



格兰富衡卓

区域供热二次网一站式的系统解决方案

应用手册-
格兰富衡卓系统解决方案

格兰富
GRUNDFOS



点滴皆可为



目录:

前言	03
1. 区域供热系统简介	04
1.1 热源	04
1.2 热网	05
1.2.1 换热站	05
1.2.2 一次网	05
1.2.3 二次网	05
1.3 热用户侧	05
1.3.1 地板辐射系统	05
1.3.2 散热器系统	05
2. 二次网设备配置和系统设计	06
2.1 传统二次网系统配置	07
2.1.1 一次泵系统	07
2.2 水力输配系统的挑战	09
3. 二次网水泵控制	10
3.1 压力梯度	10
3.2 输配系统方案对比	12
3.3 格兰富衡卓系统	13
3.4 一次泵变流量	14
3.5 水泵功率	17
3.5.1 集中式泵送系统	18
3.5.2 格兰富衡卓系统	20
3.6 水泵能耗对比	23
3.7 源泉控制	24
3.8 区域泵控制	25
3.9 节热	26
4. 衡卓系统的设计	27
4.1 格兰富衡卓系统水泵选型计算工具	27
4.1.1 项目设计图纸信息	28
4.1.2 选型工具的使用	29
4.1.2.1 衡卓系统的水泵选型	31
4.1.2.2 Coordination documents 生成文档	32
4.2 衡卓系统能耗报告	33
4.2.1 能耗报告所需的信息	34
4.2.1.1 单位和货币	34
4.2.1.2 负荷情况及负荷分布	34
4.2.1.3 运行时间	34
4.2.1.4 水泵信息	35
4.2.1.5 传统设计	36
4.2.1.6 功耗、能耗及创建报告	37
5. 为何选择格兰富衡卓	38
5.1 一站式解决方案	39
5.2 节能	39
5.3 在任何负荷下实现自动平衡	39
5.4 便于调试	39
5.5 云平台	39



前言:

根据全球环境基金（Global Environment Facility）的数据，自 1970 年以来，用于电力、暖通空调（HVAC）和运输的化石燃料占温室气体（GHG）排放量增长的 80%。*

仅建筑就占全球能源使用量的近三分之一，占温室气体排放总量的近 30%，包括能源终端使用排放、发电排放和暖通空调排放。在中国，目前我国建筑能耗约为全国总能耗的 30%，我国城镇采暖能耗占全国建筑总能耗的 25% 左右，因此我国城镇采暖能耗的降低可以说是重中之重。

格兰富所做的一切均以可持续性为核心。为了实现我们对联合国可持续发展目标 6 和 13 的承诺，及中国 30/60 碳达峰 / 碳中和目标，我们正在不断开发新的产品，通过更高效的产品和完整的系统解决方案来减少泵送过程中使用的能源。

格兰富衡卓系统解决方案是我们应用技术创新实现巨大效率提升的一个例子。

格兰富衡卓解决方案是集中供热二次网热水输配系统由集中式（推动式）向分布式（拉动式）的范式转变，它不再使用传统的压力调节装置（如平衡阀、调节阀、压差无关型调节阀（PICV）或物联网阀（IOT Valve）），而是使用智能水泵，仅在需要的时候产生流量和压力。

这就形成了一个自动化的系统，该系统在泵能耗、热量平衡和易用性方面都得到了显著的改善。通过格兰富衡卓解决方案，您可以提高系统稳定性，室内舒适度，降低维护成本，降低系统能耗并减少碳排放。

本应用指南介绍了格兰富衡卓系统如何提高区域能源二次网系统的性能，并消除了传统系统的诸多缺点。同时，还对格兰富衡卓解决方案在区域能源二次网的最佳实践给予了技术说明。

1. 区域供热系统简介

本章节主要介绍区域供热系统。

区域供热即从城市集中热源，以蒸汽或热水为介质，经供热管网向全市或其中某一地区的用户供应生活用热。集中供热系统包括热源、热网、热用户三个部分组成。

1.1 热源

热源的作用主要是生产热媒（水）。主要是热电站和区域锅炉房。区域锅炉房有的单独供热，有的与热电站联合供热。热电站和区域锅炉房主要以煤、重油或天然气为燃料。

以热电厂为热源时，设计供水温度可取用 110~150℃，回水温度可取 70~80℃或更低一些。

以区域热水锅炉房为热源，当供热规模较小时，通常采用的供水温度为 95/70℃或 80/60℃的水温；当供热规模较大时，经过技术经济比较可采用 110/70℃、130/70℃、150/80℃等高温水作为供热介质。

随着国家推动清洁能源的使用，区域锅炉房作为热源的新建项目逐步减少。

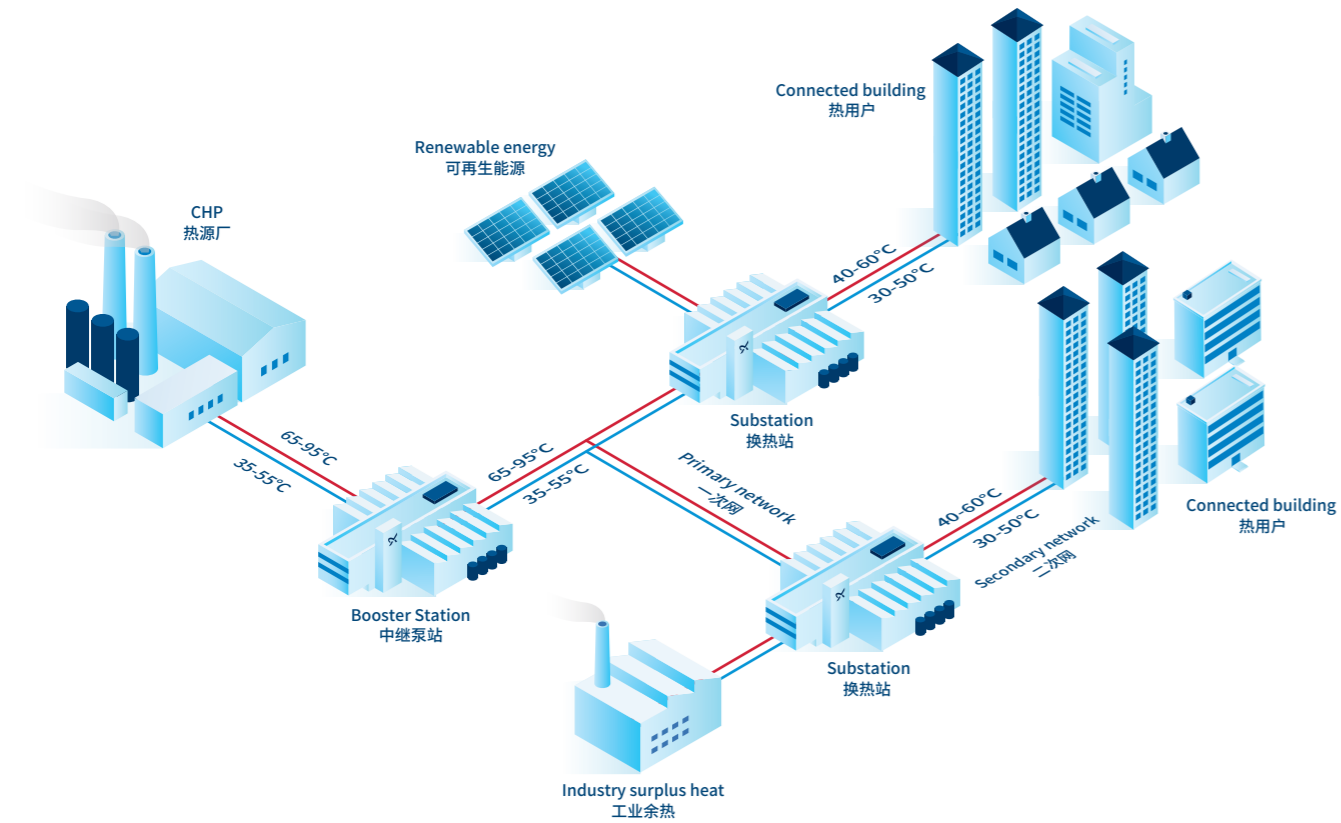


图 1 集中供热示意图

1.2 热网

热网是通过敷设的管道系统，将热源产生的热媒（水）经过管网输送到各用户区域。由于区域供热输送半径较大，通常整个热网会由换热站分成一次网及二次网。在长距离输送时，一次网往往还建有加压泵站。

1.2.1 换热站

在整个热网中，热媒（水）会进入到每个项目（住宅小区）的换热站，在换热站里进行热交换。换热站里主要包含：换热器、水泵、定压装置、补水设备等。换热站将整个热力管网划分为两部分，即一次网和二次网。

1.2.2 一次网

一次网是指由热源到换热站之间的热力管网，由于距离的不同，一次网会根据实际情况设置加压泵站。

1.2.3 二次网

二次网是指由换热站到建筑（楼、单元热力入口）处的管网

1.3 热用户

用户侧的系统通常包括两种末端形式：地板辐射采暖及散热器采暖。

1.3.1 地板辐射系统

地板辐射采暖是以温度不高于 60℃的热水作为热源，在埋置于地板下的盘管系统内循环流动，加热整个地板，通过地面均匀地向室内辐射散热的一种供暖方式。通常包括，分集水器、地盘管及相关控制阀门。

1.3.2 散热器系统

散热器采暖是以对流为主的采暖方式。散热器先加热其周围空气，使空气在房间内形成对流从而达到采暖目的。通常包括散热器及相关恒温控制阀等。

格兰富衡卓解决方案是指从换热站到用户热力入口处的区域供热二次网解决方案。

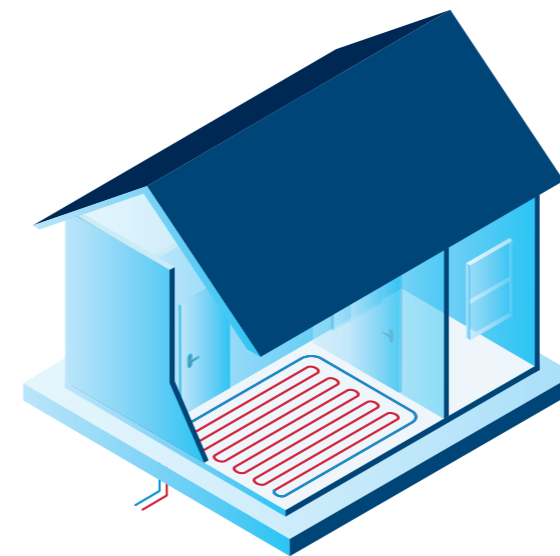


图 1.3.1 地板辐射采暖系统示意

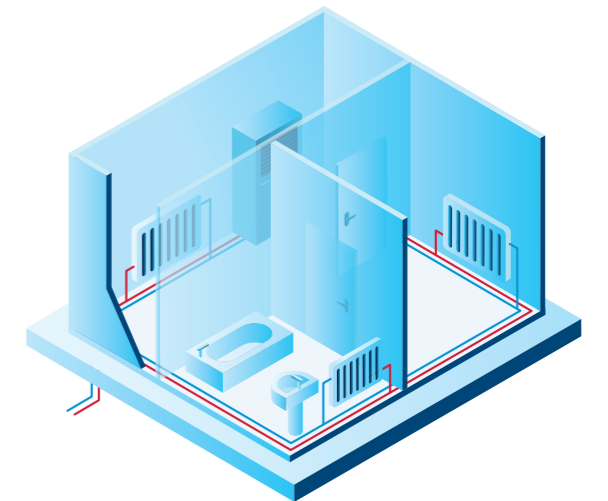


图 1.3.2 散热器采暖系统示意



2. 二次网设备配置和系统设计

格兰富平衡卓解决方案介绍

在传统区域供热二次网系统中，热水通过水泵在热力管道里流动，最常见的方式是在换热站集中设置二次侧水泵，二次侧热水在板换内和一次侧热水进行换热交换后，由二次侧水泵将热水输送到热用户。

对于传统的二次网系统，系统大多采用集中式输配（推动式）系统，通常因为用户侧没有可以根据室温进行流量调节的装置，因此在供热季节，部分热力公司会根据室外温度对二次侧供水温度进行质调节，以减少用户侧因为室内过热而带来的能源浪费。虽然此种方法能降低热力公司的运行费用，但通常，二次网系统较大，水力失衡严重，导致系统舒适度差，由于水力失衡导致的能源浪费较大，投诉率高。

近些年二次网的水力平衡状态受到了热力公司的广泛关注，可以看到一些静态平衡及动态平衡阀类的解决方案，即在二次网的管道上安装平衡类阀门以解决平衡问题。同时还可以看到在末端，即在楼/单元热力入口安装调节类阀门、压差无关型调节阀（PICV）或物联网阀（IOT Valve）做精细化调节的方案。

虽然以上两种方式解决了二次网的失衡及用户侧的精细化调节，但这种设置势必会有水泵的一部分扬程消耗在这些阻力阀件上

造成浪费。同时平衡类的阀门需要在系统运行前做好调试，调试的效果会影响系统运行的效果，同时在几个供热季后，对于此种方案需要对平衡类阀门做再调试，以确保实际运行的效果。系统维护成本也会较高。

格兰富平衡卓解决方案，用智能水泵代替平衡阀及调节阀，用户泵安装在楼/单元的热力入口，提供所需要的流量和扬程。系统没有阻力阀件意味着系统就没有截流，也没有不必要的压力损失。通过增加用户泵替代阀门，消除了流量限制设备，从而消除了不必要的压力损失。同时将阀门替换智能泵也减少了系统中的摩擦损失，降低了系统运行所需要的能量。

