ICS27.140
P59
备案号:J228-2003

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5179-2003

水电水利工程混凝土预热系统设计导则

Design guide for concrete preheating system of hydropower and water conservancy project

2003 - 01 - 09 发布　　2003 - 06 - 01 实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会　发布

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

目　　次

前言 …… III
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 2
3　总则 …… 3
4　设计条件 …… 4
5　一般规定 …… 5
6　预热方式及选择 …… 6
7　预热工艺流程及预热设施布置 …… 7
7.1　骨料储存与供应 …… 7
7.2　混凝土组成材料预热 …… 7
7.3　混凝土拌和与运输 …… 9
8　预热系统规模及热负荷 …… 10
9　设备选择与布置 …… 12
9.1　加热设备 …… 12
9.2　锅炉及锅炉房 …… 14
10　管道及管道保温设计 …… 16
11　安全防火与环境保护 …… 19
12　主要技术指标 …… 21
附录 A（资料性附录）　混凝土拌和物、拌和水及骨料最高允许温度 …… 22
附录 B（资料性附录）　混凝土各组成材料的加热温度 …… 23
附录 C（资料性附录）　专设骨料预热料仓容积 …… 25
附录 D（资料性附录）　混凝土在拌和、运输、转载、浇筑过程中的温度降低值计算 …… 26
附录 E（资料性附录）　混凝土预热系统预热强度 …… 28

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附录 F（资料性附录） 骨料加热所消耗的热量 …… 29
附录 G（资料性附录） 拌和用水加热所消耗的热量 …… 31
附录 H（资料性附录） 建筑物采暖热负荷 …… 32
附录 I（资料性附录） 蒸汽直接加热骨料设备的选择计算 …… 33
附录 J（资料性附录） 蒸汽（或热水）间接加热骨料设备的选择计算 …… 34
附录 K（资料性附录） 主要技术指标表 …… 36
条文说明 …… 37

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

前　言

根据国家经济贸易委员会《关于下达 2001 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（电力［2001］44 号文）的有关规定，水电水利规划设计总院委托东北勘测设计研究院负责本标准的编写工作。

制定本标准是为了提高我国水电水利工程混凝土预热系统设计水平，保证设计质量。

本标准编写经历了编制提纲、调查研究、导则编写三个阶段，先后提出了标准的征求意见稿、送审稿和报批稿。水电水利规划设计总院分期组织了对提纲、各文本内容等方面的讨论、函审和审查，在吸取我国已建混凝土预热系统设计、施工、生产经验的基础上，参考了原苏联等国外有关资料，通过多次调整和修改，最后定稿。

本标准的附录均为资料性附录。

本标准由水电水利规划设计总院提出并归口。

本标准由水电水利规划设计总院负责解释。

本标准起草单位：东北勘测设计研究院。

本标准主要起草人：曹正骅、苏石、林淀翔、徐根业。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

1 范　　围

本标准规定了水电水利工程混凝土预热系统设计的基本要求，适用于编制大、中型水电水利工程可行性研究报告和施工组织设计文件。编制预可行性研究阶段和招标设计阶段的施工组织设计文件亦可参照使用。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB13271 锅炉大气污染物排放标准

GB16297 大气污染物综合排放标准

GBJ16 建筑设计防火规范

GBJ19 采暖通风与空气调节设计规范

SDJ338 水利水电工程施工组织设计规范（试行）

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

3 总 则

3.0.1 混凝土预热是低温季节混凝土温度控制设计和施工中的一项重要措施。做好混凝土预热系统设计，对加快工程建设速度、保证混凝土施工质量、降低工程造价，有着十分重要的作用。为提高水电水利工程混凝土预热系统的设计水平，特制定本标准。

3.0.2 混凝土预热系统设计，除应执行 SDJ338 的规定并按本标准确定的原则进行设计外，还应符合国家、行业现行相关标准的有关规定。

3.0.3 本标准所指的混凝土预热，涉及的工作范围为低温季节混凝土施工中骨料的储存与运输，混凝土的拌和与运输，混凝土组成材料的加热、制热和供热等方面。

3.0.4 混凝土预热系统的设计工作内容包括：

1 确定混凝土预热的工作期限。

2 按照低温季节施工特点，提出骨料储存、堆放及运输的特殊措施。

3 确定混凝土组成材料的预热方式、预热强度及不同时段的不同预热要求。

4 确定混凝土预热系统的总热负荷、锅炉房供热的热负荷及锅炉房的规模。

5 生产车间、辅助车间、胶带机廊道的保温与采暖设计。

6 水管、蒸汽管道及外加剂管道的敷设与保温设计。

7 根据混凝土各组成材料的预热温度，确定各组成材料向拌和机投料的次序，并确定拌和设备。

3.0.5 混凝土预热系统的规划设计，应与砂石料系统和混凝土系统的设计结合进行，统筹规划。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

4 设 计 条 件

4.0.1 混凝土预热系统设计前，应收集工程所在地的自然资料，进行现场调查，布置必要的勘测任务。

4.0.2 应具备低温季节历年逐月、逐日的平均气温资料，低温季节各月的平均风速、主要风向及其平均频率，低温季节的降雨量、降雪量及降雨降雪的天数。

4.0.3 应具备当地的洪水资料，收集厂区地下水位及土壤的渗透系数，土壤冻结深度，混凝土拌和用水、锅炉用水水源的水质水温。

4.0.4 应具备厂区 1:1000～1:2000 比例尺的地形测量图、厂区地质柱状图、边坡稳定性资料及各层土壤的物理力学性能资料。

4.0.5 应具备水工枢纽布置图和各建筑物的混凝土工程量及其级配、标号。

4.0.6 应具备施工方法、施工总布置和施工总进度方面的有关资料。

4.0.7 应具备不同季节混凝土浇筑温度及其他温控措施方面的资料。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

5 一 般 规 定

5.0.1 日平均气温连续 5d 稳定在 5℃以下或最低气温连续 5d 稳定在-3℃以下时，混凝土施工进入低温季节施工期。进行低温季节混凝土施工的工程，混凝土生产系统应建立混凝土预热设施。

5.0.2 混凝土浇筑温度由温控计算确定，其值对于大坝不宜低于 5℃，对于厂房不宜低于 10℃，但该值也不宜过高。

5.0.3 混凝土出机口温度是混凝土预热系统设计的基本参数，应根据混凝土浇筑温度及混凝土在运输、浇筑、振捣过程中的热损失来确定。混凝土出机口温度的最大允许值不得超过附录 A 规定的数值。

5.0.4 室外计算温度应按 GBJ19 的规定，采用历年平均不保证 5d 的日平均温度。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

6 预热方式及选择

6.0.1 水加热可采用在水箱内蒸汽直接加热、蒸汽间接加热和电加热的方法，也可采用热水锅炉直接加热等方法。

6.0.2 砂子预热宜采用蒸汽间接加热、热水间接加热的方法，也可采用蒸汽直接加热、电加热等方法。

6.0.3 粗骨料预热宜采用蒸汽间接加热、热水间接加热的方法，也可采用蒸汽直接加热、电加热、热风加热等方法。

6.0.4 外加剂不宜用蒸汽直接加热。外加剂加热应在外加剂稀释桶内进行。稀释外加剂的水应为热水，热水水温应以不丧失外加剂的作用为限。

6.0.5 水泥不得以任何方式加热。

6.0.6 在混凝土拌和楼料仓中预热骨料时，不得采用蒸汽直接加热法。

6.0.7 对于既要预热、又要预冷的工程，应优先采用料仓热风加热法。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

7 预热工艺流程及预热设施布置

7.1 骨料储存与供应

7.1.1 采用水力冲洗筛分的骨料，在进入低温季节施工前，应将低温季节施工所需的全部骨料进行生产储备。骨料储备量宜为进度安排低温季节施工需要量的 1.25 倍。

7.1.2 低温季节施工储备的骨料，应采取防冻措施。

7.1.3 不得采用含有食盐溶液的化学制剂来提高砂石骨料的抗冻能力和松散性。

7.1.4 低温季节施工用的砂子，应控制其含水率不大于 3%。

7.1.5 在气温低于-15℃、用车辆远距离运送砂石料时，应在车箱底板设置加热保温设备。

7.2 混凝土组成材料预热

7.2.1 外加剂稀释应与水预热相结合，在专设的热水泵房内进行。热水泵房的位置应尽量靠近拌和楼（站）。

7.2.2 骨料预热宜在混凝土系统的下述部位进行：

1 混凝土系统的露天骨料堆料场内。

2 专门设置的骨料预热料仓内。

3 鼓筒加热器等专门的骨料预热设备内。

4 混凝土拌和楼（站）的骨料贮仓内。

5 混凝土拌和机内。

7.2.3 骨料预热可采用一阶法或二阶法。

1 一阶法预热宜在混凝土拌和楼（站）的骨料贮仓内进行。

2 二阶法预热先在露天骨料堆场（或骨料预热料仓）内解冻和加热骨料，然后在拌和楼（站）的骨料贮仓内加热到要求的温

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

度，或先在露天堆料场（或骨料预热料仓）内把骨料加热到要求的温度，而在拌和楼（站）的骨料贮仓内仅进行保温加热。

7.2.4 当室外日平均气温在-1℃～5℃之间、骨料尚未冻结时，混凝土组成材料的预热只需要加热拌和用水。当室外日平均气温降至-1℃以下时，混凝土组成材料的预热，不但拌和用水必须加热，砂石骨料亦应加热。若粗骨料比较干燥，无冰块、雪团，颗粒表面附着的冰层极薄，不影响运输、储存和计量时，只要热平衡能达到要求，可以不预热。

7.2.5 混凝土出机口温度和骨料的加热温度不应超过附录 A 所列最高允许温度。拌和水的加热温度不宜超过附录 A 所列最高允许温度。

7.2.6 粗骨料不预热时，拌和水的加热温度也可以超过最高允许值。此时，向拌和机投料的顺序必须改变，应先投入拌和水和骨料（或部分骨料），然后再投入水泥和剩余的骨料。

7.2.7 混凝土各组成材料的加热温度，应根据混凝土出机口温度，按照热平衡原理，运用加热温度的选择原则，通过计算确定。混凝土各组成材料加热温度的计算公式参见附录 B。

7.2.8 对于没有冻块和冰层的骨料，混凝土各组成材料的加热应首先采用水加热。当加热水不能满足要求时，再考虑加热砂石骨料，并根据选用的预热方式和加热设备，确定优先加热砂子或粗骨料。

7.2.9 对于有冻块和冰层的骨料，混凝土各组成材料的加热方式应先安排解冻骨料，将其加热到 5℃，然后按 7.2.8 的加热方式选用。

7.2.10 骨料预热料仓（堆）的位置应靠近混凝土拌和楼（站）。

7.2.11 骨料预热料仓（堆）的型式应根据地区气温条件来确定。当地最低月平均气温在-10℃以上的地区，可采用露天料堆内埋设蒸汽管的形式。最低月平均气温在-10℃以下的地区，宜采用仓式地面预热料仓或半地下式、地下式预热料仓。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

7.2.12 专设骨料预热料仓，其容积的确定方法参见附录 C。仓内应分格，每种规格的骨料仓不宜少于 2 格。

7.3 混凝土拌和与运输

7.3.1 低温季节生产混凝土的拌和设备，除按正常生产要求选择配置外，宜选用单机容量大的拌和机和大容量的拌和楼。有多座拌和楼时，可只选其中 1～2 座。

7.3.2 选择混凝土拌和楼（站）时，应充分考虑投料顺序。

7.3.3 低温季节混凝土的拌和时间比常温下混凝土的拌和时间要长，该拌和时间宜通过试验来确定。当无试验资料时，可取常温下拌和时间的 1.2 倍～1.5 倍，并以此值来确定低温季节混凝土拌和设备的拌和能力。

7.3.4 在拌和楼（站）附近应设有蒸汽、热水冲洗拌和设备和运输设备等设施。

7.3.5 混凝土系统拌和楼（站）的布置应考虑低温季节施工的需要，其位置应靠近混凝土浇筑地点。运输设备宜单一化，使用大体积运输容器，不卸罐，不转载，加快运输速度。

7.3.6 当大气温度低于-10℃时，混凝土的运输工具要保温，混凝土装卸部位及浇筑地点的出入口要有可靠的防风设施。

7.3.7 低温季节不宜采用泵送混凝土，当采用混凝土泵输送时，应把混凝土泵安装在保温采暖的建筑物中。当气温低于 0℃时，混凝土泵的输送管道应保温。

7.3.8 混凝土在拌和、运输、转载、浇筑过程中的温度降低值的计算方法参见附录 D。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

8 预热系统规模及热负荷

8.0.1 混凝土预热系统的规模应以低温季节混凝土的浇筑强度及系统的总热负荷来表达。

8.0.2 混凝土组成材料的预热强度按低温季节混凝土高峰月的浇筑强度来确定，计算公式参见附录 E。

8.0.3 预热系统的总热负荷为系统内同时出现的各项耗热量之和，其数值应按下列各项耗热量求出：

1 加热粗骨料所消耗的热量。

2 加热砂子所消耗的热量。

3 拌和用水和外加剂稀释液加热所消耗的热量。

4 混凝土拌和楼（站）放料口热空气幕加热空气所消耗的热量。

5 冲洗设备用的热水所消耗的热量。

6 混凝土系统建筑物采暖所消耗的热量。

8.0.4 粗骨料和砂子加热所消耗的热量，应按照预热工艺，根据骨料预热强度及其最终要求的加热温度来进行计算。计算公式参见附录 F。

8.0.5 拌和水（或外加剂稀释液）加热所消耗热量的计算公式参见附录 G。

8.0.6 骨料、水泥和水的初始温度可按表 8.0.6 近似选用，有条件时，可由实测资料和类似工程经验补充论证确定。

表 8.0.6 骨料、水泥和水的初始温度

材料名称	初始温度	备 注
骨料	室外气温	骨料由远处运来
	1/2 室外计算温度	就近骨料堆取料
水泥	3℃～5℃	拌和楼内存放 1d～2d
	0℃～-15℃	从水泥仓库运来
水	2℃～5℃	

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

8.0.7 骨料的含水率 i 可按以下规定近似选用：对于砂子，取 i=0.03～0.06；对于粗骨料，取 i=0.01～0.03；露天料堆及自然脱水时间短的取大值。有条件时，可由实测资料和类似工程经验补充论证确定。

8.0.8 采暖室外计算温度等于或低于-20℃的地区，混凝土拌和楼（站）放料层的放料口上，宜设置热空气幕。

8.0.9 设备冲洗用水的水温宜取 40℃。一个料罐冲洗台的耗水量为 10L/s～20L/s，水压为 0.2MPa～0.3MPa。所耗热量的计算方法同 8.0.5。

8.0.10 混凝土拌和系统内，应进行保温与采暖的生产部位有：骨料预热料仓，混凝土拌和楼（站），外加剂间，胶带输送机的地面廊道、地下廊道及其转料房、洗罐间、空压机房、机修间、办公室、实验室等建筑物。

8.0.11 建筑物采暖热负荷的计算方法参见附录 H。

8.0.12 混凝土拌和楼（站）及胶带输送机地面廊道等建筑物的防寒保温应按照当地气温标准进行设计。其围护结构保温材料的选择应根据施工临时工程的特点，选用价格便宜、易于施工、导热系数小、具有阻燃性和燃烧后不产生有毒气体的材料。

8.0.13 围护结构的传热面积计算应符合下列规定：

1 门、窗的传热面积，按墙上的门、窗洞口最小净尺寸确定。

2 外墙的传热面积，长度按从一端外墙外表面到另一端外墙外表面计算。高度按从地面上表面到外墙内表面与屋盖上表面交线的垂直距离计算。

3 地面和天棚的传热面积，从外墙内表面算起。

8.0.14 大型临时与永久相结合的建筑物，采暖热负荷的计算应遵照 GBJ19 的规定。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

