

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2024.01.003

# 某堆石混凝土拦沙坝施工期 温度应力仿真分析

李锋<sup>1</sup>, 王生茂<sup>2</sup>, 周琦著<sup>3</sup>, 郭立红<sup>1</sup>, 李玲玉<sup>4</sup>

(1. 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司, 陕西 西安 710065;

2. 陕西水务石头河渭北引水工程建设有限公司, 陕西 宝鸡 722200;

3. 北京华石纳固科技有限公司, 北京 100085; 4. 浙江意诚检测有限公司, 浙江 金华 321015)

**摘要:** 为了研究堆石混凝土技术在抽水蓄能电站中热力学性能和温度应力水平, 依托某抽水蓄能电站的堆石混凝土拦沙坝工程, 对坝体堆石混凝土在施工过程中坝体温度应力进行有限元仿真分析, 初步掌握坝体在施工过程中温度应力变化规律, 并据此进行坝体宽度和温控措施进行分析。结果表明: 在施工过程中坝体内部最高温升低于堆石混凝土的绝热温升, 且坝体整体应力水平较低, 平均拉应力低于 0.83 MPa, 满足设计要求; 对于不同坝段宽度, 坝段宽度对该工程温度场和应力场影响不大, 可进一步论证增加坝段宽度, 简化施工工艺, 降低施工成本。采取相当于 8 cm ~ 12 cm 厚度的聚苯乙烯泡沫板的保温措施时可有效降低冬季坝体表面的高拉应力, 避免产生开裂风险。

**关键词:** 堆石混凝土; 温度应力; 绝热温升; 仿真分析

中图分类号: TV641.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2024)01-0018-07

## Simulation Analysis of Temperature Stress of Rock-filled Concrete Bar During Construction of a Pumped Storage Power Station

LI Feng<sup>1</sup>, WANG Shengmao<sup>2</sup>, ZHOU Qijun<sup>3</sup>, GUO Lihong<sup>1</sup>, LI Lingyu<sup>4</sup>

(1. PowerChina Northwest Engineering Corporation Limited, Xi'an, Shaanxi 710065, China;

2. Shaanxi Water Supply Shitouhe Weibei Water Diversion Project Construction Co., Ltd., Baoji, Shaanxi 722200, China;

3. SinoConfix Co., Ltd., Beijing 100085, China; 4. Zhejiang Yicheng Testing Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang 321015, China)

**Abstract:** In order to study the thermodynamic performance and temperature stress level of rock-filled concrete technology in pumped storage power plants, based on the rock-filled concrete sand dam project of an energy pumping power station, the finite element simulation analysis of the temperature stress of the dam body during the construction process is carried out, and the variation law of the temperature stress of the dam body during the construction process is initially understood. The three-dimensional finite element software patran and abaqus were used for the simulation of this calculation and analysis. Through calculation and analysis, it can be seen that the maximum temperature rise inside the dam body is lower than the adiabatic temperature rise of the rock-filled concrete during construction, the overall stress level of the dam body is low, and the average tensile stress is lower than 0.83 MPa, which meets the design requirements. For the different width of the dam section, the dam section width has little effect on the temperature field and stress field of the project. It can be further demonstrated that increasing the dam section width can simplify the construction technology and reduce the construction cost. For different insulation measures, adopting the insulation measures equivalent to 8 cm ~ 12 cm thickness of polystyrene foam board can effectively reduce the high tensile stress on the dam surface in winter and avoid the risk of cracking.

**Keywords:** rock-filled concrete (RFC); temperature stress; adiabatic temperature rise; simulation analysis

收稿日期: 2023-09-15

修稿日期: 2023-10-11

基金项目: 西北寒冷地区堆石混凝土坝设计与施工关键技术专题研究 (BD-1-2023-0016)

作者简介: 李锋 (1986—), 男, 高级工程师, 主要从事水工结构设计等方面工作。E-mail: 409529787@qq.com

通讯作者: 周琦著 (1989—), 男, 工程师, 主要从事堆石混凝土技术施工等方面工作。E-mail: 13572345689@139.com

堆石混凝土具有工艺简单、施工快速、节约成本等优点,在水电水利工程中应用较广。堆石混凝土是由大块堆石和高自密实性能混凝土组成的非均质材料,堆石体一般占总体积的 55%<sup>[1-2]</sup>。

