

发电工程设计项目经理（设总）培训课题

第二部分：专业设计基础知识

第十一章：水工工艺专业基础知识

华北电力设计院工程有限公司

2012 年 8 月 北京

编写：李玉峰

校审：冯 璟

目 录

1	水工工艺专业概述	1
1.1	概述	1
1.2	常用术语	1
2	设计范围及主要内容	2
2.1	设计范围	2
2.2	主要设计内容	3
3	各阶段水工工艺设计所需的基础资料	13
3.1	初步可行性研究阶段	13
3.2	可行性研究阶段	14
3.3	初步设计阶段	14
3.4	施工图阶段	14
4	设计和审查中常遇到的问题	15
4.1	关于水源	15
4.2	耗水量和耗水指标的定义	15
4.3	耗水量指标	15
4.4	年用水量计算方法	15
4.5	专职消防队的设置问题	16
4.6	高扬程水泵选择	16
4.7	水工专业试验项目掌握原则	16
4.8	冷端优化与背压	16
4.9	濒临大海、大江（河、湖）电厂供水系统选用	18
4.10	机力塔的使用范围与条件	18
5	控制工程造价的措施	18

1 水工工艺专业概述

1.1 概述

水工工艺专业是火力发电厂设计各专业中十分重要的专业,在各设计阶段中均起着重要的作用,且该专业涉及面广、专业内容多、所需专业学科领域较多,专业技术较强。

水工工艺专业设计的主要内容是为主辅机系统提供冷却水,其次是补给水系统、原水处理系统、生产和生活给排水系统、消防系统等。

1.2 常用术语

- 水务管理: 对全厂给、排水分配、平衡管理。
- 水量平衡: 指全厂的用水经梯级使用,污废水综合处理复用后,全厂总补给水量应等于全厂各系统消耗的水量和全厂废水排放量之和。
- 城市污水再生水: 指城市生活污水和工业污水经污水处理厂适当处理后,达到一定的水质标准,满足某种使用要求,可以进行有益使用的水。
- 矿井疏干水: 在煤炭开采过程中,需要及时排出矿井内不断涌出来的地下水,以保证安全采煤,这种排出来的地下水被称为矿井疏干水。矿井疏干水容易受到砂泥颗粒、粉尘、溶解盐、酸和碱、煤炭颗粒、油脂等污染。
- 零排放: 系指电厂污废水全部循环利用没有向外排放(直流供水系统排水和雨水除外)。
- 外排水量: 指火力发电厂所有外排至厂外的生产废水量和生活污水量。
- 循环冷却水: 指用于火力发电厂凝汽器冷却的循环冷却水。
- 辅机冷却水: 指火力发电厂除凝汽器以外的、由循环冷却水系统供水的各种附属设备的冷却水。
- 工业用水: 包括全厂转动机械的轴承冷却水,轴封水和取样冷却水,压缩机冷却水和厂区的其他工业用水。根据原水水质情况一般需经过沉淀、澄清处理。
- 杂用水(又称“服务水”): 服务于电厂的场地冲洗等杂项用水。
- 生活用水: 指全厂工作人员、外来人员及家属生活活动所消耗的生活用水。
- 化学用水: 指火力发电厂化学水处理系统所消耗的用水,主要包括锅炉补给水处理系统、凝结水精处理系统和汽水取样装置等用水。

