竖向设计时，根据工厂的现有建筑物及场地标高，合理确定电站车间的标高。土方工程在水泥生产线建设时已统一考虑，并已经平整完毕，本工程无土方工程量。

工厂内现已有纵横成网、互相贯通的道路，本工程仅需设置通向主要生产车间的次要道路，以便检修、消防使用，道路宽度为 4m，为市郊型道路，水泥混凝土路面。

发电站场地内的雨水汇入工厂已有的雨水排除系统。

3.4 绿化设计

结合厂区原有绿化设计，本工程因地制宜地进行绿化设计。与老厂环境保持一致，在电站车间（特别是汽轮发电机房及化学水处理车间）周围空地尽量种植草皮及四季花卉，充分美化环境,改善作业条件。

3.5 电站总平面主要经济技术指标

序号	指标名称	单位	2×4.5MW 电站
1	电站区域占地面积	m ²	2300
2	建、构筑物占地面积	m ²	1500
3	建筑系数	%	65
4	绿化系数	%	15
5	绿化面积	m ²	345

4 资源利用和耗用的分析

4.1 资源利用分析

本工程为利用天津振兴水泥有限公司的2条2000t/d级水泥熟料生产线窑尾预热器及窑头熟料冷却机废气余热生产低压过热蒸汽进行发电，同时抽汽进行供热，取消现有锅炉房，是典型纯余热发电的节能环保工程。

4.2 资源耗用分析

由于本工程为利用水泥生产线余热建设余热电站，发电系统不需要燃用任何燃料，生产过程耗用的主要资源为电站补充用水。

本工程循环冷却水补水由城市污水处理厂的中水单独供给。其它用水较少由厂区现有生活、消防系统供给。

本工程污、废水不含有毒物质，循环水回用于水泥线增湿塔，其它生产排水排入厂区现有排水系统，最终由公司污水处理站处理后排放或重复使用，做到污水的零排放，最大限度的节约用水。

5 职业安全与卫生

5.1 工程概况

5.1.1 工程概述

本工程系利用天津振兴水泥有限公司的2条2000t/d级水泥生产线窑尾预热器及窑头熟料冷却机废气余热，联合生产低压过热蒸汽进行发电，发电装机为2×4.5MW。

5.1.2 工程性质及工程在工厂的位置

5.1.2.1 工程性质

本工程是天津振兴水泥有限公司为水泥生产系统配套建设的低温余热电站，投入运行后是该公司所属的一个车间，由公司统一管理。

5.2 设计依据及标准

《关于生产性建设工程项目职业安全监察的暂行规定》劳字（1988）48号

《水泥工业劳动安全、工业卫生设计规定》（JC10—97）

《小型火力发电厂设计规范》（GB50049—94）

《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2002）

《工业企业噪声控制设计规范》（GBJ2001—1985）

《建筑设计防火规范（2001年版）》（GBJ16—87）

《火力发电厂采暖通风与空气调节设计规范》（DL/T5035—94）

5.3 生产过程中职业危害因素的分析

本工程设有 4 台余热锅炉、2 套汽轮发电机组以及其它辅机设备，这些设备在运转过程中及锅炉放汽产生的噪声会造成工人的听力下降。

设备在运转过程中有发生电伤、机伤的可能。另外余热锅炉等处温度较高，如不采取措施将会危害工人的身体健康。

本工程为纯低温余热电站工程，6.3kV 高压的防护安全也是十分重要的。另外，锅炉及汽轮发电机组如操作不当或保护失灵，也有发生严重事故的可能。

5.4 本工程对各种危害因素采取的主要防范措施

5.4.1 噪声控制

噪声是本工程产生的主要危害因素之一，因此对噪声的防治以保护岗位工人为主，对噪声较大的锅炉对空排汽口做消声处理，在汽轮发电机房设置隔声控制室，室内噪声不超过 60dB（A），达到《工业企业噪声控制设计规范》（GBJ2001—1985）的要求。