9 设备选择与布置

9.1 加 热 设 备

9.1.1 蒸汽直接加热骨料的加热管道，在设计和布置上应当注意：

1 在料堆中用蒸汽针加热骨料时，蒸汽针的直径通常取25mm～60mm，蒸汽针间的中心距离控制在 lm 左右，被加热骨料的上面宜用帆布覆盖保温。

2 在料仓中用蒸汽直接加热骨料时，蒸汽管道的直径通常取50mm～100mm，管间中心距离控制在 1.0m～1.5m 之间。

3 每根管子上的孔眼宜做梅花状布置，孔眼直径取 3mm～5mm，孔间距取 200mm～400mm。

4 管子上的孔眼数目，实际取用值应比计算值增加 2 倍。

5 管道布置应与骨料移动方向一致。

6 热媒宜选用 0.2MPa～1.1MPa 大气压的饱和蒸汽。

9.1.2 蒸汽直接加热骨料时，加热设备的选择计算方法参见附录 I。

9.1.3 蒸汽（或热水）间接加热骨料的加热设备，在设计和布置上应当注意：

1 为便于夏季检修和拆除，加热设备宜设计成片状组装体（钢排管）。

2 排管应垂直布置，并列排列。管间中心距离，对粗骨料不应小于 0.6m，对砂子不应小于 0.5m。

3 管道要结实光滑，采用厚壁无缝钢管，管径不宜小于 50mm。

4 管道布置应考虑到能放空所有积水，不应在管道中设置阻碍蒸汽通过的易积水的阀门、弯头和 U 形管。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

5 对于蒸汽间接加热骨料，热媒宜选用 0.4MPa～0.5MPa 大气压的饱和蒸汽；对于热水间接加热骨料，热媒宜选 70℃以上的热水。

9.1.4 蒸汽（或热水）间接加热骨料时，加热设备的选择计算方法参见附录 J。

9.1.5 骨料预热料仓的设计，宜符合下列要求：

1 料仓的锥形部分宜设计成与水平面有 55°～60° 的倾角。

2 料仓的外表面积与其体积之比宜取最小值。

3 料仓的内壁，特别是砂仓的内壁，不宜设置横肋、突缘和其他突出部分。

4 卸料孔应沿料仓的纵轴线布置。

5 料仓的装料口和卸料口，宜设置远红外线加热器、热空气幕等防漏风装置。

6 布置在仓内的加热排管，应保证仓内骨料均匀受热，排管应被骨料充分掩埋。

7 仓内宜安设测温装置。

9.1.6 拌和楼（站）骨料贮仓内的加热设备采用蒸汽间接加热排管。排管的布置与计算要求同 9.1.3 和 9.1.4。

9.1.7 蒸汽间接加热拌和用水的设备，在用水量较大的情况下，可选用定型产品——汽水热交换器；在用水量不大的情况下，可采用在水箱内装设蛇形盘管加热。蒸汽直接加热拌和用水的设备，可采用在水池或水箱内用带孔的蒸汽管加热。

9.1.8 混凝土系统内临时建筑物的采暖设备，宜采用钢排管散热器。对于大型临时与永久相结合的建筑物，宜采用片式散热器、远红外线等采暖。

9.1.9 在胶带输送机廊道内，宜采用管道采暖，管道沿胶带机纵向布置，在输送机的整个长度上，沿机架两侧各安装一根。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

9.2 锅 炉 及 锅 炉 房

9.2.1 锅炉房的设计容量，应按锅炉供热总热负荷来确定。锅炉供热总热负荷除包含 8.0.3 所规定的预热系统总热负荷外，还包括混凝土浇筑暖棚供热所耗的热量、基础岩面（或混凝土表层）加热所耗热量、施工现场其他建筑物采暖所耗的热量、骨料预热料仓及热力管道的热损失、锅炉房的自用热量等。

9.2.2 锅炉的选择，应综合考虑如下要求：

1 能满足供热参数的要求。

2 能有效地燃烧所采用的燃料。

3 具有较高的热效率。

4 能有效地适应热负荷变化。

5 应有利于环境保护。

6 基建和运行管理费用低。

7 宜优先选用快装锅炉。

9.2.3 锅炉的总台数，应根据锅炉房的设计容量确定，同时兼顾热负荷的调度、锅炉检修等工况，按所有运行锅炉在额定蒸发量工作时，能满足锅炉房的最大热负荷的原则来确定。

9.2.4 锅炉台数不宜少于 2 台，采用机械加煤的锅炉台数不宜超过 4 台；采用手工加煤的锅炉台数不宜超过 3 台。

9.2.5 锅炉房不宜设置备用锅炉。

9.2.6 锅炉燃煤的煤种就近选择。

9.2.7 煤场的总储煤量应根据煤源远近、供应的均衡性和交通运输方式等因素确定，应符合下列要求：

1 用火车和船舶运煤，煤场的总储煤量为 10d～25d 的锅炉房最大耗煤量。

2 用汽车运煤，煤场的总储煤量为 5d～10d 锅炉房最大耗煤量。

9.2.8 煤场一般为露天设置。对于经常性的连续降雨地区，宜设

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

置防雨棚，将煤场的一部分进行覆盖，覆盖部分的储煤量为 3d～5d 锅炉房最大耗煤量。

9.2.9 灰渣场的储量宜为 3d～5d 锅炉房最大灰渣排除量。灰渣量可根据所采用燃料煤的灰分进行计算。

9.2.10 锅炉房位置应选择在交通方便、靠近热负荷比较集中的地区，锅炉房的地面标高应高出 SDJ338 规定的洪水标准相应洪水位 0.5m 以上。

9.2.11 锅炉房的面积和高度应符合下列要求：

1 锅炉的操作地点和通道的净空高度不小于 2m；锅炉和省煤器等上部，当不需要操作时，其净空高度不小于 0.7m。

2 锅炉前端、侧面和后端与建筑物之间的净距，满足操作、检修和布置辅助设施的需要。

3 炉前距离不小于 4m。

4 锅炉侧面和后端的通道净距不小于 1.5m。

5 有更换锅炉管束和其他附件的空间。

6 锅炉房内设置的回水池及储水箱，容量满足总蒸发量 40min～1h 的需要。

9.2.12 锅炉房建筑物布置应符合锅炉房工艺布置的要求，同时符合土建工程中通用的建筑物模数和标准。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

10 管道及管道保温设计

10.0.1 供热管道布置应符合下列要求：

1 管道的主干线应通过热负荷集中区域，其走向宜平行于混凝土系统的主要建筑物。

2 根据地形特点因地制宜布置管线，注意避开地质不良地段和洪水对管线的影响。

3 管道不宜穿越水泥库、砂石骨料堆场、交通主干道等。

10.0.2 室外供热管道的敷设，可采用地下敷设和架空敷设两种方式。对于地下构筑物多、地下水位高、年降雨量较大、土壤具有较强腐蚀性或地质上有特殊障碍的地区，不宜采用地下敷设方式。

10.0.3 直接埋地敷设的供热管道，应符合下列要求：

1 管道保温层外壳的底部，距地下水最高水位不小于 0.5m。

2 管道保温层外表面有良好的防水防腐层。

3 在管道转弯处及安装伸缩器处，设置可供管道热补偿用的可渗水短沟，短沟两端宜设置导向支架。

10.0.4 地下敷设的管道穿越铁路和公路时，其交叉角不宜小于 45°；管顶距铁路轨面应不小于 1.2m，距道路面应不小于 0.7m；敷设在铁路和不便开挖的道路下面的管段应加套管，套管的两端伸出铁路路基和道路边缘应不小于 1m；铁路路基和道路边缘有排水沟时，应延伸出排水沟边 1m。套管内的管段应采用无缝钢管及焊接连接，并减少焊口。

10.0.5 管道地沟的敷设，可采用不通行地沟、半通行地沟和通行地沟三种方式。

1 当管道数量少且管径小时，宜采用不通行地沟。

2 当管道通过不允许经常开挖的地段且采用架空敷设不合理时，或管道数量较多、采用不通行地沟敷设的沟宽受到布置限制

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

时，宜采用半通行或通行地沟。

3 当地沟内任一侧管道的排列高度（包括保温层在内）大于或等于 1.5m 时，可采用通行地沟。

10.0.6 各种型式的地沟断面按下列尺寸确定：

1 管道或保温层外表面至以下各处的净距离：

沟壁 100mm～150mm；沟底 100mm～200mm；沟顶（通行或半通行地沟）200mm～300mm；沟顶（不通行地沟）50mm～100mm。

2 两管道保温层外表面之间的距离为 100mm～150mm。

3 通行地沟净高不宜小于 1.8m，通道净宽不宜小于 0.7m。并通行地沟净高为 1.2m～1.4m。单侧布置管道时，通道净宽不宜小于 0.5m；双侧布置时，净宽为 0.6m～0.7m。

10.0.7 在地下水位高、地形高低起伏变化大、地下建筑物较多，或因铁路、公路阻碍管道不易通过的地区，供热管道的敷设宜采用架空敷设，架空管道按不同情况，采用低、中、高支架敷设，并应符合下列要求：

1 在不妨碍交通的地段，宜采用低支架敷设，此时管道保温层与地面的净距离不小于 0.5m。

2 通过人行道地段，可采用中支架敷设，净空高度不小于 2.5m。

3 当交通要求或管道跨越铁路、公路时，采用高支架敷设。跨越铁路时，净空高度不小于 5.5m；跨越公路时，净空高度不小于 5m。

10.0.8 管道应设坡度，其坡度需满足泄水排空要求。管道的坡度应按下列规定采用：

1 热水管及坡度与蒸汽流动方向相同的蒸汽管，其坡度不小于 0.2%。

2 坡度与蒸汽流动方向相反的蒸汽管，其坡度不小于 0.5%。

3 凝结水管的坡度与蒸汽流动方向一致，坡度为 0.2%～0.5%。

10.0.9 管道的热膨胀应利用管道的 L 形和 Z 形管段作自然补偿。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

当自然补偿不能满足热膨胀要求时，应设置补偿器，包括套管伸缩器、弯管伸缩器、波纹管或球形补偿器。

10.0.10　套管伸缩器和弯管伸缩器的布置应符合下列要求：

1　套管伸缩器布置在固定支架近旁的平直管段上，并在其活动侧装设导向支架。

2　弯管伸缩器布置在两固定点之间的管段中部。当需要在伸缩器两侧的连接管段上设导向支架时，导向支架的安装位置不应影响伸缩器的正常作用。

10.0.11　预热系统中管道材料的选用应符合下列要求：

1　压力大于 1MPa 或温度高于 200℃的蒸汽管道，采用无缝钢管。压力小于 1MPa 或温度低于 200℃的蒸汽管道，可采用焊接钢管。

2　热水管道、凝结水管道及压力小于1MPa且温度低于200 ℃的蒸汽管道，当采用不通行地沟或直接埋地敷设时，均采用无缝钢管；当采用架空、半通行或通行地沟敷设时，可采用焊接钢管或无缝钢管。

10.0.12　供热管道及其附件均应保温，保温层的材料和厚度应通过技术经济比较确定。

10.0.13　选择供热管道的管径时，主干管的最小管径应不小于 40mm；向建筑物供热的支管，其最小管径应不小于 25mm。管道中热媒的流速不宜超过下列数值：饱和蒸汽主管 30m/s～40m/s；饱和蒸汽支管 20m/s～30m/s；凝结水管（泵压水管）0.5m/s～2m/s；凝结水管（自流水管）<0.5m/s；热水管道 0.5m/s～2.5m/s，一般取 1.5m/s。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

11 安全防火与环境保护

11.0.1 混凝土预热系统应做好防冻、防滑、防烫、防火、防爆五项安全防火工作。建筑防火设计应遵照 GB16 中的规定。

11.0.2 锅炉房应为一、二级耐火等级建筑，每小时锅炉的总蒸发量不超过 4t 的燃煤锅炉房，可采用三级耐火等级的建筑。

11.0.3 蒸汽锅炉房应为单独建筑物，不得直接与居住房屋连接；锅炉房与生产房屋、仓库之间的距离应符合防火标准规定。

11.0.4 锅炉房屋面应符合下列要求：

1 当屋顶结构（包括屋架、桁架等）单位面积的质量小于 90kg/m^2 时，屋顶可以是整片的，不必带有采光和通风的气窗。

2 当屋顶单位面积的质量大于 90kg/m^2 时，屋顶应开设防爆气窗，兼作采光和通风用，或在高出锅炉的锅炉房墙壁上开设玻璃窗以代替气窗。开窗面积应不小于全部锅炉占地面积的 10%。

11.0.5 锅炉房应有安全可靠的进出口。当占地面积超过 250m^2 时，每层应不少于两个通向室外的出口，分散在相对的两侧。在单层锅炉房中，如果所有锅炉前面的操作场地的总长度（包括锅炉之间的通道在内）不超过 12m 时，可只设一个出口（地下锅炉房除外）。

11.0.6 锅炉房通向室外的门应向外开。锅炉房内的工作室或生活室等直接通向锅炉间的门，应向锅炉间开。

11.0.7 温度不超过 100℃的采暖管道，通过可燃构件时，与可燃构件的距离应不小于 5cm；温度超过 100℃的采暖管道，距离应不小于 10cm 或采用阻燃材料隔热。锅炉和供热干管表面未做防火保护时，与木材等可燃物的距离不得小于 1m；当距离小于 1m 时，必须用阻燃材料隔热。

11.0.8 混凝土预热系统的环境保护设施应与工程同时设计，同时

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

施工，同时投产。设计中应遵照 GB16297 及国家相关的有关规定。

11.0.9 锅炉房的位置应选择在生活区和施工区常年主导风向的下侧。

11.0.10 锅炉炉渣的堆放，应尽量少占农田，不占良田。应有防止扬散、流失的措施。

11.0.11 锅炉和预热系统其他设施排出的污水，达不到国家规定的排放标准时，应进行污水处理。

11.0.12 锅炉的烟尘排放应采取综合治理措施。排入大气中的有害物质浓度，应符合 GB13271 和国家现行的其他标准的规定。当锅炉的排烟含尘浓度超过烟尘排放标准时，应采取除尘净化措施。

11.0.13 锅炉房的烟囱高度应符合有关标准的要求。在烟囱周围半径 200m 的距离内有建筑物时，烟囱高度应高出最高建筑物 3m 以上。

11.0.14 混凝土预热系统内的噪声及控制，应符合国家现行有关标准的规定。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

12 主要技术指标

混凝土预热系统的设计可通过技术指标反映，主要技术指标参见附录 K。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附 录 A
（资料性附录）
混凝土拌和物、拌和水及骨料最高允许温度

混凝土拌和物、拌和水及骨料最高允许温度见表 A.1。

表 A.1 混凝土拌和物、拌和水及骨料最高允许温度 ℃

序号	水泥品种	混凝土出机口温度	进入拌和机温度	
			水	骨料
1	硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥	30	60	40
2	矾土水泥	25	40	

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附 录 B
（资料性附录）
混凝土各组成材料的加热温度

以下每一个方程式，都含有若干个未知数。解这些方程式时，可按 7.2.8 和 7.2.9 的规定选择。通过选择，在给定某些未知数数值的情况下，计算确定某个未知数，求得的这一数值就是某一组成材料要求加热的温度。