堆石混凝土是一种大体积混凝土,在施工过程中需要进行温度控制避免开裂风险<sup>[3-4]</sup>。一些学者对于堆石混凝土的绝热温升、坝体温度应力仿真分析及温控措施进行了研究,分析堆石混凝土的绝热温升性能分布情况和影响因素,初步了解堆石混凝土水化热温升变化规律、影响因素等<sup>[5-8]</sup>。高继阳等<sup>[9]</sup>通过仿真模拟分析了堆石混凝土坝在施工过程中温度应力变化规律及温控措施影响情况。余舜尧等<sup>[10]</sup>、曾旭等<sup>[11]</sup>根据现场施工过程中非均质温度分布试验和温度监测监控试验研究,进一步了解堆石混凝土在施工过程中的温度变化规律及可采取的相应的温控措施。金峰等<sup>[12]</sup>对堆石混凝土拱坝工程施工全过程的温度进行分析,了解在施工过程中堆石混凝土坝体温度变化规律。赵运天等<sup>[13]</sup>分析认为控制混凝土入仓温度,减少高温时期浇筑仓

面厚度,避开高温时段浇筑是堆石混凝土重力坝建设过程中大坝温控的主要措施。甘创等<sup>[14]</sup>分析认为夏季采用表面流水比控制浇筑温度的效果更好。张媛媛等<sup>[15]</sup>仅采取 2 cm 厚聚苯乙烯泡沫板进行一种工况的保温分析,样本数量稍显不足。因此有必要对堆石混凝土坝采取不同保温措施时的温度应力进行仿真分析。

以某抽水蓄能电站堆石混凝土拦沙坝工程为研究对象,建立三维有限元模型,对大坝施工过程中坝体的温度应力变化情况进行分析,并对比研究不同坝段宽度和不同保温措施对坝体温度应力的影响,为堆石混凝土筑坝过程中的温控措施提供参考。

## 1 工程概况与计算模型

某抽蓄电站拦沙坝采用堆石混凝土重力坝,坝顶高程 951.0 m,中部为开敞式溢流堰坝段,堰顶高程 945 m,溢流堰坝段长度 70.0 m,堰顶宽 3.7 m,溢流堰坝段最大高度 34.5 m,典型剖面见图 1。

图 1 溢流堰坝段典型剖面图

选取抽水蓄能电站拦沙坝中一个典型溢流坝段,采用 ABAQUS 软件进行温度应力仿真计算分析,模拟该坝段施工期和完工期(1.5 a)的全过程中温度场和应力场的变化情况。根据设计要求选取典型坝段宽度为 22 m,三维有限元模型网格边长 0.5 m~3.0 m,以坝轴线为基准,上、下游各延伸近 1.5 倍坝高,竖直向下延伸约 1.5 倍坝高,得到大坝及基础有限元模型,模型共划分了 28 974 个单元和 33 084 个节点,划分完成的坝段三维有限元模型见图 2。

图 2 坝体及基础三维有限元模型

## 2 计算条件与计算工况

### 2.1 坝体混凝土材料分区

由图 1 可知,大坝主体采用强度等级为 C<sub>90</sub>20 堆石混凝土,大坝上游面采用高自密实性能混凝土作为防渗层,厚度 1.0 m,混凝土强度 C<sub>90</sub>20W6F100;溢流堰采用常态抗冲耐磨混凝土,混凝土强度

C30W6F100(二);坝基常态混凝土垫层,混凝土强度 C20W6F100(二)。

### 2.2 混凝土与岩基材料参数

结合项目实际情况并参照在建堆石混凝土项目工程经验,选定本工程坝体混凝土和基岩的力学参数和热力学参数,如表 1 所示。

表 1 坝体材料参数

材料分区	弹性模量 $E/\text{GPa}$	泊松比	密度 $\rho$ $/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	线膨胀系数 $\alpha/(\times 10^{-5} \cdot$ $^{\circ}\text{C}^{-1})$	比热 $c$ $/(\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot$ $^{\circ}\text{C}^{-1})$	导热系数 $\beta$ $/(\text{kJ} \cdot \text{m}^{-1} \cdot$ $\text{d}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1})$	绝热温升 $/^{\circ}\text{C}$	应用部位
常态混凝土 C20W6F100	30.5	0.167	2450	1.0	0.960	254.4	22	坝基垫层
堆石混凝土 C20W6F50	36.8	0.167	2450	0.7	0.880	301.4	14	拦沙坝主体
高自密实性能混凝土 C20W6F100	25.9	0.167	2400	1.0	0.980	254.4	24	上游防渗层
基岩	50.0	0.270	2670	0.7	0.749	248.7	—	基岩