格兰富平衡卓系统不仅是由智能泵替换了阀门，它是二次网整体解决方案，在系统运行中，可以对二次侧供水温度进行控制，同时源泵和用户泵联合运行，按需供应，解决水力平衡问题的同时保持管网在大温差下运行，提高用户侧的室内舒适度及系统的稳定性。

格兰富平衡卓解决方案是一种全新的二次网水系统输配方式，是供热二次网流量精准控制与提高能源效率的关键。

2.1 传统二次网系统配置

区域供热二次网通常采用集中式输配系统，即我们通常所说的一次泵变流量（Primary Only）系统，本章节着重讲述在楼/单元热力入口处安装压差无关型电动调节阀（PICV）的系统配置。

2.1.1 一次泵系统

一次泵变流量系统，在整个供热环路中采用变频水泵做热水的输送。

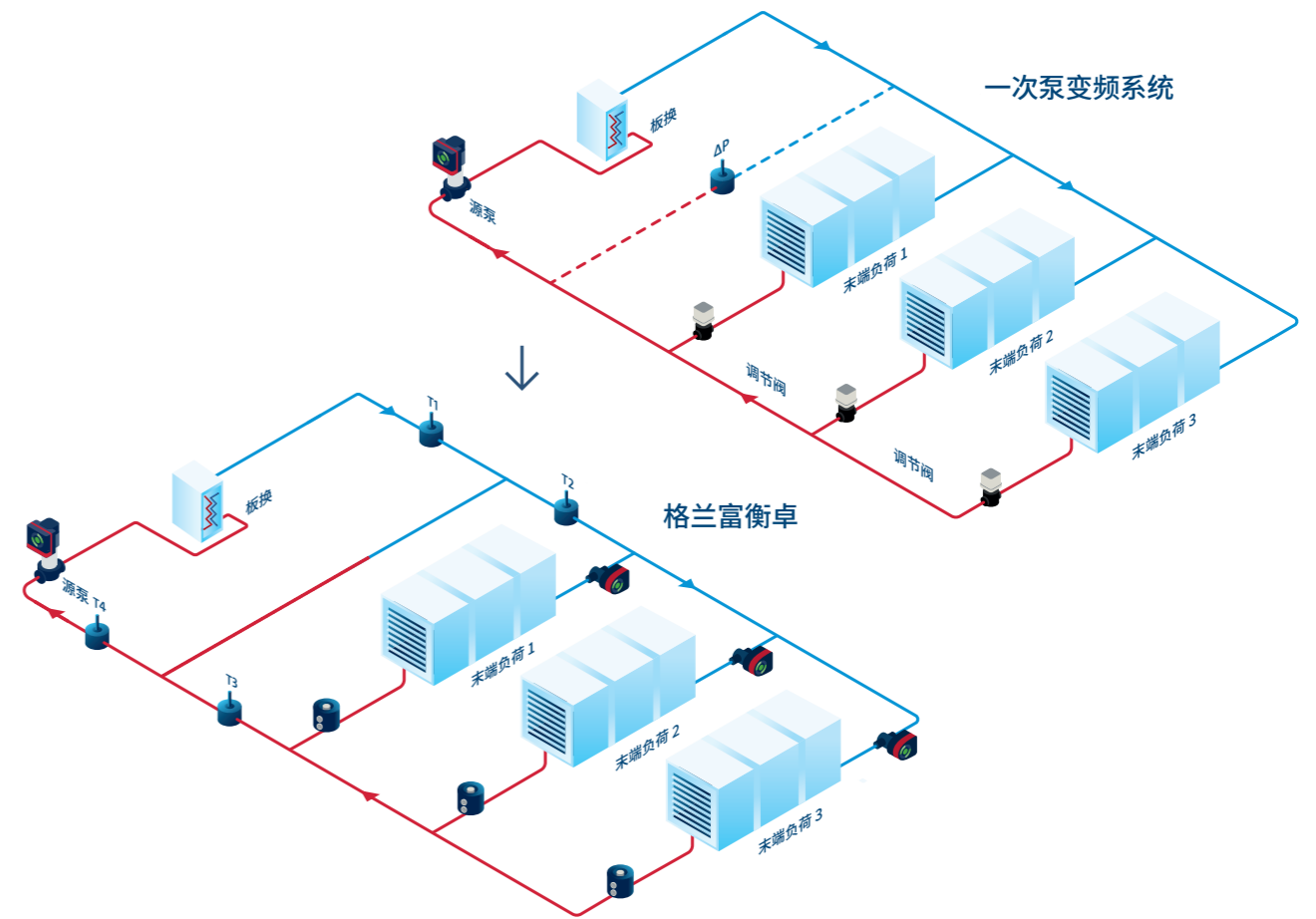
该系统主要由以下设备组成

1. 一次泵 - 根据系统总流量及最不利环路（index loop）的压降进行一次泵流量及扬程的选择。水泵的变频控制依据传感器的信号反馈。

2. 压差传感器（DP sensor）- 通常用来控制一次泵的变频，在系统设计阶段确认传感器的安装位置十分重要，传感器可以设置在主供水管，或者设置在最不利环路。

3. 调节阀（PICV）- 压差无关型电动调节阀，安装在楼/单元入口，根据回水管的介质温度进行流量调节。

一次泵变流量系统为推动式系统，一次泵将热水推动到管网进行流动，楼/单元处的调节阀根据需求进行调节控制，当需求增加时，阀门开度增大，主管供回水压差降低，为了保证主管供回水压差值不变，水泵升速运行，反之，当阀门开度减小时，水泵降速运行以保证设定的压差值。



图：传统二次网系统 vs 格兰富平衡卓

二次网系统	传统系统	格兰富平衡卓	格兰富平衡卓的优势
1 源测	一次泵	源泵	源泵扬程大幅降低，因为源泵的扬程只用来克服换热站内的阻力。
2 源测	供回水管上设置压差传感器	需要安装平衡管，平衡管上安装四个温度传感器	格兰富平衡卓系统设置平衡管的作用是把系统分割成两个小系统，在系统运行时，平衡管里的流量几乎为零，平衡管的主要功能是监测及平衡源测及用户侧的流量。使得系统在任何负荷下供需平衡。
3 用户侧	平衡类阀门	不需要安装平衡类阀门	没有压力损失消耗在节流类阀门上，同时减少了采用平衡阀方案带来的繁琐调试，保证运行效果。
4 用户侧	楼 / 单元热力入口的调节阀 / 物联网阀	区域智能泵	格兰富智能泵根据末端用户需求提供流量和扬程，用户间管网可以自动平衡，调试会更快速更简便。同时没有压力损失消耗在调节类阀门上。

总结：
 格兰富平衡卓降低了整个系统的能耗，提高系统稳定性及舒适度

格兰富平衡卓同时大幅降低了调试、设计时间，时间节约体现在以下方面：
 - 不同平衡措施带来的阀门选型计算时间
 - 调试过程中系统进行平衡调试的时间
 - 一次泵压差控制点选取及调试时间



2.2 水力输配系统的挑战

水力流量优化是降低能耗的一大主要方法，同时还能提高整体系统效率和性能。

区域供热行业已经改变了建筑的设计、安装、建造和优化使用的方式。

随着现代技术和电子技术的发展，改变了这些系统的安装、运行和维护方式。许多系统出现失衡的原因之一便是系统的调试做得不好。

此外，这还会导致各方面的费用提升（如运行、维修以及无法优化系统），从而提高总体拥有成本。上述挑战也可能导致小温差综合征，也是该系统面临的最严峻的挑战。当无法维持系统设计的水温范围时，就会发生小温差综合征。

这可能引发系统实际能耗超过设计能耗等问题，从而影响舒适度。因无法维持系统设计的温差范围而产生的问题可能导致过流以及组件在其设计框架之外运行，从而超出最佳效率范围。这会导致系统性能不佳、能源消耗过多和舒适度降低。如果系统中的温差降得太低，则必须增加流量，以满足建筑物的供热需求。

3. 二次网水泵控制

本章节主要讲述在不同负荷时，不同系统下，水泵控制逻辑不同对系统压力梯度的影响，包括格兰富衡卓系统在不同负荷下的压力梯度，及水泵功率的影响。

3.1 压力梯度

泵送系统可以通过绘制水系统的水压图进行可视化理解，绘制水压图，需要以下信息：

- 水管长度
- 水管口径
- 水管上的阀件，如调节阀，过滤器、弯头等
- 整个系统的流量
- 末端用户的水压降

之后可以通过管道尺寸图及等效管长法确定管道及管道阀件的阻力损失。一个简单的示意如图 3.1.1 所示，在这里管道上阀件的压降根据等效管长法进行计算。管道梯度被定义为【Pa/m】。系统里虽然有水泵及调节阀，但是在这个点上不考虑流量的变化，图 3.1.1 只是单纯的介绍一下水压图以便后面更好的理解流量变化带来的影响。

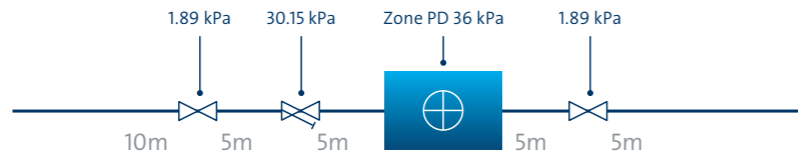


图 3.1.1 DN150 管道在 75L/S 流量时管道梯度

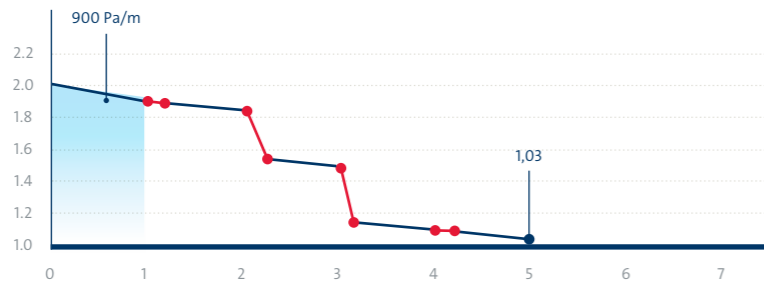


图 3.1.2 单线路水压图

图 3.1.2 示意了一个单线路的水压图，起始点可以是任何值，在这里假设为 2bar，从左向右，蓝线的斜率按照 900【Pa/m】假设，按照每个阀件的压降在图中示意出来，整个管道加阀件的压降是 97kpa。

当流量降低时，根据同样的方法进行水压图的绘制，假设流量降低到 20l/s，新的水压图如图 3.1.3 所示。

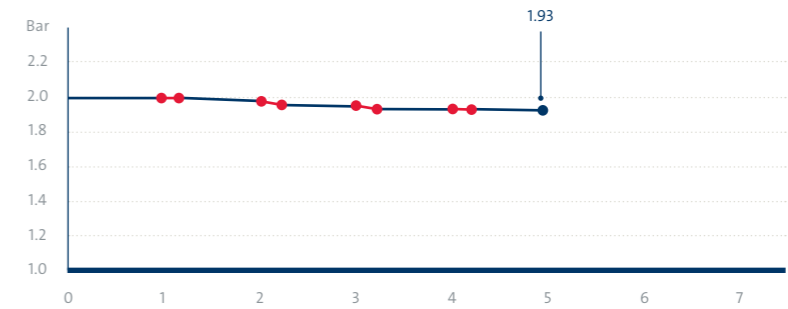


图 3.1.3 流量降低时的水压图

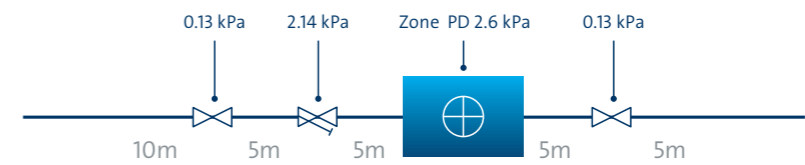


图 3.1.4 DN150 管道在 20L/S 流量时管道梯度

图 3.1.4 显示系统总压降低到 7kpa，总压将降低了 93% 流量降低了 73%。在这个例子中，没有考虑调节阀，所有的阀件都可以认为是孔板，意味着压降和流量可以用 Affinity Law 进行描述。

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 \Leftrightarrow H_1 = H_2 \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 = H_2 * X^2$$

这里，H 和 Q 分别代表压降和流量，X 代表前后流量变化的关系

3.2 输配系统方案对比

在本章节中，我们将对比格兰富平衡卓系统与一次泵变流量输配系统。一次泵变流量系统通常根据系统中压差的设定点进行控制。压差传感器的设置位置通常会有以下两种：

1. 压差传感器设置在进出口水管总管处
2. 压差传感器设置在最不利环路处（通常是管线最远处）

假设一次泵变流量系统中采用压力无关型电动调节阀（PICV）解决水力平衡问题，考虑水泵压头时要考虑在最不利环路中 PICV 的压力损失，不同的生产厂商及不同的型号，PICV 阀门的压降也不同，但是通常情况下在 20~60kpa 左右，以下采用 20kpa 这个值作为比较的基础，对比不同控制系统下在不同负荷条件下的情况。

考虑不同负荷时，各支管的负荷变化同整体保持一致，即总负荷降低 10% 时，各支管负荷均降低 10%，以简化对比。管道设计、负荷、热源等考虑完全相同，唯一的不同就是输配系统的设置及控制方式。