1 对于已解冻的没有冻块和冰层的骨料：

$$t_{jk}=\frac{c_g(W_g t_g+W_s t_s+W_j t_j+W_c t_c)+c_w(W_w-i_g W_g-i_s W_s-i_j W_j)t_w}{c_w W_w+c_g(W_g+W_s+W_j+W_c)}+\frac{c_w(i_g W_g t_g+i_s W_s t_s+i_j W_j t_j)}{c_w W_w+c_g(W_g+W_s+W_j+W_c)} \tag{B.1}$$

2 对于解冻的砂子和未解冻有冻块和冰层的粗骨料：

$$t_{jk}=\frac{c_g(W_g t_g+W_s t_s+W_j t_j+W_c t_c)+c_w(W_w-i_g W_g-i_s W_s-i_j W_j)t_w}{c_w W_w+c_g(W_g+W_s+W_j+W_c)}+\frac{i_g W_g(c_i t_g+q_i)+c_w(i_s W_s t_s+i_j W_j t_j)}{c_w W_w+c_g(W_g+W_s+W_j+W_c)} \tag{B.2}$$

上述式中：

t_{jk}——混凝土拌和物温度，℃；

c_g——骨料、水泥和外加剂的质量热容，一般取 0.92，kJ/（kg·℃）；

c_w——水的质量热容，c_w=4.187kJ/（kg·℃）；

c_i——冰的质量热容，c_i=2.094kJ/（kg·℃）；

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

q_i——冰的溶解潜热，q_i=335 kJ/kg；

W_g——每立方米混凝土中粗骨料的用量，kg/m^3；

W_s——每立方米混凝土中砂子的用量，kg/m^3；

W_j——每立方米混凝土中外加剂的用量，kg/m^3；

W_c——每立方米混凝土中水泥的用量，kg/m^3；

W_w——每立方米混凝土的用水量，kg/m^3；

t_g——拌和前粗骨料的温度，℃；

t_s——拌和前砂子的温度，℃；

t_j——拌和前外加剂稀释液的温度，℃；

t_c——拌和前水泥的温度，℃；

t_w——拌和前水的温度，℃；

i_g——粗骨料的含水率；

i_s——砂子的含水率；

i_j——添加在外加剂中的水占外加剂质量的百分数。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附 录 C
（资料性附录）
专设骨料预热料仓容积

专设骨料预热料仓的容积按式（C.1）计算确定，该容积为有效容积，实际容积尚应计入仓内加热排管所占的体积、料仓的死容积和其他容积：

$$V = k(V_1\tau_1 + V_2\tau_2) \qquad (C.1)$$

式中：

V——骨料预热料仓的有效容积，m^3；

V_1——粗骨料的预热强度，m^3/h；

V_2——砂子的预热强度，m^3/h；

τ_1——粗骨料的加热时间，h；

k——考虑料仓仓格间依次工作的系数；

τ_2——砂子的加热时间，h。

料仓的作业顺序是进料、加热、出料。随作业组织严密程度取 k=1.1～2.0。

骨料加热时间可参考已施工工程的实际加热时间选取。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附 录 D
（资料性附录）
混凝土在拌和、运输、转载、浇筑过程中的温度降低值计算

D.1 混凝土在拌和过程中的温度降低值

在拌和过程中，混凝土的温度降低值同混凝土拌和物与周围环境之间的温度差有关，其值可按表 D.1 取用。当温度差不等于表 D.1 中所列数值时，可用插入法求出相应的温度降低值。

表 D.1 混凝土拌和时的温度降低值 ℃

混凝土拌和物与环境之间的温度差	0	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
温度降低值	0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.5

D.2 混凝土在转运时的温度降低值

混凝土在转运时的温度降低值可参考表 D.2 取用。转运一次是指混凝土由拌和机倒入汽车（或吊罐），或由汽车倒入溜槽，或由溜槽倒入小车。每发生一次“倒入”，即为一次转运。

表 D.2 混凝土在转运时的温度降低值 ℃

混凝土与空气之间的温度差	0	15	20	25	30	35	40
每转运一次的温度降低值	0	0.52	0.65	0.75	0.90	1.00	1.25
混凝土与空气之间的温度差	45	50	55	60	65	70	75
每转运一次的温度降低值	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

D.3 混凝土运输过程中的温度降低值

混凝土在运输过程中的温度降低值可按近似公式（D.1）计算：

$$\Delta t_t = A\ (t_m - t)\ Z \qquad (D.1)$$

式中：

Δt_t——混凝土在运输过程中的温度降低值，℃；

t_m——混凝土出机口温度，℃；

t——室外气温，℃；

Z——运输时间，h；

A——装运混凝土的容器系数。

采用吊罐时，不论用何种工具进行水平运输和垂直提升，A=0.13；敞口式容器，包括自卸汽车车厢运输和胶带输送机运输（100m 以内）时，A=0.20；封闭式自卸汽车运输时，A=0.10；混凝土搅拌车运输时，A=0.25；手推车运输时，A=0.50。

D.4 混凝土在浇筑过程中的温度降低值

混凝土入仓后，经过平仓振捣到上层覆盖，温度降低值按近似公式（D.2）计算：

$$\Delta t_p = 0.17\ (t_m - \Delta t_f - \Delta t_t - t)\ Z \qquad (D.2)$$

式中：

Δt_p——混凝土在浇筑过程中的温度降低值，℃；

t——暖棚内（环境）温度，℃；

Z——平仓、振捣到上层覆盖的时间（即浇筑时间），h；

Δt_t——混凝土在运输过程中的温度降低值，℃；

Δt_f——混凝土在转运过程中的温度降低值，℃。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附 录 E
（资料性附录）
混凝土预热系统预热强度

混凝土预热系统粗骨料、砂子、拌和水的预热强度分别采用式（E.1）、式（E.2）、式（E.3）计算：

$$V_1 = \frac{K_h Q_m W_g}{\gamma_1 MN} \quad (E.1)$$

$$V_2 = \frac{K_h Q_m W_s}{\gamma_2 MN} \quad (E.2)$$

$$V_3 = \frac{K_h Q_m W_w}{\gamma_3 MN} \quad (E.3)$$

上述式中：

V_1、V_2、V_3——分别为粗骨料、砂子、拌和用水的预热强度，m^3/h；

K_h——小时不均匀系数，可取 1.5；

Q_m——低温季节混凝土的高峰月浇筑强度，m^3；

M——高峰月混凝土浇筑天数；

N——日工作小时数，h；

γ_1、γ_2、γ_3——粗骨料、砂子和拌和用水的体积质量，kg/m^3；

W_g、W_s、W_w——每立方米混凝土中粗骨料、砂子用量及用水量，kg/m^3。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附 录 F
（资料性附录）
骨料加热所消耗的热量

粗骨料和砂子加热所消耗的热量，应根据其不同的初始温度及要求的最终加热温度，用式（F.1）～式（F.5）分别计算。

加热 $1m^3$ 骨料所需的热量按式（F.1）或式（F.2）及式（F.6）计算。

1 一阶式预热中，加热没有冻块和冰层的骨料（$t_h>0$）时：

$$Q_{1(2)}=\gamma\left\{\left[c_g(1-i)+c_w i\right](t_k-t_h)+ni(q_z-c_w t_h)\right\} \quad (F.1)$$

2 一阶式预热中，加热有冻块和冰层的骨料（$t_h\leqslant 0$）时：

$$Q_{1(2)}=\gamma\left\{c_g(1-i)(t_k-t_h)+i\left[-c_i t_h+q_i+c_w t_k+n(q_z-c_w t_k)\right]\right\} \quad (F.2)$$

3 二阶式预热的第 1 级中，加热没有冻块和冰层的骨料（$t_h>0$）时：

$$Q'_{1(2)}=\gamma\left\{\left[c_g(1-i)+c_w i\right](t_k'-t_h)+ni(q_z-c_w t_h)\right\} \quad (F.3)$$

4 二阶式预热的第 1 级中，加热有冻块和冰层的骨料（$t_h\leqslant 0$）时：

$$Q'_{1(2)}=\gamma\left\{c_g(1-i)(t_k'-t_h)+i\left[-c_i t_h+q_i+c_w t_k'+n(q_z-c_w t_h)\right]\right\} \quad (F.4)$$

5 二阶式预热的第 2 级中，加热骨料（$t_h'>0$）时：

$$Q''_{1(2)}=\gamma\left\{\left[c_g(1-i)+c_w i\right](t_k-t_h')+ni(q_z-c_w t_h')\right\} \quad (F.5)$$

$$Q_{1(2)}=Q'_{1(2)}+Q''_{1(2)} \quad (F.6)$$

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

$$t'_b = t'_k - \Delta t \qquad (F.7)$$

上述式中：

$Q_{1\,(2)}$——1m³粗骨料或砂子（下标为1时即Q_1表示粗骨料，下标为2时即Q_2表示砂子）加热所消耗的热量，kJ/m³；

$Q'_{1\,(2)}$——二阶式预热的第1级中，1m³粗骨料或砂子加热所消耗的热量，kJ/m³；

$Q''_{1\,(2)}$——二阶式预热的第2级中，1m³粗骨料或砂子加热所消耗的热量，kJ/m³；

γ——粗骨料或砂子的体积质量，kg/m³；

c_g——骨料的质量热容，kJ/（kg·℃）；

i——粗骨料或砂子的含水率；

t_k——粗骨料或砂子加热的最终温度，℃；

t'_k——二阶式预热的第1级中，粗骨料或砂子加热的终了温度，℃；

t'_h——二级式预热的第2级中，粗骨料或砂子加热的初始温度，按式（F.7）计算，℃；

Δt——骨料从第1级预热料仓运到第2级预热料仓途中的热量损失，℃；

t_h——粗骨料或砂子加热的初始温度，℃；

c_i——冰的质量热容，kJ/（kg·℃）；

q_i——冰的溶解潜热，kJ/（kg·℃）；

c_w——水的质量热容，kJ/（kg·℃）；

n——骨料在加热过程中，蒸发的水分占骨料初始含水量的百分数，在预热料仓或露天料堆中用蒸汽排管间接加热时，可取n=0.10，在转动的鼓筒加热器中加热骨料时，可取n=0.20～0.23；

q_z——蒸汽的质量焓，kJ/kg。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附 录 G
（资料性附录）
拌和用水加热所消耗的热量

拌和水（或外加剂稀释液）加热所消耗的热量按式（G.1）计算：

$$Q_3 = \gamma c(t_k - t_h) \qquad (G.1)$$

式中：

Q_3——每立方米拌和水（或外加剂稀释液）加热所消耗的热量，kJ/m^3；

t_k——拌和水（或外加剂稀释液）加热的最终温度，℃；

t_h——拌和水（或外加剂稀释液）的初始温度，℃；

c——拌和水（或外加剂稀释液）的质量热容，若稀释液的质量热容未知，可将水和外加剂的耗热量分开计算，水的质量热容 c_w=4.187kJ/（kg·℃），外加剂的质量热容 c_g=0.92kJ/（kg·℃）；

γ——水的体积质量，γ=1000kg/m^3。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附 录 H
（资料性附录）
建筑物采暖热负荷

建筑物采暖耗热量应按式（H.1）计算：

$$Q_B=KF\ (t_n-t_w)\ a \qquad (H.1)$$

式中：

Q_B——建筑物采暖耗热量，W；

K——围护结构的传热系数，W/（m^2·℃）；

F——围护结构的传热面积，m^2；

t_n——冬季采暖室内计算温度，℃；

t_w——采暖室外计算温度，℃；

a——透风系数，一般建筑物 a=1.00；框架式建筑或建筑在不避风高地上的建筑物，风速小于 4m/s、风力缓和的地方，a=1.25～1.50；风速大于 4m/s，风力强劲的地方，a=1.50～2.00。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附 录 I
（资料性附录）
蒸汽直接加热骨料设备的选择计算

蒸汽直接加热骨料设备的选择按式（I.1）、式（I.2）计算。

1 加热设备的计算放热量：

$$Q_n = \frac{0.278 Q_{l(2)} V_{l(2)}}{\eta} \qquad (I.1)$$

2 加热设备的蒸汽消耗量：

$$G_n = \frac{3.6 Q_n}{q_1 - q_2} \qquad (I.2)$$

上述式中：

Q_n——加热设备的计算放热量，W；

$Q_{l(2)}$——$1m^3$ 粗骨料或砂子加热所消耗的热量，kJ/m^3，下标含义见附录 F；

$V_{l(2)}$——粗骨料或砂子预热强度，m^3/h，下标含义见附录 E；

η——料仓（或料堆）的热耗系数，按附表 I.1 选取；

G_n——加热设备的蒸汽消耗量，kg/m^3；

q_1——蒸汽的质量焓，kJ/kg；

q_2——冷凝水的质量焓，kJ/kg。

表 I.1 料仓热耗系数

仓库形式	热耗系数η		
	砂子	粗骨料	水
露天式	0.75	0.60	0.90～0.95
封闭式	0.85	0.82	

网易 NetEase 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附 录 J
（资料性附录）
蒸汽（或热水）间接加热骨料设备的选择计算

J.1 蒸汽（或热水）间接加热骨料的排管放热面积按式（J.1）计算：

$$F_n = \frac{Q_n}{K_n(t_m - t_c)} \quad (J.1)$$

$$t_m = \frac{t_a + t_b}{2} \quad (J.2)$$

$$t_c = \frac{t_h + t_k}{2} \quad (J.3)$$

上述式中：

F_n——加热排管的放热面积，m^2；

Q_n——加热设备的计算放热量，W，按附录 I 中式（I.1）计算；

K_n——传热系数，加热时间为 0～8h 时，对于砂子 K_n=10.9W/（m^2·℃），对于砾石 K_n=14.8W/（m^2·℃）；加热时间为 8h～16h 时，对于砂子 K_n=10.1W/（m^2·℃），对于砾石 K_n=10.5W/（m^2·℃）；

t_m——热媒的平均温度，℃，当热媒为蒸汽时为饱和蒸汽的温度；当热媒为热水时 t_m 按式（J.2）计算；

t_a——加热排管的进水温度，℃；

t_b——加热排管的出水温度，℃；

t_c——骨料的平均温度，℃；

t_h——骨料的初始温度，℃；

t_k——骨料的终了温度，℃。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

J.2 加热排管的长度按式（J.4）计算：

$$L=\frac{F_n}{\pi d} \qquad (J.4)$$

式中：

L——加热排管的管道总长度，m；

d——管道外直径，m。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附 录 K
（资料性附录）
主要技术指标表

混凝土预热系统主要技术指标见表 K.1。

表 K.1 主要技术指标表

序号	项 目		单 位	数 值	备 注
1	冬季月平均气温		℃		
2	混凝土出机口温度		℃		
3	骨料预热方式	第一阶			
		第二阶			
4	供热介质				
5	预热强度	粗骨料	m^3/h		
		砂子	m^3/h		
		拌和水	m^3/h		
6	预热温度范围	粗骨料	℃		
		砂子	℃		
		拌和水	℃		
7	预热时间	粗骨料	h		
		砂子	h		
8	预热系统总热负荷	粗骨料加热	kJ/h		
		砂子加热	kJ/h		
		拌和水加热	kJ/h		
		建筑物保温采暖	kJ/h		
9	供热总热负荷		kJ/h		
10	耗煤量		t/h		
11	锅炉总容量		t/h		
12	锅炉房建筑面积		m^2		
13	土石方开挖量		m^3		
14	土石方填筑量		m^3		
15	混凝土工程量		m^3		
16	金属结构制作量		t		

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

DL / T 5179 — 2003

水电水利工程混凝土预热系统设计导则

条 文 说 明

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

目　　录

3　总则 …… 39
4　设计条件 …… 41
5　一般规定 …… 42
6　预热方式及选择 …… 46
7　预热工艺流程及预热设施布置 …… 49
7.1　骨料储存与供应 …… 49
7.2　混凝土组成材料预热 …… 52
7.3　混凝土拌和与运输 …… 57
8　预热系统规模及热负荷 …… 63
9　设备选择与布置 …… 68
9.1　加热设备选择与布置 …… 68
9.2　锅炉及锅炉房 …… 74
10　管道及管道保温设计 …… 76
11　安全防火与环境保护 …… 80
12　主要技术指标 …… 81