5.4.2 防雷伤

根据工厂所处地区的气象资料，本工程高度大于 15m 的主厂房建筑物采用设避雷带的防雷设施，余热锅炉等均采用设避雷针的防雷保护设施。

5.4.3 防机伤、电伤、烫伤措施

生产设备的传动件及转动机构均设有保护罩以防机械伤害，在易发生机伤处设安全标志，在吊装孔周围及楼梯平台设置高于 1.1m 的防护栏及警示牌，以利安全生产。

为了确保发电设备的正常运行及操作工的安全，设计中就防电伤采取了各种技术措施：高、低压系统分别设置了接地接零保护。在汽轮发电机房、化学水处理、出线小间及高、低压配电室、控制室等场所均设有接地装置。通过接地干线将它们连成接地网，其接地电阻不大于 4Ω 。

本工程凡是由车间控制室集中控制的电动机，在控制室设有正常和事故报警的声光信号，电动机启动前发出声光开车信号，机旁设带钥匙的按钮盒以保证机旁检修和单机试车的安全。非联锁控制的单台电动机，其控制保护设在机旁。

在锅炉、汽机房容易被烫伤的部位，做保温或防护栏，并设警示标志，提醒操作人员注意。在夏季，做好防暑降温工作，设置通风设施，降低室内温度。

为防止锅炉、汽机故障或自动保护失灵而发生事故，在锅炉主蒸汽管道设有手动放汽设施，同时各主要辅机均设有备用设备，不允许超压的设备均配有安全阀及手动泄压设施。

5.4.4 防暑降温防寒防湿

对本工程有余热产生的汽轮机房、配电室等处均采用有组织的自然通风及机械通风排除余热余湿，为了维护设备的正常运行并保证工作人员有一个良好的工作环境，在电站控制室处设空调装置。

5.4.5 安全通道

在主厂房内设置二个上下楼层间的安全通道，底层设二个安全门，一旦发生事故以利疏散。

5.5 职业安全卫生机构

根据《水泥工业劳动安全、工业卫生设计规定》中有关“新建、扩建、改建水泥厂应设劳动安全卫生管理机构”的规定，工厂建设时设置了职业安全卫生机构，由于本工程仅为工厂的一个车间，故不再增设职业安全卫生机构，而由工厂现有职业安全卫生机构统一管理。

6 环境影响评价

6.1 概述

本工程是利用天津振兴水泥有限公司2条2000t/d级窑外分解水泥熟料生产线窑尾预热器及窑头熟料冷却机排出的废气余热设置余热锅炉，生产低压过热蒸汽进行发电，实现水泥窑纯余热发电，发电装机为2×4.5MW，同时抽汽进行供热，取消现有锅炉房。

6.1.1 环境保护设计采用的标准

(1)《水泥厂大气污染物排放标准》（GB4915—1996）

回转窑粉尘	50mg/m ³ （标况）	0.45kg/t
二氧化硫	800mg/m ³ （标况）	2.4kg/t
氮氧化物	1600mg/m ³ （标况）	4.8kg/t

(2)根据《污水综合排放标准》（GB8978—1996），本工程废水排放标准执行一级标准。

(3)按照《城市区域环境噪声标准》（GB3096—93）和《工业企业厂界噪声标准》（GB12348～12349—90）规定，本工程环境噪声分别执行下列标准：

厂界噪声标准		dB(A)
类 别	昼 间	夜 间
III	65	55

区域环境噪声标准		dB(A)
适应区域	昼 间	夜 间
工业集中区	65	55

6.2 主要工艺及污染物概述

6.2.1 工程概况

本工程利用2条2000t/d级水泥熟料生产线窑尾预热器及窑头熟料冷

却机排出的废气余热，设置余热锅炉生产低参数过热蒸汽进行发电，以实现水泥窑纯余热发电，发电装机为 2×4.5MW。实施方案为：分别在 2 条水泥窑窑头冷却机出口与电收尘器之间各设 AQC 余热锅炉一台，利用窑头熟料冷却机的废气余热作为 AQC 余热锅炉热源；在 2 条窑尾预热器废气出口管道各设 SP 余热锅炉一台，利用窑尾废热作为 SP 余热锅炉热源。AQC 余热锅炉 I 段生产的的过热蒸汽和 SP 炉生产的的蒸汽作为汽机的主进汽供给汽轮机用于发电。AQC 余热锅炉段 II 生产的热水直接作为 AQC 余热锅炉 I 段及 SP 余热锅炉的给水。