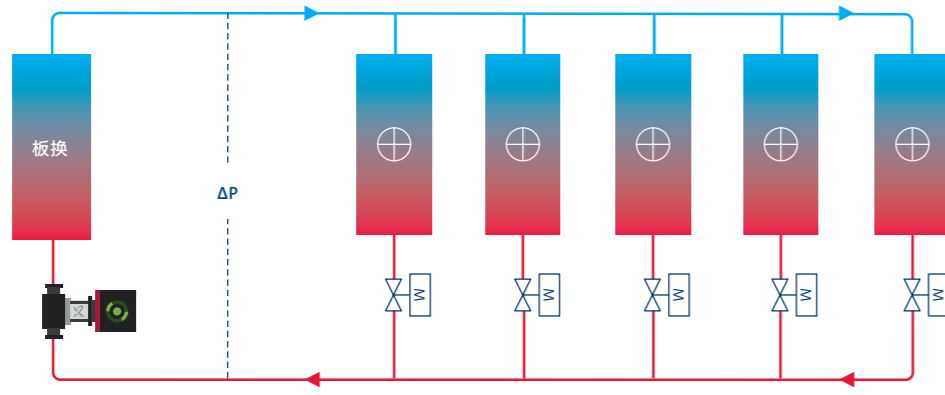


图 3.2.1 一次泵变流量压差控制点在总管

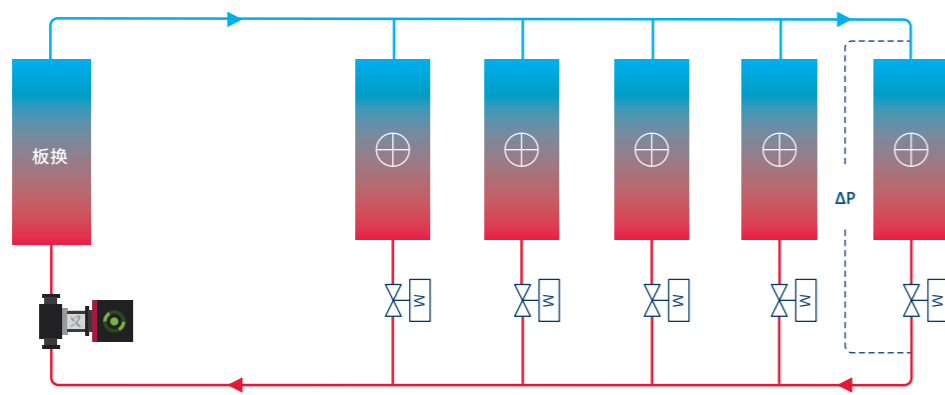


图 3.2.2 一次泵变流量压差控制点在最不利环路 (index)

3.3 格兰富平衡卓系统

在格兰富平衡卓系统中，平衡管(de-coupler)两端无压降。这是因为系统可以考虑为“供应”-“需求”两侧，源测水泵将水供应到平衡管(de-coupler)处，而区域泵根据需求将水从平衡

管(de-coupler)处泵入末端用户区域中，区域泵提供为克服其所在环路的压力损失的扬程及用户区域所需要的流量。

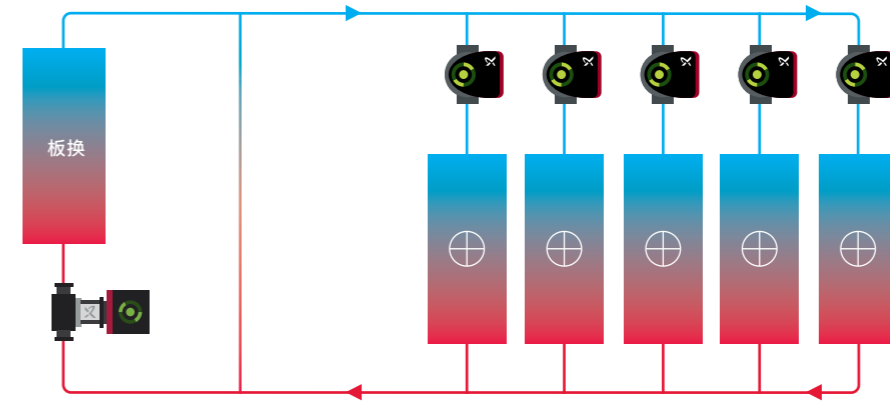


图 3.3.1 格兰富平衡卓系统示意图

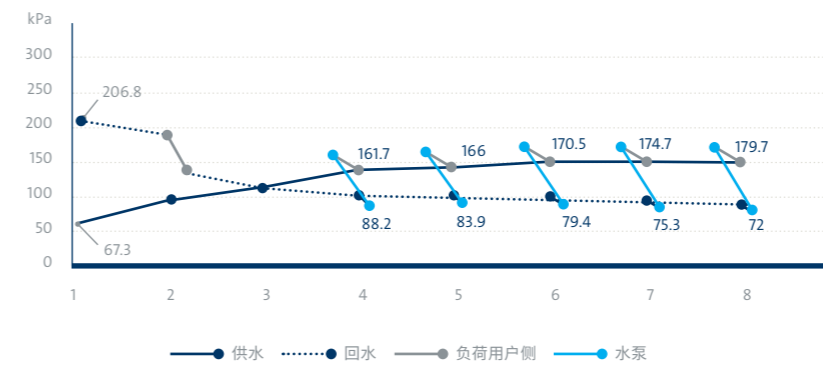


图 3.3.2 格兰富平衡卓系统水压图-100% 负荷流量

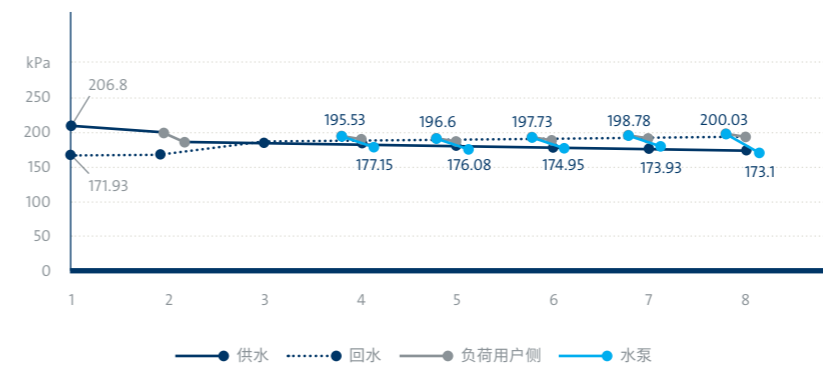


图 3.3.3 格兰富平衡卓系统水压图-50% 负荷流量

因为系统没有调节阀，格兰富平衡卓系统的设计可以用相似定律（Affinity Law）来描述，这意味着当流量降低 50% 时，水泵扬程将显著的降低，如图所示，水泵扬程降低了 75%。流量和扬程的降低意味着水泵功率的大幅度下降。



3.4 一次泵变流量

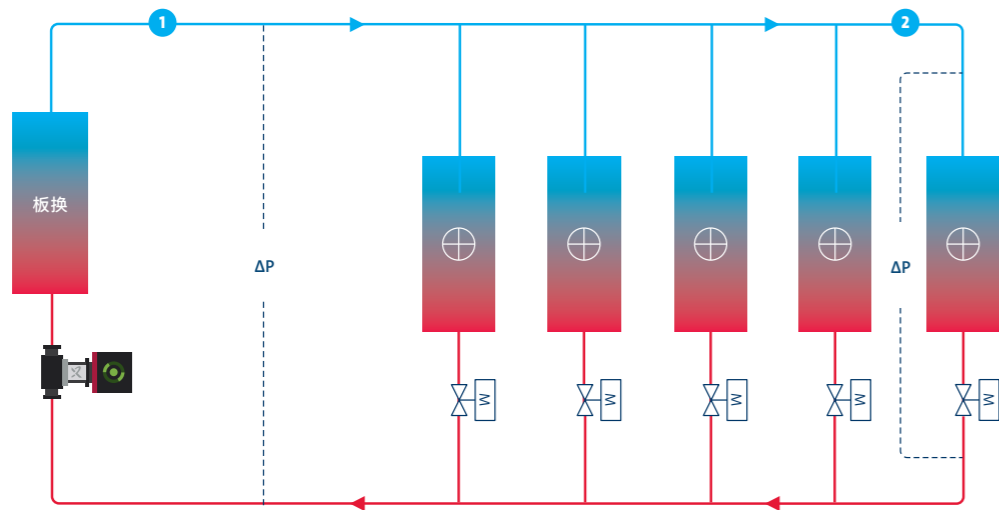


图 3.4.1 一次泵变流量系统压差传感器在主管或者最不利环路

图 3.4.1 示意了一次泵变流量系统，压差控制点在主管及最不利环路两种方式。水压图上可以看到压差控制点的压差

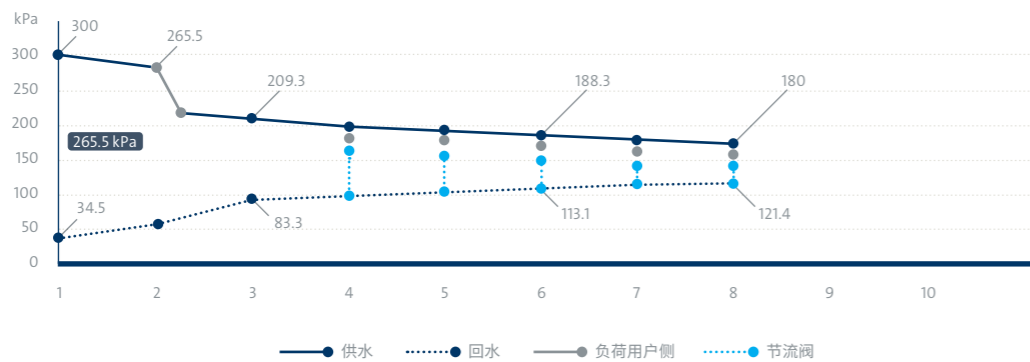


图 3.4.2 一次泵变流量系统的水压图 -100% 负荷流量

当 PICV 开度减小时，系统流量降低，水泵减速运行，水泵扬程仍用于保持控制点的压差值恒定。以下图示显示了负荷为 50% 时，两种不同的控制点带来的水泵扬程的变化。

当 PICV 开度减小时，PICV 阀门压损增加，带来 PICV 所在支管流量的降低，管道阻力、阀件阻力、末端的阻力同时降低，这些也遵守相似定律（Affinity Law）。

流量的降低也意味着换热器的压力损失减少，因此一次泵扬程降低以保持压差控制点压差恒定不变。因为压差控制点靠近水泵，水泵扬程的降低有限，供水压力仍然很高，这就使得水压图看起来像一个正方形，因为阀门消耗了大部分的压降。

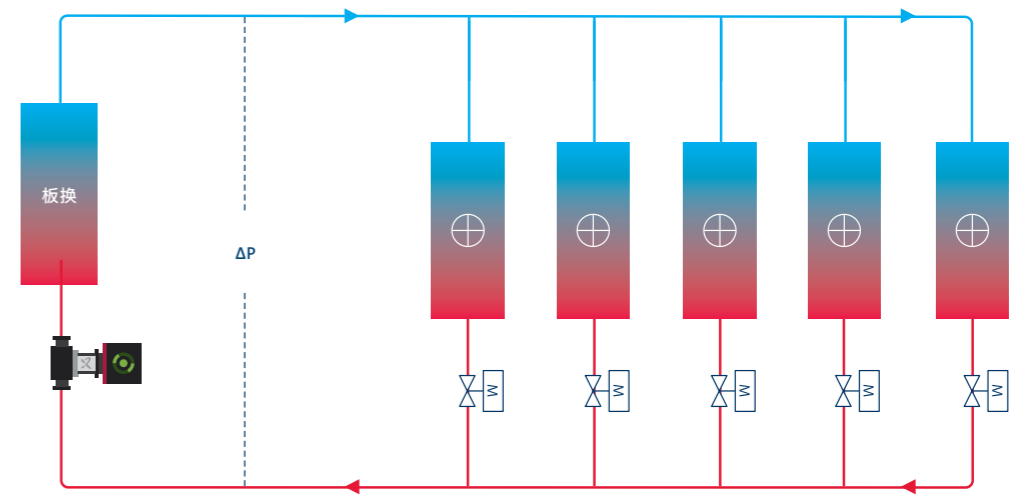


图 3.4.3 一次泵变流量系统压差传感器设置在主管

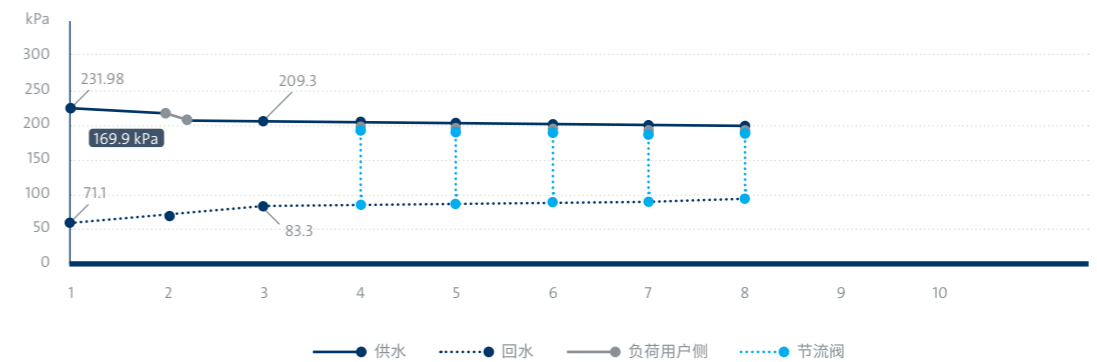


图 3.4.4 一次泵变流量系统压差传感器设置在主管水压图 -50% 负荷流量

把压差控制点往后移，水泵扬程就能进一步降低，水压图看起来就会陡一些，消耗在阀门上的压损也会小一些。随着压差控制点移到最不利环路，水泵扬程降到最低值。一次泵变流量系统采用最不利环路压差进行水泵的控制，虽然水泵扬程在部分负荷时会降低，但是同时也可能会产生其他区域的欠流情况。欠流情况没有在如下的水压图中表示，但是在系统负荷降低时，各支路的负荷如果没有均匀的降低，欠流情况就会发生。例如，最不利环路负荷很小，其他支路负荷很高，水泵根据最不利环