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

3 总 则

3.0.1 本条指出了水电水利工程建设中混凝土预热系统的重要性。混凝土预热是低温季节混凝土温度控制设计和施工中的一项不可缺少的重要措施。

在低温季节采用预热措施，能有效地恢复骨料的松散性，使骨料能顺利地被运输、计量，并防止混凝土早期受冻，保证水化作用正常进行。

在严寒地区，如前苏联、北欧、北美及中国的东北、西北地区，由于受气候条件的限制，低温季节混凝土施工是很难避免的。例如，导流工程必须选在枯水季节施工，而枯水季节一般又都在低温季节。在这些地区，由于低温季节延续时间很长，低温季节施工的混凝土量也很大。从已建工程的统计资料看，前苏联地区低温季节施工的混凝土量，已占到工程混凝土总量的 50%，如布拉茨克水电站达到了 52%，乌斯季依里姆水电站达到了 53%。

据中国北方地区 10 个工程的统计资料，低温季节施工的混凝土量平均占工程混凝土总量的 30.4%，如桓仁工程达到了 32.6%，拉古哨电站达到了 35%，白山工程达到了 32.7%。如此巨大的混凝土工程量，要求的混凝土预热系统规模也相当大。因此，做好混凝土预热系统设计、提高和完善混凝土预热工艺，不仅是这些地区工程混凝土施工质量的可靠保证，也是缩短工程工期、节省工程投资的重要环节。混凝土预热系统为这些地区混凝土工程的全年均衡施工、工程提前竣工和提前收益创造了条件。

3.0.2 在 SDJ338 中，对混凝土预热系统设计做了几点原则性的规定。本标准是在此基础上做出的具体条文规定。

3.0.5 混凝土预热系统不是一个独立的系统，它是砂石料混凝土系统中的一个子系统，是一个具有低温季节施工特点的混凝土生

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

产系统。因此，在混凝土预热系统的设计中，必须与砂石料系统和混凝土系统结合进行，统一规划和布置。同时也应当适应常温季节混凝土的生产要求。

网易 NetEase 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

4 设 计 条 件

4.0.1～4.0.4 混凝土预热系统所在地区的气象、水文、地质条件是设计必须了解掌握的基础资料之一。气温、风速等气象资料是设计预热系统的依据，了解风向可研究系统对周围环境的影响。建筑结构设计必须了解地质条件；地形资料是布置方案必须掌握的设计依据。

4.0.5～4.0.7 了解水工枢纽布置，各建筑物混凝土工程量及其级配、标号，了解施工总进度方面有关低温季节混凝土施工部位、工程量及进度安排，以及低温季节混凝土浇筑温度及其他温控措施，能了解服务对象对该系统的具体要求。这是确定系统工艺和规模的前提和基本依据。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

5 一 般 规 定

5.0.1 由于低温条件下的混凝土硬化和施工有其特殊性，因而对混凝土生产系统也提出了一系列要求。

混凝土硬化离不开水和温度，水决定水化反应能否进行，温度决定水化反应的速度快慢。对于普通水泥的混凝土硬化，15℃的周围环境温度是正常温度，但随着周围环境温度的改变，混凝土的初凝时间和硬化过程将会发生相当大的变化。这种变化的相对关系，可通过表 1 获得直观的了解。

表 1 各种温度下的水泥初凝时间

温度 ℃	5	10	15	20	25	30
初凝开始	2.50	1.50	1.00	0.70	0.50	0.35
初凝终结	1.85	1.25	1.00	0.75	0.58	0.50

表 1 以 15℃时水泥的初凝时间为单位。可以看出，随着周围环境温度的升高，水泥的初凝时间缩短了；随着周围环境温度的降低，水泥的初凝时间延长，硬化过程急剧地减缓，当周围环境温度降低到 5℃时，水泥的初凝时间延长到 15℃时的 1.85 倍～2.5 倍。因此，当日平均温度降低到 5℃以下时，在工程中必须采取措施，慎重对待。

混凝土早期受冻所受到的损害，对结构物来说是永久性的破坏。在混凝土拌和物中，水的冰点大约为-0.5℃～-2.5℃。当温度低于 4℃时，水的体积就会膨胀，当温度降低到-3℃时，拌和物中 90%的水将被冻结，水化作用基本停止，冻结使混凝土体积膨胀，使水泥黏结力丧失，这时解冻不能恢复原来的状态。

如果在低温季节为新浇筑的混凝土创造一个人工环境，使混

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

凝土拌和物在正温条件下养护一定时间，获得一定强度后再遭冻结，那么解冻后的混凝土就不致于会造成破坏。因为这时已有相当一部分拌和水固定到水化物中去了，混凝土内可能冻结的自由水量很少，即使冻结，引起的内应力也很小。混凝土早期允许受冻临界强度，DL/T5144—2001《水工混凝土施工规范》规定："大体积混凝土应不低于 7.0MPa；非大体积混凝土和钢筋混凝土应不低于设计强度的 85%"。

由此可知，低温季节混凝土施工的特殊性在于要求创造一个条件，使新浇筑的混凝土在获得允许受冻临界强度之前，始终处在正温的养护条件下。在工程实践中，正温的温度不应低于 5℃。这就必须对混凝土的一种或几种组成材料进行加热，使混凝土拌和物蓄有相当的热量。这是低温季节混凝土施工对混凝土生产系统提出的要求，也正是混凝土预热系统所要解决的问题。

5.0.2 低温季节大体积混凝土施工应掌握三条原则：

1 砂石骨料中不能含有冻块，混凝土拌和物应具有一定的温度，并要做到在运输、浇筑、振捣过程中不被冻结。

2 在达到允许受冻临界强度前，新浇筑的混凝土应始终在正温养护之下，不能遭受冻害。

3 混凝土的内外温差和最高温度不能超过规定的数值。

上述三条中，第 1、2 两条是为了防止混凝土早期受冻，第 3 条是为了防止混凝土发生温度裂缝。为防止混凝土早期受冻，浇筑温度越高越好；为防止混凝土发生温度裂缝，浇筑温度则越低越有利。对于大体积混凝土，由于断面大，浇筑以后表面温度虽然很低，内部温度却因水化热不易散发而上升。如果浇筑温度过高，内部温度会很高，内外温差达到一定程度后，内部产生的压应力和外部产生的拉应力会使混凝土发生裂缝。

因此，低温季节大体积混凝土浇筑温度的选择应根据建筑物的特点并兼顾防冻和防裂两方面的要求。SDJ338—1989《水利水电工程施工组织设计规范》规定："混凝土浇筑温度，大坝不宜低

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

于5℃，厂房不低于10℃”。低于5℃时，混凝土强度增长缓慢，波动剧烈；但混凝土浇筑温度也不能选择得太高，这种限制来源于我国的工程实践。如在拉古哨溢洪道修补扩建工程中，低温季节混凝土浇筑温度最初确定为10℃～15℃，在实际施工中，人们又总觉得“温度高一点比温度低一点好”，因此实际上浇筑温度经常在15℃～18℃，最终由于温度高，导致个别坝段发生裂缝。桓仁工程也曾发生过类似情况。

本条提出混凝土浇筑温度的选择范围，目的是在可行性研究阶段无温控计算资料的情况下，使设计者能较合理地选定混凝土的浇筑温度和出机口温度。

5.0.3 混凝土出机口温度指的是混凝土离开搅拌机进入混凝土运输设备时的温度。混凝土出机口温度在数值上等于混凝土浇筑温度加上混凝土在运输、浇筑、振捣过程中的温度降低值。

混凝土出机口温度是混凝土预热系统设计的基本参数。它决定混凝土的预热工艺，并在相当大的程度上反映了工程所在地气候的严寒程度。

准确选择混凝土出机口温度，对混凝土预热系统的设计至关重要。出机口温度选择过低，保证不了浇筑温度；选择过高又会造成经济上的损失。准确选择混凝土的出机口温度，关键在于正确确定混凝土在运输、浇筑、振捣过程中的热量损失。

表2为部分工程在低温季节施工期所选用的混凝土出机口温度，可供参考。

表2 部分工程的混凝土出机口温度 ℃

工程名称	日平均气温			
	5～-5	-5～-10	-16～-20	<-20
青铜峡	5～14	16～20		
八盘峡	7～10	14～18		

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 2（续）

工程名称	日平均气温			
	5~-5	-5~-10	-16~-20	<-20
潘家口	8~12	14~18		
刘家峡	5~14	12~14		
桓仁	10~15	10~15	18~23	
白山		9~11	11~13	13~15
布拉茨克（前苏联）	7~12	8~13	10~16	12~18
克拉斯诺雅尔斯克（前苏联）	7~9	9~11	11~15	

5.0.4 在计算围护结构的基本耗热量时，假设传热过程是在稳定状态下进行的，即各种传热参数都不随时间而改变，其中室外计算温度也采用某一固定数值。但是，在整个供暖期中，室外空气温度是经常变化的，这样就出现室外计算温度究竟采用多少的问题。采用值过低，会造成设备投资的浪费；采用值过高，则不能保证供暖的效果。

综合国内外确定供暖室外计算温度的原则，可以归纳为两种：第一种是根据围护结构的热惰性去选择一个足以影响室内温度的统计周期内的平均温度作为供暖室外计算温度。例如原苏联建筑法规规定：供暖室外计算温度要按 50 年中最冷的八个冬季里最冷的连续五天的日平均气温的平均值来选定。第二种是在实际出现室外温度的基础上进行统计，并允许有一定的时间可以低于设计值，根据不保证时间得出供暖室外计算温度。我国采用第二种方法来确定供暖室外计算温度。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

6 预热方式及选择

6.0.1 水的加热方法很多，在一般小型工程中，用烧水锅炉加热拌和水即可。但在寒冷地区的一些大中型水电水利工程中，热水需要量很大，拌和水加热通常都采用蒸汽直接加热法或蒸汽间接加热法。例如桓仁工程水加热是在专门的热水泵房内进行的，热水泵房内设有两个加热水箱，用蒸汽直接加热，热水供应能力达到 $6m^3/h$。又如白山工程水加热采用蒸汽间接加热，选用的是定型产品——汽水热交换器，把水加热到 60℃。汽水热交换器的优点是加热热量损失小，冷凝水可回收，缺点是加热管容易产生水垢。

在日本和加拿大的一些工程中，为准确控制水温，拌和水加热过程往往分两段进行。例如日本的桂泽坝，拌和水使用的是空气压缩机中排出的冷却水，加热方法是先将空压机冷却水（约 8℃）送入加热水箱，在加热水箱中用 80kW 电加热器把水加热到 60℃，然后送入拌和楼计量水箱中，再用蒸汽把水加热到要求的温度。日本的奥新冠坝，拌和水加热也是先用电加热，然后再用蒸汽补充加热。加拿大的 Des joachims 坝和 Stewartville 坝，先在水箱中用蒸汽直接加热拌和水，然后为补偿热损失，在拌和楼称量水箱中采用蒸汽直接加热法进行校正加热，使水温达到 82.2℃（最高温度）。

6.0.2～6.0.3 关于骨料加热，国内外广泛地运用着多种多样的方法。

蒸汽直接加热法在欧美国家相对使用得多些，一般都在小型工程的露天骨料堆场中加热骨料。加拿大渥太华河堤防工程、Chute a Caron 坝、Des Joachims 坝和 Stewartville 坝的骨料都是采用蒸汽直接加热的。日本的桂泽坝和德国热查城的堤防工程也是采用蒸汽直接加热骨料的。加拿大用蒸汽直接加热砂子时，往往只加热

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

到使冰冻融解的程度，温度不超过 4.5℃，为减少热量损失，在加热部位还用帆布盖住。

蒸汽（或热水）间接加热法，在大中型水电水利工程中使用得最广泛，加热地点可在露天骨料堆料场中，也可在预热料仓或拌和楼顶部骨料储仓中。我国北方地区 20 世纪 60～80 年代修建的一些大中型水利水电工程中，骨料预热大都采用此法。如桓仁工程和潘家口工程采用的是料仓热水间接加热，拉古哨、刘家峡和龙羊峡工程采用的是露天料堆蒸汽间接加热，白山工程和红石工程则采用料仓蒸汽间接加热；在拌和楼（站）顶层的储料仓内，则都采用蒸汽（或热水）间接加热。

热风加热法适合于对粗骨料加热，加热地点通常选择在拌和楼顶层的骨料储仓内，我国尚无使用先例。日本穴内川坝、美国 Iropuois 坝使用过，日本黑部四坝曾在二次筛分和拌和楼配料设备中用吹热风的方法对粗骨料进行过加热。

在国外一些小型工程中还使用过烟气加热法、火焰直接加热法。烟气加热骨料在前苏联和法国使用过，通常是在专门的鼓筒加热装置内进行。火焰直接加热骨料可在转动滚筒内进行，也可在拌和机拌和筒内进行。目前，在我国水电水利沥青混凝土心墙工程和高速公路工程中，较多采用火焰直接加热骨料的方法。

另外日本的太仓坝还使用过电加热器加热骨料，瑞士成功地使用过红外线加热器加热骨料。

6.0.4 为防止外加剂发生化学变化而影响使用质量，在无确切依据的情况下，无论对液态的、固态的或粉剂状的外加剂，都不能用蒸汽直接进行加热。

对于粉剂状外加剂，一般可在使用前通过预先运进暖棚的方法来提高它的初始温度。

固体外加剂应先用水溶解，然后与液态外加剂一样，可在稀释的同时来提高它的温度，热水水温应根据所使用的外加剂酌情确定。严防因水温太高而产生固体结晶沉淀，同时要防止外加剂

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

的作用因水温太高而有所损失。

6.0.5 水泥不允许以任何方式加热的原因是：

1 用热水或蒸汽间接加热水泥时，微小的渗漏都会使水泥结块。

2 水泥颗粒温度的变化会引起水泥颗粒表面水汽的凝结，导致水泥硬化。

3 用高温干烟气加热水泥时，水泥容易过热，水泥过热时会破坏水泥中“二水石膏”中的结晶水，使二水石膏脱水变成半水石膏，在拌和时会发生假凝，影响混凝土后期强度。

对于小批量水泥，要提高水泥的温度，可在使用前运入暖棚内自然升温。

6.0.6 在混凝土拌和楼顶层料仓中用蒸汽直接加热法预热骨料时，会产生大量冷凝水，使骨料含水率增加（尤其是砂子，吸水性大）导致计量工作变得复杂，精度下降。另外，由于料仓卸料口不能密封而使蒸汽外泄，拌和楼内将会弥漫水汽，工作条件极为恶劣，而且这些水汽浸湿电气仪表又会影响拌和楼的正常运行，因此在拌和楼顶层料仓不得采用蒸汽直接加热法。

6.0.7 采用热风预热和冷风预冷工艺相似，可共用拌和楼顶层的骨料贮仓，节省投资。我国尚未使用过此种工艺预热骨料。日本穴内川坝曾采用烧油热风设备，通过风机将热风直接送入拌和楼顶层的骨料仓内，对骨料进行预热，风机送风量是 18000m^3/h，混凝土拌和物的温度控制在 6℃～10℃范围内。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