四台余热锅炉出口的废气仍分别回到水泥生产线电收尘器，处理后经烟囱排放。

6.2.2 主要污染源及污染物

本工程对环境的污染主要是汽轮发电机、水泵等设备运行时产生的噪声以及电站少量的污水。

（1）噪声：汽轮发电机、水泵等工作时产生噪声，其声压等级一般在 95~110dB(A)之间。

电站主要噪声污染源及噪声值如下：

凝汽式汽轮机(2×4.5MW)	96dB(A)
发电机组(2×4.5MW)	95dB(A)
锅炉给水泵	98 dB(A)
循环冷却水泵	97 dB(A)

另外锅炉排汽时也有短暂的噪声产生。

（2）废水：本工程生产污、废水量为 19.5 t/h。其中：循环水系统排污 16t/h；其它生产污水主要来自化学水处理车间、锅炉排污，合计为 3.5t/h。本工程污、废水不含有毒物质，循环水回用于水泥线增湿塔，其它生产排水排入厂区现有排水系统。

6.3 工程设计控制污染措施

6.3.1 噪声控制

本工程汽轮发电机房、循环水泵车间均采用封闭厂房，少开门窗以减少噪声外溢，使传至车间 50m 外的噪声均低于 55dB(A)。预计工程投产后，周围环境的噪声不会有明显提高。室内控制室及值班室采用隔声室，以满足岗位标准要求。锅炉排汽管道设消声器(消声后低于 85 dB(A))，以减轻锅炉排汽噪声。

6.3.2 污水处理及排放

余热电站建成后，锅炉给水的化学水处理、余热锅炉取样冷却等辅助生产环节产生少量废水，最终由公司污水处理站处理后排放或重复使用，做到污水的零排放，最大限度的节约用水；循环冷却系统排水水质较好，可用于增湿塔喷水除尘或绿化使用。

6.3.3 环境效益

本工程由于利用了水泥窑大量的废气余热，在提高整体热利用率的同时较大地减轻了对周围环境的热污染。同时由于 AQC 及 SP 余热锅炉对废气中所含的粉尘具有较好的沉降作用，所以增加余热锅炉后窑头及窑尾的电收尘器的除尘效率得到了提高并减少了粉尘的排放,使周围的环境得到进一步的改善。本工程本身就是一个资源综合利用保护环境的工程，其具有很好的环境效益，符合国家有关的政策。

由于本工程采用热电联供的方式，在采暖季节利用汽轮机少量的低压抽汽作为采暖和浴室的热源。取代现有的 4 台工业锅炉（2 台 6t/h 热水锅炉、2 台 1t/h 蒸汽锅炉），在现有采暖锅炉房内增设换热机组，利用原有的循环和补水、定压系统。这样，每年可减少供热所需的优质煤 1500t/a，而且可以降低这部分燃料燃烧排放的烟气造成的粉尘、二氧化硫、氮氧化物对环境的污染。

6.4 绿化

本工程所占场地主要在公司现有区域内，无需征用土地，电站建成

后为公司的一個车间。根据条件变化，结合原绿化设计方案，本工程因地制宜地进行绿化设计。在道路两侧种植行道树及绿篱，车间（特别是汽轮发电机房及化学水处理车间）周围空地尽量种植草皮及四季花卉，充分美化环境并与整个公司区域绿化协调统一。

6.5 环境管理机构及监测机构

本工程系天津振兴水泥有限公司的发电车间，公司已有较为完善的环保机构及监测机构，故不再单设环保及监测机构。

本项目环保投资约为 997 万元，约占工程总投资的 18%，已列入工程概算。

7 组织机构及劳动定员

7.1 组织机构

本项目为利用水泥熟料生产线的余热建设两座 4.5MW 的低温余热电站。电站建成后，年发电量 5745.6 万 kWh。由于公司现有机构较健全，本次设计的余热电站是水泥厂的一个车间，由原有机机构统一管理。本余热电站设办公室、电站岗位工，组织电站的生产活动。