路做控制，水泵扬程就会降低，那对于其他环路扬程就不够导致流量达不到其所需。

因此通常情况下，大多数的项目都会选择在主管上安装压差传感器做水泵的变频控制。尽管这样做导致水泵的扬程和能耗会高，但这避免了其他环路可能发生的欠流情况，提高舒适度。

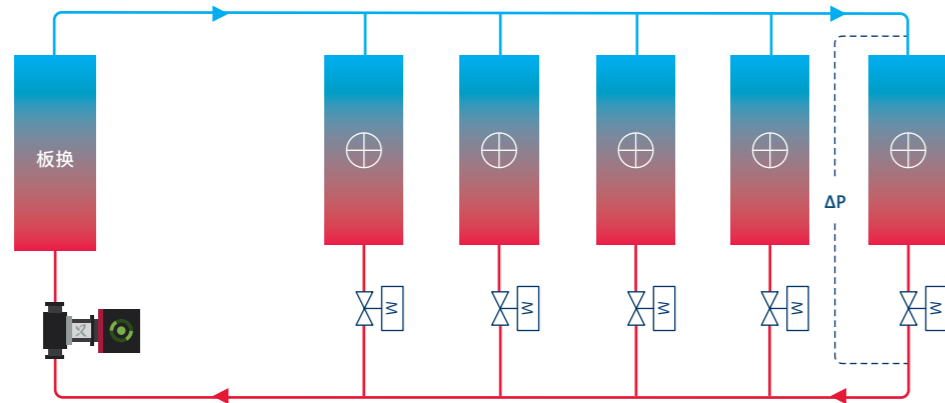


图 3.4.5 一次泵变流量系统压差传感器设置在最不利环路 (index)

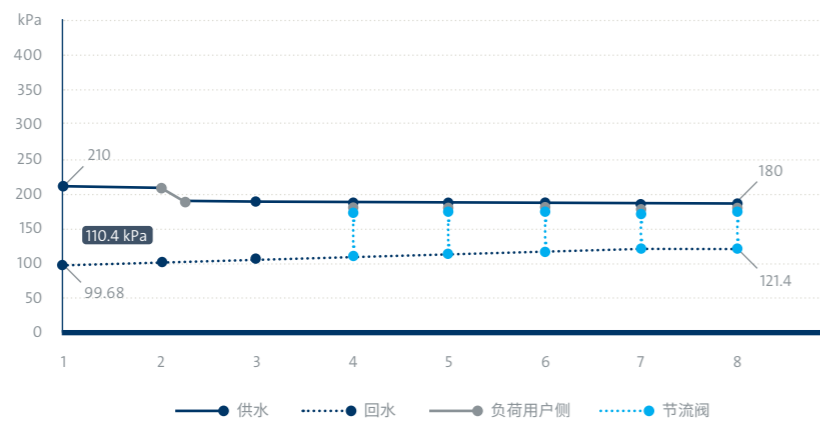


图 3.4.6 一次泵变流量系统压差传感器设置在最不利环路 (index) 水压图 -50% 负荷流量



3.5 水泵功率

本小节主要根据上节的阐述进行不同系统水泵功耗的比较，不同的系统，不同的控制方式，都将影响水泵的能耗。

整体来讲，可以根据如下的公式，在确定水泵扬程和流量的情况下，计算水泵的功率：

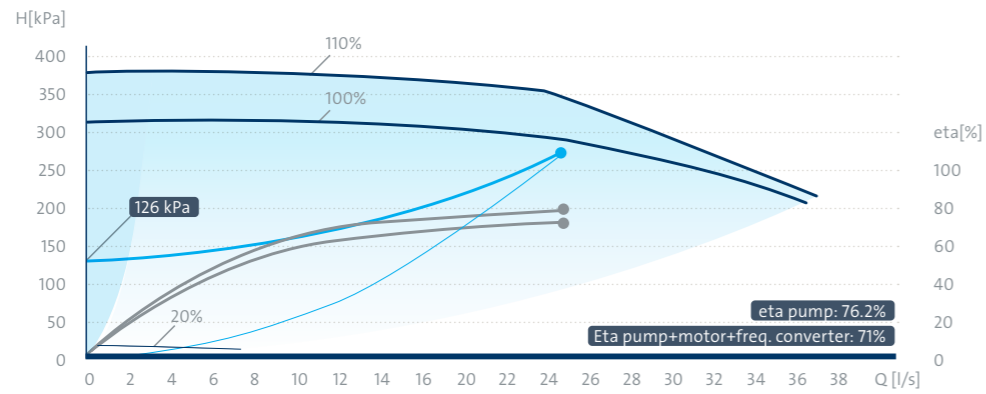
$$P_{pump} = \frac{Q * H * S.G * 10^{-3}}{\eta_{total}}$$

在这个公式中 Q 和 H 分别代表流量和扬程，S.G 代表水的比重， η_{total} 代表水泵的总效率（包括电机及变频器），效率需要根据设备做确认，在这里采用格兰富 GPC (Grundfos Product Center) <https://product-selection.grundfos.com>, 直接计算在给定工作点时的功率，GPC 里的控制曲线可以看到在流量降低时，水泵扬程如何变化。

对于一次泵变流量系统及格兰富平衡卓系统，水泵选型及在 100% 负荷，50% 负荷下的水泵扬程的确定都依据 GPC。

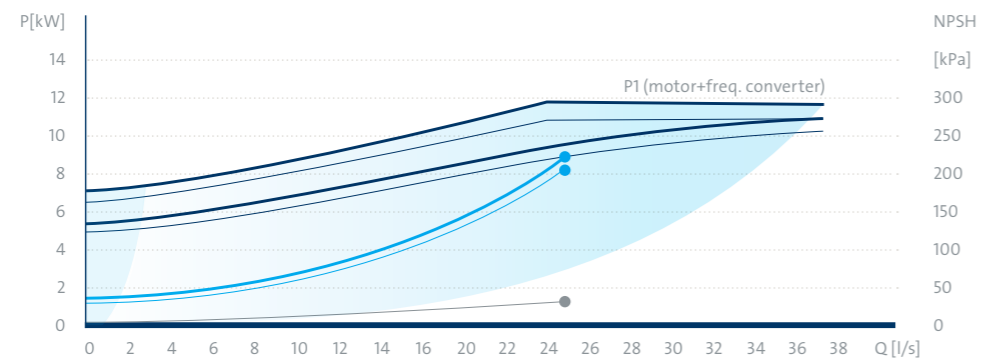
3.5.1 集中式泵送系统

选择一次泵变频系统时，是基于图 3.4.2 的工作点进行选择的。压差传感器设置在主管时的控制曲线如图 3.5.1 所示，控制曲线由橙色实线表示，并调整为显示压差传感器在主管的位置时的曲线。通过控制曲线，可以准确预测流量为 50% 时泵的工作点，如图 3.5.2 所示。



TPE 80-330/2.3*400V
 Q = 23.88 l/s
 H = 265.5 kPa
 n = 97% / 2839 rpm

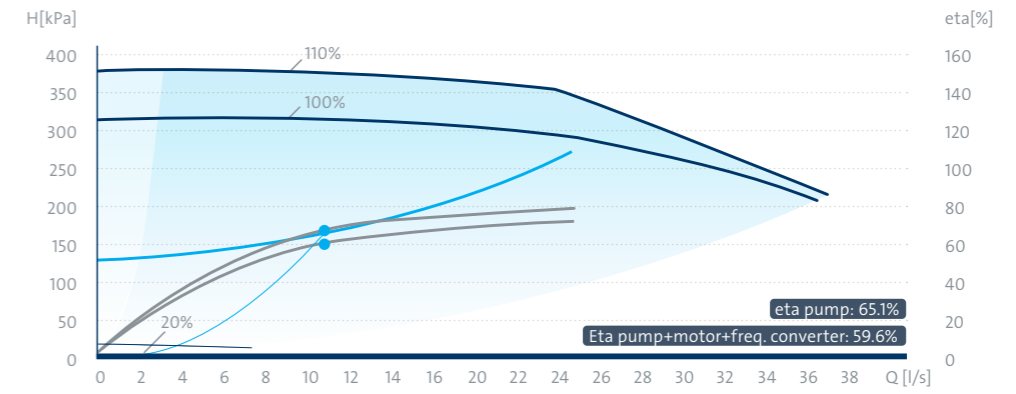
Pumped liquid = Water
 Liquid temperature during operation = 293 K
 Density = 998.2 kg/m³



P1 (motor+freq. converter) = 8.931 kW
 P2 = 8.323 kW
 NPSH = 32.83 kPa

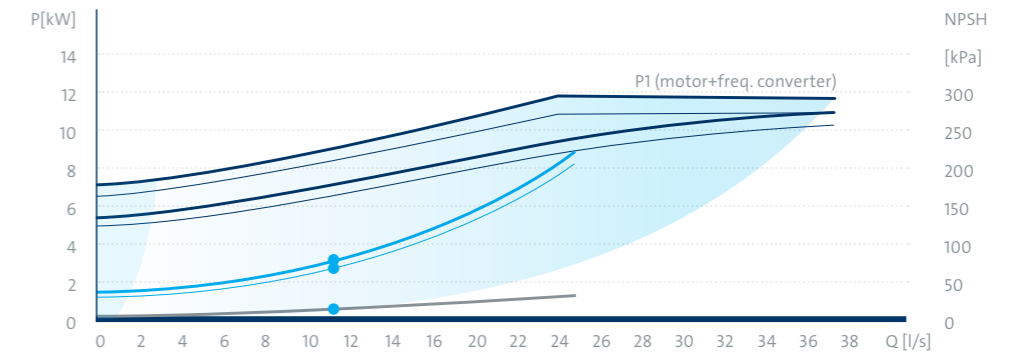
图 3.5.1 一次泵变流量在工作点的控制曲线 -100% 负荷流量

P1 代表水泵总功率，当对比 P1 在图 3.5.1 和图 3.5.2 中的数值时，可以看到水泵总功率的下降超过 50%。随着控制曲线的变化，可以确定在压差传感器设在不同位置时，水泵的总功率值不同。



TPE 80-330/2.3*400V
 Q = 11.95 l/s
 H = 160 kPa
 n = 72% / 2138 rpm

Pumped liquid = Water
 Liquid temperature during operation = 293 K
 Density = 998.2 kg/m³

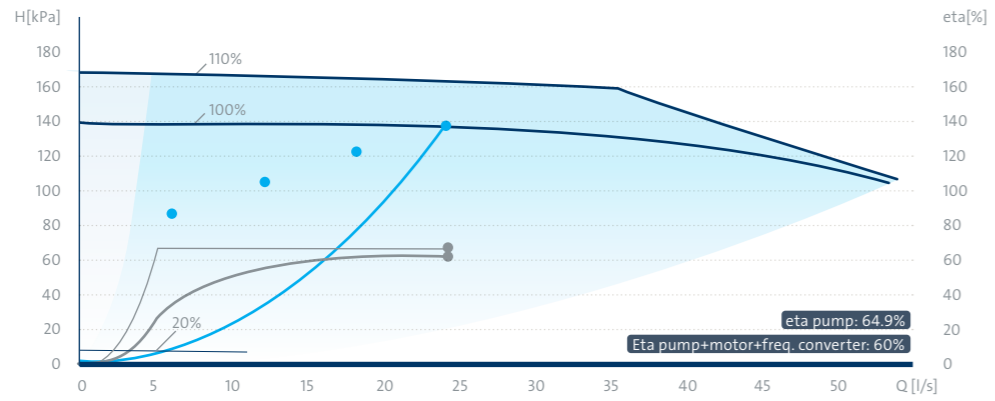


P1 (motor+freq. converter) = 3.207 kW
 P2 = 2.936 kW
 NPSH = 14.77 kPa

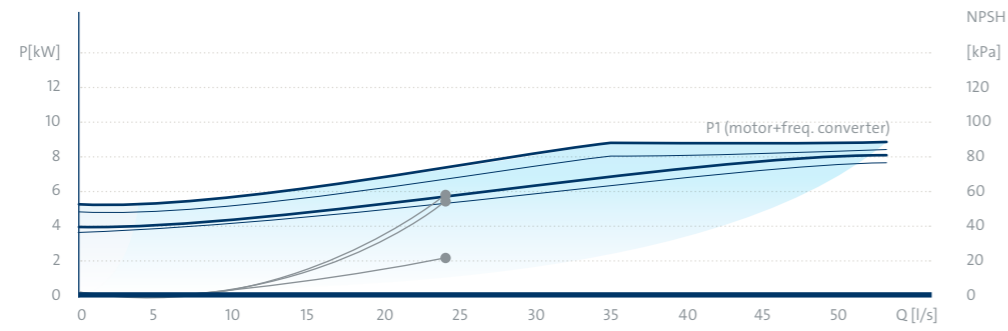
图 3.5.2 一次泵变流量在工作点的控制曲线 -50% 负荷流量

3.5.2 格兰富平衡卓系统

在格兰富平衡卓系统中，对源泵和区域泵都要进行选型，水泵的总功率需要包括所有区域泵的功率。在平衡卓系统中因为没有节流类的阀门进行调节，系统曲线在任何负荷时都是没有变化的，水泵的转数调节跟随系统曲线。