7 预热工艺流程及预热设施布置

7.1 骨料储存与供应

7.1.1 采用水力冲洗筛分的骨料，在进入低温季节施工前一个月，应将低温季节施工所需的全部骨料生产与储备出来，因为：

1 低温季节不能进行水力冲洗筛分。

2 用水力冲洗筛分生产出来的骨料含有大量的水分，需要有一段正温脱水期，脱去料堆中的自由水，否则骨料会冻结成块，使取料、运输、计量发生困难。

3 含水骨料冰冻后混有冰块，而低温季节使用的骨料在进入拌和机时，不允许含有冰块、雪团。

供低温季节施工用的骨料要求在进入低温季节前一个月制备出来，并不意味着筛洗工作必须在进入低温季节前一个月结束。由于天然砂石料场的地温变化滞后于大气温度的变化，一般来说，停止开采与筛分砂石料的时间，可比大气温度变低时间晚半个月，而翌年开始开采筛分砂石料的时间，也相应要比低温季节结束时间晚半个月到一个月。以白山工程为例，白山地区 4 月 15 日结束低温施工期，最低气温已高于-3℃，但由于砂石料场仍处于冻结状态，无法开采，一般情况下要到五月中旬才能开采和生产骨料；相反，白山地区 10 月 15 日已进入低温施工期，但料场尚未冻结，还可开采，通常到 10 月中旬仍能筛洗骨料，10 月下旬则白天生产、晚上停筛。

为使低温季节使用的骨料能有足够的正温脱水时间，白山工程的做法是，10 月份筛洗的骨料随筛随用，在低温季节施工开始之前用完；10 月份以前筛洗的骨料储存起来，供低温季节使用。

为低温季节施工而储备的骨料数量，宜取进度安排需要量的

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

1.25 倍，其中增加的 0.25 倍裕度，是考虑了低温季节混凝土实际施工量的波动和骨料在运输、操作过程中的损耗。

7.1.2 一般来说，为低温季节施工而储备的骨料，采取自然脱水的措施已足够。但是由于低温季节雨雪的影响，尤其是砂子和小石料堆，骨料表面仍会被冻结，形成坚硬的外壳，影响运输和取料。对于未经自然脱水的骨料，其冻结的深度和强度就更大了。因此，对于为低温季节施工而储备的骨料，尚应采取防冻措施，防止或减少冰冻骨料的数量。

防冻措施可根据低温季节气温、雨雪情况、储存骨料的数量而采取不同的方式，原则上以经济简便为宜。常用方法有：

1 储量较少时，可采用带屋盖的双面或单面落水式地沟仓库。

2 小型露天堆料场，可用草袋等保温材料覆盖。

3 大型露天堆料场，可采用增加堆料高度的办法，减少冰冻骨料在总储量中的含量。

为了解砂堆的冻结过程，前苏联曾在 1958 年 10 月 30 日～1959 年 4 月 6 日，对水洗砂堆内不同深度的温度变化情况，通过温度传感器进行连续观测。观测期间，室外的周平均气温变动在 2℃～–23℃之间。此时，未设保温覆盖的砂堆，一周的平均冻结深度为 10cm。接近冬季末期，料堆冻层最深达 1.2m～1.3m。在砂堆表面 0.4m 厚的范围内，砂子温度完全接近于外界气温，并随外界气温变化而变化。然而，设有 10cm 稻草帘保温层的砂堆，冻结深度却在 30cm～35cm 以下，冻结深度减少 3 倍以上，而且砂子的冻结强度也显著降低。由此可知，保温覆盖的防冻效果是非常明显的。

7.1.3 低温季节掺入食盐溶液来提高骨料抗冻能力和松散性的办法是不可取的。虽然掺加食盐溶液能降低冰点、提高骨料的抗冻能力，但在骨料中大量掺入食盐溶液，实际上就等于在混凝土中掺入了氯盐。掺入大剂量氯盐的施工方法是负温混凝土法，不能用作表面系数小于 2.5 的大体积混凝土施工；不能用作水位变化区

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

和直接靠近高压电源的结构施工；不能用作承受动荷载的结构施工。掺入大量食盐溶液后的混凝土，表面有高吸湿性并会出现白霜，这对于具有抗渗要求的水工建筑物是严格禁止的。

负温混凝土法仅适用于栈桥桥墩、挡墙、涵洞等非主要工程部位，即使在这些工程部位的负温混凝土施工中，氯盐的掺量也要有所限制，每吨骨料中氯盐掺量不能超过 5kg。但这样的掺量不会使骨料具有持久的防冻能力，只能在较短的时间内（小于 5 昼夜）起到防止骨料冰冻的能力。因此，对于水工混凝土来说，用添加食盐溶液的办法来防止骨料冰冻、保持骨料松散性能，是应严格禁止的，对次要部位的混凝土来说也是不合适的。

7.1.4 砂子含水率降低到 3%以下，砂堆中已无流淌的自由水，但砂粒仍呈潮湿状态，表面有少量的附着水，这样的砂子冻结后形成不了大块，且冻结强度很低，对砂子的正常取料和运输无大影响。

前苏联对水洗砂自然脱水的初期情况进行过一次观测。观测记录表明，水洗砂大部分渗水是沿砂堆斜坡流动的，砂堆的积水是经砂堆基础斜坡方向流出的。水洗砂堆的极限渗水率为 0.013cm/s～0.021cm/s。在 55d 的观测期内，观察到砂堆水位前期下降快，后期下降慢；粗砂下降快，细砂下降慢。砂堆水位前期昼夜平均下降 0.29m～0.32m，中期昼夜平均下降 0.024m，后期昼夜平均下降 0.006m。整个观测期的水位昼夜平均下降值为 0.06m～0.07m，在一个月内砂堆水位可下降到 2m 左右，这个深度已在冻土层以下了。如果在此时进入低温季节，砂堆表层无自由水的砂层将起到保温作用，砂堆中心含自由水的砂子将不再会被冻结，自由水将通过砂堆的基础继续脱水。

7.1.1 提出，砂子宜在进入低温季节施工前一个月筛洗完毕，确保在正温条件下有一个月的脱水时间。这与白山、桓仁工程关于低温季节施工用骨料的储存经验也是一致的。

7.1.5 当气温低于–15℃用火车或汽车运送骨料时，如果运输距离

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

较长，从装车到卸车延续的时间将很长，砂子和小石就会冻结在车箱底板上；当气温降至-30℃时，冻结厚度可达 10cm。用此车辆再运送其他骨料时，就会发生混料现象，因此当气温低于-15℃时，应对车辆底板加热保温。

若用人工清除冻结在车辆底板上的砂子和小石，不但劳动强度大、效率低，而且很不安全。解决的办法，一是尽量使砂子和小石脱水，控制其含水率在 3%以下，减少冻结数量和冻结强度；二是对车辆箱底板加热保温。用自卸汽车运输骨料时，可利用汽车排烟的余热加热箱体；用火车运送骨料时，可在车箱底部加设加热设备。八盘峡工程的做法是，在车箱底部焊一个铁箱，箱体钻孔，箱内生煤火供热。此法虽解决了骨料冻结问题，但易引起火灾。白山工程的做法是，在车箱底部安装蒸汽排管，通蒸汽间接加热，缺点是耗汽量大。

7.2 混凝土组成材料预热

7.2.1 制备混凝土时，向拌和机投放外加剂的方式通常有两种，一种是将外加剂溶解在拌和水中随拌和水一起投入拌和机；另一种是在专用的设备内，先用部分拌和水将外加剂稀释，配成一定浓度的浆液，然后用专设的管道单独投入拌和机。前一种方式由于骨料含水量常有变化，会使外加剂掺量控制不准，很少采用；大部分工程采用的是后一种投入方式。

无论采用前一种还是后一种投入方式，外加剂都要预先稀释。大中型水电水利工程中外加剂用量很大，外加剂的稀释都在专门的加工车间内进行。

低温季节稀释外加剂时，为达到防冻、加热的目的，要采用热水稀释。在这种情况下，宜将外加剂稀释系统放在拌和水加热车间，使拌和水加热系统和外加剂稀释系统合并设置，并将车间布置在拌和楼（站）下层或者附近。这样，不仅减少了建筑面积，简化了工艺设施，使布置十分紧凑，而且可使热水和外加剂溶液

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

的供应管路大为缩短，有利于提高供热系统的热效率。例如桓仁工程的热水泵房，建筑物面积为 37.1m^2，设在 3×1.0 型拌和楼近旁。泵房内设两个加热水箱，每个水箱的容量是 2m^3。采用蒸汽直接加热，两个加热水箱交替使用，分别处于加热状态和热水供应状态。热水泵房内还设有外加剂稀释桶一个，容量为 0.2m^3，稀释外加剂的热水就近从加热水箱中供给。

7.2.2 本条所列混凝土生产线上能进行骨料预热的五个部位都是各工程通常选用的部位。设计人员在选择骨料的预热地点时，应首先考虑利用混凝土系统内的骨料堆存场（仓）、骨料受料斗和混凝土拌和楼顶部的骨料储仓。利用这些部位兼作骨料预热设施，可以节省土建工程费用。

如果骨料堆存场（仓）、骨料受料斗距离混凝土拌和设备较远，或工程所在地的气温很低，必须进行二阶预热而又不宜在露天料堆进行时，则可考虑设置专用的骨料预热仓或专门的骨料预热设备，但是这种预热仓或专门的设备，必须设置在距离混凝土拌和设备最近的地方。

7.2.3 本条提出骨料预热设施的组织方式，即在考虑骨料预热的升温要求和实现这种要求的可能性时，提出两种组织方式：一阶法预热和二阶法预热。

一阶法预热的加热地点通常选择在混凝土拌和楼（站）顶层的骨料储仓内，在该仓内一次性地实现骨料的预期温升要求。在严寒地区，外界气温较低，骨料加热温升大，要求在仓内停留的时间长，这种料仓因其容积小而满足不了要求，不能实现一次性预热。因而必须在露天骨料堆料场内或专门设置的骨料预热料仓内，先解冻骨料或加热骨料到要求温度，然后再在拌和楼（站）顶层的骨料料仓内把骨料加热到要求的计算温度或进行保温加热，这就是二阶法组织方式。

7.2.4 当室外昼夜平均气温在 5℃～-1℃时，加热拌和水所带来的热量已能达到要求的混凝土出机口温度，此时不需要加热骨料。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

当室外昼夜平均气温降至-1℃以下时，骨料表面的水分开始冻结，料堆中将夹有冰雪。混凝土组成材料的初始温度都很低，混凝土运输过程中的热损失也较大，如果这时仅靠把拌和水加热到最高允许温度所带来的热量无法达到混凝土浇筑温度要求，对砂石骨料亦应加热。

在相同的生产条件与自然条件下，砂子的含水量总是比粗骨料要高，此时将冻结成块，从而影响砂子的供料和计量，因此必须先行解冻，以恢复其松散性。但粗骨料由于含水率小，只要保存得好，能同时满足以下两个条件，也可以不加热：

1 粗骨料比较干燥，没有冻结成块，也无冰块、雪团。

2 能满足热平衡要求，即不加热粗骨料，只加热拌和水和砂子也能达到要求的出机口温度。

7.2.5 混凝土的出机口温度，除了要保证混凝土经过运输、浇筑后的温度满足规定的浇筑温度外，还要根据所采用的水泥品种和标号，控制出机口温度，使其不超过附录 A 所规定的最高允许值。

限制混凝土的最高出机口温度，主要是为了避免混凝土过热。混凝土过热是有害的，会加速化学反应，使坍落度损失过快，初凝时间过短，造成施工困难。另外，混凝土拌和物温度过高，需要的拌和水也更多，会使坍落度增大，收缩力增加，使混凝土的强度、抗渗和耐久性降低。

限制水和骨料的最高加热温度，是为了防止在拌和机内水泥与温度过高的水和骨料直接接触时发生速凝和“假凝”。

骨料温度过高还容易开裂，而且会降低混凝土的流动性，增加浇筑困难。特别是大骨料，颗粒尺寸大，散热时间长，温度过高会影响混凝土的质量。

因此，在一般情况下，如无特殊措施，拌和水和骨料的加热温度都不得超过附录 A 所规定的最高允许值。

7.2.6 粗骨料不加热可省去一套加热设备，经济效果明显。粗骨料不加热时，水和砂子的加热温度必然要提高。如果把水加热到

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

最高允许温度还不能满足热平衡的要求，水的加热温度还可以继续提高，考虑到泵送吸程中的汽化影响，水的温度最高可加热到95℃。例如，前苏联的古比雪夫水利工程把拌和水加热到 95℃；加拿大的 Stewartville 坝和 Chute a Caron 坝，也把拌和水加热到 82.2℃～88℃。但此时必须注意改变投料顺序，即先投入拌和水和骨料（或部分骨料），然后再投入水泥和剩余的骨料。

7.2.7　混凝土的出机口温度是混凝土预热系统设计的基本参数。附录 B 中式（B.1）、式（B.2）列出了混凝土组成材料加热温度的计算公式，该公式建立在热平衡原理的基础上，除考虑混凝土组成材料外，还涉及到外加剂在稀释过程中的温升和骨料的相对湿度及水分的局部蒸发，并按骨料中含冰和不含冰两种情况分别列出计算式。这样做出的计算比较精确，能更准确地反映出预热料仓的热耗量。

7.2.8　分析混凝土拌和物中各组成材料的热容量，可得出表 3 所示的大致结果。

表 3　混凝土拌和物的热容量　%

材料名称	与粗骨料相比较之热容量	占混凝土拌和物总热容量的百分数
粗骨料	100	41
水	64	26
砂子	58	24
水泥	23	9

可以看出，热容量排在第二位的是水，水的热容量占混凝土拌和物总热容量的 26%，是粗骨料热容量的 64%。加热拌和用水可以得到较好的预热效果，有许多优点：首先是水的质量热容大，是骨料的 5 倍，是良好的热载体；其次，水加热设备简单，工艺成熟，有许多种加热方法可供选用；另外，水加热设备易于密封，

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

输送管道易于保温，热损失小，设备造价和运行费用均较低。因此，在确定混凝土各组成材料的加热温度时，应首先考虑加热拌和水，只有在最大限度地加热拌和水所带来的热量仍不能满足热平衡要求时，才考虑加热其他组成材料。

当拌和水的温度加热到最高允许温度，热量还不够时，是优先加热砂子还是加热粗骨料？这在相当大的程度上取决于加热的方法和选用的加热设备。如果采用料仓热空气加热或蒸汽直接加热，则应优先考虑加热粗骨料。因为粗骨料颗粒之间空隙大，便于空气流动，便于冷凝水排出，加热粗骨料的效果比加热砂子的效果好。但在工程实践中，这样做并不经济。因为粗骨料颗粒大，热交换面积小，热量从表面向骨料内部传递时，速度相当缓慢，加热过程中的热损耗也相当大。如果采用蒸汽（或热水）间接加热，则应优先考虑加热砂子，因为砂子的热交换面积大，颗粒小，流动性好，进出料仓顺畅，不易砸坏加热排管。另外砂子在混凝土拌和物总热容量中所占的百分数虽然没有粗骨料大，但与粗骨料中任一级别规格的砾石相比，砂子在混凝土拌和物总热容量中所占百分数还是比较大的。因此，此时优先采用加热砂子比预热粗骨料可以取得更好的预热效果。

根据上述分析，同时考虑预热系统砂石骨料采用蒸汽间接加热，当拌和水的温度加热到最高允许温度，热量还不够时，可优先加热砂子，其次加热粗骨料。

7.2.9 对于有冻层和冰块的骨料，就不应该首先考虑加热拌和水，应首先考虑解冻骨料，把砂子和粗骨料的温度加热到 5℃。因为只有把冰冻的骨料加热到 5℃，才能恢复骨料的松散性，保证骨料的取料、运输、计量能顺利进行，并防止冰块、雪团混入混凝土拌和机中去。然后再考虑加热拌和水，并按 7.2.8 条选用的加热方式来补充不足部分热量。