组织机构为董事会领导下的总经理负责制，由总经理全面负责公司的生产和经营工作。

7.2 劳动定员

本工程 2×4.5MW 余热电站的生产岗位定员是按发电工艺需要，采用岗位工，实行四班三运转，工作制度为每人每周工作 5 天，每天工作 8 小时，补缺勤人员按生产工人的 7% 配备。

电站定员 18 其中生产工人 16 人，占 88.89%，管理人员和技术人员 2 人，占 11.11%。定员设置见劳动定员汇总表。

7.3 劳动生产率

电站年发电量 5745.6 万 KWh。

全员实物劳动生产率为 328 万 KWh/人.a。

生产工人实物劳动生产率为 369 万 KWh/人.a。

7.4 职工培训

本工程 2×4.5MW 余热电站，采用国产设备，但机械化、自动化程度较高，要求岗位工应具备一定的生产技能。建议大部分的生产工人在同规模的企业中进行培训。但应注意对生产人员专业知识的培训，可考虑在大专院校对部分工人进行专业知识培训。

定 员 明 细 表

工作地点 及工作名称	每班人数				合 计	备 注
	I	II	III	IV		
余热电站						
1. 办公室					2	
站长	1				1	
热工工程师	1				1	
2. 电站岗位工	4	4	4	3	16	
锅炉司炉	1	1	1	1	4	
汽机司机	1	1	1	1	4	
电气运行	1	1	1	1	4	
化学水运行及化验	1	1	1		3	

补欠					1	
合计					18	

8 项目经济与社会效益分析

8.1 投资估算

8.1.1 概述：

本项目估算范围包括厂内生产工程、其他费用、基本预备费、铺底流动资金等内容。

8.1.2 编制依据

8.1.2.1.建筑工程及安装工程：参照中国电力企业联合会发布的《电力建设工程预算定额》自编的电站工程指标，并调整到天津市目前价格水平。

8.1.2.2.设备价格：执行《工程建设全国机电设备价格汇编》，并根据近期类似工程实际定货价格进行调整，不足部分参照类似工程进行估算。

8.1.2.3.材料价格：执行当地现行市场价格。

8.1.2.4.设备运杂费：按设备价格的3.5%计算。

8.1.2.5.其它费用执行《电力工业基本建设预算管理制度及规定》，并结合工厂实际进行调整。

8.1.2.6.基本预备费按工程费用与其他费用之和的6%计算。

8.1.3 投资分析

本工程项目计划总投资为5953.98万元，单位投资6615.53元/kW。

8.1.4 投资构成：

单位:万元

项目名称	总 值	建筑工程	设备购置	安装工程	其它费用
金 额	5953.98	1006.40	3172.88	996.30	778.39
(%)	100.00	16.90	53.29	16.73	13.07

8.1.5 附总估算表

总 估 算

建设单位：天津振兴水泥有限公司纯低温余热电站工程（2×4.5MW）

序号	项目编号	工程和费用名称	建筑工程 费用	设备购置 费用	安装工程 费用	其他 费用	合 计
一		厂内生产工程	1006.40	3172.88	996.30		5175.58
1		热力系统	837.09	2481.87	718.29		4037.25
1.1	712	汽轮发电机房	548.87	878.03	246.77		1673.67
1.2	715a	AQC 余热锅炉	121.10	668.95	182.20		972.25
1.3	715c	SP 余热锅炉	124.88	934.89	281.41		1341.18
1.4	729	电站室外管线	42.25		7.90		50.15
2		水处理系统		89.18	22.15		111.33
2.1	751	化学水处理		89.18	22.15		111.33
3		循环水系统	165.21	205.37	22.37		392.95
3.1	752/753	冷却塔及循环水泵站	111.40	205.37	22.37		339.14
3.2	754/755/756	电站循环生产生活消防及排水管网	53.81				53.81
4		电气系统	4.10	286.06	182.92		473.08
4.1	761	接入系统	4.10	82.72	52.25		139.07
4.2	762/763	发电机及站用电高压系统及站用电 力室		203.34	60.73		264.06
4.3	764/765	电站配电线路、防雷接地系统			69.95		69.95
5		热工控制系统		101.12	44.73		145.86
5.1	766/769	电站中央控制室、计算机系统		101.12	44.73		145.86
6		电站通讯系统		9.27	5.84		15.12
6.1	767/768	电站调度电话系统、电话线路		6.39	4.24		10.64
6.2		电网通讯系统		2.88	1.60		4.48
		小 计	1006.40	3172.88	996.30		5175.58
二		其它费用				310.73	310.73
1		建设场地清理费				5.00	5.00
2		项目建设管理费				72.89	72.89
3		项目建设技术服务费				119.50	119.50
4		生产准备费				108.19	108.19
5		其他				5.16	5.16

TCDRI 天津水泥工业设计研究院

		小 计				310.73	310.73
三		基本预备费(6%)				329.18	329.18
		工程静态投资	1006.40	3172.88	996.30	639.91	5815.50
四		建设期贷款利息				126.35	126.35
		发电工程动态投资				126.35	126.35
五		生产铺底流动资金				12.13	12.13
六		建设项目计划总投资	1006.40	3172.88	996.30	778.39	5953.98
		各类费用单位投资(元/kW)	1118.23	3525.42	1107.00	864.88	6615.53
		各类费用占总投资的(%)	16.90	53.29	16.73	13.07	100.00

8.2 经济效益分析

8.2.1 概述

——规模：装机容量 2*4.5MW，年发电量 5745.6 万 kWh，年供电量 5297.4 万 kWh。

——销售收入：以项目实施后为工厂节省的外购电电费、因外购电减少而节省的线路损耗摊派费用作为本项目的销售收入。详列如下：

减少外购电：5297.4 万 kWh/a，0.47 元/kWh（无税）；

减少外购电线损：334 万 kWh/a，0.47 元/kWh（无税）；

——财务评价的计算期为建设期 1 年，生产期 20 年，共计 21 年。设定项目投产后第一年达到设计能力的 90%，第二年即可满负荷生产。

——项目总投资 5954 万元，其中：固定资产投资 5942 万元，铺底流动资金 12 万元。

——项目总资金 5982 万元，其中：固定资产投资 5942 万元，流动资金 40 万元。见附表 2、3。

——资金来源：2084 万元为资本金，占总投资的 35%；3870 万元为银行贷款(包括建设期利息 126 万元)，年利率 6.75%。流动资金 28 万元为银行贷款，年利率 6.39%。

——成本费用：包括材料、工资、折旧及其他。各年产品成本费用测算表（不含增值税）见附表 4、5。经计算，生产期 20 年平均综合成本费用为 681 万元（不含税），单位供电成本费用 0.125 元/kWh。

——增值税及附加：按增值税有关规定计算，城市维护建设税按增值税额的 7% 计算，教育费附加按增值税额的 3% 计算；

——所得税：根据所得税法的规定按 25% 的税率缴纳企业所得税。

——利润分配：暂定企业缴纳所得税后利润，提取 10% 的法定盈余公积金（累计至资本金的 1/2 时不再提取）后，用于分配。

8.2.2 盈利能力分析

损益计算见附表 6。现金流量计算见附表 10。

经计算，不含 CDM 收益时损益情况汇总如下：

单位：万元

项目	生产期 20 年合计	平均每年
1. 销售收入（不含增值税）	54304	2715
2. 增值税及附加	9480	474
3. 利润总额	39827	1991
4. 所得税	9957	498
5. 法定盈余公积金	1100	---
6. 用于分配的利润	28771	1439