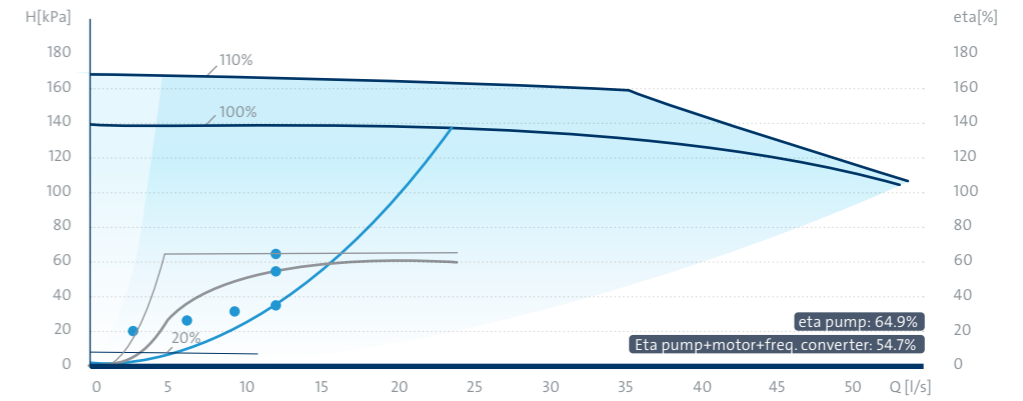
TPE 125-160/4, 3*400V
 Q = 23.88 l/s
 H = 137.4 kPa
 n = 101%/1473 rpm
 Pumped liquid = Heating water
 Density = 983.2 kg/m³



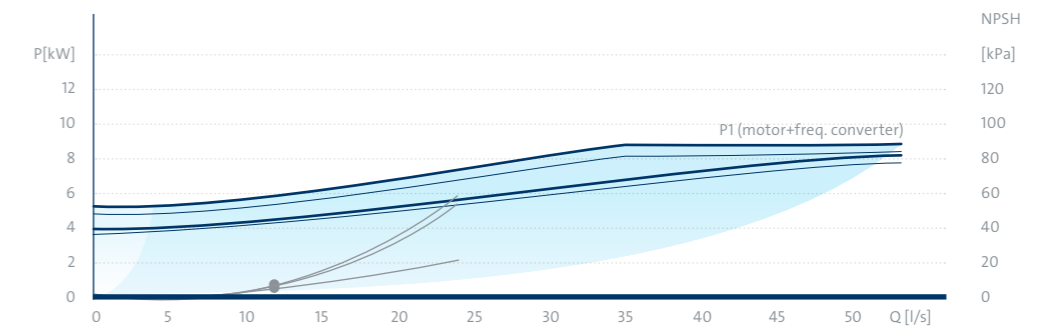
P1 (motor+freq. converter) = 5.413 kW
 P2 = 5.053 kW
 NPSH = 19.68 kPa

图 3.5.2.1 格兰富平衡卓系统源泵曲线 -100% 负荷

对于源泵，选型可以在图 3.5.2.1 中看到，在这里，蓝色的曲线代表系统曲线，这使得在 50% 的负荷流量下很容易确定水泵的工作点，如图 3.5.2.2。水泵的扬程大幅度的降低，源泵的功率 P1 降低大概 80%。



TPE 125-160/4, 3*400V
 Q = 11.93 l/s
 H = 34.33 kPa
 n = 49%/736 rpm
 Pumped liquid = Heater water
 Density = 983.2 kg/m³



P1 (motor+freq. converter) = 0.749 kW
 P2 = 0.631 kW
 NPSH = 4.92 kPa

图 3.5.2.2 格兰富平衡卓系统源泵曲线 -50% 负荷

区域泵根据其所负责的环路分别进行选型，如图 3.5.2.3。Magna3 及 TPE3 循环泵非常适合衡卓系统，因为在低流量，高扬程下，其效率也较高。因为水泵遵循系统曲线，在任何负荷条件下，都会保持这种高效率，如水泵曲线图上黑色的效率曲线所示。在 50% 负荷流量的下的水泵功率可以在图 3.5.2.4 中看到，水泵功率 P1 大幅度降低，大约 85% 左右，105.4w。其他区域泵也能达到类似的性能。

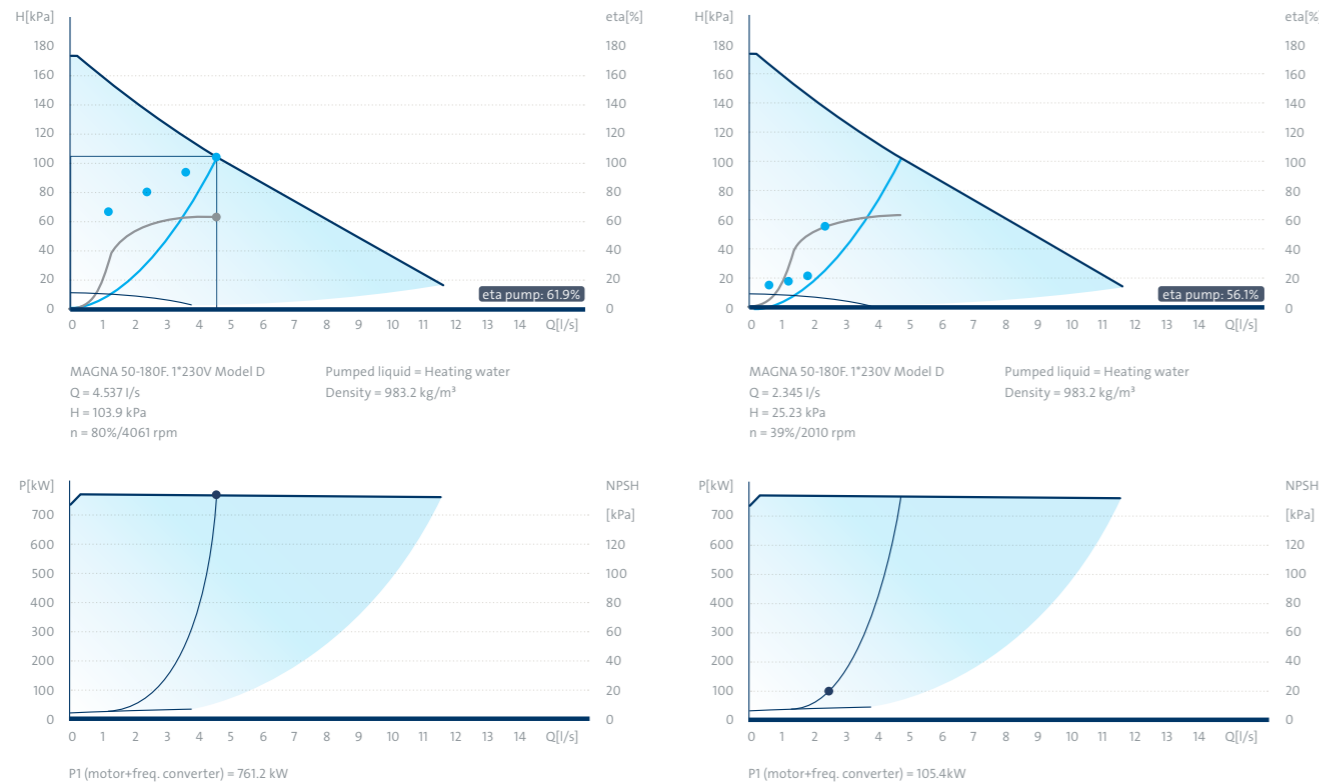


图 3.5.2.3 分布式区域泵曲线 -100% 负荷流量

图 3.5.2.4 分布式区域泵曲线 -50% 负荷流量



3.6 水泵能耗对比

利用上述方法和 GPC 的数据，可以确定不同设计方案，不同控制情况下的水泵总功率的对比，如图 3.6.1。在 100% 负荷流量下，格兰富衡卓系统的能耗要比 PICV 调节阀导致的无功压力损失的传统系统相比，能耗要低。

格兰富衡卓系统与传统系统的区别在于在部分负荷时，即当系统流量降低时，格兰富衡卓系统中的区域泵会克服其所在环路的阻力，并提供足够的流量，使得在输配系统中，水泵的功耗

没有浪费。换句话说，在传统系统中，水泵的扬程浪费在节流阀上，因此水泵做了无用功。尽管压差控制点可以通过尽可能靠近末端安装的措施降低水泵能耗，但仍然无法同零功耗浪费的格兰富衡卓系统相比。

对于绝大部分的建筑很少在 100% 负荷情况下运行，国际标准显示，大部分的时间都运行在 75% 负荷，甚至 50% 负荷以下。

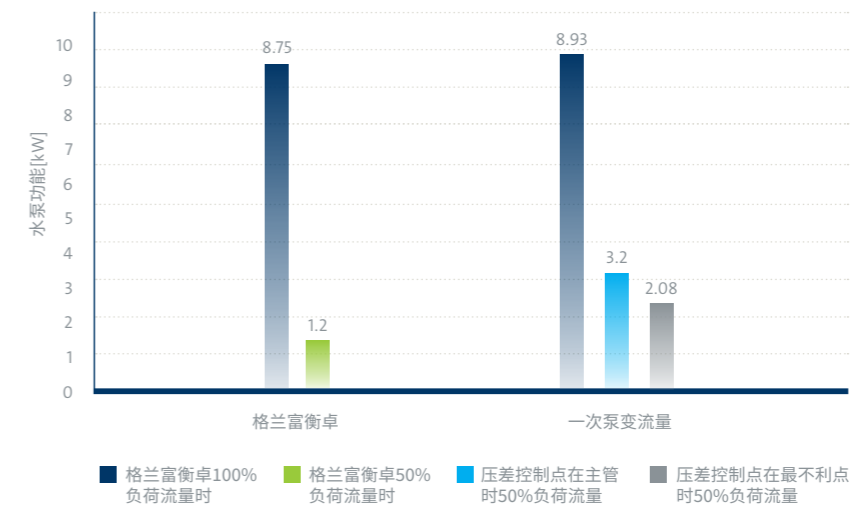


图 3.6.1 不同方案，不同控制模式，100% 与 50% 负荷下的水泵功耗对比

3.7 源泵控制

格兰富格智控制柜 (Control HVAC) 用来控制源泵, 控制逻辑内置于控制柜中, 目的是平衡源测及用户侧的流量, 使系统时刻保持供需平衡。同时控制柜可以用来控制一次网调节阀, 确保二次侧供水温度稳定, 确保系统稳定的舒适性。

当然这并不是说格兰富平衡卓不能在水泵定频运行的项目中。但是, 在这样的项目中, 很难平衡源测及用户侧的流量, 系统并不是最优的。

格兰富平衡卓系统对源泵控制有三个要求:

- 所有的水泵都是同样大小
- 所有水泵都可以变频运行

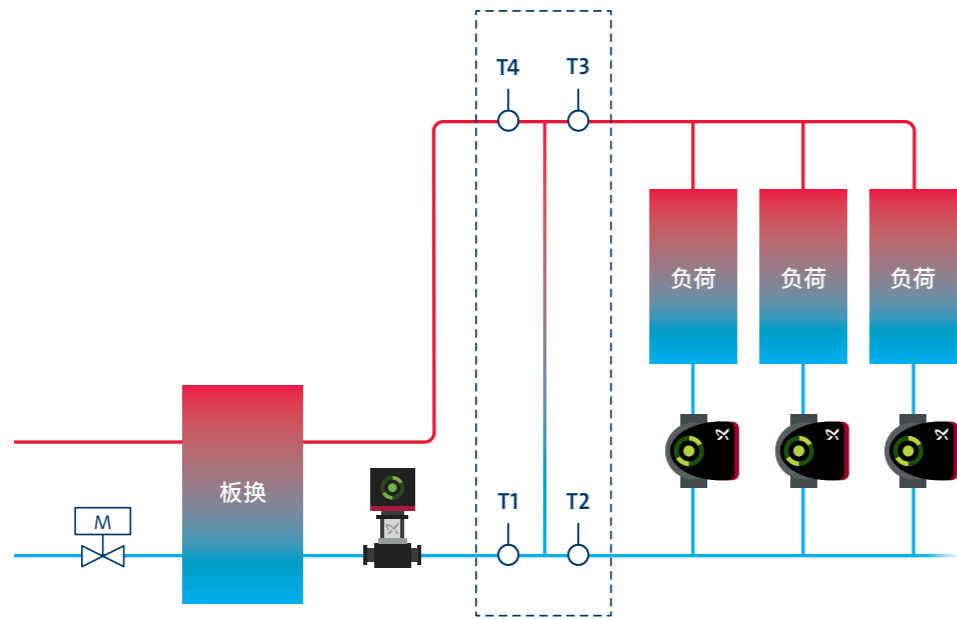


图 3.7.1 源泵控制

3.8 区域泵控制

在格兰富平衡卓系统中, Magna3 或者 TPE3 智能循环泵安装在楼 / 单元回水管上, 代替此位置的调节阀, 智能循环泵根据每栋楼或者每个单元立管的回水温度 / 供回水温差做变流量控制运行, 如图 3.8.1 所示。智能水泵采用定温差控制模式时, 需要