7.2.10 本条指出了骨料预热料仓（堆）位置的选择原则。骨料预热料仓（堆）属于混凝土系统的组成部分，为减少热损失，其位

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

置应尽可能地靠近混凝土拌和楼（站）。当用胶带输送机运送骨料时，它的最佳位置是在混凝土拌和楼（站）上料倾斜胶带输送机栈桥的起点。

7.2.11 料仓预热与露天料堆预热相比，具有热量损耗小、防雨雪条件好的优点，但土建工程量较大，投资多。严寒地区最低月平均气温在-10℃以下，因出机口温度要求高，只能采用料仓预热法。而一般寒冷地区，最低月平均气温在-10℃以上，选用露天料堆预热已能满足预热要求。

7.2.12 骨料预热料仓的容积按砂子、粗骨料的预热强度和相应的加热要求确定。

按附录 C 所列公式求得的容积为有效容积，即加热容积。公式中用系数 k 考虑分仓调度所需要的裕度。骨料预热料仓的实际容积为有效容积与死容积和其他容积（如覆盖容积）之和。

附录 C 中式（C.1）中的骨料加热时间，指的是为达到要求的加热温度，骨料在料仓内必须停留的最短加热时间。

在实际工程中，前苏联预热料仓的骨料加热时间，设计上取砾石 2.5h，砂子 4.5h；但在实际运作时，由于设计传热系数取得过大[K_n=29.1W/（m^2·℃）～31.4W/（m^2·℃）]，料仓热量损失过大（热工计算中未考虑热耗系数），实际的平均加热时间，在一阶法加热情况下为 9h～12h，在二阶法加热情况下为 6h～7h。我国桓仁、白山、潘家口等工程的骨料预热料仓，每立方米料仓有效容积内布置排管传热面积约在 0.4m^2～0.52m^2 之间，加热时间达到 16h，在拌和楼顶层料仓内的保温预热时间为 2h。

因骨料预热需要一定时间，当一个料仓达到预热要求的温度后进行出料和进料，其他料仓可继续加热。因此，每种规格的骨料仓不宜少于 2 格。

7.3 混凝土拌和与运输

7.3.1 设有预热设施的混凝土生产系统，在选择和布置拌和设备

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

时，应考虑低温季节混凝土施工的特点，除拌和能力要满足常温下混凝土浇筑强度外，还应注意以下几个问题：

1　对使用多台拌和机的工程，拌和机的单机容量宜选择大的。在寒冷的冬天，混凝土拌和机在开机前及工作结束后，都要用热水冲洗，其目的一是为了对拌和机升温，减少拌和过程中的热量损失；二是为了把拌和筒内残留的冰屑、冰块融化。在低温季节使用单机容量大的拌和机，可以减少同时使用的台数，减少冲洗用的热水消耗量，从而减少拌和时的热量损失。

2　对使用多座拌和楼（站）的工程，在拌和楼（站）的选择和布置上，要根据低温季节混凝土的浇筑部位和浇筑强度统筹安排，集中在 1～2 座拌和楼（站）内生产低温季节的混凝土。那种所有拌和楼（站）都使用，而台班利用率很低的做法是不可取的。因为低温季节运行的拌和楼（站）要保温采暖，料仓要加设蒸汽排管，还要铺设供热管道。集中在 1～2 座拌和楼（站）内生产，不但可减少一次投资费用，还可减少热量损耗，降低混凝土成本。

7.3.2　向拌和机内投料的顺序应根据混凝土各组成材料的预热温度来确定。常用的投料顺序有：

1　水、骨料、水泥同时投入。

2　先投入水和骨料（或部分骨料）拌和，再投入水泥和剩余的骨料。

3　先投入部分热水，再加入水泥和骨料，在拌和过程中再补足拌和热水。

第 1 种投料方式是使用得最普遍的方式，优点是向混凝土拌和机内投料的时间可缩至最短，因而混凝土拌和机的工作循环时间也最短，可充分发挥拌和机的生产能力。

当拌和水或骨料的加热温度较高，采用第 1 种投料方式会使水泥发生“骤凝”时，应改变投料顺序，即应采用第 2 种或第 3 种投料方式。水和骨料的温度究竟多高才改变投料顺序，这应根据所使用的水泥品种经试验确定。前苏联的资料和白山工程的经

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

验认为，当水温超过 60℃时，就应当改变投料顺序，先将骨料与水拌和，然后加入水泥。美国混凝土学会规定，当骨料或者拌和水的加热温度超过 38℃时，就应改变投料顺序，将水和骨料一起先放进拌和机内，拌和筒转几圈后，水和骨料的混合温度降至 38℃以下，再加入水泥。日本的奥新冠坝用电和蒸汽共同加热拌和水至 40℃，原材料进入拌和机的顺序依次是，水和塑化剂溶液、砂子及中小骨料、水泥、大骨料。

强制式拌和机的外形与自落式拌和机不同，它无圆形鼓肚，混凝土不是倾倒出料，而是靠拌和筒底部闸门控制，因此不宜采用第 2、3 种投料顺序，否则拌和水将会从底部闸门流失。

无论选用哪种投料顺序，均应以保证水泥不发生“骤凝”和拌和时间短为确定原则。

7.3.3 混凝土的拌和时间，在低温季节要比常温下长一些，原因是：

1 低温季节施工的混凝土水灰比较小（不大于 0.6），目的是为了减少混凝土中不与水泥发生作用的易于冰冻的自由水数量，使混凝土能在低温条件下顺利地施工和增长强度。但是随着水灰比的减小，带来的另一个问题是混凝土的和易性降低，塑性和可灌性下降。在这种情况下，适当延长拌和时间可提高混凝土的和易性。

2 低温季节混凝土各组成材料进入拌和机的投料次序，往往与常温季节有所不同。当水和骨料的加热温度超过规定值时，一般都是将拌和水与一部分骨料先投入拌和机，待鼓筒转动数圈以后，再把水泥和其余的骨料投入。这与常温下的投料方式相比，拌和时间加长了。此外，由于水泥是后投入的，为使混凝土组成材料能均匀分布，也应当适当延长拌和时间。

3 对低温季节混凝土施工来说，不论采用蓄热法还是暖棚法，都要求对混凝土组成材料进行加热，使混凝土拌和物具有一定的温度。由于各组成材料加热后的温度各不相同，在拌和机内

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

拌和的同时，各组成材料间必然进行着强烈的热交换。为了使拌和物各部分的温度均匀一致，必须有充分的拌和时间。

低温季节混凝土的拌和时间应通过试验确定，其衡量标准是和易性好，水泥不发生骤凝，各组成材料分布均匀，拌和物各部位温度一致。在达到上述标准的基础上，取最短的拌和时间。拌和时间的延长将导致拌和设备拌和能力的下降。确定低温季节混凝土拌和设备的拌和能力，应以试验确定的拌和时间为依据。

可行性研究阶段无试验资料时，拌和时间可取常温下混凝土拌和时间的 1.2 倍～1.5 倍。对于干硬性混凝土和坍落度小的混凝土，使用大容量拌和机时，以及采用 7.3.2 中第 2 和第 3 种投料顺序的混凝土，该系数取大值，反之取小值。

表 4 是前苏联颁布的低温季节混凝土拌和时间推荐值，可供参考。

表 4 低温季节混凝土拌和时间推荐值 min

混凝土种类和稠度	混凝土拌和机的装料容量			
	150L～375L	500L	1000L	2200L
坍落度≤3cm 的普通混凝土	1.50	2.00	3.00	4.00
3cm＜坍落度＜12cm 的普通混凝土	1.25	1.50	2.00	3.00
坍落度≥12cm 的普通混凝土	1.00	1.25	2.00	2.00
干硬性混凝土	3.00	3.50	4.00	5.00

7.3.4 在混凝土拌和楼（站）附近设置热水、蒸汽冲洗设施，是为了对各类混凝土运输工具进行冲洗。大中型水电水利工程中使用的混凝土运输工具主要有混凝土罐、混凝土泵、混凝土搅拌车和载重汽车。这些工具在每次使用结束后或中间休息时，都要立即用热水（或蒸汽）冲洗，将残留在容器壁上的混凝土拌和物和冰块清除干净，以防止拌和物固结在容器壁上，为下次使用做好准备。在每次使用前也要进行冲洗，目的是为了加温，使容器的

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

温度不低于2℃，以减少混凝土在运输过程中的热量损失。

冲洗用水的水温、水压和耗水量见8.0.9。

7.3.5～7.3.6　提出这些条款的目的，主要是为了减少混凝土在拌和、运输、浇筑过程中的热量损失，同时提醒设计和施工人员应注意的环节，防止漏项。

7.3.7　泵送混凝土坍落度大，混凝土容易受冻。当必须采用泵送混凝土时，需要采取妥善的保温措施。

7.3.8　混凝土在拌和、运输、转载、浇筑过程中的热量损失，对确定混凝土的出机口温度影响很大。要准确地确定混凝土在拌和、运输、转载、浇筑过程中的热量损失，除按附录D的方法计算外，尚应根据工程的具体情况，参照国内外已建工程在低温季节施工中的热量损失统计资料，进行适当的修正。但尽管如此，用上述方法确定的热量损失，还是不可能考虑到所有的因素，因此在实际施工过程中，还必须用实际测定的热量损失加以修正。

表5给出国内外几个水电站冬季运输混凝土热损失情况。

表5　国内外几个水电站冬季运输混凝土热损失

工程名称	低温季节施工期平均温度 ℃	运距 km	运输方式	保温措施	热损失 ℃
三门峡	1.7	1.5	1. 自卸汽车直接入仓； 2. 自卸汽车入混凝土泵； 3. 自卸汽车拉混凝土罐，门机吊罐入仓	1. 汽车两侧5cm的木板，上盖布棚保温； 2. 混凝土泵的管路用稻草保护； 3. 其余未保温	1～5
青铜峡	–2.0	0.8	1. 自卸汽车拉混凝土罐； 2. 机关车拉混凝土罐，门机吊罐入仓	均未保温	运输≤2 倒运≤2
拉古哨	–3.4	0.7	1. 解放车拉罐； 2. 自卸汽车拉混凝土罐	罐设在稻草保温箱内，其余未保温	1～2
桓　仁	–3.4	0.7	1. 胶带机运输； 2. 机关车拉罐，门机吊罐入仓	胶带机设在保温罐棚内，排管采暖；其余未保温	3～5 2～4

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 5（续）

工程名称	低温季节施工期平均温度 ℃	运距 km	运输方式	保温措施	热损失 ℃
丰　满	-10.1	0.44	机关车拉大罐	未保温	2～4
白　山	-10.7	1.0	机关车拉大罐，门机吊罐入仓	罐保温	2～4
乌斯季伊里姆（前苏联）	外界气温 -20～-30；混凝土出机口温度 10～11		1. 自卸汽车运送；2. 6.4m³ 吊罐	车边、车底用废气加热	1.5
克拉斯诺雅尔克（前苏联）		2.0	自卸汽车运送	车底用废气加热	<1
萨杨舒申斯克（前苏联）	1 月平均气温 -17.3；冬季最低气温 -44	1.5～2.0	自卸汽车运送	车上用废布帘保温	1～2
布拉茨克（前苏联）	浇筑温度 3～5		自卸汽车运输	车底用废气加热	1～3
桂泽坝（日本）	月平均气温 2.1～-5.8	运输时间 6min～8min	混凝土吊罐运送	吊罐预热	1～3
奥新冠（日本）	浇筑温度 10；浇筑最低气温 -5	运输时间 6min～7min	混凝土吊罐运送		<1.5

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

8 预热系统规模及热负荷

8.0.1～8.0.2 混凝土预热系统的规模，单纯以混凝土组成材料的预热强度来表达是不全面的。因为预热强度只反映了每小时加热骨料和水的吨位数，没有反映出每种骨料和水加热的温度升值和消耗的热量，地区不同、工程不同而预热强度相同的两个预热系统，其总耗热量可以相差很大。此外，对供热系统而言，热负荷才是确定其规模的主要指标。相反，单纯以总热负荷表达混凝土预热系统的规模也是不全面的，因为热负荷不能反映低温季节混凝土预热强度，因此本条提出用预热强度和预热系统的总热负荷两个指标来表达混凝土预热系统的规模。

8.0.3 本条所列出的六个方面耗热量，只包括混凝土系统范围内的耗热量，不包括混凝土系统外的耗热量。

在计算总热负荷时，应根据低温季节施工总进度的安排，根据不同月份的气温，分别求出各个时段的六个方面小时耗热量之和，取其最大值作为混凝土预热系统的规模指标。

8.0.4 附录F式（F.1）、式（F.2）中，加热没有冻块和冰层的骨料，指的是加热初温大于0℃的骨料；加热有冻块和冰层的骨料，指的是加热初温小于等于0℃的骨料。

7.2.3 指出，一阶法预热是通过一次加热就能把骨料的温度提高到要求的设计温度；二阶法预热则分两次加热，即先在第一阶设施中，把骨料由初始温度加热到某一中间温度，然后在第二阶设施中把骨料加热到要求的计算温度。

二阶法预热中，经过第一阶预热的骨料，在运往第二阶预热料仓的途中，存在热量损失。因此，在二阶法预热中，第二阶预热的初始温度等于第一阶预热的终了温度减去途中温度降低值。

8.0.5 附录G列出的拌和水（或外加剂稀释液）加热公式计算热

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

量为单位耗热量，总耗热量乘以实际用水量即可。

8.0.6 骨料的初始温度随许多因素而变，如外界气温、仓库型式，堆料时间、骨料的级配和含水率等。设计者应通过实测取得这些数据。但在可行性研究阶段，往往无法获得这些数据，只能利用经验数据确定。

本条提出的经验数据，来源于《非矿物建筑材料低温季节卸料与加热》（前苏联）一书。根据该资料，当近距离从露天料堆取料时，骨料的初温可按表 6 所列数据取值。

表 6 骨料的初始温度 ℃

低温季节预定施工期室外计算温度	骨料初温
–40	–20
–30	–15
–20	–10

当低温季节预定施工期室外计算温度为表中所列数值的中间值时，骨料初温可用插入法确定。

8.0.7 骨料的含水率随工程所在地的气候、贮存方式和运输方法而变，可通过选取平均试样的方法来确定。在可行性研究近似计算中，可按本条提供的经验数据选用。

8.0.8 由于混凝土拌和楼拌和层的出料口频频出料，料口很难得到密封。故当室外计算温度等于或低于–20℃时，出料口经常冻结，严重时还会影响混凝土的正常出料。另外由于冷空气的涌入，使放料层温度降低，不仅劳动条件恶化，也增加了混凝土在拌和过程中的热量损失。

中国水利水电第一工程局曾在混凝土拌和楼拌和层的出料口安装了很多暖气排管，但保暖效果不佳，以后安装了小型热风幕，才较好地解决了这个问题。

8.0.9 不论冬夏或常温季节，混凝土搅拌机和混凝土运输设备在

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

工作结束后，均需用水冲洗。但在低温季节，不仅在工作结束后，在开始工作前也要用水冲洗，冲洗用水的水温应足以溶解设备上的冻结物，并有足够的水压和水量。

8.0.10 低温季节预热系统各建筑物应进行保温与采暖。室内采暖计算温度标准见表 7。这些标准是根据以下原则并参考桓仁、白山等工程的实际采用数值确定的。

1 人员集中的工作场所，如办公室、休息室、试验室、机修间等，为保证工作人员的正常工作，按 TJ36—79《工业企业设计卫生标准》，取室内采暖计算温度为 16℃。

2 机械停放场所，为保证机械设备的正常启动及油水等不冻结，取室内采暖计算温度为 10℃。

3 为防止已预热骨料热量的散失，必须保持正温的场所，取室内采暖计算温度为 5℃。

表 7 各建筑物冬季室内采暖计算温度 ℃

序号	建筑物名称	室内采暖计算温度	序号	建筑物名称	室内采暖计算温度
1	混凝土拌和楼（站）		6	空气压缩机房	16
	进料层	10	7	工地试验室	16
	称料层	16～18	8	电气控制室	16～18
	拌和层	10	9	锅炉室	16
	出料层	10	10	材料库	5
2	胶带输送机廊道		11	机车库	5
	地面廊道	5	12	推土机库	10
	地下廊道	5	13	装载机库	10
	转载节点房	5	14	汽车库	10
3	骨料预热料仓	5～15	15	机修间	16
4	外加剂间	16	16	办公室	16
5	洗罐间	10	17	值班休息室	16