### 2.3 混凝土容许温差和允许应力标准

根据《堆石混凝土筑坝技术导则》(NB/T 10077—2018)的规定,堆石混凝土 28 d 龄期的极限拉伸值不低于  $0.70 \times 10^{-4}$ ,施工质量均匀、良好,基岩变形模量与混凝土弹性模量相近,短间歇均匀上升时,堆石混凝土基础容许温差可用表 2 中规定的数值。

表 2 堆石混凝土基础容许温差  $\Delta T$  单位:  $^{\circ}\text{C}$

距基础面 高程 $H$	浇筑块长度 $L$		
	30 m 以下	30 m ~ 50 m	50 m 以上
$0L \sim 0.2L$	17 ~ 15	15 ~ 13	13 ~ 11
$0.2L \sim 0.4L$	19 ~ 17	17 ~ 15	15 ~ 13

按照《混凝土重力坝设计规范》(NB/T 35026—2014)的规定,坝体水平拉应力和主拉应力控制,计算混凝土温度应力时,按照混凝土极限拉伸值控制:

$$\sigma \leq \frac{\varepsilon_p E_c}{\gamma_d \gamma_0} \quad (1)$$

式中:  $\sigma$  为各种温差所产生的温度应力之和, MPa;  $\varepsilon_p$  为混凝土极限拉伸应变标准值;  $E_c$  为混凝土弹性模量标准值, MPa;  $\gamma_d$  为温度应力控制正常使用极限状态结构系数,取 1.5;  $\gamma_0$  为结构重要性系数,对应于结构安全级别 I、II、III 级的结构及构件,可分别取 1.1、1.05、1.0,本工程结构重要系数选取 1.1。

根据表 1 中各分区混凝土的弹性模量计算坝体允许温度应力值,常态混凝土允许拉应力值为 1.66 MPa,自密实混凝土允许拉应力值为 1.73 MPa,堆石

混凝土允许拉应力值为 1.83 MPa。

### 2.4 计算边界条件

拦沙坝在温度应力仿真分析过程中,坝址环境温度选取坝址附近月平均环境温度,设置基岩表面温度为年平均气温  $13.7^{\circ}\text{C}$ ,坝基以下区域深度每增加 100 m 温度升高  $3^{\circ}\text{C}$  作为初始温度分布,则岩基底温度设置为  $15.2^{\circ}\text{C}$ 。计算过程中,设置基岩底面为固定温度边界,四个侧面为绝热温度边界,基岩上表面与空气对流换热,环境温度线性插值。在进行大坝浇筑分析前,首先计算基岩温度,基岩计算模型从 2020 年 7 月 1 日开始,到坝段开始浇筑前(2021 年 3 月 10 日)共进行 252 d 瞬态传热计算,使基岩温度接近浇筑开始时的实际温度。开始浇筑时基岩温度分布见图 3。

图 3 开始浇筑时基岩温度分布

## 2.5 工况设置

根据设计要求选取典型溢流坝段,坝段宽度为 22 m,通过有限元仿真分析模拟施工期坝体的温度应力变化情况。

堆石混凝土坝大量的工程经验表明,堆石混凝土在施工期的绝热温升远低于常态混凝土,因此,考虑增加坝体宽度,简化施工工艺,在此条件下采用三维有限元仿真分析模拟坝体在施工期的温度应力变化情况并进行比较,在此基础上采用不同的保温措施进行对比分析,保温措施是根据工程经验选取的聚苯乙烯泡沫板作为保温材料进行坝体表面铺设。计算共考虑了 5 种工况,具体工况如下:

(1) 工况 1 根据设计要求选取典型溢流坝段,坝段宽度为 22 m,按照拦砂坝施工计划进行施工,模拟计算全施工过程中温度场和应力场。

(2) 工况 2 在工况 1 的各种施工条件下,增加坝段宽度,增加后坝段宽度为 42 m(此坝段宽度是根据大量工程经验获的),在此宽度条件下计算坝体温度应力,并与工况 1 进行对比分析。

(3) 工况 3 在坝段为 42 m 的基础上,采取保温措施,在月平均温度低于 10℃ 时,对坝体上游面表面铺设厚聚苯乙烯泡沫板,泡沫板厚度为 2 cm,在此条件下计算坝体温度应力,并于工况 2 进行对比分析。

(4) 工况 4 在工况 3 的条件下,将泡沫板厚度增加至 4 cm~6 cm,在此条件下计算坝体温度应力,并与工况 2 和工况 3 进行对比分析。

(5) 工况 5 在工况 3 的条件下,将泡沫板厚度增加至 8 cm~12 cm,在此条件下计算坝体温度应力,并与工况 2、工况 3 和工况 4 进行对比分析。

## 2.6 计算条件

应力计算时坝体计算模型采用分层逐仓浇筑的施工方式,每一仓高度为 2.0 m,共分为 18 仓进行浇筑,每仓充填浇筑均按 1 天考虑,坝体浇筑日期从 2021 年 3 月 10 日起,于 2021 年 6 月 15 日浇筑完成,浇筑温度选取环境温度的月平均值,浇筑完成后坝段应力继续计算至 2022 年 12 月 31 日,从大坝基岩温度计算开始到运行结束共进行 913 d 的模拟计算。

计算中施工期考虑了混凝土自重、温度、混凝土徐变、上游面水压等荷载,并考虑混凝土弹性模量随时间的增长。

## 3 坝体温度应力仿真分析

### 3.1 温度场仿真分析

对于温度场,由于坝体表面和空气接触,坝面附近的混凝土温度随气温变化较激烈,而坝体内部混凝土温度变化较缓慢。另一方面,由于散热效应,坝面附近混凝土的温度一般较低,坝体内部混凝土由于水化热产生的热量不能快速地与外部进行热交换,其温度相对较高,且高温持续时间也较长。混凝土内部相对高温区的范围和温度随季节和浇筑范围的增加逐步演变。在整个施工浇筑过程中在坝体中上部形成了较大片团状“中心高温区”,高温区先随着层厚的增加不断扩大,后来随着长时间的散热慢慢缩小。

在施工期,根据设计要求的典型溢流坝段(工况 1),坝段宽度为 22 m,在整个施工过程选取了不同浇筑温度不同浇筑层进行分析,分析结果如表 3 所示。

表 3 工况 1 各个浇筑层温度统计表

浇筑层	浇筑入仓温度/℃	混凝土内部最高温度/℃	绝热温升/℃
第 4 层	9.1	23.79	14.69
第 8 层	14.8	27.46	12.66
第 12 层	18.8	30.42	11.62
第 16 层	22.4	32.26	9.86

由表 3 可知,对于坝段宽度为 22 m(工况 1),在施工期,坝体内部堆石混凝土最高绝热温升为 14.69℃,满足表 2 的容许温要求。工况 1 第 4 层和第 16 层浇筑完成时坝体温度分布云图如图 4、图 5 所示,通过图 4 和图 5 可知,靠近岩基的浇筑层由于受岩基影响,混凝土绝热温升值最大,随着浇筑层的升高,混凝土的绝热温升值逐渐降低。

图 4 工况 1 第 4 层浇筑完成时坝体温度分布云图

坝顶浇筑完成后最低环境温度下坝体温度分布云图见图 6。由坝段宽度 22 m(工况 1)和坝段宽度 42 m(工况 2)的施工期温度变化可知,工况 2 的最大绝热温升为 14.68℃,满足表 2 的容许温差要求,通过各个浇筑层温度变化对比可知,两种工况的坝段的温度场差异不明显,导致此原因是由于边界条件的设置决定,由于坝段两侧均设置绝热边界条件,坝体散热几乎通过上下游表面的对流散热,而坝段宽度同步增加了上下游表面的散热,因此对该拦沙坝的坝体整体的温度场影响不大,基于此结果可以进一步进行坝体宽度优化分析,综合考虑在设计阶段适当考虑增加坝体宽度,简化施工工艺,降低施工成本。

图 5 工况 1 第 16 层浇筑完成时坝体温度分布云图

图 6 坝顶浇筑完成后最低环境温度下坝体温度分布云图

在冬季气温较低时,坝体表面和内部存在着较大的温差,因此在混凝土表层易出现较大范围且有一定深度的较高温度梯度区,该温度梯度区容易存在开裂风险,因此对于工况 3—工况 5 在工况 2 的坝段宽体条件下分别在上游面是采取不同的保温措施进行对

比分析,选取坝顶浇筑完成后最低环境温度下坝体温度分布云图进行分析,分析结果如表 4 所示。

通过对比可知,采取冬季保温措施可减少坝体表面散热,从而减少了上游面的温降和坝面附近的温度梯度。

表 4 工况 2—工况 5 在冬季采用不同保温措施上游面温度分布统计表

工况	外部环境温度/℃	上游表面最低温度/℃	坝体表面最低温度深度/m
工况 2	2.0	2.00	1.3
工况 3	2.0	2.03	0.5
工况 4	2.0	3.86	0.8
工况 5	2.0	5.35	1.0

### 3.2 应力场仿真分析

对典型溢流坝段应力场分析主要通过分析施工期由坝体温度变化引起的坝体的最大主应力、最小主应力、 $X$  方向应力分量  $S_{xx}$ 、 $Y$  方向应力分量  $S_{yy}$  及  $Z$  方向应力分量  $S_{zz}$  引起的应力变化情况。最大主应力为拉应力,最小主应力为压应力。

工况 1 条件下坝顶浇筑完成后坝体最大主应力分布云图见图 7。对于应力场,通过计算可知,坝段宽度为 22 m 的工况 1 的施工期从 3 月份至 6 月份,坝体整体拉应力值较低,施工期大坝堆石混凝土部分的最大拉应力值为 0.87 MPa,最大拉应力主要集中在靠近岩基的坝体坝址坝踵处,该处受温差影响和岩基的约束作用产生较大的拉应力值,但拉应力值低于堆石混凝土允许拉应力。工况 1 最大拉应力出现在大坝完工后第一年冬季的坝址坝踵处,最大拉应力值为 2.07 MPa,该局部点存在高拉应力区,因此在冬季存在开裂风险。

图 7 工况 1 条件下坝顶浇筑完成后坝体最大主应力分布云图

各工况大坝第一个冬季上游面拉应力分布云图如图 8 所示。对于坝段宽度为 42 m 的工况 2 的施工期,堆石混凝土坝体最大拉应力为 0.83 MPa,低于允许拉应力值。通过对比坝段宽度为 22 m 的工

况 1 可知,在施工期,堆石混凝土坝体整体拉应力均低于允许拉应力 1.83 MPa。且最大拉应力值均出现在大坝完工的第一年冬季的坝址坝踵处。

对于坝体上游面采用三种表面保温措施工况 3—工况 5 的计算分析可知,随着保温措施的增加,坝体上游面最大拉应力值逐渐降低。选取坝体浇筑完成后第一个冬季(2022 年 1 月)上游面 931.5 m 高程处的最大拉应力值进行对比分析可知,不采取保温措施时,最大拉应力为 2.04 MPa,采取工况 3—工况 5 的保温措施,最大拉应力分别为 1.89 MPa、1.70 MPa、1.34 MPa,即工况 2 和工况 3 上游面 931.5 m 高程处的最大拉应力值超过自密实混凝土允许拉应力值 1.73 MPa,上游面 931.5 m 高程处的高拉应力区产生的影响主要包括两个方面,一是此高程处于坝面交界处,交界处坝体表面混凝土受下层坝面约束力影响,产生高拉应力区;二是此高程坝体表面在冬季的温度与坝体内部温度的温度梯度差比较大,产生较大的温度应力,因此此高程处产生高拉应力区。随着保温措施的增加,高拉应力区(灰色区域)逐渐变小,高拉应力值随之降低。通过 4 种工况对比可知,采取冬季保温措施可减少坝体表面散热,从而减少了上游面温降和坝面附近的温度梯度,使上游坝面在冬季期间的拉应力整体减小。

## 4 结 论

基于某抽水蓄能电站拦沙坝堆石混凝土重力坝工程,对坝体施工期进行温度应力仿真分析,并对比计算了不同坝段宽度和不同保温措施的影响情况,通过仿真分析结论如下:

(1) 对于温度场,施工过程中坝体内部混凝土最高温升低于堆石混凝土的绝热温升;在冬季适当采取保温措施,可减少坝体表面散热,从而减少了上游面温降和坝面附近温度梯度。

(2) 对于应力场,施工期大坝堆石混凝土部分的最大拉应力为 0.83 MPa,低于堆石混凝土允许拉应力;大坝浇筑完成后第一个冬季在坝体的坝址坝踵处级高程 925 m 处产生高拉应力区,最大拉应力值为 2.38 MPa,超过高自密实性能混凝土允许拉应力值,因此在实际施工中需对此处进行保温处理,避免开裂风险。

(3) 对于不同坝段宽度的对比可知,施工期坝段温度云图分布规律基本一致,对于拦沙坝的坝段宽度的影响较小,基于此结果可以进一步进行坝体宽度优化分析,综合考虑在设计阶段适当考虑增加

图 8 浇筑完成后第一个冬季大坝上游面的拉应力分布云图

坝体宽度,简化施工工艺,降低施工成本。

(4) 当在冬季对大坝上游面采取保温措施时,随着采取的保温措施增大,最大拉应力逐渐变小,且随着时间的推移高拉应力集中区逐渐变小。因此,在冬季施工时对于坝体表面、坝趾及坝踵的应力集中区,应采取一定的保温措施,可以在坝体表面铺设 8 cm ~ 12 cm 厚的聚苯乙烯泡沫板或聚苯乙烯泡沫保温被,或者是草袋、砂层等,亦或在坝踵、坝趾处进行回填混凝土或表面铺设保温板,避免产生开裂风险。

#### 参考文献:

- [1] 金 峰,安雪晖,石建军,等. 堆石混凝土及堆石混凝土大坝[J]. 水利学报,2005,36(11):78-83.
- [2] 徐小蓉,金 峰,周 虎,等. 堆石混凝土筑坝技术发展与创新综述[J]. 三峡大学学报(自然科学版),2022,44(2):1-11.
- [3] 朱伯芳. 大体积混凝土温度应力与温度控制[M]. 北京:中国电力出版社,1999.
- [4] 李 博,李 琳. 大体积混凝土温度控制措施[J]. 黑龙江水利科技,2008,36(1):91-92.
- [5] 金 峰,李 乐,周 虎,等. 堆石混凝土绝热温升性能初步研究[J]. 水利水电技术,2008,39(5):59-63.
- [6] 潘定才. 堆石混凝土热学性能试验与温度应力研究[D]. 北京:清华大学,2009.
- [7] 曾令福. 堆石混凝土绝热温升试验及数值模拟研究[D]. 贵阳:贵州大学,2022.
- [8] 罗 键,曾 旭. 堆石混凝土绝热温升影响因素分析[J]. 水利规划与设计,2022(4):83-85,92.
- [9] 高继阳,张国新,杨 波. 堆石混凝土坝温度应力仿真分析及温控措施研究[J]. 水利水电技术,2016,47(1):31-35,97.
- [10] 余舜尧,徐小蓉,邱流潮,等. 堆石混凝土浇筑前后的非均质温度分布试验研究[J]. 清华大学学报(自然科学版),2022,62(9):1388-1400.
- [11] 曾 旭,姚国专,余舜尧,等. 堆石混凝土拱坝施工期温度监测与分析[J]. 水力发电,2022,48(2):73-80.
- [12] 金 峰,张国新,张全意. 绿塘堆石混凝土拱坝施工期温度分析[J]. 水利学报,2020,51(6):749-756.
- [13] 赵运天,解宏伟,周 虎. 堆石混凝土拱坝温度应力仿真及温控措施研究[J]. 水利水电技术,2019,50(1):90-97.
- [14] 甘 创. 堆石混凝土重力坝温度力仿真分析与温控措施研究[D]. 长沙:长沙理工大学,2021.
- [15] 张媛媛. 堆石混凝土重力坝温度应力仿真分析及温控措施研究[J]. 陕西水利,2022(4):32-35.