额外增加一个温度传感器在格兰富平衡卓系统中, 调节阀及平衡类阀门不需要安装在此系统中, 区域智能泵可以实现平衡及调节两种功能。

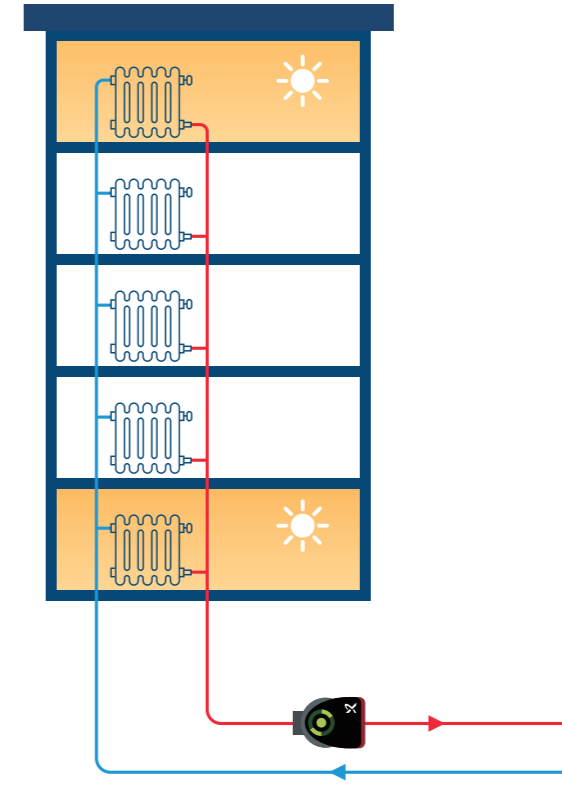


图 3.8.1 区域泵安装

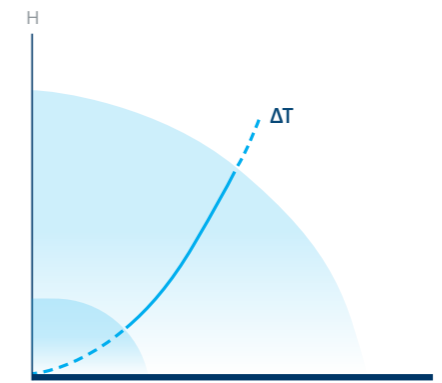


图 3.8.2 恒定温度 / 温差控制曲线

3.9 节热

传统区域供热二次网,对于热用户来讲通常采用面积收取热费,因此热用户主动节热的意识较低,整个二次网对于热力公司来说缺少主动调节的措施,同时由于管网水力失衡,为降低投诉,满足最远端客户的需求,二次管网常常过量供热,热耗比较高。本小节将对比格兰富衡卓系统和传统系统(二次管网无调节平衡装置措施)运行一个采暖季的热耗对比。

系统运行时的负荷曲线不同,系统大小不同,两种方案的对比结果也会不同,对于供热系统很难用简单的计算得到系统运行的热耗,在这里,我们采用格兰富 Dymola/Modelica 模拟软件,对所假设的一个系统进行模拟对比。

在进行模拟之前,我们做如下假设:

1. 整个系统总面积 8 万平方米,每栋建筑 8000m²,两个单元,每个单元 4000m²,每个单元设置一个区域泵,共计 20 个区域泵。
2. 每栋建筑之间相距 100 米,负荷指标 35W/m²
3. 建筑设计负荷分布如下所示:

负荷	占比
100%	5%
75%	35%
50% 及以下	60%

4. 系统示意如下图所示:

采用格兰富 Dymola/Modelica 模拟软件,模拟格兰富衡卓系统及传统系统(二次管网无调节平衡装置措施)在整个采暖季(120 天)的热耗。由于传统系统管网没有任何的平衡,系统采用定频控制,保持最远端的建筑得热满足其要求,对于其他建筑则会过量供热,系统耗热量较大。对于模型中模拟的传统系统,已经是最理想化的状态,在实际运行中很难达到,尽管这样,从模拟结果可以看到,格兰富衡卓系统较传统系统可以节热 10%。

在实际运行中,衡卓系统的节能潜力更大。

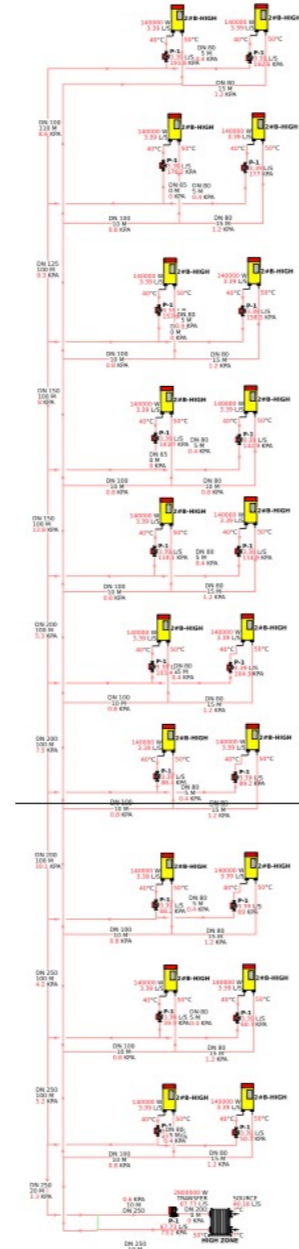


图 3.9.1 系统示意

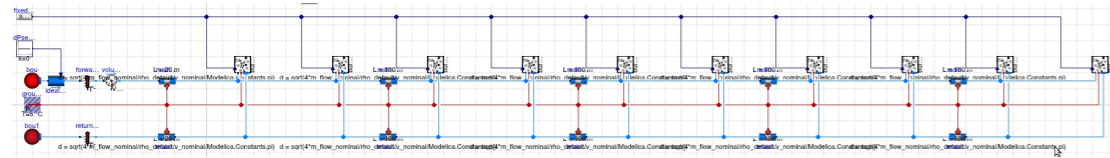


图 3.9.2 Dymola/Modelica 模拟软件系统示意

解决方案	集中式系统	格兰富衡卓系统	节热
一个采暖季热耗 (120 天) MWh	(无任何调节装置) 9920*	8928*	10%

* 数据由格兰富 Dymola/Modelica 模拟软件模拟得出

4. 衡卓系统的设计

本节将通过示例来阐述使用衡卓在线选型计算工具的过程

4.1 格兰富衡卓系统水泵选型计算工具

衡卓系统需要计算所有单独回路的扬程损失,以确保区域泵的选型正确,因此衡卓系统需要进行详细水力计算。

格兰富的在线选型计算工具使这一过程变得更容易。它可以利用设计图纸中的管道和设备信息,自动计算所有泵的工作扬程和流量。

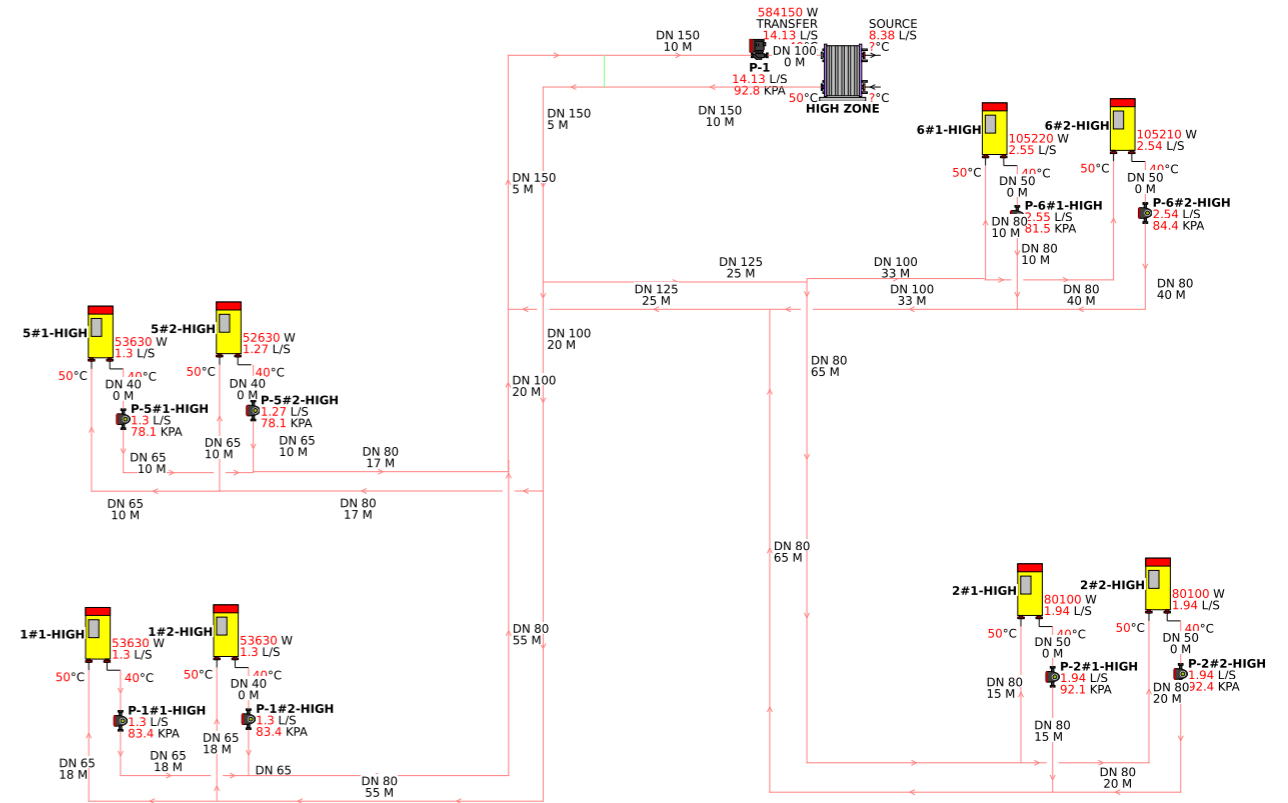


图 4.1.1 格兰富衡卓在线工具系统设计示意



4.1.1 项目设计图纸信息

在使用格兰富选型计算工具设计衡卓系统前，需要了解关于系统及末端的信息。

根据项目所处的阶段，您可能会发现并非所有需要的信息都可用。在这种情况下，该工具将基于您提供的数据做出假设，以便交付可以随着工作进展而随时进行更新设计选型。

在新项目或改造项目中，我们需要如下的具体信息作为格兰富衡卓系统设计的依据。不同的项目对其文档及图纸的描述可能不同，下面是全球各地的格兰富专家使用的一些术语，供您参考：

1. 采暖建筑暖通图纸
2. 建筑水力计算书
3. 二次管网平面布置图

从换热站到各热力入口的管道平面布置图，包括管道的具体信息，如管径、管长、管道起止点等

4. 换热站数据

该热力站的系统划分情况，每个系统的实际供热面积、供热设计负荷、末端热用户的采暖形式等

5. 建筑负荷

即根据系统划分，各系统内每个建筑的采暖面积及负荷

对于改造项目，最好同时提供如下信息：

1. 最低室外温度时换热站运行记录，包括热量、流量、二次网供回水温度、压力等
2. 循环泵运行情况，如运行数量、铭牌数据及运行数据（压力、流量、频率等）
3. 最不利环路的情况，如位置，压差，供回水温度等。



4.1.2 选型工具的使用

第一步是确定负荷，通常为建筑物楼或立管的负荷。

负荷用于确定每个建筑 / 立管所需的流量，可以根据当前可用的项目信息以两种不同的方式进行确定，如图 4.1.2 所示：

1. 在属性面板中确定流量
2. 确定以瓦为单位的负荷和温度变化，或进出温度。该工具将根据这些信息计算流量

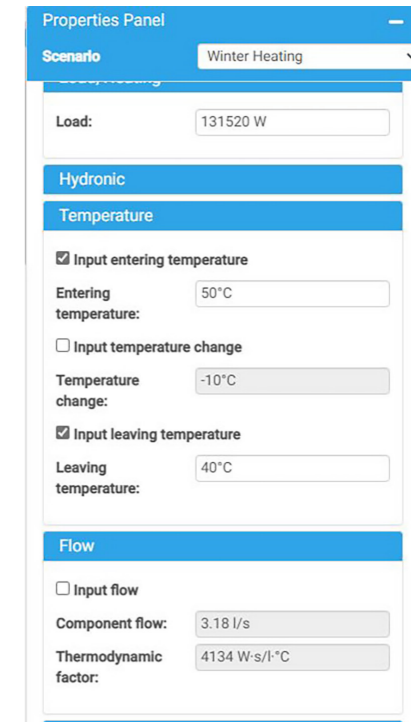


图 4.1.2 建筑 / 立管流量输入

负荷的标签名称可以根据实际项目对应的楼号 / 单元号定义。一旦根据具体项目实际情况定义名称后，整个系统的示意就会体现出来。

根据输入的负荷信息或者流量，格兰富选型计算工具会自动计算每段管道的流量。接下来需要根据实际的管网布置图，定义每段管道的长度及管径，以计算每段管道的压力损失。

该选型工具还可以根据每段管道最大允许扬程损失来自动计算管道尺寸。

管道属性的相关计算如下：

管道压力损失：

确定最大允许压力损失（单位为 [Pa/m] 或 [Ft/100Ft]）和最大允许流体流速。默认情况下，将由选型计算工具为该段管道确定合适的管道尺寸，并计算实际扬程损失和流体速度。使用 Darcy-Weisbach 方程计算压力损失：

$$h_f = f \left(\frac{L}{D} \right) \cdot \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

- h 为扬程损失
- f 为摩擦系数
- L 为管道长度
- D 为直径
- v 为流体速度
- g 为重力加速度

管道配件压力损失：

该参数涉及管道中的配件，如弯头、三通和接头。更大的配件（如过滤器）则需要在系统建立时体现在管道上。除非有精确的等距图，否则配件通常不会在布置图中完全得到体现，但即便如此，设计时和建造时也可能有所不同。

虽然可以使用等效长度等方法来计算配件的压力损失，但通常使用配件系数来代替。选型计算工具将首先计算某一段管道的压力损失，然后将压力损失与系数相乘。如果是主管段，该系数一般在 1 到 1.1 之间，而对于分支管，该系数一般在 1.2 到 1.4 之间。系数高于 1 将增加管道段的压力损失，这也是为什么模型中不包括弯头、三通和接头

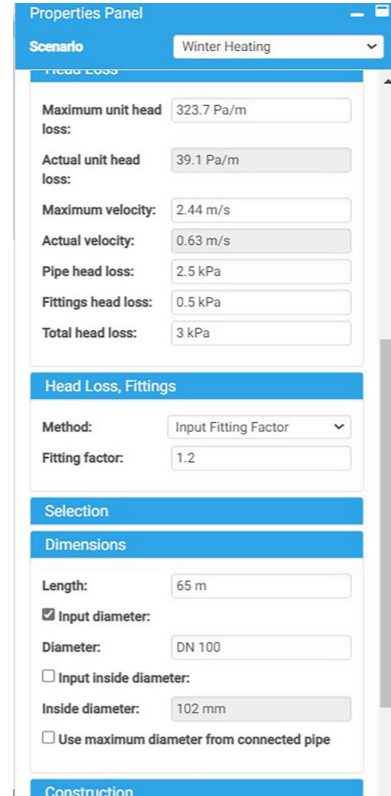


图 4.1.2 管道参数

4.1.2.1 平衡系统的水泵选型

一旦确定了负荷、管道长度和配件等信息，根据水泵在管路中的位置，软件会自动确定水泵所对应的回路及所负责的建筑物 / 单元的负荷，计算出水泵的参数信息，包括流量、扬程。

该选型计算工具就会计算出水泵的参数信息。

泵在示意图中的相对位置与实际设计中的位置对应。然后，软件会自动确定泵的负荷以及回路。图 4.1.3 便是该功能的示例。

蓝色部分是该水泵所负责的环路，以确定水泵扬程。水泵根据其所负责的建筑物 / 单元所需要的流量，从平衡管把热水抽出送到建筑内。如果更改负荷、管道尺寸或配件系数，软件将自动对设计中的所有泵扬程进行重新计算。

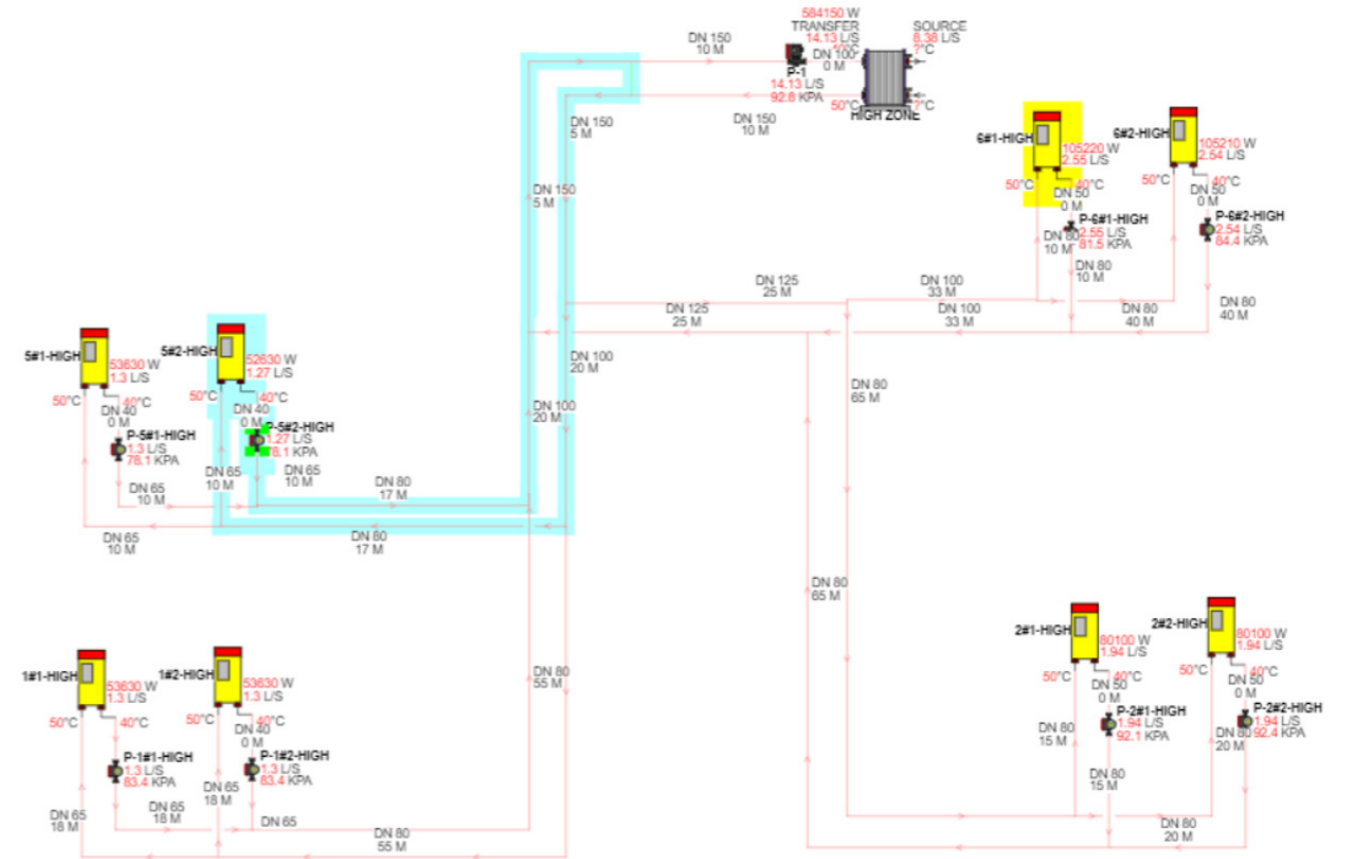


图 4.1.3 水泵对应相关环路

4.1.2.2 生成文档

选型计算工具可以生成如下文件进行交付，如图 4.1.4 所示。这些文件可以集成到 CAD 图纸或者 BIM 模型中，也可以作为单独的文件使用。

- 设备清单 – DXF
- 设备清单 – XLSX
- 用于水泵能耗计算的设备清单 – XLSX
- 材料清单 – DXF
- 材料清单 – XLSX
- 系统示意图 – JPG
- 系统示意图 – PDF

Coordination Documents

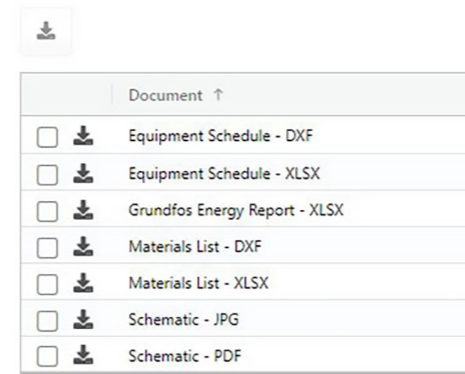


图 4.1.4 生成文件

下表显示了格兰富衡卓系统设计实例的泵清单，该清单将在本应用指南的后面部分用于生成格兰富能耗报告。

Pumps Schedule

Pump Function	Pump Label	Flow (L/S)	Head (KPA)
SOURCE PUMP	P-1	56.26	94.76
ZONE PUMP	P-3#A-HIGH	6.48	163.29
ZONE PUMP	P-3#B-HIGH	7.93	162.4
ZONE PUMP	P-5#A-HIGH	6.48	163.44
ZONE PUMP	P-5#B-HIGH	7.98	170.66
ZONE PUMP	P-2#B-HIGH	6.39	166.25
ZONE PUMP	P-2#A-HIGH	6.73	163.4
ZONE PUMP	P-1#A-HIGH	7.39	170.53
ZONE PUMP	P-1#B-HIGH	6.88	175.46

图 4.1.5 水泵材料表



4.2 衡卓系统能耗报告

在第 3 节中，我们介绍了一个基本设计，并通过在格兰富产品中心选择的泵来确定泵的功率，这样我们就能确定特定工作点的功耗。

格兰富衡卓系统能耗报告是另一种计算供热项目水泵运行能耗的方法。本报告采用相同的方法，计算了格兰富衡卓系统与传统系统不同控制模式下的能耗对比。在能耗报告中采用如下的理论泵送功率方程计算泵能耗：

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot SG \cdot 10^{-3}}{\delta}$$

其中 Q 和 H 分别为工作点流量和扬程，SG 为水的比重，δ 为泵的总效率，是水力、电机和频率驱动效率的乘积。

该方程适用于泵的任何工作点，也适用于部分负荷的情况，且假设总效率不变。能源报告基于相同的理论公式来计算水泵能耗，以对比格兰富衡卓解决方案与传统解决方案的能耗对比，因此这种假设是可以接受的。

如果要获取精准的能耗报告，不仅需要获取根据所在项目制造商的水泵曲线，还需要确定精确的负荷曲线，负荷曲线通常难以获得，除非做精确的研究。

格兰富衡卓能耗报告根据在线计算软件中计算的水泵工作点的扬程和流量，计算格兰富衡卓系统的水泵能耗与传统方案的水泵能耗。

传统设计包括：

- 一次泵变流量：压差控制点在总管
- 一次泵变流量：压差控制点在最不利环路

虽然这些无法涵盖传统系统的每一种控制方法，但最常见的那些方法都已经包含在内。



4.2.1 能耗报告所需的信息

格兰富衡卓系统能耗报告需要如下的输入信息。包括：

4.2.1.1 单位和货币

报告可以以不同币种和单位导出，以适应市场需求。您还需要以 kWh 为单位指定正常或平均电价，因为该价格要被用于计算供热季的运行能耗。

该报告使用恒定电价来简化过程，不支持可变电价。

对于全天电价不同的项目，或者根据总能耗有不同的支付水平，我们建议选择平均电价。

图 4.1.6 单位及能源价格

4.2.1.2 负荷情况及负荷分布

我们都知道，在设计阶段系统的设计是考虑管网在 100% 的负荷情况下运行的，但在实际运行中 100% 负荷下运行时间的比例非常小，因此在计算二次管网整个采暖季的能耗时，需要确定整个采暖季的负荷情况，用于计算格兰富衡卓系统与传统系统的能耗情况。在能耗报告里，考虑负荷为 100%，75% 和 50% 或更低，您输入的时候需要考虑负荷情况，如：

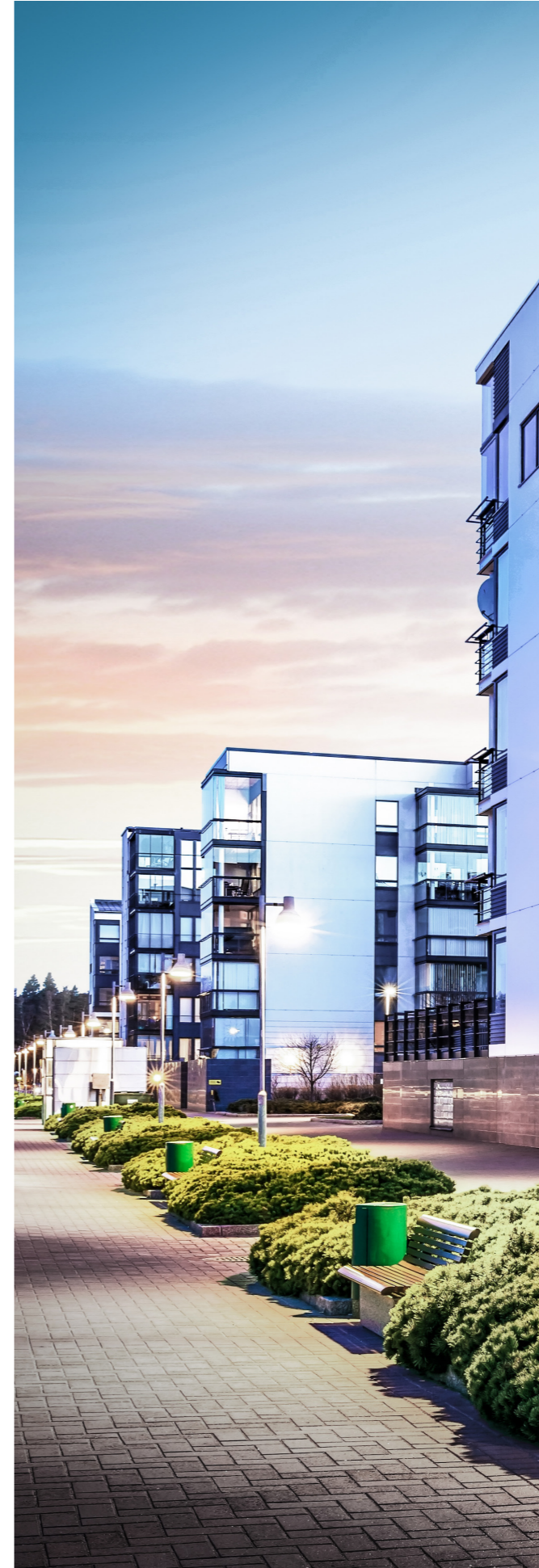
- 1% 的时间处于 100% 负荷
- 42% 的时间处于 75% 负荷
- 57% 的时间处于 50% 或更低负荷

图 4.1.7 负荷分布

4.2.1.3 运行时间

负荷分布确定后，下一步是确定二次网的运行时间，每周的运行时数，以及系统预计每年停运的时间，该信息用于计算采暖季运行时数，以进行节能计算。

图 4.1.8 运行时数



4.2.1.4 水泵信息

格兰富衡卓选型计算工具会生成专门的水泵清单，此清单中包括了泵标签、工作点信息及控制功能，控制功能一栏用于确定泵的类型及其控制方式。可选择的模式有：

- **源泵：**安装在换热站内，作为源泵。他们在部分负荷运行时遵循相似定律（Affinity law）。这些泵通常较大，具有比区域泵更高的总效率，能耗报告里，采用固定总效率计算，定为 $\delta = 0.7$ 。
 - **区域泵：**直接服务于一个区域的循环泵，通常采用恒温控制方式。在实现部分负荷时，它们同样遵循相似定律（Affinity law）定律。能耗报告里，同样采用固定总效率计算，定为 $\delta = 0.5$ 。
- 将以上的信息输入到能耗计算工具中。

泵功能	泵标签	100% 流量 (L/s)	100% 扬程 (kPa)	100% 能 耗	75% 能 耗	50% 能 耗
一次泵	HEX	354.8	10.1	5.06	2.34	0.63
区域泵	H1	37	5.1	0.37	0.16	0.05
区域泵	H2	37	5.5	0.4	0.17	0.05
区域泵	H3	37	5.7	0.42	0.18	0.05
区域泵	H4	37	5.7	0.42	0.18	0.05
区域泵	H5	37	6.8	0.5	0.21	0.06
区域泵	H6	41.1	8.13	0.66	0.28	0.08
区域泵	H7	37	5.88	0.43	0.18	0.05
区域泵	H8	41.1	7.34	0.63	0.27	0.08

图 4.1.9 衡卓系统水泵参数输入

4.2.1.5 传统设计

最后，我们需要选择所对比的传统系统方式及其控制模式，以生成最后的能耗分析报告。

所有传统设计的共同之处在于阀门的阀权度，该值用于计算传统设计中最不利环路的理论控制阀的压力损失。

对于传统方式所选择的一次泵工作点，需要将这个控制阀压力损失加到水泵扬程里。

而阀权度值有两种不同的使用方式，具体取决于项目。

一些项目可能已经确定采用传统设计，而且泵扬程也已经确定。在这种情况下，应使用阀权度来调整工作点扬程的值，以匹配传统设计的泵扬程。

如果项目设计尚未确定传统设计的泵扬程时，应通过直接定义阀权度来确定一个工作点扬程的适当值。

在下面的截图所显示的案例中，假定传统设计使用压力无关型控制阀（PICV），仅为系统增加 18 kPa 压力损失（取决于品牌和型号）。如图 4.1.10 所示，工作点扬程值为 176.19 kPa，比源泵和最高区域扬程之和约高 18 kPa。

阀权度一栏，您可以尝试不同的阀权度，在最下面一栏里可以看到阀权度对总能耗的影响。这里可以分别看到在 100%，75%，50% 负荷下的影响。

图 4.1.10 传统设计输入栏

最后一个输入的是供水的水温，它会影响水的比重。通常情况下，可以使用默认值，因为小的变化不会影响比重。

4.2.1.6 功耗、能耗及创建报告

输入上述所有信息后，您可以选择比较功耗或比较能源成本，然后就会看到通过格兰富衡卓可节省的成本。

功耗的对比会显示在所选择的传统系和格兰富衡卓的在 100%，75%，50% 三种不同负荷下的功耗。



图 4.1.11 能耗对比

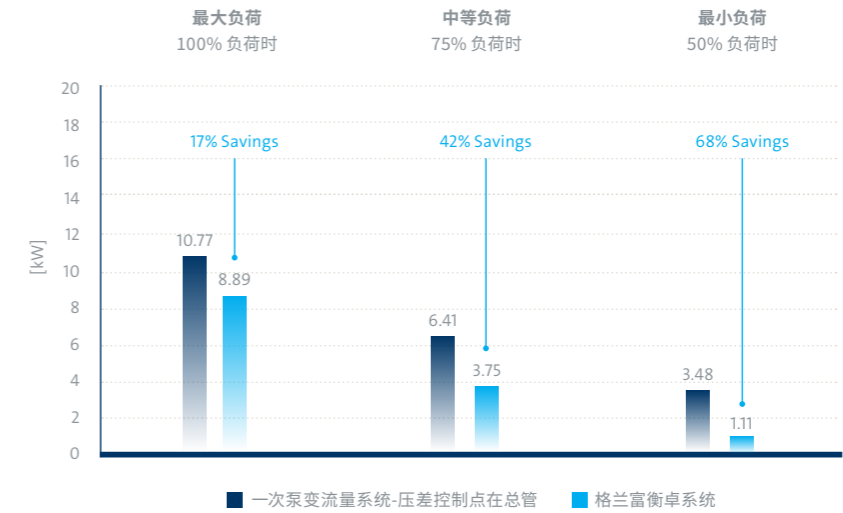


图 4.1.12 三种负荷下的能源使用情况。根据建筑设计中各设备所需的流量和系统中计算的压降，给出了格兰富衡卓在三种负荷下的泵送功率，然后再计算每年的用电量和节能情况。

能源成本比较显示了相同年度运行时数和负荷模式下，所选传统设计和格兰富衡卓的年度能源使用和成本。

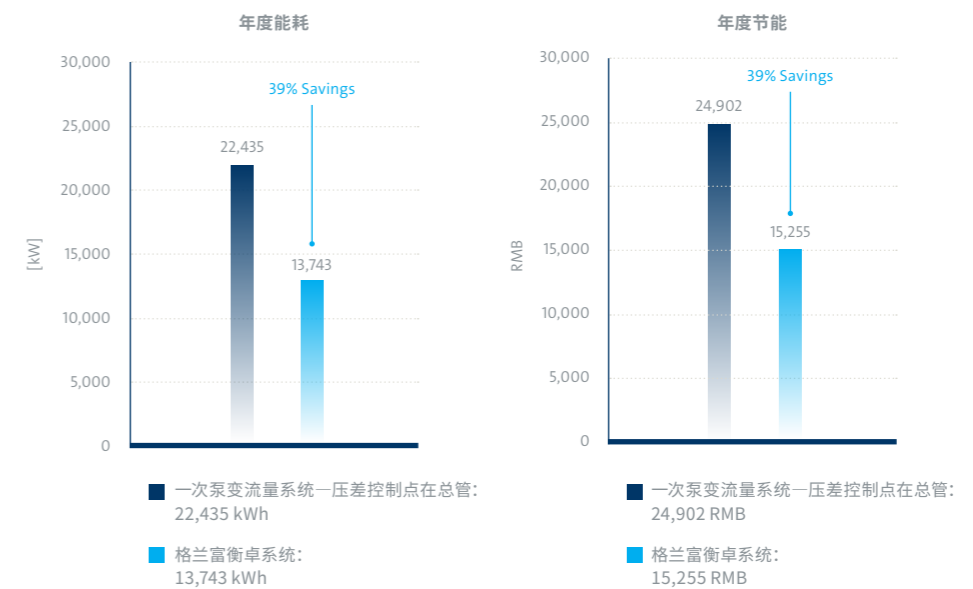


图 4.1.13 根据您输入的当地货币和电价计算得出的每年预计能源和成本节省

5. 为何选择格兰富衡卓

有五大原因使格兰富衡卓成为您系统的理想选择，包括系统的调试简单，到降低维护频率和能源使用成本。

具体优点如下：

- 供热二次网一站式解决方案
- 系统节能（节电、节热）
- 按需供热，在任何负荷下实现自平衡
- 便于调试
- 云平台使得运营维护更加快捷

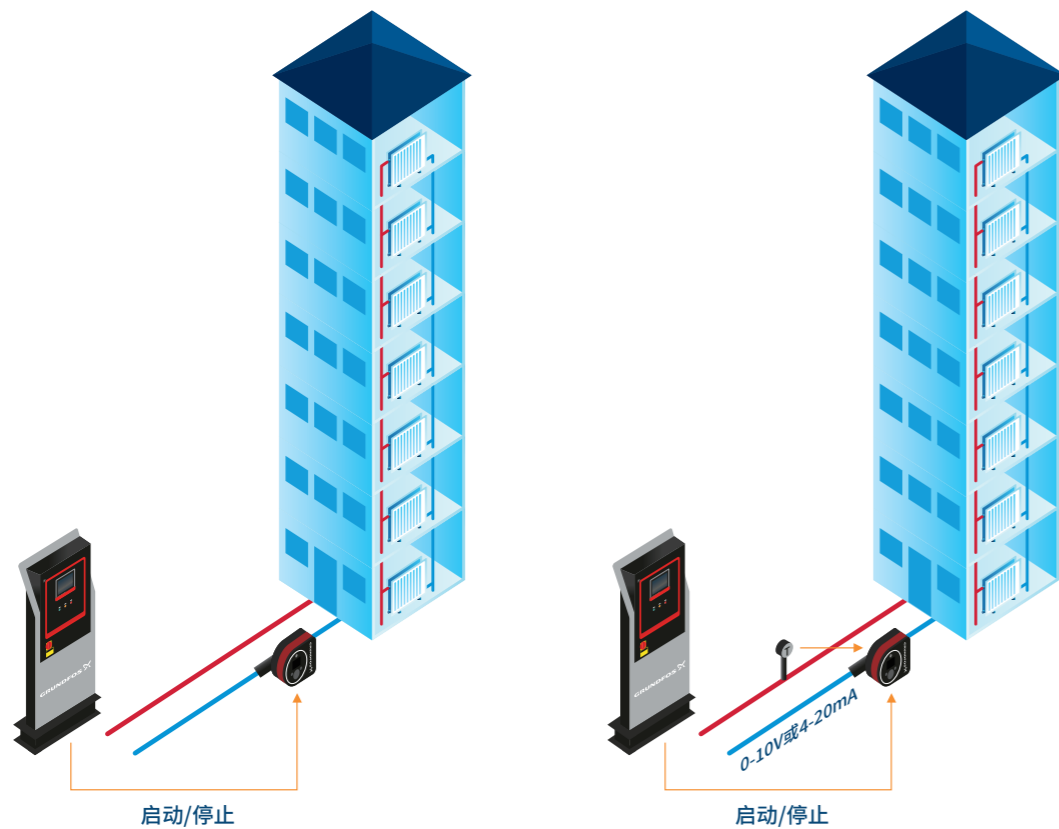


图 5.1 区域泵安装

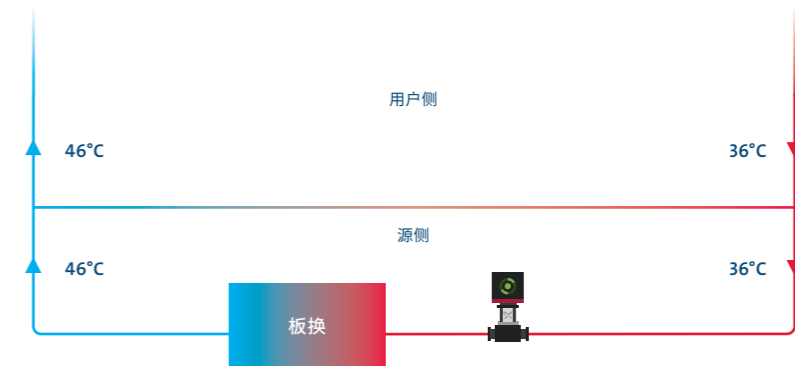


图 5.2 源泵控制逻辑，保证源侧（供应侧）和用户侧（需求侧）之间的流量平衡

5.1 一站式解决方案

格兰富衡卓系统不仅可以提供二次侧供水温度的稳定控制，提高系统稳定性同时可以根据末端负荷需求进行流量调节按需供应，可以说为客户提供了区域供热二次网一站式解决方案。

5.2 节能

通过减少管道系统中的压力调节组件数量，大大降低了能源需求。同时解决水力平衡问题，这意味着格兰富衡卓在系统运行过程中的每一秒都在节省水泵电能和系统用热。随着时间的推移，您的能源成本将得到大幅降低。

5.3 在任何负荷下实现自动平衡

源泵的控制逻辑确保平衡管的流量尽可能的小，以平衡源测和用户侧的热量。

区域泵根据设定值，做变速运行，在任何负荷下，自动平衡负荷侧。在调试过程中，建议设置区域泵的最大流量，以避免过流运行，并进一步导致效率降低。

只要确保在调试阶段做好泵的配置，系统在运行的过程中即可保持自动平衡，确保用户的最佳舒适度和管网的运行温差。

5.4 便于调试

您可以直接在区域泵的显示屏上完成智能泵的设置，或通过手机在格兰富 APP 中进行就地设置，也可以在格兰富的控制柜屏上在换热机房内进行水泵的远程设置，调试非常简单便捷。

5.5 云平台

格兰富衡卓系统可以连接到格兰富智能数字化平台 GiS，不仅可以在线监测水泵及系统的运行数据及情况，对水泵设备进行预测性维护信息的跟踪，同时可以在电脑端及手机端对系统参数的设定值进行远程修改，提高运维效率，降低运维成本。

同时根据项目的需求，也可以和客户的 SCADA 系统进行通讯。



P/N: 92998559
VERSION: 2023.06

格兰富水泵(上海)有限公司
中国上海市闵行区苏虹路33号
虹桥天地3号楼10层
邮编:201106
销售及售后咨询电话:400 920 6655
销售咨询邮箱:saleschina@sales.grundfos.com
www.grundfos.cn

格兰富
GRUNDFOS 