8.0.11～8.0.13 施工临时性建筑物采暖热负荷的计算方法，与一

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

般建筑物的计算方法基本相同。

按 GB19 规定，对于一般居住建筑和不产生、少产生热量的冷车间，采暖热负荷主要是由围护结构耗热量和通过门窗缝隙、孔洞的冷风渗透耗热量组成。其中围护结构的耗热量，又包括两部分，一是围护结构的基本耗热量，二是附加耗热量。附加耗热量包括朝向、风力、外门及辅助建筑物高度等附加因素的耗热量，计算项目多而复杂。

按照 DL/T5035 的规定，主厂房采暖热负荷计算，只考虑围护结构的基本耗热量和通过门窗缝隙的冷风渗透耗热量。冷风渗透耗热量按基本耗热量的百分率进行计算。

前苏联在水电水利工程中，对施工临时性建筑物的采暖热负荷按式（1）计算：

$$Q_B=KF（t_n-t_w）a \qquad (1)$$

式中：

Q_B——建筑物采暖热负荷，kJ/h；

K——围护结构的传热系数，W/（m^2·℃）；

F——围护结构的传热面积，m^2；

t_n——低温季节采暖室内计算温度，℃；

t_w——采暖室外计算温度，℃；

a——透风系数，一般建筑物 a=1.00；框架式建筑物 a=1.05～2.00。

我国东北地区各工程，如拉古哨、桓仁、白山等工程，对施工临时性建筑物的采暖热负荷，按式（2）计算：

$$Q_B=KF（t_n-t_w） \qquad (2)$$

式中符号所代表的意义与式（1）相同。

本标准附录 H 中式（H.1），在形式上与火力发电厂主厂房采暖热负荷计算公式及前苏联所采用的计算公式相同；而在具体计算中又吸取了我国各工程的经验，对一般建筑物取 a=1。对框架式建筑物或建筑在不避风高地上的建筑物，该公式又吸取了前苏联

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

的经验，用透风系数来进行修正。

K 值可按表 8 选取，该表来源于桓仁、白山等工程的实际经验。

表 8　各建筑物围护结构最大传热系数 *K* 值　　W/（m^2 • ℃）

序号	建筑物名称	围护结构最大传热系数
1	混凝土拌和楼（站）	1.05～1.74
2	胶带输送机地面廊道	1.74
3	胶带输送机围载节点房	1.74
4	骨料预热料仓	1.39
5	外加剂间	1.16
6	洗罐间	1.74
7	空气压缩机房	1.16
8	工地试验室	1.16
9	电气控制室	1.05
10	锅炉房	1.74
11	材料库	1.74
12	机车库	1.16
13	推土机库	1.16
14	装载机库	1.16
15	汽车库	1.16
16	机修间	1.16
17	办公室	1.16
18	值班休息室	1.16

8.0.14　对于临时和永久相结合的大型建筑物，若按式（H.1）计算，采暖热负荷就显得精度不够，因而需将热损失算得更精确，即应考虑到建筑物的布置、朝向、风力、高度等，应当按 GB19 规定，详细进行计算。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

9 设备选择与布置

9.1 加热设备选择与布置

9.1.1～9.1.2 条文中所提出的各种数据，均来源于我国和前苏联各工程的实际经验。

管子上的孔眼数目，要求比计算值增加 2 倍，是考虑到孔眼会被材料堵塞而采取的保险措施。

蒸汽直接加热热交换的产生，是通过蒸汽直接与被加热材料接触而发生的。管子上的孔眼控制蒸汽均匀分布在骨料中，因此蒸汽直接加热设备的选择计算，主要在于合理确定开孔管道的数量及每根管道上的孔眼数目。

附录 I 表 I.1 中列出的料仓热耗系数，来源于前苏联的统计资料。

9.1.3 许多工程（如桓仁、白山、红石工程）的预热料仓，在低温季节是加热骨料的预热料仓，在夏季则又是混凝土系统的缓冲料仓，用来贮存骨料，起到调节作用。为避免加热排管被砸坏，在非低温施工季节，就应将排管拆除并进行检修。因此，加热排管应设计成片状组装体。

本条提出，加热管道应垂直布置，管道应光滑结实，管道间的中心距离对粗骨料不应小于 0.6m，对砂子不应小于 0.5m。这些要求是根据前苏联和我国东北地区几个大型水电水利工程的实际施工经验总结出来的，其基本出发点是要保证骨料在料仓内顺畅流动。

对于蒸汽间接加热骨料，传热系数较低，为保证必要的放热面积，需要较多数量的加热管道。除此之外，料仓内还要安装一些测温用的热工设备和固定加热排管用的支撑杆件，这些设备和

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

杆件占据了料仓一些空间。特别是在加热粒径 80mm～150mm 的特大石和骨料加热温度较高的料仓中，其所占据料仓空间的比例更大，对骨料的流动起着阻碍作用。因此在设计布置加热排管时，除了要考虑到不同骨料加热的热力半径外，还应考虑排管在布置、固定上的一些问题，使骨料在放料时能在料仓内顺畅地向下流动，而不会形成不流动的死料或起拱。

9.1.4 蒸汽（或热水）间接加热骨料的过程中，蒸汽（或热水）与骨料不直接接触，热量传递是通过加热排管管壁进行的。因此，蒸汽（或热水）间接加热骨料设备的选择计算，主要是确定加热排管管道的放热面积。在放热面积的计算中，传热系数是个十分重要的参数，对此我国和前苏联都曾进行过试验研究。

前苏联曾对其国内的许多骨料预热料仓做过实地调查，调查发现，大多数料仓的骨料加热时间超过了设计规定值。例如，设计确定砾石的加热时间是 2.5h，砂子的加热时间是 4.5h；而实际上，在一阶法加热的情况下，骨料在料仓内的平均加热时间都在 9h～12h 以上，在二阶法加热的情况下，砂子在料仓内的平均加热时间也在 6h～7h。另一个问题是，骨料在预热料仓内加热的实际耗热量高于设计值好多倍。通过试验研究，前苏联得出如下结论：

1 加热排管与骨料之间热交换的强烈程度与骨料在料仓内是否流动有很大的关系。骨料流动速度愈大，热交换就愈强烈。

2 当骨料与加热排管间无相对运动时，加热排管的放热量是随加热时间的延长而递减的。

3 过去设计上所采用的传热系数值 K_n=31.4W/（m^2 · ℃），反映的是骨料连续运动状态下的热交换情况。实际上，在加热过程中，骨料处于不动状态，此时的传热系数值不超过 17.4W/（m^2 · ℃）。传热系数取得过大，会使根据传热系数确定的放热面积过小，导致骨料在料仓内加热时间过长。根据试验资料，在不动状态下，前 8h 加热排管的传热系数，对砂可取 K_n=17.4W/（m^2 · ℃），对砾石可取 K_n=15.1W/（m^2 · ℃）。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

4　热媒温度的下降对放热量的影响很小。例如，在各种条件相同的情况下，蒸汽从151℃降到120℃，被加热骨料的容积仅减小3.5%。

5　应当通过更精确的热工计算来确定预热料仓的热耗量，在计算骨料加热所消耗的热量时，要计入骨料水分局部蒸发所消耗的热量。蒸发的水量可按骨料初始含水量的10%来估计。

6　造成骨料预热料仓热损失量过大的原因很多，有的是生产管理不当所致，如加热排管在加热过程中出现裸露情况；有的是料仓结构不合理所致，如骨料不能排净，死料太多等，这些原因造成的热损失通过改进是可以减少或避免的。但有些原因造成的热损失，如热空气和蒸汽通过进出料口逸出是不可能完全避免的。因此在计算预热料仓的热需要量时，应用热耗系数加以修正。热耗系数通过试验获得，其值见附录I。

1965年，我国浑江水电工程局和大连工学院也曾做过一次混凝土骨料间接预冷预热试验。该试验研究建立在模型试验和原型观察的基础上，通过料箱模型试验，得出了一条料箱模型状态下骨料预热过程的相对温升曲线和由此曲线计算出来的平均传热系数。在模型试验成果的基础上，通过对传热特性的分析，再参照原型料仓的预冷观测成果，又推算出了一条料仓状态下骨料预热过程的相对温升曲线和料仓状态下的传热系数。试验结果认为：

1　在骨料间接预冷预热过程中，同时存在着导热、对流和辐射三种传热现象。粗骨料中对流和辐射传热占主要比重，砂子中的传热形式主要是导热，对流和辐射可近似忽略不计。

2　粗骨料的相对升温速率，一般都大于砂子的相对升温速率。

3　传热系数中包含有导热、对流和辐射三种因素，它不是一个固定的数值，是随加热过程的进行而变化的。

这次试验中，根据料箱模型试验成果获得的料箱中各种骨料在预热过程中的平均传热系数，以及经过推算获得的料仓状况下各种骨料在预热过程中的传热系数列于表9。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 9 传热系数的试验值

类别	骨料粒径 mm	管间距 m	管径 mm	传热系数 W/（m²·℃）		
				0～8h	8h～16h	16h～24h
料箱试验值	砂	0.5×0.4	57	10.9	10.1	7.8
	5～20					
	20～40	0.5×0.4	57	14.8	10.5	9.7
	40～80 80～150	0.5×0.4 1.0×0.4	57	14.8	10.5	9.7
料仓推算值	砂	0.5×0.4	83	4.4	4.5	3.9
	5～20	0.5×0.7	108 114	15.1	14.3	11.9
	20～40	1.0×0.7	114	13.1	8.4	7.7
	40～80 80～150	1.0×0.7	133	12.0	7.2	6.6

分析该试验的试验过程和表中所列传热系数试验研究成果，认为料箱试验值比较符合实际情况，而料仓推算值的正确性是令人怀疑的。因为从试验研究报告看，料仓推算值不是通过试验直接获得的，而是在料箱试验值的基础上推算得到的。在推算过程中，参考的又是料仓原型预冷观测成果，而未进行料仓原型预热观测加以印证。从推算出来的传热系数看，也有前后矛盾之处，例如粗骨料的传热系数、预冷传热系数的料箱试验值、料仓推算和料仓原型观测值，从大石到小石都是依次减少的，而预热传热系数的料仓推算值，从大石到小石却都是依次增大的。

把这个试验研究成果与前苏联的研究成果进行对比，可以看出，由料箱模型试验求得的传热系数 K_n 与前苏联的研究成果在数值上十分接近。在加热过程的前 8h 中，料箱试验值为：砂子 K_n=10.9W/（m²·℃），砾石 K_n=14.8W/（m²·℃）；前苏联的数

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

值为：K_n=17.4W/（m^2·℃），砾石 K_n=15.1W/（m^2·℃）。对于粗骨料来说，两国的 K_n 值几乎相等，所不同的是，我国砂子 K_n 值比砾石小，而前苏联砂子 K_n 值比砾石大。这个问题在前苏联的文献资料中未做说明，但浑江水电工程局和大连工学院经 20 次料箱模型预冷预热的试验，证明砂子的相对升、降温速率比砾石小，并且做出合理说明：这是由于粗骨料中存在着大量对流和辐射热交换，而砂子中传热形式主要是导热，对流和辐射热交换量少的缘故。因此认为，在这个问题上，我国的试验值比较正确。

前苏联的研究中，料仓中的热损耗是通过试验做了测定的，并在加热设备的选择计算中用热耗系数η做了修正。在我国工程实践中，对料仓中的热量损耗未做过数值上的估计，不过桓仁、白山、红石等工程在加热排管设计中，传热系数采用了上述试验中的料仓推算值，尽管这个推算值的正确性值得怀疑，但由于料仓推算值比料箱试验值小，因而实际上已经计入了料仓中热量损失的影响。但这是不科学的，传热系数反映的是间接加热过程中加热排管与骨料之间导热、对流、辐射综合作用的一种传热规律，其值不论在料箱中还是在料仓中应当是不变的。而热量损失是另一个概念，它与料仓结构、生产管理有直接关系，变化较大，不是通过改变传热系数数值可以概括的。鉴于此，本标准在加热设备的计算方法中，引入了料仓热损耗系数。

关于加热排管的传热系数在静止的骨料中随加热时间的延长而降低的规律，我国的试验与前苏联的研究是一致认同的。在前苏联的资料中没有给出 8h 以后的平均传热系数，这是因为前苏联的工程加热时间一般都控制在 8h 之内，超过 8h，传热系数大幅度下降，骨料加热的效率和经济性都很差。然而我国的工程，除刘家峡工程外，加热时间大多在 8h～16h 之间。考虑到这个实际现状，给出了两个时段的传热系数，即 0～8h 时段的平均传热系数和 8h～16h 时段的平均传热系数，供设计人员选用。传热系数的数值取自浑江水电工程局和大连工学院的料箱试验值。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

9.1.5 本条款对骨料预热料仓的仓形及加热排管的总体布置提出了几条基本要求，这些要求对提高骨料的流动性、加热的均匀性及能源节约，起着不可忽视的作用。

骨料加热能否均匀，在相当大的程度上与料仓的形状有关。料仓下部锥形部分与水平面间的倾角设计成 40°～45° 时，尽管这个角度已经达到砂石对仓壁的静摩擦角，但是这种料仓在周期性的卸料中，只有沿料仓轴线方向中心部分的骨料能够卸下，仓壁旁有相当数量的骨料被阻住，这部分骨料会在仓内停留相当长的时间，从而导致加热的不均匀性。

根据前苏联的研究，把料仓的锥形部分与水平面的倾角设计成大于 55°～60°，这时打开放料门，就可以使仓内的骨料全断面均匀向下流动。但是，目前大多数料仓的高宽比为 1.0～1.5，这种倾角又会引起料仓容积的大幅度减少。改进方法是把料仓做成高与直径之比为 3～4 的圆柱形，但若某一种骨料的料仓容积较大，这样做会使料仓过高，这时应缩小仓容量，增加这种骨料需要的料仓个数。这样，当一个仓处在加热状态时，另一个仓还可以发送骨料，这种料仓在发送骨料时，仓内骨料均能向下流动，其上部自由面基本上处于平面状态，因而加热更为均匀。

9.1.6 拌和楼（站）一般都是不带加热设备的定型产品，骨料储仓内的加热设备应按设计的加热方法和要求确定。如前面所述，拌和楼（站）顶部的骨料储仓采用蒸汽加热的话，应采用间接加热排管。

9.1.7 本条说明蒸汽加热拌和用水时加热设备的选择原则。根据白山工程的经验，当用蒸汽间接加热拌和水时，如果用水量较大，从设备完善性和运行可靠性出发，应选用定型产品——汽水热交换器；如果用水量不大，则可采用简单的热交换器，在这种交换器的箱内装设蛇形盘管即可。蒸汽直接加热拌和用水时，将开有 3mm～4mm 小孔的蒸汽管子直接安装在水池或水箱内，其孔数可按其总面积等于汽管截面积算出。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