主要盈利能力指标如下：

生产期平均投资利润率：33.29%

生产期平均投资利税率：41.21%

全投资内部收益率（所得税后）：30.83 %；

全投资内部收益率（所得税前）：38.28%；

全投资投资回收期（所得税后）：4.23 年；

全投资投资回收期（所得税前）：3.64 年；

包含 CDM 收益时，损益情况汇总如下：

单位：万元

项目	生产期 20 年合计	平均每年
1. CDM 收入	4257	213
2. 利润总额	44084	2204
3. 用于分配的利润	33028	1651

主要盈利能力指标如下：

生产期平均投资利润率：37.57%

生产期平均投资利税率：45.53%

全投资内部收益率（所得税后）：34.68 %；

全投资内部收益率（所得税前）：42.07%；

全投资投资回收期（所得税后）：3.76 年；

全投资投资回收期（所得税前）：3.31 年；

从指标看，本项目获得 CDM 收益后盈利能力较好。

8.2.3 清偿能力分析

建设借款偿还平衡表见附表 7、资金来源与资金运用见附表 8、资产负债见附表 9。

按照设定的筹资条件，借款总额为 3870 万元，偿还期 3.58 年，即自项目投产年起 2.58 年还清。以上说明本项目的清偿能力较强，债务风险不大。

8.2.4 不确定性分析

单因素敏感性分析计算结果见附表 11，从表中看出，电价是最敏感的因素，但即使电价降低 15%，项目仍有较好的投资回报，说明利用余热进行发电的效益非常明显，风险很小。

8.2.5 财务评价结论

财务评价指标汇总见附表 1。

项目建成后，平均供电成本 0.125 元/kWh，经济效益较好。盈利能力指标显示出项目的投资回报较好。本项目在财务上是可行的。

8.2.6 财务评价附表目录

附表 1 评价指标汇总表

附表 2 投资计划与资金筹措表

附表 3 流动资金估算表

附表 4 固定资产折旧费、无形资产及递延资产摊销费计算表

附表 5 各年产品成本费用测算表（不含增值税）

附表 6 损益表

附表 7 建设投资借款偿还平衡表

附表 8 资金来源与资金运用表

附表 9 资产负债表

附表 10 财务现金流量表（全投资）

附表 11 单因素敏感分析主要评价指标汇总表

8.3 社会效益分析

本工程为利用天津振兴水泥有限公司的 2 条 2000t/d 级水泥熟料生产线窑尾预热器及窑头熟料冷却机废气余热生产低压过热蒸汽进行发电，同时抽汽进行供热，取消现有锅炉房，是典型纯余热发电的节能工程。

本工程设计指标如下：

序号	技术名称	单位	指标	备注
1	装机容量	MW	2×4.5	
2	平均发电功率	MW	7.98	
3	年运转率	H	7200	
4	年发电量	10 ⁴ kWh	5745.6	
5	年供电量	10 ⁴ kWh	5297.4	
7	电站自用电率	%	7.8	

由于对上述两部分废气余热的综合利用的节能效应，本工程的建设

投产，相当于年节约标准煤约 1.98 万吨。由于本工程采用热电联供的方式，取代现有的 4 台工业锅炉（2 台 6t/h 热水锅炉、2 台 1t/h 蒸汽锅炉），这样，每年可减少供热所需的优质煤 1500t/a，而且可以降低这部分燃料燃烧排放的烟气造成的粉尘、二氧化硫、氮氧化物对环境的污染。

本工程由于利用了水泥窑大量的废气余热，在提高整体热利用率的同时较大地减轻了对周围环境的热污染，同时减少了水泥生产过程中为烟气减温所用的喷水。同时由于 AQC 及 SP 余热锅炉对废气中所含的粉尘具有较好的沉降作用，所以增加余热锅炉后窑头及窑尾的电收尘器的除尘效率得到了提高并减少了粉尘的排放，使周围的环境得到进一步的改善。本工程本身就是一个资源综合利用保护环境的工程，其具有很好的环境效益，符合国家有关的政策。

综上所述，本项目做到了节约能源、资源综合利用、改善环境，符合国家提倡的方针政策，建设条件基本落实、技术上可行、经济效益较好，具有较好的社会效益与一定的经济效益，符合可持续发展战略思想，是一个理想的投资项目，建议上级有关主管部门尽快核准本项目申请报告，以便进一步开展工作。

附图目录

- 附图 1: F01—电站总平面布置图
- 附图 2: F02—电站原则性热力系统图
- 附图 3: F03—热力系统汽水平衡图
- 附图 4: F04—化学水处理系统图
- 附图 5: F05—给排水系统流程图
- 附图 6: F06—接入系统方案图
- 附图 7: F07—计算机系统配置图
- 附图 8—1: F08—1—主厂房零米平面图
- 附图 8—2: F08—2—主厂房运行层平面图
- 附图 8—4: F08—3—主厂房纵断面图