- 输煤系统用水：指火力发电厂，用于输煤系统水力冲洗清扫所消耗的用水。

- 干灰加湿用水：系指为了便于干灰储存运输，对干灰进行适当的加湿所消耗的用水。

- 灰场喷洒用水：用于干灰场喷洒防尘的用水。

- 生活污水：指全厂工作人员生活活动所产生的污水，主要是厕所、洗涤和洗澡产生的污水。

- 工业废水：指全厂各生产系统所排放的各种废水和污水，废水中含有的杂质主要以无机物为主，经适当的工业废水处理系统处理可回用。

- 化学废水：指火力发电厂化学水处理系统的浓盐废水排水，主要包括锅炉补给水、凝结水精处理系统等产生的废水，中和处理后可回用。

- 脱硫废水：指锅炉烟气湿法脱硫过程产生的废水，废水主要来自石膏脱水和清洗系统。废水中含有的杂质主要包括悬浮物、过饱和的亚硫酸盐、硫酸盐以及重金属。

- 含煤废水：指运煤构筑物地面的水力冲洗清扫排水，可回收处理后循环使用。

- 雨水排水：指经雨水管（渠）收集的全厂厂区内的雨水，可直接排放至厂外或回收利用。

- 工业废水回用水：指工业废水经适当的处理系统处理后，达到一定的水质标准，满足某种使用要求，可以回用至其他系统再次使用。

- 未预见水量：指全厂供水系统设计中，对难于预测的各项因素而准备的水量。

- 排烟冷却塔：既具有散热功能，又替代烟囱排放脱硫后洁净烟气的冷却设施。

- 海水冷却塔：冷却介质是海水或含盐量相当的地表水的一种湿式冷却塔。

- 干旱指数：某地区年蒸发能力和年降雨量的比值。

- 空冷散热器：以空气作为冷却介质，使间接空冷系统循环水被冷却的一种散热设备。

- 空冷凝汽器：以空气作为冷却介质，使汽轮机的排汽直接冷却凝结成水的一种散热设备。

2 设计范围及主要内容

2.1 设计范围

水工艺设计范围：厂区内外补给水系统；主辅机冷却水系统（包括空冷系统）；厂区工业、生活、消防给水系统；厂区生活污水、生产废水和雨水排水系统；外部除灰管道、道路及灰场喷洒系统；原水预处理系统、生活污水处理系统、含煤废水处理系统；特殊消防灭火系统等。

2.2 主要设计内容

2.2.1 水源、水量及水质

2.2.1.1 水源种类

火力发电厂的水源主要可采用海水、地表水、地下水（含煤矿疏干水）、再生水等。

地表水：地表水是指分别存在于江、河、湖泊、水库、沼泽、冰川等中的水。

地下水（含煤矿疏干水）：地下水是指埋藏于地面以下岩土孔隙、裂隙、溶隙饱和层中的水。根据国家产业政策，一般情况不允许新开采使用地下水。

煤矿疏干水：是指为满足矿坑、矿井采矿需要，采用开采疏干、地表疏干、联合疏干等排水型式排出的水。由于在开采煤矿过程中渗透出的地下水属于废水再利用，所以鼓励使用煤矿疏干水。

再生水：系指污水经适当处理后，达到一定的水质指标，满足某种使用要求，可以进行有益使用的水。目前再生水的水源主要是城市污水处理厂二级处理后的出水，其水质可参照二级处理出水的标准。

2.2.1.2 发电厂各系统水量及水质要求

火力发电厂用水量主要取决于发电厂机组类型和容量、冷却方式、除灰渣系统等因素。发电厂机组的选择主要针对采用燃煤、燃气轮机联合循环等机组类型而言。工业冷却水系统主要是根据建设条件，对采用直流冷却水、循环冷却水、空气冷却等方式进行选择。除灰渣系统主要是对水力或干式除灰渣方式的选择。

根据发电厂各生产工艺系统对用水水质等的要求，一般可将用水系统分为冷却水系统、工业水系统、生活水系统、服务水系统等几大类。

（1）冷却水系统

冷却水系统主要为凝汽器和各辅机设备提供冷却水，其耗水量占企业全部耗水量的70%以上，对水质要求是不使所需要冷却的热交换器管腐蚀、结垢。当采用直流供水系统时，水质要求相对较低，只要除去水中杂物、水草即可，如水中含砂量较大，且砂粒较粗、较硬时，宜对冷却用水进行沉砂处理。当采用循环

供水系统时，其补给水中悬浮物含量超过 50mg/l~100 mg/l 时需作沉淀、澄清处理，经处理后的地表水的悬浮物含量不宜超过 20mg/l。

循环供水系统的用水量是根据机组参数以及当地气象条件决定的，它直接关系到发电厂用水量的大小，其消耗掉的水量包括冷却塔的蒸发损失、风吹损失及系统排污损失等。

（2）生产给水系统

生产给水系统主要包括化学水处理补给水、各转动设备的轴承冷却水、轴封水和取样冷却水、压缩机冷却水、空调系统补充水及厂区的其它工业用水等。这部分水对水质要求是无杂质、不腐蚀设备。

锅炉补给水主要用于补给汽水系统的损失、锅炉排污等，水质一般是在工业水的基础上进行进一步的过滤、除盐处理，达到除盐水的标准。

各转动设备的轴承冷却水如采取工业水开式一次冷却方式，则可回收用于循环冷却水的补充水。空调系统补充水及输煤喷雾抑尘等用水均无法回收。

（3）生活给水系统

生活用水主要指发电厂厂区内主厂房及辅助建筑物内的生活用水，生活用水量与发电厂定员人数、公用设施包括食堂、宿舍、招待所等的设置以及该地区的用水定额有关。生活饮用水的水质应符合现行的《生活饮用水卫生标准》的要求。

（4）服务水系统

服务水主要用于发电厂输煤系统的喷洒冲洗、除灰系统、室内外地面道路冲洗、绿地喷洒、冲洗汽车等。该部分用水对水质无特殊要求，只要能满足现行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》的要求即可，因此水源主要是采用工业废水处理站处理后的回用水。

2.2.2 水务管理

2.2.2.1 全厂水务管理

水务管理是建设现代化新型火力发电厂管理的重要组成部分，是实现节水、满足环保要求和维持发电厂安全经济运行的重要手段。发电厂的水务管理要贯彻于发电厂的设计、建设及运行各阶段。水务管理的目的，是按照各工艺系统对水量及水质的要求，结合水源条件，设计合理的供水系统。通过对发电厂供、排水的综合平衡，提高供水的重复利用，加强用水的计量、监测和管理等，合理利用

水源，保护环境。

2.2.2.2 水量平衡

水量平衡是指在一个确定的用水单元内，输入水量与输出水量之间的平衡，简称水平衡。

火力发电厂在设计的过程中应进行水量平衡，绘制水量平衡图并进行有关计算。水量平衡图一般采用方框图的形式。对于一个划定的水平衡体系，其总进水量与总排水量及总损失量应平衡。

2.2.2.3 耗水指标

发电装机耗水率：火力发电厂单位装机容量核定的耗水量，为设计全厂耗水量与设计全厂机组额定总发电装机容量的比值，单位为立方米/每秒每百万千瓦（ $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{GW}$ ）。

发电厂的设计耗水指标是在夏季工况（频率 $P=10\%$ 气象条件）、机组满负荷运行时单位装机容量的耗水量，耗水量包括厂内各项生产、生活和未预见用水量等，不包括厂外输水管道损失水量、供热机组外网损失、原水预处理系统和再生水深度处理系统的自用水量。发电厂的设计耗水指标应符合下表规定：

大中型火力发电厂设计耗水指标表（单位 $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{GW}$ ）

序号	冷却方式		<300MW	$\geq 300\text{MW}$	参考的工艺方案
1	淡水循环供水系统		≤ 0.8	≤ 0.7	湿法脱硫 干式除灰 湿式除渣
2	海水直流供水系统 海水循环供水系统			≤ 0.1	湿法脱硫 干除灰 湿式除渣
3	空冷机组	$3 \geq \text{干旱指数} > 1.5$	≤ 0.18	≤ 0.12	湿法脱硫 干除灰、干除渣 电动给水泵或汽 动给水泵排汽空 冷
		$7 \geq \text{干旱指数} > 3$	≤ 0.15	≤ 0.10	湿法脱硫 干除灰、干除渣 电动给水泵或汽 动给水泵排汽空 冷 辅机冷却水空冷

序号	冷却方式		<300MW	≥300MW	参考的工艺方案
		干旱指数>7		≤0.06	干除灰、干除渣 电动给水泵或汽 动给水泵空冷 辅机冷却水空冷 干法脱硫

2.2.3 冷却水系统

2.2.3.1 冷却水系统的分类

按汽轮机冷凝器的冷却方式来划分，发电厂冷却水系统有直流、循环、混合等供水类型，另外还有空气冷却系统。

(1) 直流供水系统

直流供水系统就是冷却水直接从水源取得，通过凝汽器换热后又排回水源中去。通常厂址附近水资源丰富，供水高度在 20~25m 以下，输水距离在 1.5km 以内(海水不超过 2.5km)，采用直流供水系统是经济合理的。

(2) 循环供水系统

供水水源流量不足，或者由于主厂房距水源太远，又比水源水位高出很多，采用直流供水系统不经济时可采用循环供水系统。循环水进入冷凝器换热后，再送到冷却塔或冷却池中冷却，冷却后重复进入冷凝器，如此周而复始，从水源仅取得用来补充因蒸发、风吹、排污等因素而不能返回的损失水量。

(3) 混合供水系统

供水水源大部分时间的流量能满足直流供水量，仅在个别季节水量不足，而取水又较为方便经济时，可采用混合冷却水系统，就是兼具直流和循环两种系统。

(4) 空气冷却系统

空气冷却系统是将汽轮机排汽凝结而释放的热量通过翅片管束组成的空气冷却器散发到大气中去，而被凝结的蒸汽或被冷却的循环水流经翅片管的内侧不和空气直接接触。空气冷却系统可以节省湿式冷却系统蒸发、风吹及排污损失的水量，一般可减少耗水 70% 以上。近年来，在我国三北地区所建发电厂绝大部分采用空冷系统。

2.2.3.2 冷却水系统冷端优化计算

冷却水系统冷端优化计算是根据工程条件，在保证满发的前提下，通过优化计算选择汽轮机冷端各主要参数合理经济的组合。这些参数包括汽轮机末级叶片

长度、冷却水量、凝汽器面积、冷却塔面积及输水管沟断面尺寸等。

冷却水系统的初步优化一般在可行性阶段，此时设备资料没有落实，各水工建筑物也只是概念设计，因而只能从水工总体设计方面来宏观考虑，着重决定一些主要参数，而在初步设计阶段需进行详细的优化计算。

2.2.3.3 冷却水系统恒定流和瞬变流水力计算

供水系统水力计算分两种情况进行，一是恒定流计算，另一种是非恒定流计算，亦称瞬变流或水力过渡计算，一般通称为水锤计算。

(1) 直流供水系统水力计算

直流供水系统水力计算主要包括：取水计算水位的确定、虹吸井堰上水头的确定、循环水管沟的水力计算等内容。在确定循环水泵的参数时，要通过绘制管道与水泵的并联运行曲线，得到在不同阻力和水泵运行台数时的水泵运行特性曲线，从而选择合适的运行方式和水泵参数。

(2) 再循环供水系统水力计算

再循环供水系统水力计算主要包括：冷却系统静扬程的确定、循环水管沟的水力计算等内容。确定水泵参数的方式与直流供水系统相同。

(3) 冷却水(补给水)系统水锤计算

由于压力管道中流速的突然变化，引起管道中水流压力急剧升高或降低的现象称为“水锤”，发生水锤时，水流速度及压力随时间和位置而变化，属非恒定流，亦称瞬变流。

2.2.4 取、排水及输水设施

2.2.4.1 地表水取、排水

取水建筑物按其位置设置一般可分为开敞式和河床式。通过引水管道自水源引水的称为河床式取水建筑物，无引水管道的称为开敞式取水建筑物。

取排水工程“三防”是指防沙、防杂物（有形漂浮物，如杂草、漂木、浮冰等）、防污（无形物，如热、废水污染物等）。

取排水工程涉及温排水、泥沙、环保等问题，常规设计无法论证时，需借助科研院所的实验手段进行研究。

取水泵房的形式按其平面形状主要有矩形、圆形、半圆形等，也可分为封闭式和露天式。

2.2.4.2 再生水取水

由于使用再生水的发电厂一般采用湿冷循环供水系统或空冷系统，再生水仅为发电厂补充水，取水量相对较小，通常从污水处理厂至发电厂只需升压后采用管道输送即可。

再生水输送主要考虑两个问题，一是输送管道的材质，由于再生水有一定的腐蚀性，需要考虑防腐管材；二是输送过程消除水锤问题，通常污水处理厂至发电厂的距离较远或地形变化较大，应进行水锤计算。

2.2.4.3 煤矿疏干水取水

煤矿疏干水是在采煤过程中的副产品，应充分利用，疏干水的收集主要取决于煤矿开采的方式和位置，通常由煤矿部门收集，发电厂输送。输送疏干水与输送再生水类似，不同之处需考虑疏干水对管道有一定的磨损。

2.2.5 冷却设施及设备

2.2.5.1 冷却方式

冷却水从供水方式可分为湿冷和空冷两类，而湿冷又可分为直流供水、循环供水、混合供水三种基本型式。

按循环水散热途径分类又可以分为：水面冷却和水滴水膜冷却两种型式。

水面冷却是指利用水库、湖泊、海湾、人工冷却池或河道进行热交换的冷却方式。

水滴水膜冷却是指利用冷却塔、喷溅装置等各种冷却装置将水体变成水滴水膜后来冷却。

2.2.5.2 冷却塔

（1）冷却塔的分类：

按通风方式：可分为自然通风冷却塔、机力通风冷却塔及二者结合的混合通风冷却塔。

按空气与水接触方式：可分成湿式冷却塔和干式冷却塔，以及二者结合的干湿式混合冷却塔。

按热水和空气的流动方向：可分为逆流式冷却塔和横流式冷却塔两种。

（2）自然通风冷却塔

自然通风冷却塔也称风筒式冷却塔，是由塔筒内空气密度与塔外空气密度差

引起塔内的自然通风冷却的一种方式。如湿冷系统中的逆流式自然通风冷却塔、横流式自然通风冷却塔及空冷系统中的间接空冷却塔。

（3）机械通风冷却塔

机械通风冷却塔是利用抽风机或鼓风机强制空气流动的冷却塔。

（4）海水冷却塔

海水冷却塔是指用海水做冷却水介质的冷却塔，因在同等条件下，海水冷却塔比淡水冷却塔的热力性能差，除工艺设计上要适当增加冷却塔的冷却能力外，结构设计方面还应加强海水及海生物对结构腐蚀的防护。其余方面与淡水冷却塔的设计基本相同。

（5）排烟冷却塔

排烟冷却塔是指煤炭燃烧后产生的烟气通过除尘和脱硫装置净化后经由自然通风冷却塔排放的冷却塔。这样的排烟系统就不再需要烟囱了。

（6）空冷却塔

空冷却塔也称为干式冷却塔，空冷却塔的热水在散热翅管内流动，靠与管外空气的温差，形成接触传热而冷却。

2.2.5.3 水面冷却

发电厂冷却水经凝汽器后使水温升高 $8\sim 12^{\circ}\text{C}$ 的热水再回到取水的水体中，受热水水体在流动过程中其自由表面与大气直接接触并产生热交换和质交换，在二者的共同作用下使水体得到冷却，这一过程称为水面冷却。

如水库型冷却池，以江河、海湾为冷却水体均称为水面冷却。

水面冷却的基本条件是要有合适的水体供发电厂热排水进行热交换和质交换，通常是发电厂靠近水库、江河、海域。

而水面冷却总体方案因厂址条件迥异，各方案的投资费用差别很大，许多厂址还可考虑与码头、港池结合设计，所以在选厂初期就要进行总体方案的规划和优化，以后随工程设计阶段的进展，不断进行深入的试验与研究，最后确定合理的总体方案。

2.2.6 生产、生活给排水

2.2.6.1 生产、生活给水系统

生产及生活给水均为独立的系统，但通常生产及生活给水系统又是密不可分

的，一般生产、生活的设备设置在同一个泵房内，蓄水池为联合建筑等，但厂区内需设独立的生产及生活供水管网，管网供水能力宜按规划容量考虑。

(1) 生产给水系统

发电厂生产用水量主要包括锅炉补充水、脱硫用水、空调补充水、工业冷却水、设备润滑用水、输煤除尘抑尘及地面冲洗用水等。

生产用水通常从蓄水池取水，由设置在给水泵房内的生产给水泵升压送至全厂各生产用水点，对用水量变化较大的生产设备供水时宜采用变频供水装置供水。

(2) 生活给水系统

生活用水量是根据发电厂定员加上临时生产人员和一定的人员余量进行计算。总体生活用水量占电厂总用水量较小，一般 2 台 600MW 机组生活用水量约 5~10 m³/h。

生活饮用水的水质，必须符合现行的《生活饮用水卫生标准》的要求。

2.2.6.2 工业废水、生活污水系统

发电厂的工业废水、生活污水的排水系统，宜采用分流制。各场所所排出的各种废水和污水，应按清、污分流的原则分类收集和输送，并根据其污染的程度、复用和排放的要求进行处理。设计应根据各类污、废水的水质和水量、处理的难易程度、复用系统对水质的要求以及尽量减少对外排放污染物总量等因素，对污、废水的合理回收、复用和排放进行综合优化。对外排放水的水质必须符合国家现行相关标准的要求。

2.2.6.3 煤水沉淀池及煤水处理系统

输煤系统建筑采用水力清扫时，其清扫产生的含煤废水应予以处理，含煤废水经处理后宜重复利用，而煤场雨水沉淀池宜与输煤系统建筑冲洗排水沉淀池合并设置。

2.2.6.4 生活污水处理系统

电厂的生活污水处理系统主要根据水质、水量、排放频率、调节能力等因素综合确定，由于水量偏小，大多采用一体化生活污水处理系统，其水量回收用于绿化、冲洗等。

2.2.6.5 雨水排水系统

(1) 雨水量

雨水设计流量应按下列公式计算：

$$Q = q\varphi F \quad (2.9-4)$$

式中， Q 为雨水设计流量，L/s； q 为设计暴雨强度，L/(s $\times 10^4$ m²)；

φ 为径流系数； F 为汇水面积， $\times 10^4$ m²。

发电厂的雨水管渠设计重现期 P 值，宜选用的范围为 2.0 年~5.0 年。

(2) 雨水管沟

雨水排水干管的设计流量一般按经常性排水流量加非经常性排水项目中最大一项流量计算。

雨水管道应尽量考虑自流排出。计算水体水位时，应同时考虑现有的和规划的水库等水利设施引起的水位变化情况。当受水体水位顶托时，应根据发电厂重要性和积水所造成的后果，设置防潮门、闸门或泵站等设施。

厂区雨水排水管沟应考虑规划容量时雨水的排放，雨水排水管通常采用钢筋混凝土管或双壁波纹管、缠绕增强管等管材。

2.2.7 消防

2.2.7.1 电厂消防给水、灭火设施

(1) 消防给水系统

电厂消防给水系统一般采用带稳压泵的稳高压独立供水系统，有条件的也有采用常高压系统的独立消防给水系统。

厂区内消防给水水量应按同一时间发生火灾的次数及一次最大灭火用水量计算。一次灭火用水量应为建筑物室外和室内消防用水量之和。厂区消火栓灭火系统的管网可与自动喷水、水喷雾灭火系统给水管网合并设置，但必须在阀前分开。

厂区内当占地面积小于等于 100ha 时，同一时间内的火灾次数为 1 次，当占地面积大于 100ha 时，同一时间内的火灾次数为 2 次。

(2) 室外消防给水

室外消防用水量应进行计算，其计算主要根据建筑物的体积和耐火等级确

定，其它如贮煤场的消防用水量应不少于 20L/s。

室外消防管网：对主厂房、贮煤场、点火油罐区周围的消防给水管网应为环状，在道路交叉或转弯处的地上式消火栓附近，宜设置防撞设施。

室内消火栓的配置，除了符合现行国家标准 GB 50016-2006《建筑设计防火规范》的规定外，还应根据电厂实际情况设置室内消火栓。

电厂室内消防给水管道设计应保证主厂房内设置水平环状管网。合并的管网上应设置水泵接合器，水泵接合器的数量应通过室内消防用水量计算确定；独立设置的消防给水系统可不设水泵接合器。

室内消火栓的间距应由计算确定，但主厂房内消火栓的间距不应超过 30m，其他建筑物室内消火栓的间距不应超过 50m；主厂房的煤仓间最高处应设检验用的压力显示装置；带电设施附近的消火栓应配备喷雾水枪。稳压泵型恒压给水系统，可不设消防水箱。

（3）最大消防用水量和水压

电厂最大消防水量和水压一般采用不同保护对象进行最不利组合，从而找出最大消防水量和水压，根据火灾的延续时间计算出消防总用水量。表 2.9-14 为主要控制点及设备的消防水量及水压计算表

（4）消防水泵房与消防水池

消防水泵的设计流量扬程进行选泵，机组容量为 135MW 及以上燃煤电厂，应设置柴油驱动消防泵，其性能参数及泵的数量应满足最大消防水量、水压的需要。

稳压泵宜设备用泵。稳压泵的工作压力宜高于消防泵工作压力，其流量应不少于 5L/s。

消防用水与其他用水合并的给水系统或独立的消防给水系统，当给水管道所供水源不能满足室内、室外消防用水量要求时，应设消防水池。消防水池容积应不小于一次最大消防用水总量，当冷却塔数量多于一座且供水有保证时，冷却塔水池可兼作消防水池。

2.2.7.2 特殊消防系统

（1）水喷雾与自动喷水灭火系统

电厂主变压器、汽轮机油箱等主要采用水喷雾灭火系统，而栈桥等多采用自动喷水灭火系统，除了执行国家标准 GB 50219-1995《水喷雾灭火系统设计规范》、

GB 50084-2005《自动喷水灭火系统设计规范》外，还应注意在寒冷地区设置室外变压器水喷雾灭火系统、油罐固定冷却水系统时，应同时设置管路放空设施。

(2) 泡沫灭火系统

对点火油罐区根据单罐容量的大小宜采用低倍数或中倍数泡沫灭火系统，单罐容量大于 1000m^3 的油罐应采用固定式泡沫灭火系统；单罐容量小于或等于 1000m^3 的油罐可采用半固定式泡沫灭火系统；单罐容量小于或等于 200m^3 的油罐可采用移动式泡沫灭火系统。

(3) 气体灭火系统

气体灭火剂的类型、气体灭火系统型式的选择，应根据被保护对象的特点、重要性、环境要求并结合防护区的布置，经技术经济比较后确定。

灭火气体的设计用量应按需要提供保护的最大的防护区的体积计算确定。灭火气体应有100%的备用量。

2.2.7.3 灭火器配备

各建（构）筑物及设备应按火灾危险类别及危险等级进行配置灭火器。

点火油罐区宜按防火堤内面积每 400m^2 配置一具 8kg 手提式干粉灭火器，但每个油罐配置的数量不宜超过3具。

2.2.7.4 消防车

消防车的配置应符合下列规定：

- (1) 总容量大于 1200MW 时不少于2辆；
- (2) 总容量为 $600\text{MW}\sim 1200\text{MW}$ 时为2辆；
- (3) 总容量小于 600MW 时为1辆。

设有消防车的发电厂，应设置消防车库。

3 各阶段水工工艺设计所需的基础资料

水工工艺专业设计的前期阶段主要是外部资料，如水文、气象、地质、测量等，内部资料主要是各专业用水量资料以及主机的有关资料。下面简单叙述各阶段外部所需基础资料。

3.1 初步可行性研究阶段

本阶段应对影响建厂的主要水文、气象、测量资料，通过收资与调研，作出定性分析，提出建厂的可能性。

(1) 河流最高水位和相应重现期, 判断厂址是否受洪涝威胁; 频率1%的最高水位、潮位或内涝水位; 估算频率97%的最低水位;

(2) 水库、河流、城市再生水、疏干水、城市自来水等有关水源资料;

(3) 多年月最高、最低、平均气温, 极端最高、最低气温;

(4) 多年最大、平均风速及其风向, 全年、夏季和冬季的风向玫瑰图。

(5) 收集包括水源、取排水口、灰场位置的厂址地理位置图(比例:

1: 10000或 1: 50000)、收集海图(比例: 1: 25000或 1: 50000)。

3.2 可行性研究阶段

在前阶段的基础上进一步收集水文、气象、测量资料, 对其中关键性资料, 进行查勘、分析与计算, 提出定量成果。

(1) 频率 1%与0.1%的最高水位, 频率97%与99%的最低水位, 多年逐月平均最高、平均与最低水位, 设计内涝水位;

(2) 水库、河流、城市再生水、疏干水、城市自来水等现状、规划和特性, 分析电厂取水的可靠性, 收集和整理水源的水量、水位、泥沙、水温、水质等有关资料;

(3) 多年月最高、最低、平均气温, 极端最高、最低气温; 最近5年炎热时期频率为10%的日平均湿球温度及相应的日平均干球温度、相对湿度、风速和气压。

(4) 多年最大、平均风速及其风向, 典型年的全年各小时的风速、风向, 全年、夏季和冬季的风向玫瑰图。

(5) 收集包括水源、取排水口、灰场位置的厂址地理位置图(比例: 1: 10000或 1: 25000)。海洋取水时, 取排水口地段海底地形图(比例: 1: 2000), 测至频率0.1%最高潮位, 水下测至频率99%最低水位以下5—8米。

3.3 初步设计阶段

在厂址审定的基础上, 进一步进行调查、收资、分析与计算, 取得可靠的基本资料, 对前阶段的成果数据加以充实与论证, 全面准确的提供水文、气象等设计数据。对于复杂地区应进行专门勘测, 以弥补现有资料的不足, 以满足初步设计的需要。

另外, 业主需提供如水资源论证专题报告、环境评价专题报告、厂址防洪专题报告等。

收集消防部门对电厂的消防设施的有关要求及地方规定。

3.4 施工图阶段

施工图阶段主要的外部资料是接入水源管道的具体位置、标高、水量、水

质压力、水温等；排入市政管网的水位置、标高、管径等。

4 设计和审查中常遇到的问题

4.1 关于水源

(1) 可研时要求完成水资源论证，取得主管部门批复文件。其中污水处理厂、煤矿与水库尚未开工建设时，应说“水源基本落实”，并要求同步建设。

(2) 当用煤矿疏干水作为电厂水源时，应以最小疏干水量减已用水量供电厂。

(3) 当用污水处理厂再生水作为电厂水源时，应有备用水源，如 2 个以上的污水处理厂再生水互为备用，需要对水资源进行论证，并满足 97%的保证率。

4.2 耗水量和耗水指标的定义

耗水量(t/h)：火力发电厂耗水量指净耗水量，不包括原水预处理自用水量。

设计耗水指标($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{GW}$)：火力发电厂设计耗水指标按夏季 $P=10\%$ 气温(或水温)条件计算的耗水量除以机组容量求得。

4.3 耗水量指标

因地制宜选择和确定耗水指标

机组类型	冷却方式	耗水指标 ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{GW}$)	备注
单机容量 300MW 及以上 燃煤凝汽机组	带冷却塔的循环 供水系统	$\leq 0.6 \sim 0.7$	在缺水地区 宜控制到较 低水平
单机容量 300MW 及以上 燃气—蒸汽联合循环凝 汽机组	带冷却塔的循环 供水系统	≤ 0.35	
单机容量 300MW 及以上 燃煤凝汽机组	直流供水系统	$\leq 0.08 \sim 0.10$	在缺水地区 宜控制到较 低水平
单机容量 300MW 及以上 燃煤凝汽机组	空冷系统	≤ 0.12	

注：在申请取水指标时，一般在设计耗水指标的基础上加原水预处理自用水量，当水源为高含沙水体（如黄河水）或再生水时更应重视。但取水指标不得超过《取水定额第一部分：火力发电》（GB/T18916.1-2002）规定的装机取水量定额指标。按照该定额的说明，还应为运行初期留有 10% 的裕度。

4.4 年用水量计算方法

(1) 对湿冷再循环电厂：[年总取水量万 m^3/a]=[设计取水量 m^3/h] \times 年利用小时数 $\times 1.1$ ；

(2) 对直流供水和空冷电厂：[年总取水量万 m^3/a]=[设计取水量 m^3/h] \times 年运

行小时数 $\times 1.1$ 。

4.5 专职消防队的设置问题

《中华人民共和国消防法》第三章第二十八条明确：大型发电厂应当建立专职消防队，承担本单位的火灾扑救工作。

如果电厂附近已建或规划拟建消防站，应争取把电厂所配消防车交当地消防部门统一使用，利用已建或规划拟建的消防站满足电厂消防要求，电厂不建消防车库、不配专职消防队，项目法人应与当地消防部门协商并取得同意文件。

如果电厂附近没有消防站，则电厂应自建消防车库并配专职消防队。

4.6 高扬程水泵选择

为节约用地、降低工程投资并便于运行管理，根据现有工程取水泵和补给水泵配置方案，以及技术交流会和设备国际公开招标经验，当水泵输送介质为清水、水泵 $H \leq 3.00\text{MPa}$ 时，可考虑一级升压，中间不设置升压泵房。

4.7 水工专业试验项目掌握原则

水工专业设计受建厂条件影响大，工程情况差异大，可针对具体工程情况进行必要试验研究工作。

4.7.1 对于水文、泥沙等条件复杂的地表水取水工程，应进行取水防沙和温排水物理模型试验研究。

4.7.2 因条件限制，难以利用现有试验成果和已建类似进水流道的实际资料进行设计时，应进行水力模型试验。

4.7.3 扩建工程需在初期坝基础上建设子坝时，需进行勘察工作，必要时可进行灰坝渗流试验和计算研究。

4.7.4 6000m^2 及以上的大型冷却塔或冷却塔设计有新内容时，宜进行冷却塔热力考核试验。

4.8 冷端优化与背压

4.8.1 在可研阶段应进行初步优化，提出设计气温及设计背压；在初设阶段根据主机和空冷系统招标结果与汽机厂提供的资料，结合设计条件再进行详细优化。

4.8.2 优化工作应符合下列要求：

按 100%、75%与 50%TMCR 工况进行优化；

按接入系统提供的年利用小时数，根据区域电网负荷曲线进行年运行小时分配。当缺少电网负荷曲线时，可参照 300~600MW 机组主厂房参考设计审查时规定的年运行小时分配意见或平均负荷率进行分配。

4.8.3 直接空冷系统的优化计算应符合下列要求：

结合空冷系统布置，采用对各个可变参数的不同组合，通过热力、空气动力及经济计算，进行多方案的比较；

根据典型年干球温度统计表按 5℃以上年加权平均法（5℃以下按 5℃计算）计算设计气温，并根据典型年小时气温条件，结合不同末级叶片的汽轮机特性和系统布置，按年总费用最小法优化确定设计气温下的 ITD 值及设计背压、最佳的空冷凝汽器面积、迎面风速、冷却单元数、空冷平台高度、轴流风机选型及经济配置等。

4.8.4 设计背压

收集厂址附近气象站近十年的大气温度、风向与风速资料；

当厂址附近地形复杂，必要时可设临时气象站，取得一年以上的实测资料，以便与气象站收资进行对比分析；

根据设计气温优化确定设计背压。

加上经过初步优化选择的散热器规模以及冷却塔或机力通风机参数相关的 ITD 值求出设计背压，进行化整。

4.8.5 夏季背压

根据优化的空冷系统配置方案推算夏季背压。

考虑精处理耐温与锅炉的匹配。

4.8.6 阻塞背压

堵塞背压不宜脱离运行实际，定的过低；

直接空冷系统不宜低于 8Kpa；

间接空冷系统不宜低于 6Kpa。

4.8.7 报警与跳闸背压

报警与跳闸背压与夏季背压之间应留有适当的裕度，防止在大风等不利突发条件下机组跳闸；

报警与跳闸背压应由汽机厂认可，保证机组运行安全。

4.9 濒临大海、大江（河、湖）电厂供水系统选用

当水源条件许可时，濒临大海、大江（河、湖）的火力发电厂原则上宜采用直流供水系统，有利于电厂节能、节水，电厂的排水温升值应满足水质标准规定要求。当排水温升超标时，应调整排水方案以满足要求或征得环保部门同意。

征收水资源费对滨江（河、湖）电厂选用直流供水系统影响较大，建议有关部门按国家规定合理收取水资源费。从节约用水角度考虑，直流供水电厂不宜按取排水量征收水资源费和排污费，建议按耗水量征收水资源费（参照带冷却塔的循环供水系统电厂），或按实际发电量征收水资源费（见国务院令第 460 号）。当实际征收的水资源费较高、使得采用直流供水系统不经济时，则也可选用带冷却塔的循环供水系统。

4.10 机力塔的使用范围与条件

当湿冷机组需要配冷却塔时，一般配逆流式自然通风冷却塔。当机组容量不大、利用小时不高，且地处高温高湿地区、高烈度地震区或地基处理量大、场地较为狭小难于布置自然塔时，可对自然塔和机力塔进行技术经济比较，如果技术经济比较结果机力塔较优，且项目法人也同意使用时，则可以采用机力塔。

5 控制工程造价的措施

水工专业在控制工程造价方面主要进行下面几个方面：

- （1）取排水的方案优化；
- （2）循环水泵和循环水管沟的优化；
- （3）泵房布置的优化；
- （4）长距离输水管的布置、管材、管径等方面的优化；
- （5）空冷系统选择的优化，冷却面积和单元数的优化。
- （6）辅机冷却水系统方式的优化。