9.1.8～9.1.9 混凝土系统内的拌和楼（站）、胶带机廊道等建筑物，均为施工临时建筑，工作环境恶劣，粉尘含量较大，其采暖设备宜采用钢排管散热器，优点是易于清除料尘。在胶带机廊道内，采暖设备宜直接采用管道，并沿胶带机架纵向布置，优点是供热管道就在胶带输送机运输胶带的下方，热量可以充分利用，既可使建筑物采暖，又可较好地改善胶带机的运行条件，防止胶带因气温偏低而发硬。

从防火安全角度考虑，在拌和楼和胶带机廊道等建筑物内，禁止采用煤炉和电炉取暖。

9.2 锅 炉 及 锅 炉 房

9.2.1 本条所指的锅炉房是低温季节混凝土施工用的锅炉房，它不仅为混凝土预热系统供热，还为混凝土的施工场所供热。因此其设计容量应按锅炉房总热负荷确定，即除 8.0.3 条所规定的预热系统总热负荷外，还包括暖棚供热、岩石基础（或混凝土表层）加热、施工现场其他建筑物采暖及锅炉房自用等供热量。本标准不提供施工场所热负荷的计算方法，而由相关专业解决。

9.2.2～9.2.5 这几条说明锅炉及其台数的选则原则，其条文与 GB50041—1992《锅炉房设计规范》基本相同。但由于本锅炉房属于工程专用锅炉房，必须满足工程高峰负荷的需要，因此当所有锅炉在额定蒸发量运行时，应能满足锅炉房的最大热负荷；而在非高峰期，则调整投入运行的锅炉台数来适应负荷变化，使锅炉运行在经济负荷的范围内。一般锅炉的经济负荷为锅炉额定蒸发量的 70%～80%。如果工程需要，允许短时间的超负荷运行，但是从运行安全考虑，短时间的超负荷不允许大于 20%。

9.2.6 水电水利工程一般采用燃煤锅炉，锅炉的选型除了热负荷外，还与采用的煤种有关，即锅炉的燃烧方式应适合所采用的煤种。

9.2.7～9.2.9 混凝土预热系统锅炉房位于大坝附近的施工企业场

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

内，场地狭窄。区域布置时，必须结合混凝土系统的布置，本着节约用地的原则，考虑煤源远近、供应的均衡性和交通运输方式等因素，对煤场和灰渣场做出合理的规划，并保证煤场的总储煤量满足锅炉房最大耗煤量的要求。

煤场一般为露天设置。对于受煤地弄的上侧宜设置防雨棚，防止入冬前储煤时期因淋雨而使煤冻结。

灰渣可作为建筑材料，也可以铺筑公路，应重视灰渣的综合利用，变废为宝，保护环境，故在一般情况下以储存 3d～5d 的灰渣堆场做为周转场地即可。

9.2.10　因为锅炉房属于混凝土系统的一部分，它的区域布置应在混凝土系统（尤其是预热系统）统一规划后进行。应该遵循占地面积尽量少、室外管线短、交通方便、利于燃料储运和灰渣排除、防洪、防火、环境卫生及运行维护方便等原则。所以其位置应尽量选择在靠近热负荷比较集中的地区，并与混凝土系统其他工艺设施合理衔接。

9.2.11～9.2.12　锅炉房的工艺布置应力求合理、经济、实用，各种设备、管路、阀门和仪表应该布置整齐，并易于管理和维护，这是一般原则。本条中炉前距离、锅炉侧面和后端的通道净距是按 6t/h～20t/h 锅炉确定的，当选用的锅炉容量不在此范围时，以上尺寸可适当增减。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

10 管道及管道保温设计

10.0.1 预热系统供热管道的布置，应根据热负荷分布情况、建筑物和构筑物布置的方向与位置、总平面布置要求，并结合水电水利工程地形条件和设施的特点确定。

1 主干管的布置，应使其既满足生产要求，又节约管材。

2 山区建厂时，应考虑到地质滑坡的隐患，当跨越沟谷时，应考虑山洪对管架基础的冲击。

3 当采用架空敷设时，为减少支架数量和尽量减少热损失，可穿越建筑物。但不应穿越水泥库、危险品仓库和配、变电所等建筑物，这是由于介质散热和有可能泄漏，引起事故或损失和出现危险。另外，也不宜穿越料场及主干道，因布置跨度大，会造成支吊困难，考虑不周还会导致日后返工浪费或难于维修。

10.0.2 热力管道的敷设方式，应根据气象、水文、地质、地形等条件和施工、运行、维修方便等因素确定。一般分地下和架空敷设两种方式。在地下水位高、年降雨量较大、土壤具有较强腐蚀性或地质上有特殊障碍的地区，应采用架空敷设。但在永久居住区和要求整齐美观的区域，宜采用地沟敷设和直埋敷设。

10.0.3 直接埋地敷设是把保温后的管道直接埋于地下，从而节省了大量建造地沟的材料、工时和空间。

由于保温层与土壤直接接触，要求保温材料除导热率小之外，还应吸水率低、电阻率高，并且有一定的机械强度。为了防水防腐蚀，保温结构应连续无缝，形成整体。保温的做法按制作工艺分，有现场沟槽填充法、现场浇灌法及工厂预制法几种。目前，多采用紧箍式工厂预制法。

在紧箍式保温下，保温层与钢管道黏结成一体。当管道因温度胀缩时，保温层与管道一起伸缩。此时，保温层外表面的土壤

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

摩擦力能极大地约束管道的位移；在足够长的直管段内，可不设补偿器和固定点；在管道自然转变处可照例埋土，仅在必要长度上设固定墩；在需保护的阀门、三通等部位设补偿器和小室。实验研究证明，在热媒 150℃以内，管径 500mm 以下的管道，紧箍式保温无论是强度还是纵向稳定，均能满足要求，当然在设计时仍需进行强度与纵向稳定的验算。

用于直接埋地敷设的保温材料有沥青珍珠岩、聚氨基甲酸酯硬质泡沫塑料和聚异氰尿酸酯硬质泡沫塑料等。

10.0.4 为了尽量减少地下敷设管道与铁路或公路交叉管段的长度，以减少施工和日常维护的困难，其交叉角不宜小于 45°。单管或小口径管与铁路或公路交叉时，宜采用套管；多管或大口径管与之交叉时，则按具体情况可采用半通行或通行地沟。

10.0.5～10.0.6 当采用地下管道地沟敷设方式时，针对不同的管径、管道数量、布置方式，可以选择不通行地沟、半通行地沟和通行地沟。为此，提出三种不同地沟的断面尺寸及管道在三种不同地沟中敷设的选择原则。

10.0.7 架空敷设具有布置灵活、维修方便、造价低等特点，特别适宜于敷设水电水利预热系统等临时工程管道。

在不妨碍交通的地段采用低支架敷设，可节约支架费用，又便于管理维修。中支架敷设时，为了便于人的通行，管道保温层距地面净空距离不宜小于 2.5m。高支架敷设的高度要求，是为了保证车辆的通行。

10.0.8 无论是采用地下敷设或者采用架空敷设，供热管道都应有一定的坡度和坡向，以便于管道系统的排气和排水。

10.0.9～10.0.10 供热管道随着所输送热媒温度的升高，将出现热伸长现象。如果这个热伸长不能得到补偿，将会使管子承受巨大的应力，甚至使管道破裂。为了使管道不会由于温度变化所引起的应力而破坏，必须在管道上设置补偿器，以补偿管道热伸长及减弱或消除因热膨胀而产生的应力。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

供热管道中常用的补偿器种类很多，其中最常用的有管道自然补偿、方型补偿器和套管补偿器等。此外，还有许多其他型式的补偿器，如波形补偿器、波纹管补偿器、球形补偿器等。

设计中尽量利用管道的几何形状（如 L 形或 Z 形）的弹性变形来补偿管段的热伸长。当管路中的直线管段过长，无法采用自然补偿时，可在直线管段两端设固定点，在两固定点之间采用方型补偿器或套管补偿器等来吸收热变形。方型补偿器一般均用无缝钢管煨弯或焊接制成，可用于各种压力和温度条件下。其优点是制造安装方便，不需要经常维修，热补偿能力大，作用在固定支架上弹性力较小；缺点是外形尺寸较大，因而占地面积较多，并受热变形后两端管子易发生弯曲，热媒流动阻力大。由于具有较多优点，它在管道热补偿中得到广泛应用。

套管补偿器由芯管、补偿器壳体及两管之间的填料圈组成，补偿器直接焊在供热管道上。其优点是尺寸紧凑，占地较小，对热媒流动的阻力比弯管式补偿器小；缺点是轴向推力较大，需要经常检修和更换填料，否则容易泄漏，管道变形有横向位移时，易造成填料圈卡住。这种补偿器主要用在安装方型补偿器空间不够的场合。

10.0.11 选择供热系统管材要考虑很多因素，例如管道工作条件所必要的安全可靠性、管材生产供应情况、经济性、加工性能，以及工程性质、施工条件、使用年限和代用材料等。在影响钢管选择的各种因素中，起决定作用的是管道工作条件，即管道是在多大压力、多高温度和什么性质（如腐蚀性）的介质作用下工作。所选用的管材必须能够承受所输送介质的作用，才能保证管道运行的安全可靠性。本条给出钢管选择的一般原则。

10.0.12 为了减少供热管道热量损失，需对管道及附件进行保温，以便达到保证供热系统工艺参数和节约能源的目的。保温材料一般采用轻质、疏松、多孔的粒状材料或纤维材料，应满足以下要求：导热系数小、耐热性好、体积质量小、具有一定的机械强度、

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

材料的物理化学性稳定、吸湿率小、造价低、成型容易、便于就地取材、使用年限长、施工方便。

保温材料种类繁多，产地分布较广，其性能变化范围也较大。采暖工程常用的保温材料有石棉、矿渣棉、泡沫混凝土、膨胀珍珠岩、玻璃棉、泡沫塑料等。在选用保温材料时，要因地制宜、就地取材、力求节约。

根据热网运行经验，当管网有良好的保温措施时，其热损失约占输送热量的 5%～8%；与之对应的保温结构费用约占热网管道成本的 25%～40%。可见，保温工作对保证供热质量、节约投资和燃料都有重要影响，必须充分重视。

保温层厚度一般由技术经济分析计算确定。当保温的目的主要是减少管道散热损失时，保温层厚度应按“经济厚度”取用；同时，应保证散热损失不超过允许的最大散热损失值。经济厚度即：在管道及附件保温后，每年的散热损失费和保温结构投资的年回收费、年运行费、年维修费之和为最小值时的保温材料层的计算厚度。

10.0.13 管道中介质的允许流速是根据正常运行时不产生水力冲击、振动及经济因素等条件决定的。本条提出了在不同用途时管径的取值下限和介质流速的取值上限，这样就可通过热媒流速的正确取值，计算出供热管道的经济管径。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

11 安全防火与环境保护

11.0.1～11.0.3 混凝土预热属于寒冷地区的冬季作业，由于气候干燥，加热点和采暖点多，安全防火的任务更加突出。因此为了确保生产设施和人员的安全，在预热系统设计中必须贯彻“预防为主，防消结合”的方针，做好防冻、防滑、防烫、防火、防爆五项工作。尤其是建筑物的防火设计，应严格执行 GBJ16。

混凝土预热系统安全防火的重点部位是锅炉房，因为它有明火源，而且具有爆炸的危险性。为此，根据 GBJ16—1987 第 3.2.5 条，指出锅炉房建筑物的耐火等级设计标准，并为确保锅炉房区域的安全防火，提出了它与周围建筑物之间布置方面的设计要求。

11.0.4～11.0.6 提出锅炉房屋面及门窗布置要求。考虑到锅炉万一发生爆炸事故时，气流能冲开屋面而减弱爆炸的威力，应选择合适的屋顶结构及布置，并为保证运行人员安全脱离险境，锅炉房必须设置安全可靠的进出口。

11.0.7 本条是从热力管道的防火角度提出的。

11.0.8～11.0.14 混凝土预热系统的污染源，主要是锅炉房的锅炉废水、烟气、废渣、粉尘及噪声。从锅炉排出的烟气中含有硫和氮的氧化物、碳氢化合物及一氧化碳等二十多种有毒和刺激黏膜的物质，从烟囱或从锅炉直接排出的粉尘含有石英、石棉及汞、铅等多种有害物质，这些物质都对人体构成极大的危害。此外，锅炉房及骨料转载节点处的噪声，也能引起人体的生理病变。锅炉废水和废渣虽然不直接损害人体，但它破坏环境和劳动条件，间接地损害人体的健康。因此在这些条文中，为混凝土预热系统提出了完整的环境保护要求，尤其在锅炉房对环境的污染方面，提出了应遵循的有关国家标准和应采取的措施。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

12 主要技术指标

12.0.1 编制混凝土预热系统的主要技术经济指标，是混凝土预热系统设计的一个重要组成部分。

主要技术经济指标集中反映了设计成果在技术上的先进性和经济上的合理性。将设计指标与已建同类工程的技术指标进行比较，可以考核设计成果，不仅能帮助设计人员发现设计中存在的问题，而且还有助于审批人员的审查。

为达到设计成果的可比性，技术经济指标的编制应该有一个统一的标准。附录 K 规定了混凝土预热系统应表达的主要技术指标，设计者应正确理解表 L.1 中各项指标所表达的内容与含义，按本标准所规定的统一标准和方法，认真计算填写。

表 10 列出了国内几个工程混凝土预热系统的主要技术指标。由于缺乏完整的历年统计资料，现有的有些资料又来源于不同的标准和计算方法，所列资料的可比性较差，但是由于基本情况属实，可供设计人员参考。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

表 10　国内几个工程混凝土预热系统的主要技术指标

项目	单位	刘家峡	龙羊峡	潘家口	桓仁	白山	拉古哨（水丰）
		加热方式					
		露天料堆内蒸汽排管	露天料堆内蒸汽排管	预制混凝土料罐热水排管	保温地下式储仓热水排管	保温混凝土储仓蒸汽排管	露天料堆内蒸汽排管
料堆或料罐总容量	m^3	48300	290000	9000	3665	13900	7100
其中：砂	m^3	15200		1800	553	3000	1800
细石	m^3	7600		1800	526	2600	
小石	m^3	7600		1200	886	3800	1800
中石	m^3	8950		1800	814	3000	1700
大石	m^3	8950		2400	886	1500	1800
活容量	m^3	11200	150000	6000	2500	6390	2000
活容量与总容量之比		0.23	0.5	0.66	0.68	0.46	0.28
冬季混凝土浇筑强度	m^3/h	100	130	200	100	100	30
骨料加热前初温与加热后终温	℃	-10～+35	-10～+30	-7～+5	-20～+5	-20～+5	-16～+5
骨料加热时间	h	5		16	16	22	12
加热设备排管总面积	m^2	1140		2399	1298.8	2545	362.04
排管直径间距	mm	砂ϕ108×700 石ϕ108×1000		ϕ108×800 ϕ144×900	ϕ83×500 ϕ133×1000	ϕ76×500 ϕ108×1000	ϕ89×850 ϕ89×400
总耗热量	万 W	148.2	535.01	284.95	86.45	239.59	103.16
供热设备锅炉总蒸发量	t/h×台	8×5		8×2	7×6	8×1	2.4×5
储仓或料罐数量	个	12		15	6		4
储仓或料罐的放料口数量	个	22		30	30	135	12
混凝土工程量	m^3	1200		1298	220(砌石 1840)	18200	75(砌石 900)
钢结构及钢管工程量	t	74		155.7	76.8	217	21
地区月平均气温	℃	-6.3	-9.5	-8.1	-15.4	-17.5	

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com
▼ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！
水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM